



Departamento de Geología
Área de Geodinámica Externa
Facultad de Ciencias
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

**ESTUDIO GEOLÓGICO AMBIENTAL PARA LA
ORDENACIÓN DE LOS ESPACIOS NATURALES DE
“LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA” Y
“QUILAMAS”.**

**APLICACIONES GEOMORFOLÓGICAS AL PAISAJE,
RIESGOS E IMPACTOS.**

ANÁLISIS CARTOGRÁFICO MEDIANTE SIG.

Tesis Doctoral
Antonio M. Martínez Graña
Salamanca, 2010



Departamento de Geología
Área de Geodinámica Externa
Facultad de Ciencias
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

**ANÁLISIS GEOLÓGICO AMBIENTAL PARA LA
ORDENACIÓN DE LOS ESPACIOS NATURALES DE
“LAS BATUECAS-SIERRA DE FRANCIA” Y
“QUILAMAS”.**

**APLICACIONES GEOMORFOLÓGICAS AL PAISAJE,
RIESGOS E IMPACTOS.**

ANÁLISIS CARTOGRÁFICO MEDIANTE SIG.

Tesis Doctoral
Antonio M. Martínez Graña
Salamanca, 2010

Directores:

José Luís Goy y Goy
Departamento de Geología
Facultad de Ciencias
Universidad de Salamanca

Caridad Zazo Cardeña
Departamento de Geología
Museo Nacional de Ciencias Naturales
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Esta Tesis Doctoral ha sido realizada en el área de Geodinámica Externa del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca y financiada por los Proyectos de Investigación: 1FD97-0222 (FEDER), SA119/04 y SA041A08 de la Junta de Castilla y León, y aportaciones de los proyectos CGL2005-04655/BTE y 01336/BTE, y CGL2008-03998/BTE y 04000/BTE.

Memoria presentada por D. Antonio Miguel Martínez Graña, para optar al grado de Doctor en Ciencias Geológicas, por la Universidad de Salamanca.

Salamanca, Enero de 2010

El Doctorando,

Antonio M. Martínez Graña.

Los Directores,

Dra. Caridad Zazo Cardeña.

Dr. José Luís Goy y Goy.

A Pilar, Oscar y Paula.

Agradecimientos.

Durante la realización de esta Tesis Doctoral, han sido muchas las personas que de una manera u otra me han ayudado y animado para su finalización, haciendo el “camino” más llevadero.

En primer lugar quisiera agradecer a los directores José Luís Goy y Caridad Zazo, bajo cuya dirección se ha efectuado este trabajo, su constante apoyo y asesoramiento, la confianza depositada en mí, y el haberme facilitado los medios necesarios para su realización.

Agradecer a mis compañeros del Proyecto FEDER, su inestimable ayuda y colaboración, en diferentes temáticas de la zona de estudio. A José Forteza (CSIC-Salamanca) en la Edafología, a Alfonso Barrera (U. Autónoma de Madrid) en la Botánica, a Julián Mateo (Centro de Estudios Medioambientales) en el Clima, a Irene de Bustamante (U. Alcalá de Henares) en el apartado de Hidrología-Hidrogeología, y a Francisco González en las campañas de campo de Edafología y Geomorfología.

A los compañeros del Departamento de Geología, José Ángel Delgado, Toña, Jesús Carballeira, Manuel Andrés, Dolores Rodríguez y Eloy Molina, por la información científica recibida de la zona de estudio, y los agradables e interesantes días de campo, en la “búsqueda” del patrimonio geológico.

A Eduardo Meléndez (Universidad de León) y Monserrat Ferrer (Tecnosylva) por su constante apoyo, así como por sus aportaciones en el apartado de riesgos de inundación.

A mis compañeros del área de Geodinámica Externa, Raquel Cruz y Ana García, por su disponibilidad y ayuda directa e indirecta en la elaboración de esta Tesis. A Raquel por las charlas sobre paisaje y patrimonio geológico, que han generado ideas y sugerencias de gran utilidad. A Ana García por su disponibilidad y ayuda facilitando algunas tareas docentes.

A mis compañeros “del fondo” del pasillo: Mariano Yenes (por sus aportaciones en la caracterización geotécnica), Gabriel Santos (por su ayuda de campo en los levantamientos topográficos), y Puy Arzaya. Agradecerles, esas palabras de ánimo e interés que han hecho más agradable el trabajo cotidiano.

A Santiago Martín Alfageme (IGME), Laura Celaya (Servicio Transfronterizo de Información Geográfica) y a Inmaculada Picón (Departamento Ingeniería Cartográfica y del Terreno), por esas enriquecedoras “tertulias” sobre las aplicaciones SIG y la Teledetección, además del apoyo y disponibilidad de medios informáticos y técnicos. Igualmente a Nilda Sánchez (Departamento Ingeniería Cartográfica y del Terreno), compañera de “despacho” en la Facultad de Ciencias Ambientales, por su ánimo y apoyo recibido durante los últimos años de realización de esta Tesis, y por sus sugerencias en Teledetección Aplicada y ayuda en el procesado digital de datos e imágenes de satélite.

A Enrique Sáez, Alberto Rodríguez, y Javier Sánchez, con los que he participado en la realización de diferentes informes técnicos (medioambientales y geológicos) para organismos públicos y privados, facilitando el conocimiento multidisciplinar del medio natural.

Me gustaría expresar también mi agradecimiento a Pedro Ramos y Fernando Madruga de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León, por esas “charlas” animadas sobre diferentes aspectos en temas medioambientales y el aporte de algunos datos, así como por su interés y disponibilidad. A Tomás Merchán (Junta de Castilla y León) por la información faunística de la zona de estudio. Igualmente a Juan Valiela, Lino Lema y Juan Yürss, de las Consejerías de Medio Ambiente, Pesca y Educación respectivamente (Xunta de Galicia), por facilitar el inicio de mi desarrollo profesional en proyectos de geología ambiental.

Por último, a mi familia, Pilar, Oscar y Paula, soporte y desahogo durante todos estos años constituyendo un incentivo constante. A Pilar, compañera y amiga, por estar siempre ahí, en los buenos y malos momentos. A Oscar y Paula por su comprensión y compañía en los ratos de “desconexión” recobrando fuerzas y energías.

INDICE

PARTE I.	1
I ₁ . Introducción. Metodología general y situación geográfica.....	3
I ₂ . La Geología Ambiental y su aplicación en la planificación y gestión de Espacios Naturales Protegidos	4
I ₃ . Herramientas de planificación geoambiental: Sistemas de Información Geográfica -SIG- y Teledetección	6
 PARTE II. ANALISIS REGIONAL.	11
II₁ Clima	13
II _{1.1} Introducción.	15
II _{1.2} Parámetros y Cartografía Climática.	15
II _{1.3} Geomorfología Climática en los Espacios Naturales Protegidos de Las Batuecas -Sierra de Francia y Quilamas”	29
 II₂ Geología	35
II _{2.1} Introducción.	37
II _{2.2} Análisis Estratigráfico.	37
II _{2.3} Las Rocas Ígneas.	41
II _{2.4} Tectónica y Metamorfismo.	41
II _{2.5} Fracturación.	42
II _{2.6} Análisis Litológico.	46
 II₃ Geomorfología	53
II _{3.1} Introducción.	55
II _{3.2} Unidades Morfoestructurales.	55
II _{3.3} Análisis Geomorfológico.	60
II _{3.4} Evolución Morfogenética y Cronológica.	73
 II₄ Edafología	79
II _{4.1} Tipos de Suelos. Asociaciones.	74
II _{4.1.1} Introducción.	81
II _{4.1.2} Metodología de estudio.	82
II _{4.1.3} Descripción de unidades.	87
II _{4.2} Relaciones generales de los suelos.	95
II _{4.2.1} Introducción.	95
II _{4.2.2} Asociaciones edáficas en los ENP de Las Batuecas-S. de Francia y Quilamas.....	95
 II₅ Hidrología Superficial e Hidrogeología.	101
II _{5.1} Introducción: La red Fluvial.....	103
II _{5.2} Hidrología Superficial: Cartografía Hidrológica. Cartografía de Calidad de las Aguas Superficiales.	106
II _{5.3} Hidrología Subterránea: Cartografía Unidades Hidrogeológicas. Cartografía de Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.	110

II₆ Vegetación	115
II _{6.1} Introducción corológica y bioclimática.....	117
II _{6.2} Unidades Ecológico-Fisiognómicas.....	118
II _{6.3} Cartografía de Unidades Fisiognómicas.	123
II₇ Fauna	125
II _{7.1} Introducción.....	127
II _{7.2} Inventario faunístico y su utilización.....	127
II₈ Paisaje	131
II _{8.1} Introducción.....	133
II _{8.2} Objetivos.....	136
II _{8.3} Metodología del análisis del Paisaje.....	136
II _{8.4} Cartografía de Unidades de Paisaje.....	139
II _{8.5} Descripción de las Unidades de Paisaje.....	151
II _{8.6} Valoración de los Paisajes: Cartografía de Calidad Paisajística.....	168
II _{8.7} Cartografía de Fragilidad Paisajística.....	189
II _{8.8} Resultados del análisis del Paisaje.....	206
II₉ Patrimonio Geológico y Natural. Geodiversidad	213
II _{9.1} Introducción.....	215
II _{9.2} Antecedentes.....	215
II _{9.3} Objetivos.....	217
II _{9.4} Patrimonio Geológico en el E.N.P. de Las Batuecas-Sierra de Francia, Quilamas y zonas de influencia.....	218
II _{9.5} Descripción de Áreas, Lugares, y Puntos de Interés Geológico en el Espacio Natural Protegido de Las Batuecas-Sierra de Francia y el Espacio Natural de Quilamas; y zonas de influencia: Geodiversidad.....	224
II _{9.6} Áreas de Sensibilidad Ecológica en los E.N.P. de Las Batuecas-Sierra de Francia, Quilamas y zonas de influencia.....	232
II _{9.7} Patrimonio Biológico en el E.N.P. de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas; y zonas de influencia.....	238
II _{9.8} Patrimonio Artístico, Histórico y Cultural en los E.N. de Las Batuecas-Sierra de Francia, Quilamas; y zonas de influencia.....	239
II₁₀ Resultados del Análisis Regional (Inventario Cartográfico)	247
PARTE III. RIESGOS GEOLOGICOS	255
III₁. Introducción	257
III₂. Riesgos de Erosión Hídrica y Eólica	261
III _{2.1} Erosión Hídrica.....	263
III _{2.1.1} Introducción.....	265
III _{2.1.2} Objetivos.....	267
III _{2.1.3} Riesgos de erosión hídrica: Factores y Modelos de evaluación.....	267
III _{2.1.4} Formas de erosión.....	272
III _{2.1.5} Riesgo de erosión hídrica en el Espacio Natural Protegido de “Las Batuecas - S de Francia” y “Quilamas”.....	286
III _{2.1.6} Resultados.....	314

III _{2.2} Erosión Eólica.....	321
III _{2.2.1} Introducción.....	323
III _{2.2.2} Objetivos.....	323
III _{2.2.3} Factores de la erosión eólica.....	324
III _{2.2.4} Estimación de la erosión eólica.....	324
III _{2.2.5} Riesgo de erosión eólica en el Espacio Natural Protegido de “Las Batuecas - S de Francia” y “Quilamas.....	324
III _{2.2.6} Resultados.....	338
III _{2.3} Riesgo de Erosión Hídrica y Eólica.....	342
III _{2.3} Resultados.....	344
III₃ Riesgos de Inundación.....	349
III _{3.1} Introducción.....	351
III _{3.2} Metodología.....	357
III _{3.3} Método Histórico.....	359
III _{3.4} Método Hidrológico-Hidráulico.....	360
III _{3.5} Método Geomorfológico.....	398
III _{3.6} Resultados.....	405
III₄ Riesgos por Movimientos de Ladera.....	435
III _{4.1} Riesgos Gravitacionales (Movimientos de ladera).....	437
III _{4.1.1} Introducción.....	437
III _{4.1.2} Objetivos.....	437
III _{4.1.3} Tipologías de movimientos de ladera en la zona de estudio.....	438
III _{4.1.4} Metodología general en los análisis de movimientos de ladera.....	438
III _{4.1.5} Metodología utilizada en ENP Batuecas-S. Francia y Quilamas.....	440
III _{4.1.6} Factores Condicionantes o pasivos. Cartografía de Susceptibilidad.....	442
III _{4.1.7} Factores Desencadenantes o activos. Cartografía de Peligrosidad.....	466
III _{4.1.8} Análisis y Cartografía de Riesgo por Movimientos de Ladera.....	489
III _{4.2} Riesgos Carsticos (Hundimientos y Disoluciones).....	498
III _{4.2.1} Introducción.....	498
III _{4.2.2} Análisis y Cartografía del Riesgo carstico en el Espacio Natural de Quilamas.....	498
III _{4.2.3} Resultados.....	507
III _{4.3} Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección.....	507
III₅ Riesgos Geotécnicos.....	511
III _{5.1} Introducción.....	513
III _{5.2} Objetivos.....	514
III _{5.3} Caracterización Geotécnica de los Espacios Naturales de Batuecas- S Francia y Quilamas. Cartografía básica para la ordenación del territorio.....	514
III _{5.3.1} Metodología.....	514
III _{5.3.2} Resultados.....	515
III _{5.4} Peligrosidad Natural en el Espacio Protegido de Las Batuecas-S. Francia y Quilamas. Análisis integrado de los factores potenciales de riesgo.....	521
III _{5.4.1} Metodología.....	522
III _{5.4.2} Resultados.....	523

III.6. Resultados Riesgos Geológicos (Inventario Cartográfico).....	529
PARTE IV. ANALISIS AMBIENTAL.	533
IV.1. Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).....	537
IV.1.1.Introducción.....	539
IV.1.2.Procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica.....	539
IV.1.3.La Geología Ambiental y la Evaluación Ambiental Estratégica.....	544
IV.1.4.La Evaluación Ambiental Estratégica en los ENP de Las Batuecas-S. de Francia, Quilamas y zonas de influencia.	545
IV.1.5.Resultados del Diagnóstico Ambiental de los ENP de Las Batuecas-S. de Francia, Quilamas y zonas de influencia.	558
IV.2. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).	571
IV.2.1.Introducción.....	573
IV.2.2.Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Tipos de Metodologías.....	573
IV.2.3.Los Impactos Ambientales en los ENP de Las Batuecas-S. de Francia y zona de influencia.	582
IV.2.4.Análisis del Impacto Ambiental del Parque Eólico “Sierra de la Canchera”.	592
IV.3. Aplicaciones Geoambientales en la Gestión de Espacios Naturales.....	625
IV.3.1.Cálculo de trazados de mínimo impacto paisajístico.....	627
IV.3.2.Geología Ambiental aplicada a la gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y a la planificación territorial del ENP “Las Batuecas-S. de Francia”.....	632
IV.3.2.1 Introducción	632
IV.3.2.2 Problemática del Espacio Natural Protegido (ENP) de “Las Batuecas-S de Francia”.	632
IV.3.2.3 Metodología.	634
IV.3.2.4 Resultados.	637
IV.3.2.5 Plan de Restauración de los puntos de vertido.....	640
IV.4. Resultados del Análisis Ambiental.....	643
PARTE V. RESULTADOS FINALES Y APORTACIONES.	647
PARTE VI. BIBLIOGRAFÍA.	661

PARTE I.



I₁. Introducción. Metodología general y situación geográfica.

I₂. La Geología Ambiental y su aplicación en la planificación y gestión de Espacios Naturales Protegidos.

I₃. Herramientas de planificación geoambiental: Sistemas de Información Geográfica -SIG- y Teledetección.

I. Introducción.

La incesante actividad humana, influye en la evolución y dinámica de nuestro planeta; ya sea por la propia ocupación o por los efectos que generan las actividades.

La visión global en el tiempo, de la formación de los recursos y procesos que se desarrollan sobre el planeta Tierra, permite a la geología gestionar de forma sostenible la evolución actual y futura. La multidisciplinariedad de la geología en la sociedad actual por sus aplicaciones (análisis y evaluación de los riesgos naturales, ordenación del territorio, recomendaciones y limitaciones de usos, valoración de la calidad paisajística, análisis de impactos ambientales, emplazamientos de residuos urbanos e industriales, actividades extractivas, contaminación de aguas y suelos, problemas geotécnicos, etc.) hacen que sea una ciencia de necesaria utilización en la gestión medioambiental del territorio.

La creación de cartografías geoambientales básicas, constituye un instrumento y estrategia primordial, favoreciendo la integración de proyectos de ingeniería en la planificación ambiental, teniendo en cuenta el análisis estratégico y de impactos ambientales previos y la identificación, delimitación y protección de los recursos naturales.

Metodología General.

El presente trabajo se estructura en cinco partes. En la primera se analiza el concepto de “geología ambiental” y su aplicación en la planificación y gestión de espacios naturales protegidos, en concreto para el de “Las Batuecas-Sierra de Francia” y “Quilamas”; al sur de la provincia de Salamanca. Se explican las herramientas de planificación geoambiental utilizadas en los diferentes apartados (Tele-detección y SIG).

En la segunda parte se realiza un análisis regional de los factores del medio natural (clima, geología, geomorfología, suelos, hidrología-hidrogeología, vegetación, fauna, paisaje y patrimonio geológico y natural), estableciendo las diferentes cartografías temáticas, sintéticas y, en algunos casos interpretativas (calidad hidrológica, vulnerabilidad de acuíferos, calidad y fragilidad paisajística, etc.).

La tercera parte desarrolla el análisis de riesgos geológicos (erosión hídrica y eólica, inundación, movimientos de ladera, carsticos y geotécnicos), obteniendo las diferentes cartografías de riesgos.

En la cuarta parte se realiza un análisis ambiental conjugando los datos y cartografías elaboradas en la segunda y tercera parte, enfocado a la evaluación ambiental estratégica y a la evaluación de impactos ambientales. En esta parte, también se desarrollan algunas aplicaciones geoambientales de gran importancia en la gestión de espacios naturales, como son geología ambiental aplicada a la gestión de residuos sólidos urbanos y cálculo de trazados de menor impacto paisajístico.

Por último, en la parte quinta se indican los resultados finales y aportaciones, mostrando la parte sexta la bibliografía citada en los diferentes capítulos. La bibliografía consultada es más amplia, por lo que la más relevante se adjunta como anexo. Los anexos se agrupan por capítulos, e incluyen las diferentes fichas de campo (perfiles edáficos, estaciones pluviométricas, geomecánicas, índices de calidades de agua -ISQUA-, puntos de residuos etc.), inventarios (inundaciones históricas, bienes de interés cultural -BIC-, fauna, población anual, etc.), así como síntesis de normativas y métodos de zonificación para deslizamientos, inundaciones, etc.

En cada capítulo, se establecen los objetivos y metodologías particulares, realizándose las campañas de campo (clavos y agujas de erosión, etc.) y trabajos de laboratorio necesarios (análisis de suelos, etc.).

La cartografía elaborada para los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas; y zonas adyacentes, se ha realizado a escala 1/50.000, a partir de fotos aéreas 1/32.000 y 1/18.000, además de ortofotos 1/10.000. Los resultados cartográficos, se realizan en general, a escalas menores, a excepción de los mapas finales de Recomendaciones y Limitaciones de usos y de Grados de Protección y Patrimonio Natural, que mantienen la escala original (1/50.000).

Esta escala de detalle, se justifica por ser la cartografía a utilizar por los gestores de estas áreas protegidas, quedando definidas las áreas con contactos bien definidos y de fácil interpretación para los no especialistas por ser cartografías interpretativas.

El resto de cartografías se distribuyen en los diferentes apartados de la Tesis, integradas al final de su capítulo correspondiente, a escala 1/100.000, o bien intercaladas en el proceso cartográfico a escalas 1/200.000, 1/300.000 o menores.

Situación Geográfica.

La zona de estudio comprende los espacios naturales de “Las Batuecas-Sierra de Francia” y “Quilamas”, que se incluyen en las hojas del Mapa Topográfico Nacional (MTN) a escala 1/50.000 de Serradilla del Arroyo (526), Tamames (527), NE Martiago (551), Miranda del Castañar (552) y N de Hervás (575). (Figura I₁-1).

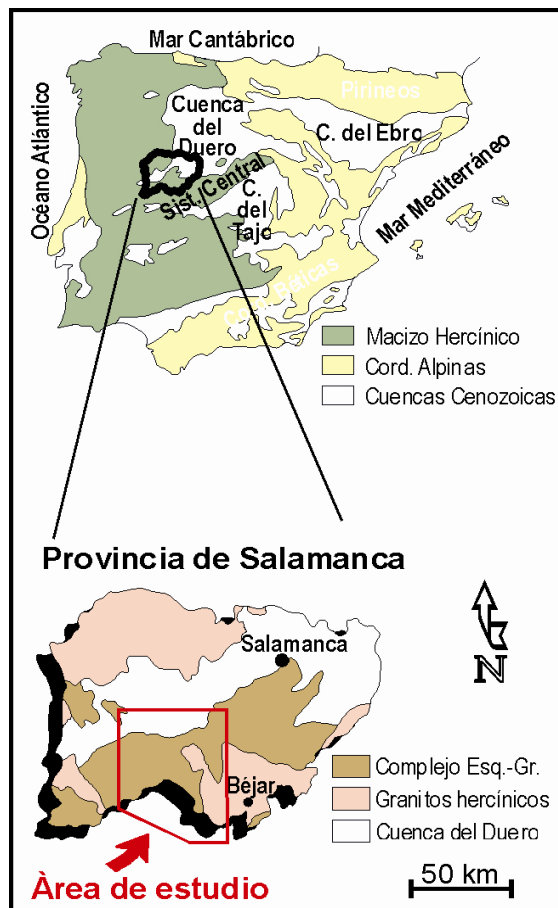


Figura I₁-1. Situación de la zona de estudio.

I₂. La Geología Ambiental y su aplicación en la planificación y gestión de Espacios Naturales.

El término “Geología Ambiental” surge a comienzos de los años setenta, generando un “cambio de rumbo”, pasando de un análisis

geológico con perspectiva histórica (describiendo como se han desarrollado procesos existentes) al análisis predictivo, con enfoque prospectivo, determinando la posible evolución futura del medio geológico por las actividades humanas. (Figura I₁-2).

El desarrollo de la Geología Ambiental se ha centrado en dos campos básicamente: estudios de evaluación general y estudios temáticos específicos.

Los estudios de evaluación general, se desarrollaron en numerosos países mediante la realización de cartografías geológico-ambientales o geocientíficas del medio natural; siguiendo metodologías afines a los trabajos del CSIRO australiano, desarrollando sistemas o unidades territoriales homogéneas (“land system”), donde los criterios geomorfológicos son los predominantes y condicionantes de las unidades fisiográficas y de paisaje. (Christian & Stewart, 1968). Esta metodología se ha tenido en cuenta total o parcialmente en otros estudios de análisis ambiental de diversos factores (paisaje, usos del suelo, etc.) aplicado a la planificación territorial. (Lutting & Pfeiffer, 1974; Cendrero y col, 1986; Cendrero, et al, 1990; Santos Ganges et al, 2006).

Los estudios temáticos geoambientales, son de diversa índole, destacando la cartografía, evaluación, predicción y prevención de riesgos geológicos; análisis de procesos de erosión-sedimentación (erosión de suelos, aterramientos de embalses...); geotecnia, explotación de recursos minerales, contaminación de aguas y suelos; patrimonio geológico, y estudios de impacto ambiental en determinados proyectos.

La Geología Ambiental, analiza la interacción del ser humano con el medio geológico, el cual incluye además de los elementos físicos -recursos-, los procesos geodinámicos -riesgos- que se producen en la superficie e interior terrestre.

El estudio de la influencia de los factores y procesos geológicos -medio geológico-, en la actividad humana -medio antrópico- es de vital importancia para sentar las bases de una planificación ambiental del territorio sostenible, y una correcta gestión de los recursos naturales.

El análisis geoambiental, actualmente es de aplicación directa en el estudio de los impactos generados por la actividad humana en el medio geológico (emplazamiento de residuos, almacenamiento de CO₂, actividades extra-

ctivas, etc.). Además, tal como establece la reciente normativa, es necesario un estudio integral detallado de los riesgos geológicos del territorio (inundaciones, movimiento del terreno...), para poder proponer medidas de

minimización y mitigación del riesgo, analizando sus causas y efectos probables, así como optimizar el desarrollo sostenible entre el medio geológico-medio humano.

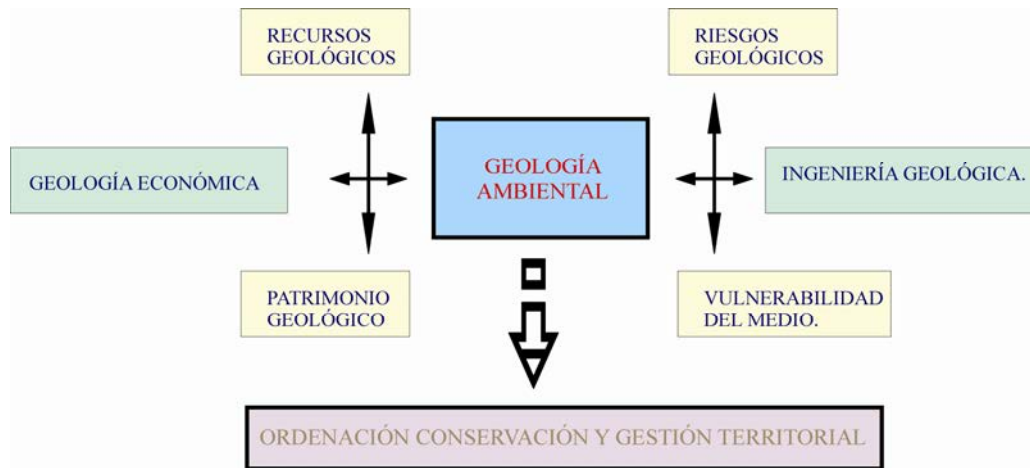


Figura I₁-2. Esquema de los factores geológicos que intervienen en el análisis del medio para la planificación, conservación y gestión territorial.

En los estudios geoambientales, se utilizan las herramientas tradicionales de las ciencias geológicas, caracterizando los factores geológicos, realizando un análisis del medio con trabajos de campo, e incorporando nuevas técnicas metodológicas, como la cartografía geoambiental, realizada con sistemas de información geográfica -SIG-, o bien la teledetección. El análisis geomorfológico, es fundamental, en la organización espacial del territorio, y en la configuración de las adaptaciones y reacciones antrópicas ante el medio físico que se han ido produciendo a lo largo de la historia (Panizza & Piacente, 2003; Reynard & Pralong, 2004).

En las últimas décadas, la planificación territorial se ha centrado en los sectores que de forma directa o indirecta, permitan un mayor desarrollo, sobre todo urbanístico, incluso determinando los diferentes grados de protección. En cambio, los espacios naturales, no expuestos al crecimiento urbano o a la expectativa urbanística, no presentan dicha planificación ambiental.

El análisis de la cartografía geoambiental ha sido desarrollado por diferentes autores (Ferguson, 1974; Lutting, 1978, Becker-Platten et al, 1979; Cendrero, 1980; Trilla, 1981), con diferentes metodologías. En este trabajo que se presenta, se realiza una estructuración y

evaluación de las diferentes cartografías geoambientales o geocientíficas, organizadas de forma que permitan el análisis de la constitución y dinámica de la superficie terrestre, útil para la planificación ambiental del territorio, a diferentes niveles de toma de decisiones.

En los Espacios Naturales, la problemática territorial derivada de los usos y aprovechamientos del suelo y los recursos naturales, se podrá abordar con unos objetivos de protección de los elementos naturales y conservación de la calidad de vida en dichos entornos, desde la correcta planificación sostenible basada en una cartografía geoambiental de detalle, que permita prevenir y/o controlar los impactos mediante programas de actuación a medio-largo plazo y actuaciones correctoras inmediatas.

La composición geológica-geomorfológica, así como los procesos geomorfológicos activos, han sido elementos a tener en cuenta para la declaración de Espacios Naturales Protegidos -ENP- (Yellowstone, Picos de Europa, Valle de Ordesa, etc.). Las características geomorfológicas permiten comprender los paisajes de dichos espacios, además de condicionar las limitaciones de usos de su territorio, favoreciendo la conservación de sus valores naturales. No obstante, la gestión

actual de la mayoría de los Espacios Naturales Protegidos -ENP-, no tiene en consideración los aspectos geológicos en la repercusión cultural (geodiversidad) y social de dichos espacios naturales, disminuyendo la valoración social y el disfrute de los conocimientos geológicos, que potenciarían la conservación y el desarrollo de políticas proteccionistas.

Las causas pueden ser, por un lado, la escasa cultura geológica de la sociedad española, provocada por la falta de contenidos geológicos en los planes de estudio del sistema educativo, que disminuye la demanda social de información geológica; y por otro, el número reducido de geólogos en las administraciones públicas y organismos que promueven y gestionan los Espacios Naturales Protegidos, lo cual provoca una pobre presencia de la geología en la gestión del ENP, con una oferta casi nula de la interpretación de los contenidos geológicos, mediante guías geológicas, itinerarios, etc.

Una correcta gestión sostenible y ambiental de los ENP debe partir del buen conocimiento geológico que permita valorar los recursos de las diferentes áreas en base a sus factores geomorfológicos, litológicos, hidrogeológicos, etc.

Igualmente el análisis de la morfología, las formaciones superficiales y la composición litoestructural, permite conocer el funcionamiento geodinámico y geotécnico, estableciendo las limitaciones de usos, para la prevención de los riesgos e impactos de las actividades humanas sobre la población, patrimonio geológico, áreas sensibles, etc.; y la valoración de los recursos (incluidos los divulgativos).

Actualmente se está trabajando en la implantación de normas de calidad en conservación para ENP, por las que se establecen protocolos de buenas prácticas, marcas de calidad y sistemas de evaluación (CMP, 2004; O'Nelly, 2007, EUROPAC-España, 2008). Para la certificación de calidad de un ENP se tendrá en cuenta el proceso de planificación, ejecución y evaluación de las acciones de conservación, con su posterior verificación. Su finalidad no es la evaluación de la gestión del ENP, pero permite mejorar esta gestión. Un ejemplo de ello, es el Sistema de Calidad específico España para los ENP, desarrollado por la Secretaria de Estado de Comercio y Turismo, en lo que se refiere a actividades, servicios y equipamientos de uso

público que ofrece cada ENP; o bien, la Carta Europa de Turismo Sostenible -CETS- (EUROPAC-España, 2008) que constituye un compromiso voluntario de estrategias sostenibles por parte de los gestores de los ENP.

La geología ambiental facilita y delimita las acciones de conservación, mediante la realización de cartografía geocientífica e inventario de las áreas, lugares y puntos de patrimonio geológico de cada ENP, así como con análisis preventivo de los riesgos geológicos. Este análisis geoambiental permite realizar un diagnóstico preciso para la ordenación territorial, necesario para una correcta evaluación ambiental estratégica y de mínimo impacto ambiental.

I3. Herramientas de planificación geoambiental: Sistemas de Información Geográfica -SIG- y Teledetección.

La aplicación de los SIG en la gestión de espacios naturales y su planificación, así como en estudios medioambientales, permite un sencillo análisis de las diferentes bases de datos temáticos espaciales del territorio. Prueba de ello, es su utilización en planificación y protección ambiental, recursos naturales, análisis de riesgos naturales (modelización geomorfológica, hidrológica, etc.), o mediante cartografías temáticas georeferenciadas, estableciendo diferentes métodos de análisis y modelos de simulación de procesos (Gustavsson et al, 2006).

Estas técnicas han sido aplicadas en este trabajo, para establecer las diferentes cartografías temáticas del territorio, en el análisis de riesgos (erosivos, hidrológicos, movimientos del terreno, geotécnicos) y en el análisis ambiental de las actividades humanas en el medio natural, a diferentes niveles de detalle (Evaluación Estratégica Ambiental, Estudios de Impacto Ambiental, etc.).

La teledetección, y en concreto la teledetección ambiental, es de gran aplicación en el seguimiento y control de los procesos que dan lugar a los riesgos naturales, ya que permite un seguimiento y control a diferentes escalas, mediante su análisis espacial. Este análisis puede realizarse a distinta resolución espacial, radiométrica, espectral y temporal, permitiendo acometer estudios de planificación territorial más detallados. Ejemplo de ello, es el Programa Europeo CORINE -Coordinated Information in the European Environment-

(European Commission JRC, 2002), desarrollado en España mediante el Proyecto “Corine Land Cover”, que establece una base de datos de usos del territorio, permitiendo el análisis de los cambios de usos del suelo a partir de la cobertura de imágenes de satélite.

A continuación, explicamos la utilización de cada una de éstas herramientas, en los diferentes capítulos.

Sistemas de Información Geográfica.

Las operaciones de análisis cartográfico, han sido realizadas tanto en formato raster, como vector. Se ha utilizado el formato raster (matricial o grid) por la necesidad de utilizar menos recursos y mejorar la capacidad de computerización en álgebra de mapas, Modelos Digitales del Terreno –MDTs-, variables climáticas, presentando gran capacidad (gran extensión espacial de análisis) y versatilidad (facilidad de exportación y difusión de resultados en jpg, dwg, dxf...). Cuando la información no presenta gran variabilidad territorial (flora, geología fauna, hidrología...) hemos utilizado el formato vectorial al ser más operativo. En el caso de que ocurra lo contrario, las variables involucradas son mayoritariamente no continuas, el formato vector es más aconsejable, aunque la integración final de la información pueda realizarse en formato raster. Se han utilizado las extensiones “3D Analyst” y “Spatial Analyst” en la transformación y manipulación de formatos vector a raster y viceversa, al igual que funciones propias de reclasificación, agregación y selección topológica. (Bonham-Carter, 1996).

Los SIG aplicados al análisis del Paisaje, nos han facilitado el tratamiento de los datos y la realización de cartografías sintéticas en base a criterios paramétricos, como la distribución de los diferentes componentes del paisaje (dominios geomorfológicos, manchas de vegetación, presencia de agua, pendientes...).

Igualmente se han utilizado utilidades directas de los SIG, que ayudan en el análisis de las características visuales, como la determinación a partir del MDT de las líneas virtuales de cerramiento visual definidas por el relieve y/o la vegetación, generando las cuencas visuales de puntos, líneas o áreas concretas, pudiendo delimitar el radio de incidencia de visual o ángulo sólido de visión, a diferentes distancias: 100, 1000 o 5000

metros, o incluso simular la existencia de determinadas infraestructuras y/o edificaciones para conocer previamente el grado de impacto ambiental que pueden generar y por tanto, la valoración del paisaje en situación con proyecto y sin proyecto, utilizándose la extensión “ArcScene” de ArcGis.

Con estos datos se crean mapas temáticos con incidencia paisajística que se pueden interpretar individualmente, o ayudarse de algoritmos: cálculo de índices, áreas, buffers de elementos singulares, perímetros de las diferentes unidades de paisaje, favoreciendo el entendimiento y el conocimiento de la estructura espacial de la disposición de las diferentes unidades paisajísticas, utilizando técnicas de “draping” (superposición del MDT por imágenes raster: ortofoto, etc.). De esta forma, se ha procedido a la realización por técnicas de superposición cartográfica, previa ponderación, de la cartografía de calidad, fragilidad, capacidad de absorción y de evaluación paisajística, integrando las tres primeras en la cartografía de recomendaciones y usos del territorio, y la última en el cálculo de trazados de rutas y/o infraestructuras de menor incidencia visual y de menor impacto ambiental, mediante operaciones de vecindad, distancias, superposición, etc.

El análisis mediante SIG de los riesgos geológicos permite establecer cartografías de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo, que constituyen instrumentos de prevención en los procedimientos de ordenación y planificación territorial.

Se ha realizado el mapa de riesgos de erosión hídrica y eólica, utilizando análisis estadísticos que ponderan el peso de cada factor involucrado en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo -USLE- (Wischmeier, 1959), estableciendo estimaciones de volúmenes de pérdidas de suelo, con la calculadora de campos de ArcGis.

La utilización de técnicas SIG, en la cartografía de riesgos de erosión, facilita la elaboración de modelos de dinámica ambiental a partir de la representación de la variabilidad espacial y temporal de los fenómenos naturales dinámicos y complejos. Se establecen diferentes escenarios de estudio para predecir el comportamiento en las tasas de erosión de los suelos cuando varía algún factor en las prácticas de conservación. En consecuencia, la implementación de este modelo dinámico demuestra la capacidad de los SIG para el

pronóstico de los riesgos de erosión de suelos, desempeñando un papel importante en la determinación de la variabilidad espacial de los fenómenos, lo que la convierte en una herramienta esencial de planificación y conservación de suelos.

El análisis de riesgo de inundación se ha realizado a partir de la interpolación de una serie de cubiertas temáticas (precipitaciones, usos del suelo, etc.), e implementación de las diferentes capas en modelos digitales del terreno obtenidos a partir del TIN (Triangular Irregular Network), estableciendo la altura de la lámina de agua para los diferentes periodos de retorno de la simulación hidráulica. Se han utilizado extensiones propias de análisis de cuencas hidrológicas como "ArcHydro Tools".

En el análisis de riesgos por movimientos del terreno se han realizado cartografías directas obtenidas de "scripts" propios del SIG como son la cartografía de orientaciones, cartografía de pendientes y cartografía de curvatura (concauidad-convexidad).

La cartografía de riesgo geotécnico, se ha realizado en base a la integración de una serie de capas (geomorfológica, litológica, hidrogeológica) obteniendo la cartografía de zonificación geotécnica y en base a la problemática de cada sector, mediante la selección por atributos y reclasificación, establecemos la cartografía de peligrosidad natural.

La posibilidad que presentan los SIG de realizar álgebra de mapas, ha permitido la realización de la cartografía integral de riesgos, a partir de la suma píxel a píxel, de las diferentes cartografías temáticas, con una escala de detalle de 20 metros de tamaño de píxel.

Teledetección.

La adquisición y utilización de imágenes de satélite, permiten nuevas fuentes de datos, que mejoran la resolución espacial, espectral y temporal, y por lo tanto el procesado de información cuantitativa. Esta información digital puede exportarse a SIG, cuya implementación mejora la cartografía final, debido a la interoperatividad de las herramientas de análisis.

En una primera etapa, se han realizado las diferentes cartografías temáticas en base a trabajos de fotointerpretación de la fotografía aérea a diferentes escalas (1/30.000, 1/18.000,

1/10.000) y posteriormente, se han realizado varias campañas de campo para corroborar la interpretación fotogeológica.

En una segunda etapa, se procede a utilizar técnicas de análisis de imágenes de satélite para la elaboración de cartografía de contraste o comparación (cartografía de vegetación para riesgos de erosión hídrica) o bien cartografía final (cartografía de lineamientos para riesgos de deslizamientos).

1. El análisis del riesgo de erosión hídrica.

Se realiza en base a los parámetros de la USLE para elaborar una cartografía de riesgos de erosión actual. Los mapas de estimación del riesgo erosivo se contrastan y se aplican al área de estudio con técnicas de distribución espacio-temporal, donde la teledetección permite analizar índices de vegetación y cartografiar la cobertura vegetal, mediante técnicas digitales como la clasificación espectral. (Martínez-Graña et al, 2005).

Mediante esta técnica, se ha realizado una cartografía de los parámetros de la USLE "constructivos" que son básicamente dos: la cubierta vegetal (Factor C) y las prácticas de conservación (Factor P). Con respecto al factor "P" en este estudio se presupone la inexistencia de prácticas de conservación en la zona, con lo cual el valor de dicho factor es la unidad. El software multiplataforma utilizado ha sido PCI v.8.1, para la delimitación de la cubierta vegetal se han utilizado imágenes del satélite Landsat-5, con el sensor Thematic Mapper (TM), correspondiente al verano del año 1999.

Para el análisis del factor C, se ha procedido a realizar sobre la imagen varios tratamientos: previamente una ortorectificación de la imagen (puntos de control y MDT) por el método de funciones polinomiales racionales (Toutin, 2004). Se han tomado puntos de control en el terreno mediante GPS navegador de precisiones en torno a 3-6 m. El MDT usado es el procedente del la BCN 25, con paso de cota de 10 m. En segundo lugar, se ha obtenido una clasificación no supervisada obteniendo la cartografía del índice de vegetación (IV) y el índice normalizado de vegetación (NDVI).

La cartografía de la cobertura vegetal o Factor C, mediante escenas multitemporales a partir de imágenes de satélite, se realiza mediante una clasificación no supervisada que categoriza los píxeles de la imagen según clases espontáneas, agrupándolos en función

de valores espectrales similares. La visualización se facilita generando imágenes en color a partir de tablas de pseudocolor. La clasificación no supervisada ayuda a la comprensión de las potenciales clases de la imagen y a la interpretación preliminar de los usos de suelo y las cubiertas vegetales. A continuación, hemos utilizado álgebra de bandas espectrales (infrarrojo cercano y rojo) para obtener diferentes índices de vegetación. Estos índices se basan en establecer el cociente, píxel a píxel de los niveles digitales (ND) almacenados en dos bandas de la misma imagen. Como lo que queremos destacar, es la cubierta vegetal, reforzaremos la contribución espectral debida a la vegetación, máxima en la

banda del infrarrojo cercano, frente a la influencia del suelo, con comportamiento espectral muy distinto. Las bandas implicadas en estos índices son, por tanto, la del infrarrojo cercano (banda 4) y la del rojo (banda 3), mediante los siguientes cocientes (Figura I₁-3).

$$C_{IV} = \frac{ND_{IR}}{ND_R}$$

C_{IV} toma un valor mayor que 0 que va aumentando conforme aumenta el vigor de la vegetación.

$$C_{NVDI} = \frac{ND_{IR} - ND_R}{ND_{IR} + ND_R} = \frac{C_{IV} - 1}{C_{IV} + 1}$$

C_{NVDI} toma un valor entre -1 y 1.

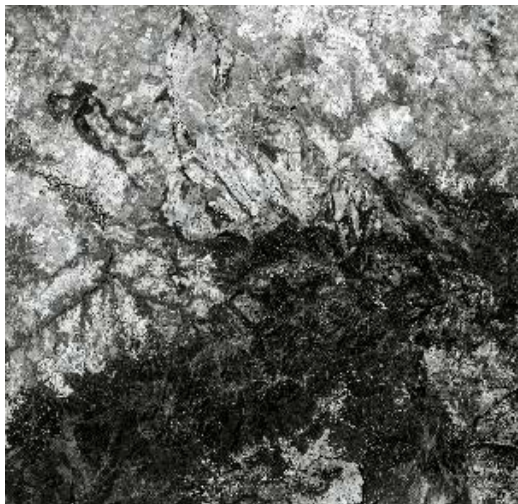


Figura I₁-3. Izq: Imagen Landsat correspondiente al Índice de Vegetación (IV). Dcha: Composición en color del NVDI.

A partir de estas imágenes se pueden observar las diferentes masas vegetales y su distribución en el espacio. Este contraste espectral se produce debido a la baja reflectividad de la banda Roja que permite a los pigmentos de las hojas absorben la mayor parte de la energía que reciben mientras que apenas afectan a la banda del Infrarrojo.

El cálculo del Factor C; tiene en cuenta la ordenación de masas vegetales y cultivos; comparando los resultados obtenidos con las técnicas de teledetección con el Mapa de Vegetación realizado (sintetizando sus unidades).

En este factor se analiza la influencia que tiene el cultivo en la susceptibilidad erosiva (Figura I₁-4), por lo que se tienen en cuenta el tipo de especie vegetal, alternancia de cultivos, forma y número de labores; así como la

productividad del suelo. Se contrasta con la cartografía del Factor C o Factor cubierta vegetal obtenida a partir de la cartografía de dominios de vegetación, realizada mediante trabajo de campo, dando un resultado aceptable para un análisis de primera aproximación, o para estudios regionales donde no exista una información precisa.

A partir de la imagen de satélite, se realiza un muestreo en base a los niveles digitales de cada píxel, y teniendo en cuenta el análisis visual de la imagen, se identifican los sectores de mayor riesgo de erosión hídrica (Figura I₁-5). En estos sectores se han establecido las estaciones de clavos de erosión. (Martínez-Graña et al, 2007).

2. Otras operaciones realizadas para el análisis regional.

La Teledetección se ha usado en la cartografía de lineamientos, utilizada para el análisis de los riesgos de deslizamiento del terreno. Se parte de la banda 3 de la imagen Landsat TM, y, mediante operaciones de convolución, con la utilización de filtros de

bajo paso que bloquean el alto detalle de la frecuencia espacial, permiten visualizar los lineamientos que se digitalizan posteriormente, obteniendo el trazado de estas estructuras. (Recondo et al, 2000).

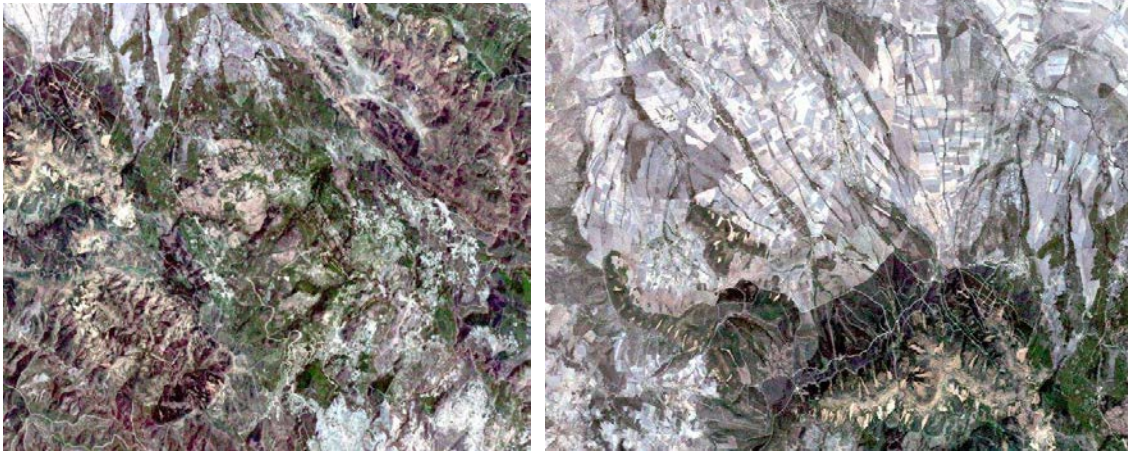


Figura I₁-4. Esquema de Composiciones en color: Izq: Sierras de Francia y Quilamas; y centro: zona denominada “entresierras”. Dcha: Distribución de la vegetación natural y cultivos en el Piedemonte de la Sierra de Francia.

Además en diferentes apartados, se ha utilizado la base de datos “Corine Land Cover” de usos del suelo de la zona de estudio, realizada en base a las imágenes de satélite multitemporales, actualizada al año 2000. Esta cartografía se ha realizado mediante teledetección, aunque nosotros la hemos utilizado como capa vectorial para su procesado con

ArcGis ayudándonos en el cálculo del umbral de escorrentía, necesario para modelizar los riesgos de inundación. Igualmente se ha tenido en cuenta en el análisis del riesgo por movimientos de ladera, al delimitar las zonas con actividades antrópicas (cascos urbanos, zonas de cultivos, etc.).

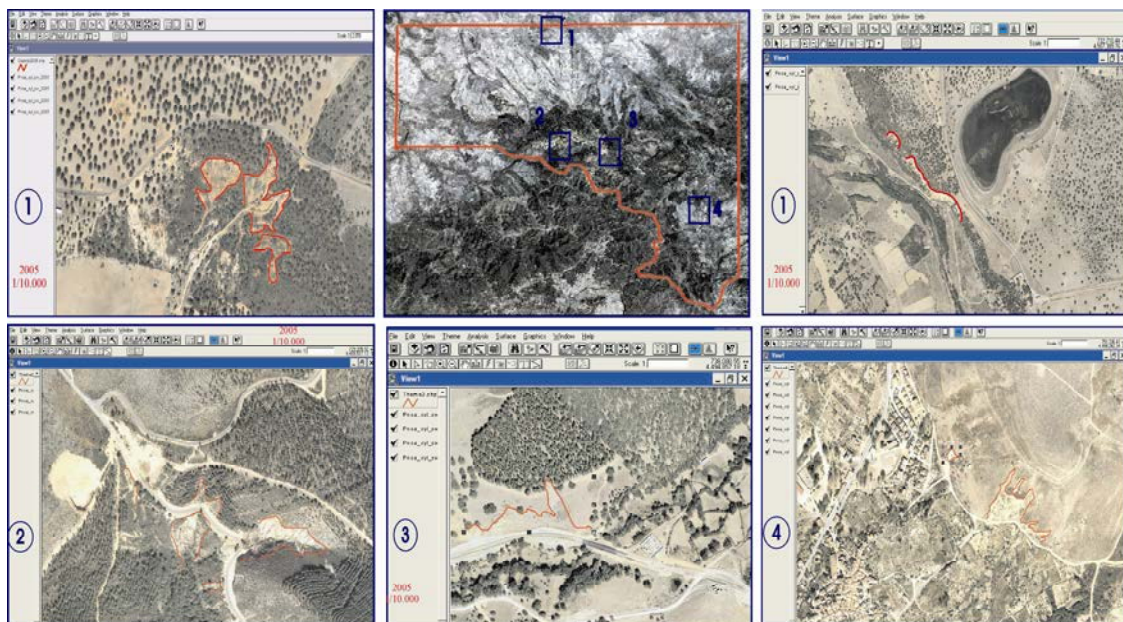
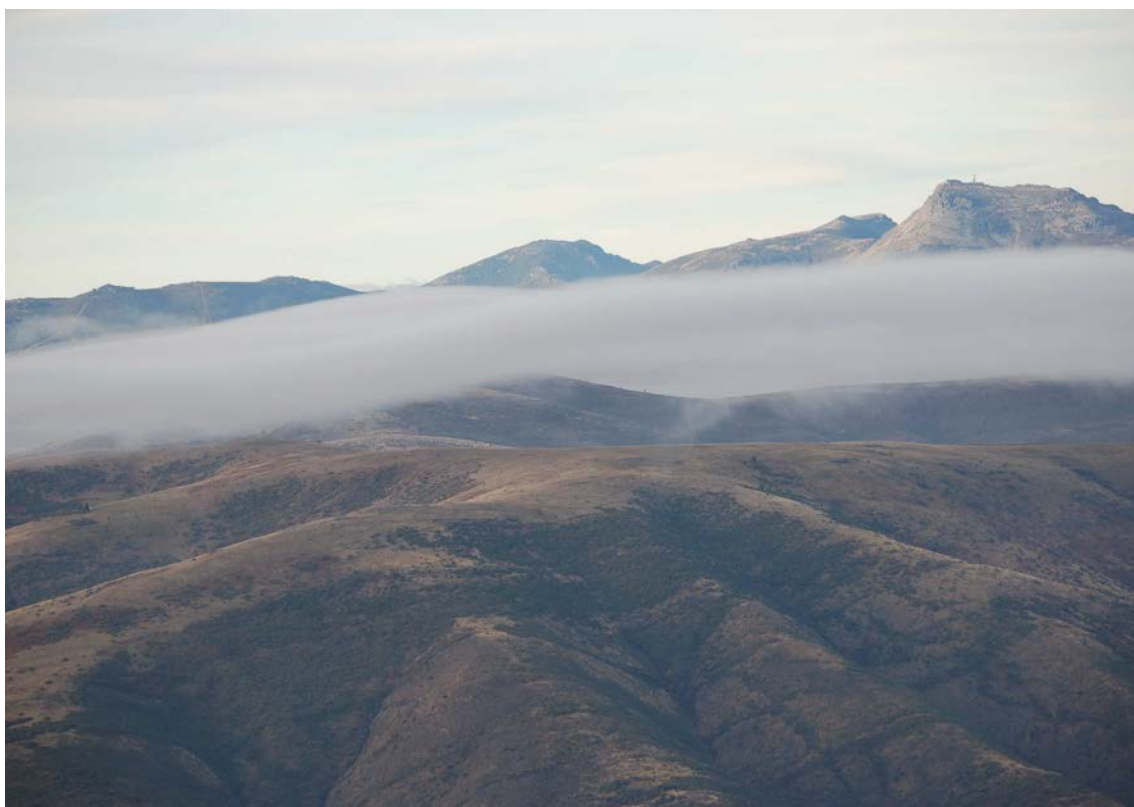


Figura I₁-5. Imagen de satélite (arriba centro) se indican los sectores más degradados por procesos de erosión hídrica: Escarpe El Maillo-Alba de Yltes (1), Monsagro (2), El Maillo (3) y Cepeda (4).

II₁ Clima.



II_{1.1} Introducción.

II_{1.2} Parámetros y Cartografía Climática.

II_{1.3} Geomorfología Climática en los Espacios Naturales Protegidos de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas.

Anexos:

Anexo II_{1.1}. Listado de Estaciones Climáticas.

Anexo II_{1.2}. Otra Bibliografía Consultada.

II_{1.1}. Introducción.

Las características climáticas de un territorio están íntimamente relacionadas con la distribución de los diferentes elementos abióticos y bióticos, por ello, el análisis detallado de los parámetros climáticos permite conocer e interpretar desde un punto de vista climático, los efectos del clima sobre el relieve, suelos, aguas, etc.; cartografiados en el inventario y utilizados en la planificación territorial y la gestión de los espacios naturales.

El análisis climático se ha efectuado a partir de dos conjuntos de datos: *paramétricos* proporcionados por las estaciones meteorológicas que el Instituto Nacional de Meteorología (INM) registra en la zona; y *espaciales*, constituidos por la base cartográfica del sector de estudio. (Anexo II₁₋₁). Además se han analizado diferentes publicaciones sobre métodos de cálculo de parámetros climáticos específicos y geomorfología climática. (Anexo II₁₋₂).

Los datos paramétricos han sido proporcionados por el INM como resúmenes mensuales en formato de texto simple. Se ha partido de un estudio regional realizado en el proyecto FEDER 1FD97-0222, donde se consideran 93 estaciones meteorológicas, 33 dentro de la zona de estudio y 60 en el área circundante, necesarias estas últimas para poder realizar de forma adecuada las integraciones gráficas. En cada una de estas estaciones se presentan datos de dos parámetros: pluviometría (en todas las estaciones) y termometría (en cuarenta y una de ellas, en muchos casos con periodos limitados de registro, circunstancias que limitan las posibilidades de cálculo). Para compensar las carencias de datos, sobre todo en cotas altitudinales elevadas, se han escogido estaciones virtuales en las cumbres más representativas, calculando las condiciones meteorológicas previsibles en ellas mediante extrapolación, considerando las diferencias térmicas y pluviométricas debidas a la altitud particularizadas para la zona estudiada. Estos datos se integran en hojas de cálculo -Excel- (una por estación), y a partir de ellos se obtienen las gráficas climáticas de las estaciones más representativas y fiables, por disponer de suficientes años de recogida de datos. Se han realizado los mapas climáticos básicos de todo el sector de estudio (Sur de Salamanca) en relación a los Espacios

Naturales Protegidos estudiados (Mateos & Goy, 2006), (Martínez-Graña et al, 2006).

Posteriormente se ha elaborado una cartografía digital específica de parámetros climáticos partiendo de una base de datos meteorológicos, englobando los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas. Con estos datos climáticos se ha procedido finalmente a clasificar la zona, con diferentes diagramas en función de los parámetros climáticos, que determinan la existencia de procesos geomorfológicos (meteorización química y mecánica, movimientos en masa, erosión pluvial y eólica...), que caracterizan a partir de regímenes climáticos del sector de estudio, los sistemas climaprocesos-formas, que ayudan a delimitar regiones morfoclimáticas a partir de la intensidad relativa de diferentes procesos geomorfológicos (Peltier, 1950), (Wilson, 1968 y 1969), ayudando en el análisis de procesos morfodinámicos de riesgos y procesos naturales. Igualmente permiten conocer posibles medidas preventivas y de mitigación, en base al análisis de factores dependientes directamente de los parámetros climáticos (bioclimáticos).

II_{1.2}. Parámetros y Cartografía climática.

Las estaciones meteorológicas utilizadas (Figura II₁₋₁) no incluyen estaciones "completas" o de primer orden, que registran gran variedad de parámetros, aunque presentan 41 estaciones de segundo orden o termopluiométricas, las cuales efectúan tres observaciones diarias y presentan termómetro e higrómetro o sicrómetro y pluviómetro; y 53 estaciones meteorológicas de tercer orden o pluviométricas, que se limitan a medir las precipitaciones cada 24 horas, disponiendo únicamente de un pluviómetro. Igualmente todas estas estaciones deberían de registrar también los meteoros (niebla, tormentas...) pero la realidad es que presentan amplias carencias de datos.

Para el análisis de estas características climáticas (temperatura, precipitación...) se necesitan datos exactos y de gran secuencia temporal, de forma que para establecer un ciclo climático de "n" años, deberíamos tener datos de un periodo óptimo de aproximadamente "4n" años. Este periodo óptimo se determina

según el tamaño de la muestra que ofrece garantías de representatividad, estableciéndose un periodo óptimo para zonas montañosas según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) de 25 años de datos continuos de temperatura, 10 años de registro de humedad, 12 años de nubosidad, 8 años en visibilidad y 50 años de registro de precipitaciones, criterios que cumplen algunas estaciones como Rinconada de la Sierra (2903), Pantano del Águeda (2943) y Ciudad Rodrigo (2946).

Las principales estaciones que se han tenido en cuenta dentro de la zona de estudio son Rinconada de la Sierra (2903), El Maillo (2917), Puebla de Yeltes (2917C), Serradilla del Arroyo (2942), Valero de la Sierra (3484), La Alberca (3487), Garcibuey (3487E), Sequeros (83488), Mogarraz (3488E), Villanueva del Conde (3489), Casas del Conde (3489E), Miranda del Castañar (3490), Sotoserrano (3492) y Herguijuela de la Sierra (3492E). Estas estaciones presentan un buen registro (estaciones de segundo orden) y se han utilizado para establecer las regiones morfogénicas de nuestra zona de estudio, pero para la obtención de las cartografías de los diferentes parámetros climáticos también se han utilizado estaciones dentro de la zona de estudio aunque con registros menos completos (estaciones de tercer orden) como son: Pastores (2944), Guadapero (2920), Aldehuela de Yeltes (2912E), Tamames (2906), Tejada y Segoyuela (2904), Linares de Riofrío (3483), Cristóbal (3494) Valdelageve (3491), La Alberca-Las Batuecas (3493). Igualmente para la elaboración de la cartografía climática se han considerado otras estaciones periféricas tanto de segundo como de tercer orden, fuera del sector de estudio, como son Hervás (3504), Hervás-Colegio (3504a), Pantano del Águeda (2943), Ciudad Rodrigo (2946), Ciudad Rodrigo-Iberduero (2946a), Martiago (2939), Serradilla del Llano (2941), Nuñomoral Vegas de Coria (3495), Pantano de Gabriel y Galán (3502) y Bejar (3491).

La precipitación total anual es uno de los parámetros climáticos que mejor definen la variación climática del sector, reflejando las características orográficas, definidas por los rangos de altitud. La variación de precipitaciones anuales (Figura II-2) en la zona de estudio oscila entre 400 y 1900 mm. Este parámetro permite realizar la cartografía de isohietas anuales, que muestra precipitaciones muy altas en los sectores más elevados, como la Peña de Francia por encima de 1800 mm, o en las superficies más altas y centrales de Quilamas superiores a 1600 mm. Las precipitaciones Altas (>1000 mm) se localizan en localidades como El Maillo (1005 mm), Valero de la Sierra (1075 mm), La Alberca (1495 mm), Garcibuey (1181 mm), Sequeros (1192 mm), Mogarraz (1391 mm), Villanueva del Conde (1058,8mm), Sotoserrano (1118 mm) o Herguijuela de la Sierra (1222 mm).

En cambio en los sectores de menor topografía, NW de la hoja de Serradilla del Arroyo, encontramos valores de precipitaciones menores, inferiores a 600 mm, como ocurre en Tenebrón (500 mm), Dios le Guarde (530 mm), aumentando hacia el sur con la topografía: Puebla de Yeltes (635 mm), Morasverdes (800 mm); siendo algo más elevados en la parte norte de la hoja de Tamames, con precipitaciones cercanas a 900 mm (Tamames, Herguijuela del Campo, Tejada y Segoyuela...). A partir de la culminación de la divisoria de aguas o zonas más elevadas (Sierra de Francia, Sierra de La Alberca...) las precipitaciones decrecen hacia el sur, de forma atenuada: Valle de Las Batuecas (1400 mm), Valdelageve (1000 mm), etc.

El análisis de las diferentes estaciones, en base a los registros temporales de precipitación, permite obtener las curvas de tendencia que ayudan a la caracterización climática presente y futura (Figura II-3).

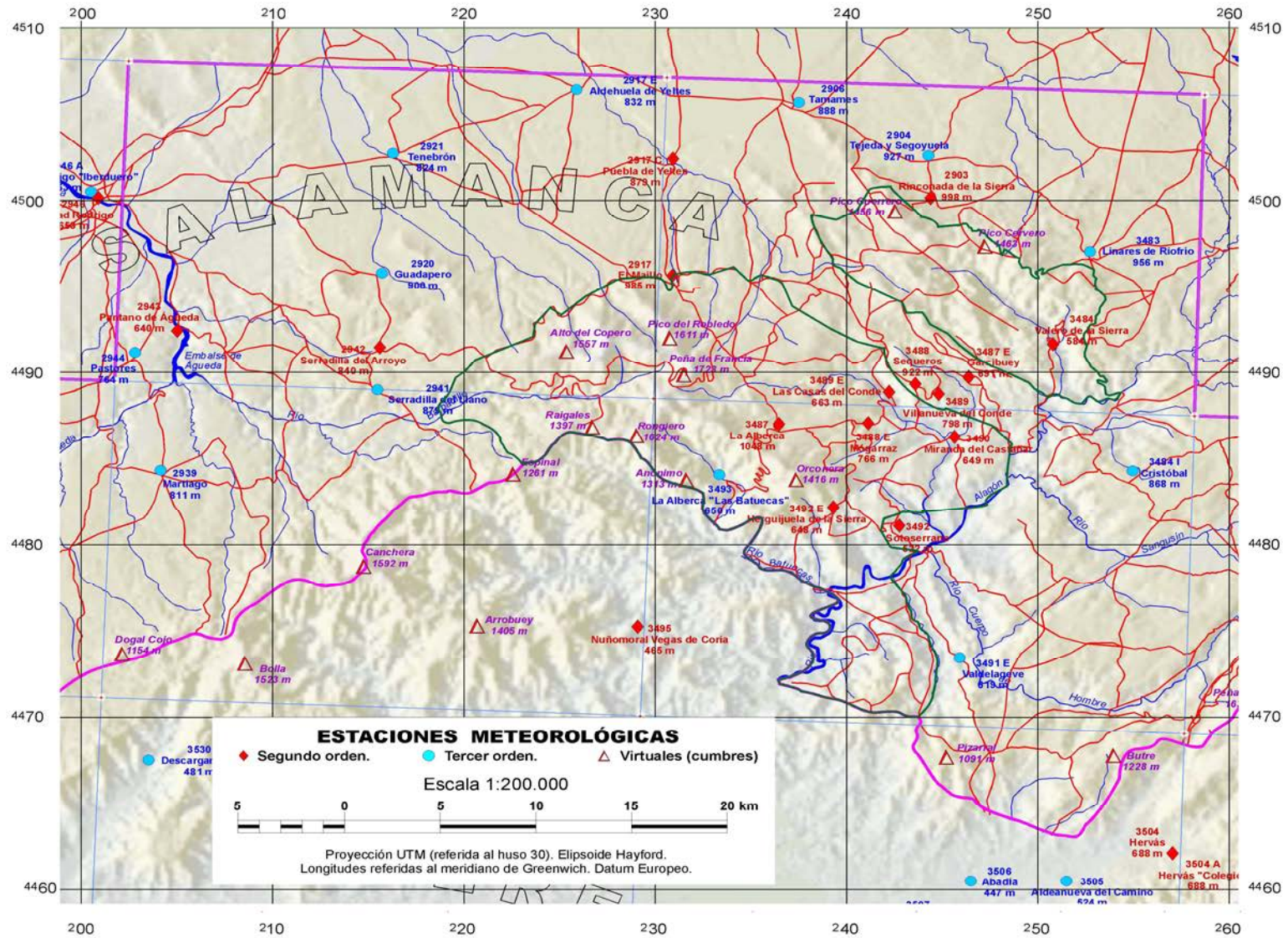


Figura II₁-1. Situación y distribución espacial de las diferentes estaciones meteorológicas.

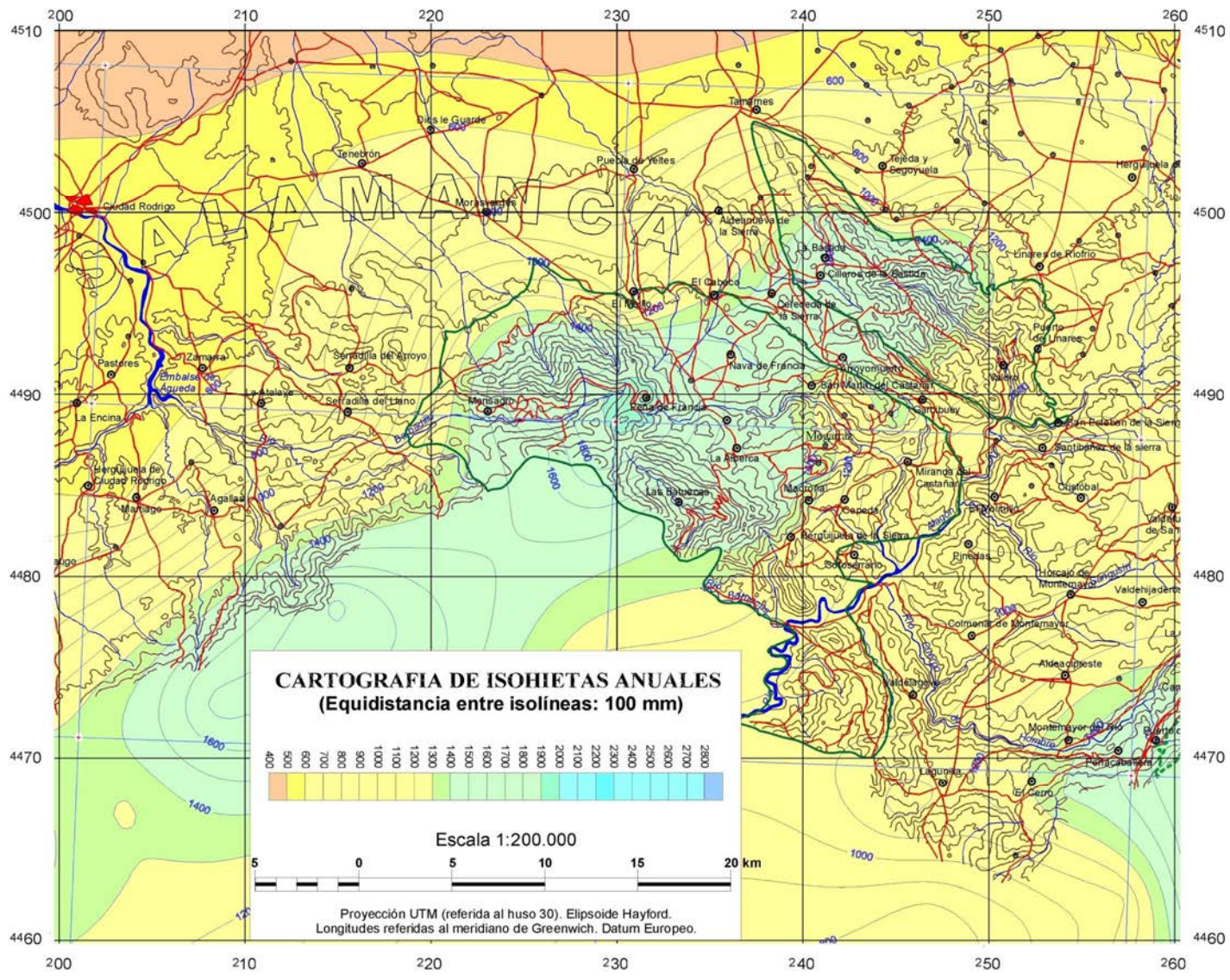


Figura II₁-2. Cartografía de isohietas anuales

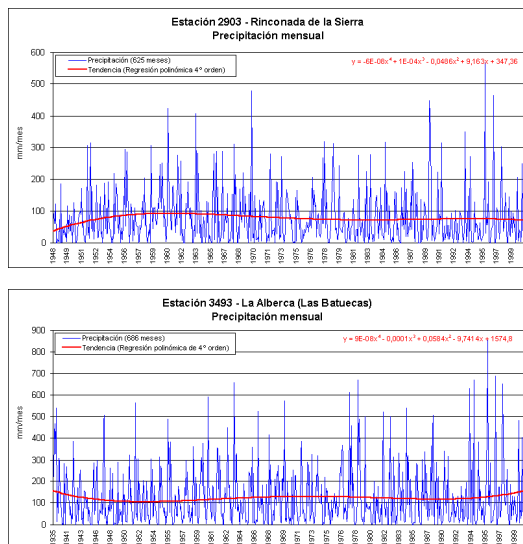


Figura II-3. Muestra del procedimiento de análisis de tendencia en base a los valores temporales de precipitación (Rinconada de la Sierra y La Alberca).

En cuanto a la termometría, la zona de estudio, dentro de la cual se engloban los dos Espacios Naturales: Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, se encuentra entre las isothermas 7.5 °C y 15.5 °C de media anual. La población con una media térmica anual más baja se corresponde con Monsagro (8 °C), aunque los sectores de mayor altitud, donde se encuentran actividades humanas, como pueden ser la Peña de Francia se encuentra con índices térmicos inferiores (7.5°C), encontrando algunas poblaciones a menores altitudes y con isothermas relativamente bajas, como Serradilla del Arroyo (10.8 °C) o la Alberca (11°C).

La mayoría de las poblaciones se encuentran con isothermas medias anuales más altas, tanto en el interior del Espacio Natural de Quilamas, como en el sector norte de la zona de estudio, encontrando temperaturas muy benignas en poblaciones como Rinconada de la Sierra (12.2°C), El Maillo (11.1°C), Puebla de Yeltes (11.8 °C).

En cambio en el interior del Espacio Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia, las isothermas presentan unos valores altos a muy altos, mostrando isothermas que varían entre los 11°C y los 15°C, prueba de ello son las poblaciones de Valero de la Sierra (14.5°C), Garcibuey (13°C), Sequeros (11.8°C), Villanueva del Conde (13.8°C), Las Casas del Conde (14.4°C) o Miranda del Castañar (13.3°C).

El sector de mayores isothermas anuales, es el comprendido entre las poblaciones de Sotoserrano (14.7°C) - Herguijuela de la Sierra (15.1°C) -Mogarráz (15.3°C) siendo ésta última la de mayor isotherma anual de toda la zona de estudio, encontrándose en el interior del ENP de Las Batuecas-Sierra de Francia, dentro del Dominio Geomorfológico de valles encajados con un microclima característico.

Al igual que con el parámetro climático precipitación, en base a los registros temporales de temperatura, se elaboran las curvas de tendencia (Figura II-4).

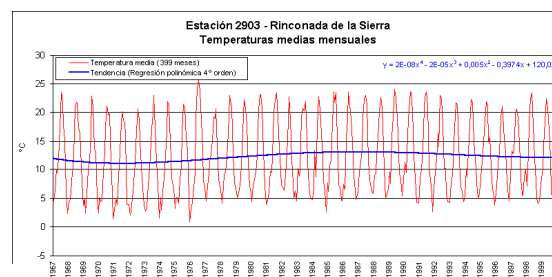


Figura II-4. Muestra del procedimiento de análisis de tendencia en base a los valores temporales de temperatura (Rinconada de la Sierra).

A partir de los valores de termometría se elabora la correspondiente cartografía de isothermas anuales (Figura II-5)

Otra clasificación bioclimática que se ha tenido en cuenta ha sido la de Papadakis. Esta clasificación se encuentra determinada en las fichas agroclimáticas (Elías Castillo et al, 1965 y Elias Castillo & Ruiz Beltran, 1979) de las estaciones que se engloban dentro de la zona de estudio: Valero de la Sierra (830): Invierno Avena cálido/verano Arroz, Villanueva del Conde (833): Invierno Avena fresco/verano Maíz. El balance térmico e hídrico de estas estaciones se ha tenido en cuenta en la elaboración de los parámetros climáticos antes determinados (precipitación, temperatura, ETP, ETR...), así como otros de interés: días de heladas, etc.

En una segunda fase, mediante la utilización de índices climáticos se obtienen cartografías específicas de las condiciones del clima de los diferentes sectores en relación a parámetros determinados: Cartografía de evapotranspiración potencial anual (Figura II-6) y Cartografías de humedad y aridez (Thornthwaite, 1948).

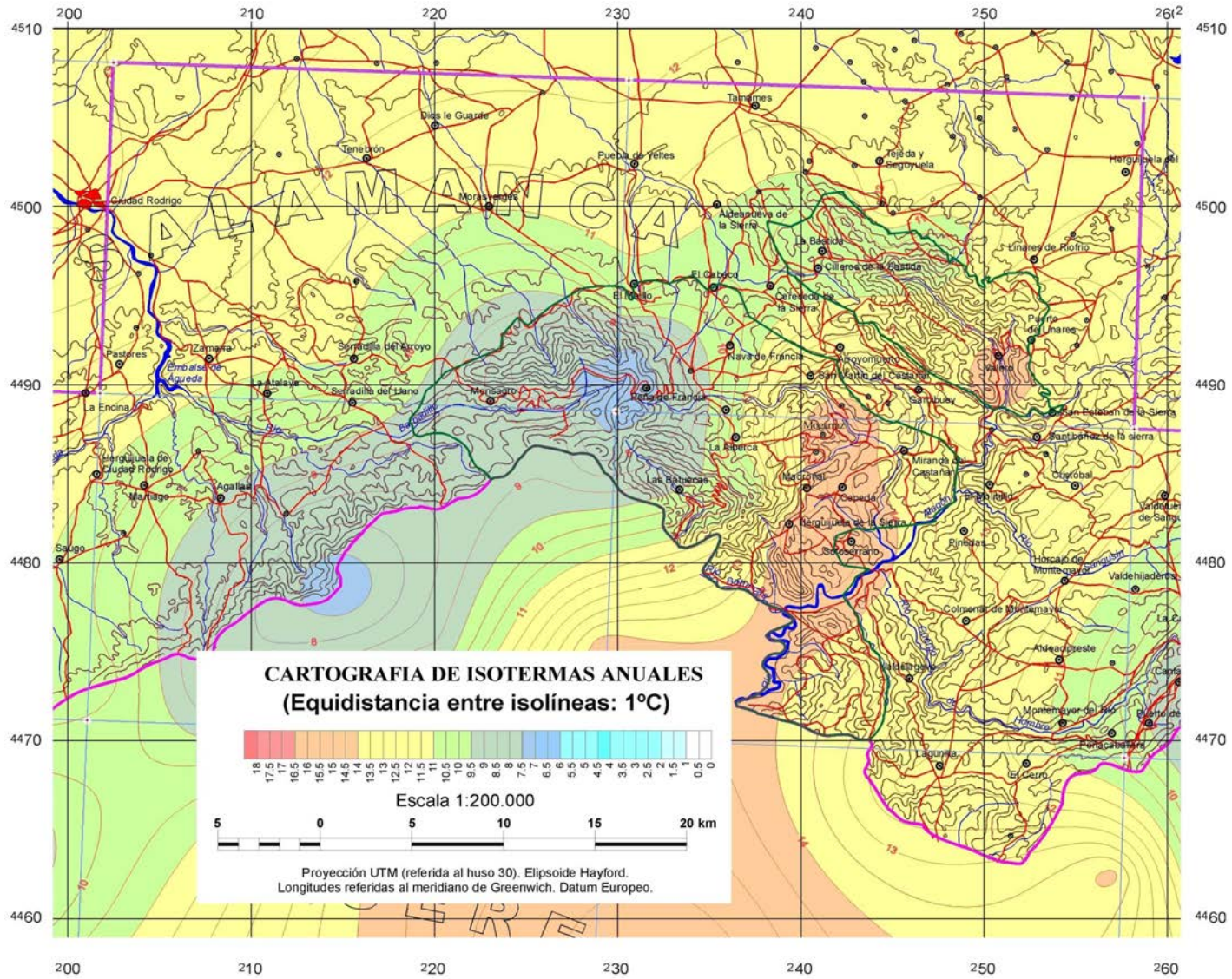


Figura II₁-5. Cartografía de isotermas anuales.

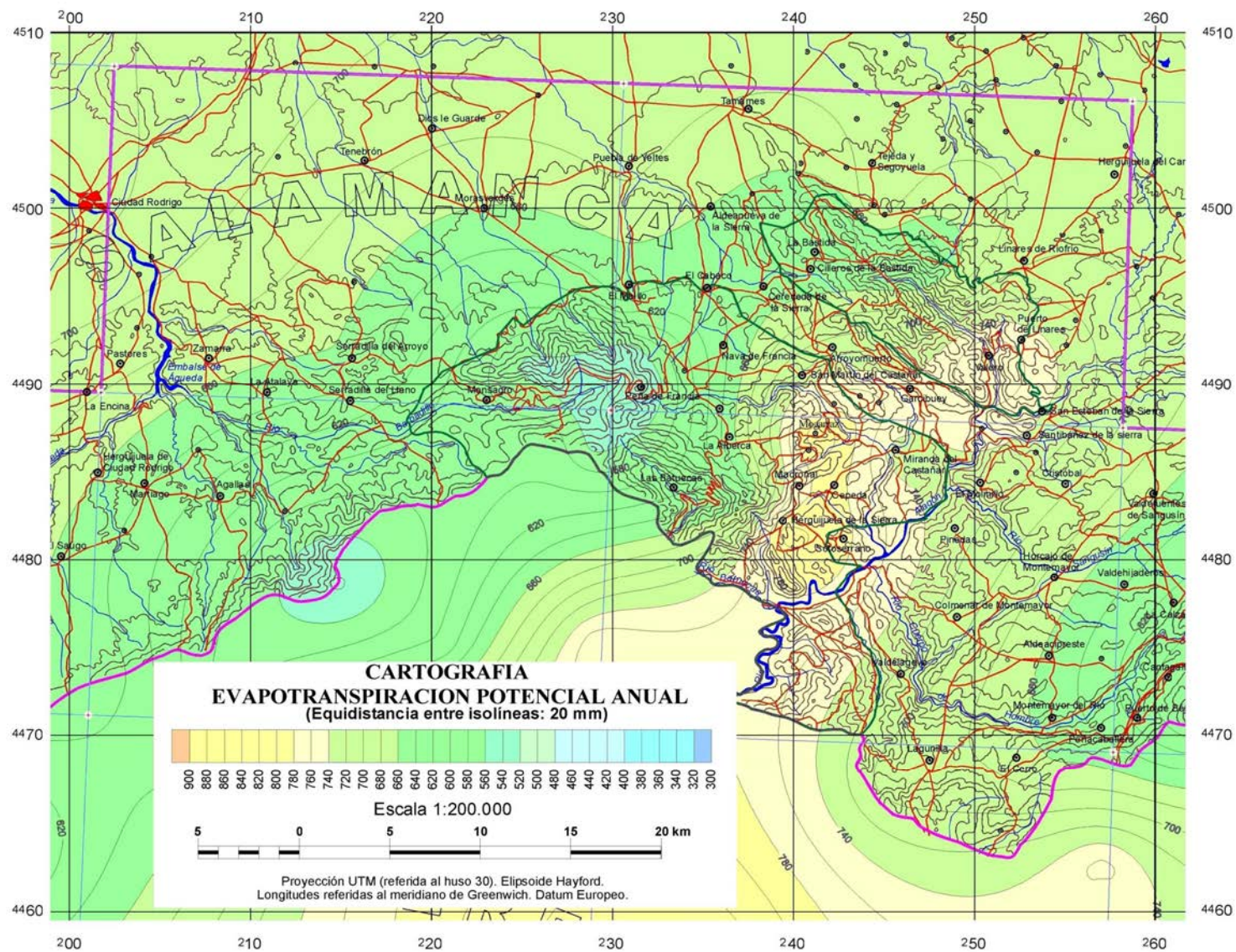


Figura II-6. Cartografía de evapotranspiración potencial (ETP) anual.

A partir de los valores de Evapotranspiración potencial (ETP), se observa que este sector alcanza unos valores anuales entre 530 mm y 790 mm. Los valores menores de ETP, se localizan en los sectores más elevados, coincidiendo con los sectores donde se presentan las menores isotermas, tal es el caso de la Peña de Francia con valores de ETP inferiores a 540 mm. En cambio los valores de mayor ETP se localizan en los sectores donde la cartografía de isotermas presentan los valores más altos, coincidiendo con el corredor Mogarráz-Herguajuela de la Sierra-Sotoserrano, con valores de aproximados de 780 mm.

El resto de sectores comprenden valores intermedios, con valores próximos a 720 mm las localidades de Tenebrón, Tamames, Dios Le Guardé, Tejada y Segoyuela, Pinedas y Valdelageve. Valores próximos a 620 mm se encuentran en las poblaciones de El Maillo, El Cabaco y Serradilla del Arroyo entre otras. Se analizan las relaciones entre las precipitaciones y la ETP (P/ETP) determinando el llamado índice de Penman, con el cual diferenciamos sectores con climatologías húmedas ($P/ETP > 1$) de las secas ($P/ETP < 1$). (Figura II₁-7).

A partir de las medias mensuales y anuales de precipitación y temperatura, se realizan para estaciones con más de 30 años de datos de precipitación y mas de 10 años de datos de temperaturas; dentro de los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, así como en su zona de influencia, los climodiagramas de Walter-Gausson (diagramas ombrotérmicos). (Figura II₁-8), donde se reflejan los datos de temperatura y precipitación medios mensuales, y se utiliza una escala de precipitaciones en mm, doble que la de temperaturas en grados centígrados (2mm de precipitación equivaldrían a 1°C de temperatura según la hipótesis de Gausson).

Los climodiagramas constituyen otra forma habitual de representar el clima de esta región, para contrastar y establecer similitudes climáticas entre localidades y zonas. (Walter & Lieth, 1960).

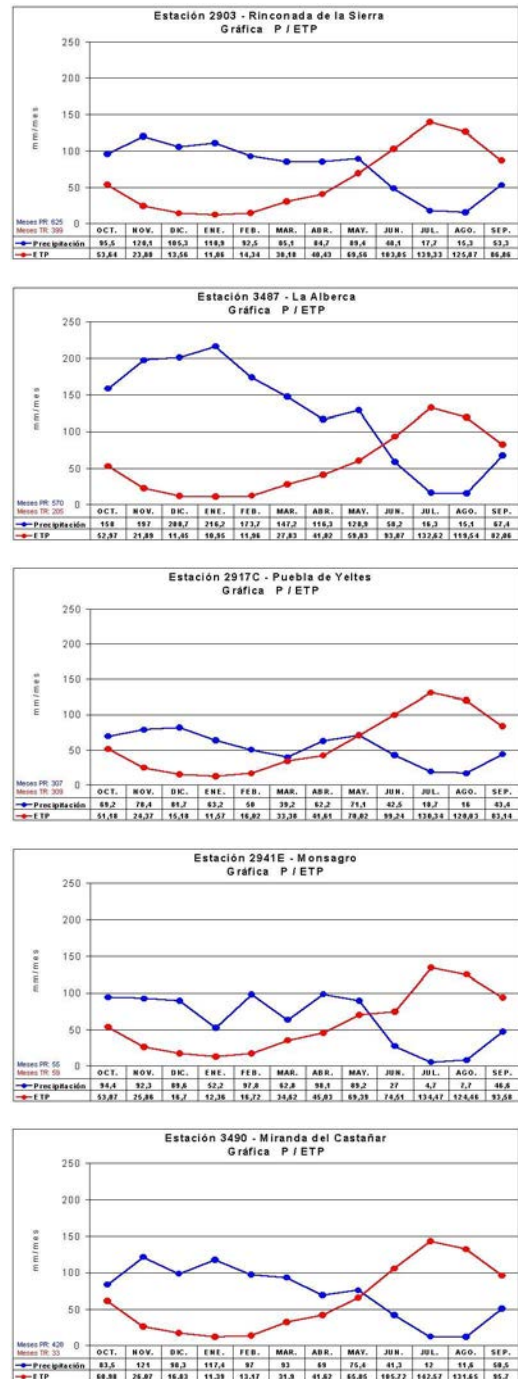


Figura II₁-7. Muestra de algunos de los gráficos realizados para el balance P/ETP.

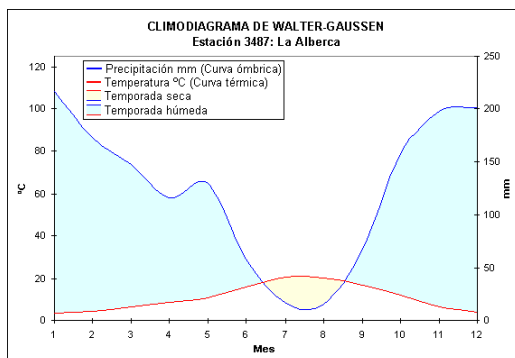
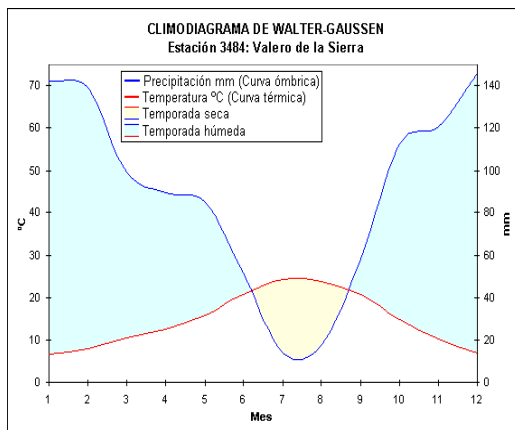
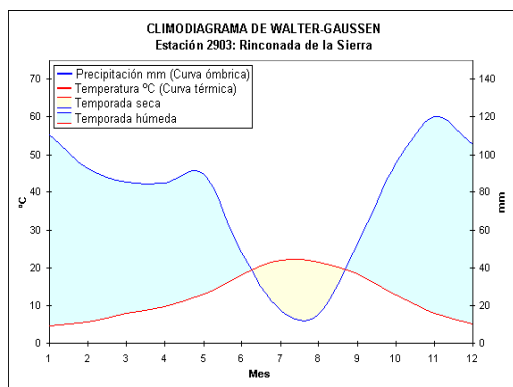


Figura II-8. Ejemplos de algunos de los climodiagramas elaborados en la zona de estudio (Rinconada de la Sierra, Valero de la Sierra y La Alberca).

Posteriormente, para proceder a la clasificación del clima de la zona de estudio se procede a establecer los diferentes tipos climáticos (conjuntos homogéneos de condiciones climáticas), con los cuales definir esta región climática y proceder a caracterizar esta área, para lo cual además de los climodiagramas, tenemos en cuenta índices, que permitan llegar a una clasificación climática objetiva, lo cual es de interés, al influir directamente en la amplitud de parámetros ambientales, sobre todo en las comunidades vegetales, conformando límites fitoclimáticos.

Los índices analizados son el Índice de aridez de Martone y el Índice termo-pluviométrico de Dantin-Revenga.

A partir de la cartografía de ETP, se analizan los índices de aridez (Ia) y humedad (Ih). El Índice de aridez de Martone (Ia), se define como el cociente entre $P / T + 10$; siendo P la precipitación media anual, en mm; y “T” la temperatura media anual, en °C. En cambio, el Índice termo-pluviométrico de Dantín, Cereceda y Revenga (Ih) constituye el cociente entre $100 T / P$; siendo las variables idénticas a las del índice de aridez. (Figura II-9).

En nuestro sector, la cartografía de isoxeras anuales, muestra como en el ENP de Las Batueas-Sierra de Francia, los valores en las zonas topográficamente más elevadas, son muy bajos: Peña de Francia (<0.4), Monsagro (0.6), Cilleros de La Bastida (0.6) y La Bastida (0.6). Entre ambos espacios naturales y en el sector NW y SE de la zona de estudio, los valores son ligeramente más elevados: El Maillo (1.0), Horcajo de Montemayor (1.0), Valdelageve (1.0). No obstante en algunos sectores, encontramos valores más elevados: Herguijuela de la Sierra (1.2), Madroñal (1.1) Linares de Riofrío (1.2), etc. El conjunto de valores que se aprecia en la cartografía de isoxeras anuales, se aprecia que la xericidad que presenta la totalidad de la zona de estudio se enmarca en el termino de “Húmedo”, con valores entre 0-2.

A partir de estos índices se obtuvo finalmente el índice hídrico anual “Im”. Este índice es el utilizado por Thornthwaite (Figura II-10) para delimitar las regiones principales de humedad, según:

Índice “Im”

A	Perhúmedo	100
B4	Húmedo IV	80 a 100
B3	Húmedo III	60 a 80
B2	Húmedo II	40 a 60
B1	Húmedo I	20 a 40
C2	Subhúmedo	0 a 20
C1	Subhúmedo-seco	-20 a 0
D	Semiárido	-40 a -20
E	Árido	-60 a -40

Regiones de humedad.

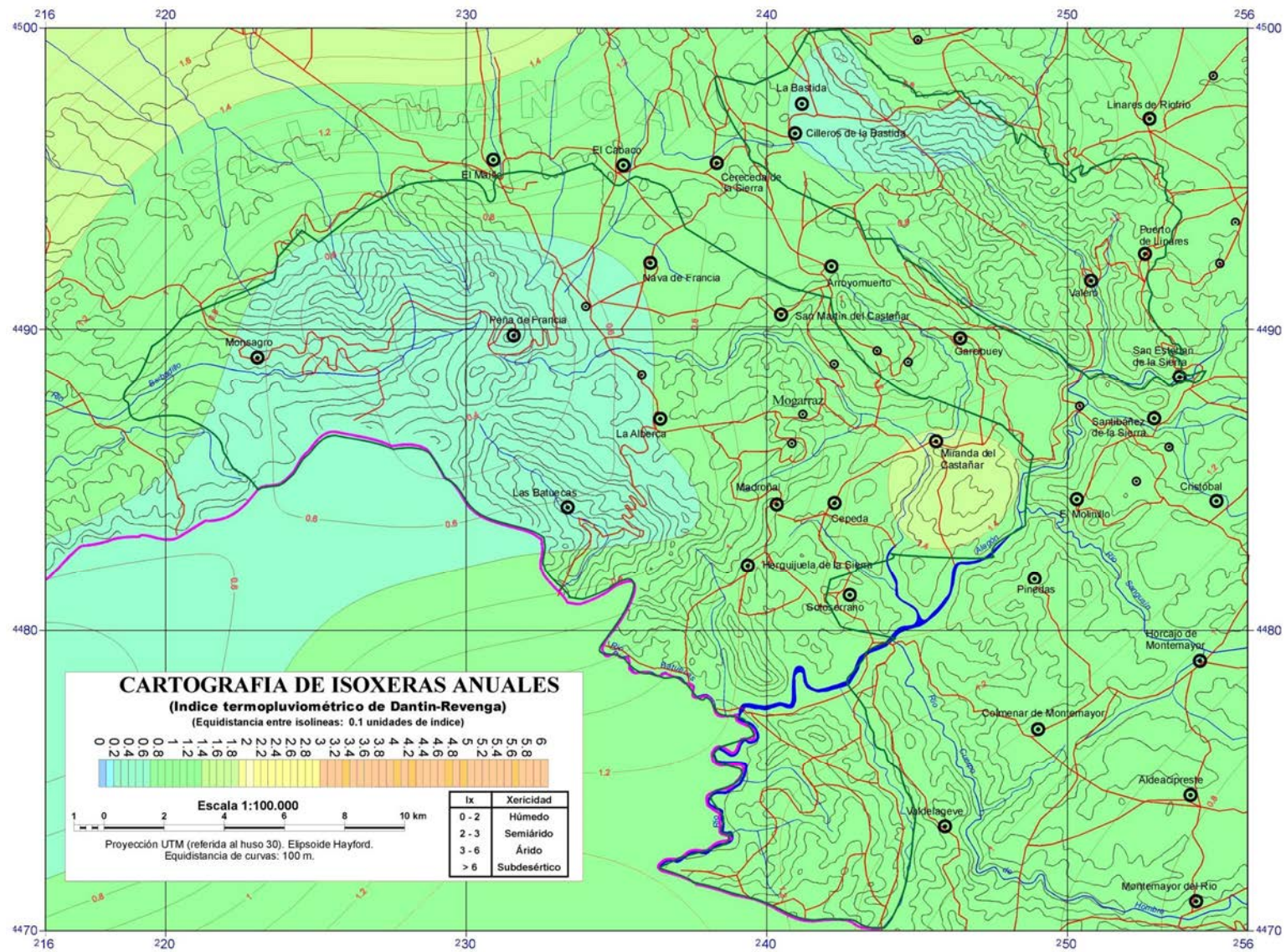


Figura II-9. Cartografía de isoxeras anuales (Índice Dantin-Revenge).

Este índice permite elaborar la cartografía climática de Thornhwaite.



Figura II₁-10. Cartografía de Thornhwaite para la Península Ibérica. Se observa los colores verdes y azulados en el sur de la provincia de Salamanca.

La elaboración de esta cartografía para nuestra zona de estudio (Figura II₁-11), muestra que el sector de los espacios naturales, aparece con valores de índice "Im" superiores a 20, lo cual implica que estamos ante un clima húmedo, presentando los sectores topográficamente más elevados de ambos espacios naturales valores del índice "Im" por encima de 100, lo cual hace pensar en un clima tipo A o Perhúmedo: Peña de Francia (320), Nava de Francia (200), La Alberca (220), La Bastida (200), Valle de Las Batuecas (240), San Martín del Castañar (140). La franja paralela al sector anterior presenta valores entre 80-100 constituyendo un índice "Im" tipo "B4" o Húmedo IV: Serradilla del Arroyo (100), El Maillo (100), disminuyendo a Húmedo III o "B3" con valores entre 60-80, en la franja del río Alagón: Sotoserrano (80), Pinedas (85) Molinillo (87), llegando a alcanzar este valle índices "Im" menos húmedos que los sectores adyacentes en el interior, con valores de 40, como en la localidad de Miranda del Castañar, mostrando un tipo clima Húmedo "I" o "B2".

Finalmente los climas subhúmedos y secos-subhúmedos se encuentran en el sector NW de la zona de estudio, en la hoja de Serradilla del Arroyo, englobando localidades como Zamorra (Im=0), Puebla de Yeltes (Im=0), Morasverdes (Im=20) y Tamames (Im=20). La franja cercana a la localidad de ciudad Rodrigo, Tenebrón, Dios le Guarde, se sitúa en valores de Im negativos, entre -20 y -60, lo que implica un tipo de clima semiárido y árido de tipo "D" y "E", respectivamente.

Esta distribución climática se refleja perfectamente en la vegetación (gradación catenal) y permite la delimitación de recintos bioclimáticos, de gran interés para estudios fitoclimáticos y paisajísticos del medio natural de estos espacios naturales.

A partir de las características climáticas básicas analizadas anteriormente, se interpretan los parámetros elementales como precipitaciones (Cartografía de Isohietas) y temperatura (Cartografía de Isotermas). En ambas se observa el importante papel que juegan otros parámetros del medio físico, como es la topografía, orientación y las pendientes de los diferentes sectores de estudio. Por ello se procede a realizar estas cartografías para poder compararlas con las variables climáticas estudiadas (precipitaciones y temperaturas). Por ello se procede a la realización de la cartografía de orientación del terreno según la pendiente: cartografía de orientaciones (Figura II₁-12), mediante técnicas SIG (ArcGis 9.2).

Las relaciones entre los diferentes elementos del medio natural (geomorfología, suelos, vegetación, etc.) y los parámetros e índices climáticos con sus respectivas clasificaciones son finalmente analizadas e interpretadas. Los suelos están fuertemente influenciados por el balance de humedad que se utiliza para diferenciarlos a nivel de clasificación, ya que este determina el régimen hídrico de tipo "xérico" de la "Soil Taxonomy, USDA". El índice hídrico anual se utiliza para determinar los balances hídricos y obtener el exceso o defecto de precipitaciones y, por lo tanto, de agua líquida. La representación de isóneas con valores significativos del índice de termicidad y de intervalos ómbricos determinados, nos ha permitido establecer recintos bioclimáticos y relacionarlos con la vegetación actual cartografiada.

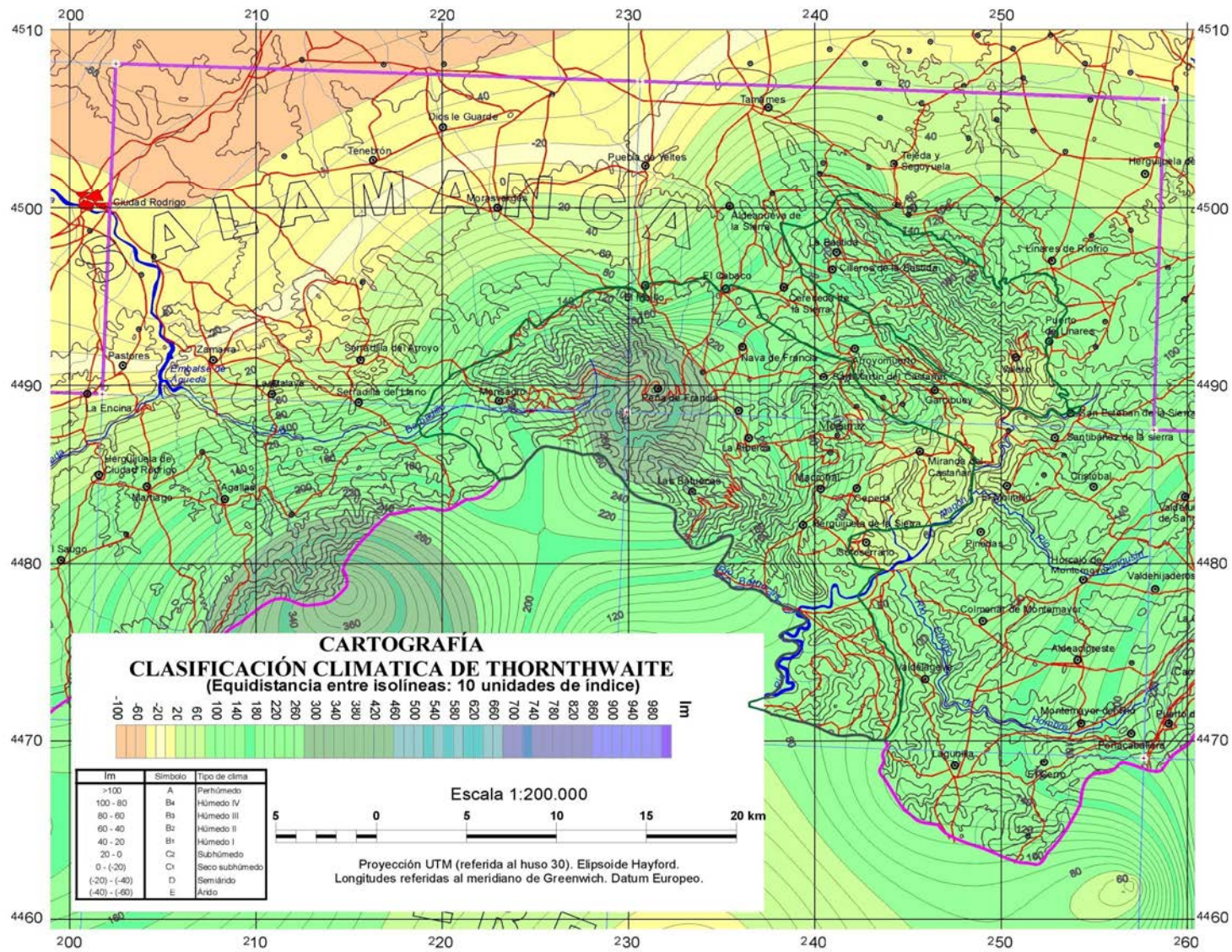


Figura II₁-11. Cartografía que muestra la Clasificación Climática de Thornthwaite de la zona de estudio.

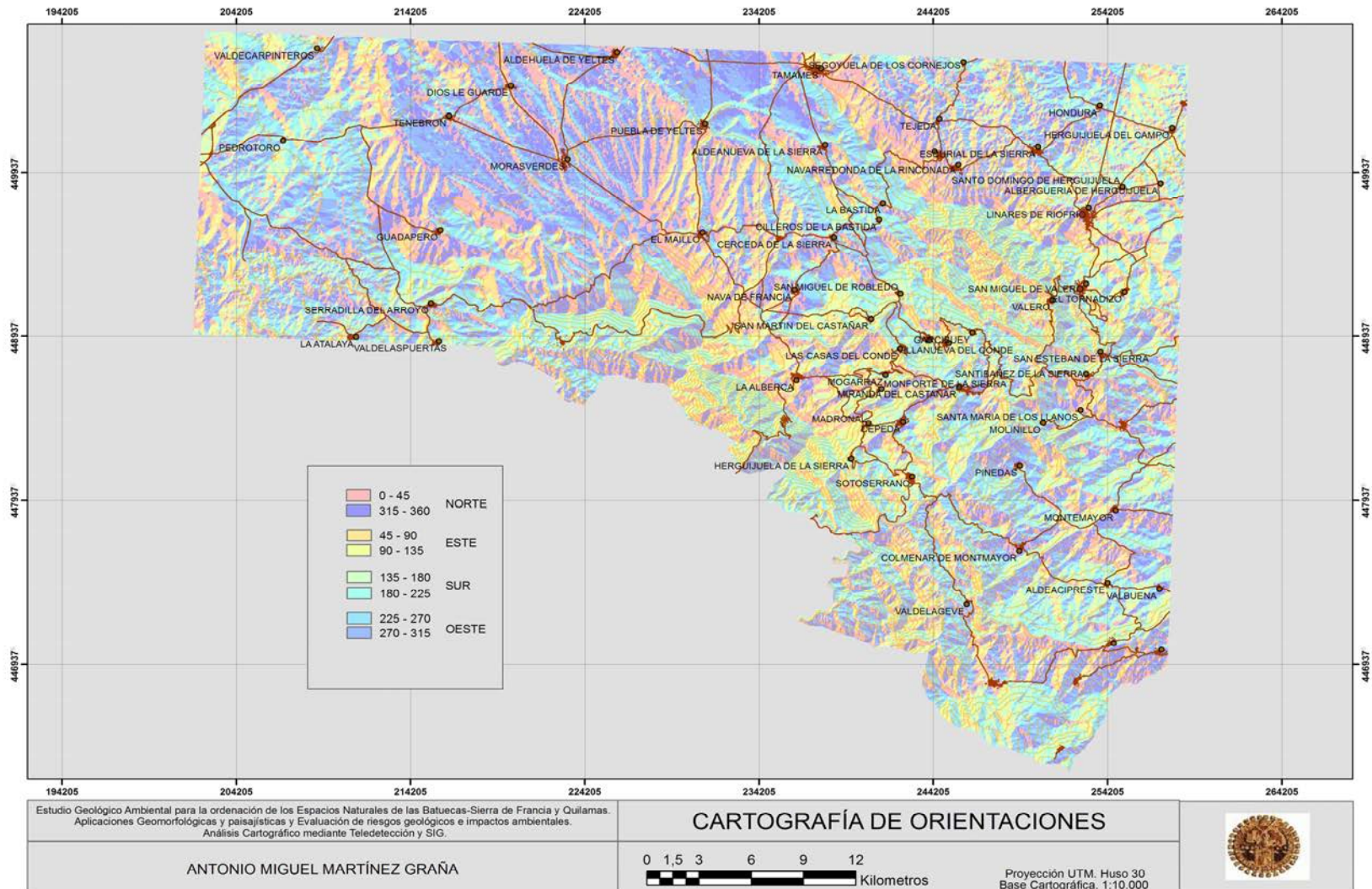


Figura II₁-12. Cartografía de orientaciones.

Por último, utilizando técnicas SIG se relacionan las diferentes capas climáticas básicas y los índices de humedad, aridez e hídrico con las capas de componentes principales del medio físico: geomorfología, suelos y vegetación, obteniendo la relación que existe entre el clima con: los procesos morfogenéticos, balance hídrico de los suelos y pisos bioclimáticos de áreas concretas (De Luis Calabuig, 1992), obteniendo bandas altitudinales (condicionadas también por la orientación) (Figura II₁-13) de los diferentes procesos y formas, tipo edafogenéticos y recintos bioclimáticos caracterizados desde el punto de vista térmico y ómbrico.

II_{1.3} Geomorfología Climática en los Espacios Naturales de Las Batuecas-S. de Francia y Quilamas.

En base a los parámetros climáticos analizados, realizamos un estudio sobre las relaciones geomorfología-clima de nuestra región, a partir de los cuales determinamos posibles procesos que pueden darse en la superficie del terreno, constituyendo una importante aplicación a la cartografía medioambiental.

La geomorfología climática identifica los posibles modelados y procesos bajo particulares condiciones climáticas. Para la identificación de los procesos y diferenciación morfoclimática de nuestra zona de estudio utilizamos en primer lugar una metodología basada en dos parámetros climáticos: temperatura media anual y precipitaciones totales medias anuales, mediante los diagramas de Peltier (Peltier, 1950) estableciendo una vinculación entre geomorfología y clima que caracteriza las relaciones clima-proceso-forma de estos sectores en el momento actual. Se desarrollan diagramas que indican la importancia relativa de algunos procesos geomorfológicos (meteorización química, erosión pluvial, acción del viento, acción de las heladas y movimientos en masa) en función de la temperatura media anual y la precipitación total anual media (Figura II₁-14).

En la zona de estudio los diagramas de Peltier, muestran que los procesos geomorfológicos en el sector de estudio son en general moderados. La meteorización química, se presenta en grado moderado, excepto en Rinconada de la Sierra que es débil, y en Villanueva del Conde tiende a ser intensa,

aunque queda en el límite entre moderada-intensa. La acción por heladas presenta baja actividad en todo el sector de estudio. En cuanto a la erosión hídrica, los parámetros climáticos establecen cierta facilidad para el desarrollo de procesos erosivos, quedando englobadas todas las estaciones en grado máximo, siendo por lo tanto necesario el análisis del riesgo de erosión en este estudio (ver apartado III_{2.1} de riesgo de erosión hídrica).



Figura II₁-13. Nubosidad en manto (arriba) y Nieblas de valle (abajo). E.N. de Quilamas.

La acción de los procesos por movimientos de ladera son mínimos en algunas estaciones (Rinconada de la Sierra, Serradilla del Arroyo y Puebla de Yeltes), coincidiendo con sectores topográficamente no muy abruptos, mientras que en el resto de las estaciones los movimientos gravitacionales son moderados tendiendo a máximos (Mogarraz y La Alberca). (Ver capítulo III₄ de riesgos por movimientos de ladera).

La erosión eólica que tiende a ser débil a moderada, a excepción de Puebla de Yeltes, Serradilla del Arroyo y Rinconada de la Sierra, que puede ser alta. (Ver apartado III_{2.2} de riesgo de erosión eólica).

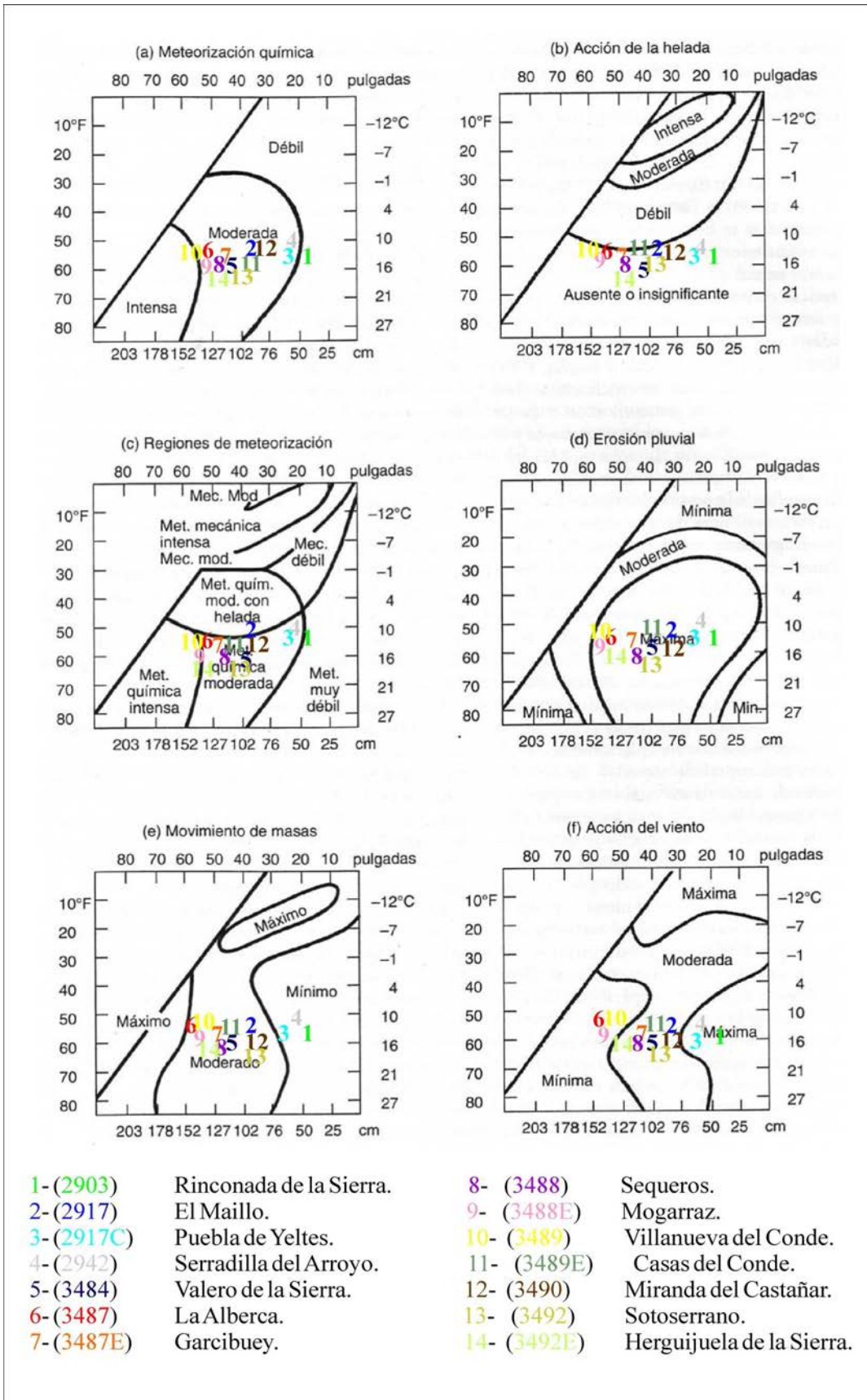


Figura II₁-14. Diagrama de procesos geomorfológicos-parámetros climáticos de Peltier.

A partir de la intensidad relativa con que se dan en cada sector los procesos geomorfológicos, establece un diagrama con nueve regiones morfogenéticas (Figura II₁-15). Las estaciones de los espacios naturales se enmarcan en la región morfogenética moderada, aunque algunas se sitúan en regiones morfogenéticas Marítimas (La Alberca, Villanueva del Conde, Mogarraz), de Sabana (Puebla de Yeltes, Serradilla del Arroyo) e incluso en la región Semiárida (Rinconada de la Sierra).

Posteriormente Wilson (Wilson, 1968), modificando los campos delimitados por Peltier para intensidades relativas de los procesos geomorfológicos, diferenciando seis zonas denominadas “sistemas clima-proceso”. (Figura II₁-16). Wilson, tiene en cuenta de forma especial la variación de la temperatura y la precipitación a lo largo del año, denominándola “estacionalidad”, estudiando su influencia sobre los procesos geomorfológicos. El sector de estudio se enmarca según el diagrama de Wilson en sistemas de clima-proceso que se corresponden con regiones Semiáridas en todas las estaciones, salvo en La Alberca y Villanueva del Conde, que se incluyen en la región Templado-Húmeda, encontrándose Rinconada de la Sierra cerca de la región árida.

Finalmente se desarrolla una clasificación morfoclimática simple denominada “clasificación morfoclimática” (Chorley et al, 1985), a partir de datos de temperatura media anual, precipitación total anual y de la estacionalidad, expresada por la temperatura del mes más cálido y el número de meses con precipitaciones superiores a 50 mm. (Figura II₁-17). Mediante un diagrama se establecen ocho regiones, agrupadas en dos grandes grupos (Gutiérrez Elorza, 2001 y 2008):

1. Regiones Morfoclimáticas de primer orden, llamadas no estacionales: Glaciares, Áridas y Tropicales húmedas. Presenta procesos no estacionales, de baja erosión excepto en eventos glaciares, tormentas en desiertos y movimientos en masa en laderas. Son regiones poco afectadas por cambios climáticos.

2. Regiones Morfoclimáticas de segundo orden, estacionales: Tropical húmeda-seca, Semiárida, Continentales seca, Húmeda de latitud media y Periglaciares. En estos sectores

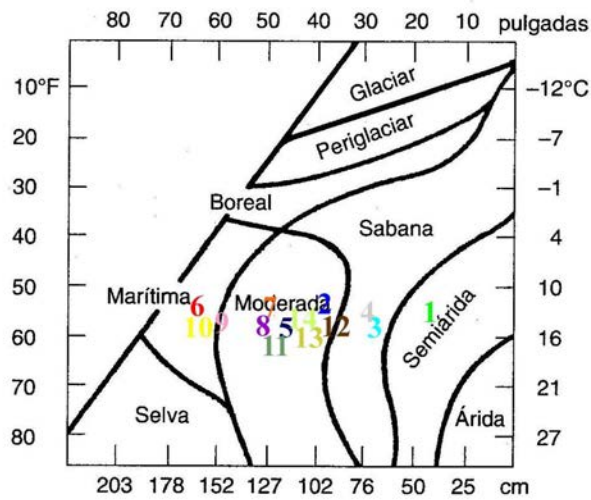
existen intensos procesos estacionales y gran influencia de cambios climáticos.

El análisis de las regiones morfoclimáticas de Chorley, establece que la mayoría de nuestra zona, si no tenemos en cuenta la estacionalidad (regiones de primer orden), se distribuye en las regiones Semiárida y Tropical húmeda-seca, excepto el sector de La Alberca y Rinconada de La Sierra, que tal como indicaba el diagrama de Wilson, se encuentran en Templado Húmeda y Semiárida tendiendo a Árida, respectivamente.

No obstante, si tenemos en cuenta la estacionalidad, la ubicación de las diferentes estaciones se desplazan en el gráfico hacia la izquierda y en menor medida hacia abajo, de forma que quedan la mayoría de las estaciones en el tránsito de las regiones Continental seca y Semiárida. Tan solo dos de las estaciones: Serradilla del Arroyo y sobre todo Puebla de Yeltes, se desplazan hacia la región Húmeda de latitud media en los meses de gran estacionalidad, lo que puede llevar asociado el aumento del riesgo de inundación.

El análisis de estos diagramas, nos permite deducir que en la actualidad predominan procesos morfogenéticos Semiáridos y Templado-Húmedos (La Alberca y Villanueva del Conde). En los primeros, van a predominar procesos ligados a la dinámica de los cursos de agua, con grado de alteración poco intensa y movimientos de masa de grado medio. En los procesos morfogenéticos Templado-Húmedos, predominan los procesos de alteración química y movimientos de masa en menor grado.

De la observación del diagrama de Chorley (Chorley, 1985), se deduce que la concentración de las precipitaciones en unos meses puede dar lugar a inundaciones importantes en Puebla de Yeltes, y en las localidades situadas aguas abajo (Aldehuela de Yeltes y Alba de Yeltes), o en aquellas situadas en ríos con condiciones similares al Yeltes (Morasverdes y Dios le Guarde en el río Morasverdes; y Santi-Spiritus y Tenebrón en el río Gavilanes). En el caso de Serradilla del Arroyo, aunque las condiciones climáticas son adecuadas para posibles inundaciones, el hecho de estar en la cabecera del Arroyo Serradilla no permite la concentración suficiente de caudal para poder inundarse.



- | | | | |
|------------|-------------------------|-------------|---------------------------|
| 1- (2903) | Rinconada de la Sierra. | 8- (3488) | Sequeros. |
| 2- (2917) | El Maillo. | 9- (3488E) | Mogarráz. |
| 3- (2917C) | Puebla de Yeltes. | 10- (3489) | Villanueva del Conde. |
| 4- (2942) | Serradilla del Arroyo. | 11- (3489E) | Casas del Conde. |
| 5- (3484) | Valero de la Sierra. | 12- (3490) | Miranda del Castañar. |
| 6- (3487) | La Alberca. | 13- (3492) | Sotoserrano. |
| 7- (3487E) | Garcibuey. | 14- (3492E) | Herguijuela de la Sierra. |

Figura II₁-15. Diagrama Regiones Morfogenéticas de Peltier.

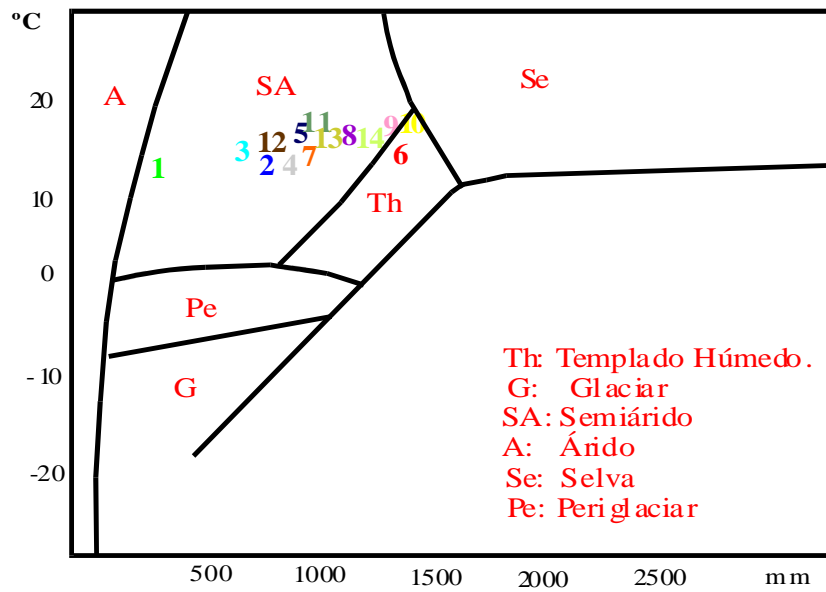


Figura II₁-16. Diagrama de Wilson.

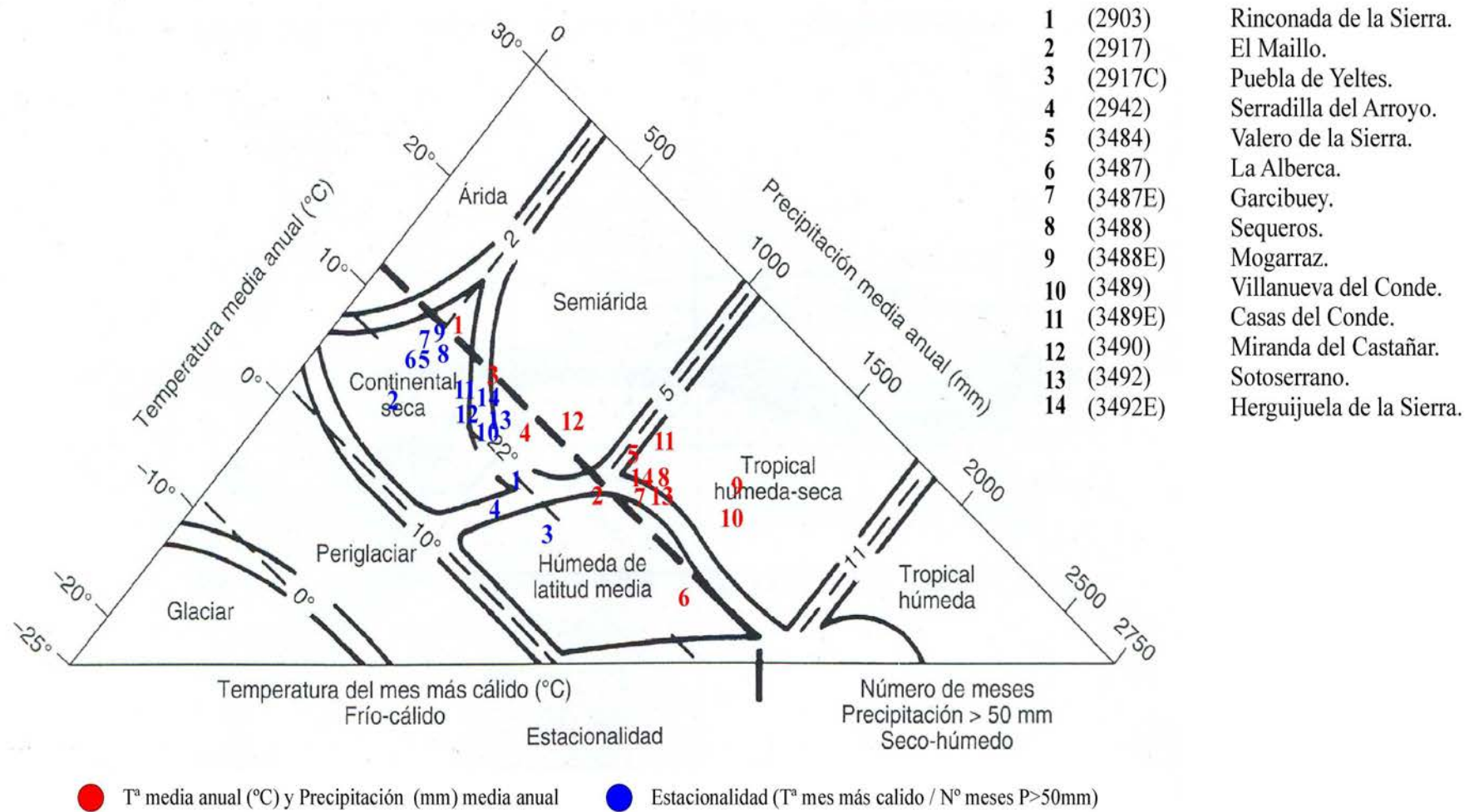


Figura II₁-17. Diagrama de las principales regiones morfoclimáticas actuales (Chorley et al, 1985)

II₂ Geología.



II_{2.1} Introducción.

II_{2.2} Análisis Estratigráfico.

II_{2.3} Las Rocas Igneas.

II_{2.4} Tectónica y Metamorfismo.

II_{2.5} Fracturación.

II_{2.6} Análisis Litológico.

II_{2.1}. Introducción.

Todo el sector Sur de la provincia de Salamanca pertenece geológicamente al Macizo Ibérico, el cual constituye un extenso afloramiento de la Cadena Hercínica Europea que ocupa todo el occidente peninsular. Según la zonación llevada a cabo en el Macizo por diversos autores, atendiendo a diferentes características estratigráficas, estructurales, etc., el área de estudio se localiza en el extremo Sur de la zona Galaico-Castellana de Lotze (Lotze, 1945) o Zona Centro-Ibérica de Julivert et al. (Julivert et al, 1974). La Zona Centro-Ibérica se caracteriza por el predominio que en ella adquieren los materiales graníticos (Ugidos et al, 1988, 1990) y la considerable extensión de las series preordovícicas, así como por la relación del Ordovícico, de carácter transgresivo, con los materiales infrayacentes respecto a los que se encuentra discordante. Estructuralmente hay diferencias en cuanto a la geometría de las estructuras de plegamiento y se aprecian también variaciones en el grado metamórfico.

Aparecen además en esta zona los sedimentos terciarios pertenecientes a la Cuenca de Ciudad Rodrigo, que a su vez constituye la prolongación más suroccidental de una de las cuencas Cenozoicas más importantes de la Península Ibérica, la Cuenca del Duero.

II_{2.2}. Análisis Estratigráfico.

El Complejo Esquisto Grauváquico.

Es la unidad litológica más extensa del área considerada y está constituida por metasedimentos de edad Precámbrico superior, aunque los términos superiores podrían pertenecer al Cámbrico inferior. La litología fundamental son pizarras, grauvacas y areniscas entre las que se intercalan litologías de menor extensión cartográfica de cuarcitas, conglomerados y pizarras negras carbonosas. Éstas últimas, por presentar unas características diferentes, se han representado cartográficamente como una unidad independiente allí donde su extensión cartográfica es suficientemente representativa.

El Complejo Esquisto Grauváquico (CEG) constituye, a nivel regional, un conjunto litológico de potencia considerable en el que se

han identificado diferentes unidades. Rodríguez Alonso (1982, 1990a, 1990b) diferencia dos grandes unidades en el sector de las Hurdes - Sierra de Gata que denomina Unidad Inferior y Unidad Superior. Estas unidades equivaldrían respectivamente a la Formación Monterrubio y la Formación Aldeatejada definidas por Díez Balda (1980) en el área de Salamanca. La Unidad Inferior, con una potencia de unos 2.000 metros, se caracteriza en este sector por presentar un predominio de pizarras con intercalaciones de niveles arenosos y conglomeráticos de espesor variable y la Unidad Superior, con unos 3.000 metros de potencia, por la presencia de niveles de pizarras negras carbonosas asociados a niveles pizarrosos y arenosos más claros. El contacto entre ambas es gradual y, a veces, erosivo. Por su parte, Robles & Álvarez (1988) diferencian una tercera Unidad Intermedia, o Serie Intermedia, que ha sido identificada en la Hoja de Serradilla del Arroyo, al Norte de la localidad de Pastores, en contacto discordante sobre la Unidad Inferior.

Unidad Inferior: Su límite inferior no aflora y el superior es el primer banco de lutitas o pizarras negras de la Unidad Superior o una discordancia cuando aparece la Unidad Intermedia. Las litofacies principales son areniscas, lutitas y conglomerados. Las areniscas se presentan en bancos de espesor variable hasta más de 8 metros de potencia y de geometría tabular o lenticular con límites netos y planos. El color varía de gris a negro y su tamaño de grano es variable de muy fino a grueso. Las lutitas están asociadas a la litología anterior dando facies heterolíticas a nivel de capa o lámina, pudiéndose presentar masivas. Su color varía entre gris claro y gris oscuro y presentan un tamaño de grano de fino a medio. Los conglomerados son poligénicos (cuarzo, lutitas, areniscas), redondeados y de diámetro variable. Se presentan en bancos de potencia variable y geometría lenticular.

Unidad Intermedia: Cuando aparece, sus límites inferior y superior son discordancias con la unidad inferior y superior. Está constituida por pelitas negras y rocas carbonatado-detriticas, con escasa proporción de rocas cuarzo-anfibólicas.

Unidad Superior: Su límite inferior se establece en el primer nivel de lutitas o pizarras negras o una discordancia cuando aparece la Unidad Intermedia y el superior está constituido por la discordancia sobre la que se disponen los sedimentos ordovícicos (Rodríguez Alonso, 1982). La litofacies más abundante son las lutitas entre las que se intercalan pizarras negras y niveles carbonatado-detríticos. Las primeras corresponden a lutitas arcillosas ricas en materia orgánica y pirita que internamente presentan láminas más claras por su menor contenido en materia orgánica. Los niveles carbonatado-detríticos tienen carácter discontinuo y se encuentran muy relacionados con las pizarras negras. Se pueden diferenciar tramos de calizas, conglomerados calcáreos y silíceos.

Estas facies se interpretan como depósitos de abanicos submarinos profundos (Rodríguez Alonso, 1982) que con el tiempo registran un medio sedimentario cada vez más somero y unas condiciones regresivas hacia el Cámbrico inferior. La Unidad Inferior refleja unas condiciones de sedimentación marina de carácter turbidítico, mientras que la Unidad Superior (e Intermedia, cuando existe) refleja unas condiciones de sedimentación dentro del dominio talud-plataforma. Las pizarras negras, por su parte, indican un cambio en las condiciones de la cuenca con una atenuación de los aportes, sedimentación más lenta y ambientes reductores. Estas condiciones favorecieron la formación de fosfatos que aparecen en láminas o nódulos intercalados en las pizarras negras.

El Cámbrico inferior datado.

Los materiales cámbricos no tienen gran representación en el área encontrándose, tan sólo, a lo largo del flanco norte del Sinclinal de Tamames. Este conjunto está formado por tres unidades (Díez Balda, 1980): Formación Areniscas de Tamames, Formación Calizas de Tamames y Pizarras de Endrinal.

Las Areniscas de Tamames se encuentran concordantes con la Unidad Superior del CEG y están constituidas por alternancias de areniscas y pizarras de ambientes someros, cuya potencia máxima se estima en torno a 600-650 metros. Hacia techo comienzan a aparecer niveles carbonatados con trilobites del Cámbrico inferior. En continuidad estratigráfica se sitúan las Calizas de Tamames, con

unos 500 metros de potencia, constituidas por bancos de calizas y dolomías alternando con pizarras y areniscas. Se interpretan depositadas en un medio de llanura mareal (Sinclinal de Tamames) y como facies arrecifales en localizaciones próximas (Sinclinal del Endrinal). La presencia de Arqueociátidos determinan su edad Cámbrico inferior. Las Pizarras de Endrinal sólo afloran en el núcleo del Sinclinal, situado en las proximidades de la zona de estudio.

El Ordovícico

Forma los flancos de amplias estructuras sinclinales que aparecen en este sector con una dirección general NO-SE a E-O, determinando ciertas directrices del relieve regional. Se encuentra siempre discordante sobre los conjuntos anteriores y es de carácter transgresivo. A nivel regional, en la provincia de Salamanca, el Ordovícico está constituido por un conjunto litológico de unos 800 metros de potencia en el que se distinguen cuatro grandes Unidades Litoestratigráficas (Carral et al., 1980), correspondiendo las tres primeras al Ordovícico inferior y la cuarta al Ordovícico medio. Toda la serie se interpreta depositada en un medio de plataforma detrítica con predominio de condiciones submareales.

En la primera Unidad, con una potencia de 200-250 metros, la litología fundamental son las areniscas, y comienza con un tramo basal de conglomerados o microconglomerados de escasa potencia, entre 15 y 30 metros. La segunda Unidad, de 300 a 350 metros de potencia, es un conjunto litológico complejo que incluye areniscas, cuarcitas y pizarras, aunque hay un predominio básicamente cuarcítico y en él es frecuente encontrar pistas de trilobites (crucianas) que lo asemejan a la cuarcita armoricana. La tercera Unidad corresponde a un tramo eminentemente cuarcítico que a nivel regional corresponde a la "Cuarcita Armoricana" (Figura II₂-1). Sus afloramientos se localizan en núcleos de sinclinales que quedan colgados y su potencia es del orden de los 200 metros. Estos tramos cuarcíticos forman crestones continuos con potencias que oscilan entre 30 y 50 metros. La cuarta Unidad está constituida fundamentalmente por pizarras grises y negras con una potencia de 100-110 metros. También aparecen areniscas y cuarcitas de tonos grises, que las diferencian de la "Cuarcita Armoricana".



Figura II₂-1. Afloramiento de cuarcita Armoricana. Valero.

El Silúrico

Sobre los sedimentos del Ordovícico medio del Sinclinal de Tamames descritos anteriormente se localiza, en el núcleo del mismo, una serie del Silúrico inferior que reposa en discordancia sobre los mismos. Presenta una potencia de unos 200-220 metros y está constituida básicamente por pizarras y cuarcitas con estructuras sedimentarias de aguas someras, pizarras negras con monograptus y coladas volcánicas intercaladas. Las rocas volcánicas corresponden a metavulcanitas y metabasaltos.

Los sedimentos Paleógenos y Neógenos

Todos los sedimentos paleógenos y neógenos que aparecen en la zona de estudio corresponden al relleno de la Cuenca de Ciudad Rodrigo, cuya génesis está ligada a la actividad tectónica asociada al Ciclo Alpino. Este relleno presenta varias etapas que dan lugar a diferentes conjuntos litológicos y que pueden sintetizarse como sigue (Cantano, 1997).

El relleno arcósico. Esta unidad incluye básicamente el relleno paleógeno (Eoceno-Oligoceno) de la Cuenca de Ciudad Rodrigo, correspondiendo a sedimentos asociados a sistemas fluviales. Presenta carácter subarcósico con tamaño de grano que varía desde limos arenosos (fangos) hasta conglomerados. Se encuentra organizado en bancos de 0.5-2 m. de potencia con intercalaciones de paleosuelos

y presenta rasgos de hidromorfía. Su potencia es variable, aumentando hacia el este, donde puede sobrepasar los 80 metros visibles.

Las alteraciones diagenéticas han originado importantes cambios mineralógicos en la matriz, por lo que se pueden distinguir tres niveles: a) El inferior con una matriz arcillosa heredada formada por clorita, illita, caolinita y esmectitas, b) el medio, en el que la matriz arcillosa es reemplazada por dolomita y los escasos huecos presentan rellenos de calcita, y c) el superior, en el que predomina la palygorskita (Cantano & Molina, 1999).

El relleno postarcósico. Está formado por un conjunto de abanicos aluviales de edad neógena procedentes de la Sierra de Francia. Tienen un carácter esencialmente conglomerático, aunque presentan intercalaciones de bancos arenosos y arcillosos que se hacen dominantes hacia el centro de cuenca, y tienen una potencia máxima que no supera los 20-25 metros, decreciendo hacia el centro de la Cuenca de Ciudad Rodrigo.

La mineralogía de la fracción arcilla es predominantemente caolinítica con ausencia de cloritas y smectitas, presentes tan sólo en los niveles inferiores donde, debajo de los depósitos del abanico, se reconoce la alteración del zócalo. En las zonas con dominio de colores rojos coexisten goethita y hematites mientras que en las zonas ocreas sólo se detecta la goethita.

El Plio-Cuaternario.

Las Rañas. Morfológicamente son extensas plataformas de depósito que se sitúan a techo de los abanicos aluviales neógenos (Figura II₂-2). Su génesis es debida a sistemas fluviales (abanicos aluviales); asociados a rellenos cuarzo-pizarrosos desde un punto de vista litológico de características más conocidas. En ellas se distinguen dos horizontes claramente diferenciados (Cantano, 1997) en los que la mineralogía de la fracción arcilla está constituida básicamente por caolinita.

El horizonte superior (de lavado) tiene un grosor de 20 a 50 cm. y está constituido por arena gruesa, gravas y cantos. Los cantos, frecuentemente fracturados, están en contacto unos con otros, siendo los más groseros de unos 12 cm. Los más pequeños, sobre todo los que están en superficie, presentan su típica pátina de rubefacción.

El horizonte inferior (de acumulación) puede llegar a uno o dos metros de potencia, su separación con el superior es neta describiendo una línea paralela a la superficie mientras que el límite inferior es muy impreciso. La parte superior de este horizonte constituye una banda de espesor variable, compacta, muy rica en arcillas, con fuertes variaciones de color y concentraciones de oxihidróxidos más o menos endurecidas. La evolución en el tiempo hace que el nivel arcilloso engrose y que se puedan diferenciar tres horizontes. Paulatinamente, tras este nivel se pasa al material original del abanico.



Figura II₂-2. Talud donde afloran los depósitos de raña (50 cm superiores del escarpe). Aldehuela de Yeltes.

Actualmente estos depósitos atribuidos al Plio-Cuaternario, podrían corresponder, en edad, con la base del Pleistoceno inferior (entre 2,58 y 1,8 millones de años).

Otros sedimentos cuaternarios

No presentan grandes extensiones cartográficas en todo el sector estudiado. La mayor parte de los sedimentos cuaternarios, o los que ocupan una mayor extensión, corresponden a sistemas de terrazas fluviales asociadas a los principales ríos (Figura II₂-3) y a depósitos de ladera tipo coluvión o canchales. En cuanto a los primeros, son relativamente importantes los sistemas de terrazas de los ríos Águeda, Rivera de Gavilanes, Tenebrilla, Morasverdes y Yeltes. En cuanto a los segundos, es de destacar que son muy abundantes en las laderas de la sierra asociados a los tres tipos de litologías que aparecen, pizarras, cuarcitas y granitos. Mención especial merecen un tipo de depósito de ladera muy espectacular que se encuentra asociado a los crestones de cuarcita y que corresponden a los canchales.

Otros sedimentos cuaternarios, pero ya de una importancia mucho menor que los anteriores son los piedemontes, glacis y abanicos aluviales que pueden encontrarse asociados a los relieves principales que forman las diferentes sierras. Por último, también se han diferenciado en el área los sedimentos aluviales de fondos de valle actuales.



Figura II₂-3. Cauce fluvial tapizado por un aluvial de cantos. Alba de Yeltes.

II_{2.3}. Las Rocas Ígneas.

La tipología granítica del sector centro-occidental de la Península, que abarca los afloramientos plutónicos de Zamora, Salamanca, norte de Cáceres y oeste de la provincia de Ávila, distingue dos grupos fundamentales de granitoides: la Serie de Granitoides de Feldespato Alcalino y la Serie de Granitoides de Feldespato Calcoalcalino. Diferentes estudios han llevado a la consecución de una clasificación general con tres grupos petrológico-composicionales de granitoides hercínicos para este sector: a) Rocas básicas e intermedias; b) Granitoides del Feldespato Calcoalcalino; c) Leucogranitos peraluminicos.

También en el área occidental de Salamanca, destacan un conjunto de afloramientos de carácter filoniano en el que se pueden incluir diques aplo-pegmatíticos asociados a los granitoides alcalinos, pórfidos graníticos de dirección E-O y diques de cuarzo de dirección NNE-SSO, conocidos como “sierros”, con evidente expresión geomorfológica. Estos diques o filones tienen, en general, una extensión cartográfica muy reducida.

A nivel regional, en todo el Sur de la provincia de Salamanca, se pueden diferenciar dos zonas de rocas graníticas que corresponden al área de Béjar-Plasencia y al área de la Sierra de Gata. En el Parque Natural de las Batuecas y áreas adyacentes, las rocas graníticas aflorantes pertenecen en su totalidad a las citadas en primer lugar (Figura II₂-4).

En el área de Béjar-Plasencia se ha puesto de relieve la existencia de tres series graníticas “younger” que corresponden a: 1) Granitos calcoalcalinos; 2) Granitos calcoalcalinos con participación de material encajante (serie mixta) con frecuentes silicatos aluminicos; 3) Granitos de anatexia alcalinos o de tendencia alcalina. La relación espacial de las rocas graníticas y las transiciones entre estas y las rocas encajantes metamórficas de alto grado, ha hecho posible establecer la génesis de los granitos cordieríticos y caracterizar las tres series en conexión genética de unas a otras (Ugidos, 1973).

En este área, un intenso estudio geoquímico de los granitos calcoalcalinos tardíos ha puesto de manifiesto la existencia de una fuerte

anomalía composicional (Bea, 1976). Esta anomalía consiste en elevados contenidos de K, Li, y Bb así como valores bajos de la relación K/Rb y altos de Ba/Sr, lo que se relaciona con la composición química original de los fundidos que han dado lugar a las series calcoalcalinas.

En cuanto a la relación de la deformación con los cuerpos graníticos, los granitoides hercínicos se agrupan en sin y postectónicos. La mayor parte son sincinemáticos con la tercera fase y un número menor está afectado por las fases anteriores (granitos precoces). El grupo de granitos tardíos o postectónicos engloba aquellos que no han sido afectados por fase alguna, aunque el encajante si muestre signos de deformación por la tercera fase, y los que sólo han sido afectados por deformaciones posteriores a esta tercera fase.

Desde la perspectiva de la litología puede considerarse, por tanto, que no hay diferencias significativas composicionales entre unos y otros que haga necesario una separación en diferentes unidades de estas rocas graníticas. Tampoco desde un punto de vista geomorfológico hay diferencias significativas entre unos y otros, observándose tan sólo zonas con una más intensa fracturación que puedan tener significación en el paisaje o en la génesis de formaciones superficiales.

II_{2.4}. Tectónica y Metamorfismo.

Todos los materiales preterciarios de la zona de estudio han sido afectados por la deformación hercínica que va acompañada de metamorfismo y plutonismo, que define las principales características litológicas y estructurales de todo el área considerada. Además, los materiales del Complejo Esquisto Grauváquico (CEG) fueron afectados con anterioridad por una deformación prehercínica que se manifiesta en discordancias y estructuras plegadas.

Díez Balda (1986) reconoce, al menos, la existencia de tres episodios de deformación prehercínica: a) deformación intraPrecámbrica, marcada por la discordancia entre la Serie Inferior e Intermedia; b) deformación Cámbrica-Precámbrica, marcada por la discordancia entre la Serie Intermedia y Superior; c) Deformación Sárdica, marcada a nivel regional por una discordancia en la Serie Superior.



Figura II₂-4. Afloramiento granítico altamente fracturado y diaclasado. San Miguel de Valero.

La deformación hercínica es polifásica a nivel regional, reconociéndose tres fases principales a las que siguen otras estructuras tardías y diferentes episodios de fracturación. La primera fase genera pliegues de gran longitud de onda de dirección NO-SE a E-O con esquistosidad S1 penetrativa subvertical. La segunda fase genera una zona de cizalla horizontal de varios kilómetros que deforma de manera heterogénea a las rocas deformadas en la fase anterior. Se originan pliegues de plano axial subhorizontal, de geometría variable, con una esquistosidad S2 paralela al plano axial. La tercera fase genera suaves antiformal y sinformas de gran longitud de onda y de plano axial subvertical de dirección NO-SE a E-O y esquistosidad de crenulación. Sincrónica con ésta última deformación tienen lugar cizallas subverticales.

El metamorfismo hercínico se define como plurifacial y continuo (Díez Balda, 1986), de grado medio/bajo, que se distribuye regionalmente en franjas paralelas a la estructura, coincidiendo las de mayor metamorfismo con los núcleos de las antiformal de tercera fase donde afloran granitos de tendencia alcalina. El metamorfismo de contacto por efecto de las intrusiones graníticas se manifiestan en una aureola de contacto de anchura irregular en la que se encuentran esquistos moteados y corneanas, llegando éstas últimas a tener una representación masiva.

Los esquistos moteados son las rocas más abundantes de las producidas por el metamorfismo de contacto. Se caracterizan por conservar la esquistosidad principal, ligeramente deformada, sobre la que se desarrollan porfidoblastos de cordierita. La cordierita se encuentra generalmente alterada a pinnita. Por su parte, las corneanas tienen carácter isótropo, en muchos casos, no quedando en las mismas, restos mineralógicos de asociaciones previas al metamorfismo de contacto.

II_{2.5}. Fracturación.

En el área de estudio es evidente el control que ejercen los factores de carácter tectónico-estructural sobre los rasgos morfológicos. La distribución y orientación de valles y cuerdas-crestas responde a la estructura del basamento sobre el que se asienta y desarrolla el relieve. A ello hay que sumar las líneas de fractura tardihercínicas, que son reactivadas en el ciclo alpino, y las de nueva creación en éste último. La mayor parte presentan una clara expresión morfológica reflejada, fundamentalmente, en la adaptación de las principales líneas de disección y encajamiento a favor de las mismas. La cartografía resultante se ha realizado en base a la cartografía geológica y lineamientos obtenidos a partir de imágenes de satélite. (Figura II₂-5).

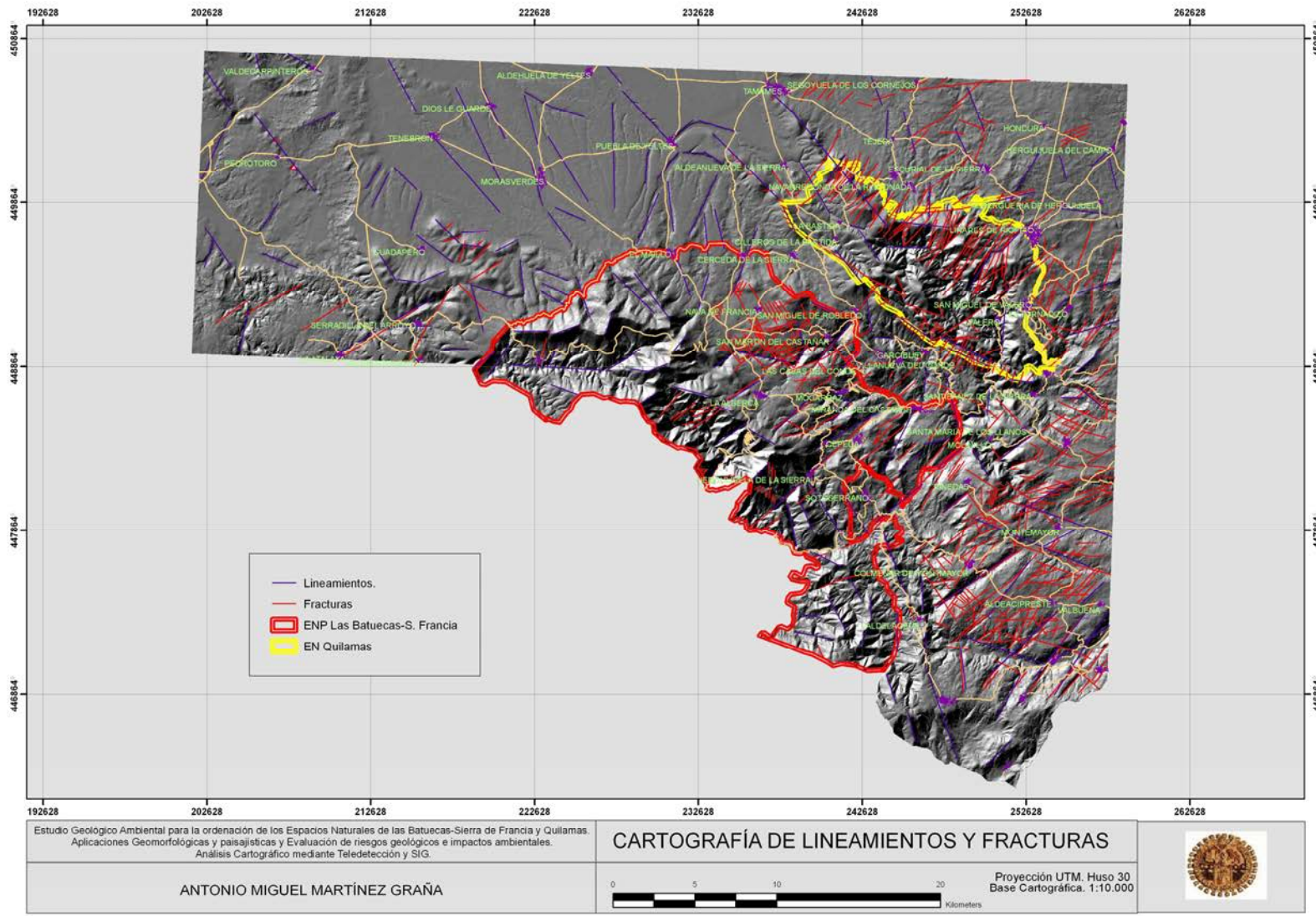


Figura II₂-5. Distribución de los lineamientos y fracturación en la zona de estudio.

Las fracturas tienen un reflejo morfológico más patente en las rocas graníticas y cuarcíticas que en el resto, ya que su comportamiento mecánico es diferente al del resto de los sedimentos más pelíticos y, por lo general, más plásticos. En estos últimos, sólo las grandes fracturas son deducibles y generalmente vienen marcadas por alineaciones de la red de drenaje o por presencia de niveles más competentes intercalados en la serie.

Como parte de la deformación frágil aparecen diversos sistemas de fracturas que se consideran originadas en los últimos episodios de la Orogenia Hercínica. La mayor parte de las fracturas se encuentran mejor representadas en las rocas graníticas y cuarcíticas que en el resto de los sedimentos, debido al diferente comportamiento mecánico. Únicamente las grandes fracturas quedan plasmadas con claridad en todas las litologías.

Se pueden distinguir varias familias de fracturas que corresponden a las siguientes direcciones (Figura II₂-5):

La familia N 40°-70° E es la más abundante y la de mayor recorrido visible. En general, todas estas fracturas forman parte de la familia de desgarres senestros asociados a la Falla de Plasencia, muy comunes regionalmente (Martín Herrero et al, 1990). Entre ellas, la orientación N 40°-55°E es la mejor representada a escala regional. A ella pertenecen algunas fracturas que presentan un amplio recorrido en superficie como son, en la Hoja de Serradilla del Arroyo (Jordá, 1983): 1) *Norte de Monsagro-Tamames*, responsable del hundimiento del bloque Norte con respecto a las elevaciones de la Peña de Francia; 2) *Embalse Río Águeda-Morasverdes*, responsable del hundimiento del bloque Norte al Norte del sinclinal de Guadapero; 3) *Atalaya-Cabezagorda*; 4) *Torralba-Ciudad Rodrigo*, fosilizada por los sedimentos terciarios, pero reflejada en el desplazamiento que sufren las cuarcitas en la Sierra de Peronilla.

Este sistema se encuentra también muy bien representado en la Hoja de Miranda del Castañar al cual pertenece la *Falla de Herguijuela de la Sierra*, cuyo labio SO se encuentra hundido unos 700 metros (Macaya, 1981). Este conjunto individualiza, en la citada

hoja de Miranda, cuatro grandes bloques morfoestructurales que de SE a NO corresponden a: 1) bloque de Aldeacipreste (entre los ríos Cuerpo de Hombre y Castañar); 2) bloque de Pinedas (entre el Arroyo Castañar y el Río Alagón); 3) bloque de Cepeda-Sotoserrano (entre la Falla de El Pardo y la de Herguijuela); 4) bloque de La Alberca.

En la hoja de Tamames se encuentran muy bien representadas en ambos flancos del Sinclinal de Tamames, algunas de ellas con recorridos kilométricos, y lo mismo ocurre en la Hoja de Hervás destacando dentro de este sistema la *Falla de Béjar*.

Las fracturas N 10°-40°E se han definido como fallas de desplazamiento normal o inverso pero que, con anterioridad, fueron desgarres senestros. Entre ellas, la familia N 10°-20°E son especialmente importantes y muestran un movimiento claramente posterior a otras familias. De hecho, una fractura de esta familia afecta, con un salto de 20 metros, a la unidad conglomerática miocena al Norte de Serradilla del Llano (Jordá, 1983).

También se cita, a escala regional, la presencia de sistemas de fracturas conjugados según las orientaciones N 120°-150°E y N 170°-180°E, aunque estos accidentes tardihercínicos presentan una escasa representación en el contexto de los movimientos alpinos, comparado con la importancia que tienen las familias anteriormente señaladas.

El sistema N 120-150°E es bien visible en las litologías graníticas de la hoja de Tamames, aunque mucho más difícil de reconocer en las litologías metasedimentarias. En la hoja de Hervás también aparecen fracturas de esta familia que, por las estrías encontradas en diversos puntos de la región, corresponden a fallas con planos subverticales y de carácter inverso.

Todo el conjunto de fallas hercínicas y tardihercínicas sufre una reactivación con la Orogenia Alpina que produce movimientos en la vertical. Es frecuente observar en planos de falla estrías subhorizontales que indican movimientos de desgarre, y otras posteriores que indican movimiento en la vertical. Todo el conjunto, a nivel regional, da lugar a compartimentaciones de bloques sobre los que se ubican sedimentos recientes (Figura II₂-6).



Figura II₂-6. Fractura terciaria N-S que pone en contacto las areniscas ocre del Paleógeno (derecha) con lutitas rojas y conglomerados del Neógeno (izquierda).

II_{2.6}. Análisis Litológico.

De acuerdo con lo expuesto hasta ahora, en el ámbito de la zona de estudio se han diferenciado ocho unidades litológicas del sustrato con expresión cartográfica y características propias. Estas unidades son las siguientes:

Unidad 1: Rocas graníticas hercínicas.

Se incluyen en la misma todos los granitos del área Béjar-Plasencia que, como ya se ha señalado, presentan unas características composicionales y genéticas similares. Desde el punto de vista geomorfológico tampoco presentan características diferenciadoras a gran escala, y tampoco dan lugar a diferencias paisajísticas reseñables. A continuación aparecen las diferentes rocas plutónicas y filonianas que aparecen en la zona de estudio y se describen brevemente. En lo referente a las rocas plutónicas se encuentran diferentes tipos:

Cuarzodioritas biotíticas ± cordierita

Desde el punto de vista petrográfico se caracterizan por una textura hipidiomórfica heterogranular y un tamaño de grano medio. Sus componentes mineralógicos esenciales son plagioclasas, biotita y cuarzo. Los minerales

accesorios son la cordierita, sin alterar o en grados variables de alteración a moscovita y clorita, opacos, circón, apatito y esfena.

Granitos biotíticos

Se caracterizan básicamente por la presencia de biotita y mostrar un aspecto porfídico más o menos acusado, aunque es posible establecer diferencias atendiendo a la abundancia y tamaño de los cristales de feldespato alcalino, así como a la presencia o ausencia de cordierita. La combinación de ambos criterios permite la separación de varios tipos de rocas: granitos biotíticos porfídicos, granitos biotíticos porfídicos ± cordierita ± moscovita, granitos biotíticos inequigranulares y granitos biotíticos inequigranulares ± cordierita ± moscovita. La textura predominante en todos ellos es hipidiomórfica heterogranular. Sus componentes mineralógicos más importantes son cuarzo, plagioclasas, biotitas, feldespato potásico, cordierita y moscovita.

Granitos de grano fino y aplitas

En parte de sus bordes muestran una facies típicamente aplítica, leucocrática, mientras que hacia el interior el tamaño de grano es ligeramente mayor. La facies aplítica marginal se caracteriza petrográficamente por su textura

alotriomórfica granular y una mineralogía compuesta por cuarzo, plagioclasas y feldespato alcalino. Entre los minerales accesorios se encuentran moscovita, biotita, rutilo, opacos, andalucita, cordierita, circón y apatito. La facies interna de grano fino se caracteriza petrográficamente por su textura, que oscila de alotriomórfica a hipidiomórfica, mientras que su mineralogía es similar a la de los granitos inequigranulares con cordierita y moscovita.

Granitos de grano fino-medio con enclaves y restos metamórficos

Los predominantes son de dos micas de grano fino-medio, ricos en sillimanita, si bien hay una gama de variación en los porcentajes de contenido en biotita hasta términos exclusivamente moscovíticos o con biotita como mineral accesorio. Asociado a estos tipos graníticos se encuentran abundantes masas de rocas metamórficas en afloramientos de extensiones muy diversas.

Granitos de dos micas (\pm sillimanita) de carácter porfídico variable

Constituyen un grupo de granitos de notable heterogeneidad en sus características macroscópicas, de forma que en la denominación que se les aplica se incluyen diferentes facies que varían de presentar aspecto equigranular de grano medio a facies con abundantes megacristales de feldespato potásico que destacan del resto de componentes minerales. La mineralogía fundamental es cuarzo, plagioclasas, biotita, feldespato potásico y moscovita, y como accesorios se encuentran sillimanita y fibrolita, andalucita, cordierita, apatito, circón, anatasa, turmalina y opacos.

En lo que hace referencia a las rocas filonianas, su extensión es muy reducida y no aparecen diferenciadas en la cartografía, aunque suelen manifestarse bien en el paisaje como relieves residuales alargados, por su mayor resistencia a la erosión. Entre ellas aparecen las siguientes:

Diques de cuarzo

Constituyen un importante sistema a escala regional y presentan espesores desde centimétricos o decimétricos hasta métricos. Están relacionados con la fracturación tardihercínica, disponiéndose según las direcciones conjugadas preferentes N 140-150°E y N 30-70° E. En este grupo de rocas

filonianas se incluyen la mayor parte de los "sierros", característicos de esta región. Suelen ser rocas casi monominerales formadas por cuarzo y cantidades muy accesorias de hematites que no llega al 0,5% en volumen. Algunos diques de cuarzo tienen una mineralogía más compleja destacando, entre otros, los constituidos por cuarzo y apatito y cantidades accesorias de clorita, albita, moscovita y feldespato potásico. Es frecuente que vayan acompañados de mineralizaciones, sobre todo de arsenopirita. (Figura II₂-7).

Diques de cuarzodiorita

Se caracterizan por su tonalidad oscura y tamaño de grano fino. De su mineralogía original sólo se conserva cuarzo y algunos restos de plagioclasas, predominando como minerales secundarios clorita, sericita, calcita, opacos y rutilo.

Diques de diabasas

Aparecen rellenando fracturas tardihercínicas tal como sucede con las rocas básicas de toda la región extremeña y salmantina. La roca está normalmente alterada por meteorización hasta una profundidad de varios metros. Los estudios petrográficos ponen de manifiesto una textura holocristalina, hipidiomórfica, fascicular de grano fino. Los componentes mineralógicos principales y accesorios son actinolita, andesina, cuarzo, pennina, circón esfena, minerales de hierro y apatito.

Unidad 2: Pizarras, pizarras negras, esquistos, grauvacas y areniscas. Incluyen los materiales fundamentalmente pizarrosos del CEG y las pizarras, areniscas y cuarcitas del Ordovícico medio y Silúrico inferior. También se incluye en esta unidad las aureolas de metamorfismo de contacto que se originan en estos sedimentos en las zonas próximas a las intrusiones graníticas ya que no presentan diferencias importantes en cuanto a composición o reflejo geomorfológico.

Los grupos litológicos pertenecientes a la Unidad Inferior y Superior del CEG incluyen tramos pelíticos y arenosos alternantes en distintas proporciones junto con intercalaciones de conglomerados, presentando esta unidad, en su conjunto, grandes variaciones laterales de facies. Las características petrográficas de cada grupo se sintetizan a continuación.



Figura II₂-7. Intrusión de dique de cuarzo en masa granítica muy meteorizada. San Esteban de la Sierra.

Las *metapelitas* están constituidas por una fina masa de filosilicatos (sericita, clorita y moscovita) con distintas proporciones de cuarzo en clastos de tamaño limo a arena fina. Entre los minerales accesorios se reconocen feldespatos, biotita, opacos, turmalina, circón y apatito. La mayoría de los filosilicatos han sido orientados por la deformación de la primera fase hercínica. El metamorfismo regional, por su parte, en facies de esquistos verdes ha desarrollado clorita en pequeños cristales dispersos.

Las *metapelitas negras* se caracterizan por la presencia de material carbonoso que le confiere su color, debido a la gran cantidad de materia orgánica, que le da el color característico y que favorece la aparición de mineralizaciones de pirita. Ocasionalmente también es un material rico en fosfatos constituyendo finas láminas, nódulos o clastos.

Las pizarras grises y negras del Ordovícico medio (Figura II₂-8) incluyen también tramos litológicos de areniscas y cuarcitas de tonos grises y niveles de vulcanitas. Los componentes mineralógicos de estas pizarras son sericita, moscovita, cuarzo, biotita, material carbonoso, opacos, turmalina, circón y minerales de hierro. Son rocas compuestas por una fina masa de filosilicatos, cuarzo en clastos de tamaño limo y material carbonoso. También las pizarras negras del Silúrico inferior incluyen tramos litológicos de cuarcitas y grauwacas, aunque la litología predominante es

pizarrosa. Como rocas más abundantes se han reconocido petrográficamente esquistos con cloritoide, metavulcanitas básicas alternantes con metapelitas y cuarcitas.



Figura II₂-8. Afloramiento de pizarras grises y negras. Valero.

Las *grauvacas* son de tres tipos según la mineralogía predominante, cuarzosas, líticas y feldespáticas. Presentan clastos de arena muy fina a media y gruesa con grado de clasificación o "sorting" de moderado a pobre. El esqueleto es fundamentalmente de cuarzo con proporciones variables de fragmentos de roca y feldespatos. Los minerales accesorios presentes son moscovita, opacos, turmalina, circón, apatito y material carbonatado.

Las *areniscas* se clasifican desde líticas a cuarzoarenitas feldespáticas con clastos de tamaño entre arena fina a gruesa y grava, con proporción variable de matriz. El esqueleto es mayoritariamente de cuarzo, fragmentos de roca y feldespatos. El material cementante es calcita y a veces dolomita. Como minerales accesorios se encuentran biotita, opacos, turmalina y circón.

Unidad 3: Cuarcita Armoricana y cuarcitas. Su característica más marcada es que su resistencia a la erosión da lugar a relieves más enérgicos que el resto de unidades litológicas, por ello son fácilmente diferenciables.

Las cuarcitas están formadas por clastos de tamaño arena muy fina con un grado de clasificación o "sorting" moderado a bueno. Su esqueleto está compuesto esencialmente por cuarzo monocristalino y el material intersticial es predominantemente sericítico. Otros minerales accesorios presentes son: opacos, moscovita, clorita, turmalina y circón. Las metapelitas están compuestas mayoritariamente por una fina masa de filosilicatos con granos subangulosos de cuarzo de tamaño limo arena muy fina en distintas proporciones. Otros minerales accesorios son: opacos, turmalina, circón y apatito. El metamorfismo y la deformación han contribuido a la recristalización de todo el conjunto.

Los afloramientos de Cuarcita Armoricana se localizan generalmente en núcleos de sinclinales que quedan colgados dentro del conjunto cuarcítico-areniscoso y pizarroso del entorno. Constituyen paquetes en los que la litología dominante es la cuarcita que da lugar a crestones continuos. Están constituidos por ortocuarcitas de grano fino a medio, blancas o blanco-grisáceas frecuentemente teñidas por tonos rojizos. Se encuentran bien estratificadas en bancos muy continuos cuya potencia oscila entre 0,2 y 2 metros, aunque los más frecuentes son de 0,30 a 0,70 metros. Se pueden encontrar estructuras orgánicas de bioturbación de desarrollo vertical, aunque no son muy frecuentes. Dentro de esta unidad también se incluyen otros grupos litológicos fundamentalmente cuarcíticos que presentan intercalaciones de areniscas y/o pizarras, pero que cartográficamente son difícilmente separables de los anteriores.

Unidad 4: Calizas, brechas calcáreas y dolomías. Incluye las litologías calcáreas del Cámbrico inferior correspondientes a la Formación Calizas de Tamames, así como las rocas carbonatadas pertenecientes a la serie intermedia del CEG. Su extensión cartográfica es bastante reducida, aunque su importancia a nivel de formaciones superficiales, hidrogeología y paisaje es manifiesta.

Las Calizas de Tamames son calizas "mudstone" dolomitizadas y fuertemente recristalizadas. Se han diferenciado varias facies sedimentarias cuyas características permiten interpretarlas como formadas en distintos subambientes dentro de una llanura de mareas (Valladares & Corrales, 1980). Dentro de estas facies se encuentran mallas de algas y estromatolitos, dolomías masivas, oncolitos, laminaciones inorgánicas y dolomías nodulosas. Son rocas arenosas de grano fino y "sorting" moderado, que en ocasiones están laminadas en niveles areniscosos y carbonatados. Sus componentes mineralógicos corresponden a cuarzo, sericita, carbonatos, plagioclasa, moscovita, clorita, opacos, turmalina, circón, apatito y minerales de hierro. En las pertenecientes a la Unidad Intermedia del CEG se incluyen rocas carbonatadas estratificadas clasificadas como calizas cristalinas con proporciones variables de terrígenos y brechas carbonatadas. Todas ellas han sufrido una intensa recristalización y, a veces, dolomitización que dificulta el reconocimiento de las estructuras originales.

Entre los carbonatos estratificados se distinguen dos variedades. Una corresponde a calizas grises compuestas por cristales de esparita rica en hierro y escasos clastos de cuarzo y plagioclasa dispersos. Como minerales accesorios se identifican opacos, moscovita, biotita y apatito. Otra variedad corresponde a calizas arenosas de cristales de pseudoesparita con granos de cuarzo, algunos fragmentos de roca volcánica y agregados fosfatados. Otros minerales accesorios son opacos, clorita y moscovita. Las brechas carbonatadas están constituidas por clastos aplastados, angulosos y heterométricos de caliza cristalina arenosa con idéntica mineralogía a la descrita anteriormente. Como minerales accesorios se encuentran biotita, clorita y opacos.

Unidad 5: Areniscas de carácter arcósico con intercalaciones de fangos. Tiene carácter continental aluvial y está constituida por depósitos detríticos mal calibrados que corresponde a la "Formación Areniscas de Ciudad Rodrigo" (Alonso & Cantano, 1987), que se atribuyen al Eoceno. Destaca respecto al resto de las unidades terciarias por su compacidad y por sus colores de tonos ocres y amarillentos verdosos. A escala de afloramiento todas las litologías presentan colores abigarrados con moteado blanco o gris verdoso y naranjas amarillentos, dominando uno u otro según los tramos. Los mejores afloramientos se sitúan en la parte occidental de la Hoja de Serradilla del Arroyo.

Las areniscas, constituyentes fundamentales de la unidad son de grano grueso a muy grueso, en general feldespáticas, llegando en unos niveles a ser arcósicas y en otros líticas. La matriz fangosa es muy abundante, pasando a ser a menudo areniscas fangosas. En estas últimas, las estructuras más frecuentes son de carácter orgánico (pedotúbulos, rizoconcrecciones, etc...) y presentan edafizaciones intensas y marmorizaciones.

Unidad 6: Arenas, gravas y lutitas de carácter arcósico. Incluye las litologías detríticas del Oligoceno al Mioceno inferior que forman el relleno de la Cuenca de Ciudad Rodrigo. Destacan en el campo por su intenso color predominantemente blanco, aunque puede presentar otras tonalidades rosáceas, amarillentas, castaño y verdosas, estando relacionados estos últimos con el mayor contenido en matriz fangosa. Tiene un carácter fundamentalmente arenoso, con tamaño de grano varía desde grava gruesa mal calibradas a fangos, estos últimos muy locales, a diferencia de la unidad anterior. Son frecuentes los cambios laterales y verticales de facies hasta zonas con cantos dispersos, en hiladas, lentejones o niveles de escasa potencia. Como minerales pesados se encuentran mayoritariamente andalucita y turmalina, y aparte aparecen granate, estaurolita, epidota y apatito. En cuanto a los filosilicatos, se caracterizan por la mayor abundancia de esmectitas y los menores contenidos en caolinita.

Unidad 7: Conglomerados, gravas, arenas y fangos. Engloba todos los sedimentos de edad desde Mioceno superior hasta cuaternarios que constituyen la última

fase del relleno de la Cuenca de Ciudad Rodrigo y el comienzo de la disección posterior. Incluye una variedad amplia de depósitos como coluviones, derrubios de ladera, canchales, piedemontes, abanicos aluviales rojizos, "rañas" y terrazas altas y medias de los principales cursos fluviales. A pesar de esta variedad en la génesis de estos depósitos, todos están compuestos a grandes rasgos por cantos de cuarcita fundamentalmente y, en menor medida, de pizarras embebidos en una matriz limo-arcillosa de colores rojizos a anaranjados, excepto en el caso de los canchales en los que los cantos están sueltos y libres de matriz y son exclusivamente de litología cuarcítica. En el caso de los coluviones, derrubios de ladera y canchales los clastos son muy angulosos, mientras que el caso de las terrazas altas y medias son más redondeados. En el resto de depósitos presentan clastos entre los dos extremos anteriores. Entre las "rañas" y los abanicos aluviales rojizos neógenos no hay diferencias litológicas importantes, procediendo los materiales correspondientes a las "rañas" de la removilización por procesos posteriores de los correspondientes a los abanicos (Cantano & Molina, 1999).

Las características de esta unidad por las que se ha separado de la unidad anterior son: 1) No presenta una composición arcósica tan característica; 2) Presenta unos depósitos conglomeráticos generalizados; 3) Es fácilmente identificable por sus colores característicos de rojos a anaranjados.

Unidad 8. Gravav, arenas y limos sueltos. Esta formada por sedimentos fluviales que incluyen la llanura de inundación de los principales ríos de la hoja y niveles de terrazas bajas que no superan los 2-3 metros de altura sobre el nivel del cauce actual. Están constituidos fundamentalmente por cantos de cuarcita, grauvaca y pizarra dependiendo del área fuente de cada curso fluvial, arenas y limos, todo sin una cementación importante. Estas características los hacen muy apropiados para su explotación para áridos, como ocurre en los sedimentos aluviales del Río Yeltes. A continuación, se muestra la cartografía litológica simplificada (Figura II₂-9a) y una modelización cartográfica en 3D (Figura II₂-9b).



Figura II₂-9 a. Cartografía Litológica de la zona de estudio.

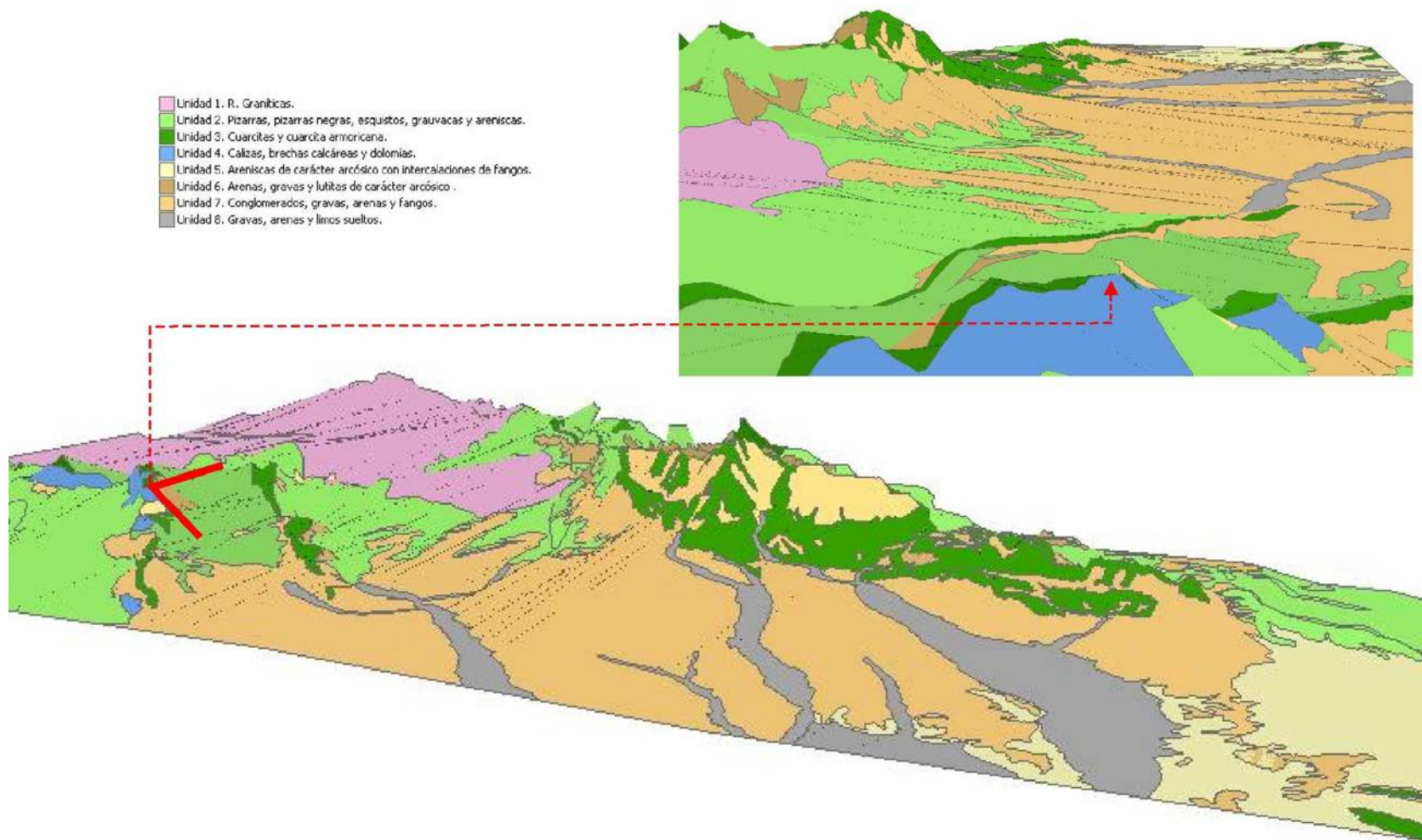


Figura II₂-9 b. Modelización virtual de la distribución litológica y panorámica visual desde Peñas Albarcanas. En el modelo inferior se muestra la orientación del ángulo visual y el modelo superior es la visual desde el punto indicado por la flecha.

II₃ Geomorfología.



II_{3.1} Introducción.

II_{3.2} Unidades Morfoestructurales.

II_{3.3} Análisis Geomorfológico.

II_{3.4} Evolución Morfogenética y Cronológica.

II.3.1. Introducción.

El Macizo Hespérico presenta, a grandes rasgos, una significativa unidad topográfica definida por grandes superficies de aplanamiento que afectan a toda su diversidad litológica. Esta uniformidad es interrumpida por la presencia de algunos relieves residuales, generalmente constituidos por alineaciones cuarcíticas de mayor o menor envergadura, que representan las principales líneas estructurales del Macizo Hercínico peninsular y que destacan claramente en el paisaje formando las sierras. La tectónica Alpina provoca, posteriormente, la ruptura o el desnivelamiento en bloques del macizo, dando lugar a la individualización de grandes y pequeñas cuencas o depresiones (Cantano & Molina, 1999).

Desde el punto de vista litológico, en el área estudiada se pueden diferenciar, a grandes rasgos, tres grandes conjuntos litológicos que tienen su importancia en el control de las formas que se desarrollan. El primer conjunto, que constituye la mayor parte de las sierras, se caracteriza por potentes bancos de cuarcita (ordovícicas-silúricas) que se apoyan sobre pizarras y grauvacas (pre-ordovícicas). Otro conjunto son las rocas graníticas hercínicas, que ocupan una extensión menor que la unidad anterior, y que se encuentran encajadas en rocas de diversa naturaleza, dando lugar a la correspondiente orla metamórfica y frecuentes diques de cuarzo. Por último, y fuera de los límites de los Espacios Naturales, se encuentran los materiales sedimentarios pertenecientes a la Cuenca de Ciudad Rodrigo formados básicamente por sedimentos detríticos de carácter aluvial, que ocupan extensiones relativamente importantes.

II.3.2. Unidades Morfoestructurales.

Lo señalado anteriormente hace que, desde el punto de vista geomorfológico, en todo este sector occidental peninsular se puedan diferenciar tres grandes unidades morfoestructurales que conforman, a gran escala, el relieve característico: Las Sierras, el Pedimento (o penillanura) y las Cuencas Cenozoicas. Este mismo esquema puede aplicarse a la zona de estudio, donde se encuentran representadas cada una de ellas.

El Sistema Central, con orientación general de NE-SO a E-O, atraviesa el Zócalo Hercínico separando las dos submesetas e individualizando las dos grandes cuencas fluviales del Duero y del Tajo. El relieve de este sistema montañoso se estructura mediante un conjunto de sierras consecutivas (Somosierra, Guadarrama, Gredos, Francia y Gata en España, que se continúan con sierras en Portugal como la Sierra da Malcata) articuladas a través de corredores o fosas transversales de diferente morfoestructura. El piedemonte de esta gran unidad morfoestructural varía su configuración morfológica, no sólo entre sus dos vertientes (norte y sur) sino entre cada una de las sierras que lo conforman (Cantano, 1997).

El extremo meridional de la provincia salmantina se ubica al pie del Sistema Central, en la zona de enlace entre los relieves serranos de Gata, Francia y Béjar y la monótona uniformidad de la penillanura fundamental. Este enlace se articula a través de una zona deprimida rellena de sedimentos cenozoicos y relacionada con la Cuenca del Duero, que corresponde a la Cuenca de Ciudad Rodrigo.

Por tanto, en la zona de estudio estas tres grandes unidades morfoestructurales están representadas por las elevaciones de la Sierra de Francia, el pedimento con diferentes características dependiendo del sector considerado y la Cuenca de Ciudad Rodrigo en su borde más meridional. Las sierras están constituidas, básicamente, por potentes bancos de cuarcita masiva cuya resistencia a la erosión ha hecho que haya quedado conservada en estructuras sinclinales que son claros ejemplos de "sinclinales colgados".

El Pedimento está constituido por grandes superficies aplanadas, independientemente de la litología del sustrato, desarrolladas sobre los materiales del Macizo Hespérico. La Cuenca de Ciudad Rodrigo es una depresión tectónica, que puede considerarse un semigraben, en la que el modelado fluvial juega un importante papel en la degradación de su relleno y en la exhumación de las formas antiguas.

La Sierra

Este gran dominio morfoestructural está representado en la zona de estudio, de Oeste a Este, por las estribaciones más orientales de la Sierra de la Canchera, La Sierra de la Peña de Francia y la Sierra de Tamames (Figura II₃-1). Las alturas más importantes entre la Sierra de la Canchera y la Sierra de la Peña de Francia son Raigales (1397 metros) y Rongiero (1624 metros). En la Sierra de la Peña de Francia (Figura II₃-2) propiamente dicha, las alturas máximas son Orconera (1416 metros), Guindo (1462 metros), Cabriles (1560 metros), Peña de Francia (1723 metros) y Hastiala (1735 metros). En la Sierra de Tamames las mayores alturas corresponden a la Peña de la Bolanca (1435 metros), Llano del Ciruelo (1456 metros) y Pico Cervero (1463 metros). Las orientaciones de estos relieves varían. La Sierra de la Canchera sigue una dirección muy marcada SO-NE. La Sierra de la Peña de Francia SE-NO a E-O, prolongándose hacia el NO a favor de la estructura del Sinclinal de Guadapero en las sierras que constituyen ambos flancos del mismo (Sierras de Carazo y Valdefuentes) y que aún presentan continuidad, con expresión morfológica, en las Sierras de Peronilla-Torralba como paleorelieve exhumado dentro del dominio de la Cuenca de Ciudad Rodrigo. La Sierra de Tamames, por su parte, tiene una dirección clara SE-NO y en ella se diferencian perfectamente los dos flancos del Sinclinal del mismo nombre que dan lugar a dos sierras paralelas según la orientación anteriormente mencionada.

El Pedimento

Forma una orla alrededor de los relieves serranos y presenta unas características propias y diferentes dependiendo de la zona considerada. El pedimento septentrional de la Sierra de la Peña de Francia (Cantano, 1997) está constituido por un conjunto de abanicos aluviales de edad neógena procedentes de la citada sierra y que constituye el techo del relleno terciario de la Cuenca de Ciudad Rodrigo (Figura II₃-3). Por esta razón se tratará más extensamente al hablar de la citada cuenca, ya que en este trabajo consideraremos como Pedimento aquel que se encuentre libre de sedimentos y no fosilizado por estos.

En cuanto al sector suroccidental de la Hoja de Serradilla del Arroyo, aparece un pedimento desnudo que constituye la zona de enlace de la

superficie de pedimentación que desciende de los relieves de las Sierras de la Peña de Francia-Gata, con el relleno terciario de la Cuenca de Ciudad Rodrigo. Su altura se sitúa entre unos 750 y 850 metros, con una tendencia al descenso hacia el O y NO. Corresponde a restos degradados de una superficie antigua, de carácter exhumado, heredada de un ciclo morfológico anterior al Neógeno que conforma el piedemonte septentrional de la Sierra de Gata, situada inmediatamente al SO de la Sierra de la Peña de Francia.

También el pedimento desnudo constituye toda la caída de los relieves del flanco norte del Sinclinal de Tamames y el descenso de la misma sierra hacia el E. En el flanco norte la ruptura del frente de sierra se sitúa a una cota entre 1000 y 1100 metros en el sector central y hacia los 900 metros en el extremo noroccidental del mismo.

Esta ruptura de pendiente da lugar a una superficie con cierta homogeneidad topográfica que desciende paulatinamente hasta los 800 metros aproximadamente hacia el N. En ella tan sólo destacan algunos relieves residuales, más acentuados y de mayor entidad hacia el N. Al igual que en la hoja de Serradilla del Arroyo anteriormente señalada, corresponde a un relieve senil heredado de ciclos anteriores y exhumado durante el Paleógeno-Neógeno.

Hacia el E y SE, en cambio, este pedimento presenta rasgos morfológicos diferentes debido al cambio litológico, que en este sector es predominantemente cuarcítico. Aquí la ruptura de pendiente se produce a cotas entre 950 y 1000 metros y es característico el paisaje de berrocal, donde los relieves residuales son los característicos "inselbergs" o diques de cuarzo que destacan a nivel morfológico. En este sector, el extenso pedimento está relacionado probablemente con los relieves que se encuentran al E y SE más que con la Sierra de la Peña de Francia y está mejor conservado en la litología granítica, aunque se presenta muy degradado por la acción erosiva de la red fluvial perteneciente al Tajo. Conserva, sin embargo, su carácter de superficie aplanada a cotas situadas entre 800 y 950 metros aproximadamente.



Figura II₃-2. Sierra de Francia, sector Peña de Francia.



Figura II₃-3. Piedemonte de la Sierra de Francia.

Fuera de este área granítica, en el cuadrante SO de la hoja de Miranda del Castañar, el pedimento, que en su momento se desarrollaría también sobre las series meta-sedimentarias, se encuentra totalmente erosionado, quedando tan sólo algún resto del mismo colgado en las zonas más altas. Esto puede observarse en el Cerro de la Pitanilla-El Pico de Robledo, donde se conserva a una cota entre 900 y 1000 metros, y en el Relieve de La Dehesa-El Guijarro a una cota entre 700 y 800 metros.

La Cuenca de Ciudad Rodrigo.

Constituye una cuenca intracratónica, que puede considerarse un semigraben, originada como consecuencia de la actividad tectónica alpina, en la que concurren una serie de factores morfológicos fundamentales (Cantano & Molina, 1999):

- 1) Un borde noroccidental basculado hacia el SE y penillanurizado.
- 2) Un borde oriental de morfología variada donde coexisten restos de una morfogénesis compleja con elementos más recientes. Este

borde está determinado por una importante fractura, la Falla de Ciudad Rodrigo. (Figura II₃-4).

- 3) Un modelado fluvial con un papel muy importante en los procesos de su disección.

En el área de estudio únicamente aparece representada en su sector más suroriental, en las zonas próximas al Parque Natural de las Batuecas, pero constituye un elemento morfo-estructural fundamental en la configuración del paisaje de todo este sector. El relleno de esta cuenca se debe a la evolución de los sistemas fluviales durante el Paleógeno y Neógeno que, aportando sedimentos desde ambos bordes, se orientaban a favor de su eje principal para llegar hasta la Cuenca del Duero.

El primer conjunto sedimentario, al que se atribuye una edad paleógena, se apoya directamente sobre el zócalo hercínico. Presenta carácter subarcósico con un tamaño de grano que varía desde limos arenosos (fangos) hasta conglomerados.



Figura II₃-4. Cuenca terciaria de ciudad Rodrigo al fondo, el desnivel entre la cuenca y la sierra del Carazo constituye un escarpe tectónico. En primer término se aprecia la localidad de Serradilla del Arroyo.

Su potencia es variable, aumentando hacia el Este, donde puede sobrepasar los 80 metros visibles. Las alteraciones diagenéticas son importantes y han originado cambios mineralógicos en la matriz, pudiéndose distinguir tres niveles: 1) el inferior con una matriz arcillosa heredada formada por clorita, illita, caolinita y presencia de smectitas. 2) el medio, en el que la matriz arcillosa es reemplazada por dolomita y en el que las escasas cavidades existentes presentan rellenos de calcita. 3) el superior, en el que aparece un predominio de la palygorskita. A techo de todo este conjunto se pone de manifiesto otro proceso alterítico que conlleva la desestabilización de la palygorskita, génesis de caolinita e incluso silicificaciones. (Cantano & Molina, 1999).

El segundo conjunto sedimentario de la cuenca, que forma el techo del relleno, lo forman un conjunto de abanicos aluviales, de edad neógena procedentes de la Sierra de la Peña de Francia cuyos ápices se sitúan a una altitud de unos 1050 metros en los frentes de sierra situándose las zonas más distales a unos 800 metros. Morfológicamente están coronados por un sistema de plataformas, conocidas con el nombre de "rañas", ligeramente inclinadas hacia el Norte, pudiéndose distinguir dos o tres niveles escasamente encajados unos en otros, y pueden ser consideradas como el comienzo de la disección del relleno de la cuenca

inmediatamente anteriores al desarrollo de las primeras terrazas fluviales. Este segundo conjunto sedimentario es el que fosiliza el pedimento antiguo del sector septentrional de la Sierra de la Peña de Francia y constituye el piedemonte actual de estos relieves. Todo este relleno sedimentario de la cuenca está siendo disectado actualmente por el encajamiento de la red fluvial, siendo las rañas las primeras superficies de encajamiento que aparecen, inmediatamente anteriores al desarrollo de las primeras terrazas fluviales, como ya se ha señalado anteriormente.

II_{3.3}. Análisis Geomorfológico.

En la zona de estudio se han identificado una serie de unidades y de dominios geomorfológicos que se representan en la cartografía como áreas cerradas y que se han organizado según una leyenda, básicamente atendiendo a un criterio general de carácter fisiográfico, de manera que se han ordenado en tres grandes conjuntos que corresponden a:

- 1) Interfluvios;
- 2) Superficies de enlace; (Figura II₃-5 Izq.)
- 3) Valles (Figura II₃-5. Dcha.).

Este análisis ha dado lugar a la Cartografía Geomorfológica (Figura II₃-6) y Cartografía de dominios geomorfológicos (Figura II₃-7 y Mapa 1, Anexo cartográfico).

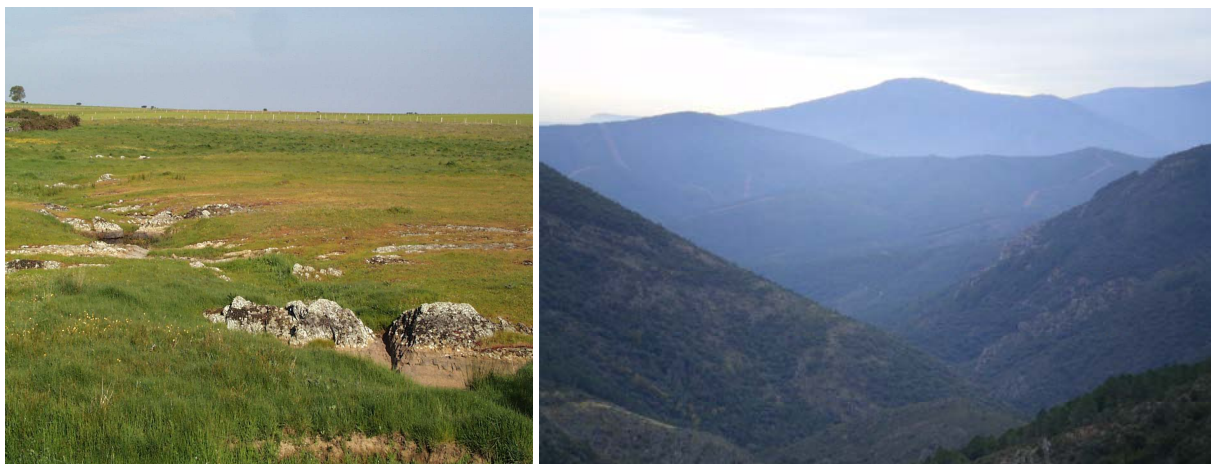


Figura II₃-5. Izq. Cauce sobre el pedimento de pizarras y limonitas. Tamames. Dcha. Dominio geomorfológico de valles. Valle de Las Batuecas.

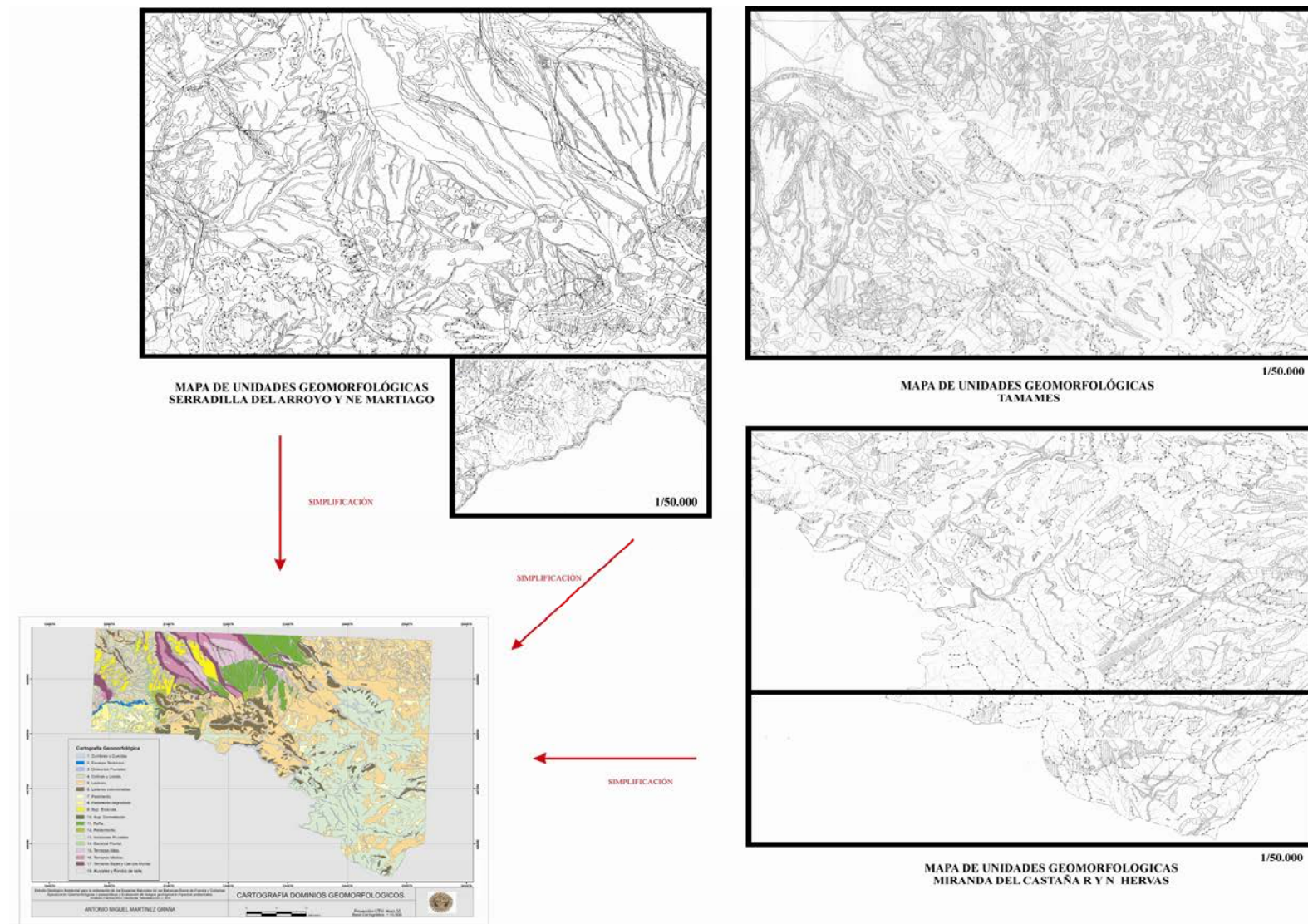


Figura II₃-6. Cartografía de Unidades Geomorfológicas del sector de estudio.



Figura II₃-7. Cartografía de Dominios Geomorfológicos del sector de estudio (Mapa 1, Anexo Cartográfico).

Se han cartografiado un total de 18 dominios geomorfológicos en toda el área estudiada, indicando los tipos de formas (erosivas y de depósito), y la morfogénesis de las mismas (proceso o conjunto de procesos responsables de la génesis de cada forma). Una gran parte corresponde a formas de origen

fluvial, apareciendo también formas de gravedad, estructurales y poligénicas.

A continuación se describe cada dominio geomorfológico con representación cartográfica siguiendo la estructura que se ha señalado en la leyenda del mapa (Tabla II₃-1).

	DOMINIOS GEOMORFOLÓGICOS		TIPOS DE FORMAS	MORFOGÉNESIS
INTERFLUVIOS	1	Cumbres y cuerdas	Erosivas	Estructural
	2	Escarpe tectónico		
	3	Divisorias fluviales		Fluvial
	4	Colinas y Lomas		Fluvial-Gravedad
	5	Laderas		
	6	Laderas coluvionadas	Depósito	Gravedad
SUPERFICIES DE ENLACE	7	Pedimento	Erosivas	Poligénicas
	8	Pedimento degradado		
	9	Superficies erosivas		
	10	Superficie de colmatación	Depósito	Fluvial
	11	Rañas		
	12	Piedemontes		
VALLES	13	Valles fluviales escarpados	Erosivas	Fluvial
	14	Escarpe fluvial	Depósito	
	15	Terrazas altas		
	16	Terrazas medias		
	17	Terrazas bajas y llanura aluvial		
	18	Aluviales y fondos de valle		

Tabla II₃-1. Leyenda del Mapa de Dominios Geomorfológicos de la zona de estudio.

Interfluvios.

Incluye todos los dominios geomorfológicos que aparecen en la unidad morfoestructural de las Sierras así como las divisorias fluviales generadas por la fuerte incisión de la red de drenaje sobre la unidad morfoestructural del Pedimento.

Cumbres y cuerdas

Son formas erosivas de morfogénesis estructural que se encuentran localizadas en el dominio morfoestructural de las sierras. (Figura II₃-8). En todo el sector estudiado no se puede hablar de superficie de cumbres ya

que todas ellas están constituidas por aristas relativamente estrechas que se han formado por contraste litológico. La mayor parte se desarrollan sobre litologías cuarcíticas que, por su mayor resistencia a la erosión, han quedado preservadas y resaltan en el paisaje sobre las litologías pizarrosas en las que se apoyan. En algún caso, cuando no están presentes estos bancos cuarcíticos, están constituidas por litologías pizarrosas que dan lugar a un perfil menos agudo y más suave.

Cartográficamente ocupan poca extensión, manifiestándose como bandas sinuosas y estrechas, de no más de 200-300 metros de

anchura, situadas a cotas de entre 1100 y 1750 m. También aparecen como relieves exhumados en el dominio morfoestructural de la Cuenca de Ciudad Rodrigo a cotas de entre

750 y 850 metros. Esto se debe al hundimiento de este bloque por efecto de la falla anteriormente citada del Embalse del Río Águeda-Morasverdes.



Figura II₃-8. Cumbres de la Sierra de Tamames, donde se aprecia el encajamiento del río Quilamas.

Escarpe tectónico

Es también una forma erosiva de morfogénesis estructural que se encuentra localizada en el cuadrante suroccidental de la hoja de Serradilla del Arroyo y que constituye la articulación entre el pedimento de Gata y la Cuenca de Ciudad Rodrigo. La falla que da lugar a este escarpe tectónico, denominada *Falla de la Dehesa de Macarro* por Jordá (1983), de orientación aproximada O-E, es parte del límite meridional de la citada cuenca y se desarrolla sobre las litologías metasedimentarias de carácter pizarroso que constituyen el Complejo Esquisto Grauváquico. Cartográficamente ocupa muy poca extensión y se manifiesta como una banda estrecha y alargada. Este escarpe morfológico, que se encuentra relativamente degradado, salva un desnivel de entre 70 y 100 metros aproximadamente, correspondiendo la superficie superior al pedimento de Gata y la superficie inferior al nivel de base de la cuenca del Río Águeda ya en el dominio de la Cuenca de Ciudad Rodrigo.

Divisorias fluviales

Se trata de formas erosivas de morfogénesis fluvial que se encuentran localizadas fundamentalmente en la mitad meridional de la hoja de Miranda. Aquí, debido a la mayor potencia erosiva de la red fluvial perteneciente a la cuenca del Tajo, la mayor parte del pedimento que debió desarrollarse sobre las series metasedimentarias pizarrosas ha sido desmantelado. Esta fuerte incisión fluvial ha modelado un conjunto de divisorias producto del continuo retroceso de las laderas y que se manifiestan por aristas muy estrechas y agudas sobre los materiales anteriormente señalados. Cartográficamente ocupan una extensión reducida y se manifiestan por bandas muy estrechas y de poca continuidad longitudinal. Están siempre en el interior de las grandes incisiones fluviales pertenecientes a la red fluvial del Tajo y su cota máxima no supera los 900-950 metros que es la que tendría la superficie del pedimento antiguo, de cuyo desmantelamiento proceden.

Colinas y lomas

Se trata de formas erosivas de morfogénesis mixta fluvial-gravedad cuya distribución se limita al gran dominio morfoestructural de la Cuenca de Ciudad Rodrigo. Cartográficamente ocupan la mayor parte de la extensión de la citada cuenca ya que representan todas las laderas desarrolladas sobre los materiales que constituyen el relleno de la misma. Por tratarse de materiales blandos y fácilmente erosionables dan lugar a un paisaje ondulado a gran escala donde predominan las formas convexas. En general no presentan recubrimientos importantes de ladera, aunque si existen son difíciles de separar de su sustrato por ser materiales casi idénticos. Los materiales sobre los que se desarrollan son de tipo detrítico, ya sean los sedimentos arcósicos o subarcósicos o los sedimentos de los abanicos rojos. Aparecen siempre por debajo de la cota de 900-1000 metros que es el techo del relleno terciario de la cuenca, aunque la mayor extensión de este dominio se encuentra en el sector más occidental de la zona de estudio, donde se sitúa entre las cotas de 650 y 850 metros.

Laderas

Son formas erosivas de morfogénesis mixta fluvial-gravedad que se encuentran localizadas fundamentalmente en el dominio morfoestructural de las sierras. Estas formas incluyen todas las laderas de las sierras que no presentan recubrimientos importantes o cartografiables de sedimentos coluvionares o de derrubios de ladera. Se trata, por tanto, en su mayoría, de

laderas desnudas en las que aflora directamente la litología original, o que presentan suelos de escasa potencia, y con un perfil generalmente cóncavo (Figura II₃-9 Izq.). En su mayor parte se desarrollan sobre la litología de pizarras y esquistos, aunque también pueden aparecer sobre las rocas graníticas cuando éstas forman parte de las sierras.

Su extensión cartográfica es relativamente importante y se manifiestan como bandas de anchura variable que orlan el dominio de cumbres y cuerdas. Se sitúan, por tanto, entre las cotas de estas cumbres y cuerdas y el nivel de base de los cursos fluviales que las han originado.

Laderas coluvionadas

Corresponden a formas de depósito de morfogénesis gravitacional que se encuentran en el dominio morfoestructural de las sierras, fundamentalmente. En ellas se incluyen las laderas que presentan unos recubrimientos más o menos potentes y cartografiables de derrubios de ladera y/o coluviones. También se incluyen dentro de este dominio los característicos canchales. (Figura II₃-9 Dcha.). Su extensión cartográfica es importante y aparecen formando orlas de anchura variable alrededor del dominio de cumbres y cuerdas o asociadas a las laderas desnudas. Como en el caso del dominio anterior se sitúan entre las cotas del dominio de cumbres y del nivel de base de los cursos fluviales que drenan la sierra.



Figura II₃-9. Izq. Laderas en Miranda del Castañar y Dcha, ladera tapizada de canchales (Monsagro).

La litología de estos depósitos está controlada por la naturaleza de los materiales que forman la ladera. Si las laderas se desarrollan en los materiales metasedimentarios de naturaleza pizarrosa, los coluviones están constituidos por cantos de pizarra embebidos en una matriz limo-arcillosa de color rojizo muy abundante. Si las laderas se desarrollan sobre las rocas graníticas, los coluviones están formados por cantos de granito con proporciones variables de arena entre los mismos, siendo muy escasa la presencia de granulometrías finas tipo limo o arcilla. Por último, si las laderas se desarrollan sobre materiales metasedimentarios de tipo cuarcítico o si estos materiales se encuentran coronando las laderas, entonces se desarrollan los canchales, constituidos por cantos angulosos de cuarcita sin ningún tipo de matriz que se desplazan ladera abajo y que constituyen elementos paisajísticos muy llamativos.

Superficies de enlace

Incluye todos los dominios geomorfológicos constituidos básicamente por superficies planas, más o menos degradadas, que forman el enlace entre los dominios de interfluvios, pertenecientes a las sierras, y los pertenecientes a los valles fluviales.

Pedimento y Pedimento degradado

Se incluyen dentro del mismo epígrafe ya que ambos representan el gran dominio morfoestructural del pedimento, ya comentado al comienzo de esta memoria.

Este pedimento constituye una forma erosiva de morfogénesis poligénica que ocupa grandes extensiones cartográficas dentro del área de estudio.

Esta gran superficie de pedimentación se encuentra al pie de todos los relieves de la zona y se caracteriza por estar libre de sedimentos ya que constituye una superficie relictiva actualmente exhumada. Como se ha señalado, corresponde a una superficie grabada o "etchplain" preterciario que, en su momento, era la base de los potentes mantos de alteración que la recubrían. El desmantelamiento de estas alteritas al final del mesozoico y durante el terciario hace que este pedimento quede exhumado y sometido a todos los procesos posteriores de meteorización y erosión. Incluso en algunas áreas actualmente se está

produciendo la exhumación del mismo, por erosión de la cobertera sedimentaria, en todos aquellos sectores donde la tectónica alpina lo desniveló y lo convirtió en el sustrato de la Cuenca de Ciudad Rodrigo.

Se observan grandes extensiones del mismo en el sector nororiental del Sinclinal de Tamames y parte occidental de la Sierra de Francia, desarrollado sobre las series metasedimentarias, y en el sector oriental y suroriental de la Sierra de Francia, en este último caso desarrollado sobre las series metasedimentarias y sobre las rocas graníticas. Su cota máxima depende del punto de ruptura de pendiente de los diferentes relieves. Así, en el caso del Sinclinal de Tamames la ruptura se produce a unos 1050 metros en su sector central y a unos 900 metros en su extremo noroccidental y llega hasta unos 800 metros de cota. En los afloramientos al O de la Sierra de la Peña de Francia su cota se sitúa entre 850 y 750 metros aproximadamente, y en los situados al E y SE de esta sierra entre los 700 y 950 metros, por efecto de la desnivelación tectónica.

Este pedimento se caracteriza por presentar un paisaje alomado, de formas suaves, en el que el dominio de pedimento s.s. corresponde a las superficies planas que forman las partes altas de estas ondulaciones, mientras que el dominio de pedimento degradado corresponde a todas las suaves laderas que se sitúan entre las superficies planas (pedimento s.s.) y las partes bajas de las ondulaciones del terreno. Estas partes bajas pueden corresponder a simples depresiones sin ningún tipo de recubrimiento o a cursos de regatos o arroyos de carácter muy esporádico que originan algunos depósitos aluviales de fondo de valle. Hay que resaltar que esto representa muy bien la situación cuando el pedimento se desarrolla sobre las series metasedimentarias, mientras que cuando se desarrolla sobre los materiales graníticos las ondulaciones suelen ser menos suaves y puede haber diferencias de cota más grandes. En el primer caso, entre las superficies planas y las depresiones no suele haber más de 30-40 metros de desnivel máximo, pero en el caso de los granitos pueden superar incluso los 100 metros de diferencia, por las características estructurales de esta litología. A veces, en este dominio resaltan en el paisaje relieves estructurales de tipo residual por efecto del contraste litológico. Es el caso

del Alto de La Rendona, en la esquina SO de la hoja de Serradilla del Arroyo, donde la presencia de rocas calcáreas más resistentes que el conjunto esquistoso-pizarroso dan lugar a estos cerros.

Superficies erosivas

Corresponden a formas erosivas de morfogénesis también poligénica. Están muy bien representadas cartográficamente al Sur de las sierras de Torralba y Peronilla, desarrolladas sobre las arcosas y subarcosas de la Cuenca de Ciudad Rodrigo. Constituyen una superficie plana, tipo glacis, con una ligera pendiente desde el pie de estas sierras, a una cota de unos 700 metros, hasta las proximidades del Río Águeda, a una cota aproximada de 650 metros, donde son cortadas por la incisión del río. También aparecen a cotas de aproximadamente 850 metros, asociadas a las superficies de colmatación, al oeste del Río Rivera de Gavilanes.

Superficies de colmatación

Se trata formas de depósito de morfogénesis fluvial que representan el techo del relleno sedimentario de la cuenca de Ciudad Rodrigo, correspondiendo por tanto a los últimos episodios sedimentarios de los abanicos aluviales neógenos. Son superficies planas sobre los conglomerados y fangos versicolores que constituyen el material sedimentario de los abanicos. Se encuentran representadas en la parte más meridional de la hoja de Serradilla del Arroyo, como retazos de superficies que quedan colgadas por efecto del encajamiento fluvial. Su cota mínima es de unos 930 metros y la máxima de unos 1050 metros, ya que pueden encontrarse desniveladas por efecto de la fracturación.

Hay que hacer notar que estas superficies son consideradas por algunos autores (Cantano, 1997; Martín Serrano et al., 1998) como superficies con características de raña y, por tanto, en algunas cartografías aparecen como tales.

Rañas

Corresponden a formas de depósito de morfogénesis fluvial que se encuentran coronando los últimos depósitos del relleno de la Cuenca de Ciudad Rodrigo o ligeramente encajadas en ellos. Se encuentran representadas cartográficamente formando una orla

alrededor de los relieves de la Sierra de Francia en su vertiente norte y al NO del Sinclinal de Tamames, y constituyen un sistema de plataformas ligeramente inclinadas hacia el norte. Hacia el oeste, estas plataformas de piedemonte quedan colgadas a más de 100 metros por encima de los cauces principales de la red de drenaje perteneciente al Río Águeda. Se trata de una formación superficial con connotaciones edafomorfológicas caracterizadas fundamentalmente por la extensa superficie tipo glacis que definen. Los materiales correspondientes a los distintos niveles de raña se apoyan directamente sobre los depósitos de los abanicos neógenos y proceden de su removilización por procesos posteriores, lo que hace que en muchos casos sea muy difícil su diferenciación. Aparecen a unas cotas situadas entre los 1050 metros en sus cabeceras y los 800-850 metros aproximadamente en sus zonas más distales.

En ellas se pueden distinguir dos horizontes (Cantano, 1997). El horizonte superior (de lavado), de unos 25-50 cm de espesor, está constituido por arena suelta, grava y cantos, estos últimos frecuentemente fracturados y en contacto unos con otros. Estos cantos presentan, sobre todo los que están en su superficie, una típica pátina de rubefacción. El horizonte inferior (de acumulación) tiene una potencia de hasta uno o dos metros. Su parte superior es una banda compacta de espesor variable muy rica en arcillas, con fuertes variaciones de color y con concentraciones de oxihidróxidos más o menos endurecidas. Hacia abajo se pasa al material original del abanico neógeno.

Piedemontes

Se trata de formas de depósito de morfogénesis fluvial que se encuentran formando una orla estrecha alrededor de los relieves de las sierras. Están representados en las hojas de Serradilla del Arroyo y Tamames asociados a los relieves de la Sierra del Carazo y de la Sierra de Tamames (Figura II₃-10) respectivamente. Corresponden a depósitos constituidos por cantos relativamente angulosos de pizarras y cuarcitas con matriz limosa o arcillosa de color rojizo. Se encuentran sobre las litologías del sustrato del que proceden o sobre las superficies de los abanicos neógenos y de las rañas, siendo su



Figura II₃-10. Superficie de Piedemonte. Panorámica desde Tamames hacia la Sierra de Francia.

pendiente ligeramente superior a estas últimas formas citadas pero menor que la que presentan los coluviones. Se encuentran a unas cotas aproximadas de entre 1000-1100 metros de máxima y unos 900-950 metros de mínima

Valles

Se incluyen en este apartado el conjunto de dominios geomorfológicos directamente relacionados con la morfogénesis fluvial y que están asociados a la red fluvial actual.

Valles fluviales escarpados.

Este dominio hace referencia a formas erosivas de morfogénesis fluvial que engloba todo el valle, desde la ruptura de pendiente superior hasta el cauce en su parte más baja. Casi todas las incisiones fluviales corresponden a valles con una morfología en "V" y representan un área total muy elevada de la zona de estudio. Casi toda la red fluvial perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del Tajo da lugar a este tipo de valles, o sea el Alagón y casi todos sus tributarios como son los ríos Cuerpo de Hombre, Sangusín, Francia y Batuecas (Figura II₃-11) entre los más importantes. En lo que hace referencia a la Cuenca Hidrográfica del Duero, es de destacar la importante incisión del Río Águeda a su paso por el Pedimento de Gata, en el cuadrante

SO de la hoja de Serradilla del Arroyo, y del Río Agadón, tributario del Águeda, en la parte nororiental de la hoja de Martiago.

Estas incisiones fluviales presentan un reflejo geomorfológico muy marcado cuando tienen lugar sobre el Pedimento, pero cuando alcanzan las zonas de sierra se manifiestan de forma similar a las laderas o laderas coluvionadas, con lo que es más problemática su individualización. Están constituidas por laderas de fuerte pendiente, con muy pocos depósitos de ladera asociados. Cuando se producen sobre las superficies del Pedimento el desnivel que salvan estas laderas puede ser de hasta 400 metros. Así, en la hoja de Serradilla del Arroyo, el Águeda presenta un encajamiento máximo sobre el Pedimento de Gata de unos 140 metros, el Agadón en torno a 160-180 metros respecto a retazos de superficies colgadas en la base de las laderas de sierra.

En la hoja de Miranda, el Río Cuerpo de Hombre presenta una incisión de 400 metros al SO de Colmenar de Montemayor, el Río Sangusín en torno a 300 metros al Este de Pinedas, el Río Francia en torno a 260 metros al SE de Cepeda y el Alagón en torno a 350-400 metros en las proximidades de Puentes de Alagón.



Figura II₃-11. Incisión del Valle de Las Batuecas. Vista desde el Puerto del Portillo

Estas fuertes incisiones se desarrollan tanto sobre las litologías pizarrosas del Complejo Esquisto Grauváquico como sobre las litologías graníticas, siendo en estas últimas de mayor envergadura debido fundamentalmente a dos motivos: 1) Casi todo el área granítica está drenada por la red del Tajo, cuyo nivel de base está en torno a 200 metros por debajo del nivel de base del Duero, que es precisamente la que drena las litologías pizarrosas. 2) En el área granítica es más evidente el desnivelamiento de bloques por la fracturación, con lo que la superficie del Pedimento se encuentra ya de por sí a diferentes alturas, como ocurre con los bloques de Pinedas o Aldeacipreste (superficie del Pedimento a 900-950 metros) y el de Sotoserrano-Cepeda (superficie del Pedimento a 700-750 metros). En muchos casos, dentro de este dominio están incluidos también los aluviales y fondos de valle de los ríos, ya que la escala cartográfica a la que se ha realizado el mapa no permite su diferenciación, aunque donde ha sido posible se han separado.

Escarpe fluvial

Corresponde a formas erosivas de morfogénesis fluvial que se encuentra representada fundamentalmente en la hoja de Serradilla del Arroyo y, en menor medida en la de Tamames. Representa todos los escarpes

fluviales que se generan por el encajamiento de los ríos en el la unidad morfoestructural de la Cuenca de Ciudad Rodrigo. Por tanto, se encuentran básicamente en los bordes de las llanuras aluviales y terrazas bajas de los ríos Tenebrilla, Morasverdes y Yeltes fundamentalmente, así como algunos de sus tributarios. Se trata de paredes de pendiente variable, casi verticales en algunos casos, mientras que en otros se encuentran tan degradados que dan lugar a formas más tendidas. Salvan desniveles muy variables de entre aproximadamente 8-10 metros (Río Tenebrilla a su paso por Tenebrón) hasta 50-60 metros (Río Yeltes en las proximidades de Aldehuela de Yeltes). El más importante, sin embargo, con un reflejo muy marcado en el paisaje es el que se localiza en la hoja de Serradilla del Arroyo que sigue una orientación N-S y que forma la divisoria de aguas entre la cuenca del Águeda y la del Yeltes. Este escarpe presenta una altura en torno a 100-120 metros y está originado por la diferencia de nivel de base entre ambos cursos fluviales, de tal manera que el mayor poder erosivo de la red del Águeda está haciendo retroceder progresivamente dicho escarpe, capturando las cabeceras de los arroyos pertenecientes al Yeltes. Todos ellos se desarrollan sobre las litologías arcósicas o de conglomerados rojos que forman parte del relleno de la Cuenca de Ciudad Rodrigo. Al

tratarse de litologías blandas, en ellos pueden darse procesos de deslizamientos y avalanchas, especialmente visibles cuando están libres de vegetación, como ocurre en el caso del escarpe del Yeltes en las proximidades de Aldehueta de Yeltes. También es posible, en algunos casos, el desarrollo de acarcavamientos. (Figura II₃-12).

Terrazas altas

Son formas de depósito de morfogénesis fluvial que incluye las terrazas, cuya cota sobre el nivel del cauce actual supera los 15 metros, de los principales ríos de la Cuenca Hidrográfica del Duero, que de Oeste a Este corresponden al Águeda, Tenebrilla, Morasverdes y Yeltes. Se encuentran muy bien representadas, y de forma exclusiva, en los cuadrantes SO y NE de la hoja de Serradilla del Arroyo. Las relacionadas con el Yeltes y tributarios presentan una ligera pendiente hacia el N-NO y se encuentran ligeramente encajadas en las superficies de raña.

A veces es muy difícil establecer el límite entre unas y otra, manifestándose en campo por pequeños escarpes de no más de 1-2 metros muy degradados y tendidos. Su litología es muy similar a la de las rañas y abanicos aunque los cantos de cuarcita y

cuarzo, fundamentalmente, están más redondeados y se encuentran también embebidos en una matriz areno-arcillosa de colores rojizos. En el caso del Yeltes y tributarios pueden alcanzar cotas de hasta 50-65 metros sobre el cauce. En el caso del Río Águeda se pueden diferenciar varios niveles escalonados a cotas de hasta 80-90 metros sobre el cauce actual que actualmente quedan colgados formando pequeños cerros testigo.

Terrazas medias

Al igual que la anterior unidad, se trata de formas de depósito de morfogénesis fluvial a las que se puede aplicar todo lo señalado para las terrazas altas, ya que están asociadas a la misma red de drenaje. Se incluyen dentro de este dominio las terrazas cuya cota se sitúa aproximadamente a entre 15-50 metros sobre el cauce actual. En este caso, se encuentran ligeramente encajadas en las terrazas altas y también se manifiestan por pequeños escarpes muy degradados y tendidos. En el caso del Yeltes y tributarios la litología es de cantos de cuarcita básicamente, mientras que en el caso del Águeda los cantos son fundamentalmente de pizarras y grauvacas.



Figura II₃-12. Escarpe Fluvial del río Yeltes. Alba de Yeltes.

Terrazas bajas y llanura aluvial

Se trata de formas de depósito de morfogénesis fluvial y agrupa las llanuras aluviales y terrazas más bajas, de cota no superior a 12 y 4 metros sobre el cauce actual del río (Figura II₃-13). Los cursos fluviales más importantes que dan lugar a estos depósitos son el Águeda, el Rivera de Gavilanes, Tenebrilla, Morasverdes y Yeltes, localizados todos ellos en las hojas de Serradilla del Arroyo y Tamames. Se

manifiestan como bandas estrechas y alargadas de dirección N-S a NO-SE. Están formadas fundamentalmente por cantos redondeados de cuarcita y cuarzo, fundamentalmente, y en menor medida de pizarras, en una matriz fundamentalmente arenosa o limosa de colores parduzcos o rojizos. En general no se presentan cementadas, por lo que constituyen a menudo unas zonas muy apropiadas para explotaciones de áridos.



Figura II₃-13. Terrazas Bajas del río Yeltes. Castraz.

Aluviales y fondos de valle

Corresponden a formas de depósito de morfogénesis fluvial y en ella se incluyen todos los sedimentos de la red de drenaje secundaria y principal pero que no desarrollan las llanuras aluviales tan extensas señaladas anteriormente. Cartográficamente se manifiestan como bandas muy estrechas y alargadas que siguen los cauces fluviales y están representadas en todo el área de estudio. Están constituidas por conglomerados, gravas y arenas fundamentalmente, cuya naturaleza depende del material que forma su cuenca de drenaje. Al igual que ocurría en el caso de las terrazas bajas y llanuras aluviales, son unas zonas muy apropiadas para explotaciones de

áridos debido a que los materiales no se encuentran cementados.

II_{3.4}. Evolución Morfogenética y Cronológica.

Según diferentes autores queda asumido que la morfogénesis a lo largo del Mesozoico es muy importante ya que en ella se establecen importantes rasgos morfológicos, algunos de los cuales perduran actualmente como muy significativos en gran parte del paisaje de este sector. La existencia de prolongadas etapas de alteración (Molina, 1991) y la presencia de suaves basculamientos dan lugar a una morfología muy atenuada y madura en la que los rasgos estructurales del Zócalo Hercínico

se reseñan a través de los relieves residuales. Este sería el origen principal de la penillanura fundamental en el oeste peninsular, o sea, la exhumación de la superficie grabada (“etchplain”) que representaría la base de estas importantes alteritas mesozoicas. En la zona de estudio estas superficies han sufrido con posterioridad una serie de procesos que han configurado su morfología actual y que, por ello, las consideramos de morfogénesis poligénica, correspondiendo a lo que se ha denominado pedimento y pedimento degradado.

El registro de sedimentación detrítica observado tras este ciclo mesozoico se ha interpretado como respuesta a una nueva situación morfoestructural resultado de la tectónica alpina intraterciaria. Esta fase de actividad tectónica da lugar a nuevas áreas deprimidas que actúan como centros de sedimentación detrítica y bloques elevados que constituyen los relieves más destacados. En el área de estudio, esta actividad se manifiesta mediante el rejuego de fallas preexistentes hercínicas o tardihercínicas, fundamentalmente, que producen una reestructuración de bloques dando lugar al conjunto de relieves que forman el Sistema Central (dentro de los cuales se incluye la Sierra de la Peña de Francia) y a las depresiones interiores (entre las que se encuentra la Cuenca de Ciudad Rodrigo). Esta nueva situación hace que una parte de esa penillanura fundamental, o pedimento, quede sepultado bajo los sedimentos paleógenos de las cuencas terciarias constituyendo su basamento. Esta tectónica de bloques es la responsable de la actual geometría asimétrica de la Cuenca de Ciudad Rodrigo, con un límite oriental neto que define el bloque elevado y un límite occidental menos definido en el que el basamento desaparece gradualmente debajo del primer ciclo sedimentario de la cuenca.

A partir de este momento se registran una serie de etapas morfogénicas que se suceden en el tiempo y cuya evolución ha contribuido en mayor o menor medida a la situación actual del paisaje. Estas etapas según Cantano (1997) pueden resumirse como sigue.

Etapas Arcósicas: definición de la cuenca de sedimentación (Paleógeno)

El relleno de la cuenca de Ciudad Rodrigo se debe a la evolución de los sistemas fluviales

paleógeno/neógenos que se orientaban a favor de su eje principal NE-SO hacia la Cuenca del Duero.

El primer conjunto sedimentario, al que se atribuye una edad Eoceno/Oligoceno, presenta carácter subarcósico, en el que se han identificado una serie de alteraciones diagenéticas, ya señaladas al comienzo de esta memoria. Su procedencia fundamental es el zócalo metasedimentario oriental y meridional y los sedimentos corresponden a ambientes con régimen de carácter estacional con amplias llanuras fangoarenosas en las que se instala abundante colonización orgánica.

Los aportes sedimentarios que se producen en el Oligoceno proceden de las áreas madres graníticas occidentales y suroccidentales y son de carácter arcósico, estando representados casi íntegramente todos los componentes petrológicos de la roca madre. Parece que éste régimen sedimentario estaba asociado a paisajes abiertos con cursos fluviales de régimen estacional procedentes de un zócalo de relieves atenuados con someros restos alteríticos en vías de degradación.

Algunos autores consideran más antiguos los sedimentos subarcósicos citados en primer lugar que los de tipo arcósico, sin embargo en otros trabajos (Cantano, 1997) se considera que ambos se encuentran interdigitados, lo que implica la sincronía entre los aportes de los granitos occidentales y los aportes metasedimentarios orientales.

Ciclo postarcósico: cambio de la red de drenaje e inicio de la disección (Neógeno)

Se puede considerar que su comienzo tiene lugar cuando la red fluvial, aún en la etapa agradacional, termina por adoptar como cabeceras los relieves orientales que, con anterioridad, habían mantenido un carácter secundario en lo relativo al relleno de la cuenca paleógena. Por tanto, el acontecimiento fundamental que define el comienzo de esta etapa que se va a desarrollar durante el Neógeno consiste en el cambio de áreas fuentes y muy posiblemente también del régimen hídrico. Este cambio es el resultado, según unos autores, de los efectos de la tectónica alpina que serían los responsables de un rejuvenecimiento de estos relieves. Otros autores, por su parte, ponen en duda que estos movimientos alpinos durante el Neógeno sean

los condicionantes prioritarios de esta sedimentación, dándole más importancia a la progresiva adaptación del drenaje a unas determinadas condiciones orográficas e hídricas.

La sedimentación en esta etapa constituye el techo del relleno terciario de la cuenca, formado por un conjunto de abanicos aluviales de edad neógena procedentes de la Sierra de la Peña de Francia. Sus ápices se sitúan a una cota máxima de 1050 metros en las zonas del frente de sierra y las zonas más distales alcanzan una cota aproximada de unos 800 metros. Morfológicamente están coronados por un sistema de plataformas, denominadas rañas (Figura II₃-14), entre las que se pueden distinguir dos o tres niveles escasamente encajados unos en otros, estando el más bajo directamente relacionado con los actuales cauces fluviales.

El último episodio relacionado con el relleno de la depresión consiste en el desarrollo sobre las últimas secuencias sedimentarias neógenas de un proceso de aplanamiento/hundimiento regulado por una dinámica de nivel freático, de escorrentía superficial o

subsuperficial. Este proceso conllevaría la construcción y regulación de una o varias plataformas desarrolladas sobre la última secuencia sedimentaria de los depósitos aluviales Neógenos. En 1988 (Martín Serrano, 1988), se consideró la raña como una etapa sedimentaria diferente a la de los depósitos neógenos, que tendría una posición discordante y a la cual le asignan un valor cronoestratigráfico concreto. Posteriormente, (Cantano, 1997; Martín Serrano et al, 1998), se considera difícil separar este episodio de las rañas de la etapa sedimentaria finineógena.

Etapa Cuaternaria: disección y deposición fluvial.

Ya se ha señalado que en la zona de estudio están representadas las cuencas hidrográficas del Duero y del Tajo, siendo la divisoria entre ambas los ejes de la Sierra de la Canchera y de las estribaciones occidentales de la Sierra de la Peña de Francia. Hacia el este la divisoria no es tan clara, ya que la red hidrográfica del Tajo ha sobrepasado este eje de la sierra.



Figura II₃-14. Depósitos conglomeráticos de Raña. Serradilla del Arroyo.

Entre ambas cuencas se pone de manifiesto la total asimetría de estas sierras en sus vertientes Norte y Sur. El suave descenso hacia la cuenca del Duero (Norte) contrasta con el brusco encajamiento de la red fluvial que vierte al Tajo (Sur), estableciéndose diferencias de hasta 200 metros entre ambas cuencas justo al pie de los relieves. Precisamente esta diferencia en el nivel de base de los cursos fluviales de una y otra cuenca, hace que la red del Tajo, con un mayor poder erosivo y remontante, haya capturado las cabeceras de la red del Duero en la parte oriental y suoriental de la Sierra de la Peña de Francia.

En lo referente a la red fluvial perteneciente al Duero, ya se ha citado anteriormente que al comienzo del Neógeno se produce un cambio en las áreas fuente que se hace definitivo cuando la red fluvial termina por adoptar como cabeceras los relieves orientales. Este cambio va seguido de la progresiva captura de la antigua red fluvial por la red atlántica, lo que conlleva el desmantelamiento parcial de los sedimentos que rellenaron la Cuenca de Ciudad Rodrigo y su disección.

En la vertiente septentrional de la Sierra de Francia se observa una marcada diferencia topográfica entre los sistemas de drenaje de los ríos Huebra y Yeltes por un lado y el Río Águeda, por otro. Los dos primeros drenan el piedemonte septentrional situado por encima de los 800 metros mientras que el Águeda se encaja más de 100 metros por debajo del citado piedemonte, erosionando la cobertera sedimentaria terciaria y exhumando el antiguo pedimento de enlace entre la penillanura Zamorano-Salmantina al N y la Sierra de Gata, al S. Según Cantano (1997), la razón de esta diferencia puede atribuirse a que la incisión de la red fluvial del Águeda en el Pedimento desnudo sea epigenética y, tal vez, contemporánea con la sedimentación paleógena de la cubeta. En cambio, la incisión que se observa

del Río Yeltes, al desarrollarse sobre los materiales finineógenos de la Cuenca de Ciudad Rodrigo, es un proceso claramente cuaternario. Según esta autora, en el caso del Águeda, hay una etapa erosiva en el sector del Pedimento de Gata, contemporánea a su levantamiento, a comienzos del Terciario. Esto explicaría la sedimentación de las subarcos de Ciudad Rodrigo y su naturaleza fundamentalmente metasedimentaria, procedente de la exhumación del viejo frente de alteración ("etchplain"). El resto de la garganta se elaboraría una vez que la erosión remontante del Águeda inferior (Arribes del Duero) captura la cuenca. Así, cuando el Águeda Atlántico alcanza el borde oriental de la cubeta, captura a un Águeda que llega a la misma a través del Pedimento de Gata, y continúa la incisión de la garganta ya iniciada anteriormente.

En cuanto al encajamiento del Río Yeltes, y por tanto la degradación del piedemonte septentrional de la Sierra de la Peña de Francia, no es fácil establecer una cronología de los procesos. Según Martín Serrano (Martín Serrano et al., 1998) el episodio inicial de degradación, es decir el emplazamiento o sedimentación de la raña, se podría acotar en función de correlaciones morfológicas y alterológicas regionales al Neógeno superior-terminal. La edad del conjunto de terrazas longitudinales bien desarrolladas que se observan con posterioridad a la raña es un proceso fundamentalmente cuaternario, sin poder hacer más precisiones.

El relieve irregular de algunos sectores de la zona de estudio, como se observa en las siguientes modelizaciones 3D indican la importancia que imprimen las características geomorfológicas en la naturalidad y belleza de los Espacios Naturales y zonas de influencia (Figura II₃-15 a 17).

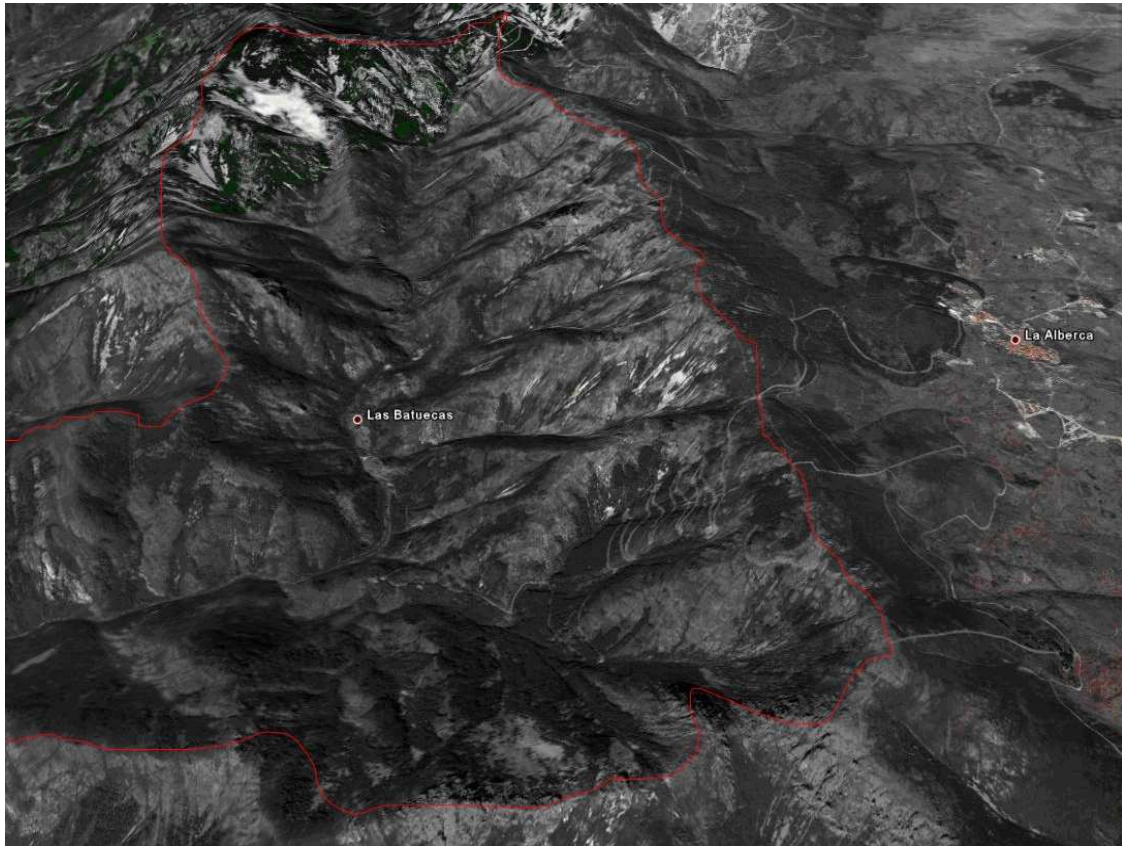


Figura II₃-15. Modelización Visual del Valle de Las Batuecas.



Figura II₃-16. Modelización Visual del sinclinal de Guadapero, y al fondo las estribaciones de la Sierra de Francia.

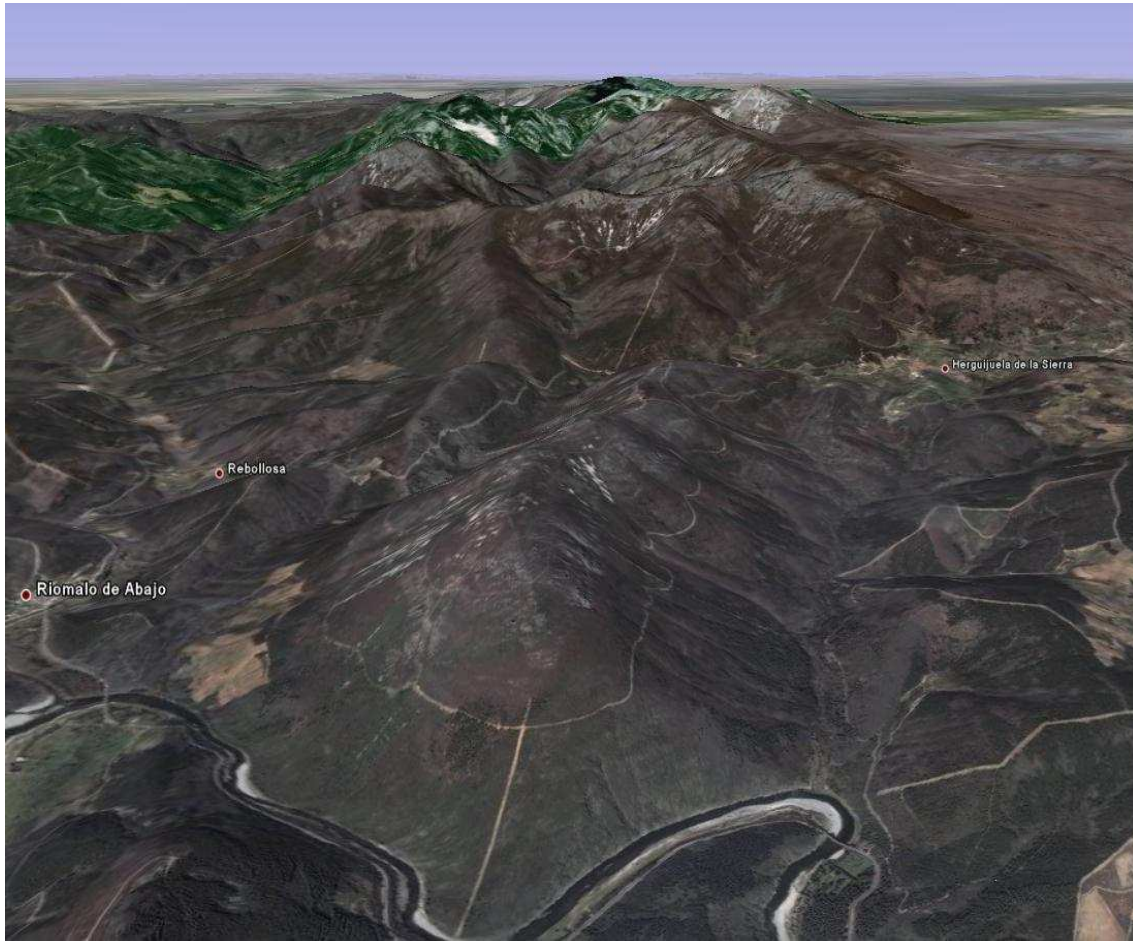


Figura II₃-17. Modelización Visual de la Sierra del Castillo en el límite con la comunidad extremeña y al fondo la Sierra de La Alberca.

II₄ Edafología.



II 4.1 Tipos de Suelos. Asociaciones.

II. 4.1.1 Introducción.

II 4.1.2 Metodología de estudio.

II 4.1.3 Descripción de unidades.

II 4.2 Relaciones generales de los suelos.

II 4.2.1 Introducción.

II 4.2.2 Asociaciones edáficas en los ENP de Las Batuecas-S. de Francia y Quilamas.

Anexos:

Anexo II 4-1 Características de las unidades de suelo. Perfiles edáficos.

II.4.1 Tipos de Suelos. Asociaciones.

II.4.1.1 Introducción.

El suelo constituye un recurso imprescindible para el desarrollo social y económico de cualquier región. Antaño, la falta de sensibilidad y comprensión de las funciones del suelo, así como algunas lagunas de información sobre estos y la falta de una normativa legal en el ámbito de la Unión Europea, explican la baja regulación que ha recibido este recurso. Posteriormente la necesidad de un desarrollo sostenible, genera la concienciación y el comienzo de una estrategia europea para la protección de los suelos: Informe del Club de Roma, 1972; Conferencia de las Naciones Unidas - Nairobi, 1977; Informe Brundtland, 1987 (Comisión Mundial del Medio Ambiente y desarrollo), Cumbre de Río o Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, 1992 -CNUMAD-.

Aunque confirmada esta tendencia hacia la protección de suelos, hoy en día estamos muy lejos de conseguirla, basta con analizar las pocas limitaciones por la calidad del suelo en el crecimiento urbanístico, priorizando otros criterios; o en ocasiones las diferentes asignaciones de usos del suelo, sin tener en cuenta la aptitud de cada tipo de suelo con sus posteriores usos. En los Espacios Naturales Protegidos de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, la asignación de usos al territorio suponen tener en cuenta en esta planificación territorial las aptitudes y funciones que tienen los diferentes suelos, debido a que los suelos desempeñan funciones ecológicas (producción de biomasa, función hidrológica, hábitat biológico, función reguladora del clima y función medioambiental de filtrado, almacenamiento y transformación) y funciones relacionadas con las actividades humanas (base física, fuente de materias primas, etc.) la caracterización y análisis espacial de los suelos es básico en una correcta gestión ambiental de un territorio a proteger y conservar.

Existen antecedentes a esta postura; en Estados Unidos (Albadalejo et al, 1990, Aguilar et al, 1996), para aplicar una política dirigida a proteger los suelos de alta calidad se establecieron determinados suelos denominados “prime farmland” (“mejores tierras”), que son suelos de muy buena calidad en los cuales

estaba limitado el asentamiento urbano o industrial, o cualquier otro uso que no fuese el de cultivo sostenible, incluyendo ventajas económicas para el agricultor y evitando su degradación. Estos suelos, se preservan por la agencia federal bajo mandato legal (Congreso de los Estados Unidos, 1980). En la Unión Europea no existe una legislación general que obligue a proteger los suelos, aunque si existen iniciativas como la Carta Europea de Suelos, que no dejan de ser una declaración de intenciones; por ello el suelo juega un papel menor en la planificación territorial y si es tenido en cuenta en zonas de riesgo o contaminación, para lo cual si hay una legislación específica: R.D. 9/2005 (BOE 15, 2005) que establece las actividades contaminantes y criterios para declarar un suelo contaminado. En el año 2002 surge de la Unión Europea el documento: “Hacia una estrategia temática de protección de suelos, donde se tratan temas como la erosión, contaminación (local y difusa), y otras topologías de degradación edáfica, creándose grupos de trabajo que establecen políticas de desarrollo sostenible teniendo en cuenta la calidad de los suelos. Esta futura directiva de protección de suelos esta a debate actualmente. (<http://ec.europa.eu/environment/soil/index.htm>).

Para que un territorio presente un desarrollo sostenible, debe combinar tecnologías, políticas y actividades sostenibles, integrando los principios socioeconómicos y medioambientales, satisfaciendo las necesidades alimenticias de la población, protegiendo la calidad de los recursos naturales, evitando la degradación de la calidad del suelo y agua, además de ser económicamente viable y socialmente aceptable.

Para que la protección de suelos sea una realidad, debe existir previamente una base cartográfica detallada de suelos. Dicha información debe constituir un criterio básico para los responsables municipales y autonómicos del planeamiento urbanístico, a la hora de posibles recalificaciones. El problema es la ausencia de este tipo de cartografía, sobre todo a escalas adecuadas. Un problema añadido es que en los Espacios Naturales la multifuncionalidad territorial, explica la gran diversidad de usuarios y por tanto de intereses, por ello es

necesario tener en cuenta la información edáfica en la toma de decisiones referentes a la planificación territorial ambiental desde el prisma multidisciplinar, aportando criterios edáficos en los conflictos generados entre posiciones desarrollistas y las ambientalistas.

La importancia medioambiental que presenta la cartografía de suelos, se plasma en la modificación de algunos sistemas nacionales de clasificación de suelos, incorporando los denominados urbisuelos o suelos sellados (soil sealing), cartografiando dichas unidades, relacionándolas con fenómenos de riesgos inducidos: inundaciones, deslizamientos, adaptando la cartografía edáfica a un enfoque ambientalista, con especial énfasis en la incidencia antropica en la calidad de los suelos, lejano al reiterado sesgo agronómico, en base a las aptitudes agrícolas de antiguas clasificaciones. Estimaciones cuantitativas en los países europeos más poblados (Bélgica, Dinamarca y Países Bajos) establecen estos urbisuelos entre el 16% y el 20 % de su superficie, debido fundamentalmente a la periurbanización de segundas residencias en las grandes urbes (Ibañez Martí et al, 2005).

En España gran porcentaje de tierras productivas de llanuras aluviales se han transformado en áreas residenciales, pasando las actividades agrarias a suelos menos productivos, como ocurre en las huertas valencianas. Por ello, se observa la necesidad de un análisis y caracterización edáfica de los Espacios Naturales Protegidos y sus zonas de influencia adyacentes.

II_{4.1.2} Metodología de estudio.

Para establecer la distribución y el tipo de suelos en los Espacios Naturales de Las Batuecas - Sierra de Francia y Quilamas, se siguieron una serie de pasos:

El primer paso consistió en analizar la documentación existente, publicaciones (cartografías y artículos) de la zona de estudio, tomando como referencias básicas las cartografías de suelos a escala provincial de Cáceres y Salamanca (García Rodríguez et al, 1977, 1989, 1979a y b); así como los trabajos de investigación realizados en la zona (Forteza et al, 1973, 1987; Egado-Rodríguez et al, 1979), basados en técnicas de fotointerpretación, campo y análisis de laboratorio.

El segundo paso es un análisis detallado de las características geomorfológicas, climáticas y litológicas (sustrato y formaciones superficiales) del sector de estudio, determinando la notoriedad de los factores formadores y su influencia en las posibles unidades y asociaciones de suelos.

A partir de las fotografías aéreas, se realiza el tercer paso, en las que previa fotointerpretación se delimitan las diferentes unidades y/o asociaciones de suelos, estableciendo una serie de puntos/áreas de interés a la hora de realizar un exhaustivo análisis de campo y laboratorio que nos ayude a caracterizar los diferentes suelos.

Posteriormente se procede a realizar el trabajo de campo, paso cuarto, mediante una serie de campañas de campo, fundamentalmente en periodo estival, aunque se realizaron algunas salidas en primavera. En estas campañas se determinaron puntos concretos del territorio donde se apreciaban los mejores perfiles tipo de cada tipología de suelo, aprovechando perfiles naturales del terreno, trincheras de carretera, etc. En cada punto se procedió a cubrir las diferentes fichas de campo, según el método FAO (FAO, 1980), y sus correspondientes muestras para el posterior análisis de laboratorio.

El quinto paso, representa los trabajos de gabinete, donde se analizan el conjunto de datos obtenidos en las diferentes muestras procedentes del laboratorio y se elaboran las fichas de los 25 perfiles realizados (ocho en la hoja nº 526, diez en hoja nº 527 y siete en la hoja nº 552), nombrándose con el número de la hoja 50.000 seguido del número de perfil de dicha hoja (526-1, 526-2...). (Anexo II_{4.1}).

Finalmente, se procede a realizar la cartografía de suelos, transportando los datos obtenidos en la fotointerpretación, caracterizados "in situ" en las campañas de campo y los análisis del laboratorio; al mapa topográfico a escala 1/50.000. Una vez elaborado se digitaliza y se implementa en la base de datos del Sistema de Información Geográfica (ArcGis 9.2), procediendo a categorizar cada polígono en los diferentes tipos de suelos existentes en estos Espacios Naturales y zonas adyacentes; mediante diferentes colores, tramas y numeración, generando una capa de atributos edáficos en la base de datos SIG.

Los objetivos que se pretenden conseguir en este apartado son:

- Analizar las características edáficas regionales existentes en los Espacios Naturales a estudio y zonas periféricas.
- Delimitar y caracterizar las diferentes unidades de suelos, estableciendo sus potencialidades (usos y recursos) y su problemática ambiental (natural y/o antrópica).
- Realizar una cartografía de suelos que ayude en la planificación y ordenación detallada de los diferentes sectores de la zona de estudio para mejorar el uso y la gestión de dichos Espacios Naturales y zonas adyacentes. Para ello, se elaboran cartografías de asociaciones de suelos.

Factores Formadores de los Suelos en los E.N. de Las Batuecas-S. Francia Y Quilamas.

La distribución y el tipo de los diferentes suelos en estos espacios naturales, va a estar condicionada por las características territoriales intrínsecas del sector de estudio, establecidas por los factores formadores, cobrando especial interés en los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas; el factor climático, el factor geológico (sustrato y formaciones superficiales), el factor geomorfológico (relieve, topografía e hidrología), el factor biológico (vegetación-seres vivos y la acción antrópica) y el factor tiempo.

El factor climático caracteriza la zona de estudio, por sus abundantes precipitaciones y temperaturas no muy extremas, que dan lugar a unas condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de la vegetación, aportando gran cantidad de restos vegetales al suelo, que se traducen en importantes horizontes orgánicos bien desarrollados. Los procesos edafogenéticos se ven influenciados por el clima de forma que al aumentar la altitud (apartado II, de clima), las precipitaciones ascienden y la temperatura desciende; por lo que en los sectores de mayor topografía, los suelos son poco desarrollados, (leptosoles), debido a una menor alteración química y biológica. Además las elevadas precipitaciones potencian igualmente el lavado de bases (acidificación) y

liberación de hierro (Fe) formando sesqui-óxidos.

El factor geológico (sustrato y formaciones superficiales), esta condicionado por el sustrato geológico distribuido por la zona de estudio, el cual es muy diverso, y cuyos mecanismos y tipologías de alteración condicionan la formación de horizontes cámbicos, condicionando aspectos como el pH, contenido en carbonatos, etc. Este sustrato presenta materiales metasedimentarios (pizarras, cuarcitas, conglomerados, areniscas y calizas), rocas graníticas y sedimentos neógenos (conglomerados, arenas y arcillas) que configuran las rañas y pedimentos. Además el factor litológico comprende las formaciones superficiales (Goy, 1994), que conforman un grupo de sedimentos cuaternarios formados por derrumbios de ladera (canchales y coluviones) desarrollados sobre las laderas de los relieves pizarrosos cuarcíticos en los valles y sierras, piedemontes, glacis, abanicos, terrazas y llanuras aluviales de los ríos Alagón, Yeltes, Morasverdes y Gavilanes.

El factor geomorfológico es un factor fundamental en nuestra zona de estudio, que condiciona al resto de los factores. Este factor tiene en cuenta, por un lado, la orografía o relieve, la topografía, la morfología y la hidrología superficial.

El relieve acentuado de las Sierras de Francia y Quilamas, refleja la disposición de los diferentes materiales geológicos, influyendo en el desarrollo y distribución de las diferentes formaciones superficiales, que pueden ser de gran interés en el desarrollo de los procesos edafogenéticos. En las zonas deprimidas y valles, predominan suelos más evolucionados; con mejores condiciones de depósito sedimentario y estabilidad climática, vegetal, térmica, etc.; que en los sectores intermedios, laderas y lomas, donde los suelos no están tan desarrollados.

La topografía a su vez, influye notablemente en el sector central (Quilamas) y sur (Sierra de Francia) de la zona de estudio, ya que a esta zona llegan las estribaciones septentrionales de la Cordillera Central, sobresaliendo la Peña de Francia con 1723 m, además de Pico Cervero con 1463 m, Cadorro con 1373 m, Peña del Águila con 1385 m, Peña Cerezo con 1162 m, y Peña Grande con 1149 m, que destacan sobre los 900 m de las

típicas llanuras de Salamanca o los 586 m del Valle de Valero. Este factor topográfico muestra una clara diferencia entre el Sur, zona de sierra, y el Norte, zona de penillanura. En el Sur se encuentran altitudes de 1735 m en Hastiala, 1560 m en Cabriles y 1462 en el Guindo mientras que en el Norte se encuentran Tenebrón a 826 m y Dios le Guarde a 823 m. Esta topografía influye en la distribución de las diferentes unidades de vegetación, siendo la zona sur escarpada y la Norte prácticamente llana, por lo que la erosión y el régimen hídrico de los suelos influyen directamente en la génesis y formación de estos.

Otro aspecto es la hidrología que puede llegar a influir notablemente en la topografía, tal como se aprecia en el sector centro-sur perteneciente a la hoja de Miranda del Castañar y de Hervás, que constituye un área muy montañosa en la que es de destacar como principal accidente geográfico el Río Alagón que la atraviesa por su parte central con dirección NE-SO encajándose profundamente en su orografía. Esto condiciona el relieve de la zona, ya que el río discurre por la cota aproximada de los 400 m. de altitud, mientras que las áreas adyacentes se sitúan sobre los 900 m e incluso más, como en Orconera 1.416 m., Buitre 1.228 m., Valcaliente 1.193 m., lo que provoca una gran energía erosiva, desarrollándose leptosoles, suelos poco desarrollados donde la fuerte pendiente potencia la erosión e impide la formación de un horizonte edáfico.

Este factor hidrológico, queda marcado por la red de drenaje, así como por aquellas zonas donde el nivel freático corta a la superficie del terreno (lagunas, manantiales...), condicionando la presencia de hidromorfías en algunos horizontes edáficos, dando lugar en zonas saturadas a suelos hidromorfos (gleysoles), o parcialmente saturadas en zonas adyacentes a la red de drenaje desarrollándose fluvisoles.

El factor biológico, especialmente la vegetación, favorece suelos muy evolucionados, con una fracción orgánica que da lugar a una serie de procesos edáficos como la humificación (humus) dando lugar a horizontes úmbricos. Su distribución territorial se desarrolla en bandas definidas, resultado de las franjas bioclimáticas del sector de estudio, con características propias de cada uno de los factores ya comentados.

Las actividades humanas se engloban dentro del factor biológico, pero dada su enorme importancia en el desarrollo y pérdida de los suelos se trata como un factor aparte. La acción humana en la zona de estudio se refleja en la vocación agrícola y ganadera registrada de forma muy intensa en la periferia de los cascos urbanos, con mosaicos de zonas de cultivos, y otras actuaciones antrópicas (edificaciones, rellenos...) que alteran y mezclan los horizontes edáficos originales desarrollando antroposoles.

Estas actividades antrópicas dan lugar a impactos ambientales que influyen directa y negativamente sobre el desarrollo y la calidad de los diferentes suelos de esta región, como son los incendios y sus daños colaterales, la deforestación no sostenible, así como prácticas agrícolas y ganaderas no respetuosas con el entorno natural (enmiendas o fertilizantes en forma de abonos inorgánicos, alta densidad ganadera, roturación a favor de máxima pendiente, plaguicidas, etc.), que pueden generar contaminación y/o degradación sobre el suelo, agua, etc.

Las actividades socioeconómicas de vital necesidad para el sustento y estabilidad de la población en estos territorios con importantes condicionantes orográficos potencian la adaptación topográfica a unos usos del suelo que en ocasiones perjudican el desarrollo de los suelos, pudiendo favorecer su pérdida, o bien favorecen su desarrollo en determinadas zonas, mediante acondicionamiento de laderas con banales, donde se desarrollan cultivos de vid, olivos, etc., como ocurre en el sector de Lagunilla, Monsagro o Sequeros.

A continuación nombramos los diferentes tipos de suelos existentes en la zona de estudio, así como su distribución espacial (Figura II₄-1), mediante la unión de estos tipos para dar asociaciones de suelos:

Fluvisoles

Fluvisol éútrico
Fluvisol dístrico

Gleisoles

Gleisol dístrico

Regosoles

Regosol éútrico
Regosol dístrico
Regosol úmbrico

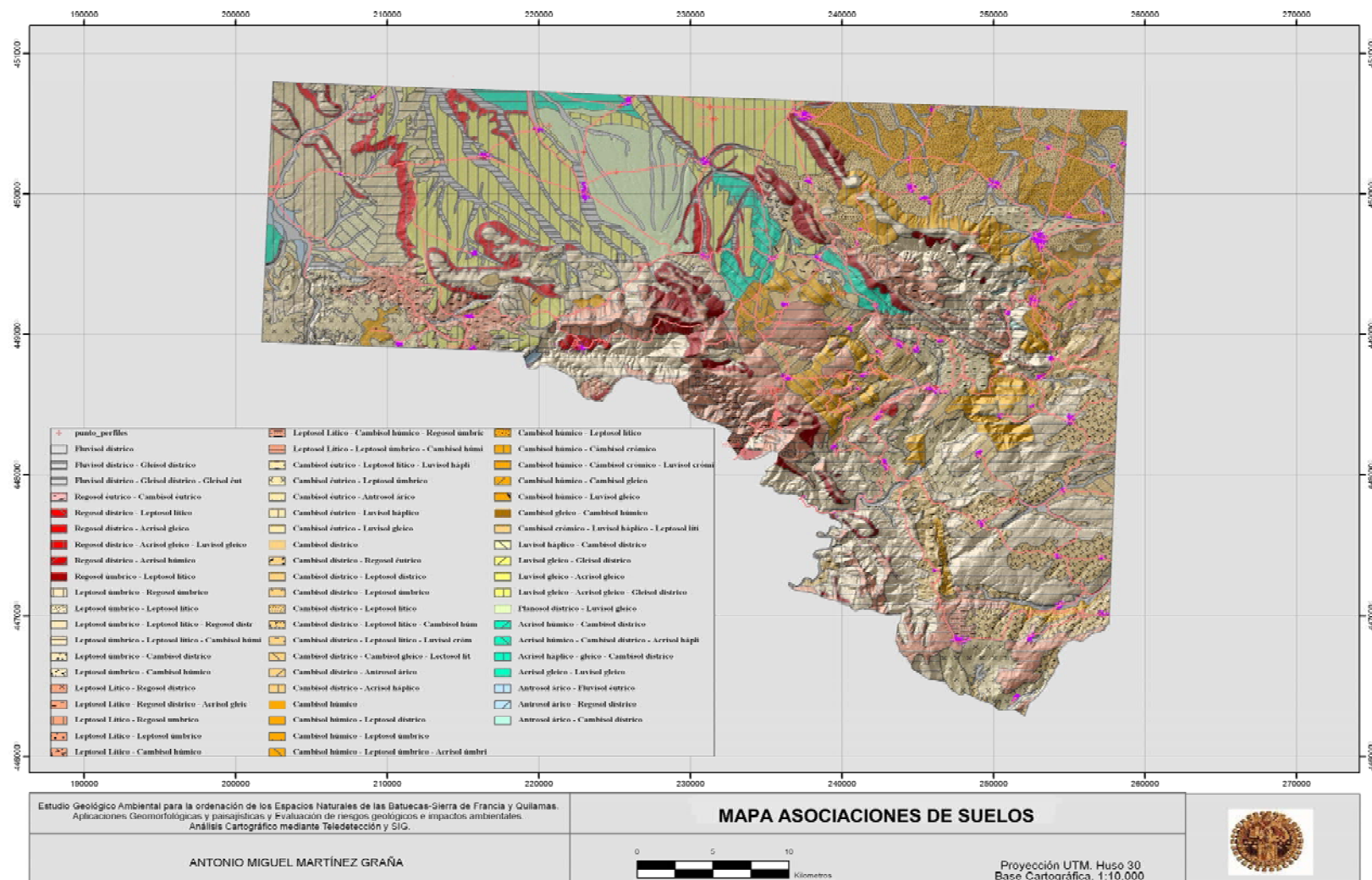


Figura II₄-1: Distribución de las diferentes asociaciones de suelos en E.N.P. "Las Batuecas-S Francia" y LIC "Quilamas".

Leptosoles

Leptosol dístrico
Leptosol úmbrico
Leptosol lítico

Cambisoles

Cambisol éútrico
Cambisol dístrico
Cambisol húmico
Cambisol crómico
Cambisol gléico

Luvisoles

Luvisol háplico
Luvisol gléico
Luvisol crómico

Acrisoles

Acrisol háplico
Acrisol gléico
Acrisol húmico

Planosoles

Planosol dístrico

Antrosoles

Antrosol árico

II_{4.1.3} Descripción de unidades.

A continuación describimos las diferentes unidades de suelos en la zona de estudio, analizando sus características más importantes.

Fluvisoles.

Según FAO (1980) los fluvisoles son suelos que presentan propiedades flúvicas y tienen como horizontes de diagnóstico un A ócrico, móllico o úmbrico, dentro de los primeros 125 cm. Son suelos desarrollados sobre depósitos aluviales que reciben aportes de materiales frescos a intervalos regulares, y cuyo contenido en materia orgánica decrece irregularmente con la profundidad o que es superior a 0.2 % a una profundidad de 125 cm de la superficie y/o muestran estratificación debida a diferentes aportes dentro de dicha profundidad.

Son suelos profundos, generalmente poco evolucionados y que reflejan en sus propiedades químicas y físicas los materiales de los que proceden, y así, sobre materiales ácidos, los Fluvisoles son dístricos, que son los que presentan un porcentaje de saturación de bases (por $\text{NH}_4 \text{ Ac}$) menor del 50% como

mínimo entre 20 y 50 cm. de profundidad a partir de la superficie.(Figura II₄-2)

En la Hoja de Tamames, se desarrollan principalmente en áreas llanas donde se pueden depositar los sedimentos, por lo que solamente se encuentran en la mitad norte de la zona de estudio; como unidad pura de Fluvisol dístrico se encuentran sobre las pizarras del Cámbrico en los valles de los arroyos Fuenteovejuna, Arroyo del Cortijo, Arroyo de la Fuente del Pez y Arroyo Riofrío, así como en el Río Huebra.; asociados con gleisoles dístricos se encuentran en ríos y arroyos que discurren sobre los sedimentos de rañas como el Río Yeltes, Río Maillo, Río Zarzoso y Río Zarzosillo.

En la hoja de Serradilla del Arroyo, los Fluvisoles dístricos como subunidad pura, se distribuyen a lo largo de los arroyos afluentes de los ríos principales, donde por su amplitud no se pueden cultivar. Asociados con Gleisoles dístricos se localizan a lo largo de los ríos en la zona de sedimentos terciarios, que al estar en llano tienen mayor amplitud. En cambio los Fluvisoles éútricos se encuentran como asociación con los Antrosoles áricos en la zona de regadíos del río Águeda.



Figura II₄-2. Fluvisol dístrico. Puebla de Yeltes.

En las Hojas de Miranda del Castañar y Hervás, son suelos escasamente representados ya que debido a la topografía accidentada los ríos y arroyos discurren por valles estrechos y encajados, por lo que los materiales arrastrados sólo se han depositado en pequeños ensanches de los valles, como en el Río Alagón a su paso por el término municipal de Sotoserrano, Río Saltillos en Santibáñez de la Sierra y Arroyo Castañar, Arroyo Valtorneros y Río Sangusín en Horcajo de Montemayor del Río y Arroyo Valdelamatanza en el término municipal de El Cerro.

Gleisoles.

Los gleisoles son suelos formados a partir de materiales no consolidados, excluyendo los materiales de textura gruesa y depósitos aluviales que muestran propiedades flúvicas. Muestran propiedades gléicas dentro de una profundidad de 50 cm. a partir de la superficie, sin otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A o un horizonte H hístico.

Se encuentran en las zonas deprimidas de las áreas de sedimentos neógenos, por lo que presentan una capa freática alta, incluso superficial en algunas zonas. (Figura II₄-3). La subunidad estudiada es la de Gleisol dístico, que son los que tienen un grado de saturación (por NH₄Ac) menor del 50 % por lo menos entre 20 y 50 cm. de profundidad a partir de la superficie.



Figura II₄-3. Suelos con Gleizaciones prof > 0.5-0.m. Nivel freático entre 1 y 2.5 m. en año seco. Dios le Guarde- Aldehuela Yeltes.

En la hoja de Tamames se han localizado asociados a Fluvisoles dísticos en los valles de los Ríos Yeltes, Maillo, Zarzoso y Zarzosillo; con Acrisoles gléicos en las terrazas bajas del Río Yeltes al Sur de Puebla de Yeltes. El hidromorfismo es la principal característica de estos suelos que condiciona el desarrollo edáfico y las relaciones suelo-planta. Las condiciones anaeróbica y, por tanto, reductoras, originan suelos de colores pardo amarillentos y grisáceos, por la reducción parcial del hierro hacia formas ferrosas.

Regosoles.

Son suelos que se desarrollan sobre materiales no consolidados, exceptuando los que tienen textura gruesa o que muestran propiedades flúvicas, teniendo como horizontes de diagnóstico un A ótrico o úmbrico. Son suelos poco evolucionados con perfil AC, con muy poca diferenciación morfológica, cuyas propiedades físicas y químicas dependen, en gran parte, del material de origen. En el área de estudio se han localizado las subunidades siguientes: Regosol étrico, Regosol dístico y Regosol úmbrico.

Los Regosoles étricos son los que tienen un grado de saturación (por NH₄Ac) del 50% o más por lo menos entre 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie. Se han encontrado asociados a Cambisoles dísticos en zonas bajas de acumulaciones de sedimentos de pizarras en los parajes de Valdecarros y Monte La Rade de los términos municipales del Cabaco y Cereceda de la Sierra.

Los Regosoles dísticos son los que tienen un grado de saturación menor del 50%, por lo menos entre 20 y 50 cm de profundidad. Se han localizado en asociación con Acrisoles gléicos en las laderas de las llanuras de gravas formadas por los Ríos Yeltes, Maillo y Zarzosillo. En asociación con Leptosoles líticos en las laderas pronunciadas de la zona de La Palla de los términos municipales de Cilleros de la Bastida y La Bastida y asociados a Leptosoles úmbricos y líticos en la zona de las Quilamas.

Regosoles úmbricos son los que tienen un horizonte A úmbrico, que es el que tiene un color con intensidad menor de 3,5 en húmedo y una pureza de color mayor de 3,5 en húmedo y 5,5 en seco; el contenido en carbono

orgánico ha de ser como mínimo del 0.6% en todo el espesor del suelo y el grado de saturación es menor del 50 %.

Se desarrollan asociados a Leptosoles líticos en las áreas de derrubios de ladera y canchales, localizándose en las laderas más escarpadas de las sierras de Tamames, Zarzoso, Las Quilamas y Francia; dependiendo del contenido en piedras a lo largo del perfil, los Regosoles úmbricos se consideran como unidad principal o asociada. (Figura II₄-4).



Figura II₄-4. Regosol úmbrico. Monsagro.

Leptosoles.

Son suelos limitados en profundidad por roca coherente y dura o por materiales calcáreos (más del 40 % del carbonato cálcico equivalente) o por una capa continua cementada dentro de los 30 cm. de profundidad a partir de la superficie, o suelos formados a partir de material no consolidado muy pedregoso, que tiene menos de un 20 % de tierra fina a una profundidad de 75 cm, teniendo como horizonte de diagnóstico un horizonte A órico o úmbrico, con o sin horizonte B cámbico subyacente (FAO, 1980).

Los Leptosoles pueden ser el resultado de un largo proceso de evolución hasta alcanzar las condiciones de estabilidad, aunque frágil, como los suelos jóvenes que se encuentran en algunas zonas forestales no afectadas por incendios. Sin embargo, más frecuentemente, los Leptosoles, sobre todo los líticos, son el resultado de un intenso proceso erosivo que deja el suelo reducido a su mínima expresión

en cuanto a profundidad. En las zona de estudio se han encontrado las subunidades siguientes: Leptosoles úmbricos y Leptosoles líticos.

Leptosoles úmbricos son los que tienen un horizonte A úmbrico (ya explicado en los Regosoles). Están ampliamente representados en toda la zona montañosa y de la sierra, tanto sobre granitos como sobre pizarras y cuarcitas, así los encontramos asociados a Leptosoles líticos en las cumbres de las sierras de Tamames, Francia y las Quilamas. En esta última sierra se encuentran en las laderas escarpadas asociados a Leptosoles líticos y Regosoles dístricos; asociados a Cambisoles dístricos en las laderas de la Sierra del Zarzoso como en el Río Zarzoso en el término municipal de El Cabaco.



Figura II₄-5. Leptosol Úmbrico. La Alberca.

También se han localizado sobre los afloramientos graníticos en los términos de Nava de Francia, San Martín del Castañar, El Tornadizo y San Esteban de la Sierra, y sobre pizarras en las Cumbres de Cadorro, Peña Velasque, Collado del Roble, Peñas las Palomas y Cumbre de Valdelapiente, áreas en las que predominan estos afloramientos. En asociación con Cambisoles dístricos en las zonas forestales y afloramientos graníticos dentro de las zonas labradas de los granitos de los términos de Linares de Riofrio, San Miguel de Valero y San Esteban de la Sierra. (Figura II₄-5) (Figura II₄-6).



Figura II-6. Leptosol Úmbrico sobre conos de deyección (derrubios) en ctra. Maillo-Monsagro.

Leptosoles líticos son los que están limitados en profundidad por una capa coherente y dura dentro de los 10 cm a partir de la superficie o una cantidad de tierra fina menor del 20%. Es la subunidad de suelos con mayor extensión en la zona de estudio y la que en más asociaciones está, por lo que se encuentran repartidos por toda la zona, excepto donde predominan los sedimentos terciarios.

Se encuentran asociados a Regosoles úmbricos, Leptosoles úmbricos, Regosoles dístricos, Cambisoles eútricos, Cambisoles dístricos y Cambisoles húmicos.

Cambisoles.

Son suelos con un horizonte B cámbico y ningún otro horizonte de diagnóstico más que un A ócrico o úmbrico, situado sobre el horizonte B cámbico con grado de saturación (por NH_4Ac) menor del 50 %.

El horizonte cámbico es un horizonte de alteración “in situ” que se identifica por diversas propiedades físicas y químicas, con dependencia de los procesos de alteración y de la litología, que se pueden apreciar por cambios de textura, estructura y color con respecto al horizonte inferior.

Los Cambisoles son los suelos más abundantes, siendo susceptibles por su profundidad de utilización agrícola, aunque también son abundantes en zonas forestales. En la zona de estudio se han encontrado: Cambisoles eútricos, Cambisoles dístricos, Cambisoles húmicos, Cambisoles crómicos y Cambisoles gléicos.

Los Cambisoles eútricos tienen un horizonte A ócrico y un grado de saturación (por NH_4Ac) del 50% ó más, al menos entre 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie. Se dan sobre las pizarras arcillosas con mayor contenido en bases, y, así, se localizan asociados a Leptosoles líticos y Luvisoles háplicos y Cambisoles crómicos en las proximidades de Cereceda de la Sierra, Linares de Riofrío, en Garcibuey y áreas más metamorfizadas en contacto con las rocas graníticas. También se encuentran asociados a Antrosoles áricos en áreas de bancales en las proximidades de Villanueva del Conde, debido a su mayor fertilidad.

Los Cambisoles dístricos son los Cambisoles que tienen un horizonte A ócrico y un grado de saturación (por NH_4Ac) menor del

50%, al menos entre 20 y 50 cm. a partir de la superficie. Es de las subunidades de suelos más ampliamente representadas tanto sobre rocas graníticas como sobre pizarras y se encuentran en áreas asociadas a otras subunidades y también como unidad pura. En este último caso se localizan en áreas labradas sobre granitos en Nava de Francia y San Miguel de Robledo. Asociados a Regosoles eútricos en áreas de acumulación de sedimentos pizarrosos en los parajes de Valdecarros y Monte La Rade, en los términos municipales de El Cabaco y Cereceda de la Sierra. Asociados a Leptosoles úmbricos en áreas de granitos en las que alternan zonas agrícolas y zonas forestales de afloramientos, como en los términos de Linares de Riofrio, San Esteban de la Sierra, Tornadizo y La Alberca. Asociados a Leptosoles líticos en zonas labradas sobre pizarras donde la erosión continuada origina los Leptosoles, como ocurre en los términos municipales de Aldeanueva de la Sierra, Navaredonda de la Rinconada, Segoyuela, Escurial de la Sierra, Barbalos, Herguijuela y Linares de Riofrio. Asociados a Antrosoles áricos en las laderas abancaladas de los términos municipales de San Martín del Castañar, Casas del Conde y Villanueva del Conde.

Cambisoles húmicos son los que tienen un horizonte A úmbrico (ya explicado en los Regosoles) situado inmediatamente encima de un horizonte B cámbico con un grado de saturación menor del 50%. (Figura II₄-7 y 8). Se han localizado desarrollados tanto sobre granitos como sobre pizarras y como unidad pura o asociada con otras subunidades. Como unidad pura se ha encontrado una pequeña mancha en el término municipal de Nava de Francia, en una zona llana en un bosque de robles sobre granitos, en la que debido a la evolución que ha tenido lugar, los suelos se pueden clasificar como Cambisoles húmicos. Asociados a Leptosoles úmbricos en zonas forestales con abundantes afloramientos sobre granitos y pizarras en los términos municipales de Linares de Riofrío (Figura II₄-9), San Miguel de Valero y San Esteban de la Sierra. Asociados a Leptosoles líticos se localizan en zonas forestales menos húmedas sobre pizarras en áreas erosionadas y con afloramientos rocosos para formar los Leptosoles líticos. Asociados a Cambisoles crómicos se desarrollan sobre las calizas y sobre pizarras en zonas de metamorfismo de contacto que contienen más arcilla, y se han localizado en la zona de la Sierra de Tamames, en Garcibuey y en la solana del Valle del Río Alagón.



Figura II₄-7. Cambisol úmbrico sobre lehm granítico. La Alberca.

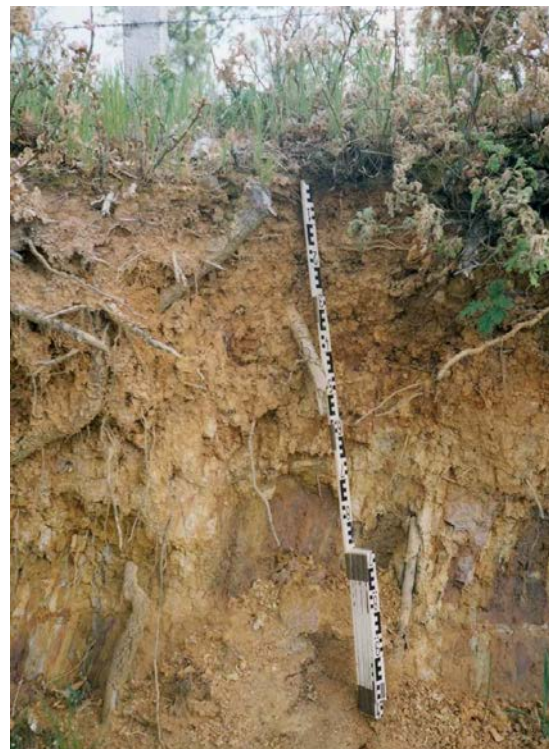


Figura II₄-8. Cambisol úmbrico sobre pizarras. Ctra Maillo-La Alberca.

Los Cambisoles crómicos son aquellos que se caracterizan por tener el color pardo fuerte a rojo del horizonte cámbico. El color rojo puede provenir de las arcillas o por disolución de materiales calizos que han sufrido periodos de humedad y desecamiento con individualización de formas férricas que le confieren el color rojo.



Figura II4-9. Cambisol húmico. Linares de Riofrío.

Los Cambisoles gléicos son Cambisoles que están saturados en agua en algún periodo del año y que muestran señales evidentes de reducción o de reducción-segregación que se refleja por moteado en las caras de los agregados y en manchas de colores de blanco a negro o de azul a verde. Estas propiedades se encuentran dentro de una profundidad de 100 cm. a partir de la superficie. Están asociados con Cambisoles húmicos en zonas de depresiones sobre granitos, en las que el agua permanece durante algunas partes del año como en los términos municipales de Nava de Francia y Linares de Riofrío.

Luvisoles.

Son suelos con un horizonte B árgico que tiene una capacidad de cambio igual o superior a 24 cmolKg^{-1} en la fracción arcilla, y un grado de saturación del suelo del 50% o mayor en la totalidad del horizonte B. El horizonte B árgico es un horizonte B subsuperficial que tiene un contenido en arcilla netamente superior que el horizonte situado encima. La diferencia textural puede ser debida a: 1) una acumulación de arcilla iluvial o una erosión superficial selectiva de arcilla, 2) actividad biológica, o 3) una combinación de dos o más de estos procesos que originan un cambio textural muy significativo entre los dos horizontes. Las subunidades de Luvisoles encontradas en la zona de estudio corresponden a Luvisoles háplicos y Luvisoles gléicos. (Figura II4-10).



Figura II4-10. Luvisol gleico. Morasverdes.

Los Luvisoles háplicos son los que tienen un horizonte B árgico que no es de color pardo fuerte a rojo y carecen de un horizonte cálcico y de cementaciones de caliza pulverulenta blanda en una profundidad de 125 cm a partir de la superficie.

Se desarrollan asociados a Cambisoles eútricos y Leptosoles líticos en las laderas del término municipal de Garcibuey en el Río Alagón.

Luvisoles gléicos son los que tienen propiedades gleicas (ya explicadas en los Cambisoles y Gleisoles) dentro de una profundidad de 100 cm. a partir de la superficie. Se desarrollan sobre sedimentos paleógenos, y neógenos incluidos en la “Raña”, que son formaciones de piedemonte de origen fluvial asociadas a relieves cuarcíticos. Se encuentran asociados a Gleisoles dístricos en las zonas de terrazas del Río Yeltes, donde la fluctuación del nivel freático y su profundidad origina una u otra subunidad. También se encuentran asociados o en asociación con Acrisoles gléicos dependiendo de la posición topográfica de la superficie de raña, que a su vez incide en la acidez del suelo y su contenido en bases. Son las subunidades de suelos que representan a las formaciones de Rañas.



Figura II₄-11. Acrisol háplico. Aldeanuela de la Sierra.

Acrisoles.

Los Acrisoles son suelos con un horizonte B árgico que tiene una capacidad de cambio menor de 24 cmolKg^{-1} en la fracción arcilla y un grado de saturación menor del 50% por lo menos en alguna parte del horizonte B, dentro de una profundidad de 125 cm. a partir de la superficie. En el área de estudio se han localizado Acrisoles háplicos, Acrisoles húmicos y Acrisoles gléicos. (Figura II₄-11 y 12).

Los Acrisoles háplicos y húmicos se encuentran desarrollados principalmente sobre pizarras cámbricas en zonas de metamorfismo de contacto y en topografías suaves que favorecen la evolución y formación de horizontes árgicos, dependiendo el que sean húmicos o háplicos del contenido en materia orgánica favorecida por la cobertura vegetal. Se han localizado en los términos municipales de Puebla de Yeltes, Aldeanueva de la Sierra, El Cabaco, Cereceda y San Miguel de Robledo, asociados a Cambisoles dístricos principalmente.



Figura II₄-12. Acrisol gléico. El Cabaco.

Los Acrisoles gléicos se desarrollan sobre los sedimentos paleógenos y neógenos que por su topografía llana y su contenido en arcilla y gravas son favorables para que se produzcan encharcamientos y, por tanto, las condiciones gléicas. Se encuentran en los términos municipales de Puebla de Yeltes y El Cabaco.

Planosoles.

Son suelos con un horizonte E que presenta propiedades estamgmicas por lo menos en parte del horizonte y esta situado, con límite brusco, sobre un horizonte lentamente permeable dentro de una profundidad de 125 cm a partir de la superficie.

El horizonte E es un horizonte en el que la arcilla y los óxidos de hierro libre han sido eliminados o en el que los óxidos han sido segregados hasta el punto de que el color del horizonte viene determinado por el color de las partículas primarias de arena y limo sin revestimiento. Esto viene favorecido por las condiciones estamgmicas relacionadas con la saturación por agua superficial reflejándose dentro de los primeros 50 cm del suelo.

Se desarrollan sobre los sedimentos de rañas en las áreas más próximas a la fuente madre donde se dan las condiciones de zonas llanas, horizontes subsuperficiales impermeables y saturación por aguas superficiales, ya que estas en las áreas más alejadas han sido drenadas por los cauces naturales.

Los Planosoles encontrados en el área de estudio son los Planosoles dístricos, que son los que tienen un grado de saturación menor del 50%. Están asociados a Luvisoles gléicos en toda la zona. Los Planosoles se han localizado en Aldehuela de Yeltes, Puebla de Yeltes y Morasverdes. (Figura II₄-13).



Figura II₄-13. Planosol dístrico. Morasverdes.

Antrosoles.

Son los suelos en los que las actividades humanas provocaron modificaciones profundas de los horizontes originales o los enterraron debido a la remoción o perturbación de los horizontes superficiales por parte de materiales orgánicos. En el área de estudio se han clasificado Antrosoles en la parte SE, donde las condiciones climáticas son más benignas y más apropiadas para los cultivos, por lo que se han abancalado grandes extensiones. En los alrededores de las poblaciones, campos y huertas, se han cultivado desde siempre y se han abonado con residuos de las viviendas y establos, por lo que se fertilidad se ha mejorado notablemente.

Se encuentran asociados a Cambisoles dístricos o eútricos que serían las unidades naturales de no haberse formado los Antrosoles.

II.4.2 Relaciones generales de los suelos.

II.4.2.1 Introducción.

Los suelos que encontramos en los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, así como en zonas adyacentes son suelos jóvenes, poco evolucionados y con escasa diferenciación morfológica.

La tipología de suelos es muy variada (Figura II.4-14), siendo las más dominantes, en cuanto a su extensión espacial los cambisoles, regosoles y leptosoles, en los sectores de sierra y laderas, predominantemente sobre sustratos metamórficos (pizarras) y graníticos. En cambio sobre sustratos sedimentarios que se encuentran en las zonas llanas y deprimidas (valles), se desarrollan luvisoles y fluvisoles.

Esta zonificación es el resultado de la diferenciación de los factores formadores de cada sector. No obstante, existe una caracterización en subgrupos, atendiendo sobre todo al factor climático, de forma que los subgrupos húmicos y úmbricos (ricos en humus) se distribuyen sobre todo en zonas de alta precipitación, sectores húmedos; mientras que en zonas más áridas predominan los subgrupos districos y eutricos (apartado II₁ de Clima).

El mayor o menor desarrollo de los suelos esta directamente relacionado con el tipo de sustrato sobre el que se desarrollan (apartado II₁ de geología), así los suelos de mayor espesor se desarrollan en estos espacios naturales sobre materiales sedimentarios (materiales más friables y en relieves suaves que favorecen la meteorización y edafización respectivamente). Si a ello le sumamos que nos encontramos en un sector con altas precipitaciones los perfiles son más profundos que en las zonas áridas. Los suelos de la zona de estudio desarrollados sobre sustrato granítico se presentan menos desarrollados que los evolucionados sobre rocas pizarrosas (mayor facilidad para edafizarse). No obstante, existe un alto porcentaje de leptosoles sobre sustrato pizarroso por la facilidad de erosión (apartado III₂ riesgos de erosión hídrica y eólica).

Siguiendo con la caracterización de los factores formadores y su influencia en la distribución de las diferentes tipologías de suelos en nuestra zona de estudio, observamos

que el porcentaje de materia orgánica en el horizonte superficial es mayor en las zonas de alta precipitación, ya que favorece el desarrollo de la vegetación, la cual aporta dicha materia orgánica.

La textura es también un parámetro contrastado en este sector, siendo los suelos más arenosos los desarrollados sobre sustrato granítico, mientras que los que se sitúan sobre materiales sedimentarios son arcillosos, en cambio los suelos desarrollados sobre materiales pizarrosos presentan una textura limosa. Se observa, en nuestra zona de estudio, un predominio de suelos con texturas equilibradas (clasificación americana) en suelos desarrollados sobre sustratos sedimentarios (526-5 y 6, 526-2, 552-3, 527-6...) y plutónicos (527-1 y 2, 552-2 y 4...); en cambio, sobre sustratos metamórficos predominan suelos de textura franca (527-9, 527-8, 552-1). Estas variaciones texturales, no sólo se confirman espacialmente en el horizonte más superficial (horizonte A), sino también en los 3 horizontes A/B/C. (Figura II.4-15).

En cuanto al pH presentan diferentes grados de acidez, tanto en suelos evolucionados desarrollados sobre pizarras, granitos como en el conjunto de rocas sedimentarias (arcosas, etc.). La capacidad de retención de agua útil, es elevada en suelos sobre sustratos metamórficos, valores medios los suelos sobre sustratos sedimentarios y con menor capacidad los suelos sobre granitos.

II.4.2.2 Asociaciones edáficas en los ENP de Las Batuecas-S. de Francia y Quilamas.

La distribución de las diferentes asociaciones de suelos, se realiza en base a la posición topográfica y la naturaleza del sustrato, ya que los demás parámetros están directamente influenciados por ellos, como por ejemplo el régimen de precipitaciones: altas en zonas topográficamente elevadas (apartado II₁ de clima).

En los sectores de Sierra o zonas altas (Figura II.4-16), se distribuyen los Leptosoles úmbricos, sobre todo en zonas escarpadas asociados a Regosoles districos (Sierra de Quilamas).

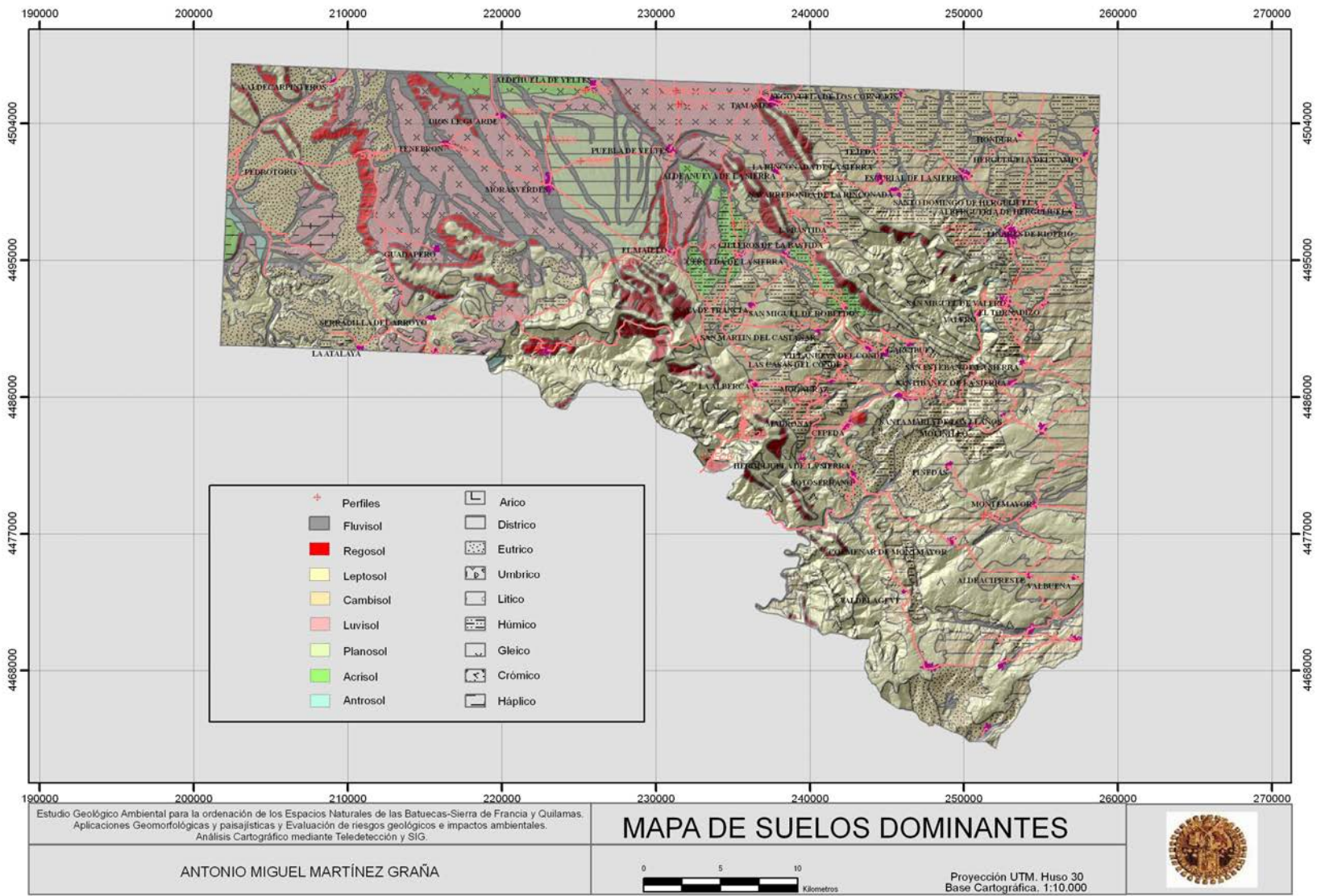


Figura II₄-14: Distribución de los diferentes suelos dominantes en E.N.P. “Las Batuecas-S. Francia” y LIC “Quilamas”.

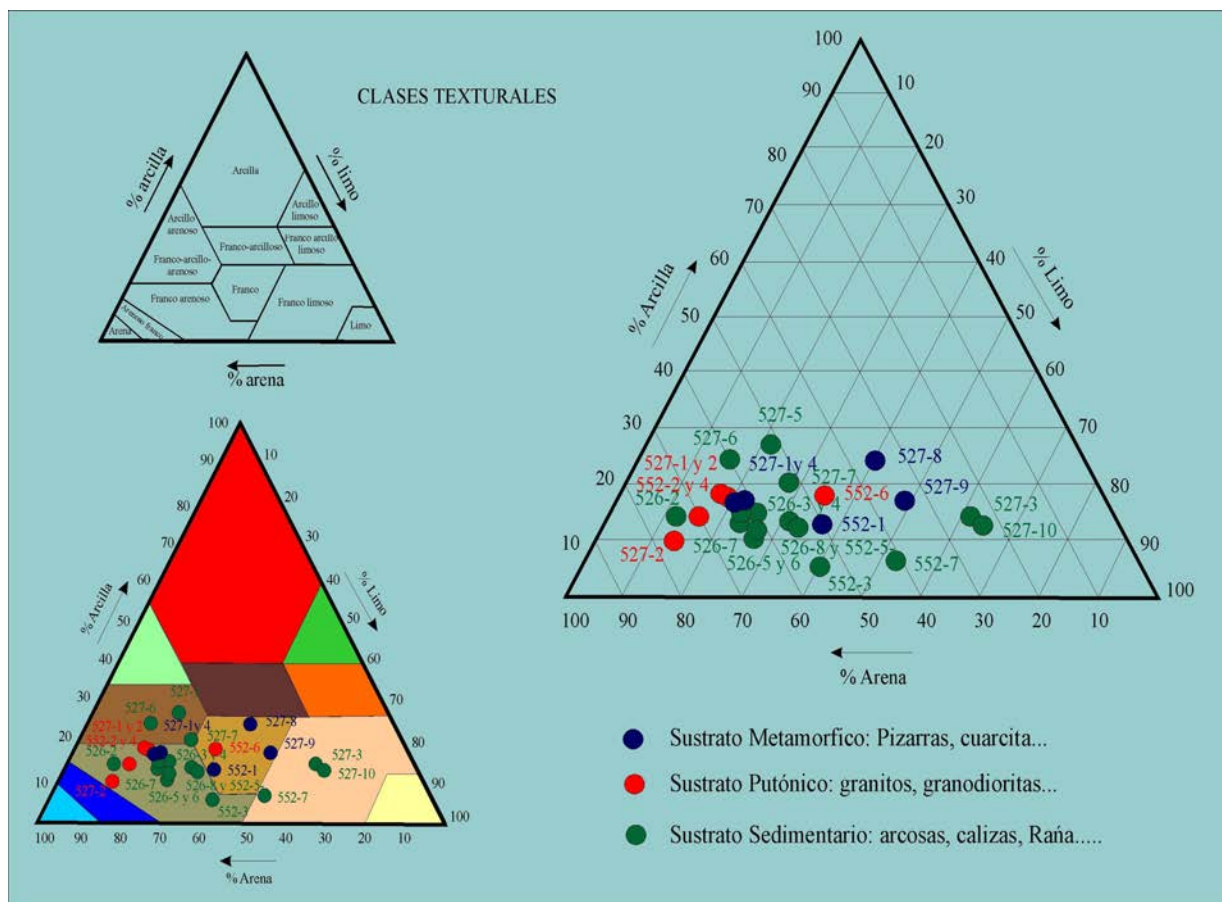


Figura II4-15. Clasificación textural de los perfiles analizados y distribución de los suelos en base al sustrato litológico (Horizonte A muestreado).



Figura II4-16. Sectores de Sierra (Sierra de Francia).

Cuando el relieve es menos abrupto también se dan Leptosoles líticos alternantes con afloramientos rocosos, por lo tanto suelos muy someros.

Estos Leptosoles son suelos que se desarrollan en nuestra zona en relieves muy desfavorables, montañosos, superando pendientes del 10% y 30% de inclinación sobre sustratos pizarrosos (Peña de Francia, El Cabaco, El Maillo, y Serradilla del Arroyo y del Llano). Se desarrollan en sectores con climas húmedos (precipitaciones medias de 900 mm) y fríos (temperatura media mensual < 10°C). La vegetación presente esta constituida por montes y prados alternantes con robles y pinos.

Son suelos con capacidad de retención y almacenamiento de agua media-alta pero por su pequeño espesor la reserva de agua es mínima.

Los suelos desarrollados en **sectores de Ladera**, o zonas intermedias entre sectores de sierra y zonas deprimidas de valle (Figura II₄-17); son por orden de abundancia los Cambisoles húmicos, suelos muy característicos de sustratos graníticos. Se presentan en área de fuertes precipitaciones, llanos o de

pendientes suaves. Al aumentar la inclinación de las laderas o bien en zonas más áridas aparecen suelos con menor desarrollo del horizonte A (Cambisoles distrícos) o menor desarrollo del horizonte B (Regosoles úmbricos). Localmente pueden darse suelos saturados en agua durante largos periodos de tiempo, pese a su alta permeabilidad, en cuyo caso generan Cambisoles gleícos.

Son muy abundantes en la zona de estudio en el sector de la Sierra de Francia (Nava de Francia, La Alberca), donde se presentan con pendientes variables (3-20%) generando relieves ondulados. La vegetación más representativa es el robledal y las repoblaciones de pinos, con condiciones pluviométricas favorables (precipitación media 900 mm), con temperaturas bajas durante gran parte del año, lo que supone una gran limitación para el desarrollo edáfico de estos suelos. Son suelos arenosos por lo que tienen buena permeabilidad en general, en cuyo caso generan Cambisoles distrícos. Sobre sustrato metamórfico (pizarras) se dan suelos con características similares al Cambisol húmico (pero con ausencia del horizonte Bw cámbico, dando Regosoles úmbricos).



Figura II₄-17. Sectores de ladera (piedemonte de la Sierra de Francia).

Por último en los **sectores Deprimidos (Valles) y zonas Llanas** (Figura II₄-18), se desarrollan suelos sobre sustrato sedimentario, extendiéndose a zonas adheradas (Tenebrón, Morasverdes, Aldehuela de Yeltes, Tamales, El Maillo, El Cabaco). Los suelos más abundantes son los Cambisoles y los Luvisoles, que pueden pasar a suelos tipo Acrisol o Planosol.

Se dan en relieves suaves, llanos o suavemente inclinados (8-16%), en zonas de bajas precipitaciones medias anuales (500-600mm) y temperaturas medias (12 °C). La vegetación característica de las zonas adheradas de encinas y quejigos. Es de destacar la existencia de una superficie de raña (nivel de gravas superficial) que puede afectar a las actividades agrarias de la zona, con un nivel freático colgado muy superficial.

Los Cambisoles eutricos quedan definidos por un horizonte Bw de alteración “in situ”, con un alto grado de saturación (> 50%), ubicándose en zonas que se han edafizado, sin

que el porcentaje de arcilla que pasa del nivel superior al inferior haya sido importante (ausencia de iluviación de arcilla). Las causas de esta situación pueden ser topográficas (mayor inclinación menor infiltración vertical) y/o litológicas (sustrato más o menos permeable). En caso contrario, puede existir un nivel de iluviación de arcilla, horizonte Bt, dándose suelos de tipo Luvisol háplico. Similar a éste último es el Cambisol eutrico que presenta un horizonte B desaturado (< 50%) y sobre materiales más ácidos. Estos suelos se presentan en manchas dispersas en las cercanías de Morasverdes, Puebla de Yeltes y Tenebrón.

Cuando se desarrolla un horizonte superficial úmbrico, rico en materia orgánica y desaturado, se dan suelos de tipo Cambisoles húmicos, que en las zonas deprimidas y fondos de valle tienen un horizonte Bg dando lugar a Cambisoles gleicos, apareciendo muy dispersos en las proximidades de Aldeanuela de la Sierra



Figura II₄-18. Sectores deprimidos y zonas llanas (pedimento en el sector de Tamames).

Igualmente aparecen Regosoles en sectores con materiales sueltos, poco edafizados y sin horizonte Bw, que puede ser districo (desaturados) o húmicos (con horizonte úmbrico). Aparecen dispersos suelos de tipo Planosol eutrico y gleico, similares a los luvisoles pero con un horizonte E con signos de hidromorfía. Se dan en zonas muy llanas donde existe lenta circulación de agua entre el

nivel Eg (muy permeable) y el Bgt (muy poco permeable).

Por último en las terrazas bajas y cauces fluviales se desarrollan suelos frecuentemente saturados en agua, dando lugar a fluvisoles más o menos evolucionados (Ríos Tenebrilla y Yeltes). Las secuencias generales o catenas de suelos más representativa de la región son las siguientes (Figura II₄-19) (Figura II₄-20).

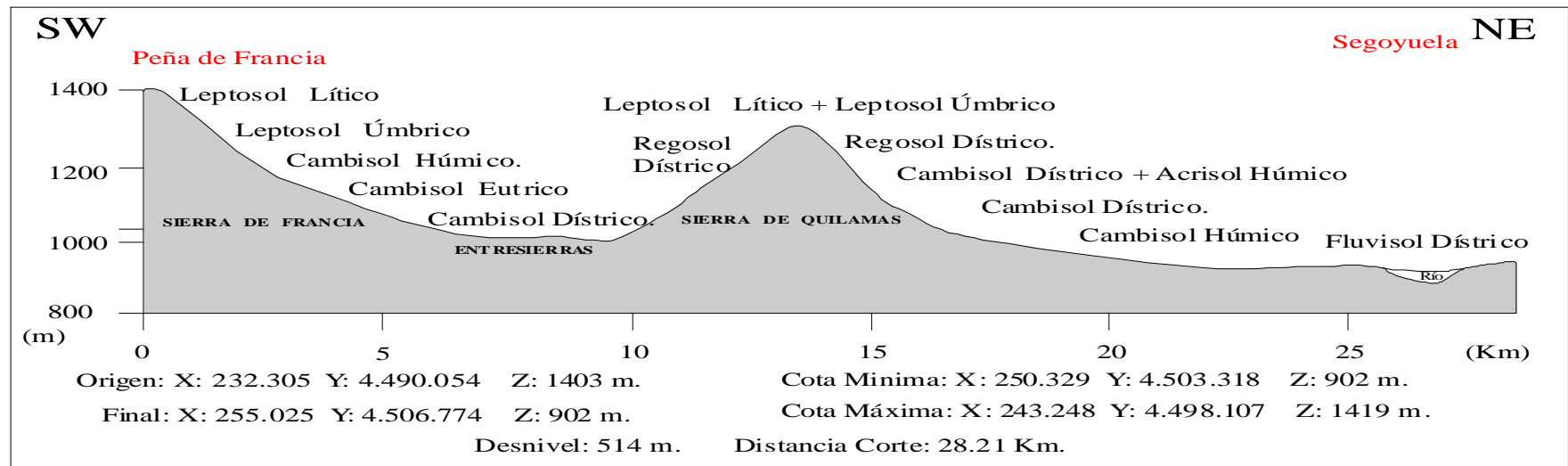


Figura II₄-19. Corte topográfico SW-NE (Peña Francia-Segoyuela) con la toposecuencia característica de suelos

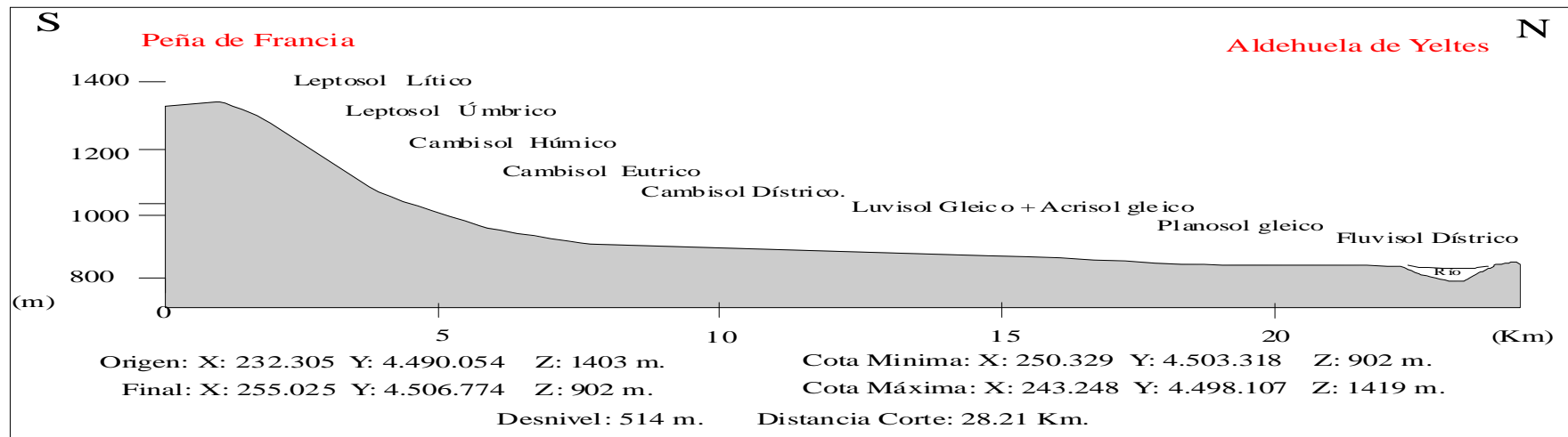


Figura II₄-20. Corte topográfico N-S (Peña Francia-Aldehuela de Yeltes) con la toposecuencia característica de suelos.

II₅ Hidrología Superficial e Hidrogeología.



II_{5.1} Introducción: La red Fluvial.

II_{5.2} Hidrología Superficial: Cartografía Hidrológica. Cartografía de Calidad de las Aguas Superficiales.

II_{5.3} Hidrología Subterránea: Cartografía Unidades Hidrogeológicas. Cartografía de Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.

Anexos:

Anexo II_{5.1}. Datos analíticos de ISQUA.

II_{5.1} Introducción: La red Fluvial.

En el área de estudio se encuentran representadas las cuencas hidrográficas del Duero y del Tajo, presentando los ríos y arroyos pertenecientes a esta última unos niveles de base más bajos y unos encajamientos mucho más acusados que los pertenecientes a la Cuenca Hidrográfica del Duero.

Los cursos fluviales más importantes pertenecientes a la Cuenca Hidrográfica del Duero son el Águeda, Yeltes (alimentado por el Tenebrilla, Morasverdes y El Maíllo) y el Huebra.

La cuenca del Águeda ocupa la parte más occidental de la hoja de Serradilla del Arroyo y su red principal se orienta preferentemente hacia el NO, aunque la mayor parte de los afluentes presentan dirección NE-SO. Su encajamiento es el más acusado de los cursos pertenecientes al Duero, de manera que el sector drenado por sus aguas ha sufrido un acentuado proceso de exhumación, que continúa en la actualidad, especialmente visible cuando atraviesa la Cuenca de Ciudad Rodrigo. Las terrazas se encuentran peor conservadas que en el resto de los ríos, aunque el número de aterrazamientos es mayor. (Figura II₅₋₁).

La cuenca del Yeltes ocupa la mitad septentrional de la hoja de Serradilla y el cuadrante NO de la hoja de Tamames, estando representada en el área de estudio la zona de cabecera del Río Yeltes y tributarios. Su red se jerarquiza en cursos de amplias llanuras aluviales (Figura II₅₋₂. Izq.), como ocurre con sus tributarios Tenebrilla y Rivera de Gavilanes (éste último tributario del Tenebrilla) y Morasverdes. Las direcciones predominantes de drenaje son N-S y NO-SE. Las terrazas destacan por su buena conservación caracterizándose por una importante continuidad longitudinal. Su tasa de encajamiento es mucho menor que en el caso del Águeda.



Figura II₅₋₁. Los elevados caudales y la carga de sólidos producen roturas y derrumbes de puentes situados en los cauces ordinarios. Río Yeltes en Puebla de Yeltes.

También se encuentra representada la zona de cabecera de la cuenca del Río Huebra, inmediatamente al Este de la cuenca del Yeltes, en la Hoja de Tamames. El Huebra drena en este sector la parte correspondiente al pedimento (o penillanura) desarrollado sobre el zócalo pizarroso, presentando un encajamiento muy pequeño en estos materiales y sin presencia de depósitos aluviales cartografiables, excepto algunos fondos de valle.

En lo que hace referencia a la Cuenca Hidrográfica del Tajo, todo este sector pertenece a la cuenca del Río Alagón. Los cursos más importantes tributarios del mismo por su margen izquierda son el Cuerpo de Hombre y Sangusín, procedentes de la Sierra de Béjar, representados en este sector en sus cursos bajos donde desembocan al Alagón, y por su margen derecha son el Río Francia y Río Batuecas.

El Río Alagón (Figura II₅₋₂. Dcha.) se caracteriza por un fuerte encajamiento, y en el trazado de su red de drenaje es manifiesta la influencia de la fracturación, a la que se acomodan los cursos fluviales de manera clara.

La diferencia de nivel de base entre los cursos fluviales del Tajo y del Duero es importante (del orden de 200 metros) por lo que los Ríos pertenecientes al Tajo discurren fuertemente encajados en el sustrato dando lugar a unos valles fluviales relativamente estrechos y profundos y que no presentan sedimentos aluviales asociados a escala cartografiable.

En el sector norte de la zona de estudio se observa que en la zona hay gran número de lagunas, siendo las más pequeñas estacionales y algunas de las de mayor dimensión presentan protección ambiental, al constituir humedales de gran importancia para las avifauna (Convenio RAMSAR), como ocurre con la



laguna del Cristo en Aldehuela de Yeltes. Otras además de la figura de protección son importantes a nivel social y perceptual, como la laguna de la Cervera en Aldehuela de Yeltes o la laguna de San Marcos en La Alberca. (Figura II₅-3 Izq.) o sin protección como la laguna de Guadapero (Figura II₅-3 Dcha.).



Figura II₅-2. Cauce río Yeltes. Puebla de Yeltes (Izq.) y río Alagón. San Esteban de la Sierra (Dcha).



Figura II₅-3. Laguna de Aldehuela Yeltes (Izq.) y Laguna de Guadapero (Dcha).

En cuanto a los cauces fluviales presentan llanuras aluviales muy tendidas en los sectores norte de la zona de estudio, coincidentes con los dominios de piedemontes: río Morasverdes, río Tenebrilla, río Gavilanes, río Yeltes..., mientras que en las sierras el desigual encajamiento genera cursos de agua con gran pendiente, dando rápidos y formas asociadas a procesos erosivos (marmitas de gigante,

cascadas...), como ocurre con el río Batuecas, Río Francia.

La cartografía que se presenta a continuación muestra la distribución de las subcuencas hidrológicas del área de estudio, representando los cauces fluviales y lagunas. (Figura II₅-4).



Figura II-4. Cartografía hidrológica en la que se aprecian la distribución de subcuencas hidrográficas, ríos y lagunas del sector de estudio.

II.5.2. Hidrología Superficial: Cartografía Hidrológica. Cartografía de Calidad de las Aguas Superficiales.

La calidad (y/o grado de contaminación) de las aguas superficiales se ha determinado empleando el Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQUA), (De Bustamante, 1989) que es un número adimensional que permite operar con muy pocos parámetros analíticos y a la vez ofrece garantía en los resultados (Cubillo, 1986). Este índice está definido solamente por cinco parámetros, y su expresión es:

$$ISQUA = T(A+B+C+D)$$

en donde:

- ✚ T, es la temperatura del agua del río medida en °C. Su valor asignado varía entre 0,8 y 1.
- ✚ A, es la oxidabilidad y corresponde al oxígeno consumido en una oxidación con MnO_4K en ebullición y medio ácido. Incluye el contenido orgánico, tanto si es natural como si no lo es. Varía entre 0 y 30.
- ✚ B, son las materias suspendidas que se pueden separar por filtración. Este parámetro incluye polución orgánica, inorgánica, industrial y/o urbana. Tiene mucha influencia en la fotosíntesis. Varía entre 0 y 25.
- ✚ C, oxígeno disuelto en el agua: su concentración está en relación con la oxibilidad, sobre todo con el contenido de materia orgánica biodegradable. Varía entre 0 y 25.
- ✚ D, conductividad eléctrica a 18 °C: mide la concentración de sales inorgánicas. Varía entre 0 y 20.

El rango de valores de este índice va de 0 para valores pésimos hasta 100 para valores óptimos.

El estudio se llevó a cabo seleccionando una serie de puntos de muestreo y posteriormente se realizaron dos campañas de toma de muestras de agua (abril y septiembre de 2001), tomándose muestras simples en las que se determinaron “in situ” los siguientes parámetros analíticos: temperatura (digitherm

Oregon, mod. SA880SSWR), oxígeno disuelto (oxímetro Hanna, mod. HI9143), conductividad (conductímetro Hanna, mod. HI9033), pH (peachímetro Hanna, mod. HI9024), y otros parámetros en laboratorio como la Demanda Química de Oxígeno -DBO₅-, Demanda Química de Oxígeno -DQO- sólidos en suspensión, carbono orgánico total (COT), y nitratos (NO_3^-) (espectrofotómetro UV, mod. Pastell). (De Bustamante et al, 2002). (Anexo II.5-1).

La campaña del mes de abril (período húmedo), se seleccionaron 43 puntos de muestreo y se calculó un índice ISQUA con un valor medio de 76.35, con valores que oscilaban entre 65 (muestra 41 en afluente del río Alagón) y 100 (muestra 59bis, en el nacimiento del río Morasverdes), lo que indica que la calidad de las aguas superficiales en la zona y en el momento del muestreo es buena, salvo en algunos puntos con vertidos próximos (Anexo II.5-1). Esta bondad de la calidad se debe a que el muestreo se ha efectuado en primavera y a la circunstancia de que este año ha sido especialmente húmedo, lo que incide en la dilución de las cargas contaminantes vertidas a los cauces

En la campaña del mes de septiembre, teniendo en cuenta que se muestrearon solamente 33, ya que 10 de los puntos seleccionados estaban secos. Los valores que se han obtenido para el ISQA oscilan entre 13.3 (Río Tenebrilla, pto 59bis) y 84.4 (Río Alagón, pto. 34), con un valor promedio de 55.35. El empeoramiento en esta fecha se debe a la disminución de los caudales y a la presión demográfica producida por el período estival.

A partir de las cartografías de calidad de aguas superficiales (Figura II.5-5 y Figura II.5-6) se puede observar la calidad de los ríos por tramos, así como los tramos que estaban secos en el mes de septiembre (zonas con puntos inventariados y en las que no se ha podido determinar la calidad). Analizando la diferencia de calidad entre las dos campañas, se observa como la calidad es mucho mejor en primavera que en verano, y como la calidad empeora a medida que descendemos en los cursos fluviales o cuando estos atraviesan núcleos urbanos, recuperándose aguas abajo de los mismos por autodepuración del río.

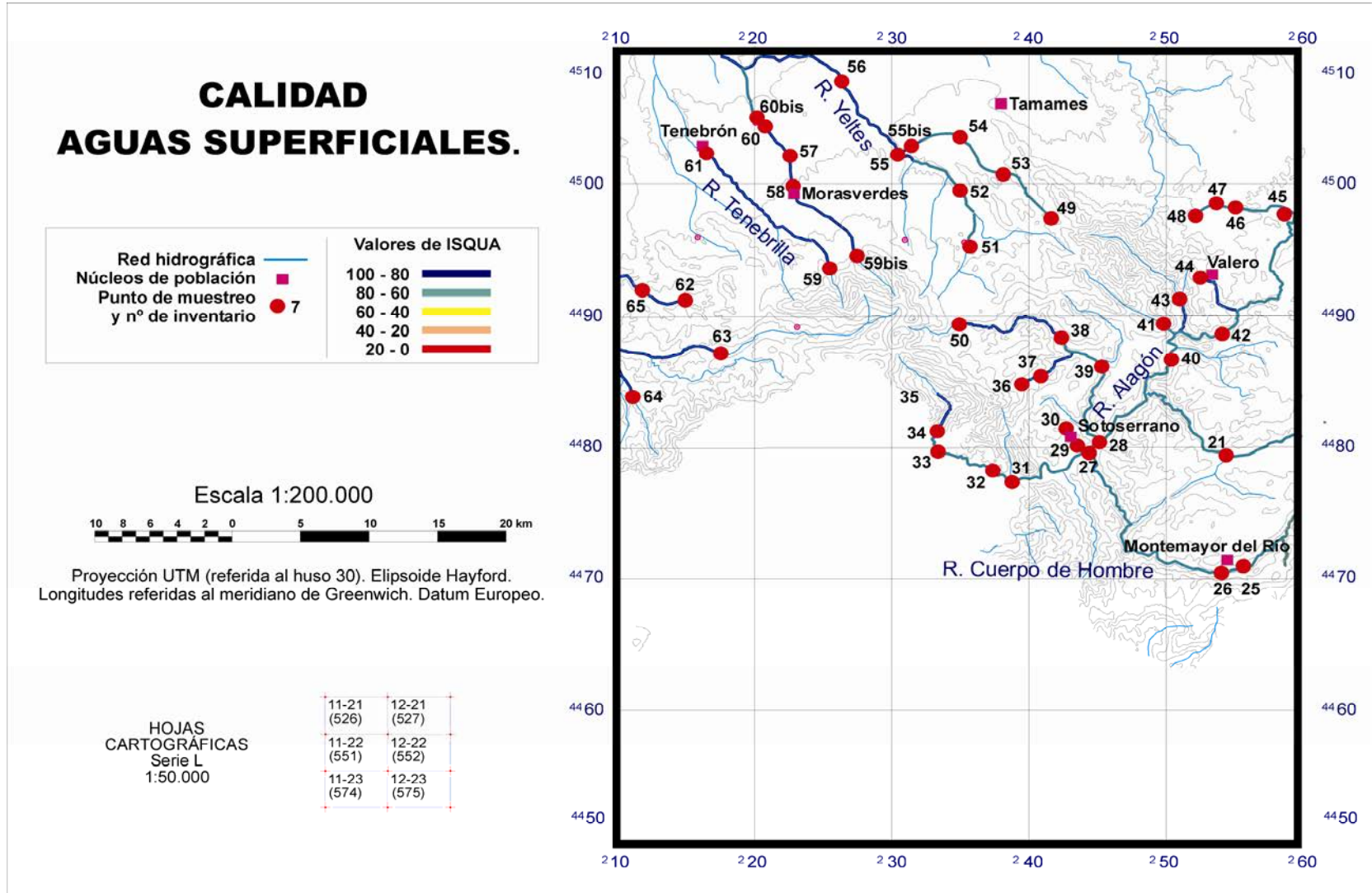


Figura II₅-5. Cartografía de calidad de las aguas superficiales.(Campaña Primavera).

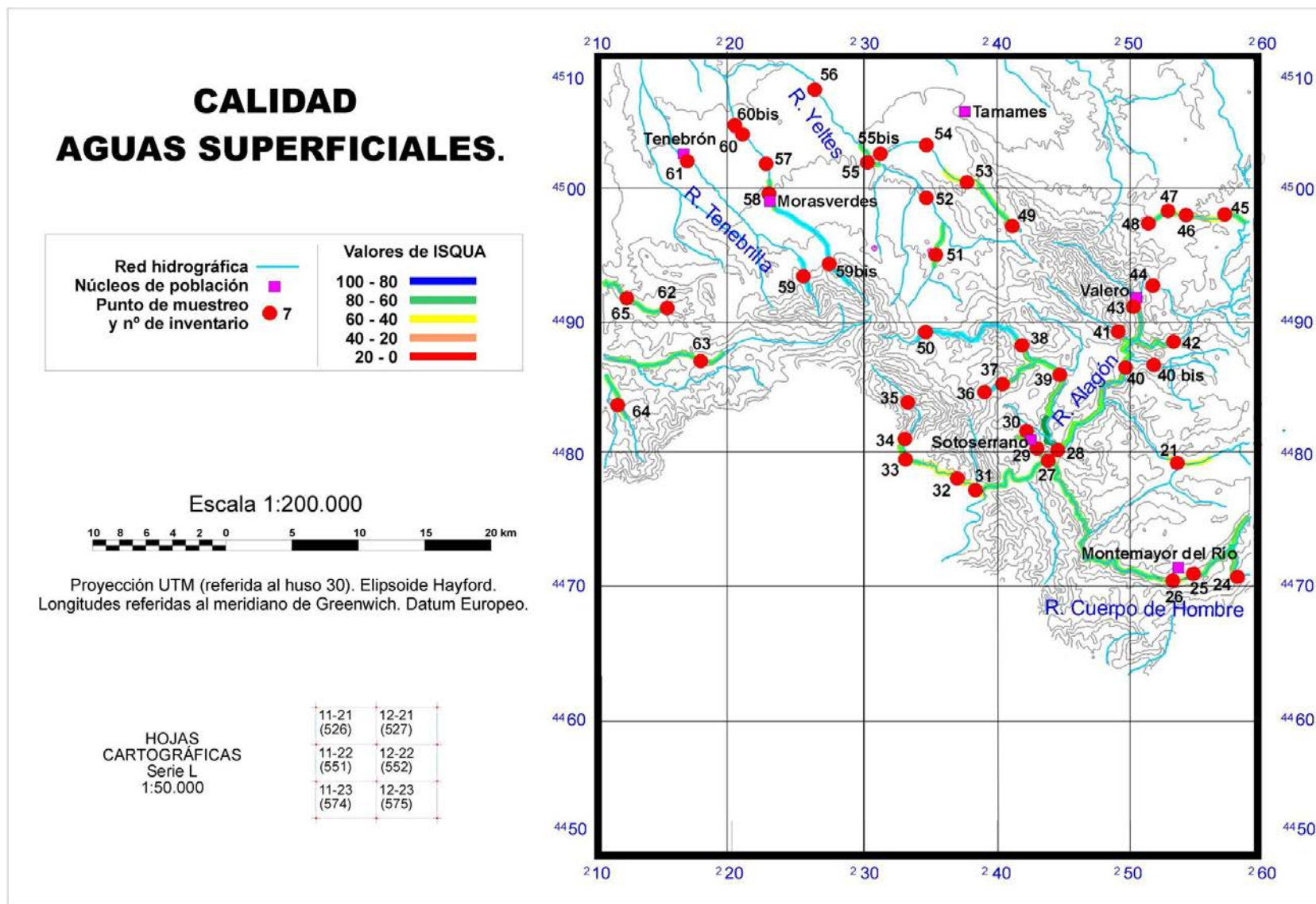


Figura II₅-6. Cartografía de calidad de las aguas superficiales (Campaña verano).

En las cartografías el río Alagón presenta una calidad de agua inferior (valor entre 60-80) a la de sus tributarios, incluso en la campaña de verano el afluente río Batuecas (muestra 32) presenta valores de 40-60. La causa posiblemente se deba a posibles vertidos de los pueblos que vierten sus aguas residuales urbanas (Sotoserrano, etc.) e industriales (industria agroalimentaria, agricultura...) al cauce disminuyendo la calidad del agua por no ser estos efluentes previamente depurados. Igualmente los cursos más altos de agua correspondientes al río Yeltes presentan una ligera disminución de calidad causada posiblemente por las actividades extractivas que se ubican en la llanura y terrazas fluviales, generando un aumento de la turbidez (sólidos en suspensión) e incidencia de vertidos propios de la actividad extractiva (procesos y maquinaria), llegando en la campaña de verano a presentar algunos tramos fluviales valores de 40-60 (muestra 53); llamando la atención en el gran número de cauces secos (Tenebrilla, Morasverdes...).



Figura II₅-7. Embalse parcialmente cubierto por troncos y ramas. Serradilla del Arroyo.

En base a los datos analíticos, teniendo en cuenta la campaña más representativa por número de muestras (campaña de primavera) la menor calidad del índice se presenta en el punto de muestreo n° 41, con un valor de 65, en el tercer tributario, por el margen derecho, que procede de la zona de entresierras (S. Francia - S. Quilamas).

En cambio el sector de mayor calidad, con valor de 100, es el correspondiente al n° 59bis, sobre el río Morasverdes, cerca del nacimiento del río a partir de las aguas de escorrentía que drenan los canchales que se desplazan por la ladera NO de la sierra de Francia.

El uso de este índice es de gran interés ya que permite obtener resultados fiables de una forma rápida y económica, muy adecuado para su aplicación, tanto en las áreas rurales de escasos recursos como en la gestión de espacios protegidos, constituyendo una herramienta útil para conocer el estado de la calidad de las aguas e identificar fuentes de contaminación, que facilita encauzar los posteriores estudios específicos de identificación de problemas y las actuaciones que conlleven. (Figura II₅-7 y Figura II₅-8).



Figura II₅-8. Cauce alto del río Batuecas en el valle del mismo nombre con alta calidad de aguas.

II.5.3. Hidrología Subterránea: Cartografía de Unidades Hidrogeológicas. Cartografía de Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.

La diferenciación de unidades hidrogeológicas de la zona de estudio, se ha realizado atendiendo a las características litológicas, de posicionamiento y a los parámetros hidráulicos que presentaban las mismas.

En la Tabla II.5-1 aparecen dichas unidades y sus principales características, con las que se realiza la cartografía de unidades hidrogeológicas (Figura II.5-9).

1. Unidad Granítica.	Rocas Graníticas. Permeabilidad Baja-Media por alteración y/o fracturación.
2. Unidad Metasedimentaria	Pizarras, Esquistos, Grauvacas y Conglomerados. Permeabilidad Baja por alteración.
3. Unidad Cuarcítica.	Cuarcita Armoricana y Areniscas. Permeabilidad Media-Baja por fracturación.
4. Unidad Carbonatada.	Calizas, Brechas Calcáreas y Dolomías. Permeabilidad Media por disolución y/o fracturación.
5. Unidad Detrítica I.	Arenas Arcósicas, Gravas y Lutitas. Permeabilidad Media-Alta por porosidad.
6. Unidad Detrítica II	Conglomerados, Gravas, Arenas y Fangos. Permeabilidad Media-Alta por porosidad.
7. Unidad Cuaternaria	Cantos y bloques con matriz areno-arcillosa. Cantos, Gravas, Arenas y Limos. Permeabilidad Media-Alta por porosidad.

Tabla II.5-1. Agrupación de los condicionantes litológicos y características hidrogeológicas en unidades hidrogeológicas.

Para representar la vulnerabilidad que presentan las diferentes unidades hidrogeológicas frente a la contaminación, se ha utilizado el método GOD (Foster, et al, 2003). Este método tiene en cuenta fundamentalmente 3 factores:

1. Grado de confinamiento hidráulico. (G).
2. Ocurrencia del sustrato suprayacente (O). Se estima en base a las características litológicas y grado de consolidación de la zona no saturada o capas confinantes.
3. Distancia al nivel del agua subterránea (no confinados) o al techo del acuífero (confinados) (D).

En la realización de esta cartografía temática para la zona de estudio, se observó la existencia de un escaso número de puntos que nos facilitasen información de rigor con datos de profundidad de la zona saturada, dato fundamental a partir del cual podríamos generar con técnicas SIG una cartografía de isolíneas que nos mostrase la variabilidad de la mayor o menor cercanía a la superficie topográfica del nivel freático, pudiendo valorar

la vulnerabilidad en función de la facilidad con que un contaminante pudiese fácilmente alcanzar el nivel freático situado a cierta distancia, y así permitimos introducir este parámetro (D) en el método GOD. Dada la no fiabilidad de una correcta interpolación por no ser una muestra representativa y el número de datos, se procedió a utilizar el método GOD, en función de la cartografía de unidades hidrogeológicas, estimando la profundidad de los acuíferos.

Los resultados obtenidos con esta metodología se agrupan en cinco clases posibles de vulnerabilidad (Figura II.5-10), que son: Despreciable, Baja, Media, Alta y Extrema. Aplicando el proceso a la zona de estudio, observamos que se presentan solamente tres tipos de vulnerabilidad:

- Vulnerabilidad Extrema (0.9), en la Unidad Carbonatada (nº4).
- Vulnerabilidad Alta (0.5-0.7) en la Unidad Cuaternaria (nº 7).

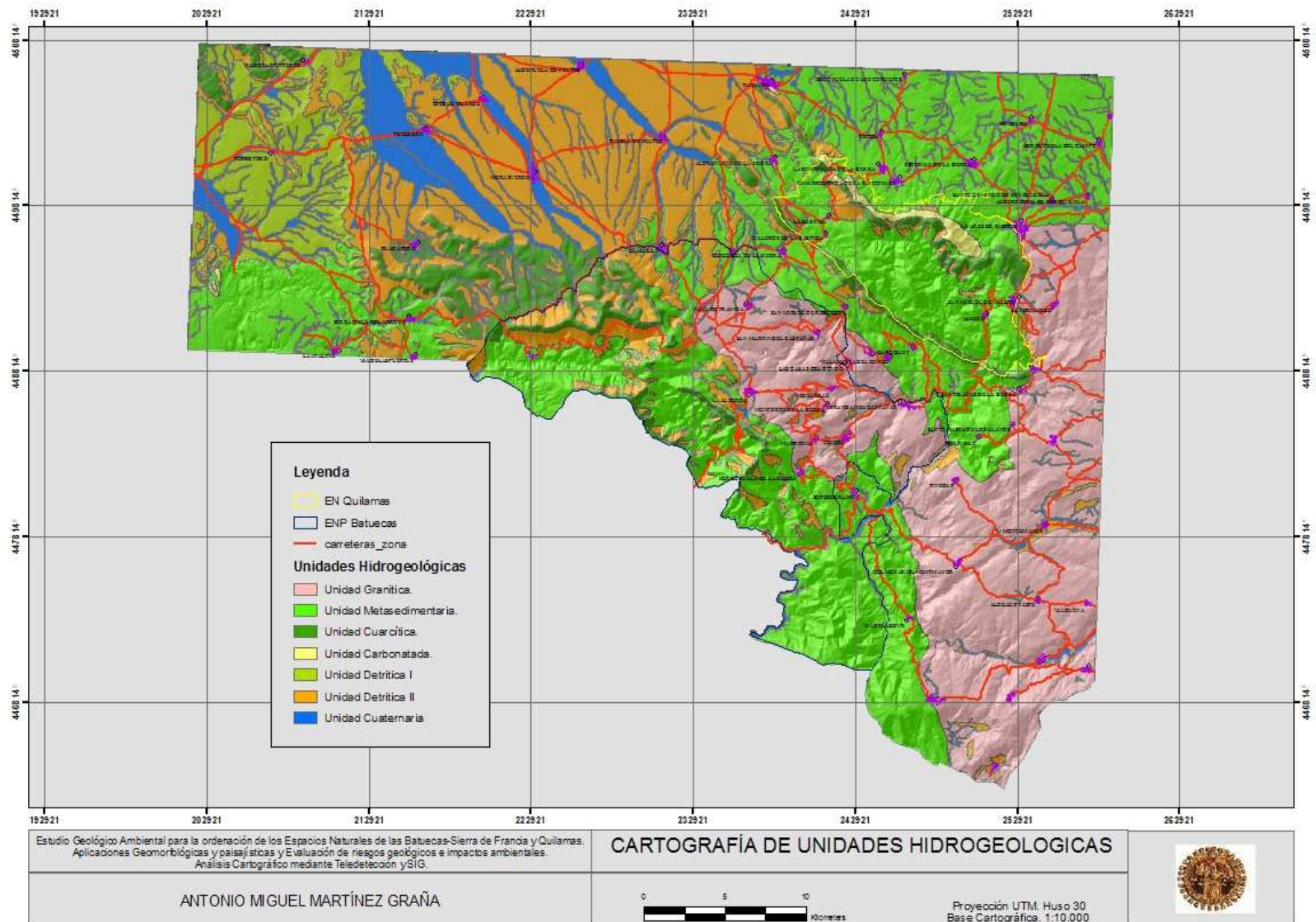


Figura II₅-9. Cartografía de la distribución de las diferentes unidades hidrogeológicas.

- Vulnerabilidad Media (0.3-0.5) en el resto de unidades: Unidad Granítica (nº 1), Unidad Metasedimentaria (nº 2), Unidad Cuarcítica (nº 3), Unidad Detrítica I y II (nº 5 y 6).

Los sectores de vulnerabilidad extrema (Figura II-5-11), se corresponden en nuestra zona de estudio a los afloramientos carbonatados de Tamames y las Quilamas, donde los procesos de disolución de las calizas y dolomías, pueden delimitar los terrenos más vulnerables a la contaminación. Estos acuíferos presentan una vulnerabilidad extrema debido a la propagación rápida de los contaminantes que entran por las fisuras y oquedades de las rocas carbonatadas de forma directa. En la planificación territorial de usos del suelo, debe tenerse especial atención en estos sectores no permitiendo la implantación de actividades contaminantes, como vertederos de residuos sólidos (urbanos y/o industriales) o vertidos líquidos tanto en superficie como en profundidad. Debe a su vez, vigilarse la posible contaminación por prácticas agrícolas y ganaderas inadecuadas, así como exigir en caso de actividades extractivas activas o abandonadas la restauración del terreno.

Las zonas que presentan vulnerabilidad Alta se corresponden con los materiales cuaternarios, cuyos acuíferos presentan gran vulnerabilidad por la entrada de contaminantes

de los propios ríos, arroyos o por infiltración directa. Sobre todo esta contaminación afecta a los acuíferos aluviales libres. Su poder autodepurador frente a la contaminación orgánica y bacteriológica es limitado. Al igual que en el caso anterior debe vigilarse la instalación de actividades antrópicas que pudieran afectar a la calidad de los acuíferos que contienen estas formaciones cuaternarias.

Por ultimo la vulnerabilidad es media, en aquellas zonas donde en primer lugar, se presentan alternancias de terrenos permeables y poco permeables (unidades detríticas) con gran capacidad de depuración bacteriológica aunque escasa si los contaminantes son de origen químico; y en segundo lugar se pueden presentar litologías ígneas y metamórficas impermeables, quedando la contaminación limitada a las aguas superficiales y a los sectores de fisuras y alteración.

Para el control de la contaminación, en el primer caso, donde aparecen las unidades detríticas, deben de tomarse medidas con respecto a la presencia de pozos, los cuales deben de sellarse y aislarse en sus primeros 20 metros, prohibiendo la inyección de productos químicos. En el segundo caso, la presencia de sondeos en materiales impermeables puede dar lugar a variaciones importantes de la calidad del agua por llegada de elementos contaminantes de actuaciones humanas en superficie.

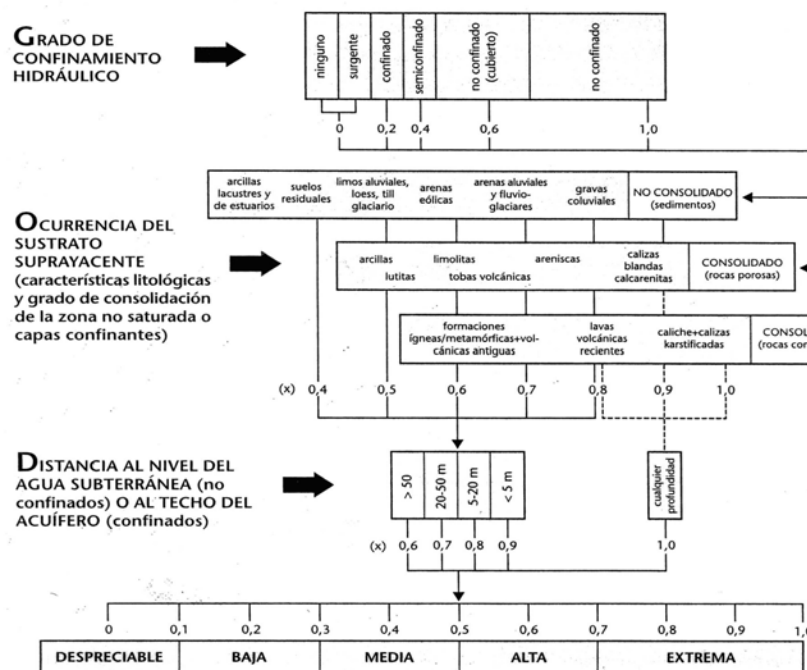


Figura II-5-10. Esquema del procedimiento utilizado en el método GOD. (Foster et al, 2003).

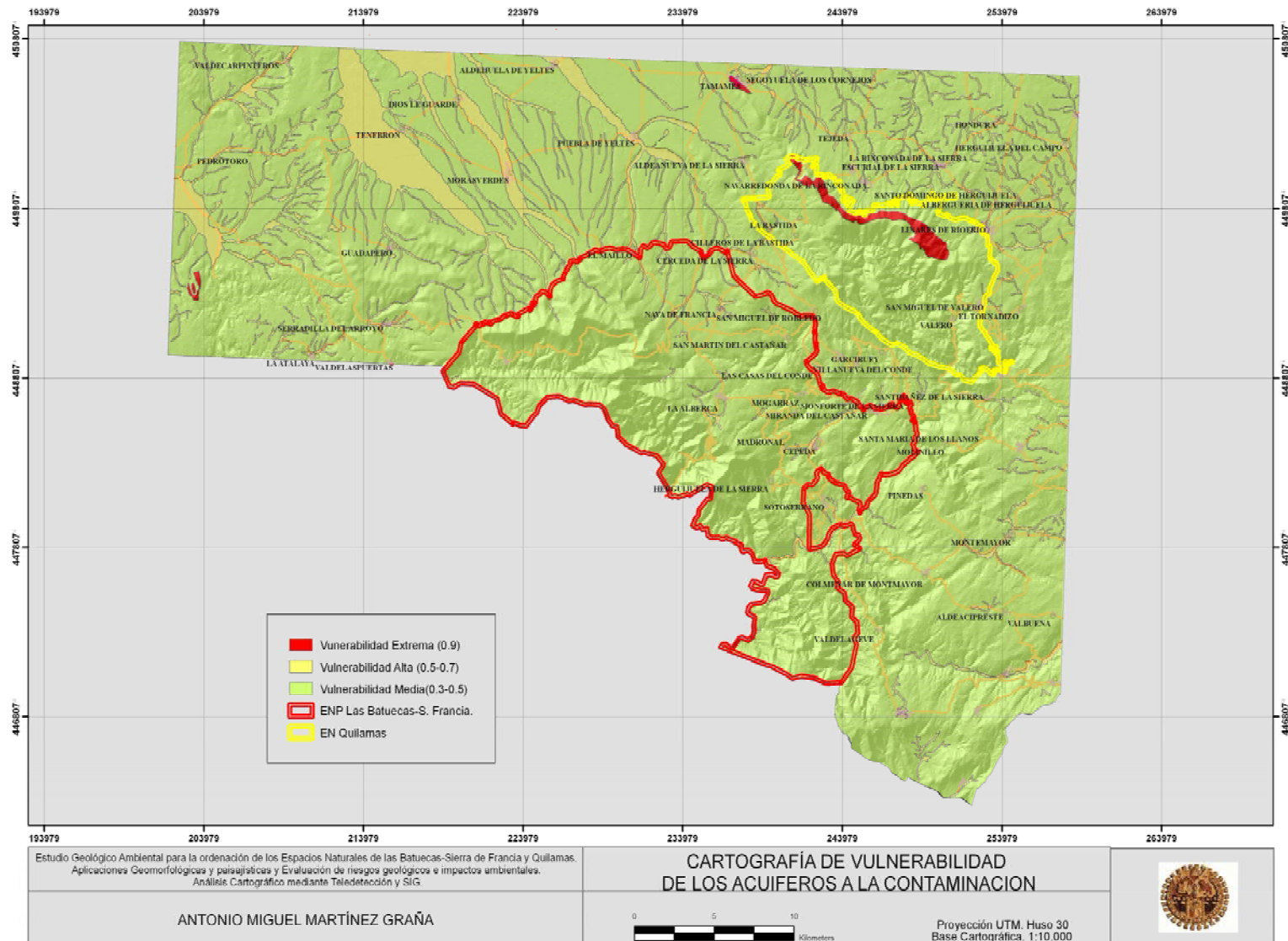


Figura II₅-11. Cartografía de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación (Método GOD).

II₆ Vegetación.



II_{6.1} Introducción corológica y bioclimática.

II_{6.2} Unidades Ecológico-Fisiognómicas.

II_{6.3} Cartografía de Unidades Fisiognómicas.

II.6.1. Introducción corológica y bioclimática.

La zona de estudio se sitúa, dentro de la Región Mediterránea, en la provincia Mediterránea Ibérica Occidental. Territorio que incluye gran parte del occidente peninsular, y que se caracteriza por régimen climático directamente afectado por los frentes oceánicos. (Figura II.6-1).



Figura II.6-1. Pisos bioclimáticos de la Península Ibérica. (Rivas Martínez y Penas, 2003).

Dentro de esta unidad, el área de estudio incluye territorios correspondientes a dos subprovincias corológicas, la Carpetano-Ibérico-Leonesa y la Luso-Extremadurensis (Figura II.6-2), con diferencias florísticas y fitocenóticas entre ellas. El sector noroccidental de la zona de estudio pertenece a la primera, y presenta afinidades fitogeográficas con la submeseta norte, mientras que la segunda es más afín al cuadrante suroccidental peninsular. La divisoria entre ambas subprovincias corológicas se presenta en la franja que une Valero, Garcibuey, Casas del Conde, Mogarraz y Madroñal, con amplias sinuosidades impuestas por la topografía, prosiguiendo hacia la ladera sur del Portillo para seguir por el borde norte del valle de Las Batuecas.

El área de estudio, presenta un rango altitudinal entre los 400, en la parte baja del valle del Río Batuecas, y los 1.723 m., lo que determina acusadas diferencias termométricas de unas zonas a otras. La parte perteneciente a la provincia Luso-Extremadurensis queda incluida en el piso mesomediterráneo, mientras que la porción Carpetana se encuentra en el piso supramediterráneo a excepción de la zona culminal de la Peña de Francia y cuerdas

adyacentes, cuyas bajas temperaturas las sitúan en el piso Orosubmediterráneo. (Figura II.6-3).



Figura II.6-2. Provincias corológicas de la Península Ibérica. (Rivas Martínez y Penas, 2003).

Las mencionadas diferencias altitudinales, así como la posición de las sierras respecto de la dirección de los frentes oceánicos, influyen asimismo sobre la cantidad y distribución de las precipitaciones, presentándose ombroclimas de subhúmedos a hiperhúmedos. Esta variedad climática, unida a la comentada situación entre dos provincias corológicas y a la intervención antrópica en la zona, impone una amplia diversidad fitocenótica que se resuelve en un paisaje altamente fragmentado.

La expresión cartográfica de esta realidad requiere de unidades a la vez sintéticas e informativas, de tipo ecológico-fisiognómico, que permiten considerar aspectos descriptivos, funcionales y dinámicos, en los elementos del paisaje.

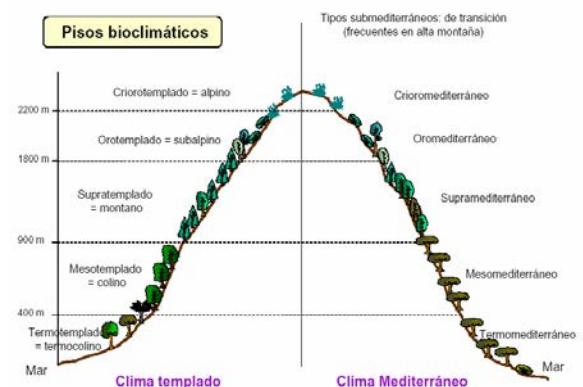


Figura II.6-3. Catena de los Pisos bioclimáticos de la Península Ibérica. (Rivas Martínez y Penas, 2003).

II_{6.2}. Unidades Ecológico-Fisiognómicas.

Melojares

Bosques constituidos por *Quercus pyrenaica* como especie arbórea dominante. Aunque hemos utilizado este término general por razones de síntesis, los melojares de la zona presentan diferencias en su composición florística como respuesta a diferentes situaciones climáticas. Los que se presentan en la parte luso-extremaduraense, escasos y generalmente en mosaico con formaciones de matorral, pertenecen al tipo más termófilo, son melojares mesomediterráneos con madroño (*Arbutus unedo*). El dominio potencial de este tipo ha sufrido una importante deforestación y en parte ha sido aprovechado para repoblaciones de *Pinus pinaster* y *Eucalyptus sp.*

En la mitad noroccidental de la zona, de clima más frío, los melojares aparecen acompañados por *Genista falcata*, endemismo occidental iberoatlántico, y se sitúan en el piso supramediterráneo. Esta es la formación marcescente más extendida en la zona (El Maillo, El Cabaco, Nava de Francia...) y llega hasta unos 1.100-1.200 m de altitud, donde el incremento de las precipitaciones determina su sustitución por un tercer tipo de melojár, supramediterráneo húmedo o hiperhúmedo, que incluye en su cortejo especies nemorales como *Erythronium denscanis*, *Ajuga occidentalis* o *Stellaria holostea*, y que se extiende por las laderas, superando los 1600 m, donde no ha sido sustituido por pinares. En algunos casos se encuentran melojares en recuperación, generalmente por rebrote de cepa; su estructura es densa y su talla no suele superar los 4 m. Aparecen en la leyenda como “melojares arbustivos”. (García Rodríguez, 1992).

Castañares

Bosques de *Castanea sativa* procedentes de su cultivo aunque en muchos casos con un alto grado de integración paisajística y ecológica. Forman amplias manchas en el dominio climático de los melojares y alcornoques, con los que suele compartir el cortejo florístico correspondiente a cada lugar; cuando

ocupan el piso mesomediterráneo o supramediterráneo inferior, suele ir acompañado por *Quercus faginea*, disperso o en rodales.

Aunque algunas teselas amplias representan masas puras de castaño, es muy frecuente su mezcla con melojos, situación que hemos denominado “melojár-castañar”. Una de estas situaciones de especial interés geobotánico la constituye la tesela cercana a S. Martín del Castañar donde el bosque de melojos y castaños se encuentra acompañado por *Quercus robur* subsp. *extremaduraensis*. En el fondo del barranco, la formación de *Q. robur* conforma una masa prácticamente pura en dosel arbóreo, acompañada en el subsuelo por *Corylus avellana*, *Ilex aquifolium*, *Arbutus unedo* y *Acer monspessulanum*. Existen además pequeños rodales y presencias dispersas de *Q. robur*. (Figura II₆-4).

Encinar-alcornocal y alcornoques.

Las formaciones de *Quercus suber* en la zona son exclusivas del sector suroriental, aunque su presencia en forma de alcornocal monoespecífico es escasa y en manchas de tamaño pequeño. El área de dominio climático del alcornoque, que engloba principalmente el valle de río Alagón y la zona baja del curso del río Francia antes de su desembocadura en este último, se encuentra muy alterada por repoblaciones y cultivos, generándose amplias áreas de matorrales de sustitución y unidades heterogéneas donde los alcornoques se encuentran dispersos.

Con mayor frecuencia se encuentra el alcornoque en formaciones mixtas con encina, que hemos llamado “encinar-alcornocal”. Su presencia más abundante en los lugares de más difícil acceso se corresponde con los suelos más rocosos y esa circunstancia permite la entrada de una especie con menos exigencias hídricas como es la encina. Estos encinar-alcornoques caracterizan parte del valle de Las Batuecas y son frecuentes en algunas áreas cercanas al Alagón, así como en las laderas próximas al Arroyo de las Batuecas (Figura II₆-5) en las proximidades al límite provincial.



Figura II₆-4. *Quercus robur* (parte oscura del fondo de valle). Castaños (verde amarillento) y el verde de textura más rugosa es melojar.



Figura II₆-5. Mezcla de roquedo con madroñal, encinas y alcornoques de escaso porte, además de los núcleos boscosos de encinar alcornocal en las laderas (junto con las implantaciones de pino). Valle de Las Batuecas.

Además de las dos especies señaladas aparecen en estas comunidades *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Phillyrea angustifolia*, *Paeonia broteroi*, así como el helecho *Asplenium oopteris* (Figura II₆-6 Izq.).

Encinares

También los escasos bosques de *Quercus ilex* subsp. *ballota* en el área de estudio responden a dos tipos fitoclimáticos diferentes. Los de la zona norte, en las cercanías de Puebla de Yeltes o de Aldeanueva de La Sierra, corresponden al encinar supra-mediterráneo típicamente salmantino, y en su mayor parte se han transformado en dehesas (“encinar adehesado”). Las formaciones boscosas son pobres en especies características y en el subsuelo encontramos especies de etapas seriales como *Cytisus scoparius* y *C. multiflorus*.

Al desplazarnos desde estos encinares hacia el sur se entra en contacto con el dominio del melojar, donde encina y melojos se mezclan formando comunidades mixtas de “melojar-encinar” cuyo aprovechamiento y aclarado ha dado lugar a “dehesas de encina y melojo”. Incluso en algunos lugares rebrotan a la par conformando lo que se ha llamado “melojar-encinar arbustivo”.

El segundo tipo de encinar es si cabe más escaso. Son teselas situadas en laderas inclinadas con suelo escaso, en la cuenca del

río Alagón, hacia Valero, y al suroeste de Molinillo. Corresponden a representaciones empobrecidas del encinar luso-extremadurese en el que es frecuente *Paeonia broteroi* (Figura II₆-6 Dcha.). Si bien los encinares son escasos, no lo es la presencia de encina que, dispersa, en pequeños grupos, o en rodales pegados a los roquedos, salpica múltiples situaciones de orientación sur o suroeste, llegando a los 1400 m de altitud en las laderas de Las Batuecas.

Madroñales

Las formaciones densas de *Arbutus unedo* son frecuentes en el sector sur y suroriental del mapa. Corresponden a la primera etapa serial de los melojares termófilos y de los alcornoques, siendo un tipo de vegetación típicamente luso-extremadurese.

Su densidad y porte nos ha llevado a denominar a la formación “maquia de madroño, jara, y olivilla” por ser en la mayoría de los casos las tres especies más abundantes pero, además, son frecuentes *Viburnum tinus*, *Cistus populifolius*, *Erica australis*. La presencia de *Cistus ladanifer* y *C. populifolius* en estas formaciones señala probablemente un dominio climático difuso (ecotónico) de encinar-alcornocal, mientras que su ausencia en los otros madroñales indica el dominio climático de los melojares termófilos. (Rico Hernández, 1992).



Figura II₆-6. Izq: *Asplenium oopteris* y Dcha: *Paeonia broteroi*. Dos especies del encinar-alcornocal.

Brezales y escobonales

La degradación de los bosques o etapas preforestales comentadas da lugar a matorrales

de diversa composición florística según el dominio climático en el que se sitúen y las condiciones concretas de la estación. De ellos es muy frecuente el “brezal-escobonal” en el

que dominan *Cytisus striatus*, *Erica australis*, *Pterospartum tridentatum* y *Halimium alyssoides*, con presencia local de *Cytisus multiflorus*, resultado de la degradación de los melojares supramediterráneos. Una forma empobrecida, con dominio monoespecífico, sobre suelos de escaso desarrollo, es lo que hemos denominado “brezal de *Erica australis*” que, en algunas teselas ocupa canchales de

ladera acompañándose de melojos dispersos o en pequeños núcleos. Estos matorrales se transforman, hacia los 1500 m, en una variante de altura, de carácter ecotónico, que se detecta por presencia de especies del piso bioclimático superior como *Cytisus oro-mediterraneus* y en el que es frecuente la presencia de *Erica arborea* y *Genista cinerascens*.



Figura II₆-7. Arriba: Este de la Peña de Francia, donde puede verse a la izquierda el matorral de piorno serrano (en flor amarilla) con *Echinopartum ibericum*. Abajo, continuación hacia el sur del Valle de Las Batuecas

En algún caso (zonas venteadas con suelos pobres) el brezal mixto con *Pterospartum*, *Halimium alyssoides*, *Erica australis*, etc., se transforma en un matorral ralo con dominio muy marcado de *Calluna vulgaris*, como sucede al norte del Maillo. Es lo que se ha diferenciado como “brecinal”. En condiciones más favorables, con suelos profundos, se dan “escobonales” de *Cytisus striatus* y *Genista florida*, bajo los que se mantiene la presencia de *Pterospartum tridentatum*.

Piornal

A partir de los 1500 m el brezal de altura anteriormente comentado se transforma en una comunidad diferente dominada por *Cytisus oromediterraneus* y *Echinopartum ibericum*, un piornal-cambronal (Figura II₆-7), que se establece claramente como dominio climático a partir de los 1600 y que ocupa La Peña de Francia y los cordales adyacentes. Esta comunidad de aspecto pulvinular subarbustivo,

única representación del piso oromediterráneo en la zona, se presenta en mosaico con pastizales vivaces resistentes a las bajas temperaturas, formados por *Deschampsia flexuosa* y *Agrostis truncatula*.

Jarales y jaral-brezales

El matorral que hemos denominado “jaral-brezal”, está muy extendido en el sector suroriental de la zona. Se trata de formaciones mixtas de *Erica australis* y de *Cistus ladanifer*, a las que acompañan *Cistus populifolius*, *Erica umbellata*, *Lavandula stoechas* subsp. *luisieri*, que ocupan suelos pobres, pizarrosos, y que se sitúan en el dominio climático del alcornocal y del encinar-alcornocal, en el que representan una etapa avanzada de degradación (Figura II₆-8 Izq.). Su origen, por deterioro y pérdida de suelos a partir de la maquia de madroñal, da lugar a una comunidad intermedia con elementos de la etapa anterior, consistente en un jaral-brezal salpicado de madroños y

olivillas. Al tratarse de una situación con claro significado dinámico y muy extendida, hemos

estimado importante considerarlo como una unidad representativa.



Figura II₆-8. Izq: Jaral-brezal con *Cistus ladanifer*, *Erica australis* y *E. umbellata*. Dcha: *Lavandula stoechas* subsp. *luisieri*, endemismo luso-extremadurensis frecuente en el jaral-brezal.

Los jarales puros son en cambio prácticamente inexistentes en la zona de estudio. Tan sólo en la ladera meridional de la “meseta” de Pineda están representados como tesela, aunque en otros puntos, sin entidad cartográfica, pueden encontrarse formaciones monoespecíficas de jara pringosa interpretables como matorral degradado en dominio del encinar salmantino

Cantuesares

La destrucción de los escobonales y brezal-escobonales en la zona nororiental del mapa ha dado lugar a la extensión de áreas de matorral bajo, claro y sufruticoso, con *Lavandula stoechas* subsp. *pedunculata*, *Thymus zygis*, *Halimium umbellatum* subsp. *viscosum*, que se ha diferenciado como “cantuesar-tomillar”. (Figura II₆-8 Dcha.).

El pastoreo de estas formaciones da lugar a un tipo de “cantuesar-pastizal”, donde las matas leñosas se encuentran muy esparcidas en un pastizal de diente con *Plantago holosteum*, *Poa bulbosa*, *Agrostis truncatula*, *A. castellana*...

En algunos lugares expuestos, entre Cereceda y Aldeanueva, el matorral xerófilo cambia su fisonomía a causa de la aparición y dominio de *Genista hystrix*, especie propia de encinares salmantinos y de sus matorrales

seriales, que sólo hemos encontrado en los lugares citados y donde caracteriza el “matorral de *Genista hystrix*”.

Ballicar

El ballicar (o vallicar) es una formación graminoide dominada por *Agrostis castellana*, de fenología primaveral y estival temprana, que ocupa lugares húmedos o estacionalmente encharcados, y que son aprovechados para la ganadería; este uso ha originado además un paisaje abierto, donde el elemento arbóreo residual se encuentra muy disperso, recogido en las unidades “pastizales con melojos dispersos” y “pastizales con encinas dispersas”. Además de la especie citada son abundantes *Dactylis glomerata*, *Vulpia ciliata*, *Cynossurus cristatus*, *Holcus lanatus* y *Pulicaria uliginosa* y *Juncus pigmaeus*.

Roquedos

Los afloramientos rocosos soportan un tipo de vegetación especializada, constituida por casmófitos y comófitos, adaptados a vegetar en fisuras y repisas de roca. Como especies más abundantes pueden señalarse *Asplenium trichomanes*, *Ceterach officinarum*, *Asplenium billoti*, *Anogramma leptophylla*, *Umbilicus rupestris* y *Dianthus lusitanus*. Además de los taxones especializados, los roquedos dan

cobijo a veces a fanerófitos que, en forma arbustiva, colonizan sus fisuras, como es el caso de la encina y de los brezos en Las Batuecas, o de *Frangula alnus*, *Adenocarpus argyrophyllus* o *Genista cinerascens* en la Peña de Francia. Los “canchales” cuarcíticos móviles, a diferencia de los colonizados por brezales, no soportan prácticamente vegetación vascular alguna.

Cultivos

Existen amplias áreas en la zona dedicadas a cultivos; entre ellos, los de la zona norte suelen ser cerealísticos, mientras que en la zona más meridional dominan los cultivos leñosos como la vid, el olivo y el cerezo. La adaptación de esta actividad a la conveniencia productiva fragmenta frecuentemente el uso agrícola del suelo, creando mosaicos con comunidades naturales como brezal-escobonales, ballicares, melojares o castañares. El abandono del cuidado en los cultivos de olivo, permite la colonización por el matorral serial correspondiente como es claramente observable en las proximidades de la confluencia entre los ríos Alagón y Francia, donde la superficie del olivar (con alcornocales dispersos) ha sido colonizada por un denso jaral-brejal.

Pinares

Los pinares de la zona tienen su origen en implantaciones de *Pinus sylvestris* y *P. pinaster*, cuyas teselas se han separado en los casos de repoblaciones monoespecíficas. En las proximidades de La Alberca y El Maillo

existen masas de repoblación con las dos especies de coníferas. El pino albar se ha utilizado en la zona de la Peña de Francia, El Maillo y laderas altas de Las Batuecas, mientras que las repoblaciones con pino negral se extienden sobre todo por el tercio meridional del mapa, alternándose con implantaciones de eucaliptos entre los que rebrota a veces la olivilla o el madroño. En muchos casos los pinares llevan bajo su dosel las especies propias de los matorrales seriales correspondientes, aunque en otros el subsuelo es claramente escaso y domina el acúmulo de acículas.

II.6.3. Cartografía de Unidades Fisiog-nómicas.

Mediante un corte secuencial de la catena vegetal presente en la zona de estudio (Figura II-9), se observa que en los sectores del norte, en las zonas bajas, se instala un melojar subhúmedo que pasa a medida que se asciende en altitud a húmedo, siendo sustituido en las cumbres y parte alta de las laderas por piornal-cambronal. En los sectores internos de la sierra en laderas más o menos pronunciadas encontramos el melojar extremadurenses con madroños, que pasa a asociaciones de encinar-alcornocal en partes medias y bajas de las laderas, concentrándose el alcornocal en zonas de valle, tal como ocurre en el Valle de Las Batuecas. Finalmente se elabora la cartografía de vegetación (Figura II-10), donde se delimitan los diferentes dominios fisiog-nómicos de vegetación.

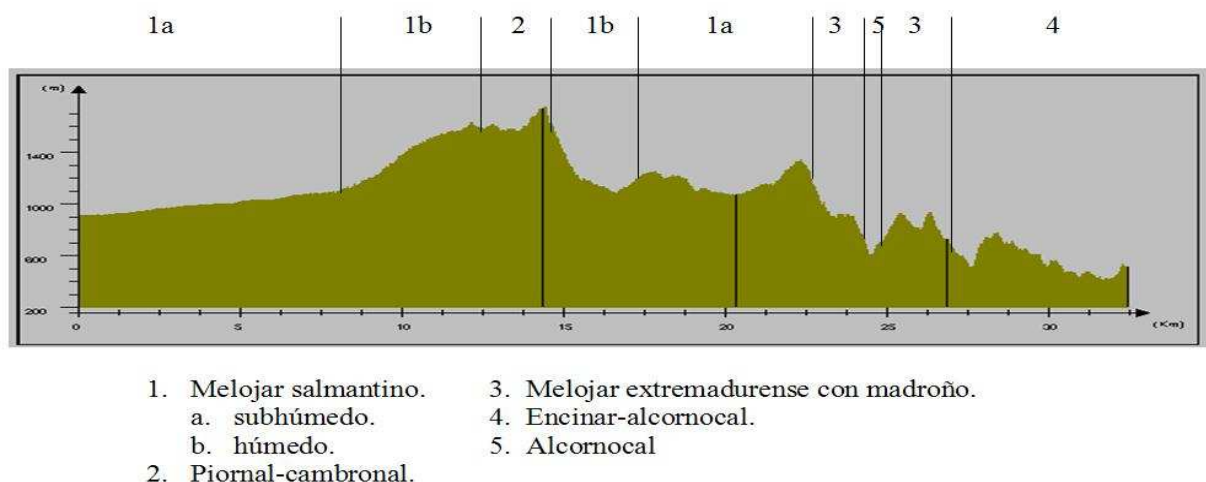


Figura II-9. Esquema de dominios climáticos de la zona cartografiada.

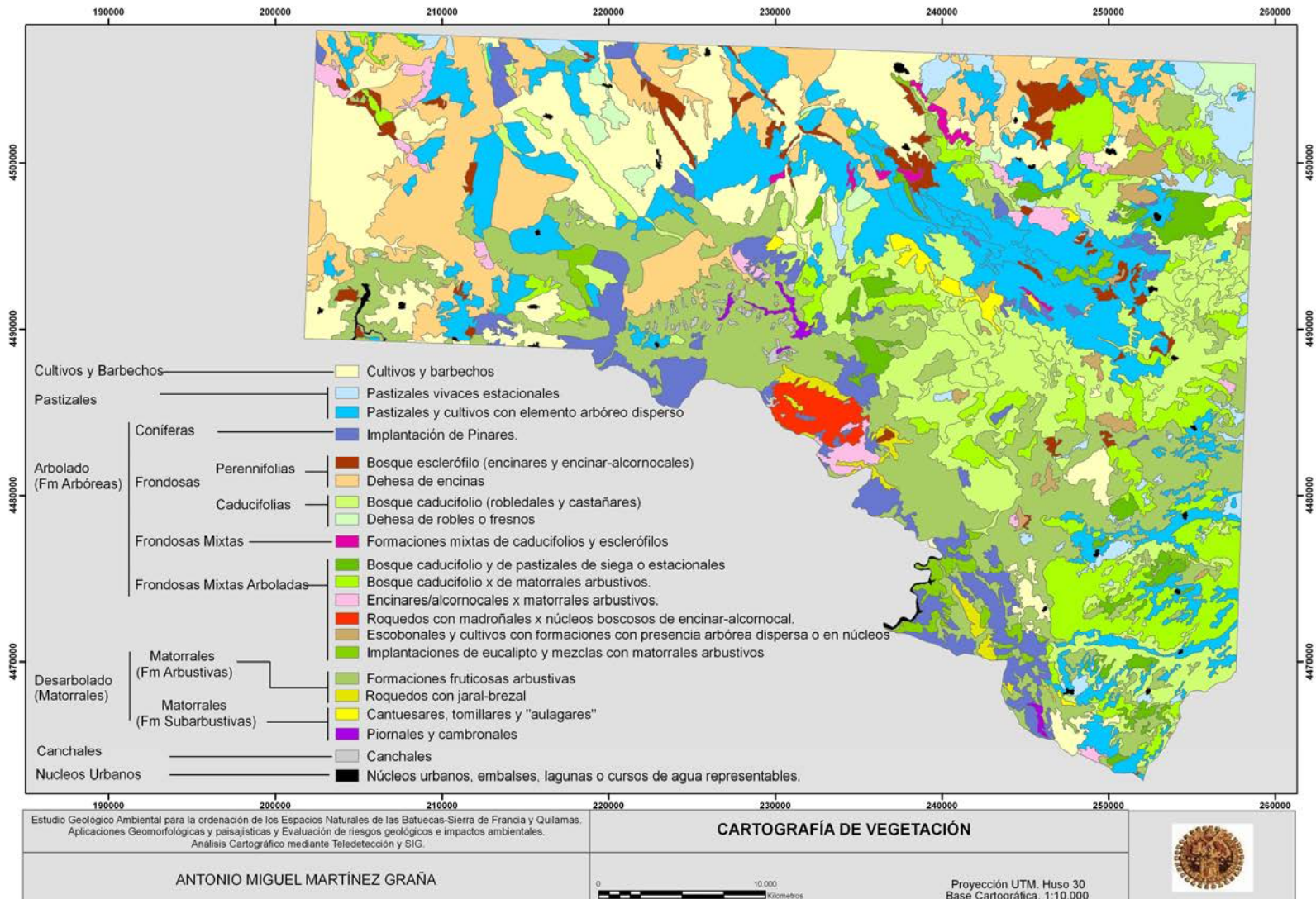


Figura II₆-10. Cartografía de Dominios Fisiognómicos de la zona de estudio.

II.7. Fauna.



II.7.1 Introducción.

II.7.2 Inventario faunístico y su utilización.

Anexos:

Anexo II.7.1. Inventario de Fauna del ENP de “Las Batuecas-S. de Francia”.

Anexo II.7.2. Inventario de Fauna del ENP de “Quilamas”.

II.7.1. Introducción.

El análisis de la fauna de la zona de estudio, permite conocer junto con la vegetación, la biodiversidad existente, siendo en ocasiones, algunas especies, bioindicadores de la influencia de las actividades humanas, pudiendo indicar el grado de afección al medio ambiente.

Para la confección del inventario faunístico se ha procedido a realizar una recopilación de información a partir de fuentes bibliográficas y trabajos de campo de diversos autores (Amores, 1975; Buckley & Alcobenas, 2004; Lizana et al, 1991, 1999; Marco, 2004; Marquez, 2004; Morales et al, 2004; Moreno, 2002; Nores, 1993; Ordiz & Llana, 2004; Palomo & Gisbert, 2007; Palomo et al, 2007; Pérez-Mellado, 1983; Peris et al, 1999; Rodríguez, 2004; Real et al, 2003; Ruiz-Olmo, 2007; Salvador, 1985; Santiago Cano, 2004; Tejado & Requer, 2004; Cramp & Simmons, 2006; Del Moral & De la Puente, 2005; Martínez Solano, 2004; Pertoldi et al, 2006). Como fuentes biblio-gráficas se han consultado los Atlas de Distribución publicados por el Ministerio de Medio Ambiente y las guías de los distintos grupos de Castilla y León. Es preciso aclarar que el estudio faunístico se basa principalmente en el análisis de vertebrados, al ser el grupo de los invertebrados un grupo muy extenso. A pesar de ello, se han consultado los documentos “Los artrópodos de la Directiva Hábitat en España”, “Los invertebrados no insectos de la Directiva de Hábitat en España” y los documentos correspondientes a la ZEPA y LIC de la zona de estudio.

II.7.2 Inventario faunístico y su utilización.

El inventario faunístico se ha elaborado para los dos espacios naturales y zonas adyacentes, mediante tablas en las cuales se muestra la presencia potencial o real de cada especie, los biotopos más representativos de cada especie, así como los diferentes convenios y normativas de protección. (Anexo II.7.1 y Anexo II.7.2). Asimismo se han realizado una serie de fichas sobre las especies más representativas de cada espacio natural, describiendo las características ecológicas y los factores de amenaza.

El análisis faunístico de este capítulo no tiene por objeto una investigación detallada de los recursos faunísticos de la zona de estudio, sino su utilización en el patrimonio biótico. Los lugares donde hay presencia de determinadas especies singulares a nivel social o de protección, se han tenido en cuenta para valorar el grado de biodiversidad faunística a la hora de realizar la cartografía de patrimonio natural, analizando las especies más representativas, bien por su abundancia, singularidad o bien por su grado de protección. (Atlas y Libro Rojo, 2004).

Es de destacar que algunas especies constituyen bioindicadores que muestran la calidad ambiental del medio, como por ejemplo, la presencia de la nutria, que es un bioindicador para aguas de buena calidad.

El análisis de la legislación específica, permite establecer la abundancia y grado de amenaza de las diferentes especies faunísticas. Los convenios y directivas que se han tenido en cuenta son:

- Convenio de Berna (Berna)

Se trata del primer Tratado Internacional que otorga un tratamiento general a la gestión de la vida silvestre, confeccionando una serie de medidas de protección para plantas y animales. Se creó en Berna, el 19 de septiembre de 1979 durante la Tercera Conferencia Ministerial de Medio Ambiente y está en vigor desde 1982. Nuestro país lo ratificó en 1986.

Sus objetivos son asegurar la conservación de la flora silvestre, de la fauna salvaje y de sus hábitats naturales, especialmente de las especies en peligro de extinción y vulnerables (incluyendo las especies migratorias) y de aquéllas cuya conservación requiere de la cooperación de más de un Estado. Este convenio consta de una serie de artículos y de cuatro anexos:

- Anexo I (incluye especies de flora estrictamente protegidas).
- Anexo II (especies de fauna estrictamente protegidas).
- Anexo III (especies de fauna protegidas).
- Anexo IV (métodos de caza y explotación prohibidos).

Este convenio prohíbe, para las especies del anexo II, la captura intencionada, de posesión y muerte intencionadas, el deterioro o la destrucción intencionados de los lugares de reproducción o de las zonas de reposo; la perturbación intencionada de la flora silvestre; la destrucción o recolección intencionada de huevos, la posesión y el comercio interior de los animales vivos, muertos, disecados, etc. Para las especies del anexo III, se dice que cualquier explotación de estas especies se regulará de tal forma que mantenga la existencia de esas poblaciones fuera de peligro.

- Convenio de Bonn (Bonn)

La convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de vida Silvestre, dio como resultado la firma del Convenio de Bonn el 23 de junio de 1979. En ella los países firmantes reconocen la importancia de proteger a las especies migratorias como elementos irremplazables dentro del ecosistema, llegando al acuerdo de conservarlas en beneficio de todo el planeta, entendido éste como un sistema interconectado, donde cada parte se ve influida y afectada por las demás. Incluye dos apéndices: Apéndice I (Especies migratorias amenazadas, para las cuales los Estados firmantes se comprometen a prohibir tomar, cazar, pescar, capturar, hostigar intencionadamente, matar con premeditación o con cualquier otro intento análogo) y apéndice II (Especies migratorias que deben ser objeto de acuerdos internacionales para su conservación). Se ha utilizado la resolución de 8 de julio de 2003 de la Secretaría General Técnica, relativa a los Apéndices I y II de la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres.

- Convenio de Washington (CITES)

Trata sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Flora y la Fauna Silvestres (CITES), creado el de 3 de marzo de 1973 y en vigor desde 1975. El objetivo del convenio no es otro que proteger ciertas especies de fauna y flora silvestres contra la explotación excesiva mediante el comercio internacional. Abarca especies de fauna y flora silvestres en peligro de extinción; y especies de fauna y flora silvestres que no necesariamente se encuentran en peligro de extinción, pero que requieren sea restringido su comercio internacional, para evitar su utilización incompatible con la supervivencia de dichas

especies y lograr así un control eficaz. El CITES contempla cuatro apéndices:

El apéndice I incluye especies de animales y plantas en peligro de extinción que pueden estar afectadas por el comercio, y cuya regulación debe de ser particularmente estricta. El apéndice II recoge las especies que podrían llegar a estar en peligro de extinción, aunque hoy en día no lo estén. El apéndice III reúne especies cuyo comercio debe de restringirse. El apéndice IV muestra el modelo de permiso de exportación

La información contenida sobre CITES ha sido extraída del documento que entró en vigor a partir del 14 de junio de 2006, que hace referencia a los apéndices I, II y III del mencionado convenio.

- Directiva 79/409/CEE (directiva aves) (DOCE 103, 1979).

La Directiva 79/409/CEE de aves, más conocida como Directiva Aves, fue aprobada en 1979 por los Estados de la Unión Europea, constituyendo la primera norma europea dedicada a la conservación de las aves. Se establece un régimen general para la protección y gestión de las especies y una serie de normas para su explotación, obligando a la adopción de todas las medidas necesarias para la preservación, el mantenimiento o restablecimiento de una diversidad y una superficie suficiente de hábitats. Los Estados miembros de la Unión Europea deben establecer zonas de especial protección para ellas. La Directiva de aves presenta los siguientes anexos:

Anexo I: Especies amenazadas que deben ser objeto de medidas de conservación de su hábitat, se deben crear Zonas de Especial Protección para las Aves Silvestres (ZEPAS)

Anexo II: Especies objeto de caza.

Anexo III: Especies comercializables.

La información incluida hace referencia a la Directiva de aves, ha sido obtenida de la Directiva 79/409/CE del Consejo de 2 de abril de 1979.

- Directiva 92/43/CEE (Habitats), (DOCE 206, 1992).

La Directiva 92/43/CEE aprobada en 1992 y más conocida como Directiva Hábitats, tiene como principal objetivo contribuir a la conservación de la biodiversidad mediante la

protección de los ecosistemas y de las especies de flora y fauna salvajes, considerados amenazados en la Unión Europea. Las especies estudiadas pueden estar incluidas en alguno de estos tres anexos:

Anexo II: Especies animales y vegetales de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar zonas especiales de conservación (ZECs).

Anexo IV: Especies animales y vegetales de interés comunitario que requieren de una protección estricta.

Anexo V: Especies animales y vegetales cuya recogida en la naturaleza y cuya explotación pueden ser objeto de medidas de gestión.

Los datos incluidos que hacen mención a la Directiva Hábitats, han sido obtenidos del documento completo de dicha Directiva del 21 de mayo de 1992.

- Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (CNEA)

En España, se crea el CNEA, mediante la Ley 4/89 (BOE 74, 1989), regulado por el R.D. 439/1990 (BOE 82, 1990), donde se incluyen las especies, subespecies y poblaciones de animales y plantas que requieran medidas específicas de protección por parte de las Administraciones Públicas. Este Catálogo es actualizado periódicamente, siendo la última actualización del 2002 (existen otras actualizaciones más recientes, pero no están disponibles todavía). La inclusión en el CNEA de una especie, en una determinada categoría implica la elaboración de un Plan de actuación por parte de las Comunidades Autónomas donde se localizan los ejemplares afectados, para devolverlas a un buen estado de conservación. Existen cuatro tipos de Planes de actuación, según la categoría de amenaza de cada especie:

- Planes de Recuperación, en el caso de especies declaradas “en peligro de extinción”.
- Planes de Conservación del Hábitat, previstos para las especies sensibles a la alteración de sus espacios vitales.
- Planes de Conservación, si se trata de especies catalogadas en la categoría de “vulnerable”. En su caso, también se

exige la redacción de un Plan de protección de su hábitat.

- Planes de Manejo, para las especies de “interés especial”.

En el CNEA se emplean las cuatro categorías descritas en la Ley 4/89 de Conservación de los Espacios Naturales y la Flora y Fauna Silvestre (BOE 74, 1989), según la problemática de cada especie:

- *En peligro de extinción (E)*: reservada para aquellas cuya supervivencia es poco probable si los factores causales de su actual situación siguen actuando; cuando los factores negativos que inciden sobre él hacen que su supervivencia sea poco probable a corto plazo.

- *Sensible a la alteración del hábitat (SH)*, referida a aquellas cuyo hábitat característico está particularmente amenazado, en grave regresión, fraccionado o muy limitado.

- *Vulnerable (VU)*: destinada a aquellas que corren el riesgo de pasar a las categorías anteriores en un futuro inmediato si los factores negativos que actúan sobre ellas no son corregidos.

- *Interés especial (IE)*: para aquellas que son merecedoras de una atención particular en función de su valor científico, ecológico, cultural o por su singularidad.

La información que se menciona sobre el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, ha sido extraída de la última actualización encontrada que corresponde con el año 2002.

- Libros rojos (UICN)

Las categorías que utilizan los libros rojos son las dadas por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). Éstas, nos ofrecen una visión objetiva y actualizada del estado de conservación de cada taxón (especie o subespecie). Se han utilizado las categorías del libro rojo de los vertebrados de España y las categorías que la UICN dictó en el año 2001. Las categorías del libro rojo de los vertebrados de España son las siguientes:

1. *Extinta (Ex)*: taxón no localizado con certeza en estado silvestre en los últimos 50 años.
2. *En peligro (E)*: taxón en peligro de extinción y cuya supervivencia es improbable, si los efectos causales continúan actuando.

3. *Vulnerable (V)*: taxones que entrarían en la categoría “en peligro” en un futuro próximo, si los factores causales continúan actuando.
4. *Rara (R)*: taxones con poblaciones pequeñas, que sin pertenecer a las categorías “en peligro” y “vulnerable”, corren riesgo. Normalmente estos taxones se localizan en áreas geográficas o hábitats restringidos, o bien presentan una distribución rala en un área más extensa.
5. *Indeterminada (I)*: taxones que se sabe pertenecen a una de las categorías “en peligro”, “vulnerable” o “rara”, pero de los que no existe información suficiente para decir cuál es la apropiada.
6. *Insuficientemente conocida (K)*: taxones que se sospecha pertenecen a alguna de las categorías precedentes, aunque no se tiene certeza debido a la falta de información.
7. *Fuera de peligro (O)*: taxones incluidos anteriormente en alguna de las categorías precedentes, pero que ahora se consideran relativamente seguros, porque se han tomado medidas efectivas para su conservación o porque se han eliminado los factores que amenazaban su supervivencia.
8. *No amenazada (NA)*: taxones que no presentan amenaza evidente.

Las categorías de la UICN del año 2001 son las siguientes:

1. *Taxones no evaluados (NE)*: taxón no evaluado en relación a los criterios objetivos proporcionados por UICN (1994).

2. *Taxones evaluados:*

- 2.1 *Datos insuficientes (DD)*: la información es inadecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción en base a la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología estar bien conocida, pero carecerse de datos apropiados sobre la abundancia y/o distribución. Datos Insuficientes no es por lo tanto una categoría de amenaza o de Menor Riesgo. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información, y reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras mostrarán que una clasificación de amenazada puede ser apropiada.

- 2.2 *Datos adecuados:*

Extinto (EX): Un taxón está Extinto cuando no queda duda alguna de que el último individuo existente ha muerto.

Extinto en estado silvestre (EW): Un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautiverio o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Un taxón se presume extinto en estado silvestre cuando muestreos exhaustivos en sus hábitats conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), a lo largo de su distribución histórica, han fracasado en detectar un individuo.

En peligro crítico (CR): Un taxón está en Peligro Crítico cuando enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en un futuro inmediato.

En peligro (EN): Un taxón está En Peligro cuando no está en Peligro Crítico, pero está enfrentando a un muy alto riesgo de extinción en estado silvestre en el futuro cercano.

Vulnerable (VU): Un taxón es Vulnerable cuando no está en Peligro Crítico o En Peligro pero enfrenta un alto riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo.

Menor riesgo (LR): Un taxón es de Menor Riesgo cuando, habiendo sido evaluado, no satisfizo a ninguna de las categorías de Peligro Crítico, En Peligro, o Vulnerable; y no está en Datos Insuficientes. Los taxones incluidos en la categoría de Menor Riesgo, pueden ser divididos en tres subcategorías:

Dependiente de la Conservación (DC). Taxones que son el centro de un programa continuo de conservación de especificidad taxonómica o especificidad de hábitat, dirigido al taxón en cuestión, de cuya cesación resultaría en que, dentro de un período de cinco años, el taxón se califique para alguna de categorías de amenaza antes citadas.

Casi Amenazado (NT). Taxones que no pueden ser calificados como Dependientes de la Conservación, pero que se aproximan a ser calificados como Vulnerables.

Preocupación Menor (LC). Dependiente de la Conservación o Casi Amenazado.

II₈ Paisaje.



II_{8.1} Introducción.

II_{8.2} Objetivos.

II_{8.3} Metodología del análisis del Paisaje.

II_{8.4} Cartografía de Unidades de Paisaje.

II_{8.5} Descripción de las Unidades de Paisaje.

II_{8.6} Valoración de los Paisajes: Cartografía de Calidad Paisajística.

II_{8.7} Cartografía de Fragilidad Paisajística.

II_{8.8} Resultados del análisis del Paisaje.

Anexos:

Anexo II_{8.1}. Otra Bibliografía Consultada.

II.8.1. Introducción.

Los estudios sobre “paisaje” se han desarrollado en diferentes disciplinas (geología, geografía, arquitectura, biología, etc.), generando según ello diferentes definiciones y metodologías de diversos autores (Anexo II 8.1), según disciplinas y autores. Actualmente este término ha evolucionado, superando las distintas connotaciones, hasta considerarse un recurso, en base a su valor estético generado por la combinación de una serie de elementos geobioecológicos y antropicos. El paisaje se puede considerar en su conjunto una entidad derivada de la interacción entre la geología, geomorfología, clima, suelos, ecología, vegetación, hidrología, fauna y actividad antrópica. El análisis del paisaje pasa por el estudio de estos componentes, perceptibles de diferentes formas: visual, auditiva o olfativa. Esta multidimensionalidad permite diferentes métodos de evaluación de su calidad, dificultando su estudio.

El concepto de paisaje comprende los valores intangibles y tangibles del mismo. Se puede definir como una percepción multisensorial de un sistema de relaciones ecológicas (Díaz Pineda y Col., 1973) diferenciando un fenosistema (parte perceptible) y un criptosistema (parte intangible: factores funcionales y causales). El paisaje también se define como el “complejo de inter-relaciones derivadas de la interacción de agua, rocas, aire, plantas, animales y hombres” (Dunn, 1974).

Este término polisémico con acepciones muy diversas, está adquiriendo una importancia creciente en el conjunto de valores ambientales que actualmente demanda la sociedad que, en su conjunto, lo siente y valora como un factor importante de su calidad de vida. Consecuencia de esta revalorización es el auge que están teniendo los estudios de paisaje, especialmente para la solución de problemas planteados en la gestión del territorio.

La ausencia de un concepto claro de paisaje y las dificultades de conseguir información manejable en los estudios

ambientales han condicionado el tardío desarrollo de su análisis en relación con otras variables naturales. Además, el análisis del paisaje suele ser complejo ya que se debe tener en cuenta todos los elementos del medio físico (geología, geomorfología, vegetación, suelos, aire...) y sus interacciones. (García-Quintana et al, 2005), lo que provoca una multiplicidad de enfoques del medio físico, la mayoría complementarios, aunque con una base común: la realidad territorial. Por ello, hasta ahora, en los estudios del paisaje se realizan de forma objetiva análisis de la calidad natural, y de forma subjetiva estiman su percepción o belleza.

En los E.N.P. de Las Batuecas-S. de Francia y Quilamas existe una dependencia entre la calidad paisajística, sobre todo el paisaje visual y los rasgos geológico-geomorfológicos, que tienen en cuenta los Puntos (PIGs), lugares (LIGs) y áreas (AIGs) de interés geológico. Esa calidad paisajística puede ver reducido su valor por las actividades antrópicas, por ello el análisis del paisaje debe tenerse en cuenta en los procedimientos de planificación, tanto en proyectos específicos (minería, infraestructuras...) como en proyectos regionales de tipo estratégico (planes o programas).

Este análisis se realiza a partir de la mirada geológica, utilizando técnicas de observación, descripción y representación cartográfica; permitiendo a los geólogos encontrar, entre otros, uno de los ámbitos más amplios para crear nexos con otras disciplinas, aportando nuestra interpretación, entre las múltiples miradas que sobre el territorio se pueden dar y explorando junto con otros, las estrechas fronteras entre el territorio físico y el emocional y desvelando sus relaciones no visibles.

Antecedentes.

Ya el Plan Nacional de Cartografía Temática y Ambiental (PNCTA) contemplaba el paisaje como una variable estratégica, donde su cartografía definía las unidades de paisaje intrínseco, a modo de unidades homogéneas, derivadas de la

agregación de los elementos o componentes significativos del paisaje y de las cuencas visuales para analizar la incidencia visual (PNCTA, 1996).

Actualmente para determinar la afección paisajística de determinados planes o proyectos, se realizan análisis e informes detallados sobre incidencia paisajística como recomienda el Convenio Europeo del Paisaje (2000). Un claro ejemplo es el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes-PEIT- (2005-2020) del Ministerio de Fomento, que se puso en marcha indicando que en España el retraso secular en infraestructuras ha implicado un menor desarrollo y por ello, un menor grado de desarrollo territorial, lo que implica una mayor conservación del territorio, si tenemos en cuenta que hay una relación directa entre el grado de utilización de un territorio y su conservación (territorios poco intervenidos presentan mayor naturalidad). La baja densidad de población y su irregular distribución, generan un mosaico interrelacionado de paisajes muy diversos, que condicionan la realidad perceptual territorial de España, con una alta calidad intrínseca frente al resto de Europa, lo que se confirma con el 30% aproximadamente de territorio con algún grado de protección nacional y/o internacional: ENP, ZEPAs, LICs.... (Otero et al, 2006 y 2007)

Para el procedimiento ambiental de Evaluación Ambiental Estratégica a nivel municipal, es necesario analizar previamente la definición de usos del suelo (rústico, urbano -delimitado o no-, con grado de protección -cultural, natural, agrícola...-), la posible incidencia perceptual de cada sector en el resto del termino municipal. Actualmente se están elaborando cartografías a nivel nacional sobre la calidad natural (grado de excelencia o mérito para que la esencia y estructura del medio o de alguno de sus elementos se conserve) de los diferentes territorios españoles (Otero et al, 2006) (Figura II₈-1), y de naturalidad ecológica, referido a las superficies existentes de ecosistemas naturales, estimando la naturalidad/artificialidad del uso del suelo (Mancebo et al, 2005, 2007) incluyendo a nuestra zona de estudio como un sector con valores altos de calidad paisajística (entre 6 y 7).

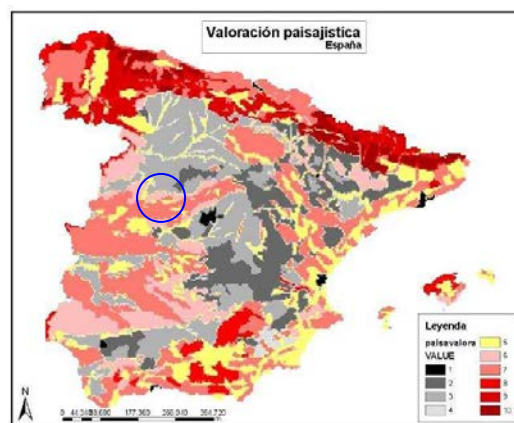


Figura II₈-1. Cartografía de Naturalidad (Otero et al, 2006).

En algunos ámbitos autonómicos se ha desarrollado una normativa específica sobre análisis del paisaje, basada en el Convenio Europeo del Paisaje. Por ejemplo, en Cataluña, el Decreto 343/2006, (DOGC 4723, 2006) de 19 de septiembre, desarrolla la Ley 8/2005, de 8 de junio, de protección, gestión y ordenación del paisaje, (DOGC 4407, 2006), regulando los estudios e informes de impacto e integración paisajística y estableciendo la necesidad y/o obligatoriedad de elaborar los siguientes documentos:

1. Catálogos del Paisaje (documento de carácter descriptivo y prospectivo que determina la tipología de los paisajes de una Comunidad, identifican sus valores y estado de conservación, y proponen objetivos de calidad a cumplir), incluyendo la cartografía de unidades de paisaje, mapas de fragilidad paisajística, mapas de evaluación paisajística (integrando riesgos e impactos) y mapas de calidad paisajística.
2. Cartas del paisaje: instrumento de concertación de estrategias entre agentes públicos y privados, para cumplir actuaciones de protección, gestión y ordenación del paisaje que tengan por objetivo mantener sus valores.
3. Estudio de impacto e integración paisajística: documento técnico destinado a considerar las consecuencias que tiene sobre el paisaje la ejecución de actuaciones, proyectos de obras o actividades y a exponer los criterios adoptados para su integración.

El Paisaje y la Ordenación Territorial.

Actualmente la ordenación del territorio se ha hecho más flexible y selectiva, tanto a nivel conceptual y metodológico como a nivel práctico, de forma que la organización territorial establece un modelo integrado por un lado por estructuras y sistemas territoriales que aumentan su cohesión interna (equipamientos y servicios públicos, asentamientos humanos, sistemas de comunicaciones y transportes...) y por otro, por sectores territoriales con caracteres constitutivos especiales y destacables que requieren situaciones especiales de protección y gestión, como son la Red de Espacios Naturales (REN) que garantice el mantenimiento de la geobiodiversidad y contribuya a mantener las condiciones ambientales de dichos espacios. Ambos aspectos son importantes, ya que las propuestas de ordenación territorial de determinadas estructuras (infraestructuras, núcleos residenciales...), deben ser expresadas en términos espaciales (localización de actuaciones, zonificación...), y cuyo análisis y diagnóstico influye en los procesos y factores que condicionan la evolución del territorio y de su paisaje asociado.

El paisaje y la ordenación territorial deben de interrelacionarse con un desarrollo metodológico eficaz y práctico, tal como lo establecía ya la Unión Europea en 1992, con la denominada Perspectiva Europea de Ordenación Territorial -PEOT-, y que desde 1999 se enfoca al desarrollo territorial equilibrado y sostenible en la llamada Estrategia Territorial Europea -ETE-, tal como se indica en la Declaración de Lisboa (CEMAT, 2006).

El análisis paisajístico es útil y eficaz en el planeamiento territorial desde tres puntos de vista:

1. Contribuye a la correcta localización y disposición de elementos y usos del territorio así como de las estructuras o sistemas que lo conforman.

2. Ayuda a realizar un diagnóstico territorial al mostrar la acogida o los impactos del uso del espacio físico, comprendiendo y explicando sus formas, lo

cual es necesario para ordenarlo, conociendo previamente los procesos que lo han generado.

3. Constituye el espacio físico donde viven cotidianamente las personas, siendo su lugar de trabajo o residencia, lo cual hace que la participación ciudadana sea importante en las propuestas de ordenación territorial.

Estas tres razones, hacen que el paisaje constituya un punto de encuentro entre los planteamientos técnicos, científicos, sociales y políticos; y por ello se establecen objetivos para la calidad paisajística del territorio, al ser un elemento importante en la calidad de vida de las poblaciones, tal como se establece en el Convenio Europeo del Paisaje celebrado en Florencia en el año 2000. Este convenio se ratifica a nivel estatal en febrero de 2008 mediante el Instrumento de ratificación del Convenio Europeo del Paisaje (BOE 31, 2008), donde se potencian entre otras medidas de protección, gestión y ordenación; la identificación y calificación de los paisajes territoriales de cada región, analizando sus características así como las presiones que lo transforman, y estableciendo los objetivos de calidad paisajística en base a los valores particulares de cada sector teniendo en cuenta la participación de la población.

Para que la planificación territorial respete los objetivos de calidad paisajística, integre el paisaje en las políticas territoriales y sectoriales, y sensibilice a la población, se debe reconocer el papel fundamental de los aspectos naturales, geomorfológicos, históricos y culturales, en el análisis paisajístico donde se puede aprender a "leer" el paisaje para mejorar su entendimiento y evolución mediante el análisis riguroso de la calidad y fragilidad paisajística en los espacios naturales de interés, tal como establece la recomendación del comité de ministros sobre orientaciones para la aplicación del Convenio Europeo del Paisaje. (CM/Rec 2008/3).

En la actualidad, la inserción del paisaje en la ordenación territorial, se realiza mediante dos instrumentos: estrategias y directrices territoriales (tratamiento del paisaje a nivel genérico definiendo

tipologías y procesos que las generan, a escala europea, estatal o autonómica), y planes y proyectos de ordenación (se realiza un análisis del paisaje formal, percibido, a escala comarcal o local). Este segundo instrumento es el que se aplica en los procedimientos de Evaluación Estratégica Ambiental (EAE) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), y cuya metodología establece la realización de cartografías de unidades de paisaje y otras cartografías denominadas de preferencias paisajísticas (calidad paisajística, fragilidad paisajística, cuencas visuales...) mediante las cuales, las unidades de paisaje caracterizan cada tipo de paisaje, integrando los usos y actividades presentes.

II.8.2. Objetivos.

Teniendo en cuenta lo anterior, en este trabajo se realiza el análisis del paisaje, con los siguientes objetivos:

1. Determinar la importancia de los factores abióticos: geomorfológico, litológico, hidrológico y edáfico; como componentes representativos y de caracterización del paisaje, los Espacios Naturales Protegidos de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas.
2. Impulsar el conocimiento de los paisajes propios del sector de estudio, identificando sus características y distribución cartográfica a través de los componentes y elementos del entorno.
3. Elaborar una metodología funcional para la elaboración de la Cartografía de Unidades de Paisaje en base a unidades naturales homogéneas (geomorfología-litología-vegetación), que sea eficaz en la ordenación territorial y asignación de usos del suelo.
4. Establecer una metodología que permita la valoración objetiva del paisaje, mediante su integración en un SIG, en base a la calidad y fragilidad del paisaje, útil en la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y eficaz a la hora de determinar el grado de afección o impacto en el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).
5. Determinar los sectores de mayor patrimonio paisajístico en la zona de estudio, permitiendo una mejor conservación y gestión de los ENP, al exigir mayores medidas preventivas y/o correctoras.
6. Sensibilizar a la sociedad sobre la importancia y el valor de los paisajes de estos espacios naturales.
7. Sentar las bases en el sector de estudio, para que en un futuro próximo, cuando se generen las figuras legales de protección de Paisaje, exista un inventario y una zonificación de los lugares de mayor relevancia perceptual.

II.8.3. Metodologías del análisis del Paisaje.

Cada vez es mayor, la preocupación por abordar y analizar sistemáticamente el paisaje. El estudio del paisaje suele ir muy ligado al de las áreas naturales, y al de su evolución y transformación, bien como consecuencia de procesos naturales o como resultado de la intervención humana sobre ellos. Este acercamiento al paisaje está relacionado con la necesidad de realizar estudios integrales de las áreas naturales, cuya expresión exterior es el paisaje, el llamado fenosistema (González Bernáldez, 1981), la percepción del entorno, en tanto que juega un importante papel en el bienestar humano y en la calidad de vida.

A partir de la cartografía de calidad paisajística, podemos conocer la posible incidencia perceptual de cualquier proyecto en el entorno natural a diferentes distancias o ámbitos de afección. El ámbito de afección o referencia (distancia de influencia perceptual), en el análisis de impactos paisajísticos (Baundry & Burel, 2002), se determina a partir del entorno intrínseco (100 metros), y del entorno inmediato (1000 metros), aunque hay estudios que analizan el paisaje a mayor distancia (10.000 metros). Éste último, constituye el análisis de cuencas visuales, también llamado de calidad visual del fondo escénico.

Mediante técnicas SIG, a partir de la cartografía de calidad paisajística se puede determinar la calidad del entorno automá-

ticamente, calculando el valor medio de la calidad intrínseca de los píxeles circundantes para un radio cualquiera (por ejemplo 1000 m), mediante operaciones de vecindad. Para ello se utilizan técnicas estadísticas (Neighborhood -Focal Statistics-) que facilitan el tratamiento y el análisis ambiental del paisaje en los procedimientos ambientales actuales.

Los métodos para la valoración de la calidad del paisaje, aunque numerosos, se pueden agrupar en dos tipos: Directos -paisaje estético- e Indirectos -paisaje total- (Aguiló et al, 2000).

Métodos Directos: realizan una valoración directa subjetiva. Se basan en el análisis directo de forma global, a partir de la percepción y estética, sin disgregar sus componentes. El paisaje constituye la “imagen” percibida e impresa de un territorio. Entre los métodos directos más comunes están los de:

Subjetividad Controlada (DSC): realiza una valoración subjetiva pero valorada en base a una valoración de categorías (p. ej. método de Fines). Esta muy influenciado por el observador, que muestra una actitud descriptiva y condicionada por las expectativas de cada sujeto (formación, edad, status social...). (Corraliza, 1993)

Subjetividad Representativa (DSR): la valoración se basa en la realización de cuestionarios a una muestra representativa (grupo de población), asignando un valor a partir de un análisis de frecuencias estadísticas; o bien de fragmentos del terreno mediante fotografías, que dan siempre una visión limitada parcial y sensitiva de los paisajes. (Bolós, 1992).

Métodos Indirectos. Son objetivos y cuantitativos. Se realizan a partir de la evaluación de los elementos constituyentes del paisaje.

Este método es el que se ha utilizado en la zona de estudio, de forma que en primer lugar seleccionamos una serie de componentes, con los que delimitamos cada unidad natural y a partir de unos coeficientes de ponderación calculamos su valor. Constituye la elaboración teórica del contenido de la “imagen” de un territorio. Uno de los primeros métodos sistemáticos

en la valoración del paisaje, es a partir de la calidad intrínseca (aspectos naturales: geomorfología, vegetación, presencia de agua...), la calidad del entorno inmediato (radio de 700 metros) y la calidad del fondo escénico (intervisibilidad, elementos singulares geológicos, altitud...). (Escribano y Col, 1987).

Los componentes del paisaje en cada unidad natural son claramente identificables, delimitables y visibles, permitiendo su análisis mediante procedimientos sencillos, con resultados rápidos y satisfactorios. Si tenemos en cuenta además, las modificaciones del paisaje por causas antrópicas podemos evaluar y predecir los impactos de determinados proyectos y planes en la calidad del paisaje, analizando el impacto paisajístico y calculando la importancia y magnitud de la afección, mediante procedimientos cualitativos y cuantitativos, ya no solo de la calidad paisajística, sino también de la fragilidad paisajística (grado de susceptibilidad de un paisaje o vulnerabilidad al deterioro por una actividad humana) y la visibilidad (cuencia visual).

Hay que indicar que la valoración de un paisaje mediante métodos directos (subjetiva del observador) no tiene porque coincidir con la valoración indirecta de, por ejemplo la calidad intrínseca de dicho paisaje entendido como recurso; así por ejemplo un paisaje árido con ciertos endemismos, etc, puede ser de alto valor por su especificidad y en cambio estar muy lejos de las preferencias estéticas mayoritarias.

La metodología seguida para el análisis del paisaje en los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia, Quilamas, y zonas de influencia, consta de tres fases: la primera establece la cartografía de Unidades de Paisaje; la segunda analiza la Calidad Paisajística y la tercera fase muestra la Fragilidad del Paisaje. (Figura II₈-2).

Partiendo de las de las unidades de paisaje, que constituyen una interpretación causal de las formas del terreno y de los elementos cambiantes (paisaje dinámico natural) así como su estructura y relación espacial (Bertrand, 1968).

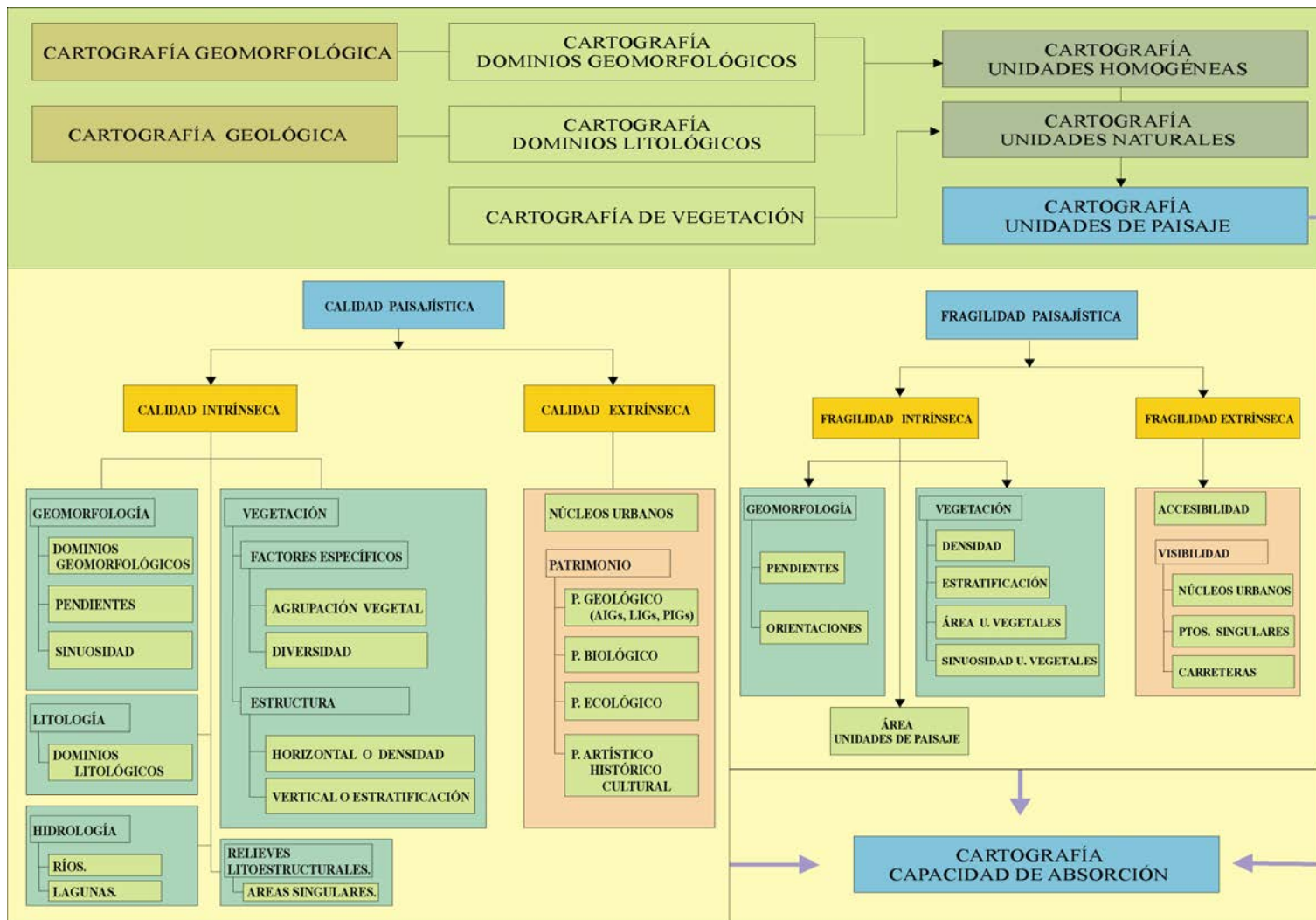


Figura II₈-2. Esquema del procedimiento general para el análisis de la valoración indirecta del paisaje.

Una vez definidas y caracterizadas las diferentes unidades de paisaje, podemos establecer los usos compatibles e incompatibles, atendiendo a criterios de valoración, protección, gestión y ordenación, siempre desde la perspectiva del desarrollo sostenible de cada unidad, realizando proyectos de incidencia paisajística por actividades, en el caso de que se modifiquen o generen nuevos paisajes, como contempla el Convenio Europeo del Paisaje. Esto es de gran importancia, ya que determinados sectores naturales rurales presentan una dependencia económica del propio recurso paisajístico, existiendo comarcas identificadas por su paisaje intrínseco, natural, histórico y tradicional, hasta el punto de constituir el paisaje “denominaciones de origen turísticas” basadas en la diversidad de elementos presentes, estableciendo al paisaje como recurso económico. Este punto de vista, muestra al paisaje como el fruto de las relaciones multiseculares del hombre con su medio, reflejando la “huella” humana en la gestión y calidad ambiental del espacio (Gómez Orea, 1985), siendo el turismo un medio de conservación de los recursos paisajísticos, ya que la propia estética de los paisajes exige el mantenimiento de la funcionalidad de los sistemas naturales que lo forman, siendo la conservación, recuperación e integración paisajística del soporte geológico, biótico y socioeconómico la garantía de la viabilidad del paisaje. El estudio del paisaje va, por lo tanto, muy ligado al de las áreas naturales, y por supuesto al de su evolución y transformación, bien como consecuencia de procesos naturales o como resultado de la intervención humana sobre ellos. (García-Quintana et al, 2005; Abad & García Quiroga, 2006).

Por otro lado, teniendo en cuenta los riesgos geológicos, tanto de ciclo corto (inestabilizan el terreno) como desprendimientos, deslizamientos, modificación natural de cauces fluviales, fenómenos erosivos..., o bien de ciclo largo (estabilizan el terreno) como regularización de laderas, estabilización de cauces..., observamos como el paisaje constituye un elemento dinámico, que tenemos en cuenta en la valoración de las unidades de paisaje.

El paisaje, no es estático, sino que es algo “vivo”, que evoluciona temporalmente por la presencia de los fenómenos naturales y la influencia antrópica (que acelera o disminuye dicha evolución).

De cara a la planificación ambiental, el estudio del paisaje visible ha de concretarse en cartografías que sean de utilidad en la planificación y gestión del territorio. Por ello, en este apartado, la valoración del paisaje, con un enfoque dual: teniendo en cuenta por un lado la presencia y distribución de los componentes del paisaje (formas y pendientes del terreno, presencia de vegetación, usos del suelo...) y por otro la ausencia de impactos que degraden el entorno natural (residuos, infraestructuras, ruidos...), esto es, por una parte analizamos el *paisaje total* que identifica el paisaje con el medio, en base a los componentes temáticos del territorio (relieve, vegetación, hidrología...) y caracterización de sus atributos (pendientes, orientaciones...); y por otra parte el *paisaje visual* donde valoramos el entorno natural en base a criterios estéticos o de percepción. El primer enfoque recopila una información sistemática del territorio mientras que el segundo identifica lo que el observador es capaz de percibir de ese territorio.

El análisis del paisaje es importante, ya que la actividad humana influye directamente en los factores preceptuales, influyendo en la valoración de la calidad paisajística. El recurso paisaje, se deteriora fácilmente y su renovación es muy difícil, por lo que en la ordenación territorial debe buscarse su preservación y conservación, tal como establece la Directiva 85/337 de EIA (DOCE 175, 1985) y su trasposición a la legislación nacional y autonómica, por lo que debe analizarse como un factor independiente más junto con los factores abiótico, biótico y socioeconómico.

II_{8.4}. Cartografía de Unidades de Paisaje.

Para realizar un análisis paisajístico de nuestra zona, dividimos espacialmente el territorio en unidades de paisaje (UP), o agregación ordenada y coherente de los componentes elementales de cada sector, los cuales se clasifican, ponderan, reclasifican y cartografían en el siguiente apartado.

La unidad de paisaje es un ámbito del territorio estructuralmente, funcionalmente o visualmente coherente sobre el que puede recaer, en parte o totalmente, un régimen diferenciado de protección, gestión y ordenación. Para su análisis, en primer lugar, utilizamos los componentes abióticos más significativos, que son la Geomorfología y la Litología. (González Echevarría, 2000).

El componente geomorfológico se ha obtenido en base a la cartografía de unidades geomorfológicas, la cual se sintetiza en una cartografía de dominios geomorfológicos, que se agrupa, teniendo en cuenta su representatividad en el paisaje, obteniendo dominios geomorfológicos para paisaje (Figura II₈-3 y Tabla II₈-1).

1	Cumbres, Cuerdas, Divisorias fluviales, Colinas y Lomas.
2	Laderas.
3	Valles Fluviales Encajados.
4	Superficies, Piedemonte y Pedimentos.
5	Escarpes Fluviales y Tectónicos.
6	Terrazas Fluviales, Aluviales y Fondos de Valle.

Tabla II₈-1. Dominios Geomorfológicos Simplificados.

El componente litológico se establece a partir de la cartografía geológica, extrayendo la zonificación litológica generando la cartografía litológica, la cual se sintetiza en unidades litológicas con incidencia paisajística (Figura II₈-4 y Tabla II₈-2).

A	Granitos.
B	Cuarcitas.

C	Pizarras, Esquistos, Grauvackas.
D	Calizas y Dolomías.
E	Areniscas ocre-rojizas y y Arcosas marrones.
F	Conglomerados, Gravas, Arenas, Limos y Fangos.

Tabla II₈-2. Unidades Litológicas Simplificadas.

Cruzando mediante técnicas SIG (ArcGis 9.2) ambos componentes, geomorfología y litología, se obtienen 14 unidades diferentes, eliminando y/o agrupando algunas en base a los siguientes criterios:

1. Unidades muy pequeñas y dispersas, que perceptualmente no tienen representatividad, quedando incluidas en otras unidades más grandes y notorias.

2. Unidades que son similares a otras, como por ejemplo los grupos “2.B” (laderas en cuarcitas) y “2.C” (laderas en pizarras), quedarían integrados en el grupo dominante “2.C”, ya que a nivel paisajístico se comportan igual. Igualmente se han integrado las unidades 3.A “Valles Fluviales encajados en granitos”, y la unidad 4.C “Superficies sobre pizarras y granitos” ya que se encuentran entremezcladas en el paisaje definiendo unidades específicas singulares. Por último, se han agrupado las unidades 5.C “Escarpes en pizarras” y 5.E “Escarpes en conglomerados y areniscas” por incidir en el paisaje, sobre todo el dominio geomorfológico y no las diferencias litológicas.

3. Agrupación de algunas unidades, que se consideran que van unidas con mayor incidencia perceptual. Estas unidades constituyen porciones del terreno relativamente homogéneas en sus condiciones ambientales y en sus componentes paisajísticos.

4. Eliminación de algunas unidades “erróneas” generadas con la capa de los límites de la zona de estudio.

Finalmente se obtiene, simplificando las unidades, una cartografía de 11 Unidades Homogéneas. (Figura II₈-5).

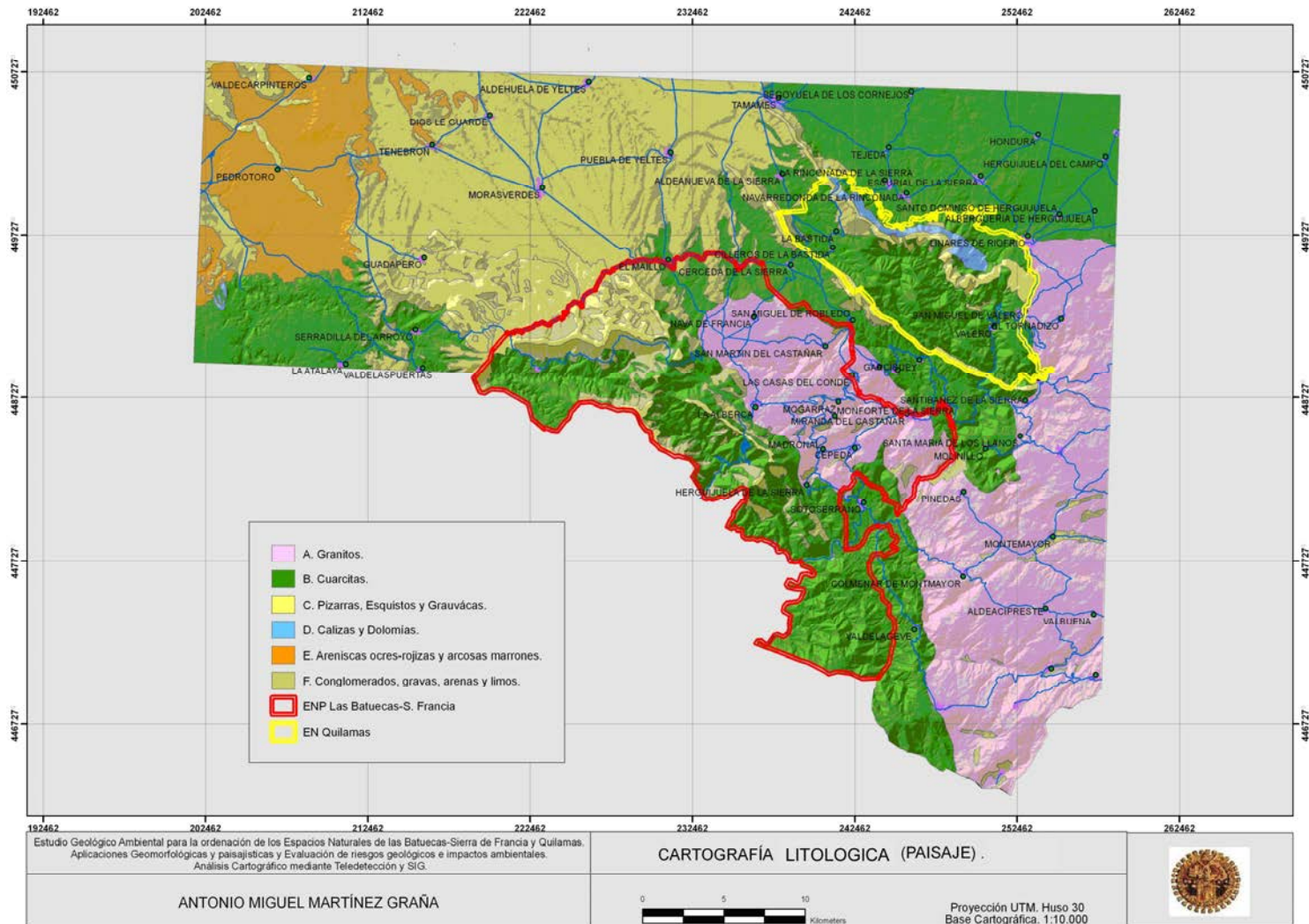


Figura II₈-4. Cartografía Litológica simplificada para paisaje.

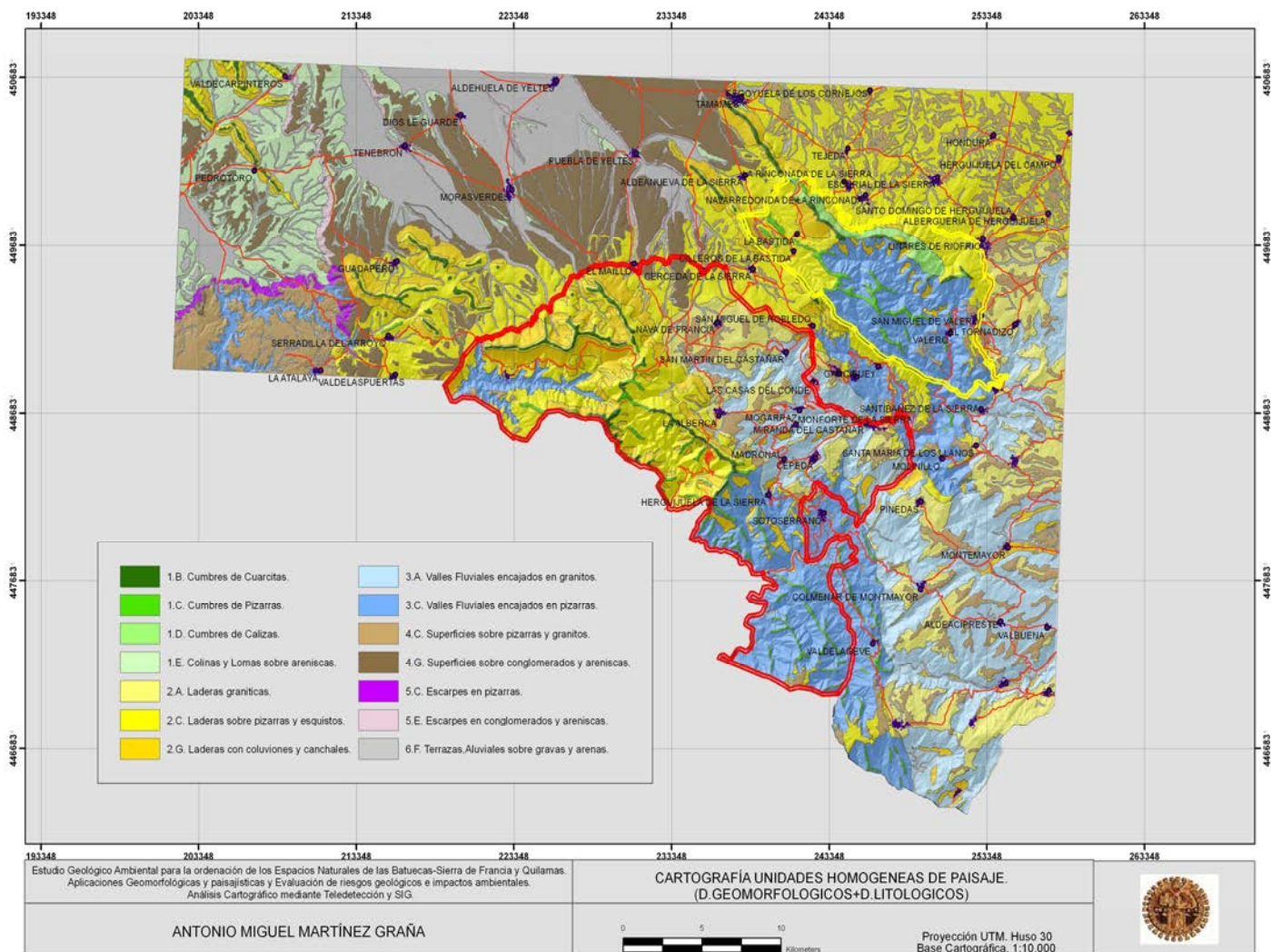


Figura II₈-5. Cartografía de Unidades Homogéneas.

Una vez obtenidas las Unidades Homogéneas, se contempla el tercer componente que interviene de forma decisiva en el paisaje, la vegetación (factor biótico).

A partir de la cartografía de dominios fisiognómicos se establece una cartografía sintética de vegetación para su uso en paisaje. (Tabla II₈-3).

FA	Formaciones Arbóreas.
FD	Formaciones Arbustivas y Subarbustivas (Fm Desarboladas o Matorrales).
FM	Formaciones Mixtas Arboladas.
PaCB	Pastizales, Cultivos y Barbechos

Tabla II₈-3. Unidades de vegetación simplificadas.

Estas unidades de vegetación, se han agrupado de la siguiente forma:

Formaciones arbóreas (FA): Incluyendo coníferas (implantación de pinares), frondosas perennifolias y caducifolias (bosque esclerófilo, dehesa de encinas, bosque caducifolio, dehesa de robles y fresnos) y frondosas mixtas (formaciones mixtas de caducifolios y esclerófilos).

Formaciones Arbustivas y Subarbustivas (Desarboladas, FD): incluyendo todos los matorrales, es decir, tanto las formaciones arbustivas (formaciones fructuosas arbustivas, mosaico de roqued-jarales-brezales-madroñales-escobonales) y formaciones subarbustivas (cantuesares-tomillares-aulagares, piornales y cambronales).

Formaciones Mixtas Arboladas (FM): incluyendo mosaico de bosque caducifolio con pastizales estacionales y matorrales arbustivos, bosque caducifolio con matorrales arbustivos, encinares-alcornocales con matorral arbustivo, escobonales y cultivos con formaciones arbóreas dispersas o en núcleos y implantaciones de eucaliptos con mezclas de matorrales arbustivos.

Pastizales, Cultivos y Barbecho (PaCB): incluyendo pastizales vivaces estacionales y pastizales con elementos arbóreos dispersos. Integramos en esta unidad, los cultivos y terrenos en barbecho.

El cruce de la cartografía de Unidades Homogéneas y la cartografía de vegetación simplificada para paisaje, genera una cartografía de unidades naturales con 21 unidades, algunas de ellas sin incidencia perceptual, y otras muy delimitadas en el interior de cada unidad homogénea, por lo que se procedió a determinar el número de unidades naturales finales, mediante la integración del tipo y posición espacial de las unidades de vegetación en las unidades homogéneas, obteniendo la cartografía de unidades naturales o ambientales. (Figura II₈-6).

A lo largo de todo el procedimiento, se dio prioridad en la agrupación de unidades de paisaje, a los dominios geomorfológicos, ya que son unidades que imprimen la configuración espacial del relieve.

También se han tenido en cuenta las unidades litológicas, en aquellos sectores donde representan un valor paisajístico añadido, como son sectores altos y de laderas, coincidentes con formaciones arbustivas y desarbustivas o formaciones mixtas, entendiéndose que en zonas con formaciones arbóreas y mixtas la densidad y/o portes arbóreos suprimen el cromatismo diferencial del sustrato litológico.

Por ello, y dadas las peculiaridades de nuestra zona de estudio, se ha diferenciado en las laderas, la unidad litológica de las pizarras que imprimen un color de fondo oscuro-grisáceo verdoso y los colores claros de cuarcitas. En el dominio de cumbres y crestas destacamos la cuarcita armoricana con respecto al resto de litologías (granitos, pizarras...) que cobran una dominancia especial, destacando en el relieve con sus originales cresterías blancas.

Posteriormente se ha dado importancia al tipo y disposición de las masas vegetales agrupándolas según su singularidad, el grado con el que destacan en el entorno según su altura y por su naturalidad; en los diferentes dominios geomorfológicos, en cuatro grupos: Formaciones arboladas (FA), Formaciones Arbustivas y Subarbustivas (FD), Formaciones Mixtas (FM) y en unidades más antrópicas (Pastizales y Cultivos y Barbechos).

Una vez reclasificadas las unidades naturales, se obtienen 11 unidades de paisaje que dan lugar a la cartografía de unidades de paisaje. (Figura II₈-7).

Resultados: Unidades de Paisaje.

Analizando la cartografía de unidades de paisaje (Mapa 2 del Anexo Cartográfico). en nuestra zona de estudio, observamos que los sectores de mayor altura, (Unidad 1.: 1.B.SV, 1.C.FD, 1.D.FD, 1.E.FA.PaCyB, - colores verdes) presentan las siguientes unidades destacables: sectores de cumbres Sin Vegetación (SV) y se encuentran recubiertos de coluviones, sobre todo, canchales, que destacan perceptualmente, por su disposición y cromatismo. Igualmente hay que destacar los sectores de colinas y lomas con formaciones arboladas (FA) y en menor medida Pastizales y Cultivos-Barbecho (PaCB), en el sector oeste; siendo unidades muy poco abundantes aunque representativas las Formaciones Arbustivas y Subarbustivas de las cumbres (Peña de Francia) y escarpes (El Maillo-Puebla de Yeltes).

Las laderas (Unidad 2: 2.A.FA.PaCyB, 2.C.FA.FD, colores amarillos), son dominios fisiográficos muy representativos en el centro del Espacio Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia y en el sector NE de la zona de estudio, destacando las Formaciones Arboladas en el sector de la hoja de Martiago, y predominando en el resto del espacio natural grandes manchas de formaciones arbustivas y subarbustivas (laderas de la Sierra de Francia). En el sector NE predominan los Pastizales y Cultivos-Barbechos.

Los sectores de valles encajados (Unidad 3: 3.A.FA.FD, 3.C.FM.PaCyB, colores azules), se distribuyen en el interior de los espacios naturales de Quilamas y la parte S y SE de las Batuecas- S. de Francia, dominando las formaciones arbustivas y subarbustivas (FD), en los sectores de entresieras (Garcibuey, Sequeros...) seguidas de formaciones mixtas (FM) en zonas adyacentes a las anteriores pero de menor extensión en la zona oriental (Fuente de San Esteban, Linares...) y SE (Pinedas, Montemayor del Río...). Menor representatividad espacial presentan las unidades con formaciones arboladas, que se distribuyen

en el sector S y SE rodeando a los valles fluviales.

Las superficies más o menos tendidas (Unidad 4: 4.G.PaCyB, color marrón), se encuentran en la periferia de los Espacios Naturales, quedando dispersas entre los valles graníticos, o bien en el sector N y E, discontinuas bajo formaciones de Pastizales sobre superficies de colmatación (sector norte) y sobre superficies erosivas (sector este). El pedimento presenta formaciones mixtas, quedando retazos muy dispersos de formaciones arbustivas y subarbustivas. (FD). Los escarpes fluviales y tectónicos (unidad 5: 5.C.E.FA.PaCyB, color naranja), destacan en el margen derecho del río Yeltes, desplazando y retrocediendo el escarpe fluvial que va desde El Maillo a Aldehuela de Yeltes; así como el tectónico generado por la fosa de Ciudad Rodrigo, al NE de la zona de estudio.

Finalmente las terrazas y fondos de valle (Unidad 6: 6.F.FA.FD.PaCyB, color gris), preferentemente asociadas a los cauces del norte de la zona de estudio (Tenebrón, Dios Le Guarde, Morasverdes...) presentan formaciones arboladas (FA) en sector norte y en sector este; y en los fondos de valle predominan las formaciones arboladas de ribera y/o repoblaciones forestales

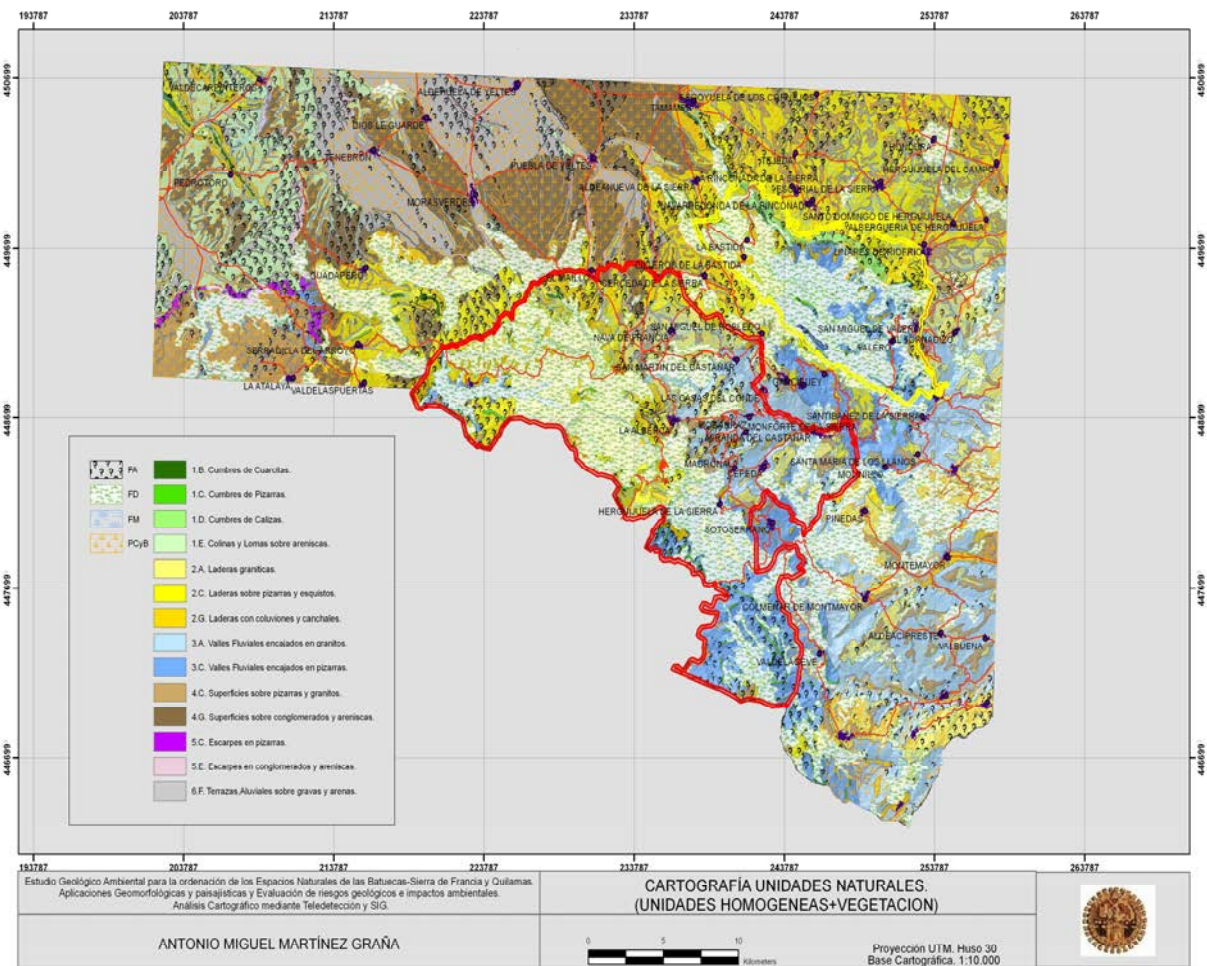


Figura II₈-6. Cartografía de Unidades Naturales (U. Homogéneas y Vegetación).

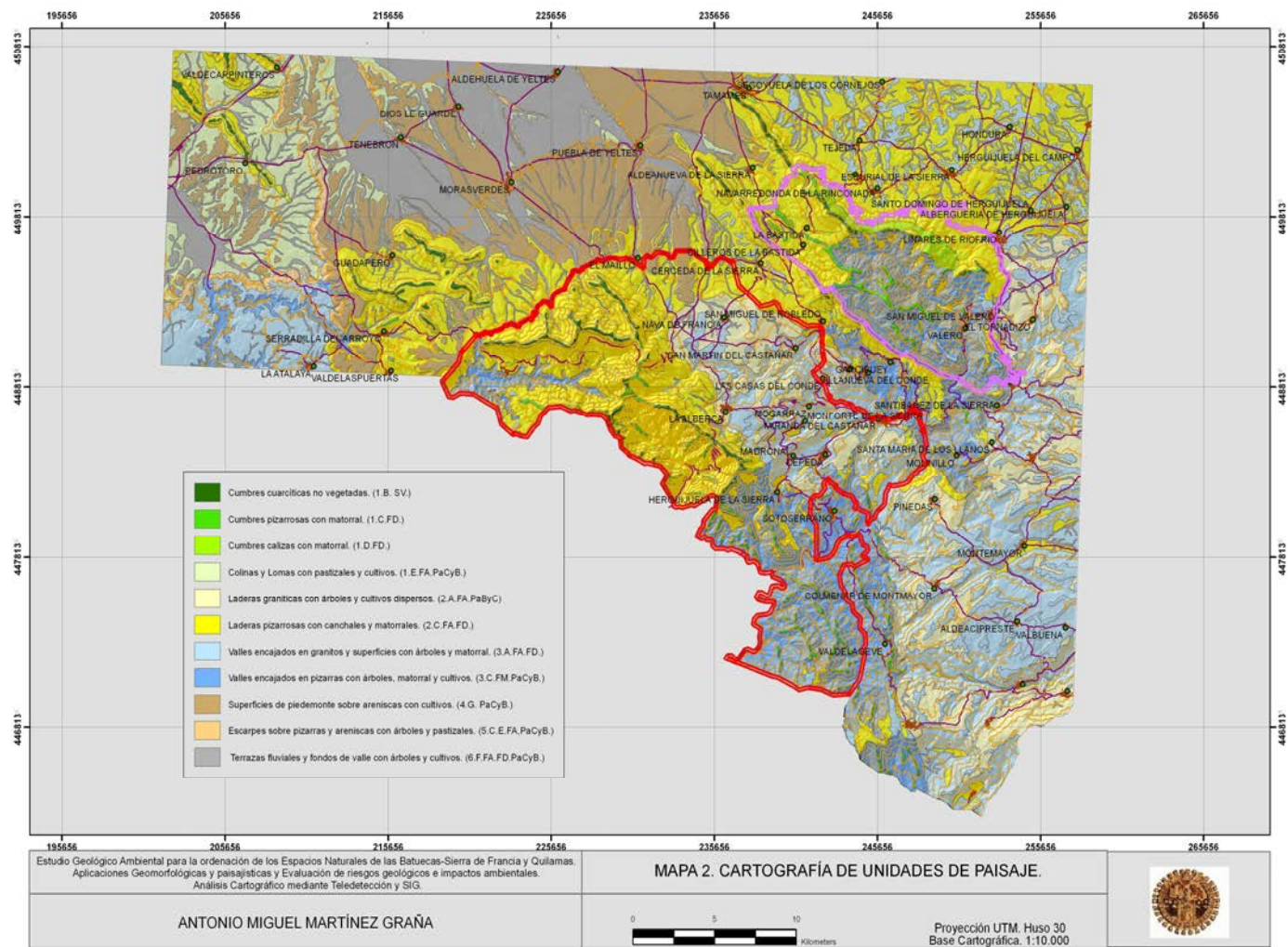


Figura II₈-7. Cartografía de Unidades de Paisaje. (Mapa 2, Anexo Cartográfico).

II.8.5. Descripción de las Unidades de Paisaje.

La descripción del paisaje de nuestra zona de estudio, puede realizarse de dos formas diferentes, una más sistemática, a partir del inventario de los distintos componentes que forman el paisaje, para posteriormente proceder a su integración y obtener diferentes cartografías de utilidad en la planificación ambiental, como por ejemplo las cartografías de calidad y fragilidad paisajística en las Evaluaciones Ambientales Estratégicas, tal como se va a realizar en el apartado posterior; y otra mediante el análisis directo de los tipos de paisajes existentes en los entornos naturales destacables, describiendo perceptualmente los diferentes paisajes geomorfológicos en base a sus características visuales, con observación directa en el campo y mediante fotografías (2D y 3D) en diferentes estaciones del año..., tal como se desarrolla en este apartado (Metodo Directo DSR).

A partir de la cartografía de unidades homogéneas, en un primer momento, se ha procedido a realizar un análisis de las unidades más representativas de la zona de estudio, valorando las áreas singulares de interés paisajístico-turístico (Peña de Francia, Monsagro, etc.), los componentes y elementos más valorados en las diferentes descripciones de grupos de población (turistas) en dichas zonas (Metodo Directo DSC); y mediante su caracterización en campo, utilizando atributos que describen el entorno natural. Para su descripción se han utilizado diversos puntos de observación, desde los que se definen los elementos y componentes de cada escenario perceptual.

Se han diferenciado en base al carácter espacial distintos tipos de paisaje:

1. Panorámicos: no hay límites aparentes en la escena, elementos planos, el primer plano y el cielo dominan la escena.
2. Encajados o cerrados: definidos por la presencia de barreras visuales. El espacio queda muy definido.
3. Figura dominante: dominado por la presencia de un componente singular.

4. Localizado: existen líneas paralelas u objetos alineados que convergen en un punto.

5. Filtrado o en espesura: visión a través de una barrera vegetal.

En estos paisajes, se han tenido en cuenta los rasgos visuales siguientes: color, forma, línea, tamaño, textura; describiéndose su influencia sobre los componentes y en el conjunto del paisaje, analizando su naturalidad (grado de intervención del hombre) y riqueza de hábitat (grado de biodiversidad). La zona de estudio presenta una gran naturalidad, tal como muestra la cartografía realizada para su utilización en EAE (Figura II.8.-8)

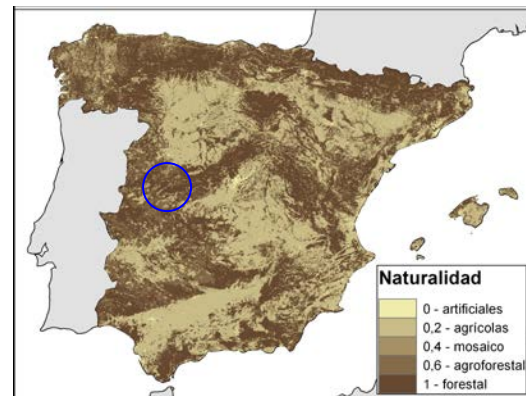


Figura II.8.-8. Cartografía de Naturalidad (Mancebo et al, 2007).

Color. Grado de respuesta de la incidencia de la luz sobre los elementos naturales definido por el tono, brillo y los contrastes. Este parámetro es uno de los que mejor define las cualidades estéticas. (Figura II.8.-9).



Figura II.8.-9. Contrastes de color por mezclas de castaños y robles, en el tapizado vegetal en el valle del Lera.

Forma. Los elementos naturales pueden ser bidimensionales por la presencia de superficies adyacentes que contrastan en color y /o textura, o tridimensionales determinadas por el volumen de un elemento del relieve o de otro objeto natural o artificial. Las formas se caracterizan por su geometría, complejidad y orientación con respecto a los planos del paisaje. Las formas pueden ser cambiantes como el humo, nubes, etc, u objetos móviles, que atraerán la atención del observador.

Línea. Es el camino real o imaginario que percibe el observador cuando existen diferencias bruscas entre los elementos visuales o cuando los elementos se presentan con una secuencia unidireccional. Las líneas se pueden caracterizar por su definición o fuerza, por su complejidad o por su orientación.

Textura. Es la manifestación visual de la relación entre luz y sombra motivada por las variaciones existentes en la superficie de un objeto. Puede caracterizarse por su grano que puede ser fino o grueso, su densidad, su regularidad o por su contraste interno.

Escala o Dimensión. Es el tamaño o extensión absoluta o relativa, de un elemento integrante del paisaje. La apreciación de la escala se ve alterada por la apariencia de los objetos y la configuración del espacio externo en el que se encuentran (un espacio pequeño hace que los efectos parezcan de mayor escala).

Carácter espacial. Constituye un elemento visual complejo que engloba el conjunto de cualidades del paisaje determinados por la organización tridimensional de los objetos y los espacios libres o vacíos de la escena

A partir de estas características visuales se analiza la organización visual del espacio según:

- a. El contraste visual existente: entre colores y formas.
- b. La dominancia espacial de unos elementos sobre otros. (Figura II₈-10).
- c. Importancia relativa de las características visuales.



Figura II₈-10. Dominancia Espacial de la litología en la Peña de Francia.

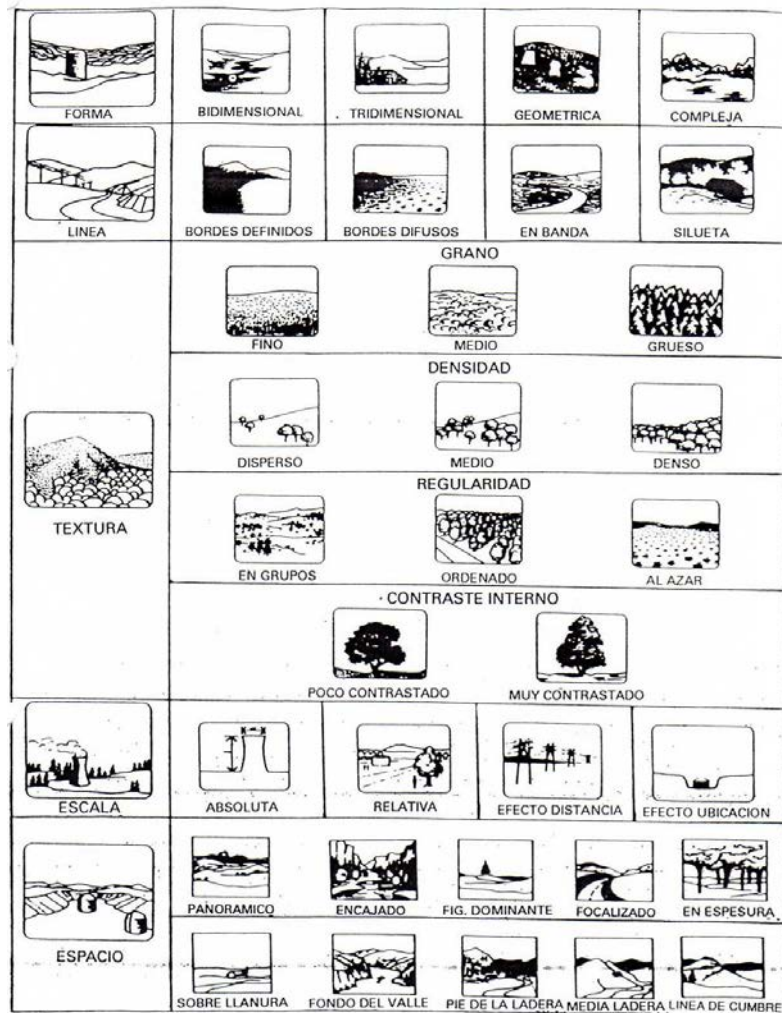
Para el análisis de las características visuales se han tenido en cuenta una serie de clasificaciones y ábacos de interpretación visual, así como diferentes características de los componentes del paisaje que determinan la caracterización visual sintetizada de varios autores (Yeomans, 1986; BLM, 1980, Aguiló y col., 2000) (Figura II₈-11a).

También se ha tenido en cuenta en esta descripción visual del paisaje, los posibles límites y modificaciones de la visión, sobre todo:

1. Curvatura de la tierra y refracción de la luz. Limitan la visión de objetos con la distancia. Estas limitaciones no son significativas en escalas pequeñas pero si en amplias escalas o si estamos analizando el impacto visual de estructuras de gran altura, una pequeña reducción de ésta conlleva una gran disminución del impacto.

2. Distancia. A medida que los objetos se alejan del observador, sus detalles van dejando de percibirse hasta que llega un momento en que el objeto desaparece. La calidad de la percepción visual disminuye con la distancia y por lo tanto podemos fijar una distancia a partir de la cual no nos interesa realizar el análisis. La distancia nos permite introducir elementos de ponderación aplicando pesos específicos más altos a aquellos elementos más próximos.

Otros atributos que se han tenido en cuenta para valorar la vulnerabilidad visual son los de Tetlow (Tetlow & Sheppard, 1979) y la capacidad de absorción visual los de Yeomans (Yeomans, 1986) (Figura II₈-11b).



Componente	Características visuales más destacadas	Atributos del componente asociados	Comentarios
Formas del terreno.	Definición del espacio. Forma-Volumen. Línea. Escala.	Altitud (altitud relativa). Pendiente. Orientación. Tipo de forma topográfica. Complejidad topográfica. Singularidad morfológica.	La topografía incide en: — Posibilidad de obtener vistas distintas en función de la posición del observador. — Posibilidad de ocultar resaltar actuaciones. — Relaciones espaciales. — Etc.
Suelo y roca.	Color. Forma. Textura. Línea. Escala.	Superficie expuesta. Tipo (lámparas, pedrizas, pedreros, formaciones rocosas masivas, etc.). Procesos erosivos (cárcavas, regueros, campos de piedras, etc.). Singularidades geológicas y geomorfológicas.	Diversidad cromática y de texturas. Contraste con zonas adyacentes.
Agua.	Forma-Superficie. Línea. Textura. Escala.	Tipo (ríos, arroyos, láminas de agua, nieve, etc.). Estacionalidad. Singularidades (cascadas, rápidos, glaciares, etc.).	Puede actuar destacando otros elementos, resaltándolos, por contraste. Marca corredores o bandas. Actúa como punto de atracción pudiendo ser dominante. Refleja el entorno cuando aparece en láminas extensas.
Vegetación y uso del suelo.	Textura. Color. Forma. Línea. Definición del espacio. Escala.	Tipo de formación (fisionomía). Diversidad florística. Estacionalidad. Estructura vertical. Altura del estrato superior. Tipo de distribución o estructura horizontal. Densidad. Naturalidad.	Determina en gran medida la estructura espacial. Introduce diversidad y contrastes.
Actuaciones humanas (puntuales, lineales, extensivas).	Escala. Forma. Color. Línea. Textura. Definición espacial.	Tipo de actuación. Extensión superficial. Distribución espacial. Volumen/altura. Diseño y estilo. Características de los materiales. Estado actual. Complejidad. Singularidades.	El contraste por artificialidad supone una atracción visual en paisajes poco artificializados. Es de gran importancia la posición espacial que ocupan las actuaciones. Las actuaciones pueden incidir favorablemente.

Figura II₈-11a. Descripción de las características visuales básicas (Tetlow; Sheppard, 1979) (Izq.) y síntesis de las características visuales de los componentes del paisaje (Dcha) (Yeomans, 1986).

Factor	Características	Valores de C.A.V.	
		Nominal	Numérico
Pendiente P	Inclinado (pendiente > 55%).	BAJO	1
	Inclinación suave (25-55% pendiente).	MODERADO	2
	Poco inclinado (0-25% pendiente).	ALTO	3
Diversidad de vegetación D	Eriales, prados y matorrales.	BAJO	1
	Coníferas, repoblaciones.	MODERADO	2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques).	ALTO	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad E	Restricción alta, derivada de riesgo alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	BAJO	1
	Restricción moderada debido a cierto riesgo de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	MODERADO	2
	Poca restricción por riesgo bajo de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	ALTO	3
Contraste suelo-vegetación V	Bajo potencial de regeneración.	BAJO	1
	Contraste visual moderado entre el suelo y la vegetación.	MODERADO	2
	Contraste visual bajo entre el suelo y la vegetación adyacente.	ALTO	3
Vegetación. Regeneración potencial R	Potencial de regeneración bajo.	BAJO	1
	Potencial de regeneración moderado.	MODERADO	2
	Regeneración alta.	ALTO	3
Contraste de color roca-suelo C	Contraste alto.	BAJO	1
	Contraste moderado.	MODERADO	2
	Contraste bajo.	ALTO	3

	PENDIENTE FUERTE (>30%)	PENDIENTE MODERADA (15-30%)	PENDIENTE SUAVE (0-15%)
PAUTAS DE DISTRIBUCION NO APARENTES (Sin pautas o de bajo contraste)			
Pautas indefinidas (UNIFORME) <i>Forma:</i> expresión superficial amortiguada. <i>Color/Textura:</i> superficie forestal continua de coníferas, frondosas, o mezcla de ambos tipos.	VULNERABILIDAD VISUAL ALTA	VULNERABILIDAD VISUAL MODERADA	VULNERABILIDAD VISUAL MODERADA
Pautas definidas (BAJO CONTRASTE) <i>Forma:</i> amortiguada o con una débil expresión superficial. <i>Color/Textura:</i> superficie continua de bosque, con agrupaciones o manchas irregulares de coníferas o caducifolias.	ALTA	MODERADA	MODERADA
PAUTAS APARENTES (Distribución de gran contraste)			
Distribución vertical (ORIENTACION PERPENDICULAR A LAS CURVAS DE NIVEL) <i>Forma:</i> laderas abarrancadas, abanicos coluviales. <i>Color/Textura:</i> avalanchas, desprendimientos, bandas de vegetación riparia.	ALTA	MODERADA	NO DISTINGUIBLE
Distribución irregular (AUSENCIA DE ORIENTACION LINEAL MARCADA) <i>Forma:</i> terreno montañoso (colinas), alternando con afloramientos rocosos y laderas erosionadas. <i>Color/Textura:</i> conjunto boscoso ininterrumpido con numerosos claros irregularmente repartidos.	MODERADA	BAJA	BAJA
Distribución horizontal (ORIENTADA SEGUN CURVAS DE NIVEL) <i>Forma:</i> aterrazada, laderas abancaladas, roquedos horizontales, fondos de valle irregulares. <i>Color/Textura:</i> exposición horizontal de los estratos rocosos o distribución horizontal de la vegetación.	MODERADA	BAJA	BAJA

Figura IIg-11b. Valoraciones de la capacidad de absorción visual (Yeomans, 1986) (Izq.) y criterios de vulnerabilidad visual de (Tetlow;Sheppard, 1979) (Dcha).

El aumento de la distancia da colores más pálidos tendiendo a los tonos azulados, los colores claros destacan más que los oscuros, se debilita la fuerza e intensidad de las líneas, la textura pierde contraste y el grano es más fino.

3. Ángulo sólido y factor de posición. Ligado a la distancia esta la determinación del área mínima visible y del área que ocupa un objeto determinado en el plano de visión (intrusión visual). Ambas medidas se relacionan con el ángulo sólido que abarca el objeto contemplado que es función del área del objeto en su plano y del ángulo de incidencia visual.

4. Ángulo de incidencia visual. Otros factores que pueden modificar la calidad visual son los ángulos que forman el eje de visión con el terreno en los planos vertical y horizontal. Es habitual aplicar sistemas de ponderación que penalicen ángulos de incidencia más agudos.

En cuanto a la posición del observador, un objeto resulta tanto más dominante cuanto más cerca esté del observador, pero es necesario la elevación de éste con respecto al objeto. Las posiciones inferiores hacen que las formas parezcan mayores incrementando su dominancia y cerramiento escénico, en cambio las posiciones superiores amplían el campo de visión dando una idea general de la disposición de los elementos del paisaje.

Las condiciones atmosféricas, como por ejemplo la nubosidad, reducen la intensidad de los colores, si bien en ocasiones puede incrementar los contrastes y en general pueden ocultar parte de la escena, haciendo cambiante la interpretación de dicho paisaje.

Cualquier paisaje esta dominado por diferentes proporciones de elementos abióticos, bióticos y antrópicos.

En los Espacios Naturales de la zona de estudio, la variación altitudinal y topográfica, la diferenciación climática entre la cuenca hidrográfica del Duero y la del Tajo, así como las diferentes actividades humanas y formas de vida; determinan la ocupación del territorio, y permiten realizar una diferenciación paisajística según los grandes dominios geomorfológicos que

forman parte de las unidades de paisaje. A continuación describimos las diferentes unidades de paisaje de nuestro sector de estudio, que constituyen los tipos de paisajes más característicos de los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierrade Francia, Quilamas y zonas adyacentes.

Paisajes en sectores de Sierra. (Unidades de Paisaje 1.B.SV, 1.C.FD, 1.D.FD, 1.E.FA.PaCyB.).

Las unidades comprendidas en los sectores de sierra, constituyen paisajes panorámicos, donde los límites de la vista se encuentran a distancias mucho mayores que los límites visuales. Observamos una visión de la disposición del relieve regional, dominando las líneas horizontales y el cielo ocupa gran parte del fondo escénico. Estos paisajes panorámicos se presentan en la Peña de Francia, Pico Cervero, o bien desde todas las cumbres y cimas, no tan acentuadas como Peñas Albercanas, Collado de Rinconada... Los afloramientos cuarcíticos, que constituyen paredes abruptas y divisorias afiladas destacan sobre dichos portes no arbóreos en sectores muy amplios de las laderas altas de las sierras de Quilamas y Francia, alrededores de Guadapero, Sierra de Torralba, etc.

En este sector los paisajes se ordenan en función de su altitud, que determina a su vez las condiciones climáticas y consecuentemente los procesos geodinámicos (canchales, deslizamientos...), la instalación de vegetación y los asentamientos humanos, como ocurre en las cumbres de la Sierra de Francia.

La unidad de paisaje **1.B.SV**, se corresponde a cumbres cuarcíticas sin casi vegetación. En estos sectores elevados dominan los componentes abióticos, ya que la vegetación de bosque desaparece sustituida por el matorral y pastizal, elementos de menor entidad paisajística que el bosque, en cambio, los elementos abióticos ganan presencia y notoriedad, observándose las crestas de cuarcita armoricana, cumbres rocosas, canchales y laderas altas con escasa vegetación. Estos afloramientos de resaltes cuarcíticos, muchos de ellos debido a la resistente cuarcita ordovícica armoricana, presentan portes arbustivos y/o subarbustivos, como

ocurre en las cumbres de la Sierra de Francia, Sierra de Torralba, Sierra del Guindo....

Los resaltes de formas abruptas de cuarcitas, morfologías periglaciares como cordones nivales, o bien de estructuras continuas en las cimas, permiten encontrar paisajes focalizados por dichos elementos, en entornos relativamente cercanos a los de observación, como los que encontramos en los alrededores de pico Cervero (Figura II₈-12). Estos sectores a nivel perceptual, presentan un espacio panorámico, con línea de bordes difusos debidos a los depósitos periglaciares, con una textura de grano medio en grupos. Presentan a su vez debido a la vegetación, importantes contrastes cromáticos (intensa floración de escobonales y prados), especialmente en primavera y otoño. Constituyen zonas, cuando menos de singularidad científica y naturalidad, además de ser sectores de gran vistosidad y belleza.

Los resaltes de cuarcita generan farallones rocosos de gran verticalidad y entidad paisajística. Son paisajes con un fuerte componente litoestructural, aunque

se suelen situar en zonas de difícil accesibilidad pero amplia visibilidad, constituyendo elementos de enorme especificidad y singularidad.

La unidad **1.C.FD**, se corresponde con cumbres de pizarras con matorrales, localizándose en las cumbres y cuerdas de la Sierra de Tamames (Figura II₈-13 y Figura II₈-14); son morfologías más suaves y redondeadas, provocando un grado de focalización menor que la anterior unidad.

La unidad **1.D.FD**, se corresponde con cumbres y crestas calizas con matorrales, también representativas de algunos sectores del espacio natural de Quilamas, como son las Peñas Albercanas. (Figura II₈-15 y 16).

La unidad **1.E.FA.PaCyB**, se localiza en zonas de colinas y lomas sobre areniscas, con poca altitud, o cercanas a los escarpes donde hay pastizales muy desarrollados y/o cultivos antrópicos, como sucede en las cercanías de las localidades de Serradilla del Arroyo, Serradilla del Llano (Figura II₈-17), Tenebrón...

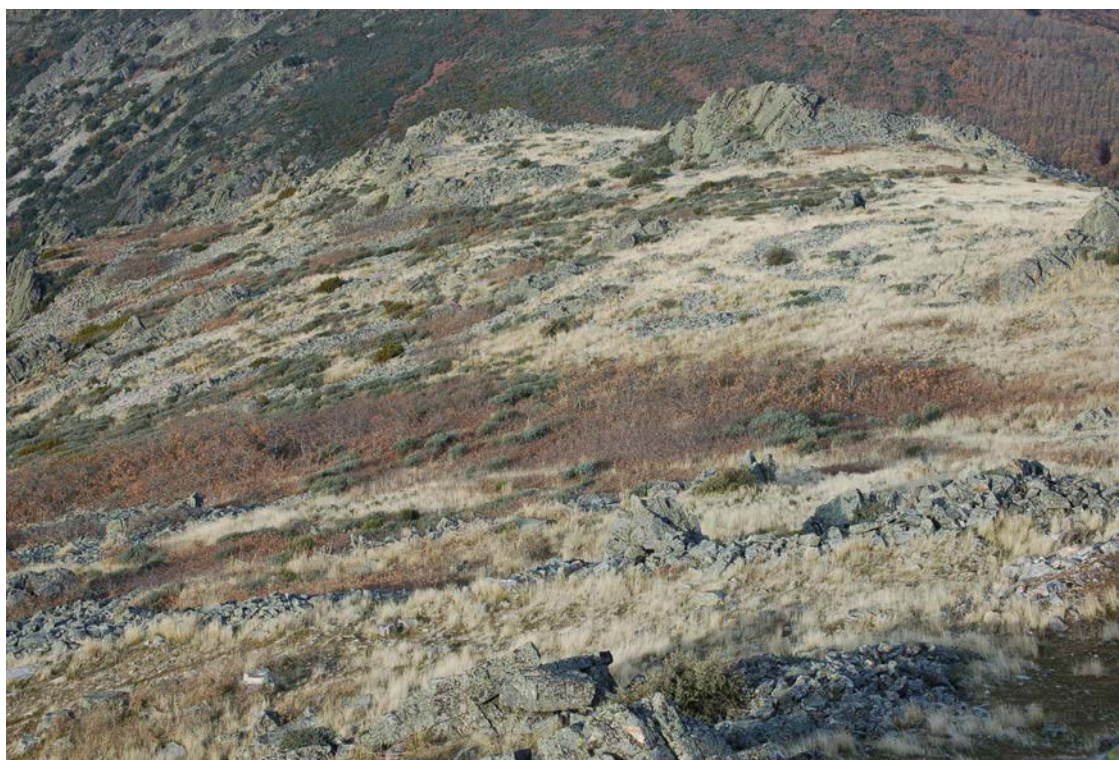


Figura II₈-12. Unidad **1.B.SV**. Cumbres cuarcíticas con estructuras de periglaciario (cordones de nivación) en partes alta de la ladera. Sector de Pico Cervero.



Figura II₈-13. Paisaje de gran intensidad morfológica, desarrollado en los sectores de crestas cuarcíticas cuyas alineaciones litológicas estructurales, focalizan la atención. Cumbres Sierra de Tamames.



Figura II₈-14. Cumbres y cimas, con portes arbustivos y subarbustivos, en los que las incisiones de los cursos de agua, centran la atención. Parte central de Quilamas, al fondo, sobre la niebla destaca la Sierra de Francia.



Figura II₈-15. Cumbres de la Sierra de Quilamas, donde se alternan collados y crestas definiendo líneas en el horizonte, y diferenciando zonas arboladas y otras de matorral.



Figura II₈-16. Cumbres calizas en Peña Venero, proximo a las Peñas Albercanas.



Figura II₈-17. Colinas y lomas sobre areniscas que confieren sinuosidad al terreno, con formas naturales y antrópicas (pastizales y cultivos). Paisaje reticulado por influencia humana en las cercanías de Serradilla del Arroyo Serradilla del Arroyo.

Paisajes de Ladera. (Unidades Paisaje 2.A.FA.Pa.CyB / 2.C.FA.FD).

Constituyen zonas de transición entre los sectores más altos: cumbres, crestas, colinas y lomas; y los sectores topográficamente más bajos: valles fluviales más o menos escarpados y llanuras aluviales. Constituyen sectores de gran dinamismo erosivo y deposicional.

Presenta morfologías singulares, con modelados graníticos en los que destacan megaformas y microformas, así como estructuras periglaciares (suelos estriados) y disposición de bloques angulosos; y modelados fluvio-torrenciales. En zonas graníticas presenta formas complejas, con bordes difusos y textura gruesa con poco contraste.

Las laderas muy pronunciadas, presentan un espacio focalizado por los canchales y una textura ordenada por los grupos arbóreos, con bordes definidos y forma tridimensional con un efecto distancia que queda marcado por la amplitud de la ladera. Las laderas más suaves presentan formas tridimensionales,

líneas con bordes definidos, textura media y ordenada y un espacio panorámico.

La unidad **2.A.FA.Pa.CyB**, se corresponde con paisajes de laderas graníticas con formaciones vegetales arbóreas y con pastizales y cultivos dispersos, como pueden observarse en San Miguel de Valero, San Esteban de la Sierra.... En algunos sectores graníticos, en las laderas se aprecian formas características de dicha litología, como son bolos graníticos, piedras caballeras, acanaladuras, pilas, tafonis...., mezcladas con formas mixtas, aunque no se han diferenciado, ya que en el terreno no se diferencian bien al quedar integradas en mosaicos de formaciones vegetales en grupos o poco contratadas, al estar cercanas a cursos de agua con valles encajados y paisajes fluvio-torrenciales, que cobran protagonismo, como ocurre en el río Alagón a su paso por San Esteban de la Sierra, San Miguel de Valero...(Figura II₈-18).



Figura II₈-18. Laderas con morfologías singulares propias del modelado granítico, desarrolladas siguiendo líneas de fracturas y grietas, sobre las que destaca una vegetación arbórea dispersa.

La unidad **2.C.FA.FD**, engloba laderas sobre pizarras y esquistos con árboles en la base y coluviones y matorrales en la parte media-alta. Se observa esta unidad al norte de la Sierra de Tamames, en el sector de la Honfría en Linares de Riofrío, laderas norte de Sierra del Guindo, Valle de Las Batuecas... (Figura II₈-19). Estas laderas en algunos sectores presentan formaciones arbustivas y/o subarbustivas como en el interior de las Quilamas, con laderas de altas pendientes, Pico Cervero.... Las laderas expuestas a umbría, presentan una mayor diversidad, y mayor densidad en la parte baja de la ladera, presentando en los bordes de los caminos y linderos arbustos como escobas, tomillos, lavandas y gran abundancia de herbáceas.....Cuando se presentan mezclas de portes arbóreos y arbustivos-desarbustivos, destacan estas

unidades sobre el sustrato, como ocurre en los flancos del sinclinal de Guadapero, en las Sierras del Carazo y Valdefuentes, y en algunos sectores del interior de la Bastida y en las Peñas Albercanas.

Destacan en la parte baja de las laderas, determinadas formaciones vegetales que adquieren un carácter dominante en el entorno perceptual, ya sea por la variedad, estructura o densidad vegetal. Un ejemplo son los bosques bien conservados de robledales, castañares y pinares, así como los sectores de brezales en las partes altas de las laderas diferenciando netamente la estructuración altitudinal de los portes arbóreos y arbustivos-subarbustivos; como ocurre en las laderas de la Sierra de Francia y Quilamas (Figura II₈-20).



Figura II₈-19. Paisaje focalizado por la presencia de crestas cuarcíticas sin vegetación, destacando las masas de canchales en la parte alta de la ladera, de gran pendiente, y con portes arbóreos menos densos por la falta de suelo en la parte superior. El Portillo - Las Batuecas.



Figura II₈-20. En las laderas del EN de Quilamas se aprecian contrastes cromáticos por los bosques de castaños y robles, con alcornoques, encinas y pinos dispersos. Se observa una cierta espesura en la parte media de la ladera, de portes arbóreos, con un borde definido en el tránsito a los portes arbustivos u subarbustivos de las cimas. En primer término se aprecia unos portes arbóreos muy contrastados. Forma bidimensional.

Paisajes de Valles Encajados. **(Unidades Paisaje 3.A.FA.FD,** **3.C.FM.PaCyB).**

Los valles encajados son sectores donde el relieve presenta un protagonismo especial, creando paisajes particulares de gran valor escénico y con alto grado de naturalidad. Constituyen paisajes cerrados, donde los límites de la visión se encuentran próximos al lugar de observación, debido a la existencia de paredes abruptas que actúan de barreras visuales, cerrando el fondo escénico. Estos paisajes se observan en el valle del río Alagón, del río Quilamas, del río Francia..., con frecuentes movimientos gravitacionales: deslizamientos, desprendimientos... Las unidades de paisaje que quedan representadas en los valles encajados son dos, aunque constituyen las unidades más extensas espacialmente, por lo que cobran una importancia notoria, sobre todo en la parte Sur y SE de la zona de estudio.

En primer lugar tenemos la unidad de paisaje **3.A.FA.FD**, que constituida por valles fluviales encajados en granitos con superficies erosivas y árboles dispersos y matorrales. (Figura II₈-21). En las laderas sobresalen afloramientos rocosos según la potencia edáfica, sobre todo en sectores con sustratos resistentes (granítico), permitiendo formas arboladas de robles, encinas e incluso cercanos a las poblaciones con frutales, como en Valero, San Esteban de la Sierra....

La unidad **3.C.FM.PaCyB**, representa valles encajados en pizarras con grupos de árboles, matorral y cultivos dispersos. Son sectores de valle fluvial con importante densidad arbórea, asociada a bosque de galería o galerías riparias, ejemplos singulares son los bosques de ribera que se encuentran en el valle de Las Batuecas (Figura II₈-22), valle del río Alagón, Valle del río Francia (Figura II₈-23).

En general, los valles asociados a las Sierras de los ENP de Las Batuecas- S. de Francia y Quilamas, presentan gran cerramiento escénico, con morfologías de "V", con gran ángulo sólido que incrementan la percepción del paisaje

intrínseco cercano. Las cuencas visuales son alargadas al presentar un espacio encajado según el eje fluvial (Figura II₈-24); así como diferencias de nivel que indican su juventud, mostrando las características geomorfológicas más singulares: rápidos, pozas, cascadas como la del Valle de Belén, Valle de Las Batuecas...

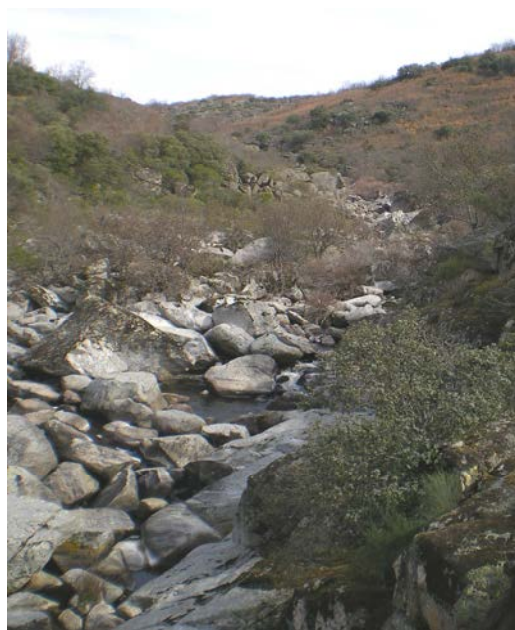


Figura II₈-21. Curso fluvio-torrencial del río Alagón con bolos y formas (pías, rápidos, lagunas...) y vegetación de ribera. San Esteban de la Sierra.

Paisajes de Escarpes. (Unidades Paisaje 5.C.E.FA.PaCyB).

Se corresponde con sectores con escarpes sobre pizarra y arenisca y conglomerados, con árboles dispersos y pastizales. Presenta forma geométrica, con bordes definidos, textura gruesa y mucho contraste. La escala muestra un notable efecto ubicación y un espacio focalizado. Esta unidad, cobra gran protagonismo y notoriedad en el caso de los escarpes fluviales, como el trazado lineal del escarpe que va desde El Maillo hasta Aldehuela de Yeltes (Figura II₈-25), que genera un valle asimétrico por el retroceso del margen sur coincidente con el escarpe. Además se presentan en el sector oeste de la zona de estudio escarpes sobre areniscas, que imprimen su disposición en el paisaje, como ocurre con el escarpe tectónico de la Fosa de Ciudad Rodrigo.



Figura II₈-22. Valle de Las Batuecas, destaca la sinuosidad de los trazados de la red fluvial, los relieves que configuran un espacio encajado y las diferencias de textura, gruesa en las partes altas de la ladera y fina en las partes bajas. En la cima las líneas de cumbres están bien definidas.



Figura II₈-23. Valle simétrico del río Francia, en el que destaca su encajamiento y forma bidimensional. Miranda del Castañar.



Figura II₈-24. Valle donde se encaja el arroyo de la Media Fanega, con sustratos de pizarras grises y pastos de color claro. La Bastida.



Figura II₈-25. Escarpe fluvial en el sector entre El Maillo-Aldehuela de Yeltes, donde se observa el resalte litológico, y en la base el cauce fluvial con trazado vegetal asociado (galerías riparias).

Paisajes de Superficies. (Unidad de Paisaje 4.G.PaCyB).

Se incluyen en este apartado los sectores con terrenos más o menos tendidos que conforman las superficies de colmatación, erosión, pedimentos y piedemontes. Estas superficies son muy amplias e importantes en el sector norte de la zona de estudio y se encuentran algo más dispersos entre ambas sierras (Francia y Quilamas), donde en ocasiones la morfología esta condicionada por factores geomorfológicos, como en Nava de Francia.

Presenta formas bidimensionales, con líneas en silueta, textura fina y muy contrastada. La escala presenta un efecto distancia por la amplitud de la unidad y un espacio panorámico.

La unidad que encontramos en este tipo de paisaje es 4.G.PaCyB., que constituyen superficies de piedemonte sobre afloramientos de conglomerados y areniscas con

cultivos. Se asocian puntualmente a bosques de encinas, robles..., ubicados entre cascados urbanos, y en superficies erosivas o de colmatación. Esta unidad se distribuye por la zona de confluencia entre la parte baja de las laderas y las superficies, presentando bordes difusos por la existencia de formaciones vegetales arbustivas-subarbustivas. Se encuentran en la zona de estudio tanto en los bordes de las superficies antropicas cercanas al río Águeda (sector Oeste), como en los cursos medios de los ríos Morasverdes, Gavilanes, Yeltes, etc. Es muy común en algunos sectores, la presencia de entornos adhesados de uso tradicional sostenido, donde el bosque esclerófilo, se ha limpiado de matorral, coexistiendo los elementos maduros del bosque con comunidades seminaturales (pastizales, cultivos y actividades ganaderas) en relación sostenible. (Figura II₈-26 y 27).



Figura II₈-26. Superficies tendidas con pastizales. Dios Le Guarde.



Figura II₈-27. Izq. Superficies de piedemonte. Tamames. Dcha. Cultivos antropicos. Tenebrón.

Paisajes de terrazas y fondos de Valle. (Unidad de Paisaje 6.F.FA.FD.PaCyB).

Esta unidad esta constituida por las terrazas fluviales y los aluviales de fondos de valle, generalmente con grupos de arboles dispersos y cultivos. Integran sectores de cauce y/o valle donde hay mezcla de portes arbóreos con mosaicos de zonas arbustivas y subarbustivas. Se localizan estas unidades asociadas a canales fluviales trenzados del río Yeltes y Alagón. Esta unidad de paisaje se organiza en torno a los ejes fluviales en cuyas proximidades se instalan la mayoría de los núcleos de población: Morasverdes, Tenebrón, Dios le Guarde... y las superficies transformadas en regadío. Son paisajes ligados a la presencia de agua superficial, que permite el desarrollo de vegetación de ribera en sus inmediaciones, perfectamente diferenciada del entorno.

Predominan los elementos bióticos (vegetación de ribera) y abióticos (gravas del lecho aluvial). (Figura II₈-28 y 29). Presenta también, elementos antrópicos, con gran entidad paisajística, sobre todo por las superficies de cultivos, y en menor medida los núcleos de población y carreteras. El relieve aquí pierde protagonismo, al estar formado por formas poco vigorosas, donde parte de los elementos bióticos quedan relegados por la transformación de la acción humana. En ocasiones encontramos sectores filtrados, con formaciones arbóreas abiertas y de cierta extensión, observándose desde su interior fondos escénicos adyacentes, como ocurre con los bosques aclarados de roble, castaño y pinos existentes en la parte baja de las laderas de las sierras de Quilamas y Francia, extendiéndose a las terrazas fluviales. En el arroyo Quilamas se observan una serie de superficies escalonadas en la zona de cumbres, donde el relieve describe una fuerte energía, al observarse el encajamiento del cauce. Sobre estas laderas se asienta una rica y variada vegetación de porte arbóreo en sus cotas bajas y medias y de porte arbustivo en las altas. Constituye en conjunto una zona de gran naturalidad donde dominan los componentes abióticos y bióticos, quedando relegados los antrópicos.

Esta unidad presenta sectores con un gran ángulo sólido lo cual incrementa su percepción, con cuencas visuales de gran extensión, con texturas medias, y que presentan alta fragilidad al ser surcados por gran número de carreteras, caminos agrícolas, etc. Las actividades agrícolas generan parcelas territoriales, con estructuras (muros, vallas, bancales, huertas...) que dan un paisaje reticulado, donde el componente antrópico domina sobre el natural, presentando gran singularidad los restos de bosques, testigos de épocas de mayor desarrollo. Destacan en algunos sectores repoblaciones forestales como algunas manchas de eucaliptos cercanos a los Puentes del Alagón, pinares en la cercanías del cruce a la localidad de Monsagro....; que focalizan la escena visual sobre formaciones mixtas que presentan especies de gran singularidad y naturalidad como los madroños. (Figura II₈-30). También encontramos sectores más antrópicizadas en algunas terrazas, donde la actividad humana ha sido tan intensa que se han relegado sus valores naturales iniciales, y su singularidad radica en las actuaciones humanas.

Un ejemplo de estos paisajes son todos los sectores de pastizales y cultivos instalados en las cercanías de los núcleos urbanos, donde el uso tradicional y sostenible del suelo imprime su humanización, coexistiendo restos del ecosistema tradicional (bosques caducifolios y esclerófilos) con comunidades seminaturales (prados, cultivos....). (Figura II₈-31). Estos prados de vivaces y pastizales presentan en época primaveral un gran colorido, y junto con la presencia de ganado estacional, generan sectores de incidencia visual importante. Igualmente destacan las zonas de huertas y cultivos por la variedad y la distribución ordenada de éstos, además de la presencia en fase de explotación de personas y maquinaria. Estos sectores presentan un valor tradicional y cultural. Finalmente comentar que el gran número de charcas y/o lagunas distribuidas por estos sectores, muchas de ellas antropicas, generan un valor visual añadido ya que están asociadas a vegetación y hábitat faunísticos, como la laguna de san Marcos, Laguna del Cristo, Laguna de la Cervera.



Figura II₈-28. Río Batuecas en el interior del Valle de Las Batuecas, donde se observa los cantos aluviales y pequeños saltos de agua en el perfil longitudinal con una densa vegetación de ribera.



Figura II₈-29. Cauce estacionario del río Yeltes, con bordes definidos, donde se observan formas erosivas de margen fluvial y tapizado aluvial de textura gruesa. Aldehuela de Yeltes.



Figura II₈-30. Cauce del río Morasverdes, donde se observan las actividades antropicas intercaladas con la vegetación de chopos asociada al cauce fluvial. Morasverdes.



Figura II₈-31. Terrazas con portes arbóreos de robles (Izq.) y encinas (Drcha).

II₈.6. Valoración de los Paisajes. Cartografía de Calidad Paisajística.

En la valoración del paisaje se ha realizado una metodología indirecta, desarrollada en dos fases:

En primer lugar vamos a realizar la valoración de la calidad paisajística intrínseca del sector de estudio, estudiando los componentes de cada sector territorial adyacentes o con un tamaño de pixel de 100 metros. (Figura II₈-32). Para la ponderación de los diferentes parámetros se han tenido en cuenta numerosos estudios de diversos autores (Dunn, 1974; Martínez

Vega et al, 2003), donde se comentan las preferencias paisajísticas de la población, así como consultas a expertos de la zona. Estos estudios muestran en general, preferencias por paisajes con zonas topográficamente altas y accidentadas frente a superficies llanas, preferentemente con agua y donde dominan los elementos verdes frente a zonas secas, y formaciones arbóreas frente a las arbustivas. Además, son más valorados los paisajes con gran diversidad o paisajes en mosaico frente a paisajes monótonos y homogéneos.

Para este análisis vamos a considerar cinco factores:

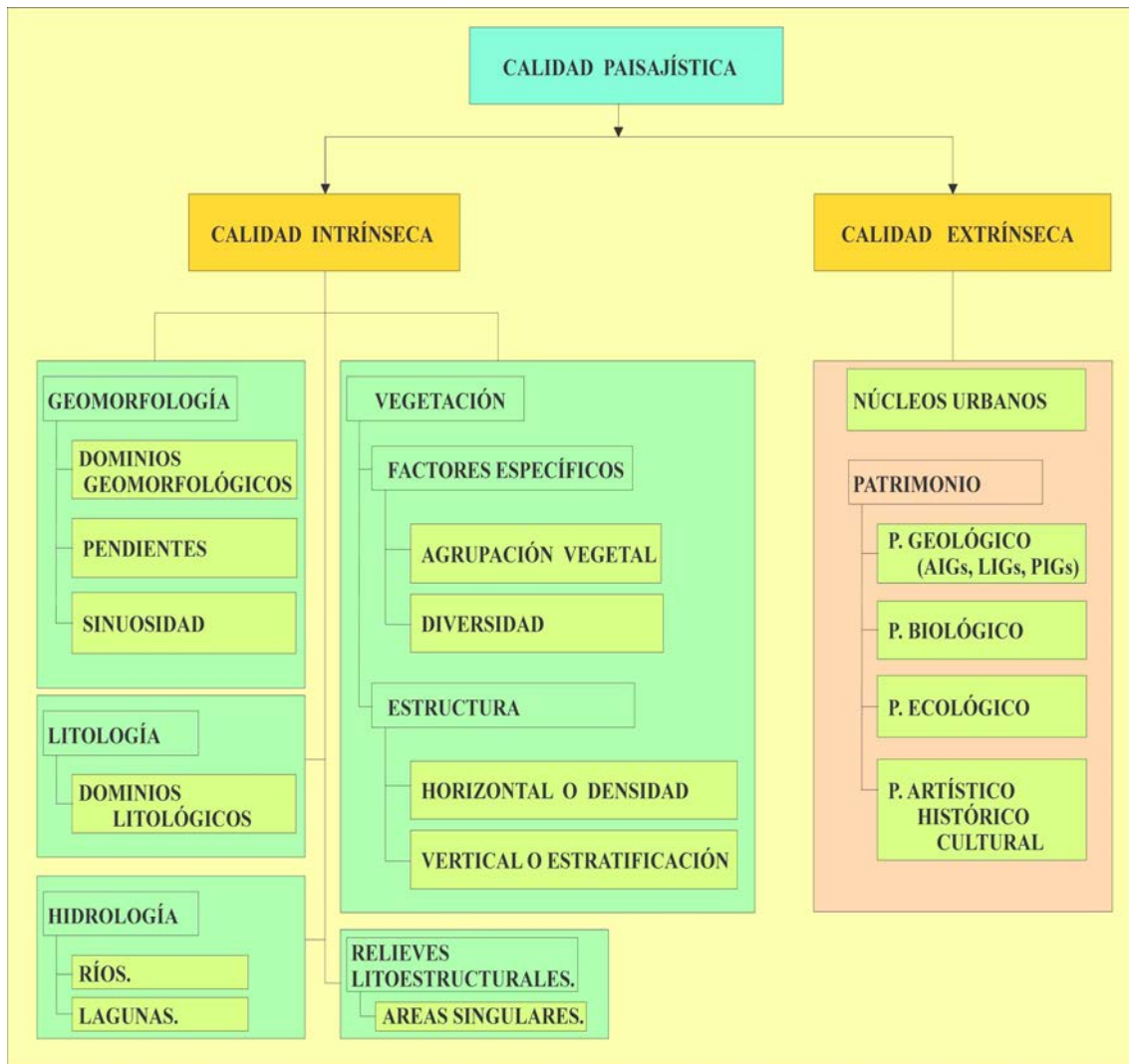


Figura II₈-32. Procedimiento cartográfico de la Calidad Paisajística.

1.Factor Geomorfológico: constituye uno de los factores de mayor relevancia, ya que los dominios geomorfológicos condicionan la disposición del relieve, de forma que algunas tipologías de terreno presentan una valoración paisajística más positiva (crestas y cumbres, divisoria de aguas, escarpes, valles fluviales escarpados...) que otras (superficies erosivas, pedimentos, terrazas...). Los sectores de mayor altura y contraste elevan la calidad paisajística intrínseca del entorno. En el análisis de este factor, se conjugan los siguientes parámetros:

A. Dominios Geomorfológicos, que determinan la disposición espacial de las unidades de relieve con respecto a los terrenos adyacentes, teniendo en cuenta los tipos de modelados. (Tabla II₈-4). Los

mayores valores se corresponden con dominios que representan relieves que destacan topográficamente sobre los adyacentes; y los menores valores se atribuyen a zonas con relieves constantes y monótonos, con poco contraste altitudinal con los adyacentes.

10	Cumbres, cuerdas, Divisorias Fluviales y Escarpes.
8	Valles Fluviales Encajados y Laderas.
6	Colinas y Lomas.
4	Pedimentos, Superficies y Piedemontes.
2	Terrazas y Fondos de Valle.

Tabla II₈-4. Valoración de los Dominios Geomorfológicos para la Calidad Paisajística.

La cartografía de calidad intrínseca, teniendo en cuenta los dominios geomorfológicos (Figura II₈-33) muestra una Alta Calidad en gran parte de la zona de estudio (sectores Sur y Este; y los Espacios Naturales Protegidos), diferenciando en su interior, sectores de mayor resalte, como son cumbres, cuerdas, divisorias de aguas y escarpes de Muy Alta Calidad. En cambio, los sectores de Calidad Media se agrupan en los resaltes de menor relieve del sector NW, próximo a Pedrotoro y a la autovía de Ciudad Rodrigo, quedando los sectores de Calidad Baja en el resto de la zona de estudio y comprendiendo localidades asentadas en terrazas fluviales (Tenebrón, Dios Le Guarde), Piedemontes (Morasverdes), superficies de erosión y colmatación y Pedimentos, distribuyéndose las zonas de Muy Baja Calidad con poca extensión a algunos cauces fluviales muy tendidos.

B. Pendientes, que se obtienen a partir de la capa de curvas de nivel, donde tenemos los valores de altitud, elaborando un Modelo Digital del Terreno -MDT-, convirtiéndolo a formato "raster" con el tamaño de celda de 100 metros, definido en este análisis de la calidad paisajística intrínseca. Esta cartografía raster, se reclasifica atendiendo a una serie de intervalos (Tabla II₈-5).

0	Pendientes 0-5%
2	Pendientes 5-15%
4	Pendientes 15-30%
6	Pendientes 30-60%
8	Pendientes >60%

Tabla II₈-5. Valoración de las pendientes para Calidad Paisajística.

Con esta valoración se da importancia a lo abrupto del terreno, que presenta mayor resalte visual y naturalidad, obteniendo la cartografía de Calidad Paisajística Intrínseca respecto de las pendientes (Figura II₈-34).

C. Sinuosidad. Se evalúa con este parámetro el carácter más o menos curvo, o con quiebros, que presentan las líneas del terreno. Para ello utilizamos un índice que compara área y perímetro de los polígonos que quedan definidos entre curvas de nivel. Para obtener este índice, previamente convertimos los espacios entre curvas de nivel.

El procedimiento es sencillo, gracias a la utilización de técnicas SIG, ya que de cada unidad o polígono generado se han obtenido los valores del perímetro y del área. Posteriormente, con la calculadora de campos, se ha procedido a realizar la siguiente operación: perímetro x perímetro/área, obteniendo una serie de valores distribuidos por el sector de estudio (Tabla II₈-6).

8	Sinuosidad Alta
4	Sinuosidad Media
0	Sinuosidad Baja

Tabla II₈-6. Valoración de la sinuosidad para la Calidad Paisajística.

La cartografía obtenida (Figura II₈-35), muestra como los sectores de baja sinuosidad se encuentran en la parte central del ENP de Las Batuecas-Sierra de Francia, y en el extremo NE. En cambio, la sinuosidad media se distribuye por las zonas Sur y SE, incluyendo gran parte del ENP de Las Batuecas-S. de Francia y el interior del EN de las Quilamas, además de formar manchas dispersas en los sectores del Este (Pineda, Montemayor del Río, Lagunilla...).

Finalmente las zonas donde la sinuosidad del terreno es alta, se circunscriben a los sectores N y NO, donde las unidades se disponen de forma más extensa pero ondulada. (Tenebrón, Aldehuela de Yeltes, El Maillo...). Además se observan zonas dispersas de pequeña extensión espacial por el resto de la zona de estudio, siendo muy abundantes en los extremos NE y S.

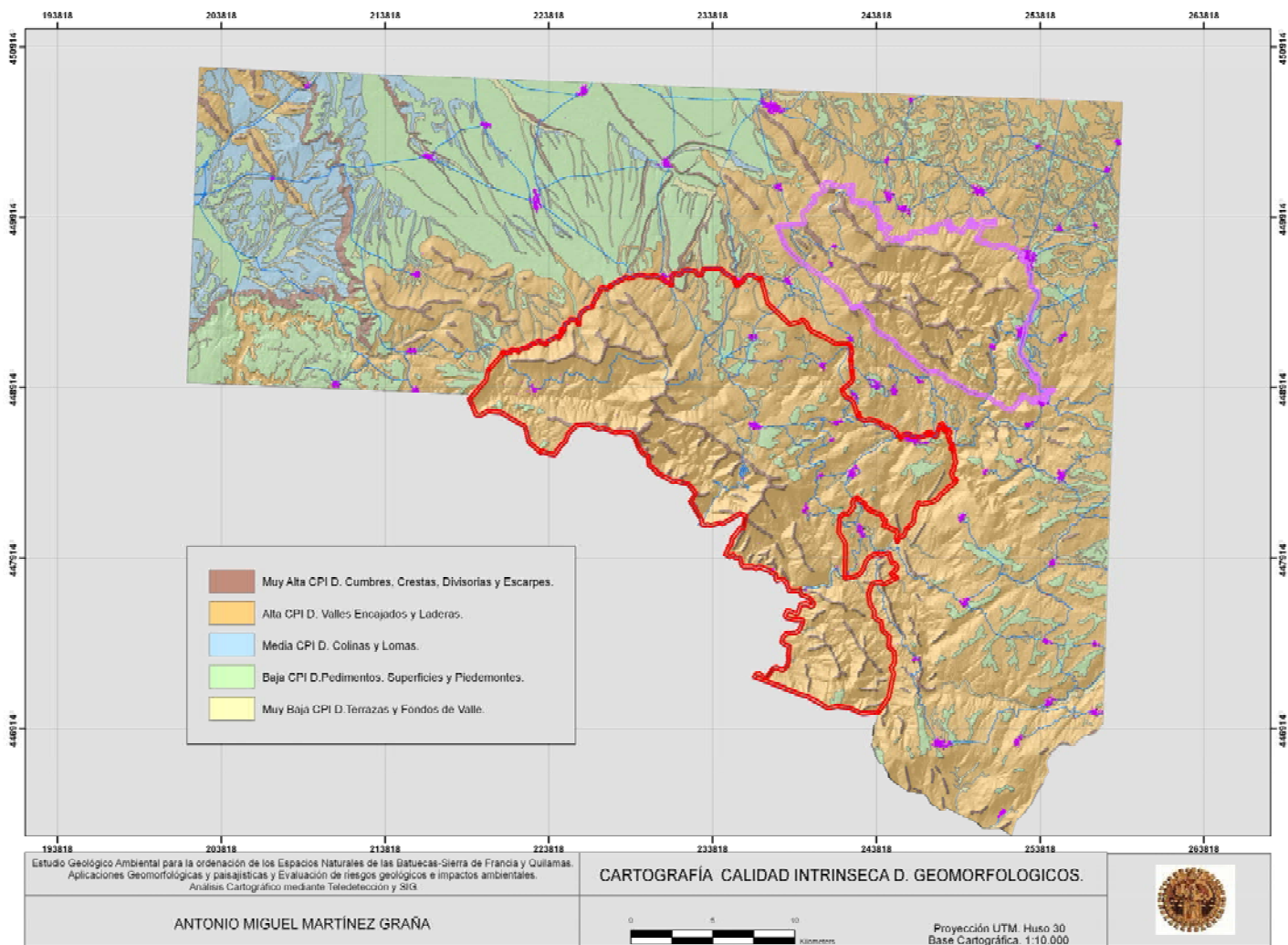


Figura II_g-33. Cartografía de Calidad Paisajística intrínseca en base a la valoración de los Dominios Geomorfológicos.

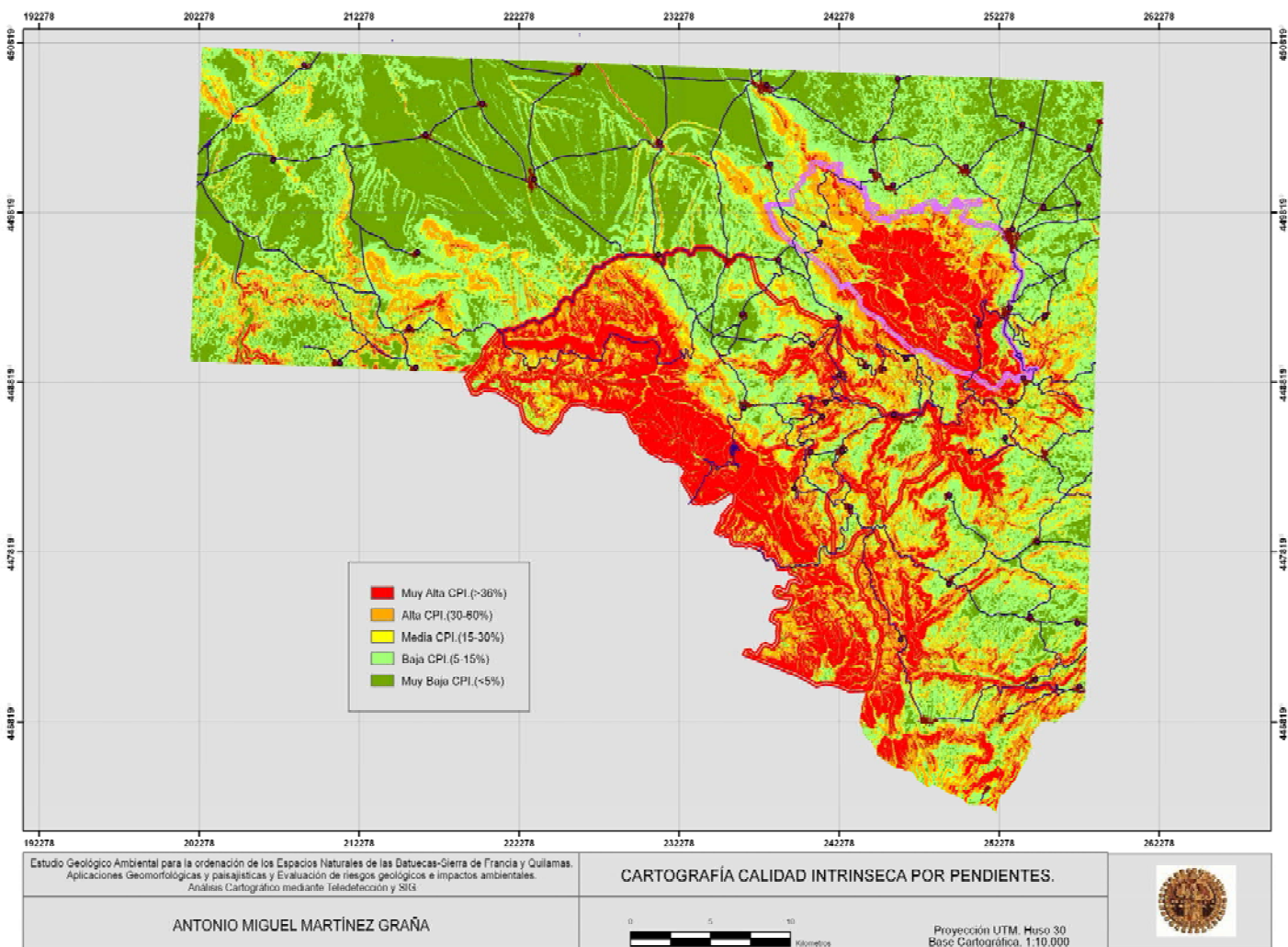


Figura II₈-34. Cartografía de Calidad Paisajística intrínseca en base a la valoración de la Pendiente.

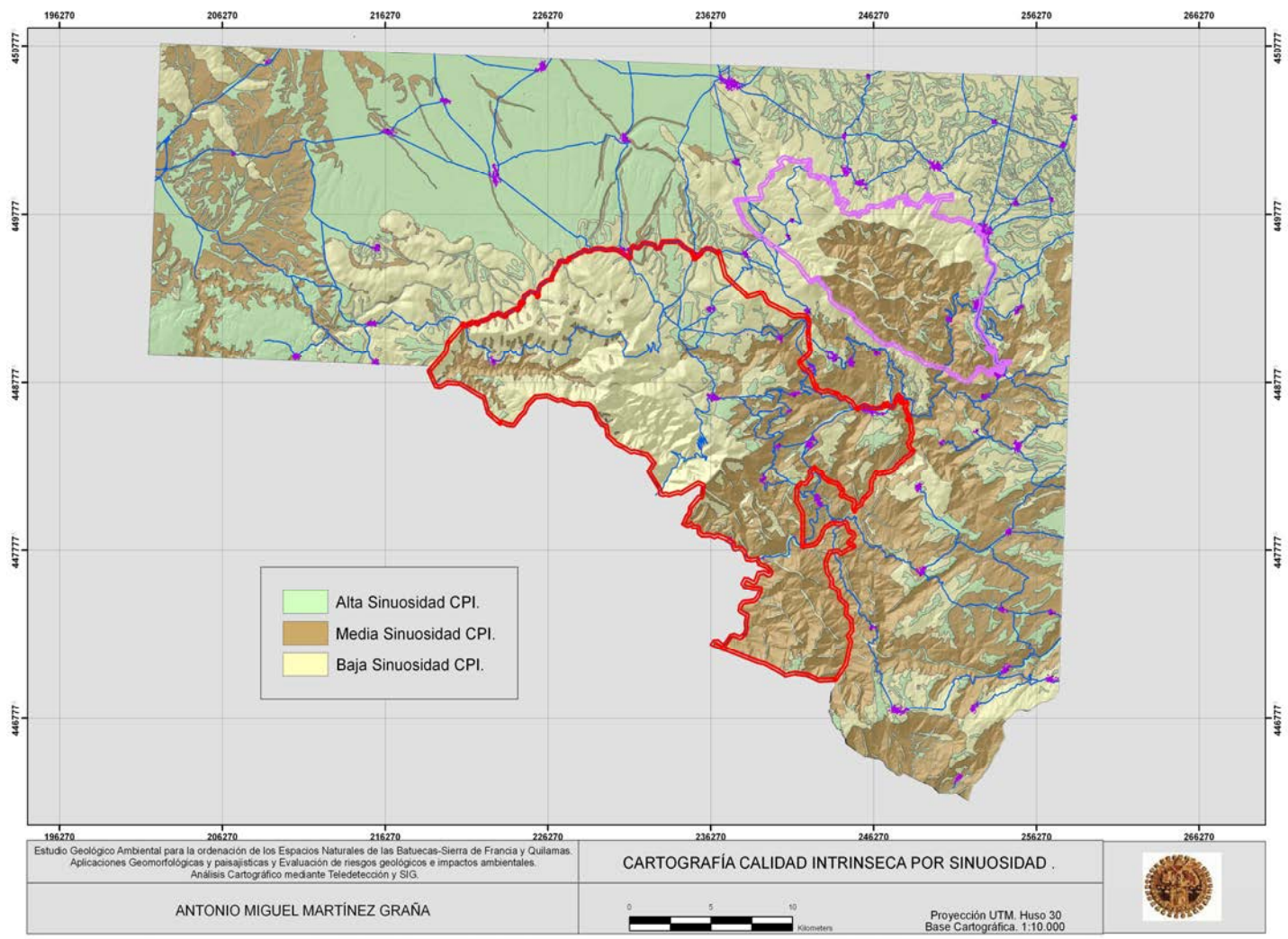


Figura II_g-35. Cartografía de Calidad Paisajística intrínseca en base a la valoración de la Sinuosidad.

2. Factor Litológico: la disposición litológica predispone un cromatismo en el paisaje muy determinante a la hora de valorar la calidad intrínseca del entorno natural. Este color queda condicionado por los diferentes afloramientos rocosos del sustrato, así como por los diferentes depósitos, influyendo su disposición, alternancia, etc. Los colores claros son más valorados perceptualmente, que los oscuros.

A partir de las diferentes unidades litológicas, y su relación con la composición mineral, podemos clasificar dichas unidades en materiales con gran porcentaje de minerales leucocráticos o melano-cráticos. Además existen diferentes depósitos con gamas de color intermedios como son los ocres y amarillos.

La distribución de colores a partir de las diferentes unidades litológicas se realiza de la siguiente forma: los colores claros, blancos y grisáceos se atribuyen a las unidades graníticas, a las cuarcitas, sobre todo a la cuarcita armoricana de gran intensidad cromática por su situación en los frentes de sierra.

Las areniscas presentan tonalidades ocres amarillentas, las calizas y las arcosas colores beige. Las unidades de conglomerados, gravas, arenas, limos y fangos presentan colores marrones claros. Finalmente los cromatismos oscuros, se asocian a litologías con gran porcentaje de minerales ferromagnesianos, pesados y oscuros, como son las unidades de pizarras, esquistos y grauvacas.

La reclasificación de la valoración final (Tabla II₈-7) presenta una cartografía (Figura II₈-36) que diferencia claramente los colores claros en el interior de los Espacios Naturales, al igual que determina espacialmente el trazado de la intrusión granítica y lineamientos de cuarcita armoricana en las crestas, en los sectores centrales y SE. Estos sectores se engloban en base al factor litológico aplicado a la calidad paisajística intrínseca como de Muy Alta Calidad.

Los sectores de Alta Calidad se distribuyen en los sectores con cierta relevancia litológica, aunque los colores ya no son tan claros, sino que son ocres amarillentos, destacando pero menos que los blancos. Además, las litologías adyacentes no son tan oscuras, como en los sectores anteriores (pizarras grises verdosas). Se localizan estos sectores de Alta Calidad en el centro del Espacio Natural de las Quilamas, coincidiendo con los afloramientos de calizas y dolomías de Tamames; y en el extremo NO, donde afloran las areniscas ocres.

Los sectores de Calidad Media destacan agrupados en el sector norte de la zona de estudio, y dispersos en el interior de los espacios naturales. Finalmente los sectores correspondientes a unidades de Baja Calidad se distribuyen de forma diagonal del extremo NE al SO, abarcando gran parte de las zonas protegidas, donde se presentan los sustratos pizarrosos oscuros, de los sinclinales.

6	Granitos y Cuarcitas. Blanco-grisáceo.
4	Areniscas, Arcosas y Calizas.
2	Pizarras, Esquistos y Grauvacas.
0	Conglomerados, Gravas, arenas, limos y fangos.

Tabla II₈-7. Valoración del cromatismo Litológico para la Calidad Paisajística.

Posteriormente transformamos esta cartografía a formato raster, con tamaño de celda de 100 metros, para poder operar con el resto de cartografías.

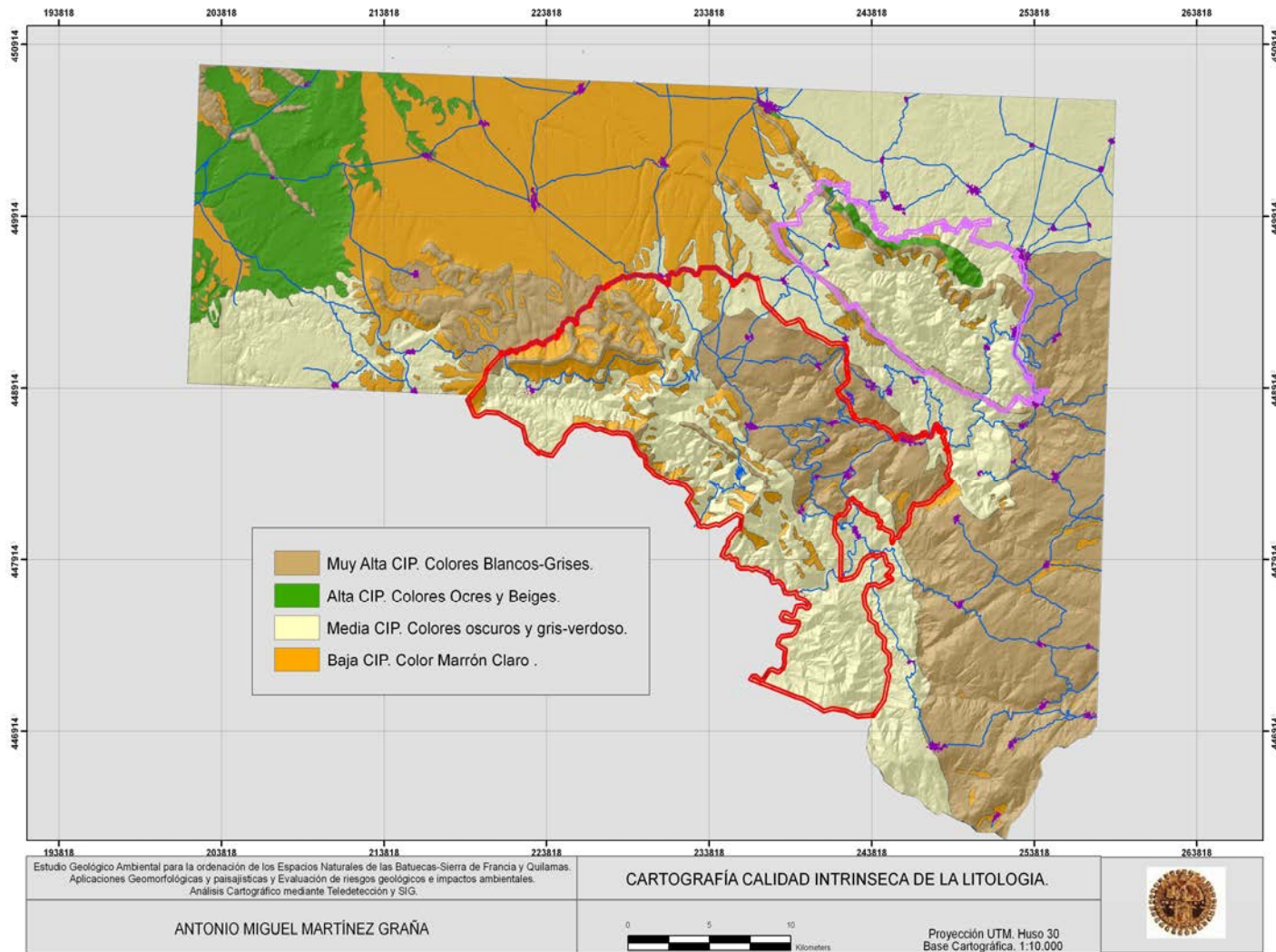


Figura II₈-36. Cartografía de Calidad Paisajística intrínseca en base a la valoración del cromatismo de la Litología en formato vector.

3. Factor Hidrológico. Las masas de agua imprimen un valor añadido al entorno natural cercano. Estas masas de agua son los cursos fluviales y las lagunas y embalses, que además generan una zona húmeda susceptible de habitar por numerosos organismos que a su vez favorecen la naturalidad del entorno.

Para introducir en la valoración de la calidad paisajística intrínseca este factor, se ha procedido a agrupar los cursos fluviales y las lagunas, en una misma capa, estableciendo un área de influencia perceptual de 20 metros en los cursos fluviales y de 10 metros alrededor de las lagunas, lo cual se ha realizado mediante operaciones de tipo “Buffer”.

Finalmente se han valorado los sectores cercanos a los cursos de agua (valor 4) y a las masas de agua (valor 2). Esta diferencia

en la valoración se justifica en que los cursos de agua presentan una impronta perceptual mayor debido a la influencia que tienen en los sentidos visual y acústico, debido al movimiento del agua, siendo más limitado en el caso de las lagunas. Estos valores se exportan a la cartografía raster, con un nivel de análisis (100 metros de tamaño de píxel), similar al resto de las capas que determinan la calidad paisajística intrínseca.

La cartografía de calidad paisajística intrínseca de la hidrología (Figura II₈-37), muestra como las lagunas se distribuyen de forma abundante y dispersa en los sectores norte (hojas de Serradilla del Arroyo y Tamames), mientras que en el sur (hoja de Miranda del Castañar y el NE de la hoja de Martiago), se presentan en menor número.

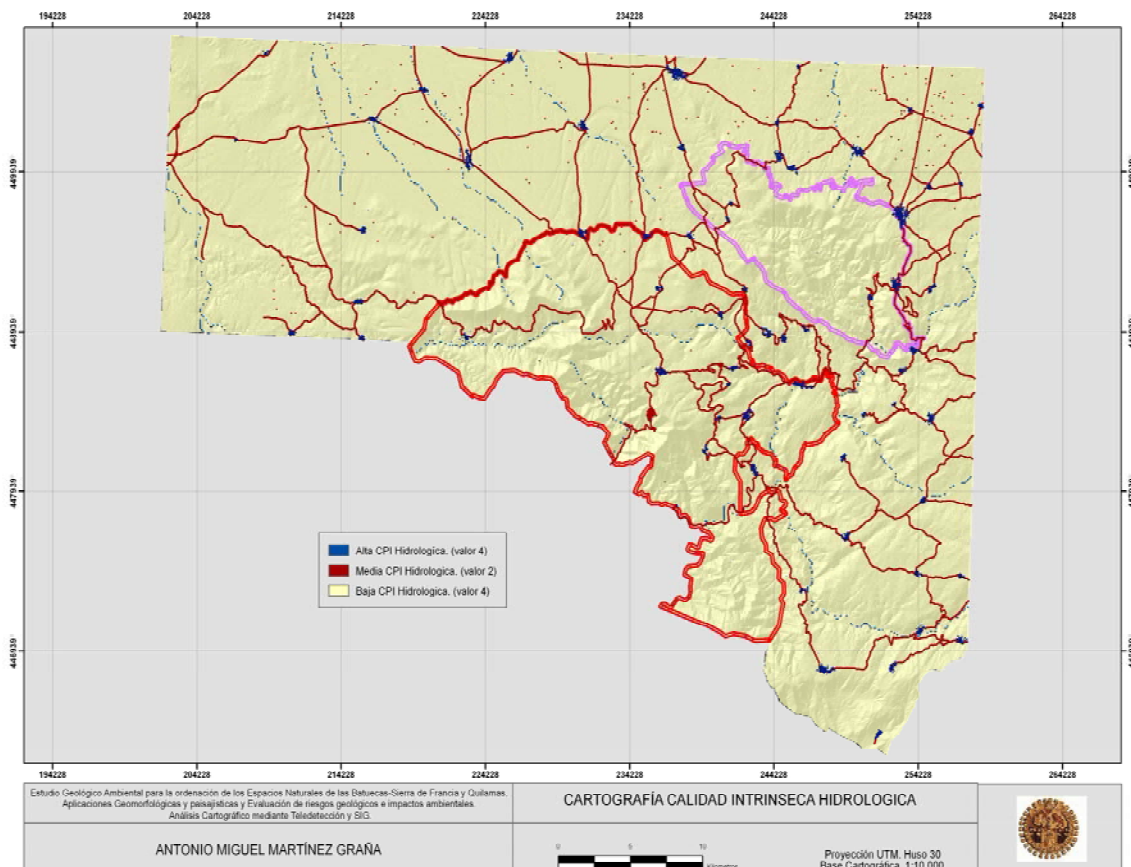


Figura II₈-37. Cartografía de Calidad Paisajística Intrínseca -CPI- de la hidrología en formato raster.

4. Factor Relieves Litoestructurales.

En la zona de estudio, se localizan determinados sectores que presentan una serie de elementos singulares a nivel perceptual. Se corresponden con relieves litoestructurales, definidos por estructuras geológicas (plegamientos, lineamientos,...) que acentúan los elementos litológicos. Estas zonas se valoran con valor 10, generando una cartografía a tener en cuenta, dado que potencian la naturalidad y focalizan la visión escénica de dichos sectores, en los espacios naturales y zonas adyacentes. (Figura II₈-38).

Se diferencian los siguientes relieves litoestructurales:

A. El sector de la Peña de Francia representativo a nivel perceptual por el relieve apalachiano, con el sinclinal colgado de la propia Peña y otras sinformas y antifformas en sectores altos que generan resaltes litológicos singulares además de observarse los trazados de dichas estructuras a distancia al situarse en zonas topográficamente elevadas. Se corresponde con uno de los puntos de mayor cuenca visual del sector sur de la zona de estudio.

B. El Sinclinal de Guadapero, el cual presenta una estructura que incide visualmente en el paisaje, observándose los dos flancos del sinclinal, que constituyen la Sierra de Valdefuentes (flanco norte) y la Sierra del Carazo (flanco sur), afloramientos cuarcíticos, que generan una orla de depósitos de canchales, en la parte alta de la ladera, y muestran entre los flancos el núcleo del sinclinal.

C. Cumbres y valles encajados del interior del Espacio Natural de Quilamas, donde se aprecian superficies poligénicas a diferentes alturas y un valle central encajado por donde discurre el río Quilamas. Además se observan estructuras de los afloramientos carbonatados (calizas y dolomias), y resaltes en algunas crestas y cumbres, como Pico Cervero, que focalizan los espacios adyacentes.

D. Valle de Las Batuecas, que constituye un sector de alta naturalidad donde los resaltes cuarcíticos afloran en sus límites y en el interior del valle de forma dispersa, entre canchales y vegetación arborea, arbustiva y subarbustiva. El río Batuecas se encaja paulatinamente en el sustrato buscando el perfil de equilibrio que lo marca el nivel de base local del embalse de Gabriel y Galán, generando rápidos, pozas y saltos de agua de gran belleza.

5. Factor vegetación: la variabilidad que presenta la vegetación, junto con los diferentes portes, hace que sea un parámetro a tener en cuenta en el análisis paisajístico intrínseco. Se analizan dos parámetros: la composición específica de la vegetación presente en nuestra zona y la estructura que presenta.

A. La *composición específica* tiene en cuenta la composición específica de las diversas asociaciones vegetales y se caracteriza mediante dos aspectos:

1. Agrupación vegetal, que define el valor ecológico de la comunidad vegetal analizada. El valor paisajístico depende de la especie dominante en cada asociación vegetal, no solo por el propio valor de ésta sino por la forma en que condiciona a dicha asociación. La ponderación que establecemos otorga el mínimo valor (valor 0) a la asociación más desfavorable, mientras que el valor máximo (valor 8) representa al tipo de formación o formaciones de mayor valor ecológico. (Tabla II₈-8).

8	FA. Fm. Arbóreas
6	FD. Fm. Desarboladas.
4	FM. Mixtas Arboladas
2	Pa. Pastizales y CB. Cultivos y Barbechos
0	NUC. Núcleos urbanos y Canchales.

Tabla II₈-8. Valores Agrupación Vegetal.

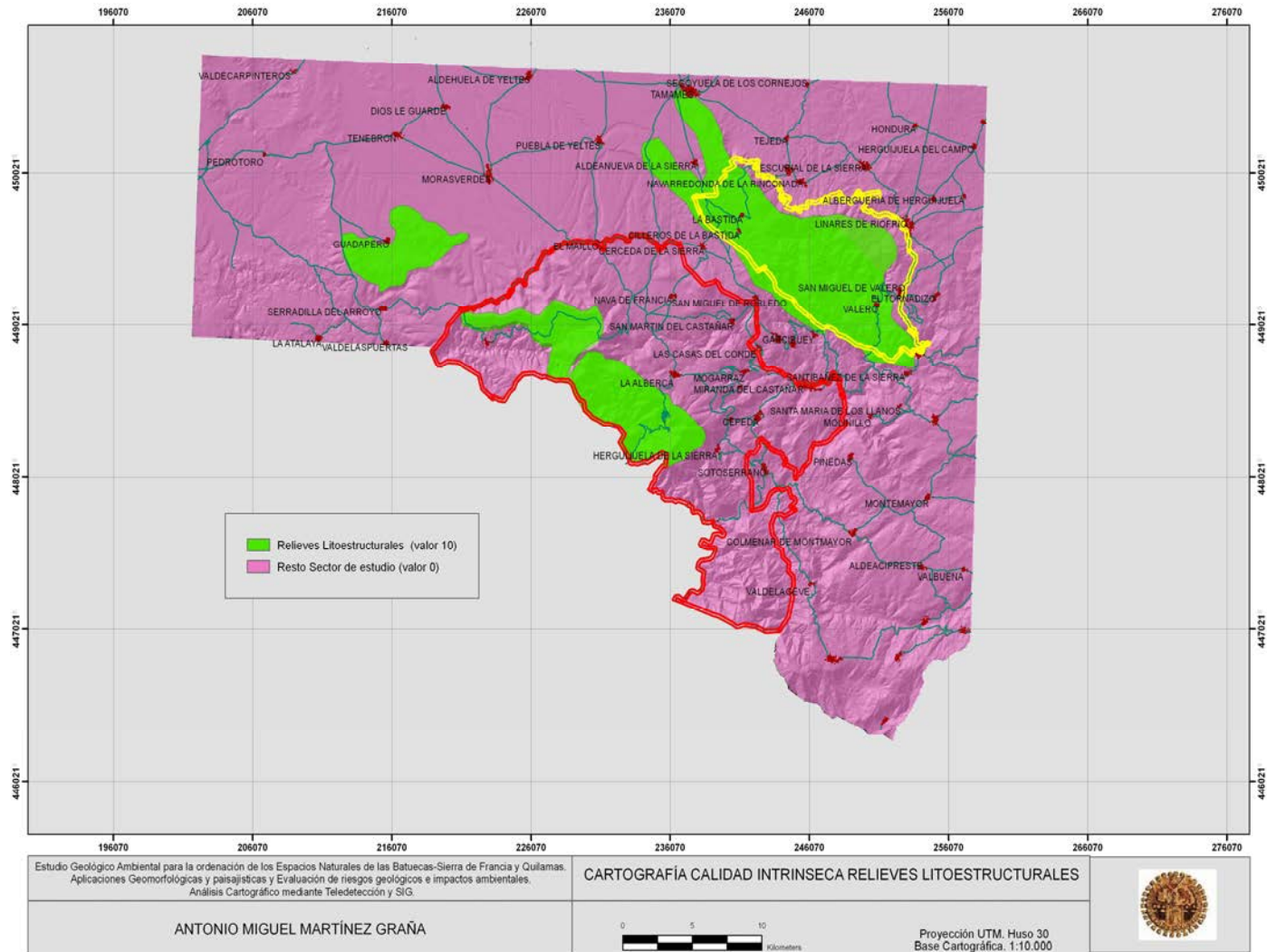


Figura II₈-38. Cartografía de Calidad Paisajística Intrínseca -CPI- de los relieve litoestructurales.

2. Diversidad. La mezcla de especies reduce la monotonía del paisaje, favoreciendo la presencia de distribuciones en mosaico y particularidades del mismo. En nuestra zona tenemos unidades, con una, dos, tres o ninguna especies dominantes. (Tabla II₈-9).

6	Más de 3 especies principales vegetales (FA).
4	Tres especies principales vegetales (FD).
2	Dos especies principales vegetales (FM).
0	Una especie principal vegetal (CB-Pa) y ninguna especie vegetal (NUC).

Tabla II₈-9. Valores Diversidad Específica.

B.La *estructura* de la vegetación, tiene en cuenta, la presencia y la distribución de los diferentes elementos dentro de cada asociación vegetal, y viene definida por la estructura horizontal o densidad y la estructura vertical o estratificación vegetal.

1. La densidad analiza la estructura horizontal de la masa vegetal centrándose en la cantidad de elementos presentes por unidad de superficie. Para valorar este parámetro en nuestra zona de estudio, tenemos en cuenta la Fracción de Cobertura (FCC), considerando:

1.1.Superficie Forestal Arbolada al terreno poblado con especies forestales arbóreas como manifestación vegetal dominante y cuya FCC es superior al 5 %. Se compone de:

1.1.1. Monte arbolado: terreno con arbolado cuya FCC > 40% y Monte arbolado ralo: 10% < FCC < 40%. También incluye los terrenos con especies de matorral o pastizal natural como manifestación vegetal dominante, pero con árboles de FCC entre 10 y 20%.

1.1.2. Monte arbolado disperso: terreno ocupado por especies arbóreas con presencia vegetal dominante con una FCC entre 5% y 10%, igualmente incluye el terreno con especies de matorral o pastizal natural como manifestación dominante,

pero con presencia de árboles forestales con FCC entre 5% y 10%. Representa la transición entre el monte arbolado y monte desarbolado.

1.2.Superficie Forestal Desarbolada que supone una FCC < 5% de las especies forestales arbóreas, y está formada por el monte desarbolado o terreno poblado con especies de matorral y/o pastizal natural o con débil intervención humana, con presencia o no de árboles forestales, pero con FCC < 5%. Según lo anteriormente establecido se realiza para nuestro sector una agrupación más sencilla, pero teniendo en cuenta las pertenencias de cada grupo. (Tabla II₈-10).

4	FCC > 40% (FA).
2	FCC < 40% (Pa, FD y FM).
0	FCC = 0% (NUC y CB).

Tabla II₈-10. Valores de densidad vegetal.

2. Estratificación vegetal, que analiza la estructura vertical de los elementos vegetales, diferenciando tres estratos de porte o altura posible: el herbáceo (2), arbustivo (4) y el arbóreo (6), teniendo en cuenta la ausencia de estrato vegetal (0). (Tabla II₈-11).

6	Tres estratos herbáceo +arbustivo+leñosos (FA-FM)
4	Dos estratos herbáceo +arbustivo (FD)
2	Un estrato herbáceo (CB-Pa)
0	Ningún estrato vegetal (NUC)

Tabla II₈-11. Valores estratificación vegetal.

Cada uno de estos cuatro parámetros que caracterizan a la vegetación se evalúan y reclasifican mediante SIG y utilizando el calculador de campos (álgebra de mapas, Figura II₈-39) se obtiene la cartografía resultante de valoración de la vegetación (V.Veg), resultado de aplicar la siguiente fórmula:

$$V.Veg = V.Agrup + V.Div + V.Densi + V.Strat$$

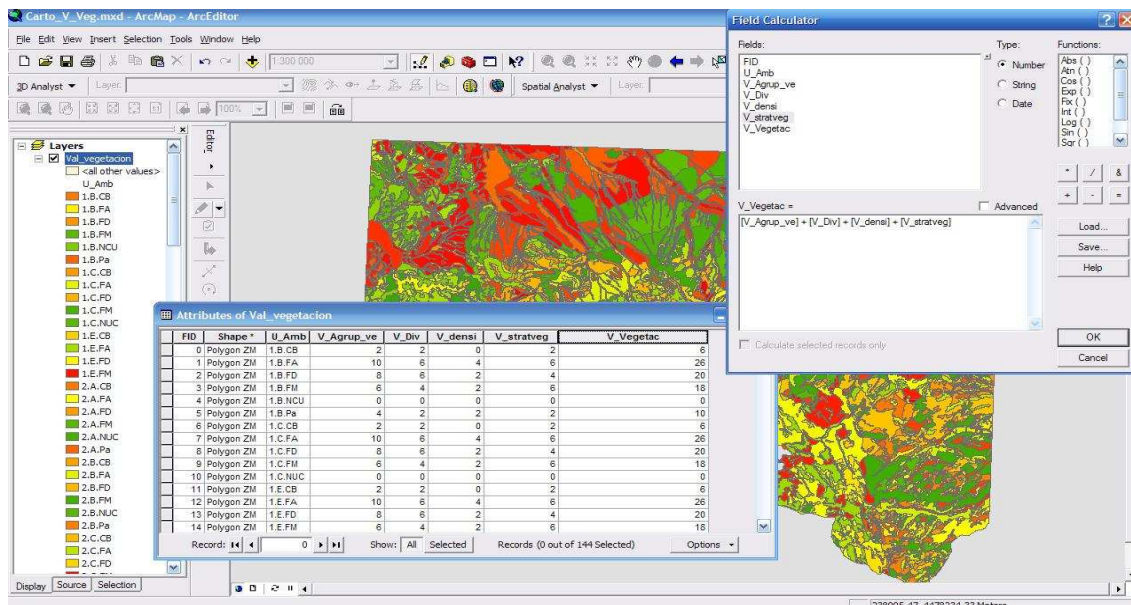


Figura II₈-39. Operación algebraica de sumatorio con la calculadora de campos para la valoración final de la vegetación.

La cartografía de calidad paisajística intrínseca de vegetación –CPIV–, obtenida con la fórmula anterior, presenta valores entre 0-24, valores que se utilizarán como valores “raster” para el cálculo final de la cartografía de calidad del paisaje, pero para analizar el resultado se reclasifican dichos valores (Tabla II₈-12) e integran (Figura II₈-40).

0-5	Muy Baja CPIV
6-9	Baja CPIV
10-15	Media-Baja CPIV
16-20	Alta CPIV
21-24	Muy Alta CPIV

Tabla II₈-12. Valores estratificación vegetal.

Finalmente la evaluación total de la Calidad Paisajística Intrínseca -CPI- (Figura II₈-41), se efectúa aplicando la siguiente fórmula,

$$CPI = \Sigma \text{Factores Geomorfología} + \text{Factor Litología} + \text{Factor Hidrología} + \text{Factor Relieves Litoestructurales} + \Sigma \text{Factores Vegetación.}$$

A continuación valoramos la calidad paisajística extrínseca (CPE) mediante dos factores:

1. Núcleos Urbanos. La presencia de poblaciones con una tipología constructiva respetuosa con el entorno inmediato, potencia la variabilidad de formas y colores, lo cual repercute en la calidad extrínseca del paisaje.

Los emplazamientos humanos, algunos de ellos con formas y resaltes bien conservados, como son algunos de los Bienes Interés Cultural - BIC- (Castillos, murallas, torreones...) se consideran elementos que dan notoriedad al paisaje, por lo que en este apartado se valorará su presencia, y en el siguiente, se valorará el grado de interés de los diferente tipos de patrimonio.

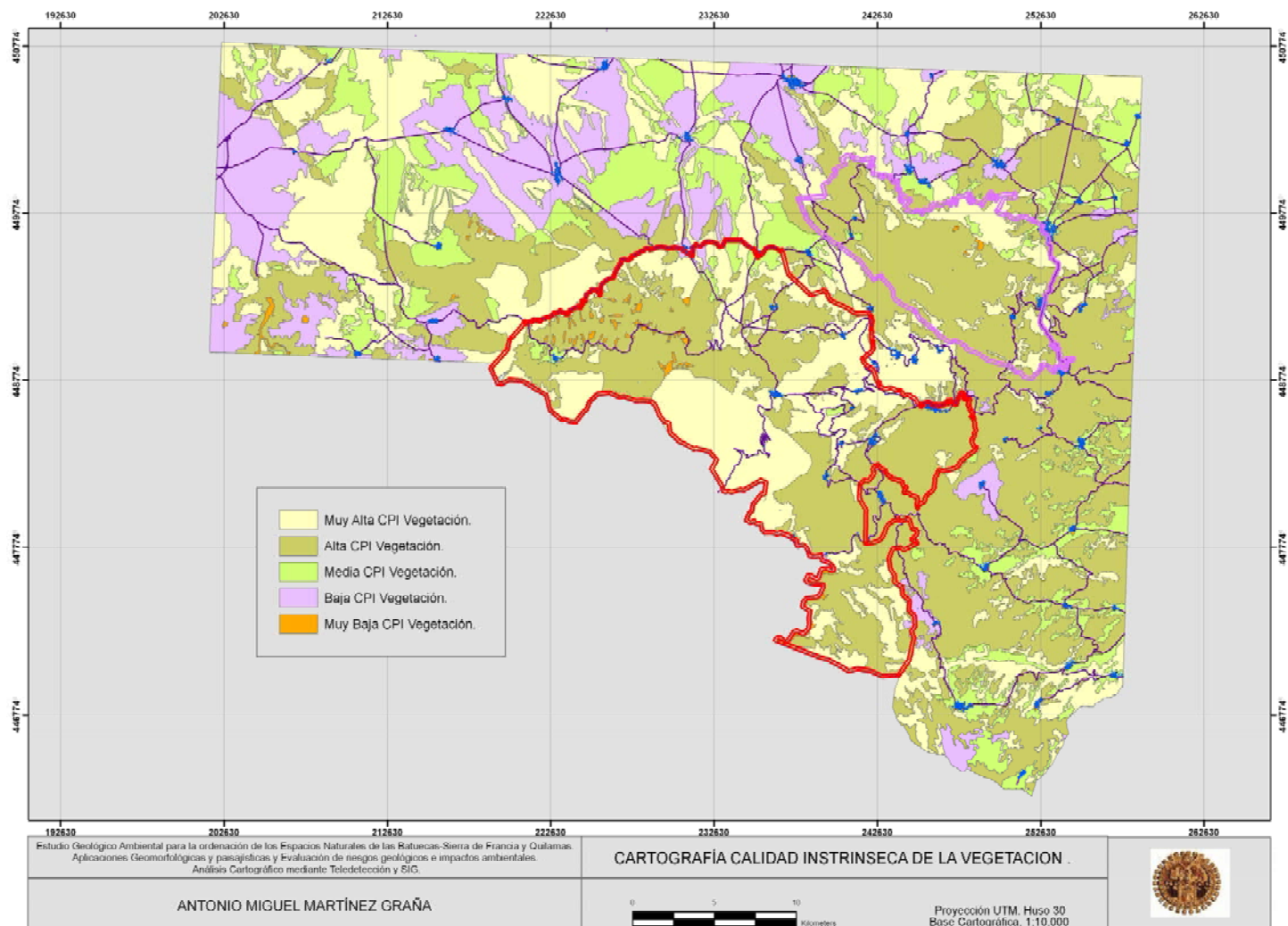


Figura II_g-40. Cartografía de Calidad Paisajística Intrínseca –CPI- de la vegetación.

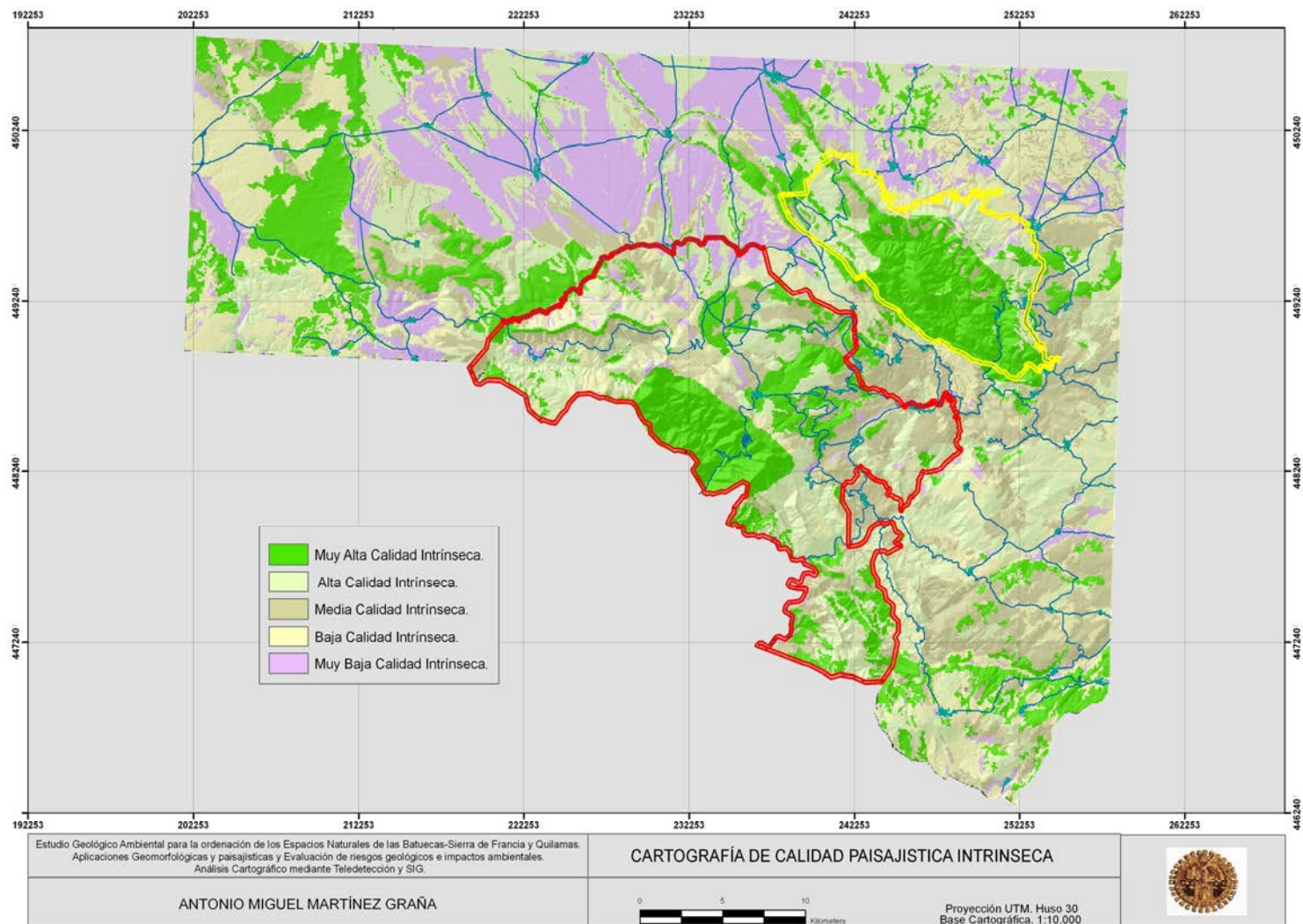


Figura II₈-41. Cartografía de Calidad Paisajística Intrínseca (CPI).

Para valorar este factor extrínseco, procedemos a generar una cartografía con los diferentes cascos urbanos, generando un radio de influencia de 100 metros de forma radial al núcleo de población. La ponderación se realiza de forma que los sectores del entorno que se encuentren dentro del ámbito de influencia de la población presentan píxeles con valor 2, mientras que los que quedan fuera de dicha área de influencia tienen valor 0. Finalmente se rasteriza, obteniendo la cartografía de Calidad Paisajística Extrin-seca de Núcleos Urbanos (Figura II₈-42).

2. Patrimonio. Los elementos que configuran el patrimonio natural y cultural, generan un valor añadido a la calidad del paisaje, al constituir puntos que presentan la capacidad de documentar la historia y la cultura (patrimonio histórico y cultural) o bien son sectores con presencia de elementos naturales: geología, vegetación, fauna, paisaje... que deben conservarse para generaciones futuras al considerarse una “herencia insustituible” (patrimonio natural).

El patrimonio queda definido por su grado de conservación o durabilidad, por su valor y por su carácter comunitario. Este último aspecto cobra importancia en nuestra zona, ya que al presentar espacios naturales protegidos, la función social es una de las más importantes, por eso hay que conservarlo, ya que imprime señas de identidad a las propias localidades que en ellos se ubican, por lo que se establecen medidas de protección, conservación y mejora, cobrando gran importancia los paisajes donde se combinan de manera armónica los elementos naturales y culturales.

En este estudio hemos considerado los dos tipos de patrimonio, el natural y el histórico-cultural, ya que consideramos que, al igual que otros muchos espacios naturales, la protección inicial de la naturaleza se basa en consideraciones culturales y paisajísticas; mientras que las ambientales han sido hasta este siglo escasamente consideradas, ejemplo de ello es la ley Cambó (ley de desecación de

lagunas, marismas y terrenos pantanosos) que consideraba a las zonas de montaña a priori las de mayor patrimonio natural (primando las consideraciones paisajísticas y culturales sobre las ambientales) como lo confirman los primeros parques y espacios naturales declarados en España y resto del mundo. Actualmente los criterios ambientales de diversidad, rareza, representatividad de elementos geológicos, etc, se deben tener en cuenta mostrando la gran variedad de patrimonio natural (geológico, biológico, ecológico...).

Actualmente, el turismo hacia el medio rural, como medio de escape de las grandes ciudades, potencia este patrimonio y su puesta en valor, de forma que cada vez más este patrimonio tiende a ser presentado ordenado e interpretado, pues para valorar hay que conocer previamente dicho patrimonio.

En primer lugar, hemos considerado el patrimonio geológico (Figura II₈-43.A), el cual se ha representado agrupado en Puntos de Interés Geológico, (PIGs), Lugares de Interés Geológicos (LIGs) y Áreas de Interés Geológico (AIGs). Se han sectorizado dichos sectores y dado un “valor 10”, a todos ellos.

En segundo lugar, se ha desarrollado el patrimonio biológico (Figura II₈-43.B), agrupado en patrimonio vegetal y faunístico. En el Patrimonio Biológico Vegetal (PBVeg) tenemos en cuenta las zonas donde hay especies vegetales, estableciendo un área de influencia visual de 100 metros y el patrimonio forestal protegido por la ley de Montes, cuyas manchas se digitalizan y rasterizan. Ambas coberturas se suman y se les da un “valor 4”. Por el contrario, el Patrimonio Biológico Faunístico (PBFa) presenta un “valor 2”, debido a que la presencia de fauna es mucho más restrictiva al campo visual, al ser menos visible, agrupando las zonas de áreas críticas y puntos donde se establecen nidificaciones y/o zonas de frecuentación de especies faunísticas de interés, con un ámbito de influencia de 100 metros.

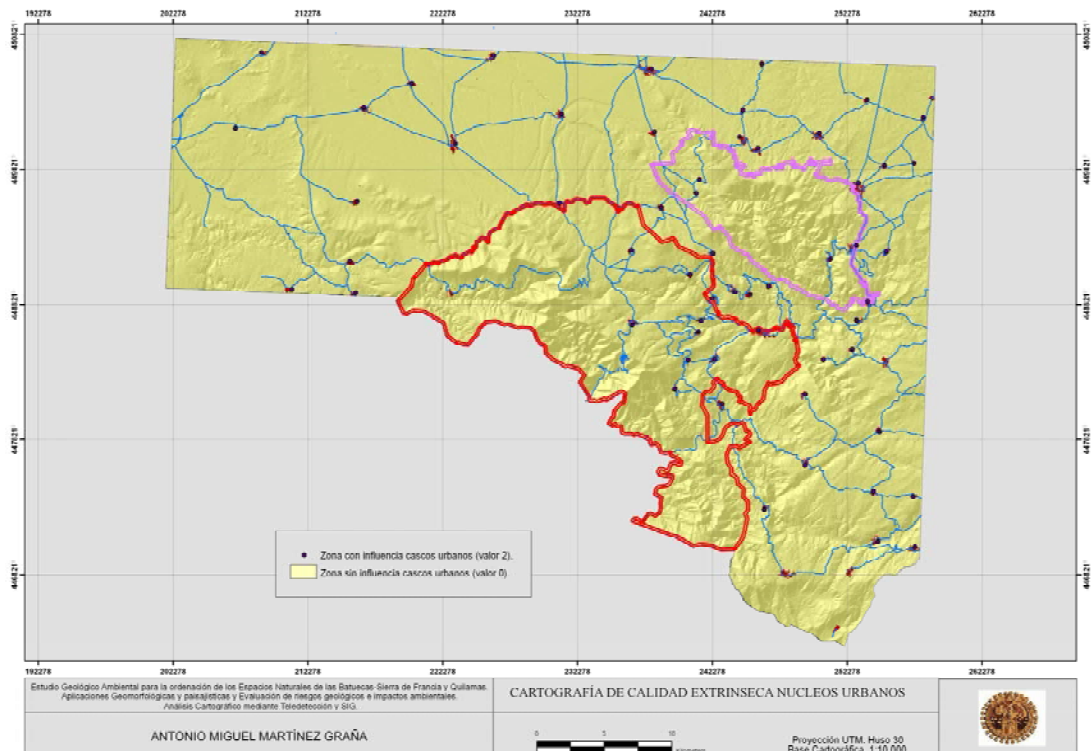


Figura II₈-42. Cartografía de Calidad Extrínseca Paisajística (CEP) de núcleos urbanos.

En tercer lugar, establecemos la valoración del Patrimonio Ecológico (PEc) (Figura II₈-43.C), agrupando varios sectores de interés ecológico natural por diferentes criterios. Estos sectores son: Zonas de Reserva ya establecidas dentro de los Espacios Naturales Protegidos que constituyen los sectores de mayor calidad natural (valor 6), Zonas de Especial Protección para las Aves -ZEPA (valor 4), Zonas Húmedas Protegidas mediante convenio RAMSAR (valor 4), Zonas declaradas Lugares de Interés Comunitario -LICs- (valor 2) y por último los Espacios Naturales declarados en su totalidad, en nuestro caso, a la delimitación geográfica del Espacio Natural Protegido de Las Batuecas-Sierra de Francia y de Quilamas (valor 2).

Finalmente se valora el Patrimonio Artístico Histórico y Cultural (PAHC) (Figura II₈-43.D), en el cual se agrupan las zonas arqueológicas (valor 2), las vías pecuarias, en todas sus categorías: calzadas, cañadas, veredas, cordeles... (valor 2), el patrimonio histórico-cultural cuya presencia destaca en el entorno cercano y es

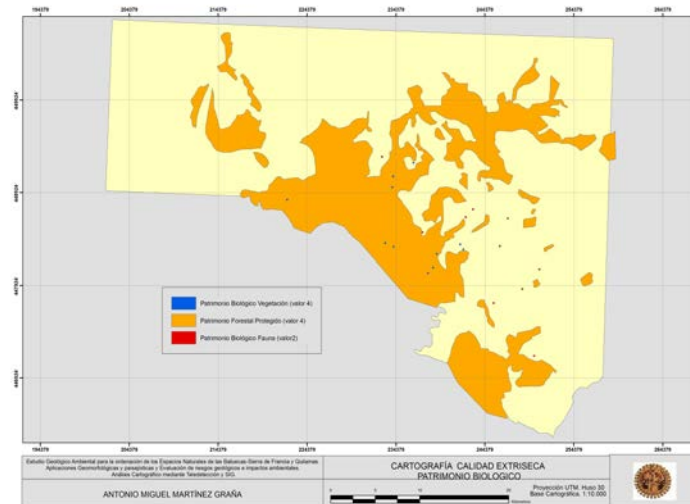
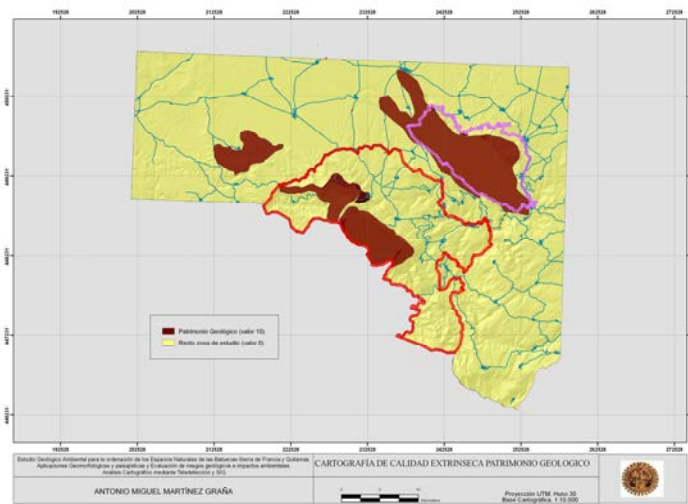
abundante y bien conservado en la zona de estudio: puentes romanos, castillos, fortificaciones, iglesias, ermitas..., que por su singularidad se ponderan con mayor valor que el resto (valor 6) y los sectores de protección agropecuaria declarados (valor 2). Excepto en éste último parámetro, se ha procedido a establecer un ámbito de influencia de los diferentes elementos patrimoniales de 100 metros.

A continuación se procedió a realizar el sumatorio de los mapas de Patrimonio y los núcleos urbanos, para obtener la cartografía de Calidad Paisajística Extrínseca (CPE) (Figura II₈-44).

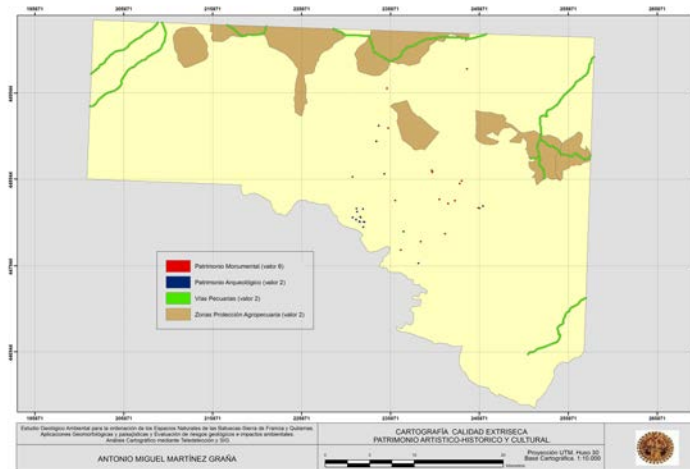
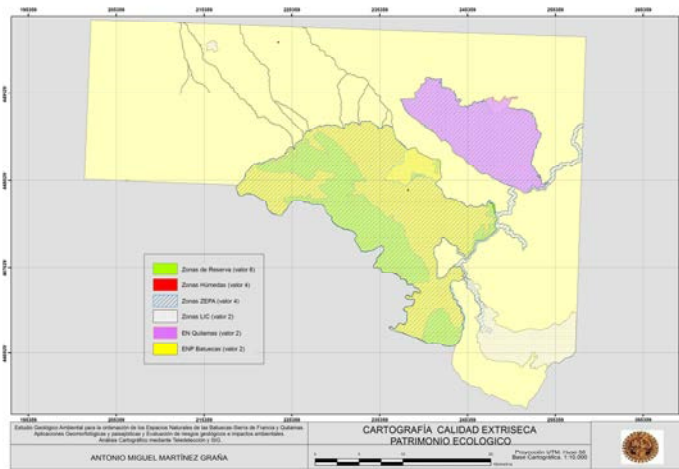
El paso siguiente fue la superposición de las diferentes coberturas temáticas, obteniéndose valores acumulados para cada pixel del mapa final de Calidad del Paisaje (Figura II₈-45), según la siguiente expresión:

$$\text{Calidad Paisaje (CP)} = 0.6 \text{ Calidad Intrínseca} + 0.4 \text{ Calidad Extrínseca.}$$

Se valora con mayor peso la calidad intrínseca que la extrínseca al imprimir mayor notoriedad en el paisaje.



A B



C D

Figura IIg.-43. Cartografía de Calidad Extrínseca Paisajística (CEP) de Patrimonio Geológico (A), Biológico (B), Ecológico(C) y Artístico-histórico-Cultural (D).

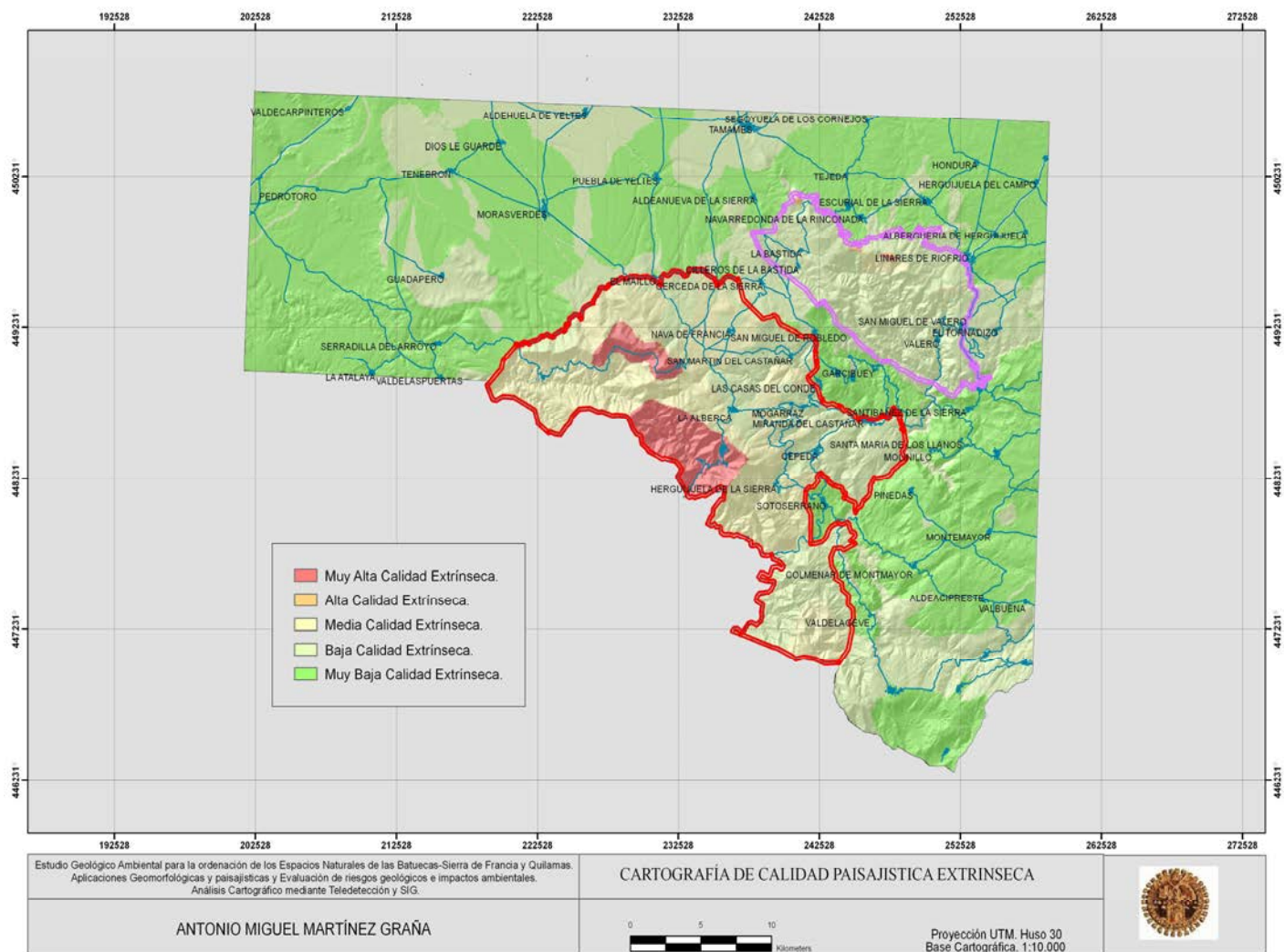


Figura II₈-44. Cartografía de Calidad Paisajística Extrínseca (CEP).

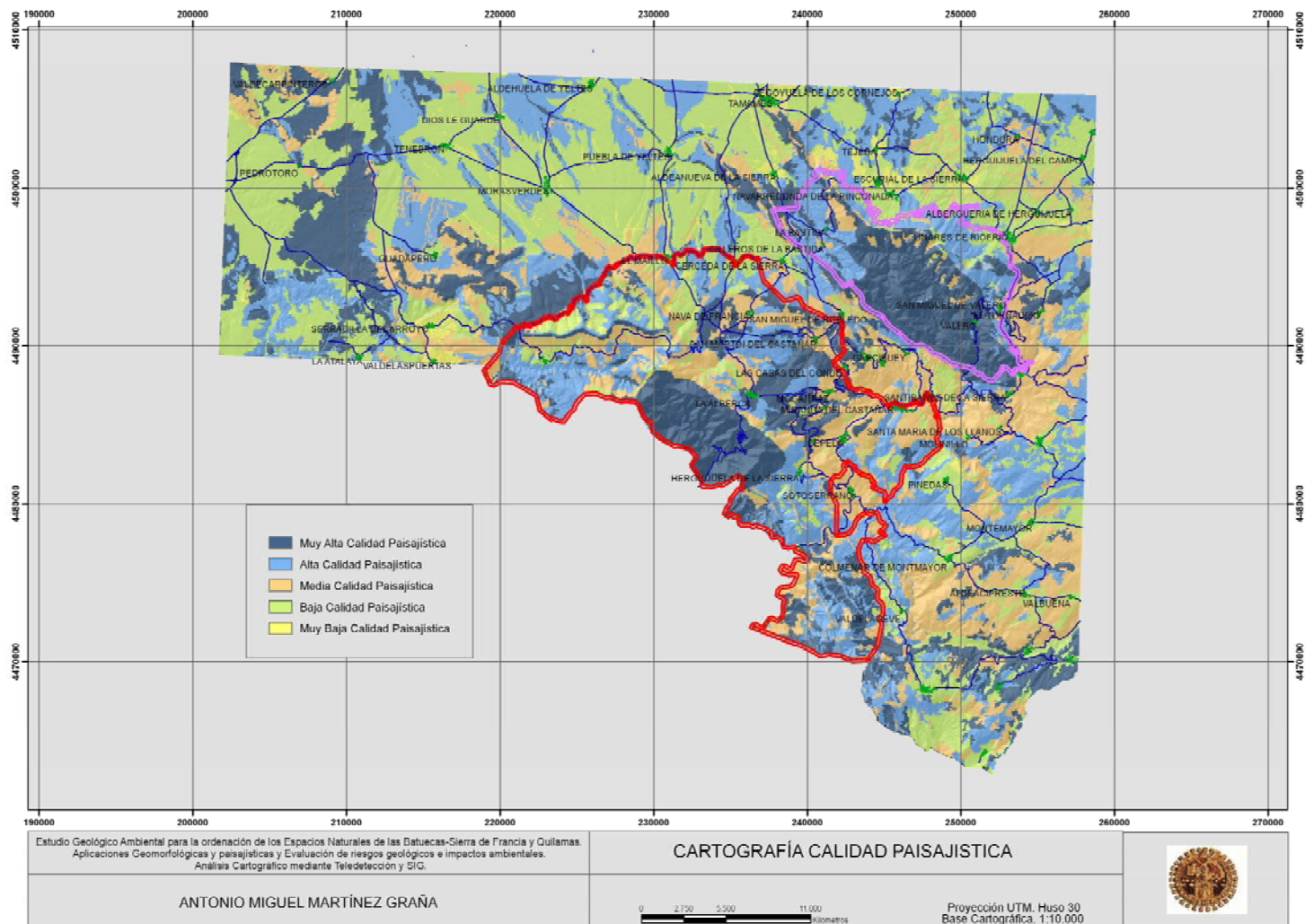


Figura II₈-45. Cartografía de Calidad Paisajística.

Resultados de la Calidad Paisajística.

De la valoración realizada se observan los siguientes resultados: los sectores de Muy Alta calidad se distribuyen en el interior del espacio natural de Quilamas, en las cumbres de la Sierra de Francia y sectores circundantes del norte (desde El Maillo hasta el cruce de la carretera de Monsagro). Igualmente las divisorias del Valle de las Batuecas presentan calidad Muy Alta, la Sierra de La Canchera, en el valle del Agadón, Herguijuela de la Sierra, y sectores al Oeste y Sur de las localidades de Valdelageve y Sotoserrano. Los términos de Mogarraz, Las casas del Conde, Miranda del Castañar y zonas adyacentes, constituyen dentro del ENP de Las Batuecas - S. de Francia, otro sector de calidad Muy Alta. Finalmente se distribuyen con esta categoría sectores dispersos, como Montemayor del Río, Linares de Riofrío o los resaltes asociados al escarpe entre Valdecarpintero y Serradilla del Arroyo, quedando sectores aislados, entre las localidades de Tenebrón, Aldehuela de Yeltes y Puebla de Yeltes.

Las zonas con Alta calidad se encuentran rodeando a las de Muy Alta calidad, como en el sur de la zona, el interior del Valle de las Batuecas, sectores de Pinedas. En el norte, se distribuye por las localidades de Dios Les Guarde, Hondura, etc. Al Oeste se localiza en las cercanías de Pastores y Guadapero. La distribución espacial de los sectores con calidad Media es limitante con los sectores anteriores de Alta y Muy Alta calidad, distribuyéndose fundamentalmente por el sector centro y sureste de la zona de estudio (Nava de Francia, Santibáñez de la Sierra, Colmenar de Montemayor, El Tornadizo, etc.). Los sectores con calidad Baja, se distribuyen por la parte norte central (Morasverdes, Sur de Tenebrón y Aldehuela de Yeltes, etc.), quedando entre estos sectores las zonas de calidad Muy Baja, concentradas en la parte NE (Segoyuela de los Cornejos, Tejada, etc) y la zona este de Valdelaspuestas.

II.8.7. Cartografía de Fragilidad Paisajística.

La fragilidad paisajística es un concepto asociado a la susceptibilidad que tiene el paisaje frente a determinadas acciones o impactos. Analiza la capacidad de respuesta del entorno natural frente a un determinado uso, mediante cambios en sus propiedades que determinan el grado de deterioro, por lo que constituye una forma de obtener su vulnerabilidad. Puede definirse como “la susceptibilidad de un territorio al cambio cuando se desarrolla un uso sobre el mismo” (Cifuentes, 1979), o dicho de otra forma la fragilidad o vulnerabilidad visual sería “el potencial de un paisaje para absorber o ser visualmente perturbado por las actividades humanas. (Litton, 1974, 1982).

La fragilidad de un paisaje es la función inversa a la capacidad de absorción de las alteraciones que se producen sin pérdida de su calidad. Calidad y Fragilidad son conceptos complementarios, aunque existe una diferencia esencial en ellos: la calidad de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio que se analiza y la fragilidad depende del tipo de actividad que se pretende desarrollar. (Ramos et al, 1976; BLM, 1980).

Una alta fragilidad, supone un aspecto negativo para el paisaje, ya que significa que presenta un carácter muy vulnerable frente a la acción antrópica. Se evaluará de forma positiva, los sectores donde al establecer diferentes actividades humanas, el impacto será menor obteniendo una fragilidad paisajística menor, ya que el impacto que pueda producir tendrá un menor efecto.

Para obtener la Fragilidad Paisajística general del área de estudio, se ha calculado la fragilidad Intrínseca y la Extrínseca del Paisaje. (Figura II.8.-46).

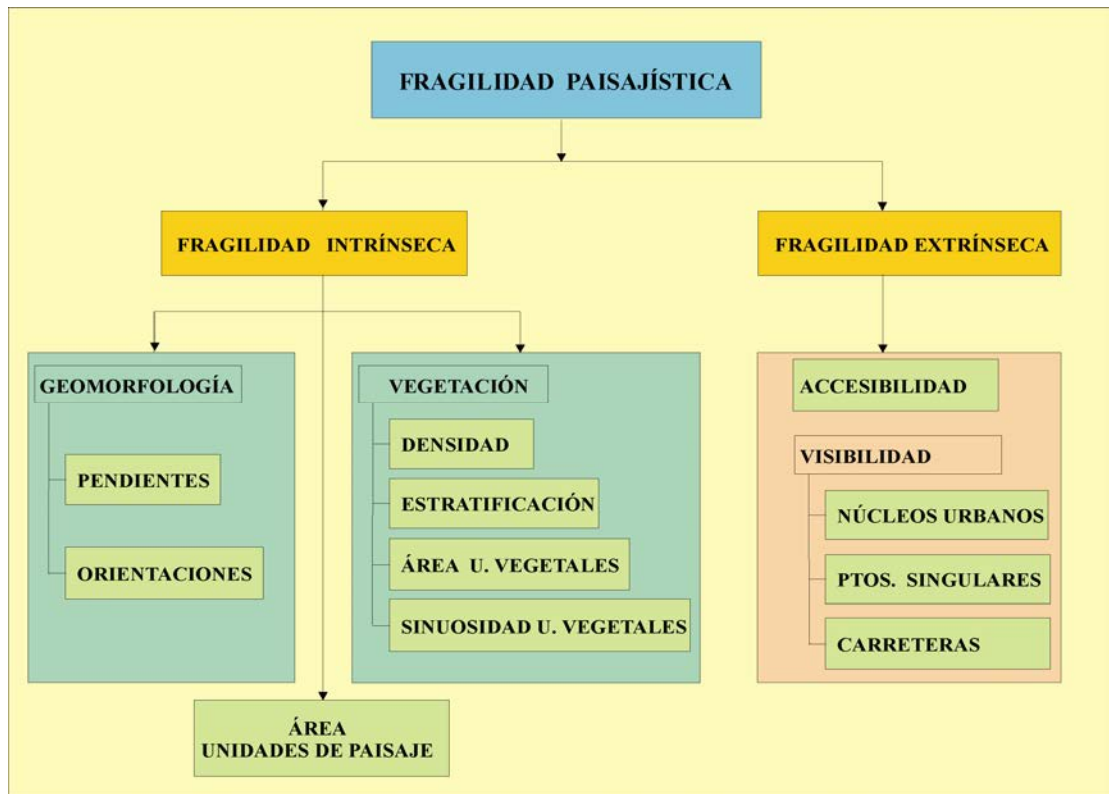


Figura II₈-46. Procedimiento de cálculo para la cartografía de Fragilidad Paisajística.

Hay determinados factores que ya han sido tenidos en cuenta en el apartado de calidad del paisaje, como son algunos parámetros geomorfológicos (pendientes) y de vegetación (densidad, estratificación). Conviene aclarar que el hecho de que un determinado factor aumente o disminuya la calidad del paisaje, no implica que funcione en el mismo sentido en relación con la fragilidad. Los factores que se han tenido en cuenta para determinar la Fragilidad Intrínseca Paisajística son los tres siguientes:

1. Factor Geomorfológico, en el cual se analizan los siguientes aspectos:

A. Pendientes. El aumento de la pendiente aumenta la susceptibilidad frente a las actuaciones humanas e incrementa la sensación que provoca una modificación o cambio en los elementos del paisaje. Por ello, las pendientes más altas dan valores mayores de fragilidad. Este factor actúa en el mismo sentido desde el punto de vista de la calidad y de la fragilidad paisajística, siendo doble su repercusión.

La valoración es de 0 a 8 con la misma reclasificación realizada para la calidad paisajística: Muy Altas pendientes (> 35%)

valor 8, Altas pendientes (20-35%) valor 6, pendientes medias (15-20%) valor 4, Bajas pendientes (5-15%) valor 2 y Muy Bajas pendientes (< 5%) valor 0. Finalmente obtenemos la cartografía de pendientes para el cálculo de la fragilidad (Figura II₈-47).

B. Orientaciones. Las orientaciones espaciales (Norte-Sur-Este-Oeste) de los diferentes sectores del entorno natural influyen notablemente en la fragilidad, ya que las zonas de solana, presentan una mayor iluminación por el grado de insolación que reciben lo que les hace presentar una mayor fragilidad que los sectores orientados a umbría, donde la insolación o luminosidad es menor. La ponderación utilizada es la siguiente: Norte (valor 6), Este (valor 4), Oeste (valor 2) y Sur (valor 0), resultando la cartografía de orientaciones para el cálculo de la fragilidad (Figura II₈-48).

2. Factor Área de las Unidades de Paisaje (UP). Cuanto mayor sea el área de una unidad de paisaje, mas estable será y con mayor dificultad se modificarán sus características; y por lo tanto tendrá menor fragilidad.

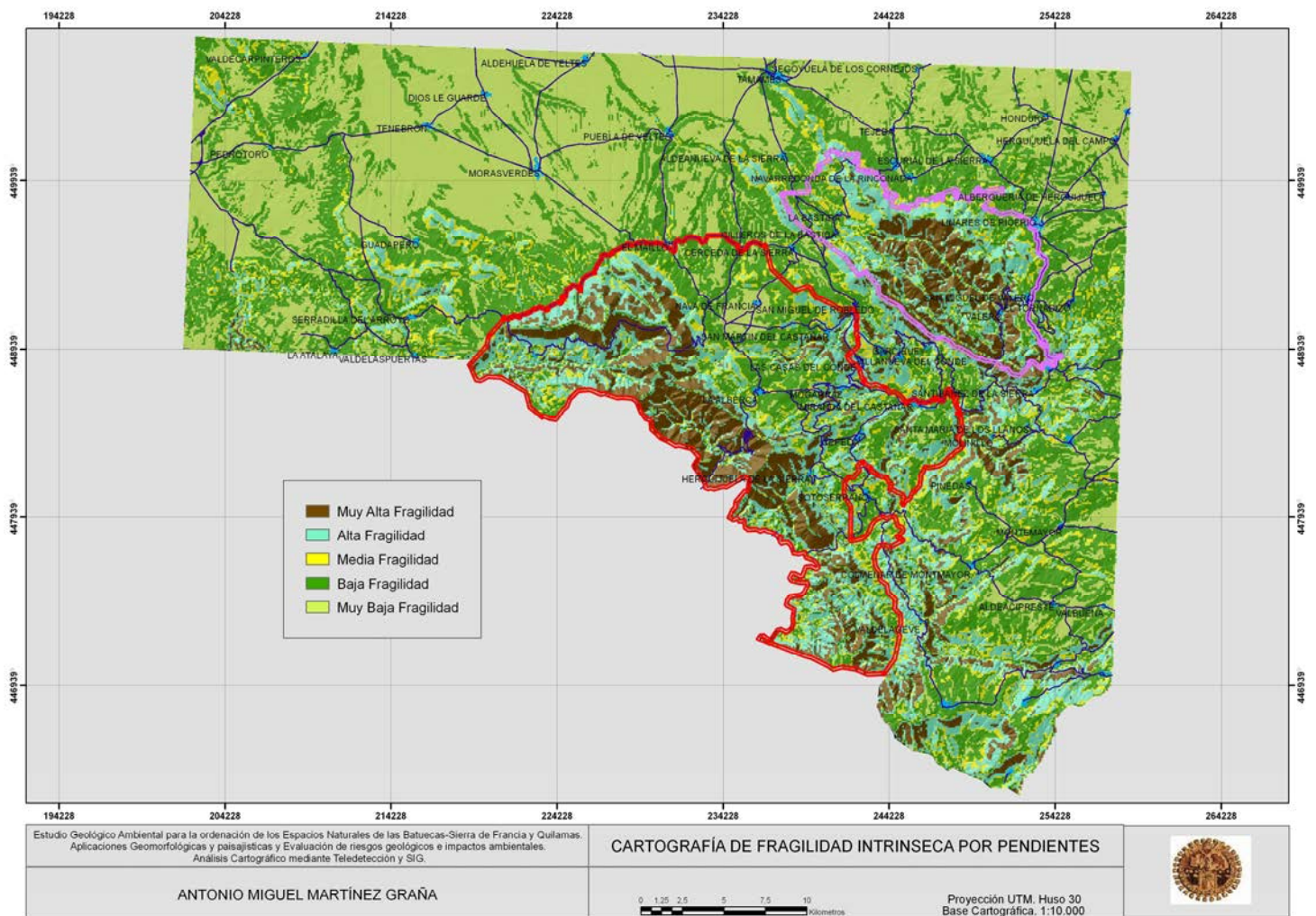


Figura II.8.-47. Cartografía de Fragilidad Paisajística Intrínseca por pendientes.

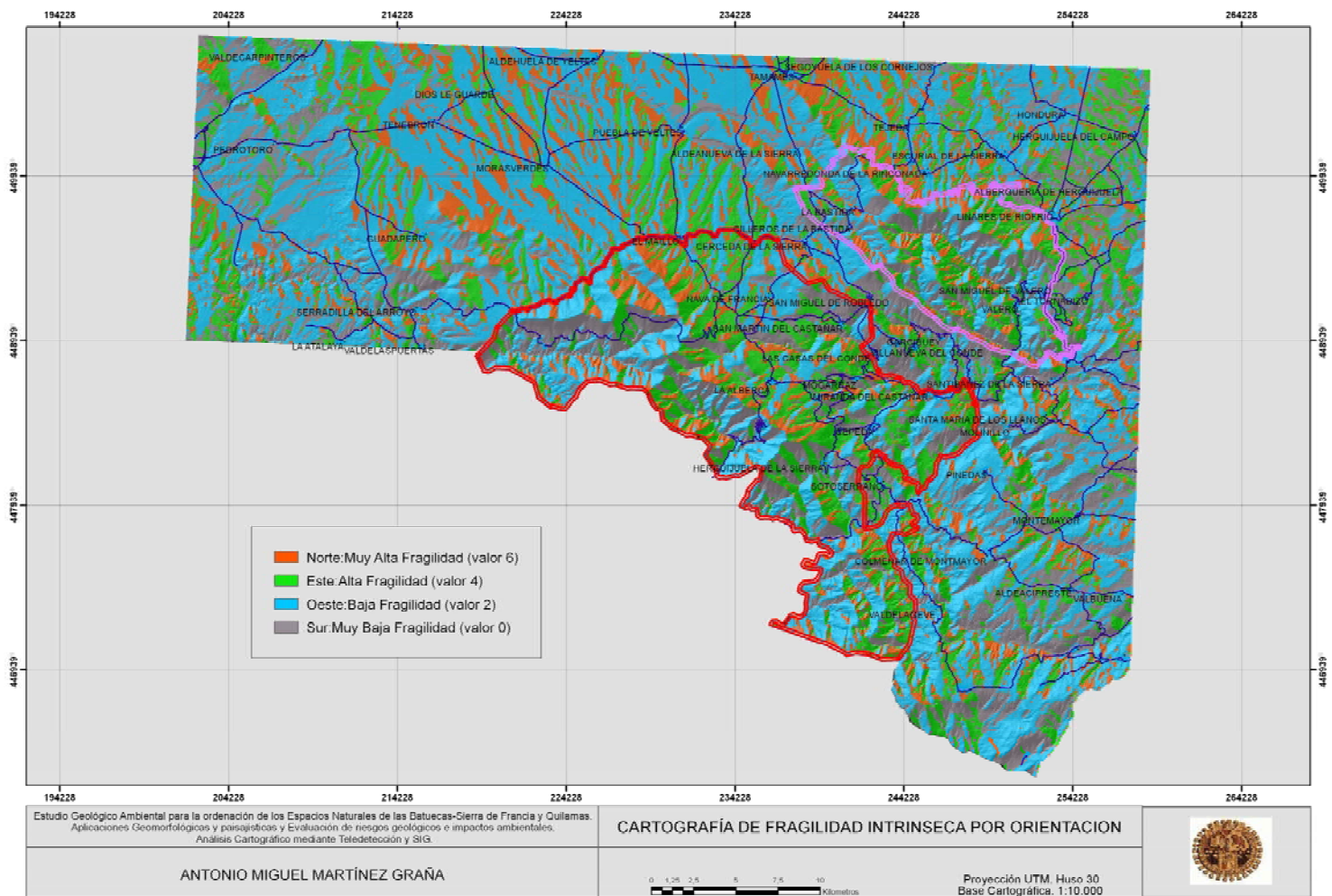


Figura II₈-48. Cartografía de Fragilidad Paisajística Intrínseca por orientaciones.

Se ha procedido al cálculo de las diferentes áreas poligonales de la cartografía vectorial de unidades de paisaje, en hectáreas (Ha), restando al área de la mayor unidad de paisaje de la zona de estudio el área de la menor unidad, y el resultado se ha dividido equitativamente en cuatro grupos, correspondiendo al grupo de unidades de menor tamaño el valor 6 al presentar una Muy Alta fragilidad, valor 4 al grupo de tamaño superior con Alta fragilidad, valor 2 al grupo de unidades con tamaños próximos a los mayores, que generan sectores de fragilidad Baja, y finalmente valores 0 a las unidades de mayor área, que representan las mayores dimensiones, obteniendo la cartografía de las áreas de unidades de paisaje para el cálculo de la fragilidad (Figura II₈-49).

3. Factor Vegetación. Este parámetro evalúa los siguientes aspectos:

A. Densidad de la vegetación. Una mayor densidad de la masa vegetal la hace ser más estable frente a posibles perturbaciones, aumentando su resistencia y disminuyendo la posibilidad de percepción de posibles cambios. La densidad vegetal se analizó en la calidad paisajística con valores comprendidos entre 0-4, donde los valores más bajos correspondían a las densidades de arbolado (FCC) más bajas.

En el caso de la fragilidad, las densidades más bajas son las que presentan valores más altos de fragilidad, ya que son los sectores más fáciles de modificar y que mayor impacto reciben las modificaciones del entorno, ya que cuanto más densa sea una masa arbolada más difícil será percibir el efecto de la acción por ejemplo, de corta de ciertos ejemplares.

El procedimiento seguido consiste en invertir los valores del mapa raster de densidad para la calidad del paisaje, ya que como hemos comentado la valoración de la densidad vegetal en la fragilidad es inversa a la de densidad en la calidad de paisaje. La valoración de este parámetro se realizará de 0-8 (0-2-4-8). Para invertir estos valores restamos el valor de máxima densidad dada a la cartografía de calidad, de manera que los valores que son "0" (densidades

mínimas) se transforman en "4" (fragilidad máxima) y viceversa. Además como la escala de valoración de la fragilidad la aumentamos hasta "8", multiplicamos por "2, por lo que aplicamos con la calculadora raster, dichas operaciones aritméticas al mapa raster de calidad por densidad vegetal, obteniendo la cartografía de fragilidad por densidad vegetal (Figura II₈-50).

B. Estratificación vegetal. La diversidad de estratos de la masa vegetal influye directamente en el análisis de la fragilidad, de forma similar a lo que ocurre con el parámetro anterior: densidad vegetal. Los valores mayores de estratificación son los que proporcionan una menor fragilidad de las formaciones vegetales. La valoración será de entre 0-6, igual que en calidad paisajística pero con los valores invertidos, en este caso partimos del mapa vectorial que reclasificamos agrupando los valores de estratificación vegetal por fragilidad, obteniendo la cartografía de Estratificación Vegetal para el cálculo de la Fragilidad (Figura II₈-51).

C. Superficie de las unidades vegetales. La influencia de la superficie aumenta o disminuye la fragilidad perceptual según aumente o disminuye la percepción de los impactos sobre el paisaje. Cualquier afección ambiental es menos perceptible en la medida que se incrementa la superficie de una determinada unidad vegetal, por lo que mayores áreas van a dar una menor fragilidad del paisaje.

El procedimiento es similar al realizado para el cálculo del área de las unidades de paisaje, valorando la fragilidad con valores entre 6 (mayor fragilidad, pequeñas superficies) y 0 (menor fragilidad, grandes superficies). (Figura II₈-52)

D. Relación $\text{perímetro}^2/\text{área}$ de la vegetación. Este índice se corresponde con la sinuosidad pero en este caso lo aplicamos a las unidades de vegetación, lo cual permite evaluar el efecto borde que tiene una unidad de vegetación, siendo las áreas de borde las más sensibles al cambio, constituyendo los sectores de mayor fragilidad de cada unidad de vegetación.



Figura II₈-49. Cartografía de Fragilidad Paisajística Intrínseca según el área de las unidades de paisaje.

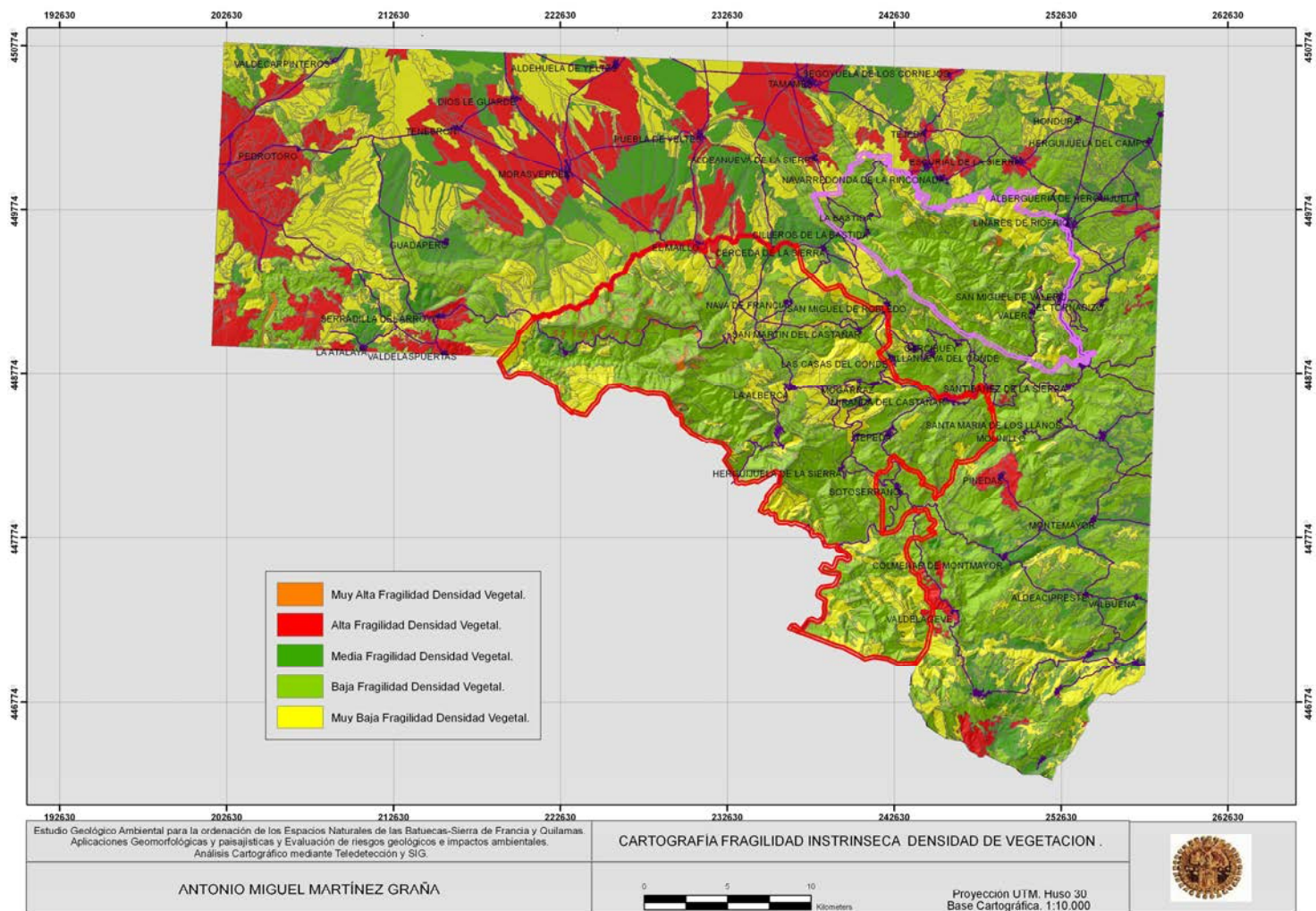


Figura II₈-50. Cartografía de Fragilidad Paisajística Intrínseca según la densidad vegetal.

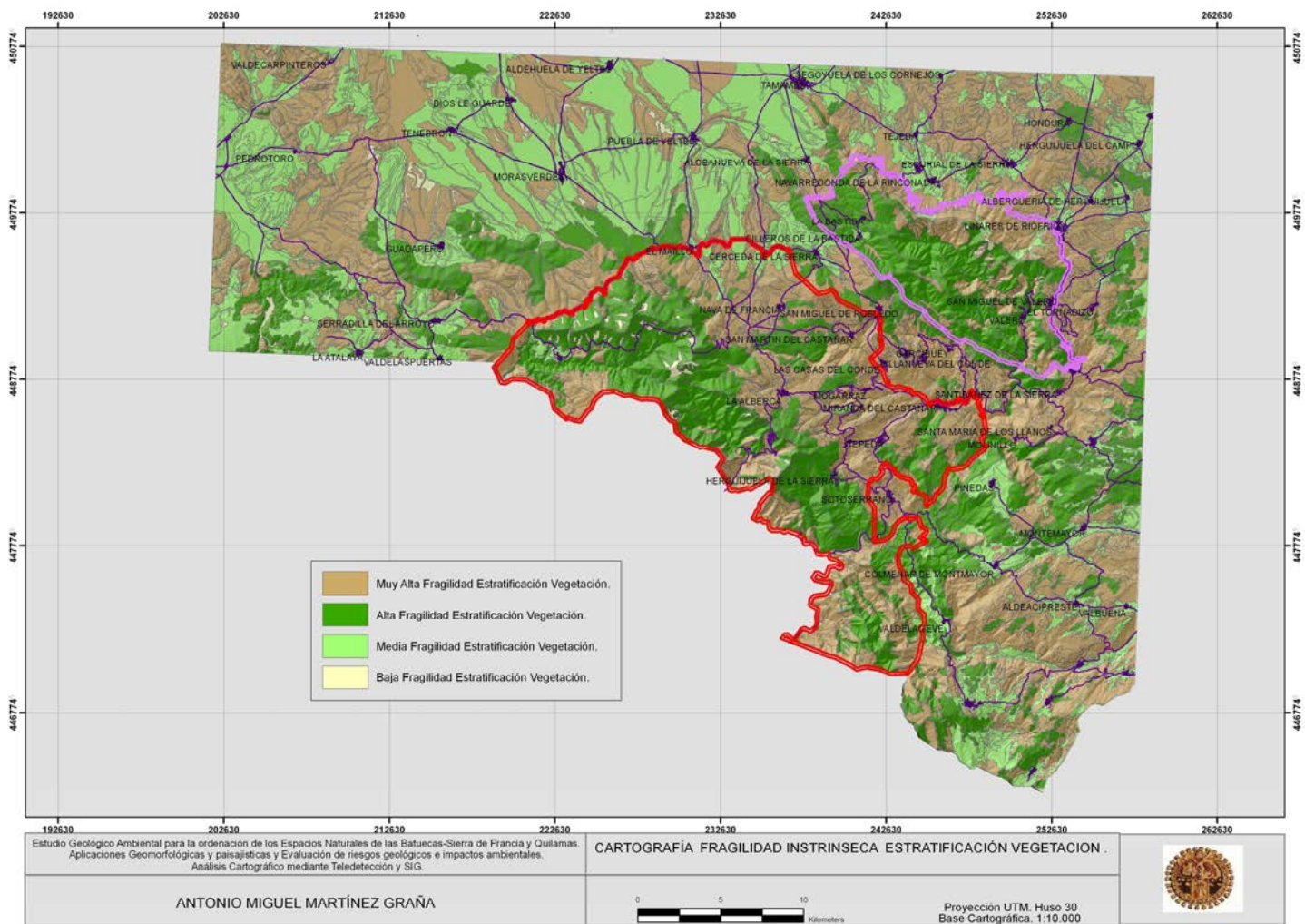


Figura II₈-51. Cartografía de Fragilidad Paisajística Intrínseca según la estratificación vegetal.

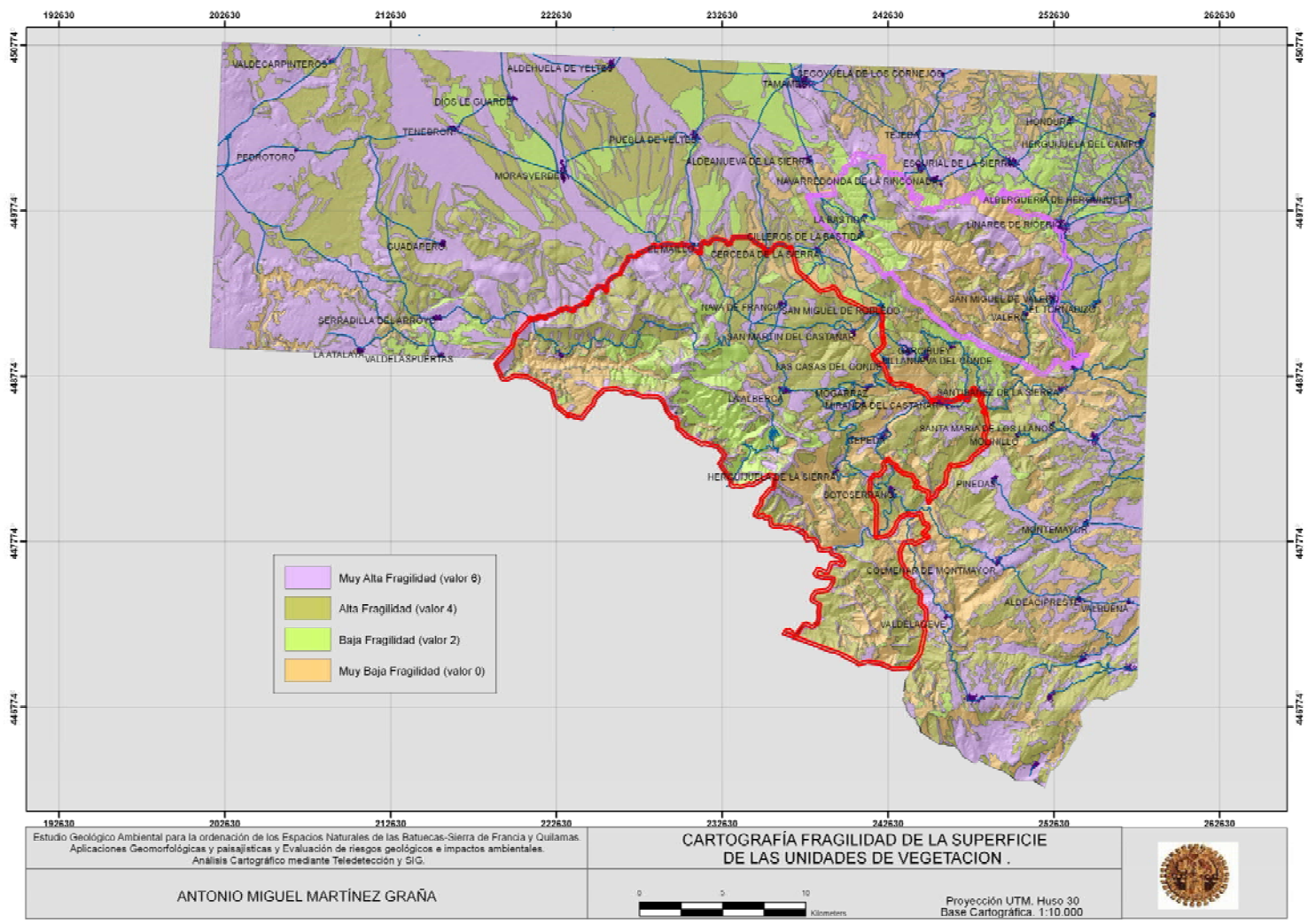


Figura II₈-52. Cartografía de Fragilidad Paisajística Intrínseca según la superficie de las unidades de vegetación.

La relación perímetro-área se mide dividiendo el perímetro al cuadrado (para tener un orden de magnitud equivalente al del área) por el área de la unidad de vegetación, de forma que cuanto mayor sea esta relación, o lo que es lo mismo, a mayor perímetro en comparación con el área de la unidad, mayor fragilidad paisajística. Esto es así, porque los bordes son zonas susceptibles a posibles actuaciones y el efecto de dichas actividades antrópicas son más fácilmente observables en dichas unidades. La valoración seguida en este apartado es similar a la del apartado anterior, de 0 a 6, presentando Muy Alta y

Alta fragilidad los de valores 6 y 4 respectivamente, mientras que los valores 2 y 0 corresponden con Baja y Muy Baja fragilidad. (Figura II₈-53).

Finalmente se elabora la Cartografía de Fragilidad Paisajística Intrínseca del Paisaje -FPI- (Figura II₈-54), procediendo a operar con las diferentes cartografías de los factores de fragilidad intrínseca analizados, siendo la suma de dichas cartografías, previamente transformadas de formato vectorial a raster, la que genere la cartografía resultante. La fórmula aplicada fue la siguiente:

$$\text{FPI} = \text{Cartografía Fragilidad Geomorfológica (pendientes + orientación)} + \text{Cartografía Fragilidad Area Unidades de Paisaje} + \text{Cartografía Fragilidad Vegetación (densidad + área unidades vegetación + sinuosidad unidades vegetación)}.$$

Para determinar la Fragilidad Paisajística Extrínseca hemos tenido en cuenta los siguientes factores:

1. La accesibilidad. Una zona es accesible si se encuentra próxima a un sector urbanizado o de infraestructuras de acceso. Por ello, para calcular las zonas de mayor accesibilidad, partimos de la capa de cascos urbanos y de las infraestructuras lineales -carreteras- y le aplicamos un buffer de 500 metros a partir del punto o línea donde el acceso es inmediato. Obtenemos de esta forma una cartografía de accesibilidad, la cual esta directamente relacionada con la fragilidad, ya que una zona de fácil acceso presenta mayor fragilidad que los sectores más alejados de dichas zonas, donde la frecuentación humana es menor o nula dada la inaccesibilidad. Las zonas de fácil acceso presentan valor 4; mientras que las zonas inaccesibles se les otorga un valor 0. (Figura II₈-55).

2. La visibilidad. Mediante la creación de cuencas visuales, a partir del MDT se pueden analizar espacialmente la visibilidad de cada punto del territorio, y por tanto la incidencia visual de las diferentes actividades humanas y/o elementos naturales.

En este apartado analizamos la visibilidad, en base a los elementos con mayor afluencia humana, pudiéndose agrupar en elementos puntuales (cascos urbanos, Figura II₈-56), puntos singulares, (-Peña de Francia-, Pico Cervero, Figura II₈-57) y elementos lineales (carreteras, Figura II₈-58). Para obtener las cuencas visuales utilizamos herramientas SIG, obteniendo una cartografía raster, con un tamaño de celda de 100 metros, de las zonas visibles (valor 4) y no visibles (valor 0). La capa visible de información se superpone al MDT sombreado para analizar teniendo en cuenta el relieve, el tamaño de dichas cuencas visuales. Generamos otra capa con los puntos de interés social que conllevan gran afluencia de visitantes, (Peña de Francia -ENP Batuecas-S.Francia- y Pico Cervero -EN Quilamas-); y con la cobertura lineal de carreteras aplicando el mismo procedimiento y valoración.

La cartografía de Fragilidad Paisajística Extrínseca -FPE- (Figura II₈-59) se ha obtenido al integrar todas las coberturas de accesibilidad y las cuencas visuales calculadas, como se indica a continuación:

$$\text{FPE} = \text{Cartografía Fragilidad accesibilidad} + \text{visibilidad (N. Urbanos/Ptos. Sing. / Carreteras)}.$$

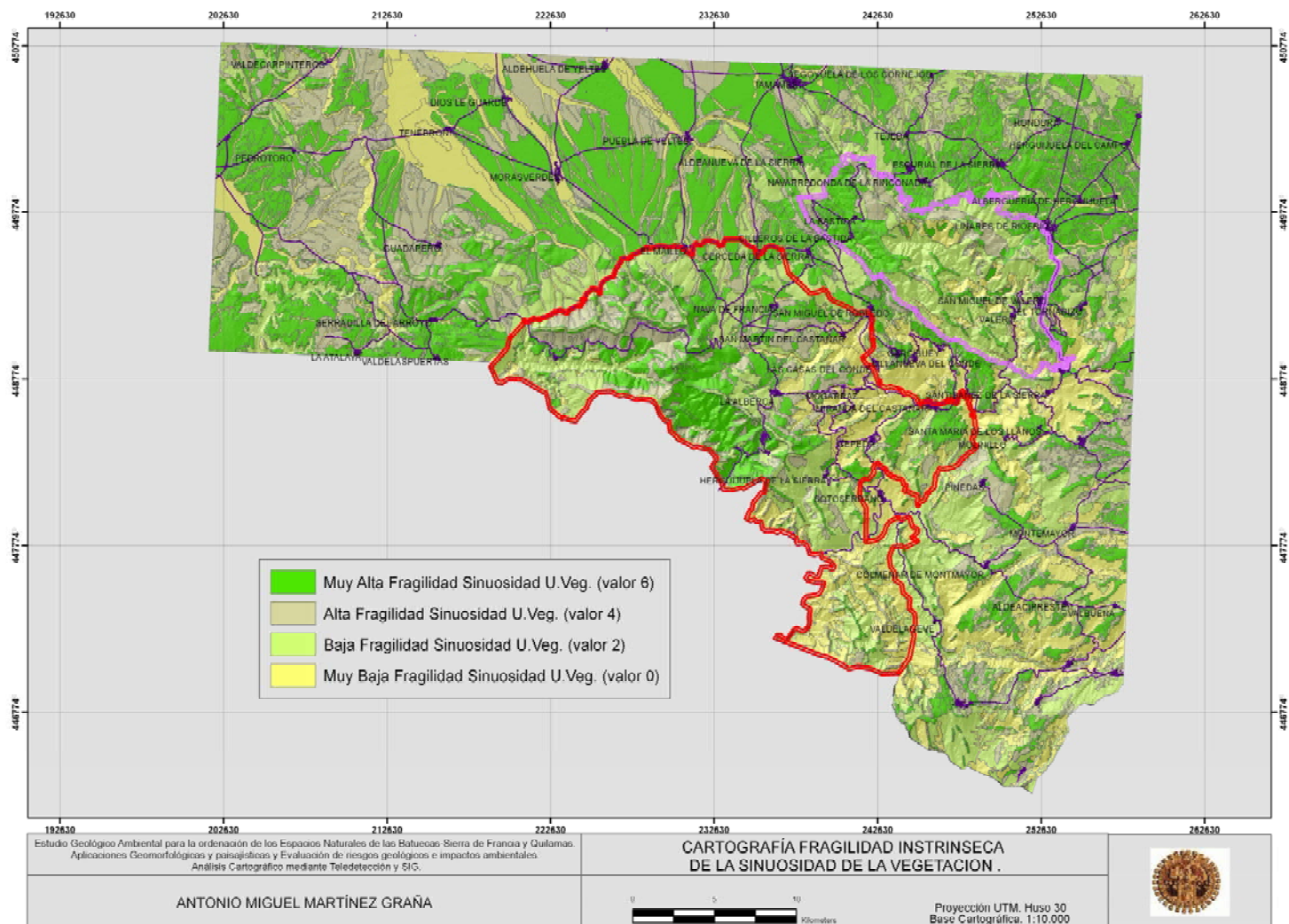


Figura II₈-53. Cartografía de Fragilidad Paisajística Intrínseca según la sinuosidad de las unidades de vegetación.

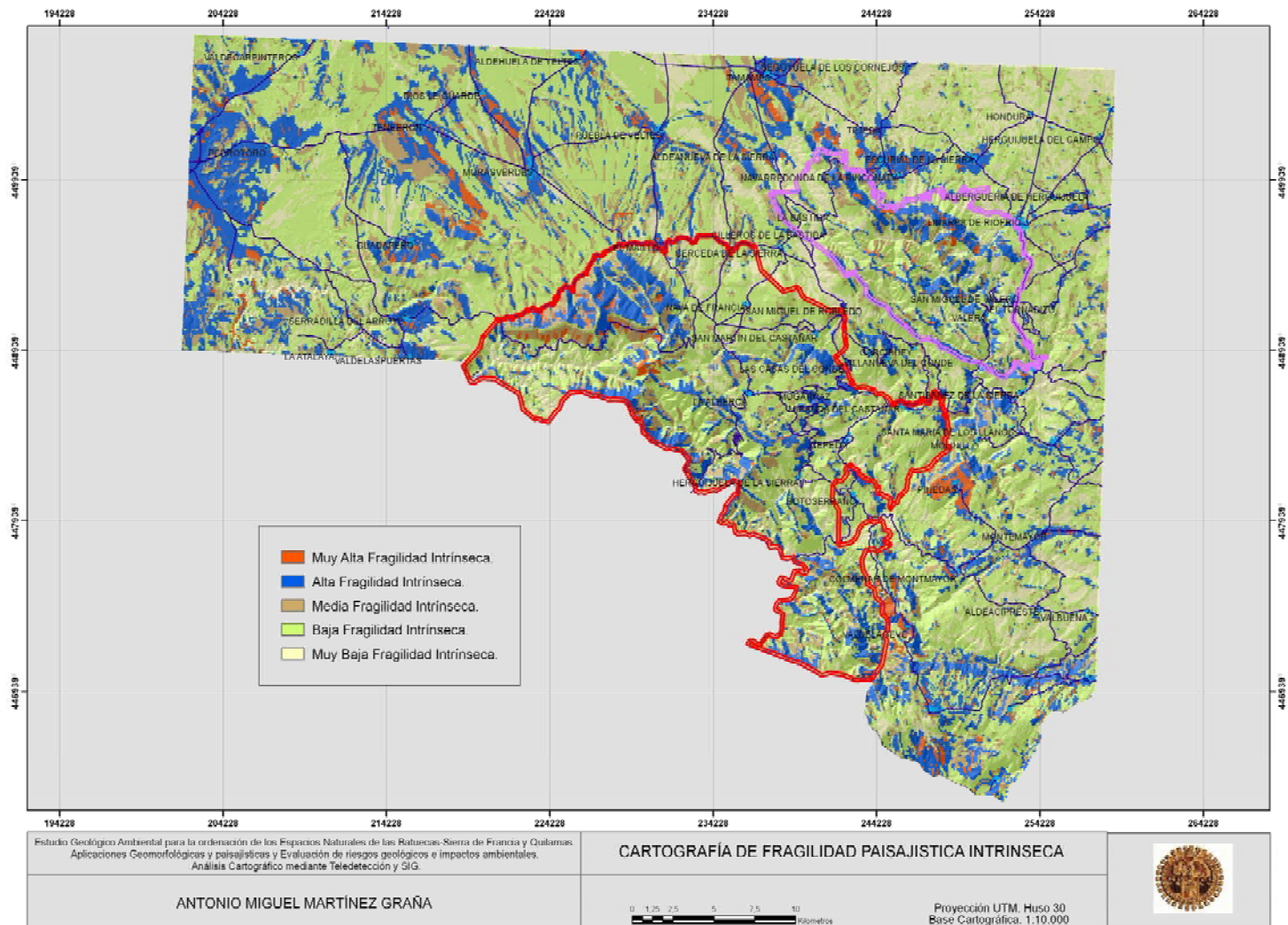


Figura II_g-54. Cartografía de Fragilidad Paisajística Intrínseca.

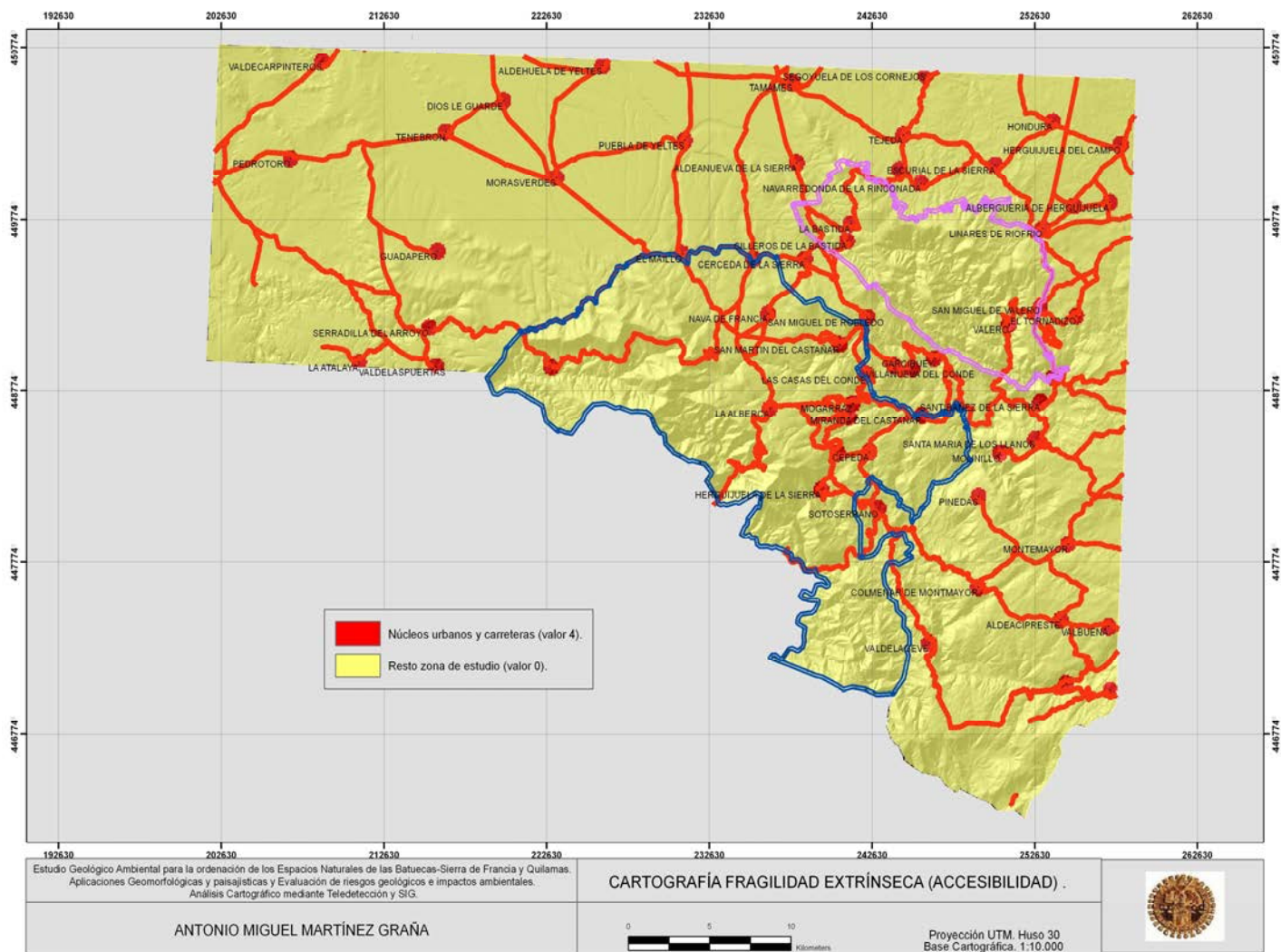


Figura II₈-55. Cartografía de Fragilidad Extrínseca Paisajística por accesibilidad.

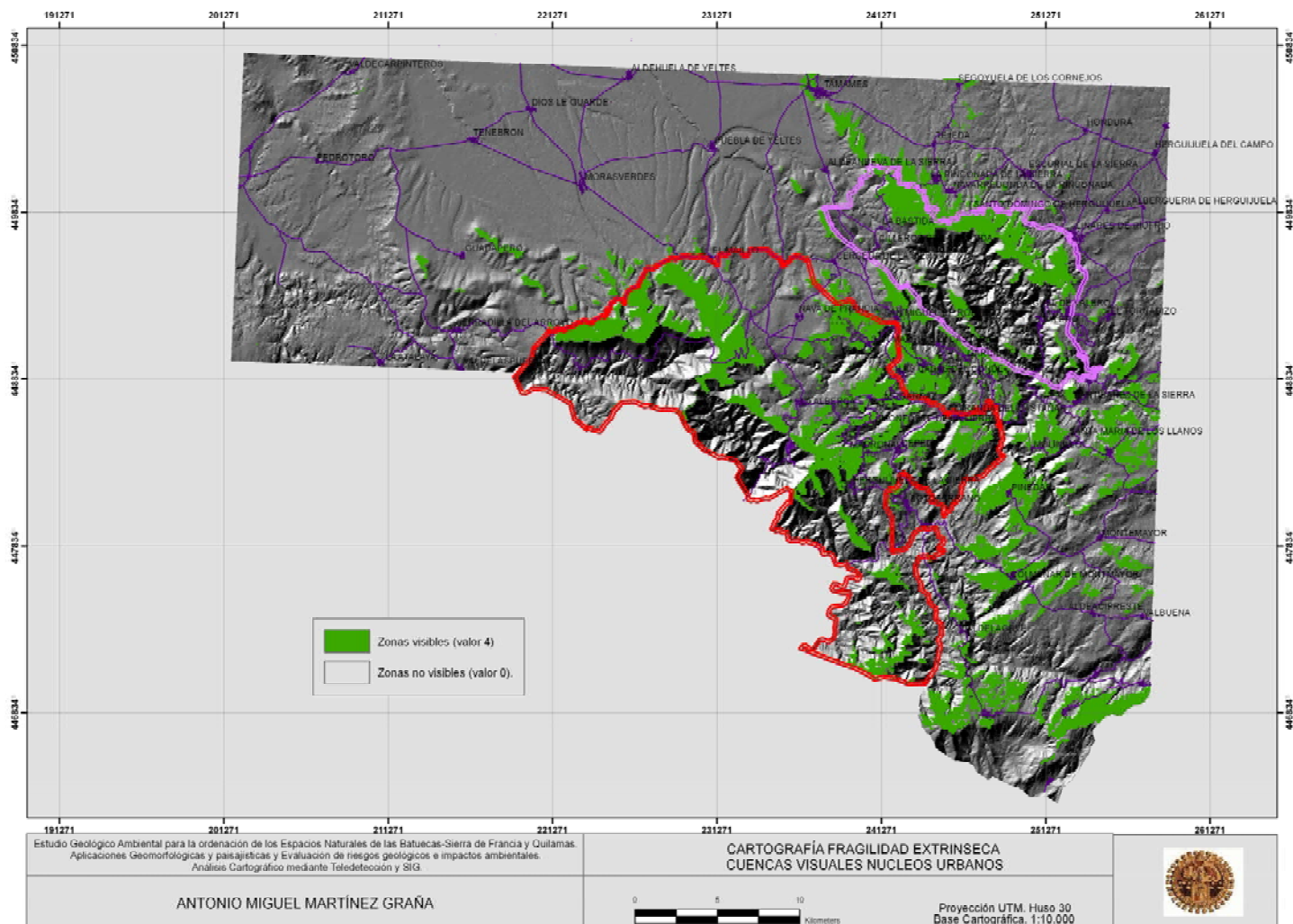


Figura II₈-56. Cartografía de Fragilidad Paisajística Extrínseca por cuencas visuales desde núcleos urbanos.

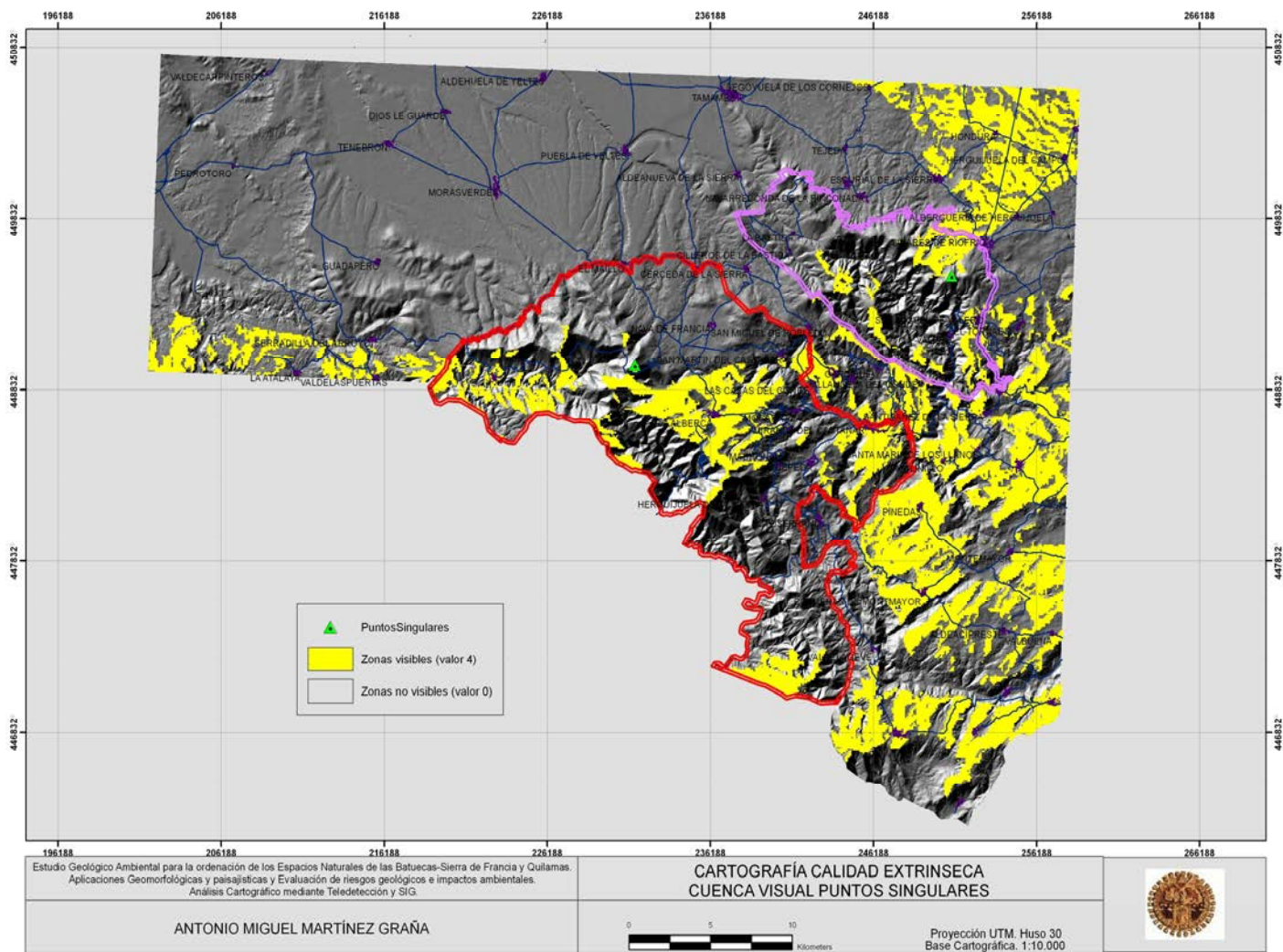


Figura II₈-57. Cartografía de Fragilidad Paisajística Extrínseca por cuencas visuales desde puntos singulares.

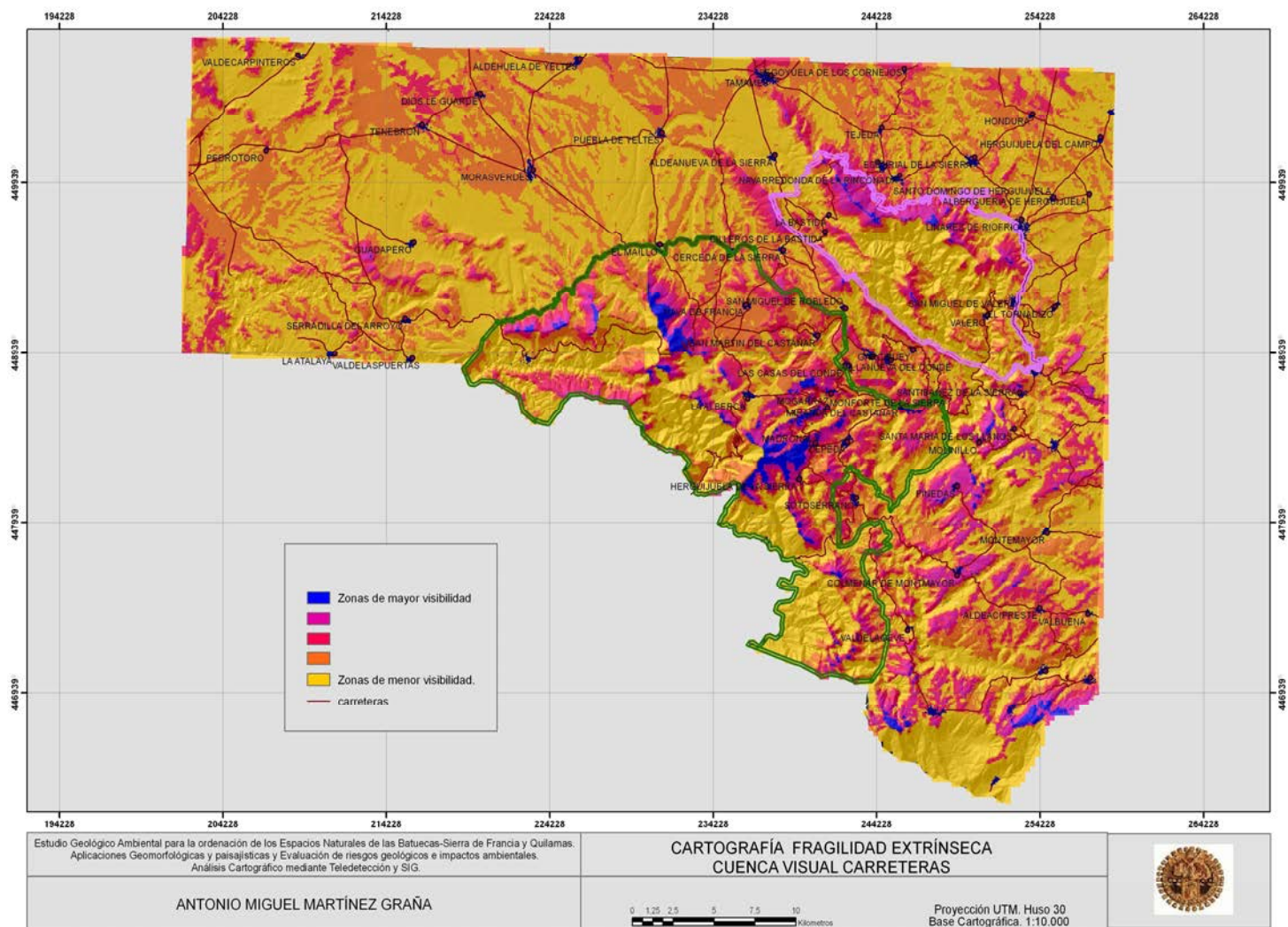


Figura II₈-58. Cartografía de Fragilidad Paisajística Extrínseca por cuencas visuales desde infraestructuras lineales –carreteras–.

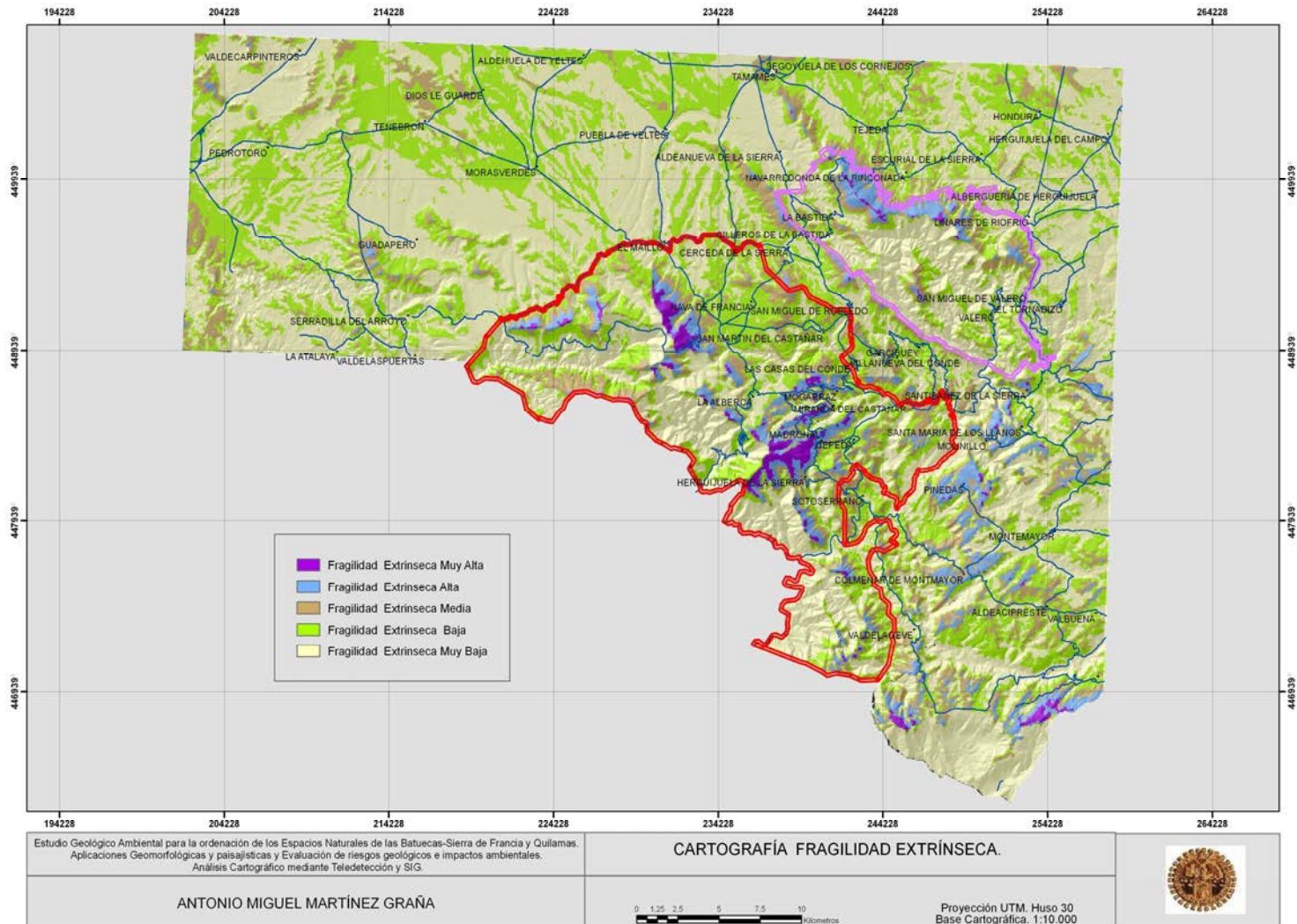


Figura II₈-59. Cartografía de Fragilidad Paisajística Extrínseca.

Finalmente ponderamos y sumamos todas las capas raster obtenidas en el análisis de la fragilidad intrínseca (peso 0.6) y extrínseca (peso 0.4), obteniendo la

cartografía de fragilidad paisajística -CFP- (Figura II₈-60):

CFP= 0.6 (Cartografía Fragilidad geomorfológica + Cartografía Fragilidad superficie -U. Paisaje- + Cartografía Fragilidad vegetación) + 0.4 (Cartografía Fragilidad accesibilidad + visibilidad).

Resultados de la Fragilidad Paisajística

La cartografía de Fragilidad, muestra la capacidad de respuesta del entorno natural o su vulnerabilidad ante determinadas actuaciones humanas. Se observa como los sectores de fragilidad Muy Alta se localizan en zonas de muy alta calidad correspondientes a dominios de cumbres y crestas, al ser zonas con gran incidencia visual por lo que la capacidad de acogida de estos sectores sería muy baja al incidir las posibles actividades en una zona perceptual muy amplia. Estas zonas son las cumbres de la Sierra de Francia, Quilamas y las Sierras de La Alberca, incluyendo las divisorias de aguas entre la cuenca del Duero y Tajo, correspondientes a las crestas que delimitan el Valle de Las Batuecas (Peña Orconera), sierras de Herguivuela de la Sierra, así como algunos sectores elevados del sur de Valbuena y Valdelageve.

Los sectores de fragilidad Alta, rodean a los anteriores, integrando las partes altas de las laderas. Existen zonas dispersas rodeando a sectores muy puntuales de Muy Alta fragilidad al oeste de Santibáñez de la Sierra, Molinillo, sur de Colmenar de Montemayor, sector de Pinedas y en el flanco sur del sinclinal de Guadapero.

Los sectores de fragilidad Media, se distribuyen sobre todo por el centro y suroeste de la zona, destacando la Sierra Mayor, Sierra de Tamames, resaltes topográficos del sector entresierras (San Miguel de Robledo, San Martín del Castañar, La Alberca, Madroñal, etc.

Por último los sectores de fragilidad Baja y Muy Baja, se encuentran en amplias zonas del centro-norte del sector, en los dominios de superficies y piedemontes, que suelen presentar portes arbóreos o actividades humanas dispersas que dan capacidades de acogida mayores, disminuyendo su fragilidad. Igualmente algunos sectores de alta calidad como el Valle de las Batuecas, Valle de Quilamas, Valle del Agadón, Serradilla del Arroyo, etc, o bien presentan elementos naturales o cuencas visuales muy reducidas o cerradas que disminuyen la intrusión visual y la afección paisajística a zonas adyacentes, lo cual genera una fragilidad menor, como ocurre en el dominio de valles encajados del valle de Quilamas. Otros sectores con fragilidad Muy Baja, son Valdecarpinteros, Tamames, Herguivuela del Campo, etc.

II_{8.8}. Resultados del análisis del paisaje.

En el análisis del paisaje llevado a cabo en este trabajo, se han establecido las unidades de paisaje de los Espacios Naturales Protegidos, realizando la descripción y valoración de la calidad y fragilidad paisajística.

A partir de la cartografía de unidades homogéneas, en un primer momento, se ha realizado una descripción teniendo en cuenta los componentes, características visuales y factores perceptuales de las unidades más representativas de la zona de estudio, y su estudio en campo. Esta caracterización se ha realizado partiendo de la reclasificación de las unidades naturales, sintetizando sobre todo las características de la vegetación y litológicas, y manteniendo los dominios geomorfológicos como factor dominante en el paisaje.



Figura II₈-60. Cartografía de Fragilidad Paisajística.

También se han tenido en cuenta criterios de vulnerabilidad visual (Tetlow & Sheppard, 1979) y valoración de capacidad de absorción visual (Yeomans, 1986), para ello se han elaborado modelos tridimensionales que engloban los componentes fun-

damentales: dominios geomorfológicos litología, vegetación, etc. Esta superposición cartográfica con la altitud, facilita el análisis paisajístico, al permitir apreciar la disposición de los diferentes parámetros. (Figura II₈-61).

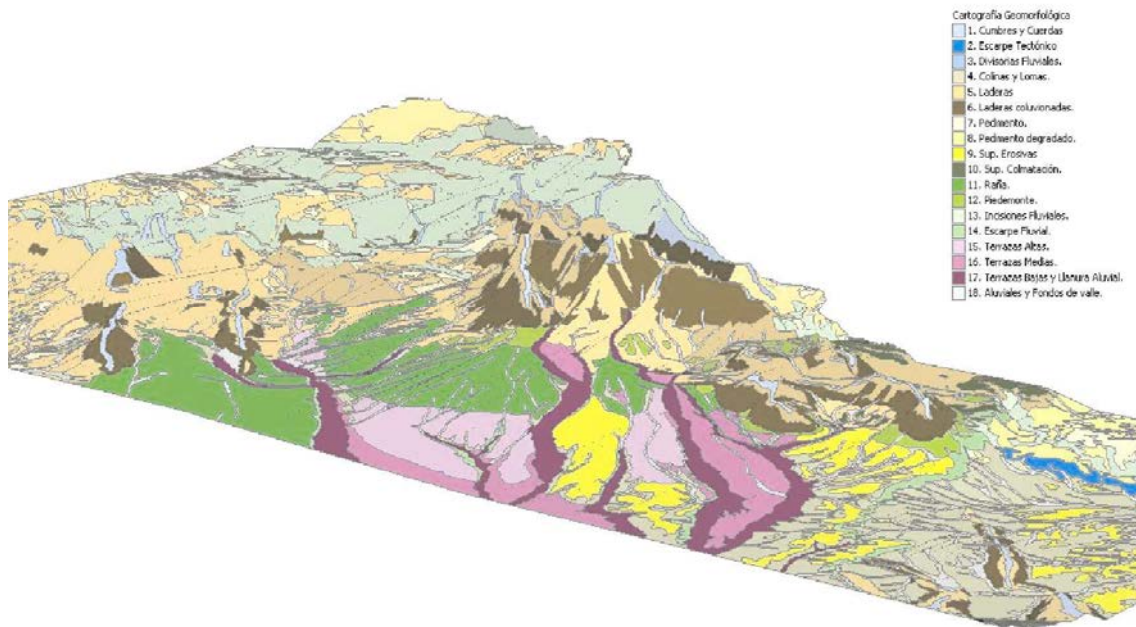


Figura II₈-61. Modelo Tridimensional, donde se ha superpuesto al MDT la cartografía de Dominios Geomorfológicos, observando su disposición espacial.

Posteriormente se ha realizado una valoración indirecta, concretada en una cartografía de calidad; para ello se han evaluado los elementos y componentes que definen la calidad intrínseca y extrínseca. Finalmente se ha analizado y representado la fragilidad o vulnerabilidad del paisaje, a partir de una serie de factores que definen su fragilidad intrínseca y extrínseca.

Finalmente se obtiene una cartografía sintética, a partir de la integración de variables paisajísticas, como calidad y fragilidad, para la conservación del paisaje, ya que va a permitir realizar una zonificación que facilite la gestión de los Espacios Naturales. Para ello, se aplican análisis multicriterio de tipo espacial: procedimientos aritmético-estadísticos (cálculo de áreas, perímetros, índices específicos...), métodos de Combinación Lineal Ponderada incluyendo factores ponderados (Calidad y Fragilidad) como restrictivos

(áreas de restricción con valor 0), definiendo así las áreas de exclusión. Se establece una nueva cartografía denominada Cartografía de Capacidad de Absorción Paisajística, que se corresponde con el concepto opuesto al de fragilidad visual.

La valoración de la calidad y fragilidad visual, permiten conocer cómo afectará una determinada actividad a la calidad del paisaje y, determinar qué valor tiene para su protección. Por lo tanto, se deben considerar las áreas que presentan los valores de mayor calidad visual y mayor fragilidad visual como zonas prioritarias para la protección y conservación.

Este modelo cartográfico que integra la calidad y fragilidad paisajística del medio natural, se suele utilizar en los estudios de planificación territorial y predicción de impactos.

Para elaborar la última cartografía, útil para la ordenación territorial ya que determina espacialmente las zonas de mayor necesidad de protección, partimos del cruce de la valoración Indirecta (Cartografía de Calidad y Fragilidad), (Ramos y col., 1976), estableciendo 5 clases (Figura II₈-62), en cuya reclasificación interviene la valoración directa del área de estudio, de forma que la clase 1 será la de máxima conservación, o de mínima capacidad de absorción y la clase 5 será la de máxima intervención o mínima conservación, o bien la de máxima capacidad de absorción. (Figura II₈-63).

		CALIDAD				
		BAJA	→			ALTA
		I	II	III	IV	V
FRAGILIDAD	BAJA	I	CLASE 5		CLASE 2	
	II					
	III			CLASE 3		
	IV	CLASE 4				
	ALTA				CLASE 1	

Figura II₈-62. Reclasificación de la Capacidad de Absorción Paisajística.

Resultados de la Cartografía de Capacidad de Absorción.

El análisis de la capacidad de absorción muestra los sectores de Muy Alta y Alta capacidad de absorción o mínima conservación, es decir, zonas donde a nivel perceptual las intervenciones antropicas generarían poca incidencia, por lo que son sectores de posible intervención humana. Se localizan en los alrededores de Valdecarpinteros, Morasverdes, sur de Aldehuela del Yeltes y norte de El Maillo, los sectores al pie del talud del escarpe que va desde el Maillo a Aldehuela de Yeltes, en la base de la ladera SO de la Sierra de Tamames y en la localidad de Puebla de Yeltes, al situarse en una zona de encajamiento fluvial. Igualmente presentan zonas de muy alta capacidad de absorción los sectores de la hoja cartográfica de Hervás, por la sinuosidad del terreno y la cobertura vegetal, y los valles profundos y encajados en sus sectores más internos, como ocurre en el valle del río Quilamas o en el interior

del Valle de las Batuecas, los cuales aunque presentan alta calidad paisajística como se observa en el mapa de calidad, presentan baja fragilidad al ser cuencas visuales cerradas, presentando zonas con muy alta capacidad de absorción.

La capacidad de absorción Media se circunscribe alrededor de los sectores anteriores, enlazando con las zonas de capacidad de absorción Baja y Muy Baja, o zonas de mayor necesidad de conservación. Encontramos áreas de capacidad Media en lugares como las laderas bajas de algunos valles como el del Agadón, Cuerpo de Hombre, Quilamas, etc. De forma dispersa se distribuyen por los alrededores de la localidad de Pedrotoro (Oeste) y Santo Domingo de Herguijuela (Este). Presentan manchas de cierta importancia entre las Sierras de Tamames y Sierra Mayor, al igual que en la ladera sur del valle de Las Batuecas y interior del valle del Alagón.

Los sectores de Muy Baja y Baja capacidad de absorción, o bien de mayor necesidad de conservación ya que su modificación generaría importantes modificaciones paisajísticas, se distribuyen por toda la zona de estudio, aunque se presentan más concentradas y de mayor extensión en el interior de los espacios naturales, de Las Batuecas-Sierra de Francia (cumbres y laderas altas de la Sierra de Francia, Sierra de La Canchera, ambos flancos del sinclinal de Guadapero, Puerto del Portillo, Peña de Francia, Madroñal, Miranda del Castañar, Cepeda, etc.) y Quilamas (Sierra Mayor, Sierra de Tamames, Pico Cervero, Linares de Riofrío, San Esteban de la Sierra, San Miguel de Valero, etc.). Un sector con Muy baja capacidad de absorción lo constituye la zona entre La Alberca y San Miguel de Robledo, Las Casas del Conde, Nava de Francia, etc, ya que son zonas que focalizan desde zonas próximas, más elevadas (Sierra de Francia, Sierra Mayor, etc.) las actividades potenciales que se desarrollen. Por último, destacar en la zona sur, sectores con Muy Baja incidencia en las localidades de Pinedas, Aldeacipreste y Valbuena.

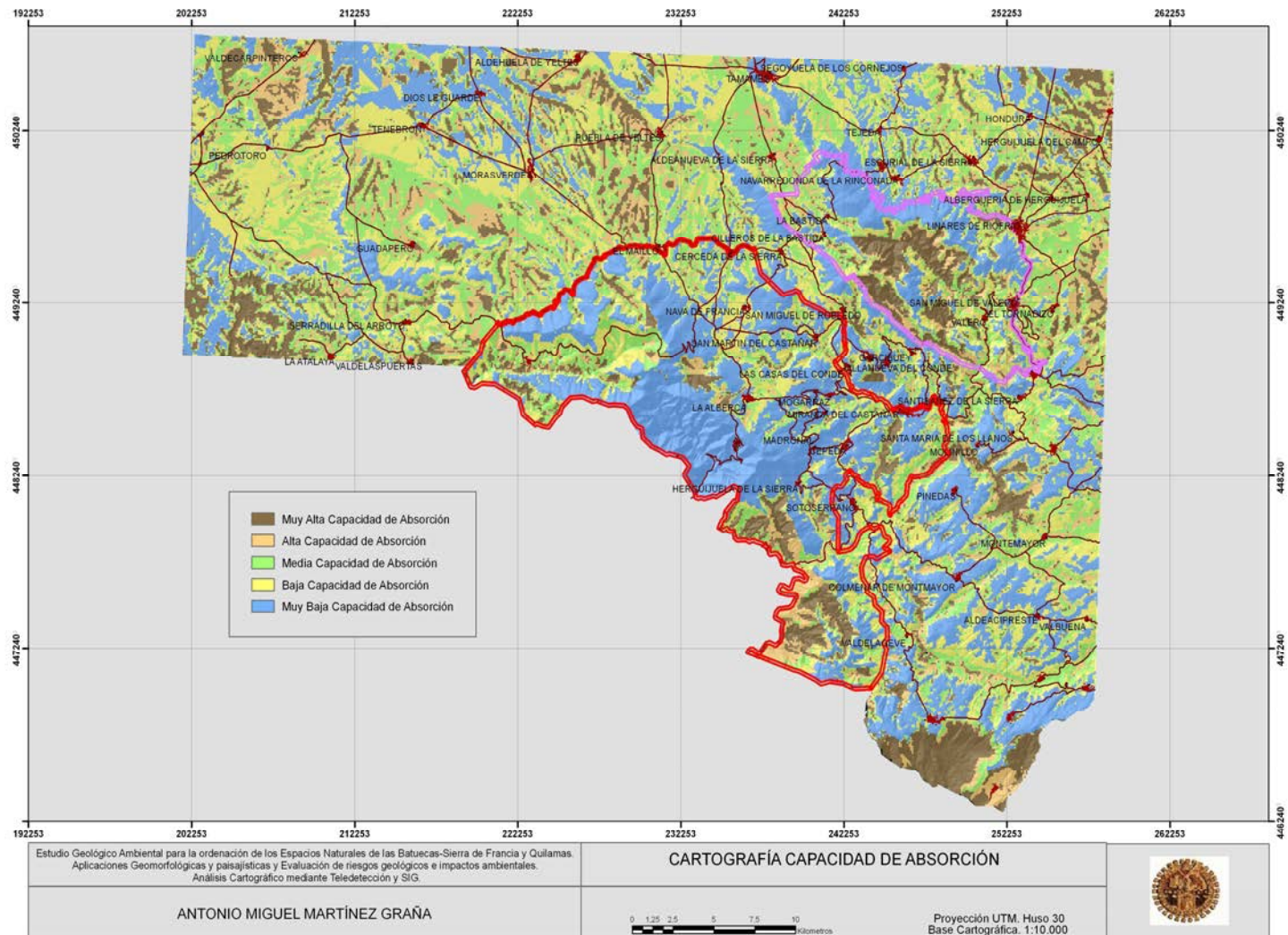


Figura II₈-63. Cartografía de Capacidad de Absorción.

II, Patrimonio Geológico y Natural. Geodiversidad.



II 9.1 Introducción.

II 9.2 Antecedentes.

II 9.3 Objetivos.

II 9.4 Patrimonio Geológico del E.N.P. de Las Batuecas-Sierra de Francia y EN de Quilamas y zonas adyacentes.

II 9.5 Descripción de Áreas, Lugares, y Puntos de Interés Geológico en el Espacio Natural Protegido de Las Batuecas-Sierra de Francia y el Espacio Natural de Quilamas; y zonas de influencia: Geodiversidad.

II 9.6 Áreas de sensibilización ecológica en los E.N.P. de Las Batuecas-Sierra de Francia, Quilamas y zonas de influencia.

II 9.7 Patrimonio Biológico en los E.N.P. de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas; y zonas de influencia.

II 9.8 Patrimonio Artístico, Histórico y Cultural en los E.N.P. de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas; y zonas de influencia (PIHC).

Anexos:

Anexo II_{9.1}. Fichas Patrimonio Geológico (AIGs/LIGs/PIGs).

Anexo II_{9.2}. Listado de Bienes de Interés Cultural (BIC).

Anexo II_{9.3}. Otra Bibliografía Consultada.

II_{9.1}. Introducción.

En este capítulo se establece un análisis de la geodiversidad de los Espacios Naturales Protegidos de Las Batuecas-Sierra de Francia y el Espacio Natural de Quilamas. Con ello, se pretende poner en valor del Patrimonio Geológico, identificando, evaluando y clasificando los instrumentos de gestión y utilización social de dicho patrimonio.

El Patrimonio Geológico presenta elementos muy diversos, tanto por su naturaleza intrínseca, como por su significado social y científico. Estos elementos tienen una dimensión científica (estratigráfica, geomorfológica, litológica, paleontológica...) y una dimensión paisajística, ambas con implicaciones en la gestión territorial (Bruschi, 2007). En la gestión y planificación territorial, es fundamental la realización de un inventario y catalogación de los lugares de interés natural y social, para establecer una política integral. En los espacios naturales que nos ocupan, los criterios de conservación de la biodiversidad han sido predominantes y casi exclusivos, obviando los lugares de interés geológico en la planificación y zonificación territorial. Por ello, se elabora un inventario, diagnóstico y valoración de los georecursos existentes, para favorecer la conservación y preservación de este patrimonio geológico, incluido dentro del patrimonio natural e histórico del espacio natural. A partir de este análisis se podrá utilizar este patrimonio para la realización de actividades educativas, culturales y turísticas, que afianze su puesta en valor, previa adecuación del espacio a las visitas. La catalogación y valoración permitirá a la administración su protección, y llevar a cabo un desarrollo sostenible mediante un uso racional que evite su degradación o pérdida; así como una difusión y concienciación de la geodiversidad existente en el Espacio Natural Protegido de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, para un mejor entendimiento y disfrute del Patrimonio Geológico, integrando la faceta geológica en actividades de Educación Ambiental y Aulas de la Naturaleza.

II_{9.2}. Antecedentes.

La protección del Patrimonio Geológico, a nivel internacional, comienza en el siglo XIX a partir de la elaboración de catálogos, declaraciones de paisajes protegidos o norma-

tiva generalista sobre protección de áreas naturales. En esta tendencia conservacionista de protección, de los elementos paisajísticos y bióticos ha predominado sobre los elementos geológicos, baste comentar que de las 552 áreas de patrimonio mundial ("World heritage areas"), tan solo 36 han sido seleccionadas por sus valores geológicos y 3 de ellas, por únicamente criterios geológicos (Pemberton, 2001).

El comienzo de un interés mundial por la protección del medio ambiente en los años 70, incluyendo la conservación del patrimonio geológico, influye en la aparición de una geología ambiental ("environmental geology") (Hackett, 1967; Flawn, 1970; Cendrero et al, 1976; Panizza et al, 1983, García-Cortes et al, 2000), en principio muy canalizada hacia la sostenibilidad de los recursos (minerales, hídricos, etc.) y también enfocada a los recursos geológicos renovables, el patrimonio geológico como recurso natural no renovable que constituye un bien común y forma parte inseparable del "patrimonio natural y cultural de la humanidad" y el análisis geoambiental en las EAE, EIA, y riesgos geológicos.

La concienciación social sobre la protección del patrimonio geológico esta muy poco desarrollada en comparación con el patrimonio biótico (fauna y flora), de forma que el término biodiversidad se reconoce desde hace varias décadas, mientras que geodiversidad nace en el año 1991, aproximadamente una década. Esto hace que la sociedad y los responsables de la gestión de los espacios naturales asocien protección y conservación de la naturaleza a biodiversidad o como mucho a paisaje. Los elementos geológicos constituyen testigos de la evolución de la Tierra y su conservación es prioritaria para poder estudiar, investigar, analizar e interpretar todos los procesos de la historia del planeta. El patrimonio geológico es susceptible de convertirse en algo más que un recurso científico y educativo, también son un recurso económico (georecurso) de creciente interés en las estrategias de desarrollo sostenible (geoturismo), especialmente en los espacios naturales protegidos. Además, pese a que prevalece la idea de que la biodiversidad es más frágil que la geodiversidad, no se tiene en cuenta que algunos elementos de la geodiversidad son igualmente frágiles pudiendo llegar a su pérdida, la cual es irre-

versible; siendo la geodiversidad de un territorio uno de los factores esenciales que favorece la biodiversidad.

Entendiendo por geodiversidad el número y variedad de estructuras y materiales geológicos que constituyen el sustrato de una región (Nieto, 2001), la geodiversidad de los espacios naturales de Las Batuecas-S. Francia y Quilamas, es importante, y constituye la base para la gran biodiversidad existente, que ha llevado a delimitar zonas de especial protección para la fauna.

Las primeras organizaciones internacionales no gubernamentales para el patrimonio natural, nacen en 1948, IUCN (Internacional Union for Conservation of Nature), y en 1961 aparece la IUGS (Internacional Union of Geological Sciences), que fomenta la investigación geológica. Posteriormente en Europa en 1988, surge una asociación que promociona la geoconservación y la protección del patrimonio geológico, llamada en un inicio: Grupo de trabajo europeo para la conservación de las ciencias de la Tierra. La IUGS, a partir de 1989, con el proyecto "GILGES" potencia también la geoconservación del Patrimonio Geológico, mediante el anteproyecto "GEOSITES". El Grupo de trabajo europeo para la conservación de la ciencia de la Tierra, en 1993 se pasa a llamar Asociación Europea para la conservación del Patrimonio Geológico (Pro-GEO). Todas estas asociaciones anteriores, promueven el desarrollo de programas, congresos y simposium en donde se van concretando la finalidad y metodologías de estudio, influyendo en declaraciones como la de Digne (Francia), en el año 1991, declaración Internacional sobre los derechos de la Memoria de la Tierra, al finalizar el primer simposio internacional sobre Protección del Patrimonio Geológico.

En 1996 se emprende el primer proyecto mundial de protección del Patrimonio Geológico llamado GEOSITES, propuesto por la IUGS y patrocinado por la UNESCO, encaminado a elaborar un inventario global de sitios de interés geológico y promocionar las políticas de protección del Patrimonio Geológico. No obstante, se observa que el programa GEOSITES protege amplias áreas, dejando fuera los lugares de extensión reducida pero algunos de gran importancia geológica.

Por ello, la UNESCO en paralelo con el programa MAB (Hombre y Biosfera), conocido como Reservas de la Biosfera, propone otro programa en 1997 llamado "GEOPARKS" que refuerza el patrimonio geológico en las Reservas de la Biosfera y establece "geoparques" que son áreas de interés geológico que muestran rasgos ilustrativos de procesos pasados y actuales (UNESCO, 2004), de forma que el patrimonio geológico no solo es un elemento patrimonial a reconocer, inventariar y proteger, sino que su gestión y puesta en valor es un elemento más de desarrollo social y económico para esta región.

Actualmente hay 34 geoparks, 30 europeos y 4 españoles (Maestrazgo, Cabo de Gata-Nijar, Subbéticas y Sobrarbe). (www.europeangeoparks.org). (Figura II₉-1). Finalmente en el año 2001, la Asociación Internacional de Geomorfólogos (IAG) reimpulsa la investigación y creación de lugares de interés geomorfológicos, para su puesta en valor y su conservación para aspectos educativos y turísticos (Reynard, 2002; Braga, 2004).



Figura II₉-1. Ubicación de los geoparques europeos (Según www.europeangeoparks.org).

En nuestro país, el IGME ha asumido un papel activo y catalizador en temas de Patrimonio Geológico, definiendo una serie de “frameworks” (contextos geológicos de trascendencia mundial) como paso previo al establecimiento de un listado de PIGs, mediante una clasificación temática (carácter geomorfológico, estratigráfico, geotectónico, metalogénico...), con un breve contenido descriptivo de cada uno de ellos. (García Cortes et al, 2000).

En España la protección del Patrimonio Geológico, va en paralelo con el desarrollo de las siguientes normativas:

1. Ley de Espacios Naturales Protegidos, (BOE 107, 1975) promulgada en 1975, la cual protege áreas de gran valor natural.
2. Ley 16/1985 de Patrimonio Histórico Español, que hace referencia a “elementos geológicos y paleontológicos relacionados con la historia del hombre, sus orígenes y antecedentes” (art. 40.1 y 40.2), pero en la práctica solo se protege algún elemento paleontológico. Esta ley sirve para que los Bienes de interés cultural (BIC) catalogados en el año 1975 por el Ministerio de Cultura, se tengan en cuenta, pero al estar transferidas las competencias de los BIC a cada comunidad, a efectos prácticos, esta figura no protege los PIG, ya que de los 2500 existentes en territorio nacional, tan solo dos son de tipo paleontológico (Yacimiento Arqueológico de las Terrazas del Manzanares y Atapuerca en Burgos). En 1994, esta ley permite proteger el 5% del territorio nacional, mediante 469 Espacios Naturales Protegidos (E.N.P.), de los cuales el 76% tienen un carácter biótico, y el resto (24%) con carácter predominantemente geológico (79) y exclusivamente geológico (33). En los de carácter geológico, el 96% son de interés geomorfológico, y el resto (4%) de interés estratigráfico, petrológico, paleontológico o tectónico.
3. Ley 4/1989, de Espacios Naturales y de la flora y fauna silvestres (BOE 74, 1989); donde se incluye la representatividad de las formaciones geológicas de los parajes (art. 13) y de los Monumentos Naturales definiéndolos como formaciones de notoria singularidad, belleza y rareza (art.

16), incluyendo en esta figura las formaciones geológicas y otros elementos de la Gea.

4. Ley 4/2007, de la Red de Parques Nacionales (BOE 81, 2007), que establece los parques y regiones a proteger teniendo en cuenta la Gea presente, entre otras cualidades.

5. Ley 42/2007, de Patrimonio Natural y Biodiversidad (BOE 299, 2007), que ya tiene en cuenta la geodiversidad en el Patrimonio.

6. Ley 45/2007, para el desarrollo del Medio Rural (BOE 299, 2007), la cual menciona igual que las dos anteriores, los valores naturales relacionados con la Gea.

7. Ley 1/2008 de Evaluación de Impacto Ambiental -EIA- (BOE 23, 2008), y ley 9/2006 de Evaluación Ambiental Estratégica -EAE- (BOE, 102, 2006), que permiten proteger los puntos de interés geológico (PIGs) pudiendo establecer medidas preventivas para su conservación

La competencia en estudios y proyectos de protección del Patrimonio Geológico, se establece mediante la Ley 73/1978, de 26 de diciembre, de creación del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos -ICOG- (BOE 10, 1979) y con la aprobación de sus estatutos, Real Decreto 1378/2001 (BOE 303, 2001), donde se regulan las actividades geológicas y paleontológicas que deben ser gestionadas y ejecutadas por titulados en geología.

II_{9.3}. Objetivos.

- Identificar y valorar áreas, lugares y puntos, de interés geológico, con rasgos excepcionales por presentar elementos, procesos o eventos geológicos necesarios para entender la historia geológica de la zona de estudio.
- Desarrollo y aplicación de técnicas que permitan valorar cualitativamente y cuantitativamente el Patrimonio Geológico, como herramientas de planificación sostenible a la hora de establecer los diferentes usos del territorio.
- Contribuir, a partir del inventario de áreas, lugares y puntos de interés geológico, en el conocimiento del público en general y de la administración en particular, de cara a su conservación y puesta en valor con el fin de

potenciar su utilidad social, mediante la elaboración de fichas y cartografías de patrimonio geológico, que promueva una mayor sensibilización, conocimiento y ayuda como base para la ordenación y planificación en las políticas de conservación y uso sostenible de los Espacios Naturales estudiados.

II,4. Patrimonio Geológico del E.N.P de Las Batuecas-Sierra de Francia y E.N. de Quilamas y zonas adyacentes.

La tendencia actual en la Unión Europea muestra la creciente puesta en valor de los Espacios Naturales Protegidos como un elemento fundamental en los proyectos de desarrollo para el medio rural.

El patrimonio geológico permite reconocer, estudiar e interpretar la evolución geológica de estos espacios naturales, relacionándola con la evolución geológica de la península ibérica y con la del planeta Tierra.

Con la transferencia de competencias estatales a cada comunidad autónoma, Castilla

y León elabora la normativa específica que permite establecer determinadas herramientas para la protección del patrimonio geológico:

- Decreto 37/1985, de 1 de abril, de protección de sitios históricos (SH) y zonas arqueológicas (ZA) en actividades extractivas. Establece la normativa de excavaciones arqueológicas y paleontológicas de la comunidad de Castilla y León. (BOCYL 33, 1985).

- La ley 8/1991 de Espacios naturales de Castilla y León. (BOCYL 101,1991).

- Decreto 94/1998, de 14 de mayo, sobre incorporación de nuevos espacios al Plan de Espacios Naturales Protegidos. (BOCYL 102, 1998).

- La ley 12/2002 de Patrimonio Cultural de Castilla y León. (BOCYL 139, 2002).

- La ley 3/2008, de 17 de junio, de aprobación de las Directrices Esenciales de Ordenación del Territorio de Castilla y León (BOCYL 120, 2008), en la que se indica la necesidad de inventariar y proteger el patrimonio natural de la comunidad.

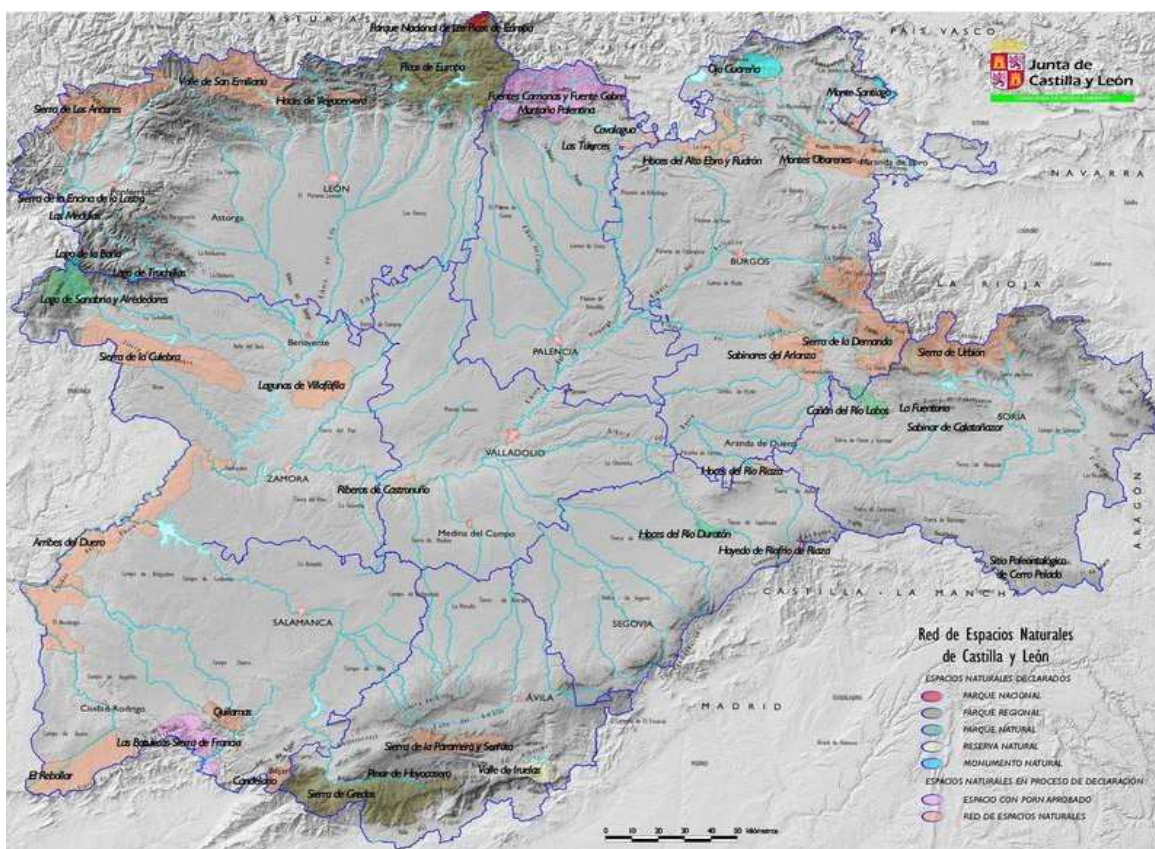


Figura II,2. Distribución de las diferentes figuras de la Red de Espacios Naturales. (Según JCYL.).

En Castilla y León está declarado 1 Parque Nacional (PNc), 2 Parques Regionales (PR), 8 Parques Naturales (PN) entre los que se encuentra el Parque Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia, 4 Reservas Naturales (RN), 6 Monumentos Naturales (MN) y 16 Espacios Naturales, entre los que se encuentra Las Quilamas, 1 sitio paleontológico y 3 Lugares de interés natural (LIN); lo cual determina 41 figuras de protección. Todas estas figuras incluyen un importante patrimonio geológico con necesidad de geoconservación, aunque algunos puntos podrían por sí mismos considerarse como Monumentos Naturales, o bien, estableciendo áreas, lugares y/o puntos de interés geológico -PIGs-. (Figura II₉-2).

El ENP de Las Batuecas-S. de Francia y EN de Quilamas, se desarrollan los planes de ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y los planes rectores de uso y gestión de dichos recursos naturales (PRUG), que permiten de forma indirecta proteger y gestionar el patrimonio geológico existente, aunque por el momento no se ha tenido en cuenta.

Se elabora en este capítulo un inventario de puntos de interés geológico para la zona de estudio, con su correspondiente valoración, de forma que facilite la protección aplicando la normativa correspondiente y teniendo en cuenta las siguientes acepciones:

- **Geoconservación:** Preservación de la Geodiversidad atendiendo a su valor intrínseco, ecológico y patrimonial (Gray, 2003).

- **Geosite:** Lugares de interés geológico que deben ser protegidos atendiendo a su representatividad, singularidad o unicidad, aptitud o idoneidad para correlacionar, estudio multidisciplinar global, disponibilidad y potencialidad, complejidad y Geodiversidad (Wimbledon et al, 2000).

- **Georecurso cultural:** elemento, conjunto de elementos, lugares o espacios de valor geológico que cumplan al menos una de las dos condiciones siguientes: a) que tengan un elevado valor científico y/o didáctico; b) que sean utilizables como recurso para incrementar la capacidad de atracción del territorio en el que se ubican,

y por tanto, mejoran la calidad de vida de la población en su entorno (Braga, 2004).

- **Geoturismo:** provisión de servicios y facilidades interpretativas que permitan a los turistas adquirir conocimientos y comprensión de la geología y geomorfología de un lugar, más allá del nivel de mera apreciación estética (Hose, 1997).

- **Patrimonio Geológico:** conjunto de recursos naturales no renovables de valor científico, cultural o educativo, ya sean formaciones geológicas, formas del terreno o yacimientos paleontológicos y mineralógicos que permitan reconocer, estudiar e interpretar la evolución de la Historia Geológica de la Tierra y los procesos que la han modelado (Gallego & García Cortés, 1996).

- **Parque Geológico (Geopark):** Territorio con límites geográficos precisos, en el que se incluyen un número de lugares de interés geológico de especial importancia científica, rareza o belleza y que además de por su interés geológico pueden ser llamativos por sus rasgos arqueológicos, históricos y culturales. (Eder, 1999).

- **Área, Lugar o Punto de Interés Geológico:** área que muestra una o varias características consideradas de importancia dentro de la historia geológica de una región natural. (Gallego & García Cortés, 1996).

El Patrimonio geológico y la geodiversidad son conceptos diferentes con métodos de estudio propios, aunque son términos estrechamente relacionados, ya que el patrimonio geológico informa del valor intrínseco de las clases de geodiversidad definidas, mientras que la geodiversidad determina que factores son determinantes en el patrimonio geológico de una región y ayuda a comprender la distribución de PIGs (Carcavilla et al, 2007), ayudando a su puesta en valor.

El patrimonio geológico puede llegar a superar el ámbito científico y cultural y aproximarse a aspectos culturales, relacionándose con el patrimonio histórico-artístico, con tradiciones, creencias y folklore, por ejemplo, la Peña de Francia lugar con una cierta significación religiosa y espiritual, con la tradicional peregrinación.

La divulgación del patrimonio geológico de los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, puede aprovecharse para difundir no solo el contenido científico, sino la relación entre este patrimonio y los procesos ecológicos, el patrimonio cultural, los usos del territorio, recursos y riesgos, e incluso los conceptos de conservación, vulnerabilidad y procesos de áreas naturales y protegidas del ENP.

Metodología.

Para la identificación y posterior catalogación, valoración y descripción de los sectores de interés geológico, se ha procedido a diferenciar Áreas, Lugares y Puntos de Interés geológico (A/L/PIG).

Se consideran áreas (AIG), a aquellas zonas que presentan una extensión territorial amplia e incluyen afloramientos, procesos o elementos, que permiten conocer y comprender la historia y las características geológicas de la región de estudio. Por ejemplo, el valle de Las Batuecas, donde podemos encontrar diferentes puntos de interés: geomorfológico, paleontológico, petrológico, estratigráfico, estructural, etc.

Los lugares (LIG) son sectores territoriales con menor extensión que las áreas, donde obtenemos información de los diferentes patrones regionales que caracterizan esta zona, que aunque a diferencia de las áreas pueden darse elementos similares en otros puntos de la misma región, nos permiten completar la información de diferentes ambientes y procesos. Por ejemplo, el área carbonatada de La Rinconada, donde se aprecian estructuras orgánicas algales, procesos de disolución carbonatada, etc; que caracterizan e identifican paleoambientes y procesos actuales únicos en esta región.

Por último los puntos de interés (PIG) son afloramientos geológicos o sitios concretos donde se pueden analizar un determinado ambiente, forma y/o proceso geológico clave en la historia regional. Por ejemplo, un punto de interés geológico pueden ser los afloramientos cuarcíticos discordantes con las calizas cámbricas, yacimientos paleontológicos, o bien

didáctico, un perfil donde se observan determinadas estructuras plegadas.

En un primer momento se ha procedido a recopilar información de los diferentes puntos de interés de índole geológica. Esta información se obtuvo a partir de publicaciones, informes de diferentes organismos, así como información de diferentes expertos temáticos de los puntos de interés. Posteriormente mediante varias campañas de campo se han realizado reportajes fotográficos, levantamiento de esquemas y cortes, toma de datos, etc.; para conocer el estado de conservación y los diferentes parámetros a tener en cuenta en la valoración posterior.

Los puntos de interés geológico se denominarán con las siglas PIG. Como consecuencia de esta primera etapa se realizó una lista con los ejemplos más representativos de interés geológico (estructuras sedimentarias, formaciones estratigráficas, plegamientos, formaciones superficiales singulares, yacimientos paleontológicos.....).

El siguiente paso determina el tipo de interés de cada punto, lugar y/o área inventariada, pudiendo ser:

1. Científico: basado en la importancia geológica del PIG a nivel regional o suprarregional.
2. Didáctico: basado en su utilidad para mostrar procesos o formas características.
3. Turístico: basado en su atractivo visual y calidad paisajística.

Se ha diseñado una ficha en la que se muestra, en la parte superior izquierda, el número de identificación del A/L/PI; sus coordenadas UTM, y un esquema cartográfico sobre su accesibilidad, y una ortofoto del sitio de interés. También indica el tipo de interés que presenta el A/L/P, ya sea científico, didáctico y/o turístico. La valoración es independiente, ya que los de tipo "científico" presenta más importancia patrimonial que los "didácticos", los cuales permiten reconocer los procesos de interés científico. Por ello se ordenan por orden de valoración pero en apartados diferentes.

Cabe la posibilidad de que un punto de interés geológico, pueda tener también interés botánico o histórico-cultural, con lo cual aunque en la ficha se describe el punto de interés geológico en el centro de la ficha,

además de indicar el nombre del evento y lugar, en el margen superior derecho indicamos si el A/L/PIG, tiene además interés Biológico (botánico y/o faunístico) o Histórico-Cultural. Dentro de los Puntos de Interés Geológicos (PIGs), determinamos el tipo de interés: Geomorfológico, Estratigráfico, Mineralógico, Petrológico, Paleontológico, Estructural. También indicamos el posible uso del punto de interés, que puede ser Científico, Didáctico y/o Turístico. Este inventario se ha realizado en base a estas tres características anteriores, siendo una parte de estos PIG exclusivamente de interés didáctico al ser zonas muy visitadas por estudiantes en Ciencias de la Tierra.

Además en esta ficha (Figuras II₉-3 y 4) se procede a una descripción sencilla sobre la interpretación, cronología, procesos y génesis del evento. Adjunto a estos comentarios se disponen diferentes fotografías y figuras que muestran las características del afloramiento y/o de los procesos existentes.

Nº IDENTIFICACIÓN 12 UTM { x: 4.567.878 y: 435.765 z: 435		PUNTO DE INTERÉS LAPIACES DE QUILAMAS		Natural: <input type="checkbox"/> Geológico <input checked="" type="checkbox"/> Geomorfológico <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Biológico <input type="checkbox"/> Botánico <input type="checkbox"/> Estratigráfico <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Faunístico <input type="checkbox"/> Mineralógico <input type="checkbox"/> Histórico y Cultural: <input type="checkbox"/> Paleontológico <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Estructural
Situación y Accesos.  				
DESCRIPCIÓN. En la cumbre de la Sierra de Tamames, dentro del Espacio Natural de Quilamas, en el término municipal de Riconada de la Sierra, encontramos una serie de áreas ocupadas por multitud de afloramientos discontinuos de rocas calizas y dolomíticas, de colores grises y gris-amarillentos, que destacan netamente entre el verde de la vegetación. El paisaje que genera esta disposición litológica es de pequeños resacas dispuestos por la superficie de cumbre y laderas altas, con tomas curiosas (disolución diferencial) y separados por tramos ocupados por la vegetación.				
				
Los afloramientos de Calizas masivas corresponden con ambientes de plataforma marina, de edad cámbrica, encontrándose diferentes estructuras orgánicas e inorgánicas que constituyen otros elementos del patrimonio geológico de este sector. La distribución de estos materiales en el terreno se muestra en el siguiente mapa y corte geológicos.				
Los afloramientos de Calizas masivas corresponden con ambientes de plataforma marina, de edad cámbrica, encontrándose diferentes estructuras orgánicas e inorgánicas que constituyen otros elementos del patrimonio geológico de este sector. La distribución de estos materiales en el terreno se muestra en el siguiente mapa y corte geológicos.				

Figura II₉-3. Portada de una ficha de valoración de puntos de interés.

Finalmente se establece una valoración Indirecta (paramétrica) mediante la aplicación de una fórmula a cada PIG cuyo resultado se determina en base a los valores

parciales de diferentes parámetros y sus pesos relativos.

No obstante, a la hora de identificar y seleccionar los diferentes A/L/P de interés geológico, se realizaron consultas a expertos en diferentes especialidades geológicas, concedores de la zona de estudio, analizando los estudios y publicaciones existentes.

La valoración paramétrica realizada tiene en cuenta diversos criterios empleados en varias metodologías (proyecto Geosites; Inventario Nacional del IGME; Palacios Suárez, 2002; García Cortes et al, 2000; Rivas et al, 1997; Cendrero et al, 1976; Bruschi, 2007), pero el el procedimiento empleado constituye una modificación del utilizado por Rivas y colaboradores, (Rivas et al, 1997) adaptado a nuestra zona, donde priman los criterios geomorfológicos, y permite una aplicación directa en la metodología de EIA, de forma que valora cuantitativamente la presencia o no presencia de una actividad antrópica mediante funciones de transformación (analizadas en dicho apartado), calculando su impacto neto, y permitiendo pasar estas unidades inconmensurables a unidades conmensurables de calidad ambiental.

Los criterios que se han tenido en cuenta para la valoración, clasificación y protección de los puntos de interés se distribuyen en tres grupos:

1. Estado de Conservación (Es).se refiere a grado de conservación que presenta el punto de interés. Puede estar muy bien conservado en cuyo caso tiene un mayor valor, o bien muy deteriorado con menor valor. Entre ambas situaciones pueden darse diferentes grados de deterioro por causas naturales y/o humanas.
2. Calidad (Q).La calidad de cada punto de interés va a depender de 5 parámetros:
 - ✚ Abundancia (A). Nos indica la presencia de ejemplos similares en la región de estudio, presentando un mayor valor si la abundancia es muy baja, ya que indica que el evento o proceso es muy poco frecuente.
 - ✚ Extensión (E). Se refiere a la extensión superficial del afloramiento o evento de interés, relacionándolo con el

tamaño de otros puntos del sector. El valor aumenta con la extensión.

✚ Diversidad (D). Muestra la abundancia o presencia de uno o más elementos de interés. A mayor diversidad, mayor importancia del punto.

✚ Grado de Conocimiento (GC). Tiene en cuenta el volumen de información y análisis que tiene cada punto, incluyendo el número de publicaciones, alcance, profundidad y grado de interpretación del elemento, todo lo cual aumenta su valor.

✚ Interpretación de Procesos (IP). Informa sobre el grado de comprensión del fenómeno o proceso que se valora. Si la forma y los depósitos están bien definidos y permite conocer claramente su naturaleza y origen la valoración es alta.

El valor final de la calidad del punto de interés (Q), se calcula mediante la fórmula:

$$Q = \sum (C_Q \times P_Q)$$

Siendo “C_Q” el valor de cada parámetro susceptible de ser evaluado (1-3) y “P_Q” el peso ponderado de cada parámetro (0-1).

En la ponderación de la calidad del punto de interés (Q), se le da una mayor importancia a la abundancia de eventos o elementos de interés (A=0.30), seguido del número de procesos y/o formas actuales y/o fosiles (IP=0.25) y de la diversidad (D=0.25), para finalmente ponderar con menor importancia los parámetros de extensión (E=0.10) y grado de conocimiento (GC=0.10).

3. Potencialidad de Uso (PU). Los criterios que nos definen esta potencialidad son:

✚ Actividades (Ac). Evalúa el número y tipo de actividades potenciales y su ubicación dentro o fuera de un Espacio Natural. El valor se incrementa si está ubicado dentro de un Espacio Natural y permite varias actividades diferentes (senderismo, itinerarios geológicos, ornitología, históricos...).

✚ N° de Habitantes (H). Este parámetro indica el número potencial de habitantes en un radio

de 25 Km del punto de interés. A mayor número de habitantes potenciales mayor valor.

✚ Equipamientos (Eq). El poder recreativo del punto de interés se ve reforzado con la presencia de equipamientos en buen estado e integrados en el entorno, así como de su cercanía (áreas recreativas, aulas de la naturaleza, puntos de interpretación...).

✚ Accesibilidad (Acc). Un acceso directo y en perfecto estado (carretera regional, nacional), con un trazado respetuoso con el entorno, permite una frecuentación humana mayor, lo cual aumenta su uso potencial.

✚ Condiciones de observación (O). El uso potencial viene condicionado por el tipo de propiedad del lugar donde se encuentra el punto de interés (privado o público) y la incidencia en las panorámicas de barreras visuales (relieve cercano, formaciones vegetales densas y de gran porte...).

El valor final de la potencialidad de uso (PU), se calcula mediante la fórmula:

$$PU = \sum (C_{pu} \times P_{pu})$$

Siendo “C_{pu}” el valor de cada parámetro susceptible de ser evaluado (1-3) y “P_{pu}” el peso ponderado de cada parámetro (0-1).

En la ponderación de la potencialidad de uso (PU), se le da una mayor importancia a la accesibilidad (Acc=0.30), seguida del número de actividades y situación dentro o fuera de un Espacio Natural (Ac=0.25) y de las condiciones de observación (O=0.22), para finalmente ponderar con menor importancia los parámetros del número de habitantes (H=0.13) y equipamientos (Eq=0.10).

La fórmula final para la valoración total del punto de interés geológico, es la siguiente:

$$V_{PIG} = Es (2Q+PU) / 27$$

Siendo “Es” el estado de conservación, “Q” la calidad del punto de interés y “PU” la potencialidad de uso. El desarrollo de este procedimiento empírico permite obtener un valor patrimonial entre 0 y 1 como corresponde a los valores de calidad ambiental. Igualmente se indica el grado de

dificultad de interpretación (didáctica y visible) mediante uno, dos o tres símbolos de un martillo (margen superior izquierdo del anverso de cada ficha). Al final de cada ficha se referencia la bibliografía consultada más importante de dicho punto de interés.

VALORACION PIG:		V... : 0,77	
ESTADO DE CONSERVACION (Es): Muy bien conservado, no deteriorado (3) Determinado por actividades humanas y/o naturales. (2) Muy Deteriorado. (1)		Es	3
CALIDAD DEL PIG (Q):	ABUNDANCIA (A): Sólo un ejemplo en la región. (3) 10 ejemplos similares en la región. (2) Mas de 20 ejemplos en la región. (1)	A	2
	EXTENSION (E): > 90% del PIG más grande (3) 50 % del PIG más grande. (2) < 10% del PIG más grande. (1)	E	1
	DIVERSIDAD (D): Cinco o más elementos de interés. (3) 3 elemento de interés. (2) Un elemento de interés. (1)	D	3
GRADO CONOCIMIENTO (GC): Textos y publicaciones internacionales. (3) Publicaciones nacionales. (2) No existen publicaciones. (1)	INTERPRETACION DE PROCESOS (IP): Procesos activos actuales claros. (3) Procesos actuales poco definidos, pero formas fósiles definidas. (2) Formas y depósitos poco definidos. (1)	GC	2
		IP	3
		Q/Qp	11/2.4
POTENCIALIDAD DE USO. (PU)	ACTIVIDADES (Ac): 5 Tipos de actividad y dentro ENP (3) 3 Tipos de actividad y cerca de EN. (2) 1 Tipo de actividad y fuera de EN. (1)	Ac	3
	Nº HABITANTES (H): 100.000 Hab. Radio 25 Km (3) 50.000 Hab. Radio 25 Km (2) < 10.000 Hab. Radio 25 Km (1)	H	1
	EQUIPAMIENTOS (Eq): Buenos Equipamientos < 1 Km. (3) Equipamientos Incompletos < 5 Km. (2) Ausencia de Equipamientos < 10 Km. (1)	Eq	1
ACCESIBILIDAD (Acc): Acceso carretera regional/nacionales (3) Pistas con acceso vehiculo (2) Sendero > 1 Km. (1)	CONDICIONES DE OBSERVACION (O): Propiedad pública y sin barreras visuales(3) Limitaciones en accesos y visibilidad (2) Propiedad privada y barreras visuales. (1)	Acc	2
		O	3
		PU/PUp	10/2.2
$V_{...} = \frac{Es (2Q + PU)}{27}$ <p>Siendo:</p> $Qp = (A \times P.) + (E \times P.) + (D \times P.) + (GC \times P.) + (IP \times P.)$ $Qp = (A \times 0.30) + (E \times 0.10) + (D \times 0.25) + (GC \times 0.10) + (IP \times 0.25)$ $PU = (Ac \times P.) + (H \times P.) + (Eq \times P.) + (Acc \times P.) + (O \times P.)$ $PUp = (Ac \times 0.25) + (H \times 0.13) + (Eq \times 0.10) + (Acc \times 0.30) + (O \times 0.22)$ $V_{...} = 0,77$		<p>P...: Peso ponderado (0-1) del parámetro "x"</p> <p>Qp (Qp ponderado)</p> <p>PUp (PU ponderado)</p> <p>V...: Valor PIG (0-100)</p> <p>Grado de Dificultad: Alto TTT Medio TT Bajo T</p>	
BIBLIOGRAFIA GENERAL:			
Pedraza Gilsanz, J. (1996). Geomorfología: Principios, métodos y Aplicaciones. Ed Rueda, pp. 414.			
Gutiérrez Elorza, M. (2008). Geomorfología. Ed. Pearson. Prentice Hall, pp. 898.			

Figura II₉-4. Anverso de la ficha de valoración de Puntos de Interés Geológico.

Este procedimiento de evaluación trae consigo la valoración de cada PIG, determinando en base a una serie de criterios su importancia. Esta valoración permite establecer una escala de importancia a la hora de valorar, por ejemplo los impactos generados por la ubicación de una determinada actividad antrópica sobre un PIG, o bien a la hora de establecer la capacidad de acogida de determinados usos en la planificación estratégica ambiental de planes o programas, a nivel autonómico, regional o municipal. Además, permite establecer medidas encaminadas a la protección, gestión y puesta en valor de los PIG de los ENP de Las Batuecas-Sierra de Francia y EN de Quilamas; y zonas periféricas de influencia socioeconómica.

La necesidad de reconducir la actividad económica de los Espacios Naturales hacia modelos sostenibles, hace que tras el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) y el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG), se exijan en algunas comunidades autónomas, Planes de Desarrollo Sostenible, mediante una oferta turística sostenible, basada en la utilización del patrimonio natural (naturaleza-biodiversidad, geodiversidad- y paisaje) y patrimonio cultural (histórico-artístico), potenciando a su vez otros sectores económicos: agricultura, ganadería, industria agroalimentaria, servicios, etc. A este respecto el Espacio de “Las Batuecas-Sierra de Francia” constituye un sector equilibrado por su interés geológico, biótico e histórico-cultural. En cambio, “Quilamas”, se representa en la base del triangulo al perder importancia los aspectos históricos-culturales y tener notables elementos geológicos y bióticos (Figura II₉-5). La vía turística sostenible, en base a los georecursos constituye una eficaz estrategia de puesta en valor del patrimonio geológico.

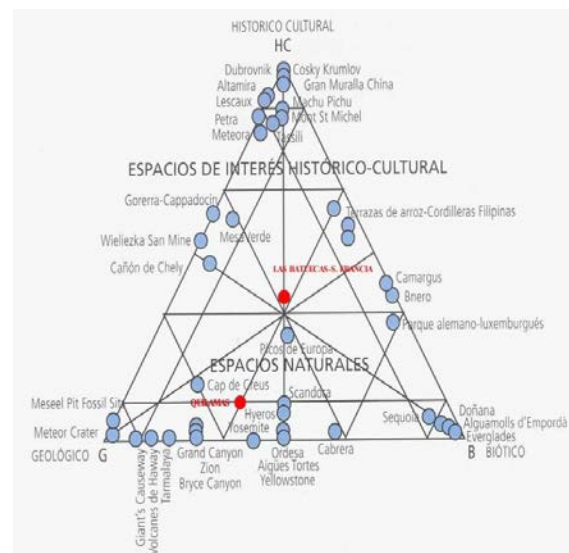


Figura II₉-5. Triangulo en que se representan el conjunto de puntos de interés analizados. (modificado de Carcavilla et al, 2007).

En algunas autonomías, como la de Cataluña, además de elaborar detallados inventarios de PIGs, establecen campañas para identificar y diagnosticar los impactos existentes sobre el patrimonio geológico, mediante fichas diagnóstico individualizadas para cada PIG, estableciendo que su desaparición progresiva se debe a actuaciones antrópicas, siendo las menos las debidas a la propia dinámica natural (Comino & Gilbert, 2004). Con la elaboración de estas fichas se evalúa el estado actual de conservación de los PIGs existentes, tanto en los espacios protegidos como de los PIGs localizados en la periferia.

Actualmente el gran número de visitantes que tienen los espacios naturales protegidos, con rasgos geológicos relevantes, denotan un interés tanto de los científicos como de la sociedad en general, por la protección y divulgación de la geodiversidad, propiciando el geoturismo. Ante esta tendencia de la sociedad y el desarrollo sostenible, diferentes organismos públicos pugnan por la creación de figuras que permitan la geoconservación y gestión de sectores con diferentes puntos de interés geológicos: geosites, parques geológicos, PIGs....

II_{9.5}. Descripción de Áreas, Lugares, y Puntos de Interés Geológico en el Espacio Natural Protegido de Las Batuecas-Sierra de Francia y el Espacio Natural de Quilamas; y zonas de influencia: Geodiversidad.

A continuación describimos las áreas, lugares y puntos de interés Geológico. En las fichas inventario (Anexo II_{9.1}), identificando y valorando las diferentes áreas de interés geológico (AIG), los lugares de interés geológico, bien de tipo científico (LIGc) o (didáctico (LIGd) y los puntos de interés geológico científicos (PIGc) o didácticos (PiGd), teniendo en cuenta su singularidad en el contexto de la provincia de Salamanca y la Comunidad de Castilla y León.

Áreas, Lugares y Puntos de Interés Geológico. (Figura II₉-6).

1. AIG Peña de Francia.

El AIG Peña de Francia, se corresponde con un sector con un gran patrimonio geológico y paisajístico, además de presentar singularidades botánicas. Constituye un sector Occidental del Sistema Central separado del horst de Béjar por la depresión del Río Alagón. Presentan varios lugares de interés geológico donde se observa el relieve apalachiano y puntos de interés geológico, donde se observan unidades geomorfológicas y secuencias estratigráficas representativas (Carballeira & Corrales, 1997), y yacimientos paleontológicos de gran interés. Constituye una zona interés histórico y cultural con el monasterio y el mirador, que provoca una gran peregrinación popular y turística.

Esta área incluye las siguientes figuras de patrimonio geológico:

1.1. LIGc. Relieves Apalachianos. (Ficha nº 11). Comprende las cumbres de la sierra de Francia, incluyendo la Peña de Francia, donde encontramos estructuras singulares de sinformas en los relieves más elevados, de gran interés científico y didáctico, siendo muy representativos a nivel provincial. Permiten comprender los procesos geodinámicos de formación de las sierras del sur de Salamanca.

1.2. LIGd. Canchales Monsagro-Paso de Los Lobos (Ficha nº 37). En la parte alta de las laderas, son representativos los canchales, de modo que constituyen paisajes muy característicos. El sector de Monsagro hasta el Paso de Los Lobos es uno de los sectores más representativos y mejor conservados, alcanzando por ello interés didáctico.

Además encontramos los siguientes puntos de interés geológico:

1.2.1. PIGc. Secuencia estratigráfica de la Subida a la Peña de Francia (Ficha nº 12). En este punto podemos encontrar una secuencia muy bien conservada y representativa de la serie del Ordovícico superior, observándose icnofósiles y estructuras sedimentarias que permiten conocer e interpretar la paleogeografía y antiguos ambientes sedimentarios marinos.

1.2.2. PIGc. Pliegues Paso de los Lobos (Ficha nº 14), que permite estudiar las características del plegamiento de los materiales geológicos que conforman el relieve de los espacios naturales.

1.2.3. PIGc. Periglacialismo Monsagro (Ficha nº 43), con diferentes depósitos que permiten conocer los procesos activos y características climáticas del pasado reciente, que influyen en la evolución de otros factores naturales (vegetación, paisaje, relieve...).

1.2.4. PIGd. Cárcavas de Monsagro. (Ficha nº 44), que permiten establecer los riesgos de erosión en algunos sectores de los espacios naturales, estableciendo buenas prácticas de conservación de suelos o estimar la pérdida de suelos.

2. *Area de Interés Geológico Valle de Las Batuecas.*

El AIG del Valle de Las Batuecas (Ficha nº 46), presenta un patrimonio muy diverso, en el que destacan el patrimonio geológico y pasajístico. Presenta numerosos puntos de interés geomorfológico, estratigráfico, paleontológico; cuya puesta en valor es de gran transcendencia en el entendimiento del entorno del Espacio Natural Protegido. Actualmente constituye un sector de gran auge en actividades deportivo-culturales: rutas de senderismo, visitas culturales (monasterio y ermitas) y arqueológicas (abrigos con pinturas rupestres).

Dentro de ésta área, destaca el siguiente PIG:

2.1. PIGc. Puerto del Portillo. (Ficha nº 32). Se corresponde con un punto destacable por su interés geomorfológico, ya que se aprecian los relieves de todo el valle de Las Batuecas, así como diferentes dominios geomorfológicos (Laderas con canchales, cumbres y crestas, etc). Igualmente destaca el interés paleontológico y paisajístico, al constituir un mirador natural y ser divisoria de aguas.

3. *Area de Interés Geológico de Quilamas.*

Muestra un interés científico y didáctico por las estructuras de periglacialismo,

riesgos y procesos carbonatados, además del interés que genera el conocimiento de los ambientes sedimentarios durante el Cámbrico. Presenta los siguientes lugares y puntos de interés geológico.

3.1. *LIG de Pico Cervero.* Algunos lugares topográficamente elevados, como Pico Cervero, presentan un periglacialismo activo y heredado importante que da lugar a estructuras y formas que nos ayudan a comprender los procesos geodinámicos, constituyendo puntos de interés científico y didáctico. Destacan:

3.1.1. PIGd. Nichos de nivación con interés didáctico para observar las zonas de acumulación de neveros. (Ficha nº 1).

3.1.2. PIGd. Cordones de nivación, con interés didáctico para entender la formación y desplazamiento de los cordones de bloques y evolución del periglacialismo. (Ficha nº 2).

3.1.3. PIGd. Fracturación por crioclastia, mostrando interés las grietas y aberturas entre las formaciones rocosas. (Ficha nº 3).

3.1.4. PIGc. Formas periglaciares, cuyo interés científico es explicar los procesos periglaciares de la zona de estudio. Se encuentran morfologías como círculos de piedras, suelos enlosados, suelos almohadados (Ficha nº 4).

3.2. *LIG Complejo Carbonatado de Rinconada de la Sierra.* Situado en Sierra Mayor, dentro del Espacio Natural de Quilamas, presenta un interés geológico, por los procesos y estructuras asociadas al sustrato carbonatado, que permiten conocer, identificar e interpretar la paleogeografía del Cámbrico Inferior, mediante una serie de depósitos y estructuras orgánicas e inorgánicas. Dentro de este lugar encontramos los siguientes puntos de interés geológico:

3.2.1. PIGd. Lapiaces de Peña Venero. Muestra un interés geológico por las morfologías que se observan en el terreno. Constituye una zona didáctica para el entendimiento de los procesos de disolución y carstificación. (Ficha nº 15).

3.2.2. PIGd. Dolinas de la Rinconada. Constituyen puntos de interés didáctico

para entender los procesos de riesgos por subsidencia y colapso. (Ficha nº 16).

3.2.3. PIGc. Calizas de Tamames. Presenta un interés científico por la presencia de estructuras orgánicas e inorgánicas que permiten establecer la paleogeografía del Cámbrico y su evolución geodinámica. (Ficha nº 17).

3.3. *LIG Barranco Fuentes del Parral.* Este lugar muestra un interés geológico al permitir conocer las estructuras del flanco norte del sinclinal de Tamames, así como diferentes estructuras sedimentarias y presentar un singular patrimonio paleontológico. Se encuentran en él, los siguientes puntos de interés:

3.3.1. PIGc. Flanco Norte del Sinclinal de Tamames. (Ficha nº 18). Presenta un interés estratigráfico (estructuras sedimentarias, etc), paleontológico (fósiles, etc), así como estructural (esquistosidades, etc).

3.3.2. PIGc. Areniscas Cambrias. (Ficha nº 19), Presenta un interés litológico y sedimentario por las estructuras de carga que presenta.

3.4. *LIG Complejo Carbonatado Peñas Albercanas.* Los resaltes que comprenden las denominadas Peñas Albercanas, dentro del Espacio Natural de Quilamas muestra numerosos puntos de interés geológico, que aportan importantes datos para conocer, identificar e interpretar la paleogeografía del Cámbrico Inferior y comienzo del Ordovícico, mediante estructuras discordantes y estructuras inorgánicas y orgánicas que precisan el ambiente de formación de estas litologías además de observar procesos actuales (hundimientos) sobre estos materiales. Los puntos de interés geológico encontrados en él son:

3.4.1. PIGc. Calizas de Tamames. Presentan un interés geológico por las estructuras de disolución que presentan, así como por las estructuras orgánicas (estromatolitos) y inorgánicas (laminaciones). (Ficha nº 20).

3.4.2. PIGc. Discordancia Peñas Albercanas. Interés estructural al ser la zona donde se deduce a partir de las direcciones de los estratos de calizas cambrias y cuarcitas ordovícicas, la discordancia

angular del tránsito Cámbrico-Ordovícico. (Ficha nº 22).

3.4.3. PIGd. Dolinas Peñas Albercanas. El interés que muestra este punto es la existencia de dolinas que constituyen buenos ejemplos a nivel didáctico para entender los riesgos por hundimientos del terreno en asentamientos carbonatados. (Ficha nº 21).

3.4.4. PIGd. Microconglomerados Peñas Albercanas. Muestran un interés petrológico, al indicar el comienzo del Ordovícico en la base de la cuarcita armoricana. (Ficha nº 23).

3.4.5. PIGc. Barras mareales. Interés estratigráfico, por presencia de estructuras sedimentarias (ripples y estratificación cruzada). (Ficha nº 24).

3.4.6. PIGc. Surgencia carstica. Interés hidrogeológico por el análisis de la circulación hídrica subterránea. (Ficha nº 45).

3.4.7. PIGc. Núcleo del Sinclinal de Tamames. Interés estructural y petrológico, además de paleontológico. (Ficha 25).

3.4.8. PIGc. Rocas Volcánicas en El Castillo. Interés cronoestratigráfico y petrológico. (Ficha 26).

3.4.9. PIGd. Deslizamientos Superficiales de La Bastida. Interés didáctico geomorfológico, ya que se pueden observar y analizar deslizamientos superficiales, estructuras características y riesgos asociados (suelos estriados, etc). (Ficha nº 38).

3.5. *LIG Valle del Río Alagón.* Se corresponde con un sector de interés geomorfológico (valles encajados), estratigráfico (secuencias estratigráficas), mineralógico (minerales), metamórfico (aureola de metamorfismo), petrológico (enclaves en granitos). Además también presenta un interés paisajístico al corresponder con zonas de alta calidad perceptual, con poca actividad antrópica. Destacan dentro de él, los siguientes puntos de interés:

3.5.1. PIGc. Flanco Sur Sinclinal Tamames. Desde los Puentes del Alagón, pasando por Valero y subiendo hasta San Miguel de Valero, se observa la estratificación del flanco sur del sinclinal de Tamames. Presenta por tanto un interés

estratigráfico, observándose estructuras sedimentarias y un interés paleontológico por los fósiles existentes. (Ficha nº 27).

3.5.2. PIGd. Quiastolitas de Valero. Interés mineralógico al observarse minerales que dan características de presión y temperatura de su ambiente paragenético. (Ficha nº 28).

3.5.3. PIGd. Panorámica de San Miguel de Valero. Interés paisajístico y estructural, al poder observarse ambos flancos del sinclinal de Tamames. (Ficha 29).

3.5.4. PIGc. Metamorfismo de contacto. Presenta un interés petrológico y mineralógico, al analizar la secuencia petrológica de una aureola de metamorfismo. (Ficha nº 30)

3.5.5. PIGd. Enclaves graníticos. En el casco urbano de San Miguel de Valero, se muestra un modelado granítico con enclaves en algunos afloramientos. Interés geomorfológico (modelado) y petrológico-mineralógico. (Ficha nº 31)

3.5.6. PIGd. Modelado Granítico San Esteban de la Sierra. Interés didáctico geomorfológico debido al modelado fluvio torrencial que presenta el río Alagón en su cauce por su encajamiento en el sustrato granítico al paso por esta localidad, así como el modelado granítico existente en sus laderas. (Ficha nº 33).

3.5.7. PIGd. Intrusión granítica Pluton La Alberca-Sequeros. Interés petrológico didáctico, por la presencia de la aureola de metamorfismo de contacto entre la masa ígnea y la roca encajante. (Ficha nº 13).

3.5.8. PIGd. Filones. Interés didáctico de tipo petrológico, ya que se observan en el perfil de alteración del granito, filones y vetas de cuarzo, más resistentes. (Ficha nº 34).

4. Area de Interés Geológico Sinclinal de Guadapero.

4.1. AIGd Sinclinal de Guadapero. Esta área se corresponde con un sector de interés didáctico de tipo estructural, ya que constituye el sector donde se observan ambos flancos del sinclinal, desde el núcleo en la localidad del mismo nombre. (Ficha nº 36).

5. Otros LIGs que no se encuentran dentro de estas AIGs son:

5.1. LIGd Terrazas del río Yeltes. Constituyen sectores con interés didáctico geomorfológico por la presencia de terrazas del río Yeltes, secuenciadas a diferentes niveles según el grado de encajamiento del río. (Ficha nº 41).

6. Otros PIG de interés científico y didáctico, dentro de la zona de estudio, pero alejado de las AIGs y LIGs, son:

6.1. PIGc. Derrubios ordenados singulares de Grèzes litéas (Ficha nº 5), únicos en el sector de estudio y perfectamente conservados. Presentan un interés científico geomorfológico.

6.2. PIGd. Meandro del río Alagón. Se considera un punto de interés didáctico, al constituir un lugar de fácil accesibilidad visual y un claro ejemplo de adaptación y erosión fluvial, existiendo frente a la estructura un mirador (Km. 29 carretera Puentes Alagón-Miranda del Castañar) que le confiere un interés turístico. (Ficha nº 6).

6.3. PIGd. “Dientes de León”. Una particularidad geológica característica de la penillanura son los llamados “Dientes de León” que muestran la estratificación de los diferentes metales del basamento, y que presentan un interés didáctico al destacar dichos afloramientos verticales en el paisaje y configuración de determinados sectores (Ficha nº 7).

6.4. PIGc. Alteración de la Raña en Morasverdes. A lo largo del piedemonte se pueden observar unos depósitos característicos de desmantelación del frente de sierra, que aunque existen en otros lugares de España, en algunos puntos presentan interés geológico por mostrar los procesos de alteración, lo cual favorece el conocimiento de estos materiales (Ficha nº 8).

6.5. PIGc. Alteración de la Raña y el sustrato en El Maillo. Interés petrológico. Alteración en sustrato pizarroso. (Ficha nº 9).

6.6. PIGd. La Raña. Interés geomorfológico, al observar a nivel didáctico, el depósito de abanicos aluviales muy tendidos. (Ficha nº 10).

6.7. PIGc. Falla de Desgarre. Interés estructural al observarse en campo el desplazamiento de un nivel cuarcítico, y observarse cartográficamente el trazado de la falla de desgarre. (Ficha nº 35).

6.8. PIGd. Deslizamientos Rotacionales de Alba de Yeltes. Interés didáctico geomorfológico. Se observan procesos de socavamiento fluvial del escarpe provocando deslizamientos rotacionales. (Ficha nº 39).

6.9. PIGd. Deslizamiento Rotacional de El Maillo. Interés geomorfológico de tipo didáctico, al apreciarse en el corte del talud de la carretera el cuerpo del deslizamiento así como su morfología. (Ficha nº 40).

6.10. PIGd. Escarpe El Maillo-Alba de Yeltes. Interés geomorfológico, al constituir un dominio que destaca a nivel perceptual. Interés estructural por la presencia de fracturas normales que se aprecian en el talud del escarpe. (Ficha nº 42).

Resultados.

Del estudio del Patrimonio Geológico llevado a cabo, caben señalar los siguientes resultados: en un primer momento, se identifican 4 Áreas y 8 Lugares de interés geológico, y se han elaborado 41 fichas diferentes.

Con respecto a las Áreas de Interés Geológico, se elaboran las fichas del: AIG del Valle de las Batuecas (Ficha 46 del Anexo II_{9.1}), que muestra un interés científico y didáctico, estableciendo uno de los mayores valores (0.98); y del AIG Sinclinal de Guadapero (Ficha 36), de notable interés didáctico (0.73).

Además de estas dos áreas, se delimitan otras dos que son el AIG de La Paña de Francia y el AIG de Quilamas, que se valoran por los LIGs y PIGs que contienen.

En cuanto a los Lugares de Interés Geológico, se elabora la ficha del LIG Relieves Apalachianos (Ficha 11), de gran interés científico y didáctico (0.98), del LIG Terrazas del río Yeltes, (Ficha 41), de alto valor didáctico (0.80), y del LIG Canchales Monsagro-Paso de Los Lobos (Ficha nº 37) de interés didáctico (0.50). Para el resto de los LIGs no se realiza ficha, y se valoran en base a sus PIGs, como son LIG Pico Cervero, LIG Complejo Carbonatado Rinconada de la Sierra, LIG Fuentes del Parral, LIG Peñas Albercanas y LIG Valle del Alagón.

Para los PIG se han diseñado unas fichas de clasificación en las que son ordenados los diferentes PIGs, distin-

guiendo los de interés científico por un lado (Tabla II₉₋₁), y los de interés didáctico por otro (Tabla II₉₋₂); según su valoración establecida en base al estado de conservación, calidad y potencialidad de uso.

Del análisis y valoración de cada punto de interés geológico (Fichas de valoración), se concluye que de los 46 puntos de interés geológico inventariados y valorados entre 0 y 1, un gran número de ellos, 41, se encuentran con valores comprendidos entre 0.5-1, lo cual demuestra la notoriedad del patrimonio geológico de la zona de estudio. Se observa igualmente que predominan los PIGs geomorfológicos, aunque también hay PIGs paleontológicos, estructurales, estratigráficos, petrológicos y mineralógicos.

Finalmente se realiza una cartografía de Áreas/Lugares/Puntos de Interés Geológico, en la que se observa la distribución espacial del Patrimonio Geológico ((Figura II₉₋₆), y una cartografía a escala 1/50.000 donde se superponen los diferentes A/L/P de interés geológico, valoradas, y diferenciadas por su interés (científico y didáctico) sobre la cartografía de grados de protección elaborada en el apartado de Análisis Ambiental (Mapa 9 Anexo Cartográfico).

El análisis del patrimonio geológico que se muestra en este capítulo, permite apreciar que todo el área tiene un gran valor geológico, desde el punto de vista científico y didáctico, ya que los diferentes afloramientos, estructuras y procesos existentes permiten conocer la historia geológica de la región, además de proporcionar un laboratorio natural donde se pueden observar “in situ” diferentes litologías (calizas, cuarcitas, arcosas, pizarras...), organismos y estructuras orgánicas fósiles (estromatolitos, scolitos...), estructuras (discordancias, estratificaciones, laminaciones...), etc. Resultado de este inventario es la Cartografía de Patrimonio Geológico de la zona de estudio. Podemos concluir que Los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, son un ejemplo de la gran variedad y riqueza del Patrimonio Geológico Castellano-Leonés, que abarca un amplio registro geológico temporal: Precámbrico -Cuaternario.

Tipo Interés	Nº	Es	Calidad (Q)					Potencialidad de Uso (PU)					Valor	Nombre	Interés Principal
			A	E	D	GC	IP	Ac	H	Eq	Ac	O			
CIENTIFICO	20	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	0.98	Calizas de Tamames: Peñas Albercanas.	Geomorfológico
	17	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	0.96	Calizas de Tamames: Peña Venero.	Geomorfológico
	22	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	0.91	Discordancia Peñas Albercanas	Estructural
	18	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	0.90	Sinclinal de Tamames	Estratigráfico
	14	3	2	1	3	3	2	2	2	3	3	3	0.78	Pliegues Paso de los Lobos	Estructural
	12	3	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	0.78	Secuencia Estratigráfica Peña de Francia	Estratigráfico
	27	3	2	2	2	3	3	2	1	1	3	3	0.77	Flanco Sur Sinclinal Puentes del Alagón	Estratigráfico
	25	3	2	1	2	3	3	3	1	2	3	3	0.74	Núcleo Sinclinal de Tamames	Estructural
	32	3	2	1	2	2	2	3	1	2	3	3	0.71	Puerto del Portillo	Paleontológico
	5	3	3	1	1	1	2	2	1	1	3	3	0.66	Grezes Litées Sierra del Guindo	Geomorfológico
	24	3	2	1	1	2	2	3	1	1	3	3	0.64	Barras Mareales C. Armoricana	Estratigráfico
	19	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	0.64	Areniscas de Tamames Fuentes del Parral	Paleontológico
	45	3	3	1	1	1	3	3	1	2	1	3	0.62	Surgencia Karstica Rinconada de la Sierra	Geomorfológico
	4	2	3	1	3	2	3	3	1	1	2	3	0.56	Formas Periglaciares Pico Cervero	Geomorfológico
	9	2	3	1	2	2	3	3	1	1	3	3	0.54	Procesos de alteración El Maillo	Geomorfológico
	35	2	3	1	1	3	3	3	1	2	3	3	0.53	Falla de desgarre Cereceda de la Sierra	Estructural
	26	2	3	1	3	3	2	3	1	1	1	3	0.51	Vulcanismo Sierra del Castillo	Petrológico
	8	2	3	1	2	2	2	2	1	1	2	3	0.50	Procesos de alteración. Raña	Geomorfológico
43	2	2	1	2	1	3	3	1	2	3	3	0.49	Periglaciarismo Monsagro	Geomorfológico	
30	2	2	1	2	2	2	3	1	3	3	3	0.48	Metamorfismo de Contacto San Miguel de Valero	Petrológico	

Tabla II₉-1. Cuadro de valoración de los PIG científicos, según los valores de estado de conservación, calidad y potencialidad de uso.

PIGs	Nº	Es	Calidad (Q)					Potencialidad de Uso (PU)					Valor	Nombre	Interés
			A	E	D	GC	IP	Ac	H	Eq	Ac	O			
DIDACTICO	16	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	0.95	Campo Dolinas: Rinconada Sierra.	Geomorfológico
	15	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	0.95	Lapiaces de Peña Venero	Geomorfológico
	21	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	0.95	Campo Dolinas: Peñas Albercanas.	Geomorfológico
	42	3	3	3	3	2	3	2	2	2	3	3	0.92	Escarpe Fluvial: El Maillo- Alba de Yeltes	Geomorfológico
	31	3	2	2	3	2	3	3	1	3	3	3	0.85	Modelado Granitico y Enclaves	Petrológico
	29	3	2	2	2	3	3	3	1	3	3	3	0.82	Panorámica San Miguel de Valero	Estratigráfico
	38	3	3	1	2	1	3	3	1	2	3	3	0.81	Deslizamientos Superficiales. La Bastida.	Geomorfológico
	1	3	2	1	3	2	3	3	1	1	2	3	0.77	Nichos de Nivación Pico Cervero	Geomorfológico
	2	3	2	1	3	2	3	3	1	1	2	3	0.77	Cordones de Nivación Pico Cervero	Geomorfológico
	39	3	3	2	2	2	3	2	1	2	2	3	0.79	Deslizamientos Rotacionales Alba de Yeltes.	Geomorfológico
	13	3	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3	0.75	Intrusión Granítica La Alberca-Sequeros	Petrológico
	40	3	2	1	2	1	3	3	1	2	3	3	0.74	Deslizamiento Rotacional El Maillo	Geomorfológico
	23	3	3	2	2	2	2	3	1	1	1	3	0.72	Microconglomerados.Base Ordovícico	Estratigráfico
	6	3	3	1	2	1	3	3	1	1	1	3	0.70	Meandro Río Alagón	Geomorfológico
	34	2	2	1	1	1	2	2	1	2	3	3	0.56	Filones y vetas de cuarzo. San Esteban de la Sierra	Petrológico
	7	3	2	1	1	2	2	1	1	1	3	2	0.54	Dientes de León	Geomorfológico
	33	2	2	2	3	2	2	2	1	3	3	3	0.51	Modelado. Granitico y Fluvio-Torrencial	Geomorfológico
	44	2	2	1	3	1	3	3	1	2	3	3	0.51	Acarcavamientos Monsagro	Geomorfológico
	10	2	2	2	1	3	2	3	1	3	3	3	0.47	Depósitos de Raña	Geomorfológico
3	2	1	1	3	1	2	3	1	1	2	3	0.45	Fracturas crioclastía Pico Cervero	Geomorfológico	
28	2	2	1	2	1	1	3	1	2	3	3	0.42	Quiastolitas. Aureola Metamórfica	Mineralógico	

Tabla II₇-2. Cuadro de valoración de los PIG didácticos, según los valores de estado de conservación, calidad y potencialidad de uso.

La diversidad geológica tiene caracter: geomorfológico (canchales, encajamientos, etc), litológico (cuarcitas, pizarras, etc), con diferentes grados de metamorfismo y ambientes sedimentarios (ambientes marinos con distintas estructuras sedimentarias características) y paleontológico (ichnofósiles y fósiles característicos del tiempo geológico).

A partir de estas áreas, lugares y puntos de interés geológico (científicos y didácticos) se pueden elaborar itinerarios geoambientales de diferentes aspectos geológicos adaptados a la necesidad de cada sistema educativo y de tipo cultural.

La geología, junto con la flora y fauna del Parque Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia constituye, al igual que el EN de Quilamas un claro ejemplo de la relación de dependencia existente entre Geodiversidad y Biodiversidad. A la vez, constituye un valor científico, cultural, educativo y recreativo, constituyendo ambos espacios naturales en sus puntos de interés geológicos, aulas abiertas en el campo del entendimiento y comprensión de los procesos e historia geológica de la zona y su región, de forma que con este inventario y sus fichas, con descripciones y esquemas gráficos y fotográficos permitan traducir el patrimonio geológico a un nivel comprensible por cualquier persona.

II.9.6. Áreas de sensibilización ecológica en los E.N.P. de Las Batuecas-Sierra de Francia, Quilamas y zonas de influencia.

Se consideran áreas de sensibilidad ecológica las que se detallan a continuación:

1. Los Espacios Naturales Protegidos: Parques Nacionales, Parques Regionales, Parques Naturales, Monumentos Naturales y Paisajes Protegidos.
2. Zonas Naturales de Interés Especial:
 - Áreas Especiales de Conservación (ZECs) de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) y lugares de Interés Comunitario (LICs).

- Áreas de Zonas Húmedas y Riberas catalogadas.
- Áreas que alberguen especies catalogadas “en peligro de extinción”
- Zonas de especial protección para las aves (ZEPAs) de la Directiva de Aves (79/409/CEE).

1. Los Espacios Naturales Protegidos:

En nuestro sector de estudio, se encuentran dos: el ENP de Las Batuecas-Sierra de Francia (Parque Natural); al sur de la provincia de Salamanca, limitando con la provincia de Cáceres (Extremadura) y el EN de Quilamas (Plan de Espacios Naturales) cercano al anterior pero a una latitud no tan baja. (Figura II₉-7).

El *Espacio Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia*, constituye un área con relieve accidentado. Parte de este territorio vierte sus aguas hacia el Tajo a través de la cuenca del río Alagón, lo que facilita la penetración en el mismo de vegetación mesomediterránea algo más termófila, pudiéndose encontrar en este espacio una buena representación de las variaciones altitudinales de la vegetación mediterránea, desde el matorral de piorno y cambrión propio de las más altas cumbres, pasando por los rebollares de *Quercus pyrenaica* hasta los encinares, alcornoques o madroñales de las cotas inferiores.

Al hablar de la fauna se debe destacar la posible presencia en esta área del lince ibérico, endemismo ibérico catalogado en peligro de extinción cuya supervivencia futura no parece fácil si no se toman medidas decididas de protección de sus poblaciones y de su hábitat. Junto a él aparecen muchas otras especies de la fauna mediterránea, entre las que destaca la presencia de una colonia de buitre negro, que llevó a la declaración en 1982 del Refugio de Caza de La Buitrera y posteriormente, en 1987, a la designación de Arca y Buitrera como Zona de Especial Protección para las Aves, o la reintroducción con éxito en los años setenta de la cabra montés.

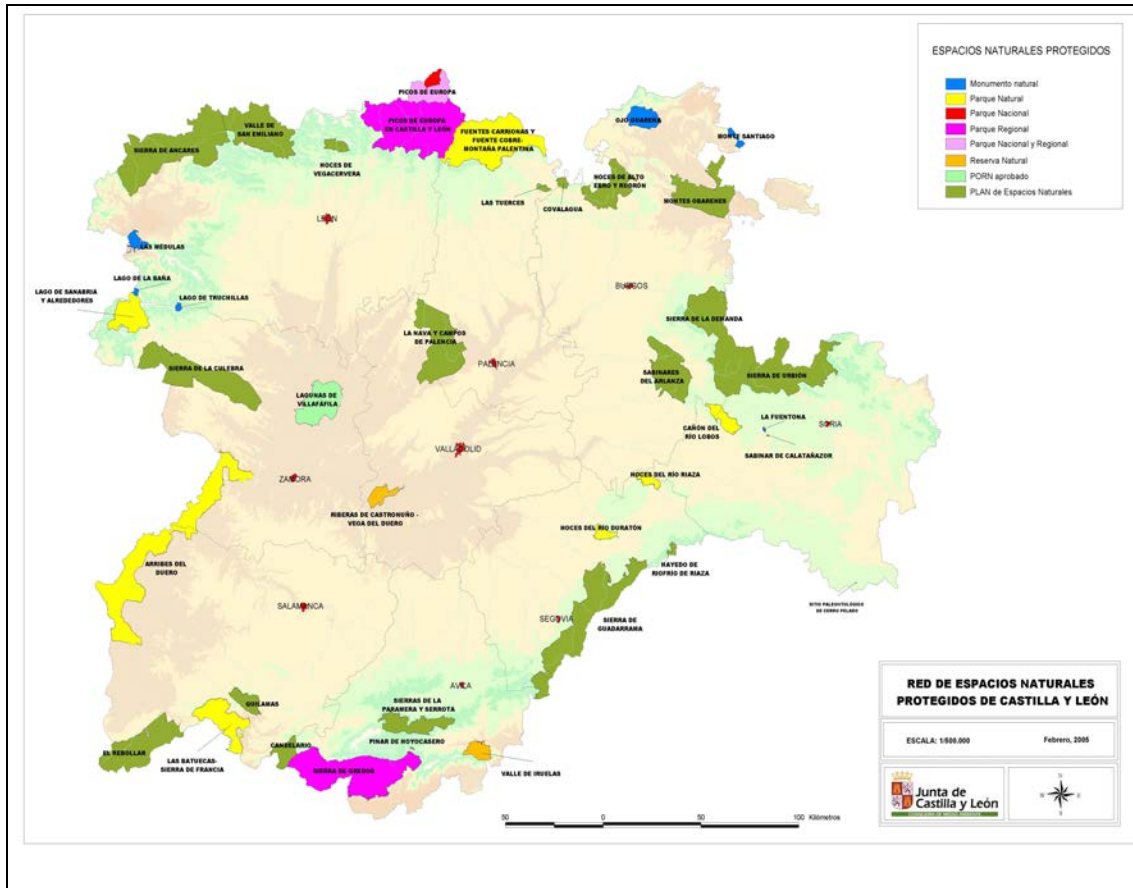


Figura II₉-7. Distribución de los Espacios Naturales de la Comunidad de Castilla y León, incluyendo nuestro sector de estudio.(Web de la Junta de Castilla y León).

El ENP de Las Batuecas - Sierra de Francia, presenta una singular riqueza en reptiles, como el galápago leproso, el lagarto verdinegro y la culebra de cogulla. Es también importante la presencia de rapaces, como se ha dicho anteriormente de buitre negro, el buitre leonado, el halcón peregrino, el alimoche y el águila real. Como nidificantes destacan la cigüeña negra, y como mamíferos el gato montés, el lobo y la cabra montés.

La concurrencia de estas singulares características naturales, motivó la inclusión de esta área en el Plan de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad de Castilla y León, mediante la Ley 8/2000 (BOCYL 249, 2000), ampliándose recientemente al integrar los municipios de Miranda del Castañar y San Martín del Castañar mediante la ley 16/2008 (BOE 15, 2009). (Figura II₉-8).

El *Espacio Natural de Las Quilamas*, se extiende sobre 10.230 Ha, constituyendo una zona montañosa cuya protección tiene un interés especial por la gran belleza de su paisaje, la diversidad y excelente estado de conservación de sus masas arbóreas (encinas, alcornoques, madroños, robles, castaños, acebos,...). Una gran parte de Las Quilamas representa una formación vegetal genuinamente ibérica: la dehesa. En las zonas más bajas y expuestas a insolación se sitúa una vegetación típicamente mediterránea (*Erica spp.*), encinas (*Quercus rotundifolia*), melojo (*Quercus pyrenaica*...). Estos medios naturales y seminaturales son muy importantes para la población reproductora de Buitre Negro (*Aegypius monachus*) (26 parejas) que tiene importancia a nivel nacional e internacional, presentando gran riqueza faunística.

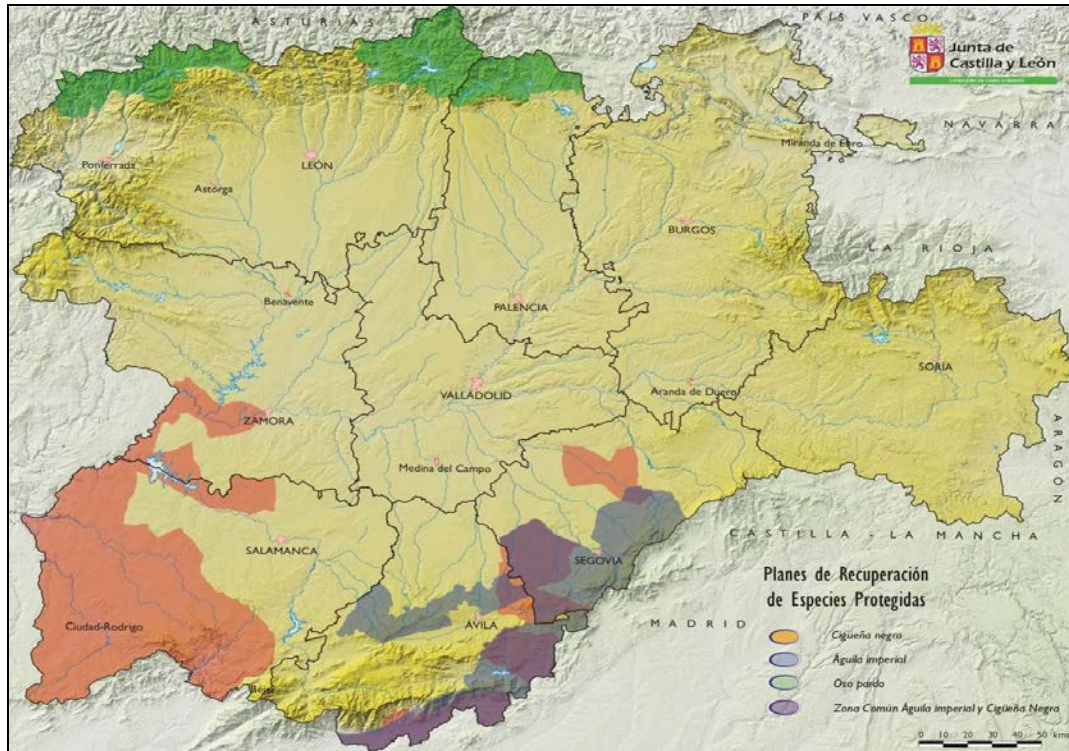


Figura II₉-8. Distribución de las Zonas de Recuperación de especies Protegidas de la Comunidad de Castilla y León, incluyendo nuestro sector de estudio. (Web de la Junta de Castilla y León).

Merced a esta riqueza la zona fue incluida en marzo de 1999 en la segunda propuesta de Lugares de Interés Comunitario y en agosto de 2000 fue designada Zona de Especial Protección para las Aves, en base a las Directivas 92/43/CEE (DOCE 206, 1992), sobre Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres y 79/409/CEE (DOCE 103, 1979), para la Conservación de las Aves Silvestres. La concurrencia de estas singulares características en este espacio justifican su inclusión en el Plan de Espacios Naturales Protegidos de Castilla y León, con la denominación de “Quilamas”, mediante el Decreto 95/2004.

Existen una serie de humedales repartidos por la zona de estudio, que no son estacionales, por lo que constituyen zonas húmedas protegidas por el Convenio RAMSAR. Las Zonas húmedas Catalogadas de interés especial en nuestra zona de estudio son la Laguna del Cristo y Charca de la Cervera en Aldehuela de Yeltes; y la Laguna de San Marcos en La Alberca (Figura II₉-9). Estas lagunas son ricas en fauna, constituyendo un ecosistema dentro de la penillanura salmantina, valorándose su funcionalidad a nivel biótico. La Laguna del Cristo en 1994 fue incluida en el catalogo de

zonas húmedas de Castilla y León. Esta laguna una superficie de 40 Ha y hasta 3 metros de profundidad. Cercana a ésta en el mismo término municipal de Aldehuela de Yeltes encontramos la laguna de La Cervera, con una extensión cercana a la decena de hectáreas y profundidad menor a metro y medio.



Figura II₉-9. Laguna de San Marcos. La Alberca.

Se realiza la delimitación de los espacios naturales comentados anteriormente, mediante técnicas SIG, obteniendo la cartografía de Espacios Naturales (Figura II₉-10).

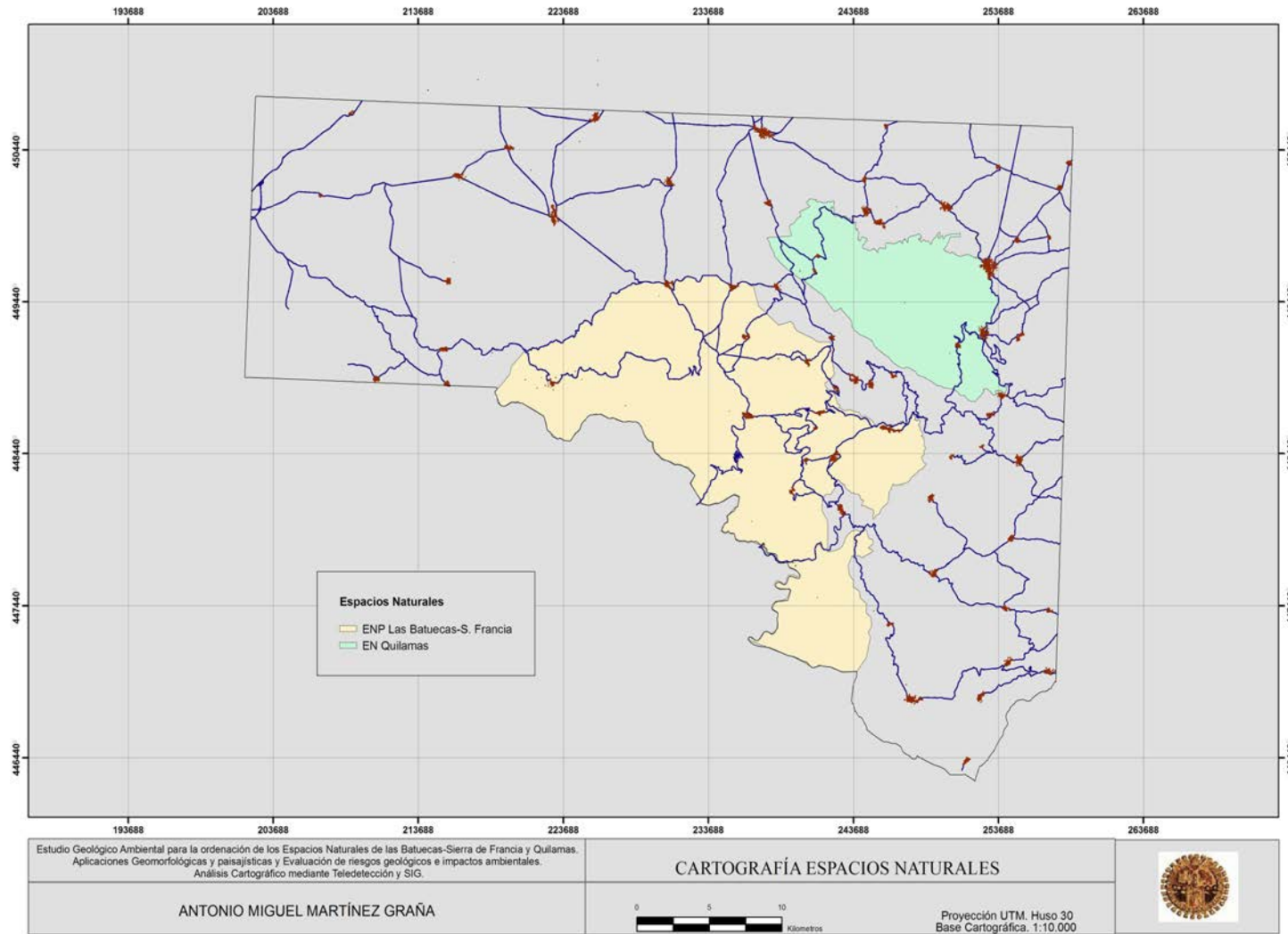


Figura II₉-10. Situación y dimensiones de los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas.

2. Zonas Naturales de Interés Especial: incluimos aquí diferentes figuras de protección natural, que constituyen Lugares de Interés Comunitario (LICs), por el reconocimiento de sus valores ambientales, incluyendo también las zonas húmedas protegidas, así como las riberas fluviales.

Las Zonas protegidas por hábitat piscícolas. La ley 6/1992 (BOCYL 3, 1992), de 18 de diciembre, de Protección de los Ecosistemas Acuáticos y de Regulación de la pesca en Castilla y León; dispone las normas reguladoras, y en base al Decreto 297/1999 (BOCYL 227, 1999), de 18 de noviembre atribuye las competencias a la consejería de Medio Ambiente, indicando en el artículo 9 las masas de agua que quedan protegidas por veda para la pesca, tanto algunos cauces fluviales, como zonas húmedas catalogadas. Los cauces son:

- Subcuenca del río Yeltes: Río Morasverdes, desde su nacimiento hasta su salida del término municipal de El Maillo, y todos los afluentes del tramo.
- Subcuenca del Alagón: Río Francia, desde su nacimiento hasta el puente de Francia

en la carretera de Salamanca a la Alberca y todos los afluentes del tramo. Igualmente en su tramo 800 metros aguas arriba del puente de Las Casas del Conde (central eléctrica abandonada) hasta el puente de Miranda del Castañar.

- El Arroyo de Los Milanos y Arroyo Milano, desde sus nacimientos hasta su confluencia y todos los afluentes en el tramo.
- El Río Batuecas, en todo su curso y todos los afluentes a ese tramo en la provincia de Salamanca.

Finalmente realizamos la cartografía que tiene en cuenta las áreas que alberguen especies catalogadas “en peligro de extinción” y las zonas de especial protección para las aves -ZEPAs- de la Directiva de Aves -79/409/CEE- (DOCE 103, 1979), realizando una cartografía específica para las áreas críticas de cigüeña negra -Ciconia Negra-, al ser una de las especies a tener en cuenta por su riesgo de extinción. (Figura II₉-11, Figura II₉-12 y Figura II₉-13).

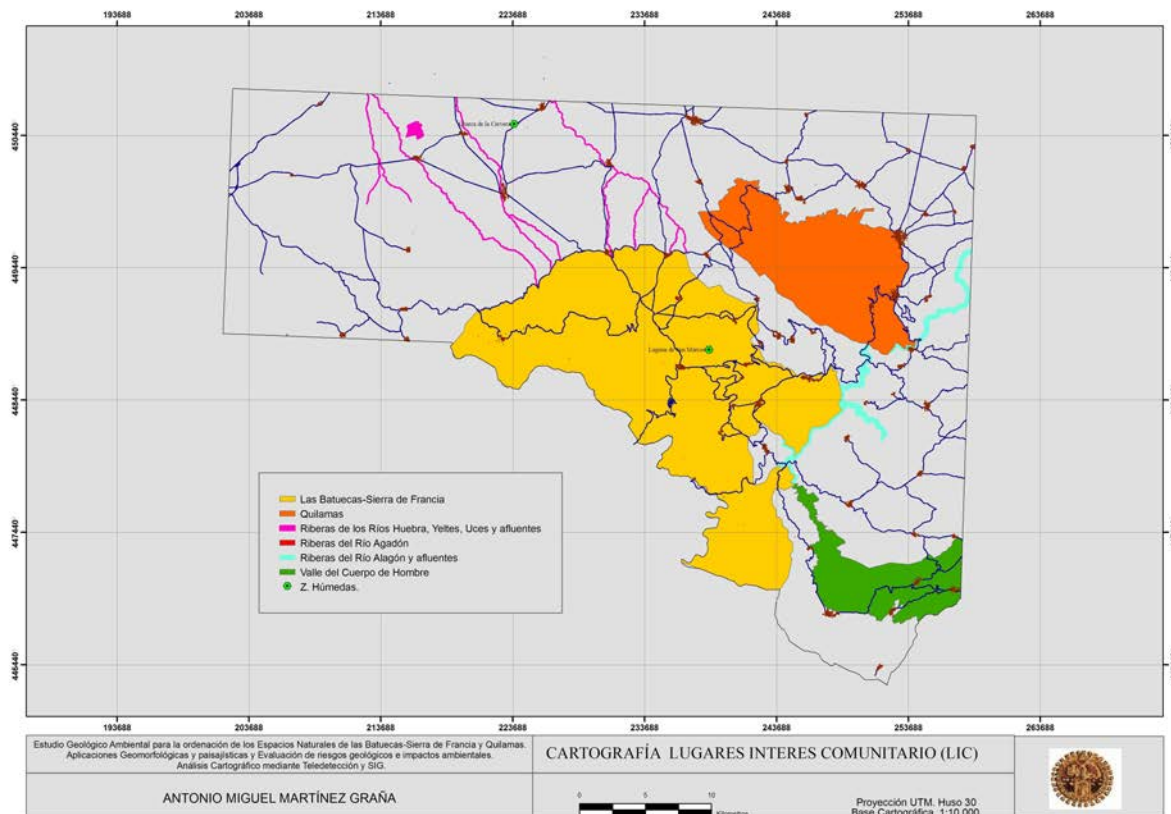


Figura II₉-11. Cartografía de los Lugares de Importancia Comunitaria (LICs) de la zona de estudio

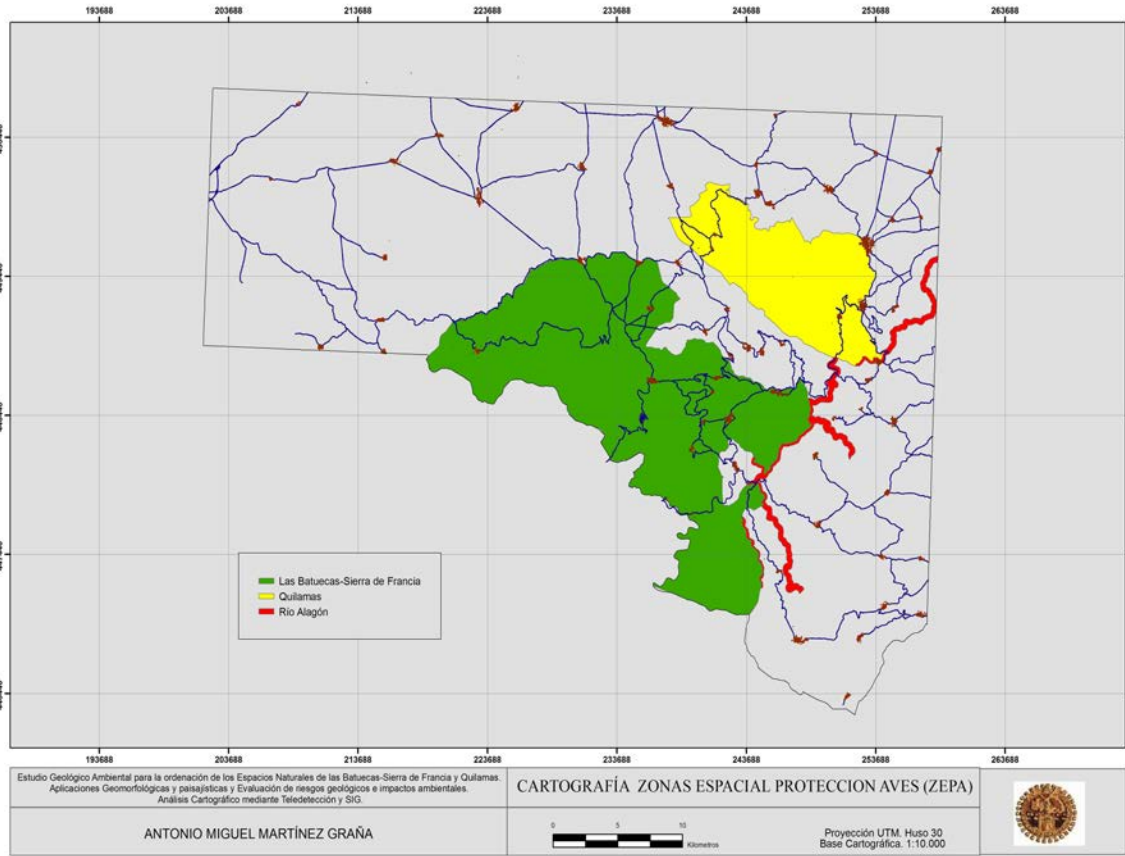


Figura II₉-12. Cartografía de las Zonas de Especial Protección para las Aves -ZEPAs- de la zona de estudio.

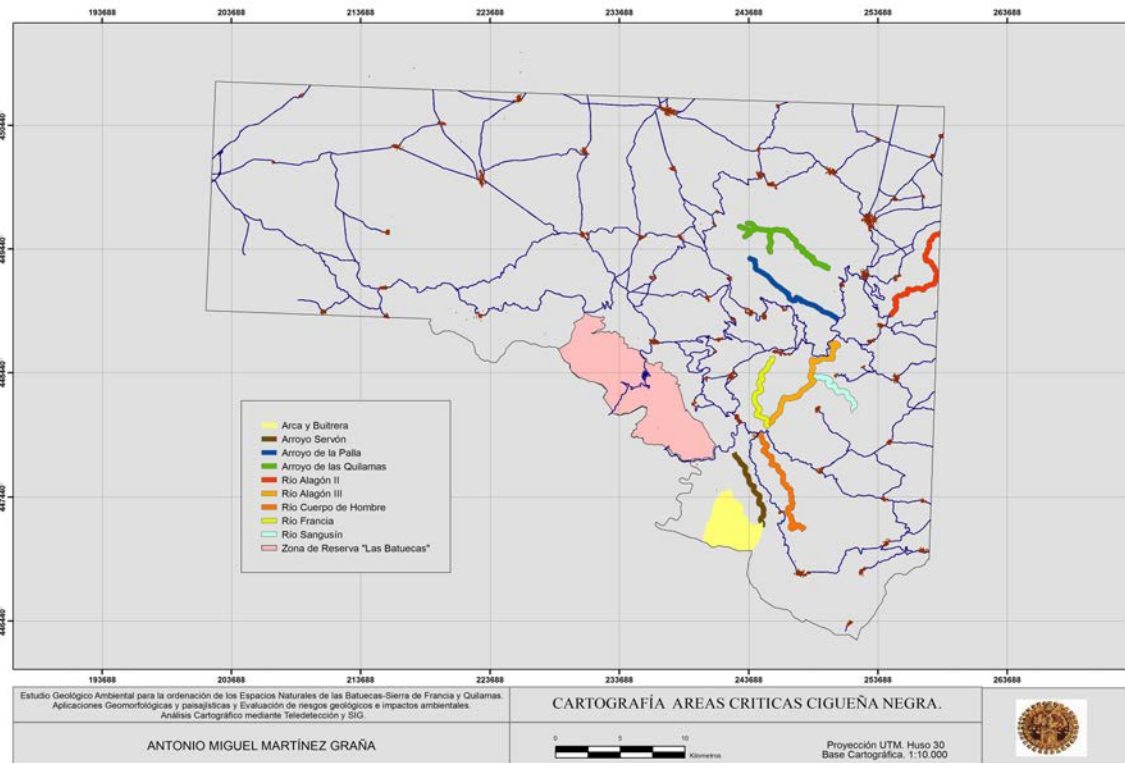


Figura II₉-13. Cartografía de las áreas críticas de la cigüeña negra en la zona de estudio.

Los bienes muebles declarados de interés cultural podrán serlo de forma individual o como colección, mientras que los bienes inmuebles serán declarados de interés cultural atendiendo a las siguientes categorías:

▪ **Monumento:** la construcción u obra producto de la construcción humana, de relevante interés histórico, arquitectónico, arqueológico, artístico, etnológico, científico o técnico, con inclusión de los muebles, instalaciones o accesorios que expresamente se señalen como parte integrante de él, y que por sí solos constituyan una unidad singular.

▪ **Jardín histórico:** el espacio delimitado, producto de la ordenación por el hombre de elementos naturales, a veces complementado con estructuras de fábrica, y estimado de interés en función de su origen o pasado histórico o de sus valores estéticos, sensoriales o botánicos.

▪ **Conjunto histórico:** la agrupación de bienes inmuebles que forman una unidad de asentamiento, continua o dispersa, condicionada por una estructura física representativa de la evolución de una comunidad humana, por ser testimonio de su cultura o constituya un valor de uso y disfrute para la colectividad, aunque individualmente no tengan una especial relevancia. Asimismo, es conjunto histórico cualquier núcleo individualizado de inmuebles comprendidos en una unidad superior de población que reúna esas mismas características y pueda ser claramente delimitado.

▪ **Sitio histórico:** el lugar o paraje natural vinculado a acontecimientos o recuerdos del pasado, tradiciones populares, creaciones culturales o literarias, y a obras del hombre que posean valor histórico, etnológico, paleontológico o antropológico.

▪ **Zona arqueológica:** el lugar o paraje natural en el que existen bienes muebles o inmuebles susceptibles de ser estudiados con metodología arqueológica, hayan o no sido extraídos y tanto si se encuentran en la superficie como en el subsuelo o bajo las aguas.

▪ **Conjunto etnológico:** paraje o territorio transformado por la acción humana, así como los conjuntos de inmuebles, agrupados o dispersos, e instalaciones vinculados a formas de vida tradicional.

▪ **Vía histórica:** en el caso de vías de comunicación de reconocido valor histórico o cultural, cualquiera que sea su naturaleza.

En todos los supuestos anteriormente citados, la declaración de Bien de Interés Cultural afectará tanto al suelo como al subsuelo.



Figura II₉-16. Restos de la Ermita de San Marcos, junto a la laguna del mismo nombre. La Alberca.

Algunos bienes inmuebles o muebles más relevantes del Patrimonio Histórico de nuestra comunidad, podrán acceder a la categoría de Bien de Interés Cultural, por dos vías distintas:

1. **De forma individualizada, mediante la incoación de expediente administrativo, y su anotación preventiva en el Registro de Bienes de Interés Cultural.**

2. **Por ministerio de la citada ley de patrimonio.** A los bienes declarados individualmente de Interés Cultural, mediante Decreto de la Junta de Castilla y León, se suman aquellos bienes que de forma genérica, se declaran por Ministerio de la Ley:

- Las cuevas, abrigos y lugares que contengan manifestaciones de **Arte Rupestre**. (Figura II₉-17).

- Los inmuebles destinados a la instalación de **Archivos, Bibliotecas y Museos** de titularidad estatal.

Igualmente, tendrán la consideración de Bien de Interés Cultural, los bienes a que se contraen los siguientes Decretos.

1. Decreto de 22 de abril de 1949, referido a todos los Castillos de España, cualquiera que sea su estado de ruina.
2. Decreto de 14 de abril de 1963, sobre escudos, emblemas, piedras heráldicas, rollos de justicia, cruces de término y demás piezas de análoga índole, cuya antigüedad sea mas de cien años".

En cuanto a los **Parajes Pintorescos** atendiendo a lo dispuesto en la Ley, conservarán la condición de bienes de Interés Cultural, en tanto no sean objeto de reclasificación de acuerdo con la Disposición Final de la Ley 15/1975 de Espacios Naturales Protegidos (BOE 107, 1975).

En los Espacios Naturales de “Las Batuecas-S. de Francia” y “Quilamas”, así como en la periferia, existen numerosos bienes patrimoniales, como son algunas localidades declarada Monumentos Históricos (Miranda del Castañar, La Alberca, San Martín del Castañar...) con diferentes figuras de protección (castillos, puentes, murallas...), que se han tenido en cuenta en la cartografía correspondiente (Anexo II_{9,2}). Cabe destacar el Área de Interés Histórica y Cultural del Valle de Las Batuecas, donde hay gran cantidad de abrigos, que se encuentran declarados Bien de Interés Cultural, por ministerio de la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español (BOE 155, 1985) en aplicación de lo dispuesto en el artículo 40.2 mientras que el Canchal de las Cabras Pintadas, goza de una declaración específica por Decreto de 25 de abril de 1924 (BOCYL 17, 2000).

PIHC Pinturas Rupestres. Este sector presenta gran cantidad de abrigos y arte rupestre, sobre todo el Valle de las Batuecas y entorno. Diseminadas entre los abrigos de cuarcitas que configuran el valle, se localiza un conjunto muy amplio de pinturas prehistóricas de clara tendencia naturalista, cuya cronología abarca desde el Neolítico medio hasta el Neolítico final y el Calcolítico. (Anexo II_{9,2}).



Figura II₉₋₁₇ .Canchal de las Cabras Pintadas. Valle de Las Batuecas.

PIHC Poblado Romano “Fuente La Mora”. Según la Ley 12/2002 (BOCYL 139, 2002), constituyen el Patrimonio Arqueológico de Castilla y León los bienes muebles e inmuebles de carácter histórico, así como los lugares en los que es posible reconocer la actividad humana en el pasado, que precisen para su localización o estudio métodos arqueológicos, hayan sido o no extraídos de su lugar de origen, tanto si se encuentran en la superficie como en el subsuelo.

▪ También forman parte de este patrimonio los restos materiales geológicos y paleontológicos que puedan relacionarse con la historia del hombre.

En el sector de estudio hay un asentamiento romano en el término municipal de El Cabaco. Constituye el poblado de las antiguas minas de oro de “Las Cavenes” (Figura II₉₋₁₈); datado del año 40 de nuestra Era, declarado como Bien de Interés Cultural (BIC). Actualmente se encuentra protegido bajo una red para evitar su deterioro y protegerlo de la erosión. Se ha realizado una cartografía y análisis arqueológico detallado, que indica la presencia de restos de pavimentos hechos con cantos rodados cubiertos con téglulas de cerámica, botellas de vidrio o el pomo de alguna puerta, entre otros. Estas ruinas constituyen dependencias de uso artesanal o industrial. Además existen restos de banales dedicados a cultivos, únicos en Europa.



Figura II₉₋₁₈.Excavación y protección mediante su cubrimiento de restos de un poblado romano. Las Cavenes. El Cabaco.

“Las Cavenes” Centro de Interpretación de la Minería. El Cabaco. A partir de maquetas y posters, se analiza la importancia que ha tenido la minería en este sector sur de la provincia de

Salamanca. Se observa como gestionaban el recurso hídrico necesario para las labores mineras, así como distribuían los acopios de estériles por la actuación minera y el asentamiento poblacional.

La presencia de itinerarios didácticos con paneles explican los acopios de estériles o cantos fluviales en zonas de extracción de oro por bateo. Igualmente se pueden observar los diferentes usos del suelo en la época romana (sectores para cultivos, sectores extractivos, etc.).(Figura II₉-19).

PIHC Montes de Utilidad Pública. El Catálogo de Montes de Utilidad Pública se remonta al Real Decreto de 22 de enero de 1862, (BOE 102, 2006) donde se dispone su elaboración, con la finalidad de proteger todos los “predios” que el Gobierno estimara que su venta fuese perjudicial. Posteriormente, el Real Decreto de 20 de septiembre de 1896 (BOE 102, 2006) determina los criterios para catalogar los montes de utilidad pública, englobando todas aquellas masas arbóreas y terrenos forestales que por sus condiciones de situación de suelo y área es necesario mantener repoblados o repoblar si fuere el caso para garantizar por su influencia física, la seguridad

de los terrenos, la salubridad pública y la fertilidad de las tierras, entre otros parámetros.

Actualmente con la Ley de Montes (BOE 102, 2006), estos montes de utilidad pública tienen la condición jurídica de bienes patrimoniales, por lo que actualmente se han ampliado el número en la provincia de Salamanca ya que estos predios son preferenciales en la dotación de ayudas, sobre todo de la Unión Europea, con la finalidad de proteger la naturalidad y dichos bienes patrimoniales forestales que caracterizan las distintas comarcas naturales, quedando determinados y caracterizados igualmente por los Inventarios Forestales Nacionales.

La ley de Montes 44/2003 de 21 de noviembre (BOE 280, 2003) en su Art.11 hace la siguiente clasificación de los montes públicos y montes privados:

- *Por razón de su titularidad los montes pueden ser públicos o privados.*
- *Son montes públicos los pertenecientes al Estado, a las comunidades autónomas, a las entidades locales y a otras entidades de derecho público.*
- *Son montes privados los pertenecientes a personas físicas o jurídicas de derecho privado, ya sea individualmente o en régimen de copropiedad.*

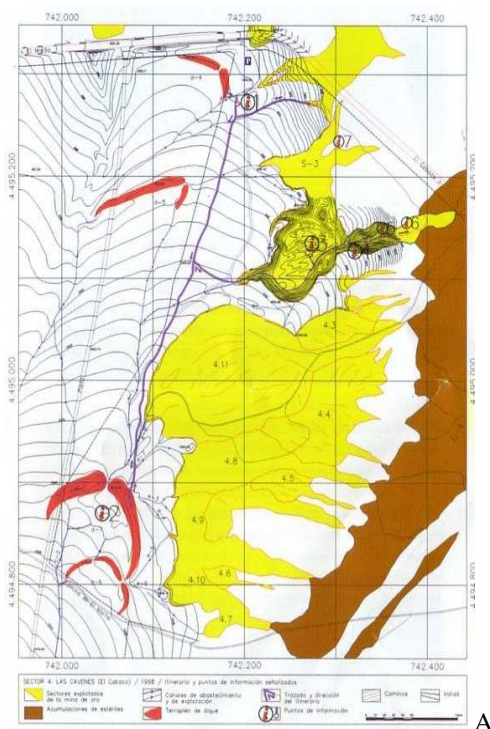


Figura II₉-19. (A). cartografía de la distribución de las actividades mineras. (B) Restos de acopios de cantos en la actualidad. (C) Imagen aérea actual que muestra los restos del dique de contención.

▪ *Los montes vecinales en mano común tienen naturaleza especial derivada de su propiedad en común, sujeta a las limitaciones de indivisibilidad, inalienabilidad, imprescriptibilidad e inembargabilidad. Sin perjuicio de lo previsto en el artículo 2.1 de esta ley, se les aplicará lo dispuesto para los montes privados.*

Según el Art.13 de dicha ley, las comunidades autónomas podrán incluir en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública los montes públicos (Figura II₉-20) comprendidos en alguno de los siguientes supuestos:

▪ *Los que sean esenciales para la protección del suelo frente a procesos de erosión.*

▪ *Los situados en cabeceras de cuencas hidrográficas y aquellos otros que contribuyan decisivamente a la regulación del régimen hidrológico, evitando o reduciendo aludes, riadas e inundaciones y defendiendo poblaciones, cultivos e infraestructuras.*

▪ *Los que eviten o reduzcan los desprendimientos de tierras o rocas y el aterramiento de embalses y aquellos que protejan cultivos e infraestructuras contra el viento.*

▪ *Los que sin reunir plenamente en su estado actual las características descritas en los párrafos a), b) o c) sean destinados a la repoblación o mejora forestal con los fines de protección en ellos indicados.*

▪ *Los que contribuyan a la conservación de la diversidad biológica, a través del mantenimiento de los sistemas ecológicos, la protección de la flora y la fauna o la preservación de la diversidad genética y, en particular, los que constituyan o formen parte de espacios naturales protegidos, zonas de especial protección para las aves, zonas de especial conservación u otras figuras legales de protección, así como los que constituyan elementos relevantes del paisaje.*

▪ *Aquellos otros que establezca la comunidad autónoma en su legislación.*

Debido a esta protección por criterios naturales: paisajísticos y ambientales se tienen en cuenta a la hora de analizar el patrimonio de nuestra zona de estudio, para lo cual se ha procedido a digitalizar los sectores forestales del sector a partir del Catálogo de Montes de Utilidad Pública de Salamanca (Junta Castilla y León, 2000). (Figura II₉-21).

PIHC Vías Pecuarias (VP). Según la Ley 3/1995 (BOE 71, 1995) se entiende por vías pecuarias las rutas o itinerarios por donde discurre o ha venido discurrendo tradicionalmente el tránsito ganadero. Las vías pecuarias, atendiendo a sus dimensiones, se denominan cañadas, cordeles o veredas, siendo su anchura máxima: los primeros 75 metros, los segundos de 37,5 metros, y no superando los 20 metros las terceras. Junto a estos caminos se sitúan los abrevaderos, descansaderos y majadas, asociados al tránsito ganadero. Estas vías principales articulaban el espacio y se conectaban entre sí a través de otras de anchura inferior llamadas ramales o coladas. Analizando el fondo documental de vías pecuarias del Ministerio de Medio Ambiente a través de su página web, se ha procedido a digitalizar las vías pecuarias existentes. A continuación se incluye el mapa de vías pecuarias catalogadas en la provincia de Salamanca. (Figura II₉-22).

Hornos de Cal. En las Quilamas, los afloramientos de Calizas, han dado lugar antaño a los denominados caleros (hornos de cal), donde se quemaba la caliza, con retamas para obtener la cal. Actualmente algunos de ellos están acondicionados para la visita al público con paneles explicativos.

La importancia de la recuperación de algunos hábitats mineros hace que en el año 2008 se desarrolle un Programa de ayudas destinadas a la mejora y recuperación por parte de la Junta de Castilla y León, concediendo ayudas económicas para la recuperación ambiental de las antiguas canteras de piedra y rehabilitación de áreas degradadas por antiguas explotaciones de cal. Este mismo programa concede ayudas para la señalización de itinerarios turísticos.

Protección Agropecuaria. El tradicional uso del suelo, entendido como medio para la sostenibilidad medioambiental de la población en el medio rural, constituye una actividad a preservar y por lo tanto a proteger, por lo que se han tenido en cuenta las áreas con declaración de protección agropecuaria, delimitando su extensión geográfica. (Figura II₉-23). Para concluir este capítulo se realiza una cartografía de Patrimonio Natural en la que se tienen en cuenta todos los parámetros inventariados, geológicos, bióticos y histórico-culturales (Figura II₉-24).

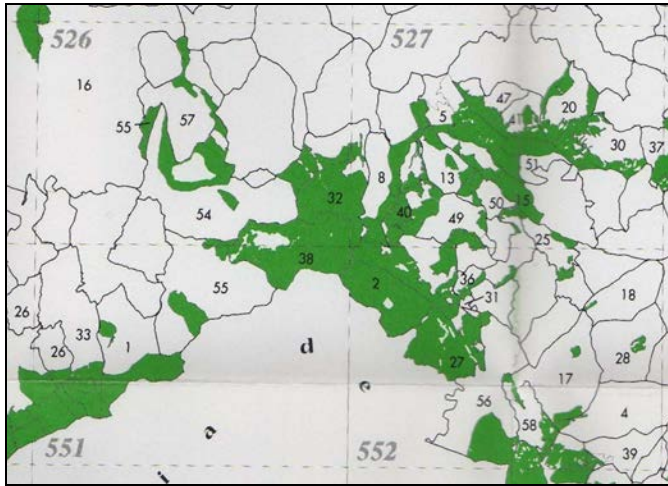


Figura II₉-20 Distribución de los Montes de Utilidad Pública de las Hojas topográficas del sector de estudio, mostrando los municipios numerados según el catálogo

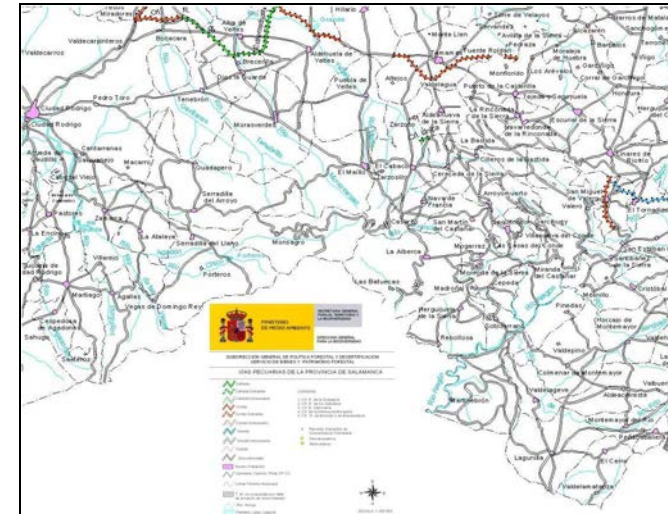


Figura II₉-22. Figura Trazado de las vías pecuarias en la zona de estudio. (www.mma.es).

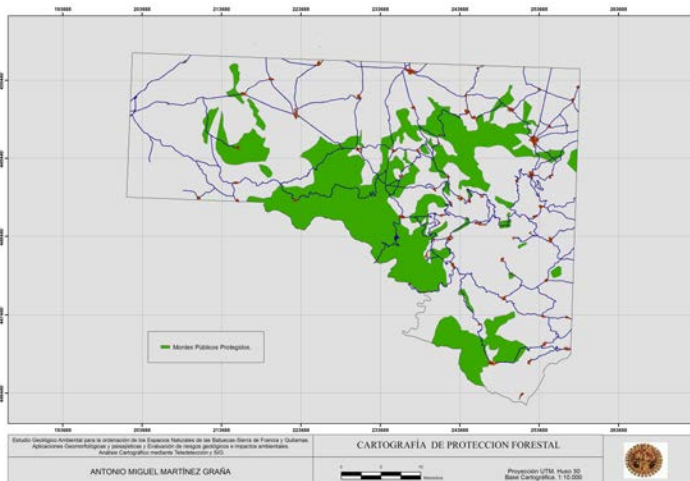


Figura II₉-21. Cartografía de Áreas de Interés Forestal (PIF).

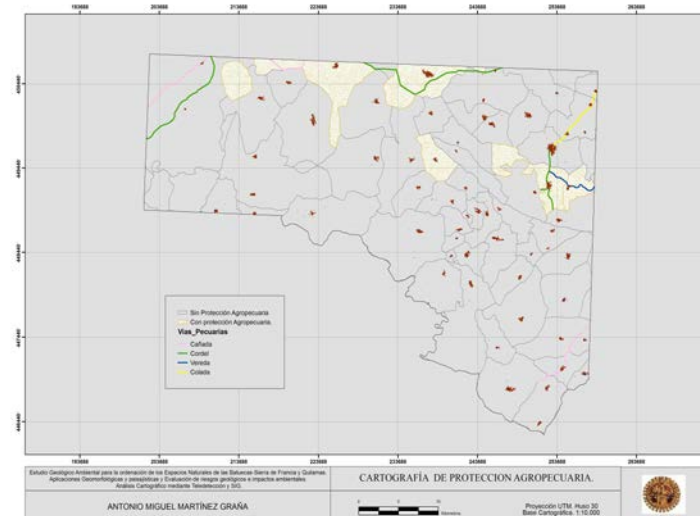


Figura II₉-23. Cartografía de Patrimonio Agropecuario y Vías Pecuarias.

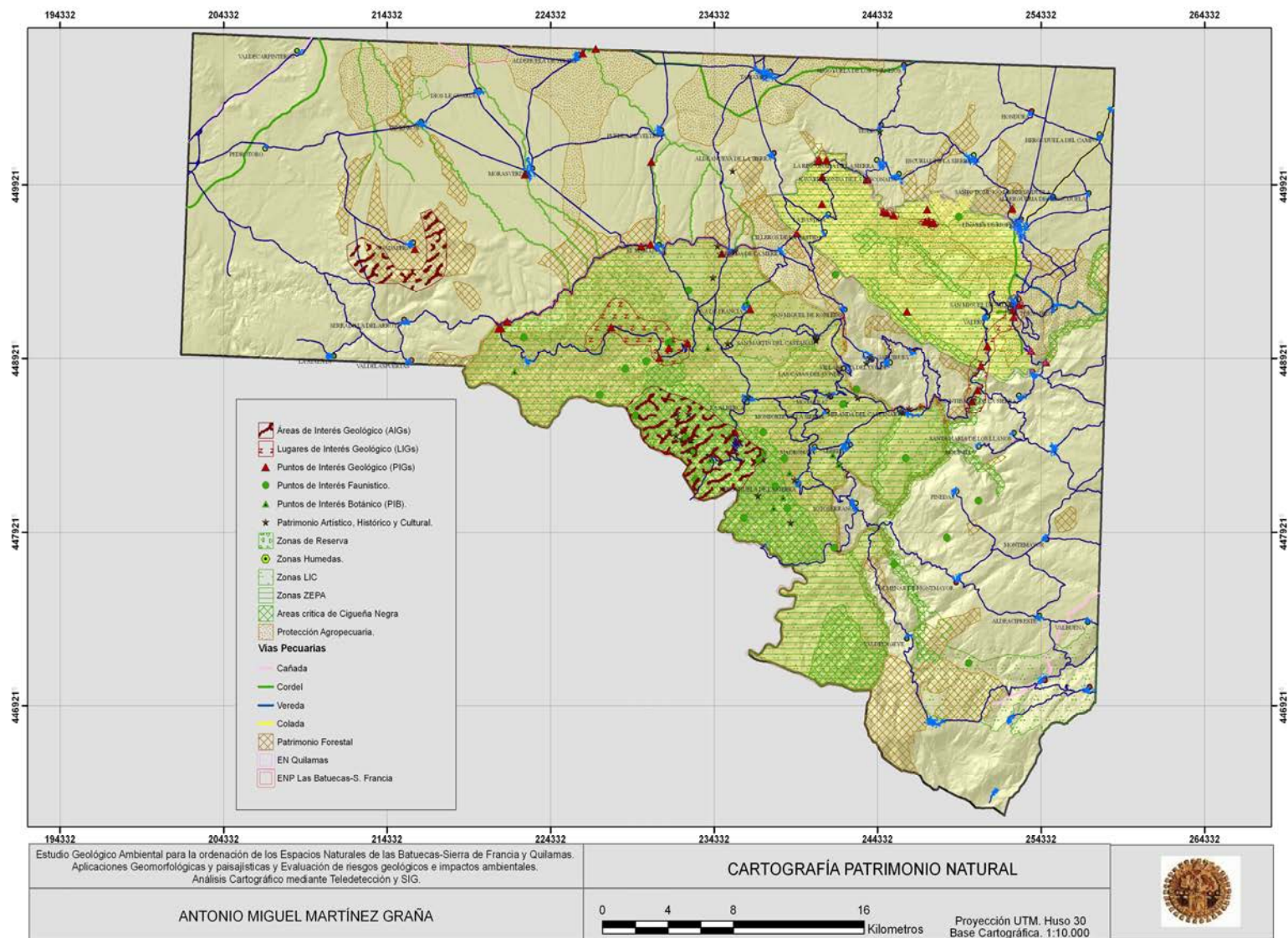


Figura II₉-24. Cartografía de Patrimonio Natural.

II₁₀ Resultados del Análisis Regional (Inventario Cartográfico).

Clima.

El Clima de los ENP de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, así como de su zona de influencia, presenta unas características particulares muy diferentes al resto de la provincia de Salamanca, influyendo en la disposición y tipología de los diferentes elementos naturales (abióticos, bióticos y perceptuales). (Ver apartado II₁).

A partir de las diferentes cartografías climáticas (isoyetas, isotermas, evapotranspiración, isoxeras) y diagramas climáticos (climodiagramas, índices de aridez y humedad, etc.) se han determinado las características climáticas de la zona.

Las precipitaciones medias de nuestro sector oscilan entre 400mm (sector NO de la hoja de Serradilla del Arroyo) y 1800mm (área de la Peña de Francia), reflejando una relación directa con la orografía. Las temperaturas fluctúan entre 7,5°C y 15,15°C, presentando algunos sectores valores muy bajos (media anual de Monsagro 8°C y Peña de Francia 7,5°C), aunque en general la zona presenta isotermas anuales medias-altas, condicionando algunos dominios geomorfológicos, como el de valles fluviales escarpados, microclimas que dan lugar a temperaturas muy altas, como ocurre en Herguijuela de la Sierra (15,1°C) y Mogarraz (15,3°C). Este corredor Mogarraz-Herguijuela de la Sierra también presenta valores altos de evapotranspiración potencial (780mm), quedando el resto del sector de estudio con valores entre 530mm (sectores topográficamente elevados) y 790mm (valles encajados), coincidiendo éstas últimas con los valores más altos de isotermas.

El índice de aridez expresado mediante las isoxeras, varía entre 0 y 2 quedando determinado el sector de estudio como una zona húmeda.

El índice de humedad de Thornthwaite muestra en los ENP valores superiores a 20, lo cual se considera como clima húmedo o de tipo A, incluyendo puntualmente algunos sectores con valores superiores a

100 dando climas Perhúmedos (Peña de Francia -320-, Valle de Las Batuecas -240-, La Alberca -220-) y otros climas subhúmedos y secos-subhúmedos, con valores entre 0-20 (Puebla de Yeltes, Morasverdes). La región NW llega a presentar valores negativos, entre -20 a -60 dando lugar a climas semiaridos o áridos (Tenebrón, Dios Le Guarde, etc.).

A partir de los datos climáticos de diferentes estaciones se han establecido mediante diagramas, las regiones climáticas y los sistemas clima-proceso-formas que caracterizan esta región morfoclimática, estableciendo la base para entender los procesos geomorfológicos y riesgos asociados analizados en profundidad en la parte III. En base a los valores de temperatura y precipitación medios, se obtiene una diferenciación morfoclimática (diagramas de Peltier, 1950) que sitúan a nuestro sector en regiones morfogenéticas marítimas (La Alberca, Mogarraz...), de sabana (Puebla de Yeltes, Serradilla del Arroyo...) y semiaridas (Rinconada de la Sierra), potenciando los procesos de erosión hídrica y movimientos de ladera, y en menor medida de erosión eólica. Utilizando el diagrama de Wilson (Wilson, 1968), nuestra zona se encuadra en la región semiarida excepto La Alberca que se incluye en una región templado-húmeda. Atendiendo a las regiones morfoclimáticas de Chorley (Chorley, 1984) estamos en las regiones semiarida y tropical húmeda-seca, excepto en algunos sectores puntuales que se presentan como región húmeda de latitud media (La Alberca) y continental seca (Rinconada de la Sierra). La concentración de la pluviosidad, a partir del análisis del mayor número de meses con precipitaciones superiores a 50 mm, da lugar a la posibilidad de mayores inundaciones.

Geología.

A nivel geológico, la zona pertenece a la Zona Centro-Ibérica de la cadena Hercínica. Presenta un predominio de materiales graníticos con rocas filonianas (diques de cuarzo), series preordóvicicas extensas (complejo esquisto grauváquico,

areniscas y calizas del Cámbrico inferior), un Ordovícico transgresivo y discordante con los materiales anteriores, y por último sedimentos terciarios del relleno de la cuenca de Ciudad Rodrigo. (Ver apartado II₂)

El complejo Esquisto Grauváquico esta constituido por lutitas, areniscas y conglomerados, además de pizarras negras y niveles carbonatado-detríticos, correspondiendo a un ambiente sedimentario de abanicos submarinos profundos en fase de somerización (condiciones regresivas). El Cámbrico inferior esta formado por las areniscas y calizas de Tamames, correspondiendo con un ambiente sedimentario de llanura de marea asociada a facies arrecifales fuera de la zona de estudio. El Ordovícico (inferior y medio) esta constituido por areniscas, conglomerados, cuarcitas y pizarras grises y negras, destacando las cuarcita armoricana. Se corresponde con ambientes de plataforma detrítica en condiciones submareales. El Silurico reposa en discordancia con el Ordovícico medio y esta constituido por pizarras y cuarcitas con intercalaciones de rocas volcánicas.

Los sedimentos paleógenos y neógenos se corresponden con el relleno de la cuenca de Ciudad Rodrigo, arcosas paleógenas en la base y abanicos aluviales neógenos conglomeraticos procedentes de la Sierra de Francia. Durante el Plio-Cuaternario (actualmente base del Cuaternario) se genera la Raña, constituida por depósitos aluviales sobre los depósitos neógenos, con facies conglomeraticas y arcillosas. Ya iniciado el Cuaternario, cambia el sistema de sedimentación pasándose de la superposición a encajamientos sucesivos y se depositan las terrazas fluviales y llanuras aluviales asociados a los principales ríos (Yeltes, Morasverdes, Gavilanes, etc.) y depósitos de ladera (coluviones y canchales) relacionados con los sistemas montañosos (Sierra de Francia, Pico Cervero...)

Estos materiales geológicos, han sido afectados por deformaciones prehercinicas y hercinicas. Esta última va acompañada de metamorfismo de grado medio-bajo y

plutonismo que definen las principales características litológicas y estructurales.

Analizando las fracturas existentes tanto tardihercínicas como alpinas, es de destacar las familias: N 40°-70°E y N 10-40°E, y con menor importancia N 120-150°E y N 170-180°E. En general las fracturas presentan reflejo morfológico en la distribución y orientación de valles y cuerdas-crestas, así como en la adaptación y encajamiento de los ríos a su trazado. Además el rejuego que genera su reactivación con la Orogenia Alpina, establece la compartimentación de bloques actual, condicionando el depósito de los sedimentos más recientes.

Geomorfología.

En cuanto a la Geomorfología, esta zona presenta tres grandes unidades morfo-estructurales: Sierras, destacando las constituidas por cuarcitas por su resistencia a la erosión con estructuras sinclinales "colgadas", Penillanuras y Pedimentos constituido por grandes superficies aplanadas de diferente constitución litológica, y la Cuenca, en la parte más meridional, formada por una depresión tectónica o semigraben relleno de sedimentos cuyo depósito esta condicionado por el modelado fluvial. (Ver apartado II₃)

La evolución morfogenética indica que durante el Mesozoico los ciclos de alteración prolongados generan puntualmente relieves residuales y el suave basculamiento da lugar a superficies muy atenuadas, que originan la penillanura salmantina. Posteriormente en nuestro sector estas superficies se han degradado por diferentes procesos (morfogénesis poligénica) dando pedimentos o pedimentos degradados. La sedimentación detrítica es el resultado de la reestructuración morfo-estructural provocada por la tectónica alpina intraterciaria, que provoca la reestructuración de bloques elevados (Sierra de Francia) y hundidos (cuenca de Ciudad Rodrigo). El relleno de las zonas deprimidas se genera en dos fases, una arcósica paleógena y otra postarcósica neógena, donde se adapta la red de drenaje y en el Cuaternario se inicia la disección y deposición fluvial.

A partir de la cartografía de las unidades geomorfológicas a escala 1/50.000 se diferencian mediante su sintetización 18 dominios geomorfológicos organizados en tres grandes conjuntos: Interfluvios, Superficies de Enlace y Valles. Estos dominios son:

En los *Interfluvios* se incluyen los dominios geomorfológicos que aparecen en al unidad morfoestructural de Sierras, incluyendo las divisorias fluviales. Encontramos formas erosivas de morfogénesis estructural: Cumbres-Cuerdas (Sierra de Francia, Sierra de Quilamas, etc.) y Escarpe tectónico (oeste del área de estudio), de morfogénesis fluvial: Divisorias Fluviales (mitad meridional de la hoja de Miranda, divisoria Cuenca Duero-Tajo), y de morfogénesis fluvio-gravitacional: Colinas-Lomas (Pedrotoro, Valdecarpinteros, etc.) y Laderas (Guadapero, Cilleros de la Bastida, Escorial de la Sierra, etc.). También se incluyen las formas de depósito de morfogénesis gravitacional: Laderas coluvionadas (Laderas de la Sierra de Tamames, Sierra del Guindo, Monsagro, etc.).

En las *Superficies de Enlace*, diferenciamos las formas erosivas de morfogénesis poligénicas: Pedimento, Pedimento Degradado, y Superficies Erosivas (Pastores, Serradilla del Arroyo, Dios Le Guarde, etc.) y formas de depósito de morfogénesis fluvial (Superficies de Colmatación, Rañas y Piedemontes (Tamames, Puebla de Yeltes, Morasverdes, etc.).

Finalmente en los Valles, se diferencian seis dominios geomorfológicos de morfogénesis fluvial, tanto de formas erosivas: Valles Fluviales Escarpados (Herguijuela de la Sierra, Sotoserrano, Valero, Garcibuey, etc.) y Escarpes Fluviales (El Maillón-Alba de Yeltes, y entre el oeste de Guadapero y Valdecarpinteros) como de formas de depósito: Terrazas Altas, Medias, Bajas y Llanuras Aluviales (Tenebrón, Aldehuela de Yeltes, etc.), y Aluviales y Fondos de Valle (Serradilla del Arroyo, El Maillón, etc.).

Edafología.

Los tipos de suelos cartografiados, que encontramos en el sector de estudio, son en general, cambisoles, regosoles y leptosoles

sobre granitos y pizarras, quedando los luvisoles y fluvisoles asociados a sustratos sedimentarios, en zonas llanas y cauces. Analizando la disposición de las diferentes asociaciones edáficas con la disposición de los dominios geomorfológicos, describimos la secuencia desde las zonas elevadas (dominios de Cumbres y Cuerdas, Divisorias fluviales...) a zonas bajas (dominios de Terrazas Bajas y llanuras aluviales....).(Ver apartado II₄)

Los leptosoles se encuentran en zonas con procesos erosivos importantes. Los leptosoles que aparecen en nuestra zona son úmbricos (cumbres de la Sierra de Francia, Tamames, etc.) y líticos (Nava de Francia, San Esteban de la Sierra).

Los suelos más abundantes son los cambisoles de tipo éutrico (Garcibuey, Villanueva del Conde, etc.), dístricos (Nava de Francia, San Miguel de Robledo, etc.), húmicos (Linares de Riofrío, Valle del Alagón, etc.), crómicos y oleicos (Nava de Francia y Linares de Riofrío).

Los gleisoles se localizan sobre sedimentos neógenos asociados a cauces (Río Yeltes, Zarzosillo, etc.), o bien con acrisoles gléicos en terrazas bajas del río Yeltes (Puebla de Yeltes). Encontramos también regosoles muy repartidos: regosoles éutricos (El Cabaco, Cereceda de la Sierra, etc.), dístricos (La Bastida, Cilleros, etc.) y úmbricos asociados a leptosoles líticos en laderas coluvionadas (Sierra de Francia, Quilamas, etc.).

Los luvisoles encontrados son de tipo háplico (Garcibuey, Río Alagón, etc.) y gléico (río Yeltes, etc.). En cuanto a los acrisoles se han localizado asociados a la raña y son de tipo háplico y húmico (Aldeanuela de la Sierra, El Cabaco, etc.) y gléico (Puebla de Yeltes, El Cabaco, etc.). Los planosoles también aparecen sobre sedimentos de raña (Puebla de Yeltes, Morasverdes, etc.). Finalmente los antrosoles en los alrededores de los cascos urbanos.

Los fluvisoles se desarrollan preferentemente sobre zonas llanas, encontrándose como fluvisol distrito sobre las pizarras cambricas, o bien en zonas muy puntuales en valles estrechos y encajados (Valle del

Alagón, Río Sangusín, valle del arroyo Riofrío, etc.), o bien fluvisoles asociados con gleisoles dísticos sobre la raña, en el río Yeltes, Zarzoso, etc. En las zonas de regadío del río Águeda se encuentra fluvisoles eutricos asociados con antrosoles áricos.

Hidrología-Hidrogeología.

En cuanto a la hidrología, la zona de estudio pertenece por el norte, a la cuenca hidrográfica del Duero, siendo los ríos más importantes el Águeda, el Huebra y su tributario el Yeltes (alimentado por el Tenebrilla, Gavilanes, Morasverdes y El Maillo). En su parte sur, pertenece a la Cuenca Hidrográfica del Tajo, con el Alagón y sus tributarios Río Francia., Batuecas y Cuerpo de Hombre y Sangusín. (Ver apartado II₅)

La calidad de las aguas superficiales es alta, máxima en las zonas de cabecera, y menor a medida que se alejan y atraviesan núcleos urbanos y están expuestas a actividades humanas. En cuanto a la cartografía hidrogeológica, este sector presenta siete unidades hidrogeológicas (granítica, metasedimentaria, cuarcítica, carbonatada, detrítica I y detrítica II y cuaternaria), que en base a sus características permite establecer la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos, siendo extrema en los sustratos carbonatados, alta en los aluviales de los ríos más importantes (Tenebrón, Morasverdes, etc.), y media en el resto del sector.

Flora y Fauna.

La vegetación cartografiada es muy importante presentando asociaciones vegetales de gran interés natural, por su amplia diversidad fitocenótica dando un paisaje altamente fragmentado (Ver apartado II₆). Destacamos en este sector melojares (El Maillo, El Cabaco, Nava de Francia, etc.), castañares, con alta integración paisajística mezclados en algunas zonas con alcornocales o en asociación melojar-castañar (San Martín del Castañar). El encinar-alcornocal y alcornocales aparece pero con manchas escasas (Valle Alagón, Valle de las Batuecas, etc.) Los encinares se extienden ampliamente por los sectores topográficamente más bajos,

generando encinar adhesado (Puebla de Yeltes, Aldeanuela de la Sierra, Valero, Molinillo, etc.). Las características climáticas se reflejan en la distribución de la vegetación ayudando en la delimitación de los dominios vegetales, influyendo también las características topográficas, pendientes y orientaciones, que modifican el balance de humedad condicionando el desarrollo edáfico y la cartografía de suelos.

Las formaciones de madroñales, son notorias aunque repartidas y los brezales y escobonales en zonas de bosque degradado (El Maillo, etc.). Destacar también el piorno a partir de los 1600 metros (Peña de Francia) y los jarales y jaral-breza sobre todo en suelos pobres y pizarrosos. Por último, nombrar los cantuesares en zonas de brezo degradado (Cereceda, Aldeanuela, etc.) y en zonas húmedas o encharcadas el ballicar. Los roquedos presentan vegetación especializada en fisuras y repisas rocosas (casmófitos y comófitos) y cerca de los cascos urbanos zonas cultivadas con matorral en zonas abandonadas.

Se han implantado pinares (La Alberca, El Maillo, Peña de Francia, etc), alternándose en algunas zonas con eucalipto. Salvo estas implantaciones, la vegetación existente genera un importante patrimonio botánico y de gran notoriedad paisajística.

En cuanto a la fauna, la riqueza faunística es también notable (águila real, cigüeña negra, halcón peregrino, buitre negro y leonado, alimoche, nutria, lince ibérico, cabra montés, etc.), pero constituye un elemento que pasa más desapercibido, si exceptuamos la avifauna, por ello se han realizado inventarios sobre la fauna existente y su grado de vulnerabilidad-protección, integrando las zonas de sus hábitats en el patrimonio faunístico, además de algunas especies que, aunque ambientalmente no presentan notoriedad, son singulares a nivel social (cinégéticas), lo cual debe tenerse en cuenta como recurso. (Ver apartado II₇)

Paisaje.

A partir del conocimiento de los componentes naturales descritos, se realiza un análisis paisajístico de la zona de estudio. (Ver apartado II₈)

Este análisis comienza definiendo las Unidades del Paisaje, dividiendo el territorio en sectores homogéneos (Unidades irregulares extensas) según su estructura, funcionalidad o características visuales de los componentes naturales. Para ello, se sintetiza la cartografía de dominios geomorfológicos, y a partir de la cartografía geológica se definen las unidades litológicas con incidencia paisajística, eliminando y/o agrupando sectores según su litología y su importancia perceptual. Damos prioridad al componente geomorfológico, al destacar en el paisaje la configuración espacial del relieve, sobre el litológico, y cuyo resultado es la cartografía de unidades homogéneas, con 11 unidades. A continuación, simplificamos la cartografía de vegetación (sintetizada de la cartografía de dominios fisiognómicos) obteniendo la cartografía de unidades naturales, la cual se reclasifica para obtener la cartografía de unidades de paisaje.

Las unidades de paisaje obtenidas en los sectores de mayor altura, presentan las siguientes unidades destacables: Sectores de Cumbres sin Vegetación o con matorrales que se encuentran recubiertos de coluviones, sobre todo, canchales, que destacan en el paisaje por su disposición y cromatismo. Igualmente hay que destacar los sectores de Colinas y Lomas con formaciones arboladas y en menor medida Pastizales y Cultivos y Barbecho, en el sector oeste.

Las laderas, dan lugar a Unidades de Paisaje muy representativas en el centro del Espacio Natural de Las Batuecas-Sierra de Francia y en el sector NE de la zona de estudio, destacando las formaciones arboladas en el sector E y Centro de la zona, predominando en el resto del espacio natural grandes manchas de formaciones arbustivas y subarbustivas (laderas de la Sierra de Francia).

Los sectores de Valles Encajados, se distribuyen en el interior de los espacios naturales de Quilamas y la parte Centro y Sur de las Batuecas-Sierra de Francia, dominando las formaciones arbustivas y subarbustivas, en los sectores de entresierres (Garcibuey, Sequeros...) seguidas de formaciones mixtas en zonas

adyacentes a las anteriores pero de menor extensión en la zona Este (San Esteban de la Sierra, Linares...) y SE (Colmenar de Montemayor del Río, Valbuena...). Menor representatividad espacial presentan las unidades con formaciones arboladas, que se distribuyen en el sector S rodeando a los valles fluviales.

La unidad de Superficies con cultivos se distribuye por la periferia de los Espacios Naturales, quedando en el sector Norte y Oeste, predominando formaciones de Cultivos y Pastizales sobre dichas superficies de colmatación (sector Norte) y sobre superficies erosivas (sector Oeste).

La unidad de Escarpes sobre pizarras y areniscas con árboles y pastizales, destaca en la margen derecha del río Yeltes, desplazando y retrocediendo el escarpe fluvial que va desde El Maillo a Aldehuela de Yeltes; así como el tectónico que constituye el borde de la fosa de Ciudad Rodrigo, al NO de la zona de estudio.

Finalmente la unidad de Terrazas y Fondos de Valle, preferentemente asociadas a los cauces del norte de la zona de estudio (Tenebrón, Dios Le Guarde, Morasverdes...) presentan formaciones arboladas en sector norte y en sector este; y en los fondos de valle predominan las formaciones arboladas de ribera y/o repoblaciones forestales (chopos, etc.).

Posteriormente se han realizado, de forma indirecta, mediante métodos cartográficos, las diferentes cartografías de paisaje: calidad, fragilidad y capacidad de absorción; a partir de las unidades de paisaje obtenidas con el método anterior.

La cartografía de calidad paisajística se ha elaborado en base a la calidad intrínseca y extrínseca. Para la calidad intrínseca se han tenido en cuenta cinco parámetros: Geomorfología (dominios geomorfológicos, pendientes y sinuosidad del terreno), litología (dominios litológicos), hidrología (ríos y lagunas), relieves litoestructurales (áreas singulares) y vegetación (agrupaciones vegetales, diversidad, densidad y estratificación). Para la calidad extrínseca se han analizado la disposición espacial de los núcleos urbanos y el patrimonio natural. La cartografía obtenida, muestra sectores de

Muy Alta calidad paisajística (Cumbres de la Sierra de Francia, Valle del río Quilamas, Valle de las Batuecas, Sierra de La Canchera, Valdelageve, Sotoserrano, Mogarraz, Las Casas del Conde, Miranda del Castañar Montemayor del Río, Linares de Riofrío, etc.). Alta calidad paisajística se encuentra rodeando a los sectores anteriores de Muy Alta calidad, (Pinedas, Dios Les Guarde, Hondura, Pastores, Guadapero). La distribución espacial de los sectores con calidad paisajística Media es por el sector centro y sureste de la zona de estudio (Nava de Francia, Santibáñez de la Sierra, Colmenar de Montemayor, El Tornadizo, etc.). Los sectores con calidad paisajística Baja, se distribuyen por la parte norte central (Morasverdes, Sur de Tenebrón y Aldehuela de Yeltes, etc.), quedando entre estos sectores las zonas de calidad paisajística Muy Baja, concentradas en la parte NE (Segoyuela de los Cornejos, Tejada, Valdela Puertas, etc.).

La Cartografía de Fragilidad Paisajística se realiza a partir de parámetros intrínsecos: Geomorfología (pendientes y orientaciones), superficie de las Unidades de Paisaje y Vegetación (densidad, estratificación, área de las unidades de vegetación y sinuosidad de dichas unidades). Para la fragilidad extrínseca se han tenido en cuenta la accesibilidad y la visibilidad desde núcleos urbanos, puntos singulares y carreteras. Esta cartografía de Fragilidad, muestra una capacidad de respuesta del entorno natural o vulnerabilidad Muy Alta en zonas de muy alta calidad correspondientes a dominios de cumbres y crestas, (Sierra de Francia, Quilamas, Sierra de La Alberca, Sierra de Herguijuela de la Sierra). Los sectores de fragilidad Alta, rodean a los anteriores, integrando las partes altas de las laderas (Sierra, Molinillo, Sur de Colmenar de Montemayor, sector de Pinedas, flanco sur del sinclinal de Guadapero, etc.). La fragilidad Media, se distribuye por el centro y suroeste de la zona (Sierra Mayor, Sierra de Tamames, San Miguel de Robledo, San Martín del Castañar, La Alberca, Madroñal, etc.). Los sectores de fragilidad Baja y Muy Baja, se encuentran en el centro-norte (Valdecarpinteros, Tamames, Herguijuela del Campo, etc.).

Finalmente, mediante la resta de la cartografía de Calidad y Fragilidad paisajística (métodos indirectos), teniendo en cuenta la cartografía de Unidades de Paisaje (métodos directos), se obtiene la cartografía de Capacidad de Absorción visual, que muestra la necesidad de conservación o el grado de intervención antropica en cada territorio. El análisis de la capacidad de absorción muestra sectores de Muy Alta y Alta capacidad de absorción o mínima conservación, en los alrededores de Valdecarpinteros, Morasverdes, sur de Aldehuela del Yeltes y norte de El Maillo, los sectores al pie del talud del escarpe que va desde el Maillo a Aldehuela de Yeltes, en la base de la ladera SO de la Sierra de Tamames, Puebla de Yeltes, sectores internos, del valle del río Quilamas o del Valle de las Batuecas. La capacidad de absorción Media se circunscribe alrededor de los sectores anteriores, enlazando con las zonas de capacidad de absorción Baja y Muy Baja, o zonas de mayor necesidad de conservación (Valle del Agadón, Cuerpo de Hombre, Quilamas, Pedrotoro, Santo Domingo de Herguijuela, Valle de Las Batuecas e interior del valle del Alagón). Los sectores de Muy Baja y Baja capacidad de absorción, se distribuyen por toda la zona de estudio, aunque se presentan más concentradas y de mayor extensión en el interior de los espacios naturales, de Las Batuecas-Sierra de Francia (cumbres y laderas altas de la Sierra de Francia, Sierra de La Canchera, ambos flancos del sinclinal de Guadapero, Puerto del Portillo, Peña de Francia, Madroñal, Miranda del Castañar, Cepeda, etc.) y Quilamas (Sierra Mayor, Sierra de Tamames, Pico Cervero, Linares de Riofrío, San Esteban de la Sierra, San Miguel de Valero, etc.).

Patrimonio Geológico.

La geodiversidad existente en los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, así como en su zona de influencia, se ha inventariado y valorado para su puesta en valor, indicando su interés científico, didáctico y/o turístico. (Ver apartado II₉)

Se han diferenciado los siguientes AIGs/LIGs /PIGs:

El área de interés geológico Valle de las Batuecas, por su geomorfología, paleontología y estratigrafía, con un punto de interés científico en el Puerto del Portillo.

El área de interés geológico denominado Peña de Francia, presenta aspectos geomorfológicos, litoestructurales, estratigráficos y paleontológicos singulares, e incluye dos lugares de interés geológico: Relieves Apalachianos (científico) y Canchales de Monsagro-Paso de Los Lobos (didáctico). Además este área presenta cuatro puntos de interés geológico, tres científicos y uno didáctico: secuencia estratigráfica de la subida a la Peña de Francia (científico), pliegues Paso de Los Lobos (científico), Periglaciario de Monsagro (científico) y cárcavas de Monsagro (didáctico).

El área de interés geológico de Quilamas, destaca por sus aspectos geomorfológicos estructurales, hidrogeológicos y estratigráficos, pudiendo diferenciar cinco lugares de interés geológico, que son:

El lugar de interés geológico de Pico Cervero, con suelos y estructuras periglaciares, diferenciando tres puntos de interés geológico de tipo didáctico: nichos de nivación, cordones de nivación, fracturación por procesos de crioclastia; y un punto de interés científico debido a las formas periglaciares presentes.

El lugar de interés geológico Complejo Carbonatado de Rinconada de la Sierra, en el que encontramos dos puntos de interés geológico didácticos: lapices de Peña Venero, dolinas de la Rinconada; y uno científico: calizas de Tamames.

El lugar de interés geológico Fuentes del Parral, con dos puntos de interés geológico científico, que son el flanco N del sinclinal de Tamames y las areniscas Cámbricas.

Otro lugar de interés geológico dentro del área de Quilamas, lo constituye el Complejo Carbonatado Peñas Albercanas, con seis puntos de interés científico: calizas de Tamames, discordancia Peñas Albercanas, barras mareales, surgencia carstica, núcleo sinclinal de Tamames y rocas volcánicas en El Castillo. Además de éstos, presenta tres puntos didácticos: dolinas en

Peñas Albercanas, microconglomerados Peñas Albercanas y deslizamientos superficiales de La Bastida.

El último lugar de interés geológico de este área lo constituye el valle del río Alagón, donde destacan aspectos geomorfológicos, petrológicos, paleontológico, estratigráficos y mineralógicos. Presenta dos puntos de interés científico: flanco sur del sinclinal de Tamames y metamorfismo de contacto; y seis de interés didáctico: quistolitas de Valero, Panorámica San Miguel de Valero, enclaves graníticos, modelado granítico en San Esteban de la Sierra, intrusión granítica La Alberca-Sequeros y filones.

El área de interés geológico del sinclinal de Guadapero, que muestra un interés didáctico al aflorar topográficamente ambos flancos del sinclinal, y localizarse sobre el núcleo del sinclinal la localidad de Guadapero.

Encontramos fuera de estas áreas, aunque dentro del sector de estudio, un lugar de interés geológico didáctico constituido por las terrazas del río Yeltes. Además hay cuatro puntos de interés geológico científico: depósitos de derrubios ordenados "Grèzes Litées", alteración de la Raña en Morasverdes y en El Maillo, falla de desgarre; y seis didácticos: meandro del río Alagón, dientes de León, deslizamientos rotacionales de Alba de Yeltes y de El Maillo y escarpe El Maillo- Alba de Yeltes.

Para la valoración de los diferentes AIGs/LIGs/PIGs, se han elaborado 46 fichas (2 AIGs, 3 LIGs y 41 PIGs), de los diferentes AIGs/LIGs/PIGs (científicos y didácticos), indicando el interés turístico añadido que tienen algunos de ellos y en base al estado de conservación, calidad y potencialidad de uso se han obtenido valores entre 0 y 1. Se han agrupado los diferentes PIGs en dos tablas, una clasificando por orden de valor los diferentes PIGs Científicos y la otra los PIGs Didácticos. En general, presentan valores superiores a 0,5. El tipo de interés predominante es geomorfológico, aunque hay PIGs con interés paleontológico, estructural, estratigráfico, petrológico y mineralógico. Agrupando todas las figuras de interés geológico, se ha elaborado una

cartografía específica de Patrimonio Geológico, que muestra la importante geodiversidad existente en el interior de los Espacios naturales de Las Batuecas- Sierra de Francia y Quilamas. Además se han inventariado, las áreas ecológicas con figuras de protección y los puntos de patrimonio biótico (botánico y faunístico) y artístico-histórico-cultural, generando, la cartografía del Patrimonio Natural.

PARTE III. RIESGOS GEOLOGICOS.



III₁. Introducción.

III₂. Riesgos de erosión hídrica y eólica.

III₃. Riesgos de inundación. Cuenca del Río Yeltes.

III₄. Riesgos por movimientos del terreno.

III₅. Riesgos geotécnicos.

III₆. Resultado Riesgos Geológicos (Inventario Cartográfico).

III₁. Introducción.

En este apartado se analizan los riesgos geológicos que condicionan la planificación y gestión de los Espacios Naturales de “Las Batuecas-Sierra de Francia”, “Quilamas” y zonas adyacentes.

Acondicionar un espacio natural para satisfacer las necesidades de asentamiento o desarrollo de actividades por parte del hombre, no garantiza ni estabilidad ni seguridad; por el contrario puede hacer que el hombre sea más vulnerable, por ello, la consideración del medio físico y de su funcionamiento en los procesos de ordenación territorial es una cuestión inexcusable. Sorprende como en el ámbito europeo (España, dentro de él) existe legislación para la protección de especies y espacios de importancia natural que obliga a evaluar el impacto de determinadas implantaciones de usos y actividades en el territorio, pero no hayamos tenido hasta el año 2007 con la Evaluación Estratégica Ambiental, una normativa similar para la protección de la vida de las personas cuando se planifican usos y actividades en territorios afectados por peligros naturales de forma evidente. A falta de un procedimiento técnico-administrativo para la evaluación del riesgo (Ayala-Carcedo, 2000) debemos emplear las bazas legales existentes a la hora de considerar el riesgo natural en los procesos de planificación territorial; esto es, incluir análisis precisos de peligrosidad natural en los documentos de ordenación territorial de escala regional, comarcal y, sobre todo, local.

En España la defensa de la seguridad de las personas es un derecho constitucional y, sin embargo, no parece que la preocupación por los riesgos de la naturaleza rebasa el mero interés circunstancial vinculado al desarrollo de un episodio de rango extraordinario (Biescas, Badajoz, son buenos ejemplos de ello). La peligrosidad natural no preocupa como debiera a la Administración en sus diversas escalas. Desde la Administración se señala que la peligrosidad natural es un tema de la “protección civil”. No preocupa la prevención; al menos desde la aproximación territorial. Se ignora que los peligros naturales forman parte del medio y sólo desde una concepción integral del medio es posible abordarlos racionalmente.

El análisis del medio natural constituye una de las grandes preocupaciones actuales, en una sociedad cada vez más concienciada con

los desequilibrios que genera la actividad humana sobre el medio ambiente, lo cual genera cambios climáticos y desastres naturales, produciendo grandes pérdidas humanas y económicas. Por ello se tratan de buscar métodos y técnicas que consigan una correcta evaluación de los riesgos medioambientales, y en concreto de los riesgos geológicos, para facilitar la prevención y disminuir los daños, mediante cartografías de riesgo. Para obtener un mapa de riesgo hay que evaluar las posibles pérdidas económicas, lo cual implica la inclusión de variables directamente relacionadas con la actividad humana que en muchos casos dependerán de la finalidad para la que se crea el mapa de riesgo, por lo que en ocasiones un mapa de riesgo es mucho más subjetivo que uno de susceptibilidad y peligrosidad, entendiéndose éstos como la potencialidad y probabilidad de que se desarrolle un fenómeno en el territorio.

Los riesgos geológicos constituyen una proyección social de la geología, incluyéndose dentro de la geología ambiental, entendida ésta como la geología aplicada al medio ambiente, donde el hombre es un elemento del entorno ambiental. No obstante, el término riesgo combina el conocimiento geológico con la información social y económica de un sector territorial, por lo que puede considerarse como el impacto real o potencial -pérdida de valor- generado por un proceso geodinámico real o potencial. (Garzón, 1987). La valoración de los riesgos en nuestro sector de estudio se ha realizado de dos formas:

1. Analizando la existencia del riesgo y definiendo el peligro de daño o pérdidas naturales y/o humanas (riesgos de erosión hídrica y eólica, riesgos por movimientos de ladera y riesgos geotécnicos), de forma que inventariamos, describimos y definimos los riesgos existentes en nuestra zona de estudio, valorando el riesgo geológico en cada sector según su susceptibilidad en base a la comparación con otras situaciones o circunstancias (litología, pendientes...) valorándolo numéricamente y/o alfabéticamente.

2. A partir del análisis de la probabilidad de ocurrencia del daño que genere dicho riesgo geológico (riesgos de inundación). La valoración del riesgo es función de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno dentro de un intervalo de tiempo determinado llamado “periodo de diseño” (periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años).

Los desastres naturales en España han ocasionado en el último siglo, gran cantidad de daños humanos y materiales, incrementándose exponencialmente en las últimas décadas. Esta tendencia al aumento de desastres naturales, implica una mayor frecuencia de eventos extremos, que se relaciona con los efectos del cambio climático, como se analiza a continuación.

Si analizamos la relación del clima con los riesgos de inundación, a partir de las respuestas de las crecidas a la variabilidad climática, bien a partir de datos geológicos (geomorfológicos, sedimentarios...) o registros históricos documentales, observamos que las crecidas no se distribuyen de forma homogénea en el tiempo, sino que existen periodos con una concentración anómala de eventos extremos que corresponden a situaciones climáticas cambiantes. Esto se corrobora a partir del análisis de la variabilidad climática del pasado con periodos cálidos (periodo cálido Medieval 900-1200 AD) y fríos (Pequeña edad del hielo 1550-1850 AD); o bien en la actualidad analizando la variación del índice de Oscilación del Atlántico Norte (NAO: diferencia normalizada de presión entre el centro baja presión de Islandia y el de alta presión de las Azores), que en cuencas como la del Duero se correlaciona muy bien con el régimen de precipitaciones areales a nivel de cuenca hidrográfica, existiendo una relación entre los periodos de mayor número de crecidas extremas y los periodos NAO negativos (Benito, 2005), estableciéndose modelos de simulación climática para el futuro próximo. En la cuenca del Duero, a la que pertenece la zona de estudio, los cambios bruscos de temperatura que pueden originarse con el cambio climático previsto, aumentarían las crecidas por efecto del deshielo.

En cuanto al riesgo de erosión los numerosos proyectos que intentan frenar la desertización de los sectores sur y central de nuestro país, muestran la gravedad de la situación. La velocidad de pérdidas de suelo es muy alta, influyendo negativamente a nivel ambiental, si tenemos en cuenta que el suelo es el soporte vital de los organismos vivos (agricultura, ganadería...). Una correcta cuantificación de la estimación de los volúmenes perdidos, permite establecer eficaces medidas de prevención y protección (bancales, prácticas agrícolas...), para lo cual es necesario elaborar

la cartografía del riesgo de erosión potencial y real del territorio.

Los riesgos de movimientos de ladera, sobre todo los deslizamientos y desprendimientos, provocan importantes pérdidas humanas, materiales y económicas. Por ello, es importante establecer los factores que potencian y desencadenan estos movimientos y mediante cartografías de riesgo adaptar las infraestructuras y actividades humanas a los sectores territoriales de menor susceptibilidad y peligrosidad. Aunque los movimientos de ladera tienen un comportamiento muy dependiente del contexto geológico-geomorfológico, sus reactivaciones y por lo tanto la frecuencia del riesgo esta muy relacionada con periodos estacionales anormalmente húmedos, por lo que el aumento de las precipitaciones y la torrencialidad conlleva un mayor número de movimientos de ladera, favorecidos en algunos sectores por ciertas actividades humanas (talas, descalces de ladera por infraestructuras lineales...) o otros riesgos (incendios, procesos de erosión edáfica...). El correcto inventario de estos deslizamientos y sus cartografías de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo, permiten una correcta planificación territorial y urbana, sobre todo en nuestra zona de estudio, donde los espacios naturales presentan zonas de elevado relieve y temperaturas extremas con procesos de crioclasticidad, donde antaño no llegaban ni las vías de comunicación ni gran número de visitantes y actualmente con el turismo de montaña (estaciones de esquí, aulas de la naturaleza, senderismo...) son zonas de mayor exposición y vulnerabilidad al riesgo. La concatenación de eventos de altas precipitaciones y desarrollo de movimientos del terreno es un hecho que se ha constatado en numerosos puntos de nuestro país, en el presente y en el pasado, pudiéndose estimar la cantidad umbral de precipitaciones que han dado lugar a nuevos movimientos y/o reactivaciones (Cordillera Cantabria -100 mm/24h-, Asturias -60 mm/24h-; Pirineo Oriental -110 mm/24 h-...). Además de las lluvias las épocas de hielo-deshielo potencian aludes y movimientos en masa de ladera, claramente dependientes del clima. Los efectos previsibles del clima en nuestra zona de estudio, son un aumento de la precipitación invernal (Corominas, 2005), que trae como consecuencia una mayor frecuencia de precipitaciones intensas, que darán lugar a un mayor número de deslizamientos superficiales en las zonas de

sierra, pudiendo provocar reactivaciones de deslizamientos rotacionales y coladas de tierra, sobre todo si el aumento de precipitaciones se acompaña de crecidas fluviales que descalcen las laderas por procesos erosivos.

Para mitigar esta tendencia al riesgo ante el cambio climático, las medidas que deben tenerse en cuenta a nivel técnico, son la mejora de los sistemas de protección de los sectores más vulnerables y de mayor exposición, mediante medidas estructurales y no estructurales. No obstante, para que las medidas se tomen en los sectores oportunos, debe realizarse una correcta gestión del riesgo, lo cual pasa por una correcta planificación de planes y programas de ordenamiento territorial, mediante una legislación clara y eficaz, la cual debe contemplar la obligatoriedad de la aplicación de las cartografías de riesgos, que se realizan en este apartado. Actualmente se está empezando a tener conciencia de la importancia que tiene en la ordenación territorial el conocer las zonas de riesgo, previniendo el desarrollo de diferentes actividades antrópicas, en la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), aunque debería desarrollarse con más detalle y criterio técnico.

En la actualidad, la ordenación territorial y la protección civil son competencia de las Comunidades Autónomas, desarrollando algunas legislación en materia de riesgos por crecidas, planes de emergencia por inundaciones homologados por la Dirección General de Protección Civil, así como legislación sobre ordenación territorial en zonas inundables y elaborando cartografías de riesgo para su territorio (Valencia, Cataluña, País Vasco, Galicia y Navarra). La Comunidad de Castilla y León no ha desarrollado esta cartografía de riesgos, aunque algunos organismos puntualmente han realizado estudios de detalle (ITGE, CHD...) en zonas de alta frecuencia de inundación y en grandes capitales (León, Benavente...). El número de estudios es reducido con respecto a la amplia cuenca y al importante número de puntos de riesgo, teniendo en cuenta el marco de protección de la Directiva Marco Europea en Política de Aguas -Directiva 2000/60/CE (DOCE 327, 2000) y los documentos posteriores y más recientes sobre buenas prácticas para evitar los riesgos por crecidas, donde se menciona el incremento del riesgo de inundación en Europa como consecuencia del cambio climático.

La cartografía de riesgos geológicos que se realiza en este apartado, constituye una herramienta eficaz para la planificación ambiental sostenible del territorio, tanto en la actualidad como en un futuro próximo. Los mapas de riesgos constituyen elementos fundamentales de predicción espacial e imprescindibles para el diseño de medidas de prevención. Estas cartografías siguen tres pautas: en primer lugar, se realiza una *cartografía analítica, paramétrica o descriptiva*, que identifica el proceso y los factores de la ubicación de los sucesos (litología, geomorfología, grado de meteorización...). En segundo lugar, se realiza una *cartografía sintética*, donde la cartografía descriptiva previa se interpreta y valora en base a unos criterios en función del riesgo geológico que analicemos, obteniendo una serie de unidades homogéneas del territorio. En nuestro caso, en base a la identificación y descripción de los parámetros temáticos de nuestra zona de estudio (litología, vegetación, geomorfología...) que representan nuestras cartografías analíticas, se identifican una serie de sectores homogéneos, de similar respuesta morfodinámica ante los procesos analizados, los cuales se valoran dando una serie de cartografías de riesgos geodinámicos (erosión hídrica y eólica, inundación, movimientos de ladera y geotécnia). Estas unidades integradas de riesgo territorial, presentan respuestas similares a la ahora de desarrollarse actividades humanas sobre ellas (Cendrero, 1980, en Sancho Marcén, 1997). Finalmente en tercer lugar, se realiza una *cartografía interpretativa*, superponiendo al mapa final sintético otras cartografías de diferentes atributos (calidad de las aguas superficiales, vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación...).

III₂. Riesgos de Erosión Hídrica y Eólica.

III_{2.1}. Riesgos de Erosión Hídrica:

III_{2.1.1} Introducción.

III_{2.1.2} Objetivos.

III_{2.1.3} Riesgos de erosión hídrica: Factores y Modelos de evaluación.

III_{2.1.4} Formas de erosión.

III_{2.1.5} Riesgo de erosión hídrica en el Espacio Natural Protegido de “Las Batuecas - S de Francia” y “Quilamas”.

III_{2.1.6} Resultados.

III_{2.2}. Riesgos de Erosión Eólica:

III_{2.2.1} Introducción.

III_{2.2.2} Objetivos.

III_{2.2.3} Factores de la erosión eólica.

III_{2.2.4} Estimación de la erosión eólica.

III_{2.2.5} Riesgo de erosión eólica en el Espacio Natural Protegido de “Las Batuecas - S de Francia” y “Quilamas”.

III_{2.2.6} Resultados.

III_{2.3}. Riesgo de Erosión Hídrica y Eólica.

III_{2.3} Resultados.

III_{2.1} Riesgos de Erosión Hídrica.



III_{2.1.1} Introducción.

III_{2.1.2} Objetivos.

III_{2.1.3} Riesgos de Erosión Hídrica: Factores y Modelos de Evaluación.

III_{2.1.4} Formas de erosión.

III_{2.1.5} Riesgo de Erosión Hídrica en el Espacio Natural Protegido de Las Batuecas - S de Francia y Quilamas.

III_{2.1.6} Resultados.

Anexos:

Anexo III_{2.1}-1. Índices de erosividad (agresividad pluvial).

Anexo III_{2.1}-2. Cartografías de isolíneas de índices de agresividad pluvial.

Anexo III_{2.1}-3. Valores de “K” en parcelas experimentales.

Anexo III_{2.1}-4. Parcelas experimentales del ICONA.

Anexo III_{2.1}-5. Relación textura - valor “M” - Factor “K”.

Anexo III_{2.1}-6. Otra Bibliografía Consultada.

III.2.1.1 Introducción.

Las características de un suelo (textura, estructura, etc.) y sus cualidades (vulnerabilidad, fertilidad, etc.) condicionan, desde el punto de vista medioambiental; el medio geofísico, biótico, paisaje y socioeconómico de cada área natural. Actualmente cobran interés los estudios sobre los usos del suelo en la ordenación territorial, cuya finalidad es analizar previamente la aptitud de cada tipología de suelo para un determinado uso, a partir de su capacidad de asumir impactos y la potencialidad que pueda tener ese suelo. El análisis de riesgos erosivos constituye un parámetro a tener en cuenta en dicha ordenación.

La comunidad científica, dado el enorme interés social que tiene la vigilancia y control del entorno medioambiental, desarrolla metodologías que permitan dicho control de forma más eficiente. Uno de los factores medioambientales a considerar es el suelo, el cual constituye el soporte de la vida y es uno de los elementos naturales básicos, lo cual se pone de manifiesto en la Carta Europea del Suelo (www.europa.eu.int), del Consejo de Europa (Estrasburgo, 1972), que dice en su primer punto: *“El suelo es uno de los bienes más preciosos de la Humanidad. Permite la vida de los vegetales, animales y del hombre sobre la superficie de la Tierra”*. Esta carta europea pone de manifiesto igualmente la escasez y fragilidad del recurso edáfico (punto 2º), indicando que debe ser protegido (punto 5º) mediante un mayor esfuerzo en la investigación científica y una colaboración interdisciplinar para asegurar la utilización racional y la conservación del suelo (punto 10º).

La Conferencia sobre Desertificación de las Naciones Unidas, celebrada en Nairobi (Kenya, en 1977) establece la necesidad de ahondar en el estudio de los riesgos erosivos, debido a las inquietudes suscitadas por varios países con problemas de desertificación, estableciendo que la desertificación precede a la desertización. Por ello en 1978, el antiguo Instituto nacional para la CONservación de la NATuraleza (ICONA) comienza a analizar la problemática erosiva en nuestro país, estableciendo que los procesos de degradación son variados: erosión hídrica, eólica, salinización, degradación física y biológica...En

mayo de este mismo año 1978, por iniciativa del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA), el ICONA elabora el documento: *“La problemática de la erosión: programa de acciones en la vertiente mediterránea”*, que fue el primer documento que aborda de forma sistemática el problema de la erosión hídrica; iniciándose en 1979 dos estudios claves: *“Estimación de los daños de la erosión”* y *Estudio del coeficiente R, factor Lluvia”*. En 1980 se establece la Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza en Madrid patrocinada por la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y World Wildlife Fund. (WWF) con la colaboración de la FAO y UNESCO, estableciendo que el suelo es un sistema vital pues su existencia y calidad determina directamente la producción alimentaria. En España, considerando sus 21 millones de Ha de superficie de terrenos cultivables, teniendo en cuenta que la cuarta parte debe restarse por situaciones de barbecho tendríamos 0.39 Ha/habitante si consideramos una población de 40 millones (www.ine.es), lo cual indica que ya existe déficit de suelo, por lo que los procesos erosivos, la desertificación y el crecimiento de la población empeora la situación.

Para potenciar el Plan Nairobi y su cooperación regional, el ICONA desarrolla el proyecto denominado LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN EN EL MEDITERRÁNEO (LUCDEME). En el año 1985 la ley 29/1985 de aguas (BOE 189, 1985) refuerza el estudio de los procesos erosivos, al establecer en su art. 40 la pauta de incluir en los Planes Hidrológicos la investigación de procesos erosivos. En 1982, el ICONA continúa estudiando los valores de diferentes factores que faciliten la aplicación de la USLE inicialmente en la vertiente mediterránea y posteriormente en el resto del territorio nacional, realizando los Mapas de Estados erosivos a escala 1/ 400.000 por cuencas hidrográficas, publicándose las primeras cartografías en el año 1987. En el año 1995, dentro del proyecto LUCDEME, se ponen en funcionamiento una red de estaciones experimentales de seguimiento y evaluación de la erosión y la desertificación (RESEL), y en el año 1996, España ratifica el Convenio de las Naciones Unidas de lucha contra la

desertificación y desarrolla el Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND) en colaboración con las comunidades autónomas. En el año 2000, el R.D. 1415 de 21 de julio, desarrolla la estructura orgánica del Ministerio de Medio Ambiente, asignando a la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, la realización de estudios en materia de conservación de la naturaleza y en particular la elaboración y actualización del Inventario Nacional de Erosión de Suelos y sus correspondientes Mapas de Estados Erosivos, agrupando toda esta documentación en el denominado Banco de Datos de la Naturaleza (BOE 275, 2000). En el año 2001 se establece el Plan Nacional de actuaciones prioritarias en materia de restauración Hidrológica-Forestal, control de la erosión y defensa contra la desertificación.

Actualmente los mapas de Estados Erosivos necesitan una profunda revisión y actualización pero sobre todo deben adecuarse a una escala de detalle más aplicable en estudios de planificación ambiental, tanto a nivel nacional como autonómico, por ello a partir de la información obtenida en todos los planes y programas anteriores se desarrolla el primer Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002-2012). Este inventario y cartografía asociada localiza, cuantifica y analiza los procesos de erosión influyendo notablemente en la elaboración de planes y programas de planificación territorial sostenibles. Además del desarrollo de diferentes líneas de investigación en procesos erosivos llevados a cabo por diversas instituciones a nivel nacional, actualmente se están llevando a cabo importantes estudios desarrollados por comunidades autónomas y universidades (UPM, UPV, U. Granada, U. Murcia, UAH...). De incipiente incorporación son las metodologías sobre evaluación, verificación y alcance de la progresión de la desertificación mediante técnicas de teledetección como el Programa I+D desarrollado por la Dirección General XII de la Unión Europea en el campo del Medio Ambiente: “desertificación en el Área Mediterránea” (Proyecto ASMODE).

Constatada la importancia de los estudios de estimación de riesgos de erosión como indicadores de la degradación de los Espacios Naturales, por sus importantes implicaciones ambientales, sociales y económicas; y a su vez,

considerando que es uno de los principales estudios en el análisis de los procesos de desertificación nacional, se explica el esfuerzo de diversos organismos internacionales (FAO, USDA, UE...) por desarrollar metodologías que permitan establecer con exactitud y rigor la estimación presente y futura de las pérdidas de suelo. Teniendo en cuenta que en la Comunidad de Castilla y León el Inventario de erosión de suelos esta todavía sin desarrollar, y en Castilla y León son especialmente importantes los riesgos erosivos, debido a un despoblamiento progresivo ligado a la bajada en la rentabilidad agraria, se consideran útiles estos estudios.

El análisis cartográfico específico de cada factor de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (Universal Soil Loss Equation -USLE-) así como su cartografía sintética; analiza el problema de los procesos erosivos potenciales y actuales que dan lugar a una pérdida del recurso; pudiendo prever, a priori; las consecuencias naturales y/o antrópicas (diseño de cultivos, repoblaciones forestales, infraestructuras, etc.); de tal forma que puedan establecerse medidas de protección y corrección (bancales, distribución de cultivos, etc.). La estimación de las pérdidas del suelo por procesos de erosión hídrica; es de gran trascendencia ya que predicen posibles efectos medioambientales.

El análisis cartográfico del riesgo de erosión se realiza utilizando técnicas SIG (Martínez-Graña et al, 2005), que comienzan a implantarse por su capacidad de gestión y cálculo en el análisis medioambiental, dada su aplicabilidad en la presentación y completación de grandes bancos de datos posicionadas espacialmente, es decir, con datos georeferenciados, facilitando modelizaciones cartográficas, hasta ahora no utilizadas por ser estos únicamente alfanuméricos, todo lo cual posibilita el manejo de capas temáticas de información en sistemas abiertos, integrando y cruzando diferentes factores del entorno natural y proporcionando modelos de simulación cartográficos. La base de datos generada para los Espacios Naturales de “Las Batuecas-Sierra de Francia” y “Quilamas” será útil en la planificación territorial, permitiendo por técnicas de extrapolación espacio - temporal contrastar cartografías de estimación de riesgo erosivo para posteriormente aplicar este conocimiento en la gestión y ordenación de las

actividades humanas, y el establecimiento de medidas preventivas y correctoras.

III_{2.1.2} Objetivos.

La estimación de las pérdidas de suelo debidas a los procesos de erosión; es de gran trascendencia ya que actualmente en algunas regiones se hace necesario cuantificar las pérdidas existentes, así como predecir los efectos medioambientales que generan diferentes usos del suelo; para prevenir consecuencias catastróficas mayores; en algunos casos irreversibles. La degradación del suelo puede darse de forma química (vertidos tóxicos, salinización, acidificación...), física (compactación, laboreo...), biológica (enmiendas, agotamiento de cultivos...) y por procesos de erosión (pérdida física del suelo). Los objetivos que se pretenden alcanzar en este capítulo son:

1. Estimar el riesgo de erosión hídrica (Potencial y Actual) en el sector Sur de la provincia de Salamanca, mediante la cuantificación de la tasa de pérdida de sedimento para cada área, mediante el cruce de los diferentes parámetros que influyen en dicha pérdida (pendientes, litología, precipitaciones...). Además se observan y describen las tipologías erosivas dominantes y posteriormente se realiza un análisis cartográfico utilizable en la planificación territorial, para mejorar la gestión y ordenación de las diferentes actuaciones humanas en sectores de gran incidencia erosiva. Con estas herramientas se pueden establecer medidas preventivas y correctoras en zonas de necesaria actuación antrópica.

2. Contrastar la metodología de trabajo existente en el territorio nacional para este tipo de cartografías de estimación de riesgo erosivo y ver su aplicabilidad a la zona de estudio por técnicas de extrapolación espacio-temporal, estimando semicuantitativamente estos riesgos de erosión.

III_{2.1.3} Riesgos de Erosión Hídrica: Factores y Modelos de Evaluación

Los dos agentes erosivos naturales más importantes son el agua y el viento. En la zona del "E.N.P. de las Batuecas-S. Francia" y Quilamas, la erosión hídrica es predominante y modela el paisaje en algunos sectores de forma

muy marcada. Actualmente se ha pasado de una postura conservacionista, donde lo que primaba era controlar la erosión reduciendo la tasa de pérdidas de suelo a niveles tolerables, es decir, reducir cuantitativamente el volumen de suelo perdido; en la actualidad, donde el análisis es cuantitativo y cualitativo, analizando y valorando ambientalmente la degradación del suelo por pérdidas de materia orgánica y nutrientes, incluso en aquellos sectores con pérdidas cuantitativas leves. Este nuevo enfoque lleva a tener en cuenta medidas no solo de control de escorrentía, sino también de protección de la cubierta edáfica (gestión de la cubierta edáfica con repoblaciones forestales, etc.).

La erosión hídrica superficial se debe básicamente a mecanismos de acción directa, es decir, a un desgaste o disgregación del suelo en partículas, por el impacto de las gotas de lluvia (efecto splash) o por salpicadura, potenciando la disgregación, y de forma indirecta, cierta removilización y mezcla de agua-suelo, que al desplazarse en forma de escorrentía superficial facilita el relleno de huecos superficiales. Dos de los procesos más importantes generados por esta acción directa son los regueros o surcos (rills) y los entregueros o entresurcos (interills). Los mecanismos de acción son los mismos para los dos fenómenos pero los procesos que los generan son distintos, por ello constituyen los llamados mecanismos zonales. En los rills el flujo disgrega partículas cuando la fuerza tractiva $F_t > F_c$, fuerza de cohesión de las partículas, actuando el propio flujo como agente de transporte, en cambio en el flujo interills, la lámina de agua es de poca altura por lo que existe un potencial erosivo inapreciable, por ello el transporte es inducido por mecanismos de impacto de las gotas de lluvia.

La erosión del suelo depende, por lo tanto, de la capacidad erosiva de las gotas de lluvia, el flujo de escorrentía superficial y la susceptibilidad a ser erosionado; teniendo en cuenta la energía cinética de las gotas de lluvia y la energía potencial que marca el relieve (pendientes). (Figura III_{2.1} -1).



Figura III_{2,1}-1. En zonas desprovistas de vegetación (caminos agrícolas) los surcos de erosión hídrica son notables. Aldehuela de Yeltes.

Factores de la Erosión Hídrica:

1. La lluvia. Las máximas precipitaciones en los diferentes aguaceros, son las que producen mayores tasas de erosión de sedimentos, por lo que, como en cualquier estudio de precipitaciones extremas, hay que analizar tres parámetros: Intensidad que nos estima el volumen de escorrentía superficial conocido, y previamente el valor de la posible infiltración del suelo; la Duración del aguacero que genera mayor o menor erosión según el tiempo de precipitación; y por último la Frecuencia o periodo de retorno de los aguaceros. Hay que tener en cuenta la humedad antecedente (elevada entre intervalos de aguaceros cortos y mínima en intervalos grandes), ya que con intensidades bajas, si la humedad antecedente del suelo es alta, pueden producirse igualmente escorrentías muy activas y erosivas. Por todo lo anteriormente expuesto, se deduce la importancia en la erosión hídrica de la interacción Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F), comprobándose experimentalmente que la erosión hídrica más importante se produce con moderada frecuencia e intensidad, ya que al considerar periodos de tiempo largos los fenómenos extremos son muy infrecuentes, erosionando volúmenes de suelo despreciables, en comparación con los referidos (Morgan, 1997).

2. El suelo. La susceptibilidad de un suelo a ser erosionado depende de tres parámetros básicos:

- Resistencia a la fragmentación y dispersión por salpicadura (suelos coherentes - > 30-35% arcilla- y de alto % materia orgánica son más resistentes);
- Velocidad de infiltración que determina el volumen de escorrentía superficial (velocidad infiltración > intensidad de lluvia, ya que el agua se infiltra, y disminuye la escorrentía superficial, disminuyendo los procesos erosivos). Esta velocidad de infiltración esta condicionada por las características del agua (concentración de sales disueltas, temperatura...); y de la humedad antecedente a la precipitación; así como de las características del suelo (textura, estructura y % de materia orgánica).
- Resistencia al transporte, que depende del tamaño de las partículas (alto contenido en limos y arenas finas, presentan menor resistencia al transporte; en cambio alto porcentaje en arcilla y arenas gruesas, mayor resistencia al transporte).

3. La topografía. La erosión hídrica es notoria en zonas de pendientes medias-altas, debido a que el efecto “splash” y la escorrentía superficial provocan el desplazamiento de suelos hacia zonas deprimidas.

A su vez la inclinación del terreno favorece la mayor velocidad y/o potencia erosiva del flujo de escorrentía y la densidad de las aguas controlando la capacidad de transporte. Asimismo la longitud de pendiente, favorece procesos erosivos en las zonas más bajas de las laderas. Al aumentar la pendiente (mayor energía potencial por unidad de longitud), aumenta la velocidad y el transporte o potencial erosivo (mayor energía cinética), consecuentemente al aumentar la pendiente y la longitud de ladera aumentamos los procesos erosivos.

4. La vegetación. El componente vegetal, influye de forma directa, disminuyendo el impacto de la lluvia sobre el suelo, aumenta la infiltración disminuyendo el agua de escorrentía y su velocidad, y fija sedimento facilitando su cohesión.

En zonas de vegetación permanente (terrenos forestales con dosel arbóreo mayor a 8 metros de altura) donde la erosión a priori, desde el punto de vista de la erosividad es mínima (las gotas quedan interceptadas por las copas arbóreas); puede aumentar el poder erosivo debido al aumento del tamaño y a una altura de 8 metros, tienen mayor energía cinética, al llegar al suelo.

De forma indirecta, la vegetación influye al disipar la energía de las gotas, reducir la fragmentación de los agregados del suelo evitando finos que taponen los poros y favoreciendo la tasa de infiltración.

Esta tasa de infiltración esta favorecida igualmente por la porosidad y permeabilidad que genera la penetración de las raíces al igual que la incorporación de la materia orgánica (M.O.) que mejora la estructura del suelo y su resistencia al transporte y al "splash". La cubierta vegetal, al generar restos vegetales (hojarasca, etc.) aumenta la rugosidad superficial, reteniendo el agua o "encharcando" el suelo, favoreciendo el volumen infiltrado y por la evapotranspiración posterior se reduce la humedad de este suelo, recuperando su capacidad de infiltración.

Modelos de Evaluación de la Erosión Hídrica.

Los procesos erosivos son analizados desde diversos puntos de vista: geomorfológico, edáfico, ingenieril..., concluyendo todos ellos la importancia que tienen y en la necesidad de evaluarla, ya que supone una pérdida de un recurso vital, que aunque es un recurso renovable, la velocidad con que actualmente se estima su pérdida comparado con su lento tiempo de formación, lo hace considerar como un recurso no renovable, La actividad humana constituye un agente activo, lo cual genera la necesidad de planificar la conservación del suelo. Desde que en 1907 en EE.UU se declara una política oficial de protección del suelo, se desarrollan diferentes investigaciones, a través de los primeros experimentos realizados por el Forest Service, 1915. En 1935 se crea el Soil Conservation Service (S.C.S.) profundizando en el conocimiento de los estados erosivos, siendo en 1940 cuando Zingg desarrolla una ecuación empírica, que constituye el primer método de predicción de la erosión. Ya en el año 1948, Smith presenta el "método racional" para estimar la erosión. Este método

básicamente constituye lo que posteriormente será la ecuación universal de pérdida del suelo (USLE) pero sin tener en cuenta la agresividad pluvial, que fue incluida finalmente en la llamada ecuación de Musgrave, incorporando además del factor lluvia, el flujo de escorrentía superficial. La gran utilidad de esta ecuación en toda Norteamérica hizo que se desarrollara una ecuación a nivel nacional, por organismos ya existentes como el S.C.S. y otros de nueva creación como el Agricultural Research Service (A.R.S.), estableciéndose el Centro Nacional de Datos de Escorrentías y Pérdidas de Suelo (N.R.S.L.- National Runoff and Soil Loss Data Center) en la universidad de Purdue (Indiana). Este centro de datos localiza, integra y consolida todos los datos nacionales, teniendo en cuenta más de 10.000 parcelas de estudio experimental. Con esta gran base de datos se desarrolla la ecuación de la USLE (Universal Soil Loss Equation), llamada universal por abarcar todo el análisis integral anteriormente indicado. Su primera publicación la realiza Wischmeier & Smith, 1965; constituyendo un modelo paramétrico, que por sus buenos resultados en la planificación territorial, se adapta a diversos países entre ellos a España, dando buenos resultados.

En paralelo Meyer & Wischmeier, 1969; establecen un modelo conceptual de erosión hídrica con base física a partir de parcelas experimentales. Este método facilita el desarrollo de la investigación de los cuatro subprocesos que intervienen en la erosión hídrica: erosión (por salpicadura y por escorrentía) y el transporte (por salpicadura y por escorrentía). Relacionando el modelo paramétrico (USLE) y el modelo de base física experimental se establecen ciertas correcciones que generan una revisión de la USLE, denominada modelo RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) por Renald 1997 en Almorox et al, 1994. No obstante numerosos proyectos de ingeniería siguen utilizando la USLE, con sus deficiencias, por ser una gran herramienta en la planificación, desarrollándose en paralelo modelos de base física que estudian la erosión en laderas y cuencas hidrográficas, aunque deben pasar una validación oportuna mediante experimentación de campo; lo cual requiere tiempo para alcanzar un grado de fiabilidad alto, lo que hace que se siga utilizando en algún caso el modelo paramétrico de la USLE.

Para predecir y evaluar la erosión hídrica hay que establecer un modelo de cálculo, el cual presenta una serie de variables (espacio, tiempo...) que determinan los procesos a incluir en el modelo. La pérdida de suelo se expresa habitualmente en unidades de peso o volumen por unidad de superficie y tiempo (Tm/Ha y año). La consideración de la severidad en las pérdidas de suelo se hace teniendo en cuenta su relación con la velocidad de formación de un suelo, así suelos que mantienen con el paso del tiempo sus propiedades iniciales (textura, profundidad...) se consideran equilibrados con el factor formador.

Existen 3 factores básicos que determinan las tasas de erosión (Morgan, 1997):

- 1. Energía: analiza la capacidad energética erosiva por precipitaciones, escorrentías y viento. Dicha capacidad se denomina erosividad.
- 2. Resistencia: analiza las propiedades físicas y químicas del suelo y el tipo de sustrato. Este conjunto de características establece la erosionabilidad o erodibilidad del suelo. (Figura III_{2,1}-2).
- 3. Protección: tiene en cuenta los parámetros naturales y/o artificiales que protegen el suelo de la erosión: cobertura vegetal y prácticas de conservación (cultivos a nivel, bancales...).

La mayor parte de la erosión hídrica se produce por fenómenos dominantes de moderada intensidad, es decir, precipitaciones frecuentes y de intensidad moderada, dependientes del patrón estacional: alto régimen de lluvias (estación húmeda) mayor erosión, en la estación seca menor erosión.

Para clasificar los distintos modelos que evalúan la erosión hídrica, se utilizan varios criterios, siendo los principales dos:



Figura III_{2,1}-2. Erosión canalizada epidérmica. Aldehuela Yeltes.

1. Según los datos que utilizan y la forma de generarlos (De Gregory & Walling, 1973), según el cual pueden ser:

Modelo Físico: modelos a escala diseñados en laboratorio. Similitud dinámica Modelo-Realidad. Ej. Maquetas a escala.

Modelo Analógico: Utiliza sistemas mecánicos o eléctricos semejantes a los investigados. Ej. flujo eléctrico simula el flujo hídrico.

Modelo Digital: base de datos procesados por ordenador. Puede ser de 3 tipos:

- **Estocásticos:** generación de series sintéticas a partir de series estadísticas simples, útiles cuando hay pocos datos temporales o espaciales. Gran desarrollo mediante técnicas SIG (krigeage, inverso de la distancia...). Suele ser previo al desarrollo de base física y empírica.
- **Empíricos:** identifica las relaciones entre variables del proceso y las series estadísticas. Pueden ser: de caja negra (analizan entradas y salidas principales del sistema), de caja gris (se conoce algunos datos del funcionamiento del proceso o sistema) o de de caja blanca (se conoce cómo opera todo el sistema).

- Con Base Física: describe procesos mediante algoritmos (ecuaciones matemáticas) a partir de leyes de conservación de masa y energía.

2. Según la información final que se obtiene (Almorox et al, 1994). Básicamente son de dos tipos:

- Cualitativos: para un área determinada gradúan ordinalmente la magnitud del proceso erosivo. Pueden agruparse en base a las formas de erosión o bien a grados de erosión.

- Cuantitativos: estiman numéricamente la erosión estableciendo rangos y estados erosivos. Pueden ser de 2 tipos:

- De evaluación directa: a partir de medidas en el terreno, ensayos o medidas de parámetros asociados a sedimentos. (parcelas de erosión, clavos de erosión, agujas de erosión y evaluación radioisotópica (cuadro III_{2,1}-1).
- De evaluación indirecta o modelos predictivos: establecen una relación empírica entre factores estadísticos, paramétricos o físicos.

Modelos Cualitativos	Modelos Cuantitativos.	
	Evaluación Directa	Evaluación Indirecta
Formas de Erosión.	Parcelas de Erosión	Modelos Estadísticos.
Grados de Erosión.	Clavos de Erosión.	Modelos Empíricos
	Agujas de Erosión.	Modelos Base Física.
	Evaluación Radioisotópica.	

Cuadro III_{2,1}-1. Clasificación métodos de análisis de la erosión hídrica (López Bermúdez, 2003).

Los **Modelos Cualitativos** estiman la erosión actual en las laderas y cuencas, reconociendo las formas de erosión-sedimentación, analizando el grado de erosión ponderando distintos factores, para lo que es muy útil la cartografía de unidades homogéneas en función de los parámetros que controlan el proceso (suelo, vegetación, topografía...). Actualmente la cartografía cualitativa de erosión sigue utilizando técnicas de teledetección (fotografía aérea tradicional e imágenes de satélite...), estableciendo áreas de erosión (regueros, entregueros, cárcavas, movimientos en masa...) Todo este volumen de información se incorpora en una base de datos SIG, que facilita la observación de la erosión y de los procesos de desertización a escala local y/o regional suministrando atractivas perspectivas en la gestión ambiental de los territorios vulnerables a los procesos erosivos. Ejemplos de este tipo de cartografías cualitativas los encontramos en el Programa de

la Unión Europea CORINE; y en el proyecto de Riesgos de Erosión de Suelos y Evaluación de Tierras, 1992 (www.rlc.fao.org/proyecto/139jpn/document/apunteev).

Otros métodos cualitativos lo constituyen el análisis de geformas mediante modelización evolutiva de procesos erosión-deposición en laderas inclinadas cultivadas, registrando pérdidas en la parte superior y acumulación en la base de la ladera; o bien el estudio de la respuesta de la vegetación a la erosión del suelo mediante las prácticas agrícolas.

En España destacan los Mapas de Estados Erosivos de las diferentes cuencas hidrográficas realizadas por el Instituto de Conservación de la Naturaleza (ICONA, 1990), que describen unidades homogéneas de "paisajes erosivos", en base a parcelas territoriales de comportamiento similar frente a la erosión.

Conocer y localizar estas “huellas” o formas de erosión: surcos, regueros, cárcavas, barrancos, movimientos en masa..., permiten analizar el comportamiento de diferentes sectores territoriales, clasificando y cartografiando las pérdidas de suelo para cada unidad homogénea, identificando sus formas y grados de erosión.

III_{2.1.4} Formas de erosión.

Las pérdidas de suelo generadas por el agua, pueden afectar a nivel epidérmico o superficial disgregando y arrastrando partículas sueltas; o bien a una cierta profundidad del perfil edáfico, movilizándolo en masa volúmenes del suelo. Aunque el agente (el agua), es el mismo, el mecanismo que actúa es diferente. Entre las formas de **erosión en superficie**,

tenemos, bien representadas en el área de estudio:

1. Erosión laminar: es la que aporta más sedimentos a cauces fluviales y por ello, provoca una pérdida en la fertilidad de los suelos, al “lavar” los fragmentos más finos agregados, limos y arcillas, modificando la textura de la capa superior del suelo. Este tipo de erosión se desarrolla en láminas delgadas de agua que cubren la superficie del suelo. Las patologías son diversas: desde presencia de plantas con el sistema radicular al descubierto, a presencia de acumulaciones de suelos adyacentes a las plantas, o abundancia de piedras en la superficie de un suelo. El resultado de esta erosión es la acumulación de sedimentos aguas abajo de la zona erosiva (Figura III_{2.1}-3 y Figura III_{2.1}-4).



Figura III_{2.1}-3. Abanico de depósito por Erosión laminar afectando a carretera. El Maillo.



Figura III_{2,1}-4. Izq: Erosión laminar en arrollada. Dcha: Erosión laminar con zona de depósito al pie de ladera. Monsagro.

2. Erosión en regueros o surcos: se generan cuando las aguas se concentran en determinados puntos donde existen irregularidades del terreno (microrelieves), aumentando la profundidad de estas incisiones lineales y el poder erosivo; especialmente en aguaceros de gran intensidad. Son por lo tanto temporales y no están jerarquizados. La morfología y distribución nos dan idea de los procesos dominantes, así los regueros paralelos, se dan en zonas de alta pendiente sin cubierta vegetal o con escasa vegetación en relieves homogéneos. Los regueros anastomosados, erosión muy activa en zonas medias-bajas transportando y depositan sedimentos, con precipitaciones intensas y cortas. (Figura III_{2,1}-5 y Figura III_{2,1}-6).



Figura III_{2,1}-5. Surcos que canalizan la arrollada a favor de pendiente. Regueros que canalizan las partículas gruesas que la lamina de agua no puede transportar. Aldehuela de Yeltes.



Figura III_{2,1}-6. Surcos con transito a cárcavas de 1-1.5 metros de incisión. Aldehuela de Yeltes.

3. Barrancos son regueros jerarquizados, ya que la escorrentía local se concentra en estas depresiones evolucionando según la secuencia

de competencias de los diferentes materiales. (Figura III_{2,1}-7 y Figura III_{2,1}-8).



Figura III_{2,1}-7. Barranco generado en frente de escarpe, a favor de aguas de arroyada concentradas, provocando el desplome de la superficie del terreno con encinas y vallado por retroceso debido a erosión hídrica. Aldehuela de Yeltes.



Figura III_{2,1}-8. Izq: en zonas con topografía escarpada, se generan formas erosivas (surcos, cárcavas, barrancos), que pueden afectar a infraestructuras humanas: carreteras... (Imagen centro). Dcha: cárcava de 2 m profundidad. Monsagro.

4. Erosión antrópica: diferentes actividades humanas pueden modificar sustancialmente la textura y estructura del suelo, favoreciendo los procesos erosivos. Por ello, en la gestión y planificación de los Espacios Naturales deben tenerse en cuenta la distribución de usos del suelo, según la susceptibilidad de éste a ser removido. Las actividades que inciden de una manera clara

en los procesos erosivos son las agrícolas y ganaderas, teniendo en cuenta que determinada obra civil y el trazado de algunas infraestructuras pueden potenciar fenómenos inducidos que favorezcan dichos procesos erosivos: cunetas, impermeabilización...(Figura III_{2.1}-9 y Figura III_{2.1}-10).



Figura III_{2.1}-9. Izq.: explotación ganadera de porcino donde se favorecen los procesos erosivos mecánicos, dando suelos pedregosos. Alba de Yeltes. Dcha.: barrancos colmatados por escombreras. Monsagro.



Figura III_{2.1}-10. En zonas de alta pendiente la roturación a favor de pendiente favorece la erosión hídrica, generando surcos donde el recubrimiento edáfico es pequeño aflorando la roca. Serradilla del Arroyo.

La acción erosiva a cierta profundidad, suele ser más puntual, desplazando un volumen de suelo en masa, generalmente debido a causas activas y pasivas. Las activas se dan cuando existen unas condiciones previas que favorecen este despegue a favor de la pendiente y por gravedad; como son: la saturación de un suelo sin vegetación y suelos sobre niveles impermeables que sirve, al humedecerse, de superficie de despegue de la masa suprayacente, al producirse la remoción de la base de apoyo a favor de pendiente. Esta capa impermeable es demasiado cohesiva para que la vegetación la atraviese. Las pasivas dependen de las características intrínsecas del territorio de estudio, como son la litología, estratificación, topografía, climatología, cubierta vegetal y la fracturación.

Los movimientos en masa que provocan la acción erosiva a cierta profundidad pueden ser: deslizamientos, reptaciones, soliflucción, etc. Estos fenómenos que movilizan y provocan pérdidas edáficas, los describiremos en el apartado de Riesgos por Movimientos de Ladera.

Los **Modelos Cuantitativos**, evalúan de forma directa o indirecta la erosión hídrica superficial.

La evaluación directa se realiza mediante técnicas que miden la erosión real o actual y su evolución espacio-temporal: agujas de erosión en regueros, clavos de erosión que miden la pérdida del horizonte edáfico superior, micro-perfiladores, tazas de Morgan; o bien mediante análisis de factores en parcelas de experimentación.

Los modelos experimentales de evaluación directa de cálculo de la erosión en suelos, más usuales, son las parcelas de erosión y los clavos de erosión. Las parcelas de erosión cuantifican la pérdida de suelo al captar el caudal sólido y líquido movilizado en dicha parcela experimental de parámetros conocidos (pendiente, longitud, anchura, tipo de suelo, vegetación...), no obstante son costosos y necesitan cierta tecnología para su puesta en marcha. La metodología de los clavos de erosión, es un método experimental sencillo, directo, de gran precisión y principalmente de bajo costo, en donde la estimación de la

pérdida de suelo se realiza totalmente en el terreno.

En este sentido, utilizamos en este trabajo este método de clavos y agujas de erosión para contrastar la evaluación cuantitativa de la erosión hídrica superficial, estableciendo y midiendo una serie de parcelas-muestra, ubicadas en zonas donde la cartografía de erosión muestra alta pérdida edáfica, presentando formas erosivas en campo (cárcavas, surcos...), validando la cartografía obtenida mediante la utilización de la USLE. (Figura III_{2.1}-11).



Figura III_{2.1}-11. Aguja para cuantificar la tasa de retroceso erosivo en escarpe (100 cm longitud).

Se establecen 5 estaciones de muestreo, en zonas de diferentes características litológicas y edafogeomorfológicas: la primera estación se ubica en el sector de piedemonte sobre materiales arcosos y arenosos oligocenos, en las laderas originadas por el encajamiento fluvial del arroyo del Sotillo; entre las localidades de Tenebrón y Dios Le Guarde; las siguientes estaciones se ubican dentro del ENP de Las Batuecas-S. Francia, situando la segunda en un sector de mayor pendiente y altitud sobre materiales arcillosos miocenos,

cercanos a la localidad de Serradilla del Arroyo. La tercera estación sobre materiales de cantos y bloques con matriz areno-arcillosa, correspondientes a depósitos de derrubios de ladera de edad Pleistoceno-Holoceno en las proximidades de Monsagro, y finalmente dos estaciones más (cuarta y quinta): una en un depósito detrítico sobre sustrato pizarroso-pelítico en El Maillo y otra sobre un lehm granítico en Cepeda.

Una vez definidos los lugares de emplazamiento de las parcelas se procede a ubicar una toposecuencia de clavos a favor de la máxima pendiente, en las zonas de rills y entrerills (2 clavos en cada zona distanciados 50 cm, es decir, 4 clavos por estación), profundizando con cada clavo la mitad de su longitud, es decir, 15 cm ya que la longitud total de los clavos de erosión son de 30 cm. Posteriormente se establece la medición topográfica al costado de cada clavo, obteniendo una medida de suelo perdido o sedimentado, analizando en intervalos de tiempo, cada punto de control, el comportamiento del suelo. (Figura III_{2.1}-12). A continuación se muestran las fichas de las estaciones de muestreo (Figura III_{2.1} -13 a Figura III_{2.1}-27).

Para cuantificar la erosión o sedimentación se calcula el promedio de las mediciones realizadas en cada clavo de erosión, y posteriormente para estimar el suelo erosionado o sedimentado en toneladas/hectárea, se aplica la siguiente fórmula:

$$X_{(\text{Ton/Ha})} = Y \times Da \times 10$$

donde “X” es el suelo erosionado o sedimentado en tn/ha; “Y” es la media de las alturas erosionadas/sedimentadas que marcan los clavos en milímetros, “Da” es la densidad aparente del suelo en “ton/m³”, la cual se calcula estableciendo la relación entre el peso de la muestra seca en laboratorio y el volumen de suelo recogido en campo en un recipiente de volumen conocido (generalmente 100 ml). En nuestro caso, hemos tomado una densidad media de suelo transportado de 1.35 g/cm³. Finalmente en cada parcela seleccionada deben realizarse una serie de análisis para calcular el riesgo de erosión neta, que es la diferencia entre la erosión media del suelo y la sedimentación media de cada parcela-muestra, expresándose el resultado en toneladas por hectárea.

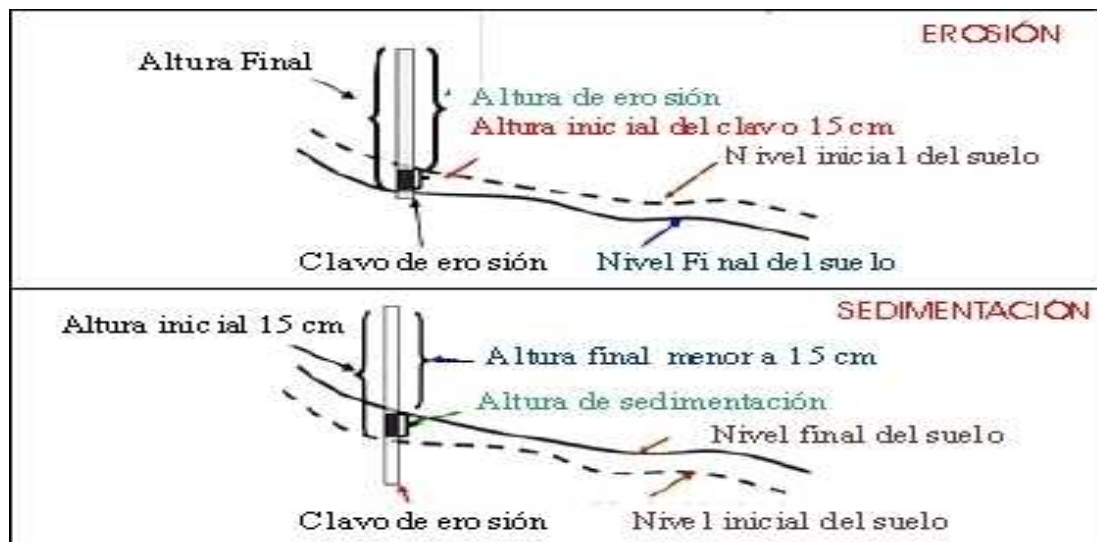


Figura III_{2.1}-12. Esquema del método utilizado con los clavos de erosión.

ESTACIONES EXPERIMENTALES DE PERDIDA DE SUELOS

Estación 1. Dios le Guarde-Tenebrón. UTM: 218.556/ 4.504.257



Figura III_{2,1} -13. Estación Dios le Guarde-Tenebrón, sobre arcosas blancas y arenas feldespáticas oligocenas.



Figura III_{2,1} -14. Clavos de erosión en Interrills. Estación Dios le Guarde-Tenebrón



Figura III_{2,1} -15. Clavos de erosión en Rills. Estación Dios le Guarde-Tenebrón



Figura III_{2,1} -16. Estación Serradilla del arroyo, sobre sedimentos fangosos rojizos miocenos.



Figura III_{2,1} -17. Clavos de erosión en Interrills. Estación Serradilla del Arroyo.



Figura III_{2,1} -18. Clavos de erosión en Rills. Estación Serradilla del Arroyo.



Figura III_{2,1} -19 Estación Monsagro, sobre derrubios de ladera (cantos y bloques) con matriz arenarcillosa; de edad Pleistoceno-Holoceno.



Figura III_{2,1} -20. Clavos de erosión en Rills. Estación Monsagro.



Figura III_{2,1} -21. Clavos de erosión en Interrills. Estación Monsagro.



Figura III_{2,1} -22. Estación El Maillo, en depósito sobre el sustrato pizarroso-pelítico.



Figura III_{2,1} -23. Clavos de erosión en Interills. Estación El Maillo.



Figura III_{2,1} -24. Clavos de erosión en Rills. Estación El Maillo.



Figura III_{2,1} -25. Estación Cepeda, sobre bolos y lehm granítico, la alteración diferencial potencia los procesos erosivos sobre el perfil de arenización, facilitando la meteorización física y química.



Figura III_{2,1} -26. Clavos de erosión en Interills. Estación Cepeda.

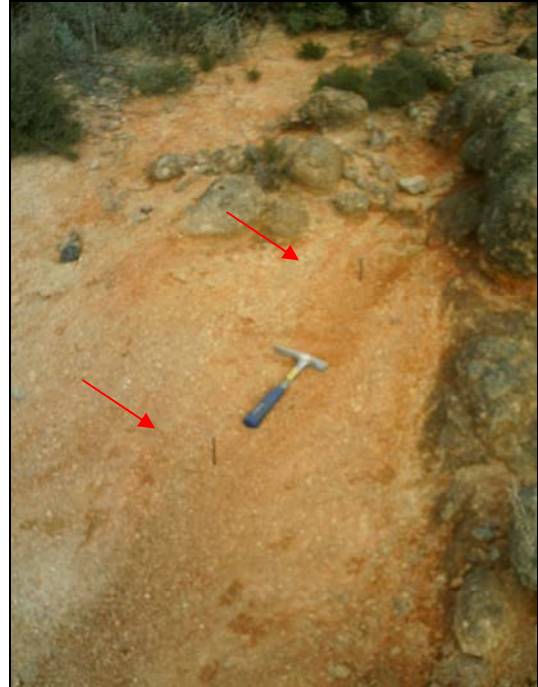


Figura III_{2,1} -27. Clavos de erosión en Rills. Estación Cepeda.

Se han colocado en zonas con formas de erosión (cárcavas, surcos...), 4 clavos de erosión en cada estación, dos (1-2) en zona de interrills (IR) y otros dos en zona de rills (R). La enumeración de los clavos es en función de la posición topográfica del clavo; es decir, el nº 1 y nº 2 se sitúan en zona de rills, estando el número 1 topográficamente más elevado que el número 2, e igualmente pasa con los dos clavos situados en la zona Interrills de cada

estación: 3 y 4, el número 3 esta por encima del número 4. Para su cálculo se realiza la media entre las medidas de los clavos 1-2 y 3-4. El análisis de campo en estas zonas, ha permitido conocer la incidencia de los procesos erosivos en función de las diferentes litologías con datos medios de profundidad para los diferentes sustratos: terciario detrítico (2-4 cm.), granito (1-2 cm.) y pizarras (< 1 cm.). (Figura III_{2.1}-28).

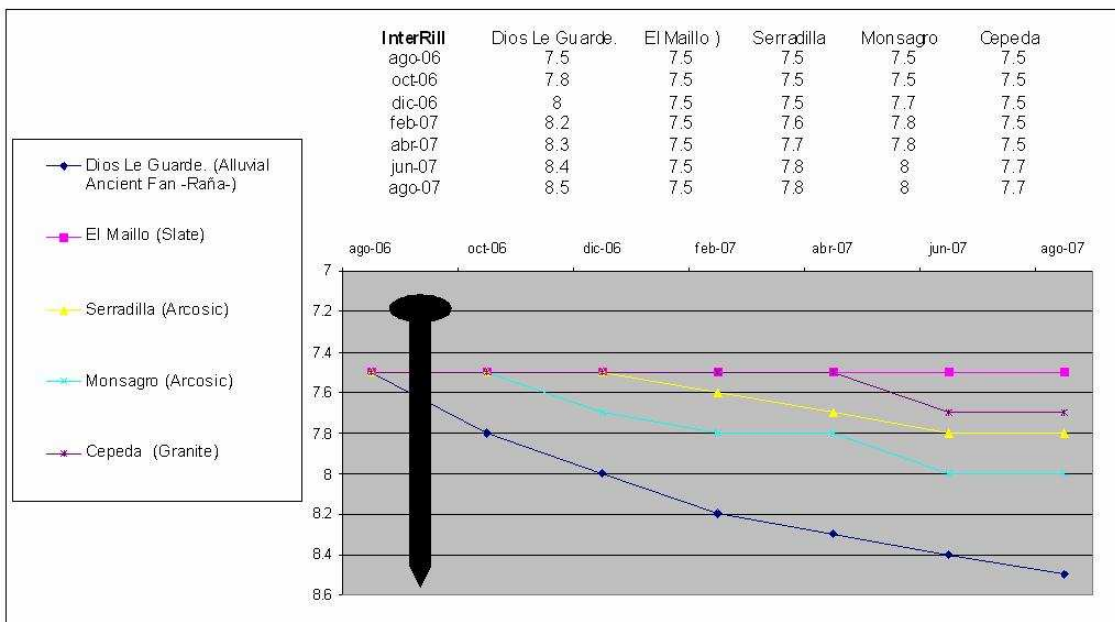
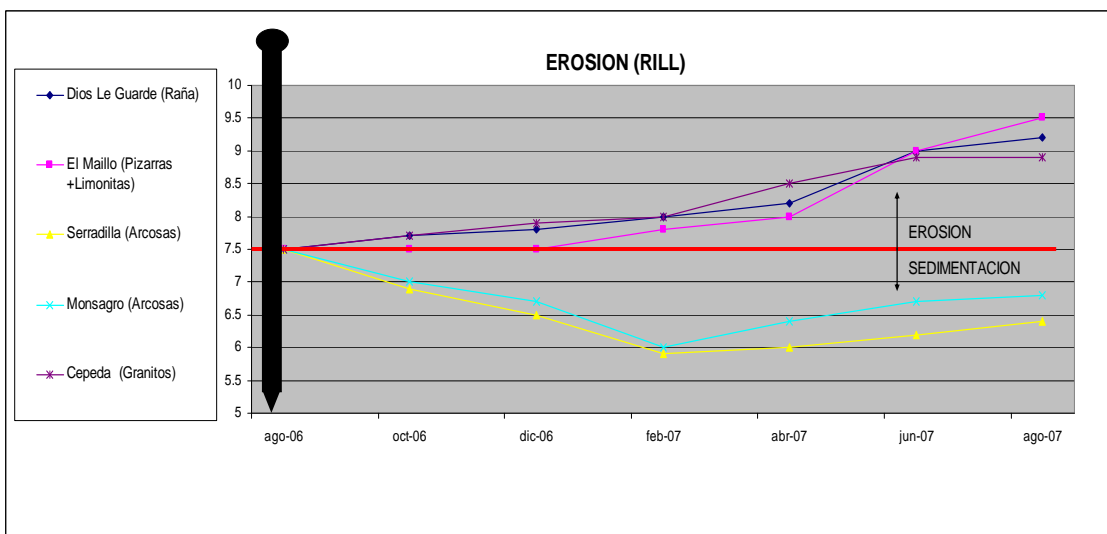


Figura III_{2.1}-28. Gráficas resultado del muestreo de campo en los clavos de erosión.

Para evaluar los retrocesos del frente del escarpe, se han puesto unas agujas de erosión, cuya longitud es 1 metro, introduciéndose perpendicularmente hasta una profundidad de 50 cm (Cuadro III_{2.1-2}). Para su ubicación se han buscado zonas en las que existen evidencias de que el retroceso es importante, como ocurre en algunos barrancos que provocan desprendimientos y deslizamientos del terreno, tal como ocurre en la estación A, donde se observa la pérdida de superficie e inestabilidad que dan lugar al descalce de una encina y el vallado.

Agujas de erosión:

Fecha/ mm.	Estación A
Agujas	1
15/09/2006	p.p (50 cm)
15/02/2007	51
15/09/2007	52

Cuadro III_{2.1-2}. Estaciones: A-Escarpe Aldehuela de Yeltes.

Otro método cuantitativo directo, lo constituyen las técnicas radiométricas, que permiten la medida del movimiento del suelo mediante radioisótopos trazadores. Esta técnica de reciente aplicación en la evaluación de la erosión de suelos consiste en medir la reducción del isótopo radioactivo ¹³⁷Cs (Richtie et al, 1974). Este elemento procede de las pruebas nucleares en las últimas décadas, cuyos residuos de ¹³⁷Cs se absorben o adhieren con gran fuerza en los granos del suelo. En zonas de intensa erosión, el porcentaje de ¹³⁷Cs disminuye. El cesio-137 es un método de base física, que por su distribución a nivel mundial y su estrecha asociación con las partículas de suelo con las que se transporta por procesos físicos, permite la medida de la erosión en ambientes muy diversos, previa comparación con los inventarios de referencia de la radioactividad del sector. El ¹³⁷Cs es un radionúclido artificial, con una vida media de 30.7 años, liberado a la estratosfera en pruebas de bombas termonucleares a finales de los años 50 y comienzo de los años 60. Se comienza a detectar en 1954, y los aportes son hasta mediados de los años 80, con lo que es perfectamente utilizable este método en esta década. No se han realizado campañas de muestreo en nuestra zona, pero sería un método adecuado para poder validar los datos

obtenidos en los diferentes mapas de riesgo de erosión.

La evaluación indirecta, estima las pérdidas de suelo debidas a diferentes procesos erosivos, generando los modelos de erosión que pueden ser:

- ✓ Modelos empíricos: aplican el método, bajo condiciones previamente calibradas. Ejemplo: USLE, RUSLE...
- ✓ Modelos Conceptuales, Mixtos o parcialmente empíricos: integran modelos hidrológicos con modelos de erosión y transporte conociendo el volumen de sedimentos a la salida de la cuenca. Son una mezcla de los empíricos y los de base física. Ejemplos: CREAMS (USDA, 1980; en Tragsa, 2003) y ANSWER (Beasley et al, 1980; en Tragsa, 2003).
- ✓ Modelos Físicos: sintetizan los parámetros individuales que afectan a la erosión, sus interacciones y su variabilidad espacio-temporal. Tienen un gran desarrollo actual, ya que identifican los procesos de mayor riesgo para desarrollar tecnologías de predicción y control específicas. Ejemplo: WEPP (Lane & Nearing, 1989 en: Tragsa, 2003) y el Modelo europeo EUROSEM (Morgan et al, 1985 en: Tragsa, 2003).

Los Modelos de Base Física (modelos BF) presentan actualmente un incipiente desarrollo por el gran avance de los conocimientos sobre procesos erosivos, sobre todo modelos de base física de caja blanca en soporte digital, para lo cual los SIG son herramientas de gran utilidad por el fácil y eficiente manejo de gran volumen de información. Estos modelos con base física predicen, además de la escorrentía y pérdida del suelo total, la distribución espacial de la escorrentía y sedimentación sobre la superficie del suelo durante una tormenta aislada o a lo largo del tiempo, por lo que su aplicación puede ser mucho más localizada. Pero su limitación se encuentra en la gran cantidad de datos que requieren. El modelo que esta cobrando más auge en España, es el Modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project), concretamente el GEOWEPP. Básicamente el Modelo WEPP es un modelo de simulación diaria que predice la tasa de erosión y de sedimentos a diferentes escalas, mediante el cálculo de la disgregación del sedimento, el

transporte en el terreno y la carga de sedimento al cauce.

El modelo de base física más reciente, es el Modelo EUROSEM, que define estrategias de conservación de suelos dentro de la política ambiental de la Unión Europea, básicamente tiene, al igual que el modelo WEPP, tres operaciones básicas: generación de escorrentía, estimación de disgregación edáfica y capacidad de transporte. Se diferencia del resto de modelos BF, en que analiza los parámetros edafológicos y de vegetación con mayor detalle mediante índices de disgregabilidad del suelo teniendo en cuenta resistencias al corte y cohesión por masa radicular.

Los modelos conceptuales, se encuentran a medio camino de los empíricos y de los modelos BF. Su principal objetivo es analizar los procesos erosivos utilizando las leyes de la conservación de la masa y de la energía, y así describir las variaciones espaciales de los procesos de erosión y deposición. Tienen limitaciones como la utilización de factores del modelo USLE, o la pobre descripción física de algunos procesos. Los más conocidos son el Modelo CREAMS (Chemicals Runoff, and Erosion from Agricultural Management System), modelo de simulación de contaminantes agrícolas en el agua, para prevenir la contaminación hídrica. Analiza tres componentes: hidrológico, procesos erosión-sedimentación y químicos. No necesita calibración ya que para predecir escorrentías utilizan el método del número de curva (NC) del SCS ya contrastado y validado. Otro modelo es el modelo ANSWERS, que presenta las mismas limitaciones que el anterior.

Los modelos empíricos, se basan en observaciones de campo, en parcelas estándar de escorrentía. El modelo USLE o Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (Universal Soil Loss Equation), por su estructura paramétrica sencilla, es el más utilizado. Su mejora ha pasado por revisiones que intentan entrelazar la interacción entre sus factores: Factor R o erosividad (agresividad climática), factor K o erodibilidad (características edáficas y litológicas del sustrato) tomando en cuenta la pedregosidad, que reduce altamente el factor K, ya que piedras y fragmentos de roca incrementan la rugosidad del suelo y protegen al suelo de impactos de gotas de lluvia actuando como un pavimento protector; factor

LS o topográfico (pendiente y declive), factor C o cubierta vegetal y factor P de prácticas de conservación en los usos del suelo. Realiza una investigación con bases de datos “ad hoc”, dando lugar al modelo RUSLE (versión informatizada en entorno Windows) (Figura III_{2.1}-29).

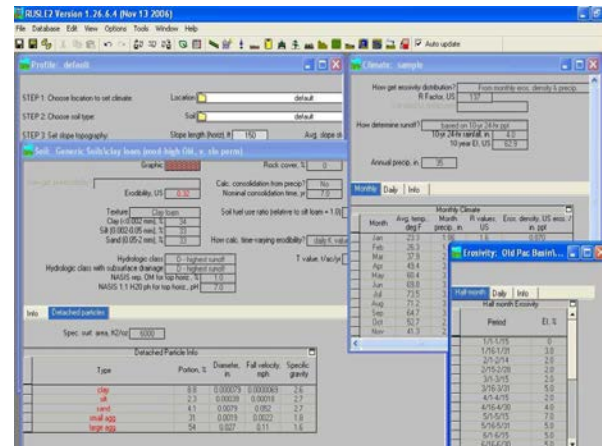


Figura III_{2.1}-29. Modelización utilizando el Modelo RUSLE 2.

Estos modelos empíricos estiman la pérdida anual de suelo, pero no analizan la dinámica erosiva (no aportan datos de volumen de sedimentación por sectores topográficos, ni analizan el transporte a ríos y/o embalses). Tampoco tienen en cuenta el efecto sustractivo de la infiltración del suelo. Una modificación conocida de la USLE es el modelo MUSLE, (Kirkby, 1980 en: López Bermúdez, 2003), que utiliza el factor energético de la escorrentía en vez del factor lluvia, estimando así la erosión de sedimentos para tormentas aisladas y sectores concretos. Otro método es el modelo SLEMSA (Soil Estimator for Southern Africa), (Elwell, 1977 en: López Bermúdez, 2003) desarrollado en África del Sur y semejante a la USLE, ya que se basa en datos de parcelas de erosión.

Los modelos empíricos son más aplicables a problemas regionales, no locales; y donde hay menos datos disponibles. De entre ellos, la USLE es el modelo de predicción de la erosión más utilizado en la actualidad, pero debido a su origen empírico y a su estructura de caja negra, está limitada su capacidad para aumentar su precisión, pese a ello, es el modelo paramétrico más utilizado a nivel mundial en el desarrollo de políticas de conservación de suelos y por ello, lo hemos utilizado para analizar los riesgos de erosión en los espacios naturales que nos ocupan.

La USLE constituye una herramienta útil para estimar la tasa erosiva media en los Espacios Naturales Protegidos, obteniendo una información base imprescindible en la mejora de la gestión y explotación sostenible de estos territorios a proteger, de forma que se pueden determinar las zonas susceptibles de protección mediante prácticas, manejos o acondicionamientos en pro de la conservación, disminuyendo la alteración de las condiciones geomorfológicas de cada espacio natural. Se evitan así, procesos activos que potencien riesgos erosivos, disminuyendo la afección paisajística de dichas prácticas de conservación.

En algunos sectores del E.N.P. de “Las Batuecas-Sierra de Francia”, las repoblaciones forestales, altamente mecanizadas, suponen una perturbación del suelo (subsolados con “rippers”, destocados...) incrementando la erosión, sobre todo en laderas pronunciadas con pequeña potencia edáfica, y/o sustrato muy superficial, lo cual hace que en los estudios de impacto ambiental previos a la repoblación se recomiende, como práctica sostenible de conservación edáfica, el hoyado manual de mayor coste, pero más eficaz, ya que afecta menos a la estabilidad de las laderas y consecuentemente a la pérdida de suelo.

La cartografía de riesgos de erosión, predice las pérdidas de suelos en cada sector, con un uso y ordenación determinados, pudiendo establecer medidas de conservación ordenando agrológicamente el espacio natural, estimando la reducción en pérdidas de suelo con distintas alternativas de cultivo y/o manejo y definiendo la práctica de conservación del factor “P” más adecuada.

La correcta gestión de un E.N.P. y su área de influencia adyacente, debe tener en cuenta la cuantificación de la tasa de erosión, determinando las zonas susceptibles de experimentar una mayor pérdida de suelos; y evaluando la incidencia sobre los recursos del espacio natural, de los posibles cambios de usos en una futura ordenación territorial. Uno de esos recursos es el suelo, recurso que influye directamente en otros: cubierta vegetal, paisaje, etc.

III_{2.1.5} Riesgo de Erosión Hídrica en el Espacio Natural Protegido de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas.

La estimación de las pérdidas del suelo por procesos de erosión hídrica; es de gran trascendencia ya que en algunas regiones se hace necesario cuantificar las pérdidas existentes, y predecir los efectos medioambientales que generan los diferentes usos del suelo; para prever consecuencias mayores, en algunos casos irreversibles. En este apartado, se analiza el riesgo de erosión hídrica Potencial y Actual, mediante la cuantificación de la tasa de pérdida de sedimento a partir del cruce de diferentes parámetros que influyen en dicha pérdida (precipitaciones, pendientes, litología...). Se realiza un análisis cartográfico utilizando tecnología SIG, generando una base de datos necesaria para la planificación territorial. Igualmente se contrastan cartografías de estimación de riesgo erosivo y se observa su aplicabilidad a la zona de estudio por técnicas de extrapolación espacio-temporal. El conocimiento del potencial erosivo existente, permite gestionar y ordenar las diferentes actuaciones humanas en sectores de gran impacto erosivo; así como generar medidas preventivas y correctoras en zonas de necesaria actuación antrópica.

La cartografía que se presenta, tanto la específica de cada factor como la sintética; analiza el problema de los procesos erosivos potenciales y actuales que dan lugar a una pérdida del recurso; pudiendo prever, a priori; las consecuencias naturales y/o antrópicas (diseño de cultivos, repoblaciones forestales, infraestructuras, etc.); de tal forma que puedan establecerse medidas de protección y corrección (bancales, distribución de cultivos, etc.).

Metodología.

La metodología seguida combina el trabajo de campo, con el de laboratorio y el de gabinete, resultando una serie de cartografías de riesgo de erosión hídrica de los suelos de los E.N.P. señalados, así como de la zona de influencia adyacente.

El trabajo de campo se centra en obtener muestras representativas de los diversos tipos de suelos existentes en la zona de estudio.

El trabajo de laboratorio consiste en el análisis de las muestras tomadas en la fase anterior, estableciendo una serie de parámetros necesarios para calcular los diferentes factores (análisis granulométricos, materia orgánica...) para la aplicación de la USLE en el riesgo erosivo hídrico.

En el trabajo de gabinete, se realiza el estudio de los datos obtenidos en las campañas de campo y de los análisis del laboratorio, aplicando una serie de procedimientos gráficos (ábacos: nomograma de Wischmeier, generación de MDT...) o empíricos (fórmulas para cálculo de parámetros, ecuación USLE...) elaborando una base de datos que se ha implementado en un Sistema de Información Geográfica (ArcGis 9.2), obteniendo como resultado las diferentes cartografías paramétricas temáticas y las cartografías finales de riesgo de erosión del área de estudio.

Se presentan dos tipos de Cartografía de erosión hídrica: Erosión Potencial y Erosión Actual.

La Erosión Potencial, constituye la susceptibilidad que presenta una zona a erosionarse. Para predecir el riesgo potencial de pérdida de suelo, se realiza un estudio pormenorizado de una serie de factores o elementos del medio físico (resistencia mecánica, precipitaciones, pendientes...) que condicionan los procesos de erosión. Conociendo estas variables podremos inventariar y cartografiar las unidades de erosión potencial, utilizando índices de erodibilidad (litofacies y pendientes) e índices de erosividad (agresividad de lluvia). Esta cartografía de Erosión Potencial nos muestra los estados erosivos del terreno en condiciones naturales "hipotéticas".

La Erosión Actual, determina el grado de pérdida edáfica actual existente en cada zona, teniendo en cuenta el "momento presente" analizando los factores formadores y protectores del suelo; así como su distribución espacial (tipos de cultivo y masas vegetales autóctonas, prácticas de conservación). Esta cartografía de Erosión Actual, nos muestra las condiciones erosivas existentes en la actualidad.

La mayoría de los análisis territoriales, para la predicción o estima del riesgo de erosión, utilizan la Ecuación Universal de Pérdidas de

Suelo (USLE). En este trabajo, se utiliza la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo - USLE- (Wischmeier & Smith, 1978); adaptándose la cuantificación de sus parámetros para nuestra zona de estudio. Dicha ecuación expone en su primer miembro, la pérdida media anual del suelo (A) en toneladas métricas por unidad de superficie y tiempo (Tm/Ha/año). El segundo miembro, se compone de una serie de factores multiplicados entre sí, los cuales son, por orden de aparición: el factor de erosión pluvial (R) o erosividad; la erodibilidad o erosionabilidad de un suelo (K); los factores de longitud (L) y pendiente (S) del declive; el factor de cultivo - ordenación (C); y por último el factor de prácticas de conservación del suelo (P). (Cuadro III_{2.1-3}). (Graña et al, 2004a).

Cartografía de Riesgo de Erosión Potencial.

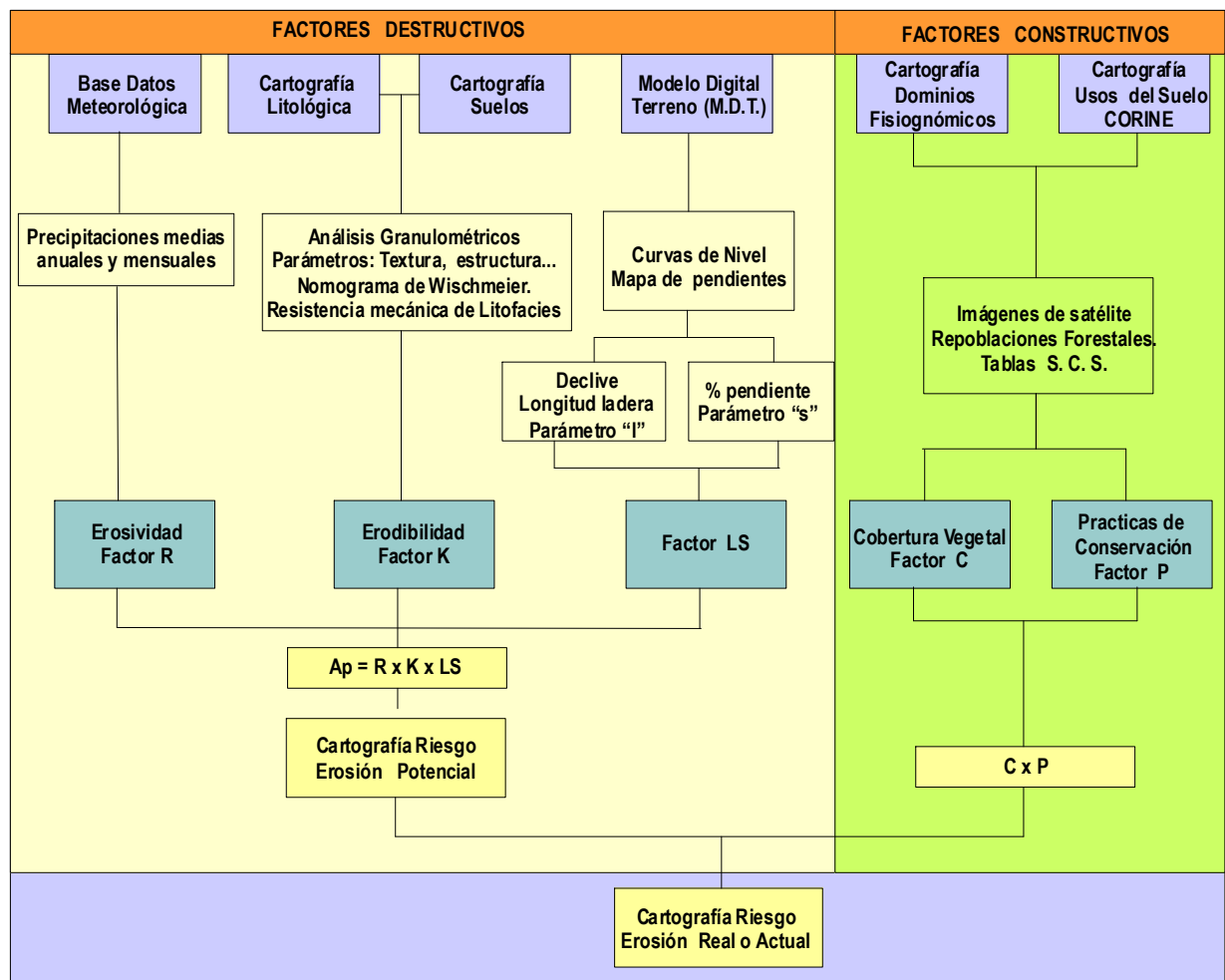
Factor R o agresividad pluvial.

Constituye la capacidad erosiva generada por las precipitaciones. La cartografía de erosividad, se puede evaluar a partir de diferentes índices: índice de aridez (Dantin-Revenge, 1940); índice de agresividad climática (Fournier, 1960), etc.; generando una cartografía aplicada "ad hoc" a partir de bases de datos climáticos obtenidos en las estaciones meteorológicas de la zona de estudio.

La erosividad constituye el poder que tiene la lluvia para producir erosión en el suelo (Hudson, 1971). Para conocer esta capacidad erosiva existen dos vías de cálculo con problemáticas asociadas:

1. A partir de datos de volúmenes e intensidad y/o energía liberada. Suelen existir escasez de datos en el espacio y sobre todo en el tiempo. Existen varios índices:

- Índice EI30 (Wischmeier, 1959), que representa el producto total de la energía liberada por la precipitación (E) y la intensidad máxima en 30 minutos (I30). Se obtiene a partir de bandas pluviométricas, e intenta cuantificar el impacto de la gota de lluvia (efecto "splash") y la turbulencia del flujo de transporte superficial. Es de difícil evaluación pues hay que definir la distribución de tamaños de gota (diferente en el tiempo en una misma tormenta), velocidad de caída, etc. (Gilley & Finker, 1985).



Cuadro III_{2.1}-3. Procedimiento metodológico en la elaboración de la cartografía de riesgo de erosión hídrica en los E.N.P. de Las Batuecas – S. Francia y Quilamas.

- Índice KE > 25 (Hudson, 1982); que tiene en cuenta la erosión generada por la energía cinética mayor a 1 pulgada o 25 milímetros.
- Índice Alm (Lal, 1976), que tiene en cuenta el producto del volumen de lluvia y la intensidad máxima en un intervalo de 7.5 minutos.
- QEA (Kinnell, 1983) tiene en cuenta la cantidad de flujo (Q) y la energía cinética (EA), para una infiltración constante, y evaluando la salpicadura y la arroyada.
 2. A partir de los caudales liberados. No se tiene en cuenta la distribución de la precipitación (valores mensuales, anuales...). Los índices más conocidos son:
 - Índice de Fournier (F) (Fournier, 1960). Este índice tiene en cuenta únicamente los volúmenes de precipitación, siendo el cociente entre el cuadrado de la precipitación del mes más lluvioso y la precipitación anual. Este índice para áreas

mediterráneas presenta problemas, ya que el régimen pluvial presenta más de un máximo anual.

$$F = P^2 \text{ máx.} / P_t$$

- Índice Fournier modificado (Fm) (Arnoldus, 1980). Este autor intenta corregir la problemática anterior, de tal forma que tiene en cuenta todos los meses del año.

$$F_m = \sum_{i=1}^{12} P_i^2 / P_t$$
- Arnoldus ha contrastado el índice Fm y el EI30, mediante correlaciones simples, obteniendo buenos resultados. Otros autores lo han confirmado (Bergsma 1980), (Bolline 1980).
- Índice PCI (Oliver, 1980). Índice de Concentración de Precipitaciones. Este índice es el resultado de dividir la suma de los cuadrados mensuales de la lluvia por la precipitación anual elevada al cuadrado.

$$PCI = 100 \times (\sum_{i=1}^{12} P_i^2) / (\sum_{i=1}^{12} P_i)^2$$

- Índice Fp y PCIp (Gabriels, 1992 en: González Hidalgo, 1996). Debido a la variabilidad espacial y temporal de la lluvia, este autor indica que las posibles concentraciones puntuales que genera intensa erosión, no se aprecian en este método de cálculo, para lo cual modifica los índices F y PCI, de tal forma que hace un cálculo anual de cada uno de ellos y obtiene las medias ponderadas de todos estos valores anuales (índices ponderados: Fp y PCIp) Esta metodología requiere tener una secuencia de datos muy extensa en el tiempo. En la Comunidad Valenciana se ha aplicado con un intervalo temporal de 1950-1990 (De Luis et al, 1997).

En general, de los índices del primer grupo, el más representativo para su aplicación en la ecuación de la USLE es el EI30; pero la escasez de registros pluviográficos, falta de series temporales largas que no confirman su validez estadística y la distribución irregular espacial de la ubicación de las existentes, con los problemas de variabilidad entre estaciones; sugieren la no utilización de este índice.

En este trabajo se ha optado por utilizar un índice del segundo grupo, que tiene en cuenta el volumen de precipitaciones, las cuales presentaban un registro a partir del cual los resultados pudieran ser fiables teniendo en cuenta el empleo de periodos de tiempo prolongados (periodos normales) aconsejados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las estaciones seleccionadas presentaban al menos 20 años de registro pluviométrico continuo.

En primer lugar se realizó un resumen pluviométrico completo de todas las estaciones existentes en la zona de estudio. Posteriormente se analizó su distribución espacial y temporal; y a partir de estos datos se desestimaron las estaciones cuyo registro mensual de precipitaciones fuese inferior a 20 años consecutivos.

Posteriormente se calcularon los índices de agresividad pluvial siguientes: índice de Fournier (F); índice de Fournier modificado (Fm) e índice de Oliver (CPI). El índice de Gabriels ponderado (CPIp) no se calculó al considerar que el periodo de registro no era representativo, ya que su cálculo por otros autores consideraban al menos 40 años de

registro (De Luis et al, 1997). Los resultados se exponen en el Anexo III_{2.1}.

A partir de los valores de los respectivos índices se realiza una distribución de isoclinas de agresividad pluvial, observando la distribución espacial de los diferentes índices, generando sectores de diferente agresividad pluvial, extrapoliando los datos a partir de estaciones; mediante el programa SURFER v.7.0 (Anexo III_{2.2}).

Una vez se obtienen las diferentes cartografías correspondientes a cada índice; se analiza el patrón espacial que más se ajuste a la distribución estándar de las precipitaciones medias anuales (Mapa de Isoyetas del capítulo II); y que además presente una variabilidad espacial que nos permita sectorializar la zona de estudio. A través de este análisis se procede a validar como cartografía de distribución espacial en esta zona la que muestra el índice de Fournier modificado (Fm); con una equidistancia de 10 unidades; considerándose el índice más idóneo.

Dado que este factor debe multiplicarse por el resto de parámetros que componen la fórmula de pérdida de suelo de la USLE; se opta por generar una cartografía con la distribución espacial del índice Fm; mediante ArcGis v.9.2, de tal forma que cada píxel, quede representado por un valor de agresividad pluvial; la cual queda distribuida en franjas de 30 unidades correspondientes al índice Fm. Dada la dispersión de las estaciones pluviométricas, se realiza una operación de interpolación mediante el método de la distancia ponderada ó inverso de la distancia (IDW). De esta forma el valor de cada celda o píxel que compone nuestra cartografía se obtiene basándose en las estaciones georeferenciadas más próximas de tal forma que la semejanza disminuye con la distancia.

Este análisis se realiza en una zona más amplia del sur de la provincia de Salamanca abarcando los Espacios Naturales del Rebollar, Batuecas S. Francia - Quilamas y Candelario; obteniéndose la Cartografía del índice de agresividad pluvial Fm; el cual es un factor dominante en los procesos de erosión, como se le reconoce a esta agresividad, erosividad o capacidad de erosión en diferentes modelos de evaluación del riesgo erosivo (USLE, European Soil Bureau, etc.).(Figura III_{2.1-30}).

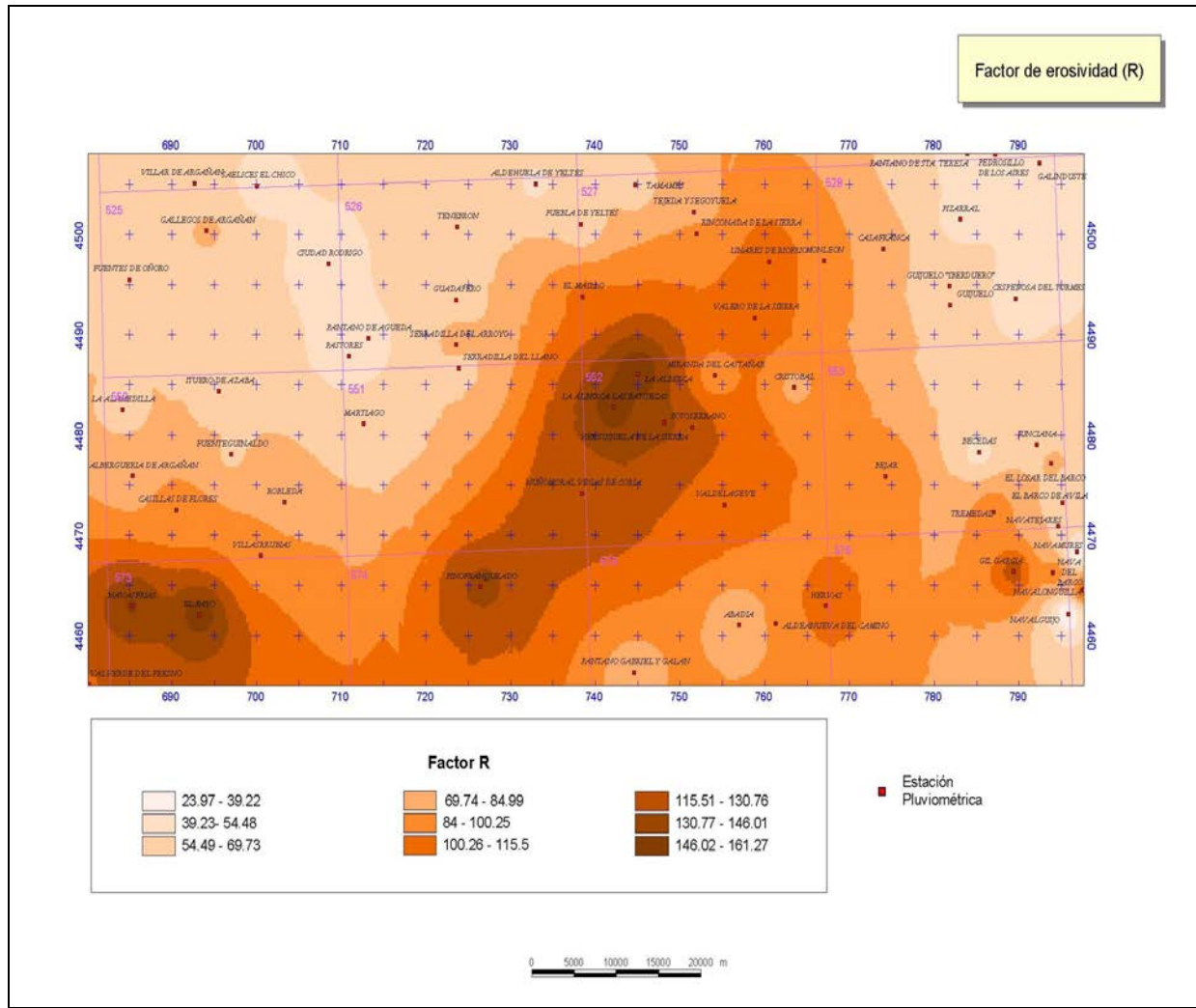
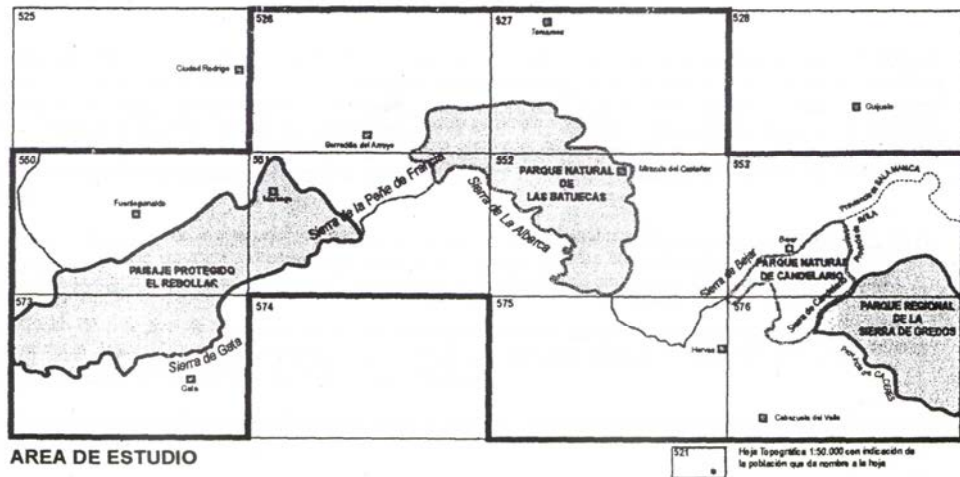


Figura III_{2,1}-30. Cartografía del factor erosividad incluyendo la zona de estudio en la parte central, indicando la ubicación de las estaciones pluviométricas.

De todos los índices manejados el Índice de Fournier modificado (Fm) es el que mejor conjuga los volúmenes y la concentración de la lluvia; teniendo en cuenta la dispersión de las estaciones pluviométricas y la distribución de la precipitación + topografía semejante con las isolíneas de agresividad; y por ello el que mejor evalúa la agresividad pluvial en esta zona. No obstante hay que indicar que los datos de trabajo han sido mensuales, es decir el efecto de la concentración de las lluvias es mensual, no teniendo en cuenta las variaciones diarias y horarias de dicha concentración que producen eventos erosivos importantes. En general podemos indicar que el Factor R o Agresividad pluvial, aumenta en nuestra zona de estudio, a medida que aumentamos hacia cotas elevadas. (Graña et al, 2004b).

La cartografía del índice R o de agresividad pluvial, se genera con la distribución espacial aplicando el índice de Fournier modificado - Fm- (Arnoldus, 1980); mediante ArcGis v. 9.2, de tal forma que cada píxel, queda representado por un valor de agresividad pluvial, pero dada la dispersión de las estaciones pluviométricas, se hace necesario realizar una operación de interpolación mediante el método de la distancia ponderada ó inverso de la distancia (IDW).

Algunos autores (Pando et al, 2003), comprobaron la fiabilidad de los valores del factor R, para ello compararon los resultados obtenidos con un método directo (clavos) y un método indirecto aplicando la RUSLE. Al aplicar la RUSLE para calcular los valores del factor R, utilizaron dos índices:

Índice de Fournier, recomendado por la FAO, 1979:

$$R = \sum P^2 / P$$

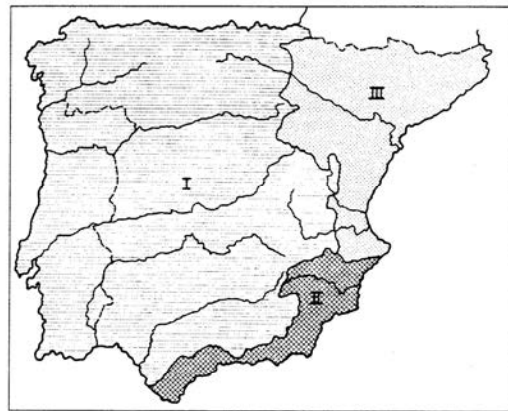
Índice de Young, 1989:

$$R = P / 2$$

siendo R la mitad de la precipitación promedio anual en milímetros.

El resto de factores se estimaron de acuerdo con la ecuación original (Wischmeier & Smith, 1978). Los valores estimados con el índice P/2 son 4 veces los estimados por el índice Fournier, aproximándose este último más a los valores reales obtenidos por el método directo (clavos de erosión).

El ICONA, 1990 (Figura III_{2.1}-31); establece una zonificación nacional de este factor para estimar su valor, el cual se basa en mapas de iso-R o isoerodentas, cuyos valores son el resultado de análisis estadísticos relacionando datos de pluviógrafos (menos numerosos) y de pluviómetros de la red meteorológica.



Expresiones matemáticas correspondientes a cada zona:

I: $R = e^{0.824} (PMEX)^{1.314} (MR)^{0.388} (F24)^{0.563}$
 II: $R = e^{1.225} (PMEX)^{1.297} (MR)^{0.511} (MV)^{0.266} (F24)^{0.414}$
 III: $R = e^{0.754} (T2)^{1.031} (T10)^{0.825} (F)^{0.482} (PMEX)^{1.626} (MR)^{1.22} (MV)^{0.536} (F24)^{0.800} e^{(z_1 - 0.211)} e^{(z_2 - 0.157)}$

PMEX: Valor medio anual de la máxima lluvia mensual (mm)
 MR: Precipitación media del periodo octubre-mayo (mm)
 F24: Valor medio de los cocientes entre la lluvia máxima en veinticuatro horas de cada año, elevada al cuadrado, y la suma de las máximas en veinticuatro horas de todos los meses de ese mismo año.
 MV: Precipitación media del periodo junio-septiembre (mm)
 F: Valor medio del índice de agresividad de la lluvia de Fournier, como cociente entre la lluvia máxima mensual del año elevada al cuadrado y la precipitación anual de ese mismo año.
 T2: Lluvia máxima en veinticuatro horas con periodo de retorno de dos años.
 T10: Lluvia máxima en veinticuatro horas con periodo de retorno de diez años.
 Z₁: Murcia | Z = I, Tratándose del análisis de la zona I, y nulos las restantes zonas
 Z₂: Valencia
 Z₃: Tarragona

Fuente: ICONA (1988)

Figura III_{2.1}-31. Cartografía de Iso-erodentas para el cálculo del factor R (Tomado de ICONA, 1990).

La cartografía del factor R, muestra que la erosividad aumenta con la topografía fundamentalmente, situándose las mayores elevaciones en el SW de la zona central (Sierra de Francia y alrededores); y disminuyendo en franjas hacia áreas más bajas. (Figura III_{2.1}-32). (Graña et al, 2003).

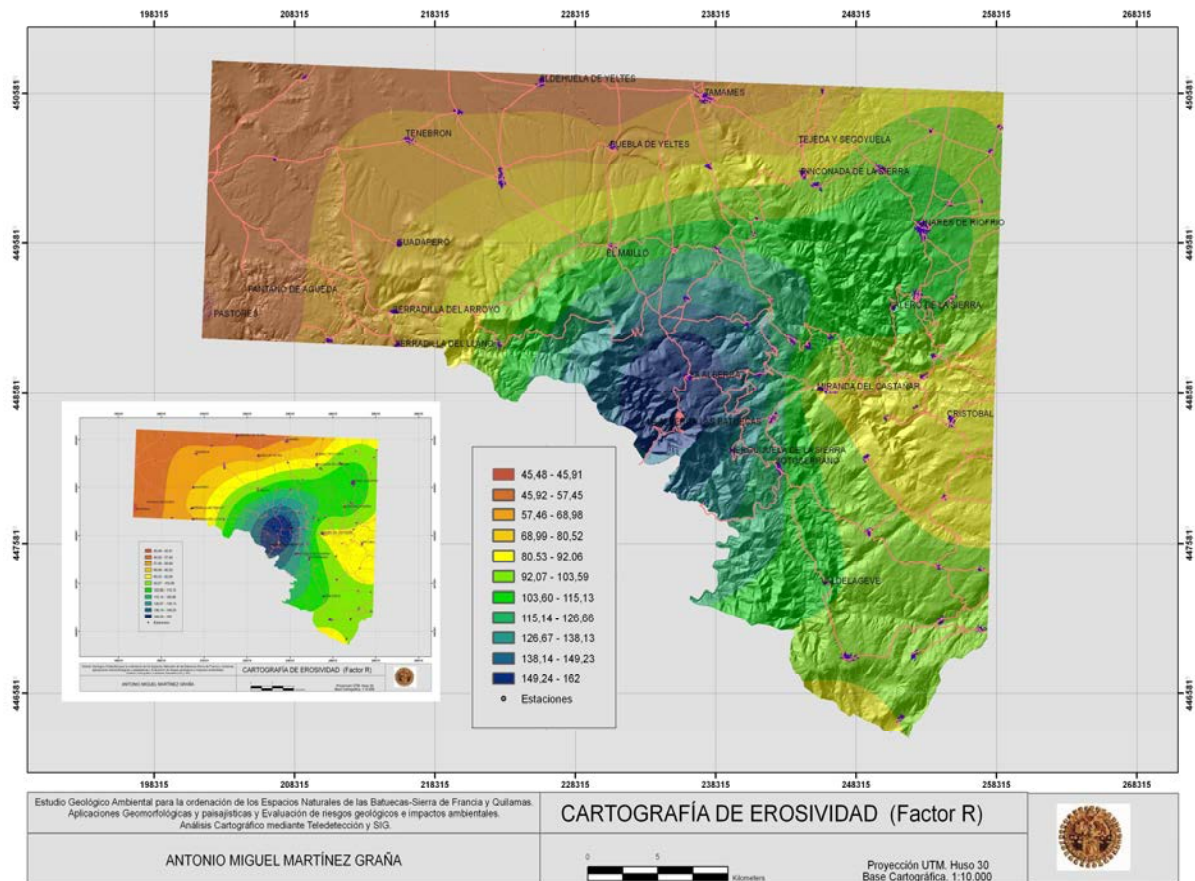


Figura III_{2,1}-32. Cartografía de Erosividad, con Índice de agresividad climática: Índice de Fournier Modificado (Fm).

Factor K o erodibilidad.

La cartografía del factor K o erodibilidad del suelo, constituye la susceptibilidad o vulnerabilidad a la erosión de un suelo, o lo que es lo mismo; lo inverso a la resistencia a la erosión. Existen dos factores que influyen en este parámetro:

1. Las características físicas del suelo (textura, estructura, permeabilidad, etc.). Se ha realizado un estudio pormenorizado de las propiedades físico-químicas de los diferentes tipos de suelos (análisis químicos y granulométricos), cuya génesis es específica para cada tipo de sustrato litológico. El análisis de las características edáficas puede seguir dos caminos:

1.1. La utilización de nomogramas que tienen en cuenta parámetros de textura, estructura, materia orgánica y permeabilidad (Wischmeier & Smith 1978); de tal forma que utilizando el Nomograma de Wischmeier, (Wischmeier & Cross 1971 en: Morgan, &

Kirkby, M.J. 1984) (Figura III_{2,1}-33) se obtienen valores representativos del factor K. En nuestra zona de estudio se procedió a determinar los valores de K, para cada sustrato litológico (arcosas, raña, aluviales, pizarras, granitos...), para lo cual hemos seleccionado diferentes perfiles en cada mancha litológica en nuestra zona de estudio y adyacentes. Para una mayor precisión se han realizado al menos dos análisis de suelos, en sustratos de gran extensión en la zona de estudio, muestreando en zonas distantes; y finalmente el valor de K ha sido el valor medio obtenido.

Los resultados de los valores del Factor K, así como las características físicas de los diferentes análisis edáficos utilizados por esta metodología se muestran en el Anexo III 2-3. Los valores de K para cada unidad litológica en nuestra zona de estudio se indican en el cuadro III_{2,1}-4:

Valor K

1. Rocas Graníticas.	0.2
2. Pizarras, esquistos, grauvacas, areniscas y cuarcitas.	0.3
3. Pizarras microbandeadas y pelitas negras.	0.4
4. Cuarzita Armoricana.	0.1
5. Calizas, brechas calcáreas y dolomías.	0.4
6. Conglomerados, gravas, areniscas y lutitas de carácter arcósico.	0.3
7. Conglomerados, gravas, arenas y fangos rojos. (Raña)	0.4
8. Gravas, arenas y limos sueltos (Aluviales).	0.2

Cuadro III_{2.1-4}. Susceptibilidad al riesgo de erosión hídrica de las diferentes litofacies.

1.2. El segundo camino consiste en utilizar fórmulas empíricas de parámetros texturales basados en diámetros de las partículas de los distintos suelos (Renard, 1997; European Soil Bureau, 2000). Para ello a partir de la Cartografía de suelos, donde se distribuyen las diferentes unidades edáficas, se obtienen los diferentes datos en base a los análisis químicos y granulométricos de los perfiles de campo

(Anexo III_{2.4}), realizados en la zona de estudio; procediendo a aplicar la ecuación de regresión de Wischmeier (Wischmeier, 1974),- obtenida a partir de experimentación con simuladores de lluvia:

$$100 K = 0.000271 M^{1,14} (12 - a) + 4,20 (b - 2) + 3,23 (c - 3)$$

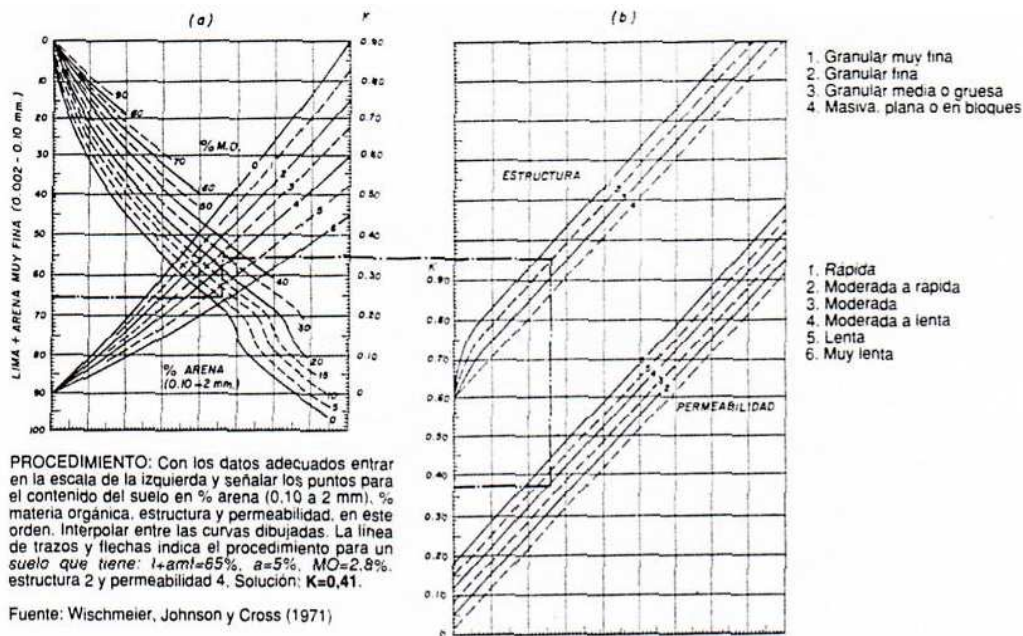


Figura III_{2.1-33}. Nomograma de Wischmeier & Smith 1978 (Tomado de Morgan, R.P.C. & Kirkby, M.J. (1984).

Siendo M el producto del porcentaje de partículas comprendidas entre 0,002 y 0,1 mm de diámetro por el porcentaje de partículas de suelo entre 0,002 y 2 mm de diámetro; o lo que es lo mismo, M es la diferencia entre el 100% y el porcentaje de arcilla de la muestra de suelo. "a" es el % de materia orgánica, "b" se corresponde con la estructura del suelo; y "c" indica la permeabilidad del perfil edáfico. Los datos analíticos se realizan en los primeros 20

cm superiores del perfil edáfico, y los resultados se observan en la tabla del anexo Anexo III_{2.5}.

2. La naturaleza de la roca madre o sustrato. Se tiene en cuenta la mayor o menor resistencia a los procesos erosivos de las diferentes formaciones geológicas, agrupando formaciones de similares características.

A partir del Mapa Litológico se estima la resistencia de cada tipología de sustrato a los efectos mecánicos de la erosión hídrica. Se determina la erosionabilidad del suelo en base a unidades de litofacies homogéneas, es decir, sectores con un comportamiento similar frente a la erosión hídrica, en base a criterios de resistencia mecánica del sustrato (Cuadro III_{2.1-5}).

Otros autores estiman la erosión potencial de los suelos conjugando el factor K, a partir de la susceptibilidad a la erosión hídrica en función de las litofacies, con las pendientes (Factor LS) y la erosividad (Factor R); evaluándose en rangos de Muy Baja – Baja - Moderada - Alta y Muy Alta erosionabilidad (ITGE, 1990).

Resistencia Erosión (Edafología)	Resistencia Mecánica (Litología)	Susceptibilidad Erosión
1, 4	1, 4	Muy Baja.
2,3	2,5	Baja
5	3	Moderada
6,7	6	Alta
8	7,8	Muy Alta
1. Rocas Graníticas. 2. Pizarras, esquistos, grauvacas, areniscas y cuarcitas. 3. Pizarras microbandeadas y pelitas negras. 4. Cuarcita Armoricana. 5. Calizas, brechas calcáreas y dolomías. 6. Conglomerados, gravas, areniscas y lutitas de carácter arcósico. 7. Conglomerados, gravas, arenas y fangos rojos. (Raña) 8. Gravas, arenas y limos sueltos (Aluviales).		

Cuadro III_{2.1-5}. Susceptibilidad al riesgo de erosión hídrica de las diferentes litofacies. El valor de K y la leyenda se corresponde con el cuadro III_{2.1-4}.

La validación de los valores obtenidos por estas metodologías: Nomograma de Wischmeier & Smith; ecuación de regresión de Wischmeier y erosividad de litofacies; se realiza al contrastar los resultados del factor de erodibilidad (K) con los indicados para la zona de estudio por el Instituto de Conservación de la Naturaleza (ICONA, 1990) en su mapa de Estados Erosivos a escala 1/200.000; los cuales están basados en parcelas experimentales. Previamente se seleccionan las estaciones experimentales ubicadas en la zona

de estudio y en otras áreas próximas con litologías correlacionables, y posteriormente se comparan los valores de K experimentales de estas parcelas para cada tipología de sustrato y nuestros cálculos basados en el análisis edáfico, ecuación de regresión y nomograma sobre cada unidad litológica; observándose una buena correlación de ambos métodos (litofacies y suelos dominantes). (Figura III_{2.1-34}).

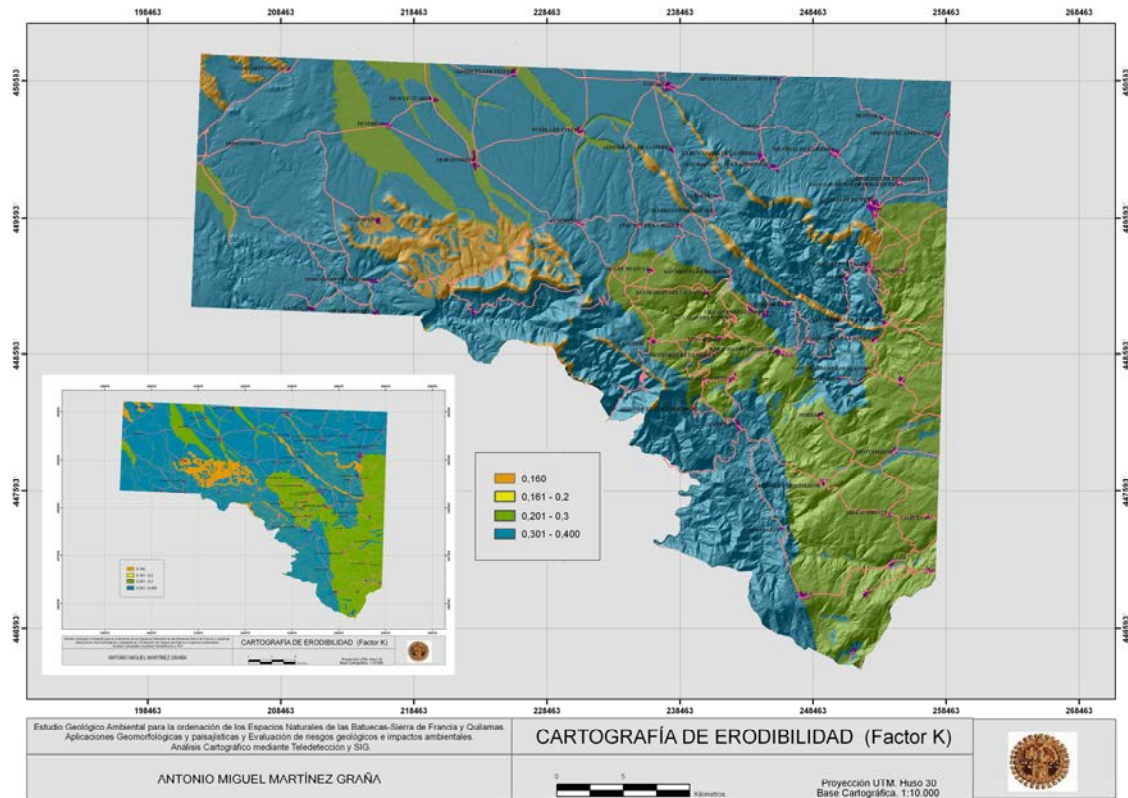
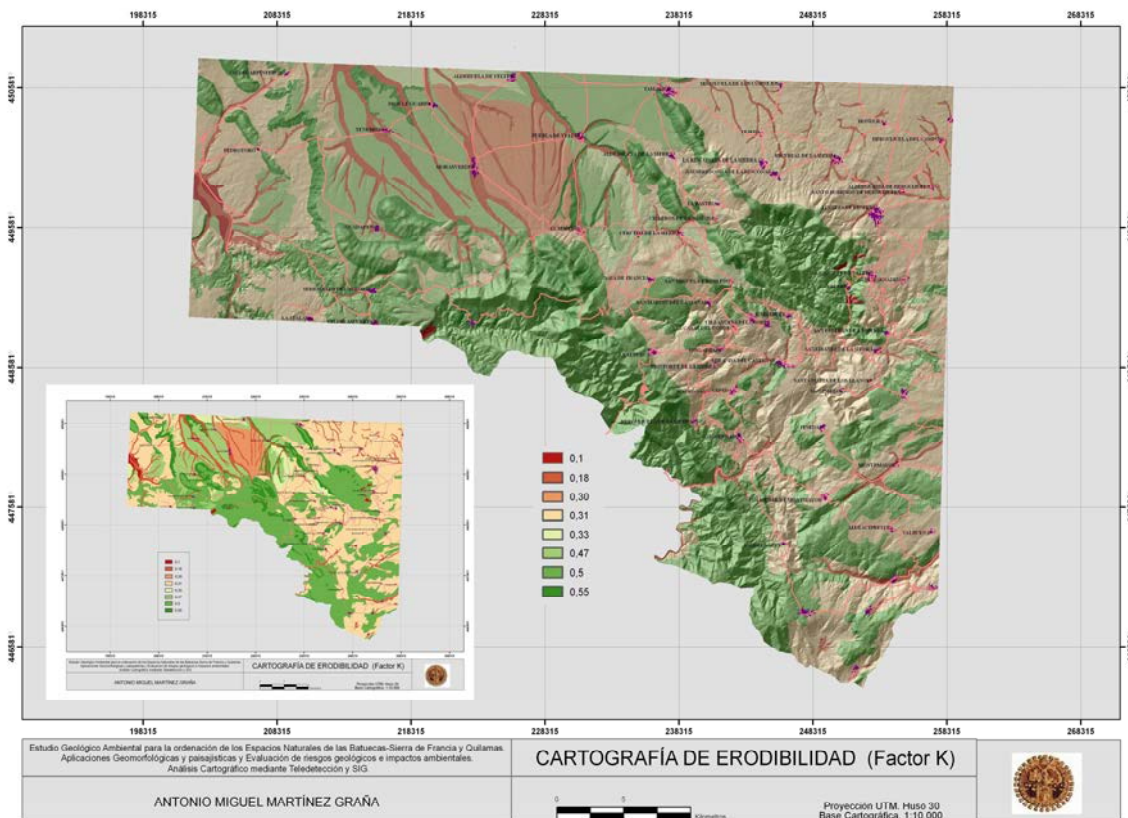


Figura III_{2,1}-34. Cartografía de Erodibilidad (Factor K) a partir de las litofacies (arriba) y a partir del mapa de unidades de suelos dominantes (abajo).



Factor LS o topográfico.

El factor topográfico (LS); establece la necesidad de un conocimiento exhaustivo de la distribución del espacio, ya que la erosión edáfica se intensifica con la concentración de aguas de arroyada, hacia las zonas más bajas, por lo que se debe determinar además de la pendiente (subfactor S), el declive (subfactor L), para así determinar con mayor exactitud las direcciones de flujo y la capacidad erosiva del volumen hídrico de arroyada en descenso laminar o canalizado, con las implicaciones erosivas que conllevan cada una de ellas.

El uso de técnicas SIG, ha ayudado notablemente en la obtención de este factor "LS"; facilitando una mayor precisión y calidad en la estima del riesgo erosivo por procesos hídricos calculando la estimación de grandes áreas de estudio. El Modelo Digital del Terreno (MDT) generado para calcular el

factor "LS" ha partido de la cartografía topográfica digitalizada de la junta de Castilla y León, a escala 1/ 10.000, previamente depurada (curvas de nivel, puntos acotados, hidrografía y líneas de ruptura) en la cual además se han tenido en cuenta algunos puntos georeferenciados, elaborando un mallado con una precisión espacial de 50 metros. La Cartografía de trabajo obtenida es a escala 1/ 50.000. En todo el proceso la proyección cartográfica utilizada es la UTM (Huso 30, banda T) y el sistema geodésico de referencia, el de la cartografía oficial española (European Datum 50), sistema en el que se integran tanto los datos vectoriales de la cartografía como los datos imagen. El método de representación del MDT es el de Red Irregular de Triangulación, comando TIN (Triangulated Irregular Network). (Figura III_{2,1}-35.).

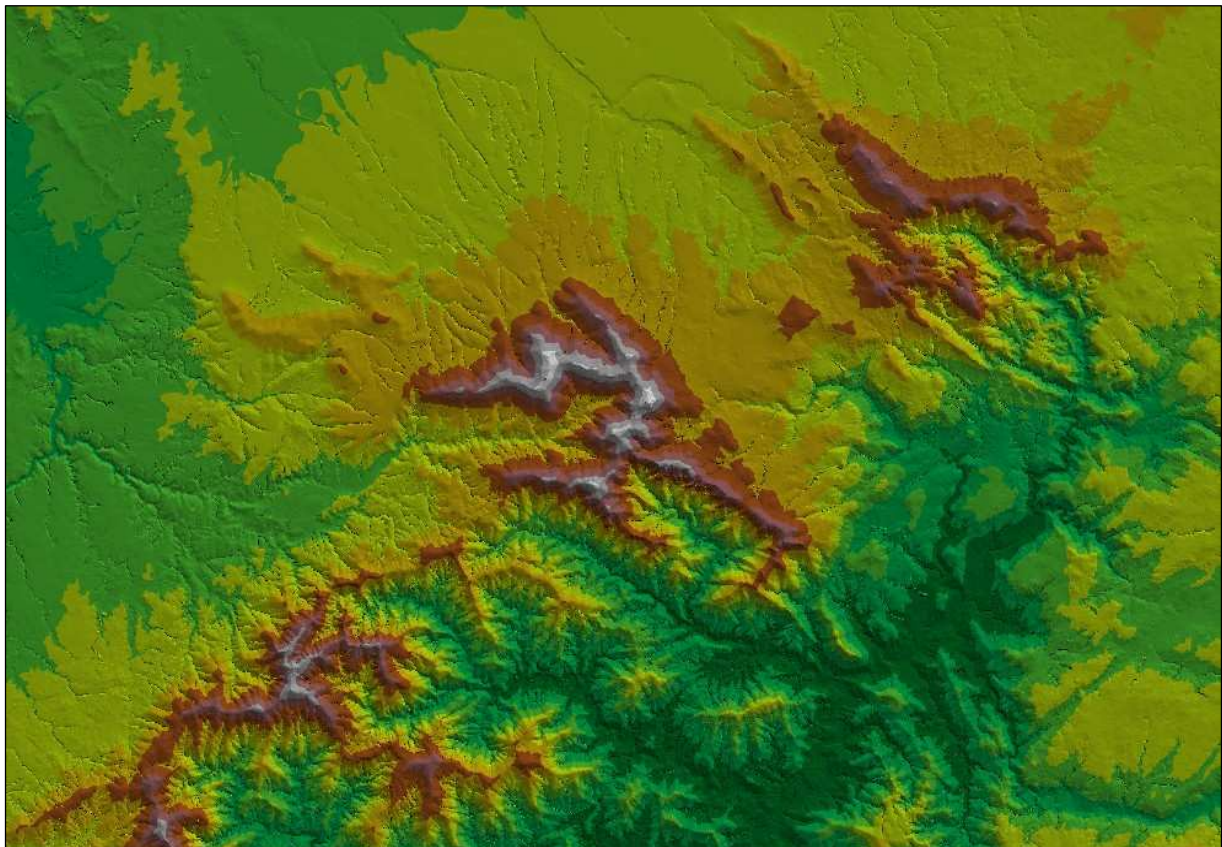


Figura III_{2,1}-35. Cartografía Modelo Tridimensional del Terreno MDT de la zona de estudio.

Para calcular el factor LS, se han venido utilizando varias metodologías. En un principio Williams & Berndt (1976) utilizan el método del contorno – punto – extremo, el cual se basa en un estudio detallado de una extensión pequeña, generalmente una subcuena de pendiente, suelo y vegetación uniformes, obteniendo los valores LS con respecto a la longitud de las curvas de nivel y parámetros asociados al drenaje. Una vez conocidos estos valores se correlacionan con otras zonas donde solo se conoce el valor de la pendiente (S) extrapolando el estudio a regiones más extensas, pero basándose en un análisis exhaustivo de una zona concreta y puntual. Aunque este método sea aplicable a zonas de similar extensión como la nuestra se descarta por ser demasiado inexacto, al presentar nuestra zona poca uniformidad y grandes diferencias en parámetros asociados a curvas de nivel, muy contrastadas del sector norte al sur de nuestra zona de estudio.

Wischmeier & Smith (1978) desarrollan un método que estima las pérdidas de suelo por arroyada superficial, teniendo en cuenta declives y pendientes con cota inicial en la región topográficamente más elevada y una cota final que tomaba el valor de la zona más deprimida. El problema del método es que las variaciones intermedias en ambos subfactores no se tenían en cuenta sino que se consideraban pendientes uniformes en los puntos intermedios. Posteriormente en su aplicación ha habido que utilizar una serie de correctores, basados en un minucioso trabajo a partir de la cartografía topográfica, fotointerpretación y mediciones en campo. Actualmente es un método que dada su gran complejidad solo se puede utilizar en áreas de estudio relativamente pequeñas, lo cual hace que para nuestra zona de estudio no sea útil.

Algunos autores (Gisbert Blanquer et al, 2001), establecen tres métodos basados en herramientas SIG, de tal forma que se asignen valores contrastados en superficies pequeñas, pero que a partir de mecanismos automáticos de cálculo se puedan generalizar y extrapolar a grandes zonas de estudio. Estos métodos, varían según la forma de calcular el recorrido del flujo en cada punto o píxel de la zona de estudio. Estos métodos son: método LC; donde el valor L es el de la longitud del píxel de trabajo; método LF establece el recorrido del flujo hídrico en cada celda o píxel con dos

datos uno máximo y otro mínimo. Por último el método LL; el cual calcula “L” a partir de la distancia recorrida por el flujo hídrico hasta llegar a cada punto mediante una serie de algoritmos.

La finalidad de conocer con exactitud el valor de LS, es que la estimación de riesgo de erosión en cada punto es un dato puntual, el cual no tiene en cuenta que la escorrentía va aumentando su poder erosivo hacia las zonas más deprimidas. No obstante, teniendo en cuenta los recorridos previos, mediante los métodos más precisos (método LF y LL); e inclusive relacionando los resultados con el método inicial del contorno - punto- extremo de Williams & Berndt; se obtienen resultados similares (Gisbert Blanquer et al, 2001).

El método utilizado en este estudio es el método LC, calculando el factor L teniendo en cuenta la longitud del píxel de trabajo con mayor precisión; que en nuestro caso es 20 metros, por debajo del cual la precisión se desvirtúa al presentar la equidistancia este valor, por lo que aunque trabajásemos con valores de píxel para el cálculo de “L” de 10, la información no sería correcta al compararla con valores del subfactor “S” basados en pendientes generadas a partir de curvas de nivel de equidistancia 20 metros.

Para calcular los índices de la pendiente (S) y el declive (L) utilizamos las ecuaciones de Moore et al 1993 en: Morgan & Kirkby, 1984;

$$S = (\text{Sen } B / 0.0896) 1.3$$

$$L = 1,4 (A_s / 22.13) 0.4$$

Estas ecuaciones están basadas en las ecuaciones originales de Wischmeier & Smith 1978; donde “B” es el ángulo de la pendiente para cada punto en grados y “As” es la superficie de contribución específica (tamaño píxel 20 m.), siendo la unidad mínima de longitud del declive de escorrentía; y los 22.13 metros la unidad estándar de longitud pues son las dimensiones de las parcelas experimentales con las que se correlacionan todos los trabajos realizados por la USLE. Los valores de “LS” obtenidos en este estudio, se han contrastado con el gráfico de Way, 1978 en: Morgan & Kirkby, 1984; utilizando un exponente de m= 0.4 (Moore et al, 1993; en Morgan & Kirkby, 1984). En la ecuación de la USLE, el factor “LS” nos indica la pérdida de suelo existente

por unidad de superficie en relación con la pérdida de suelo existente en una parcela de 22.13 metros de longitud y 9% de pendiente, parámetros de las parcelas experimentales utilizadas.

Existen metodologías que generan cartografías de estimación de pérdidas de suelo, teniendo en cuenta exclusivamente el

porcentaje de pendiente, lo cual crea una gran inexactitud, al no tener en cuenta el declive, y por lo tanto el fenómeno erosivo de la concentración de aguas de arroyada e incisiones generadas en un talud de pendiente constante, por procesos de aumento de volumen o concentración hídrica. (Figura III_{2.1}-36).

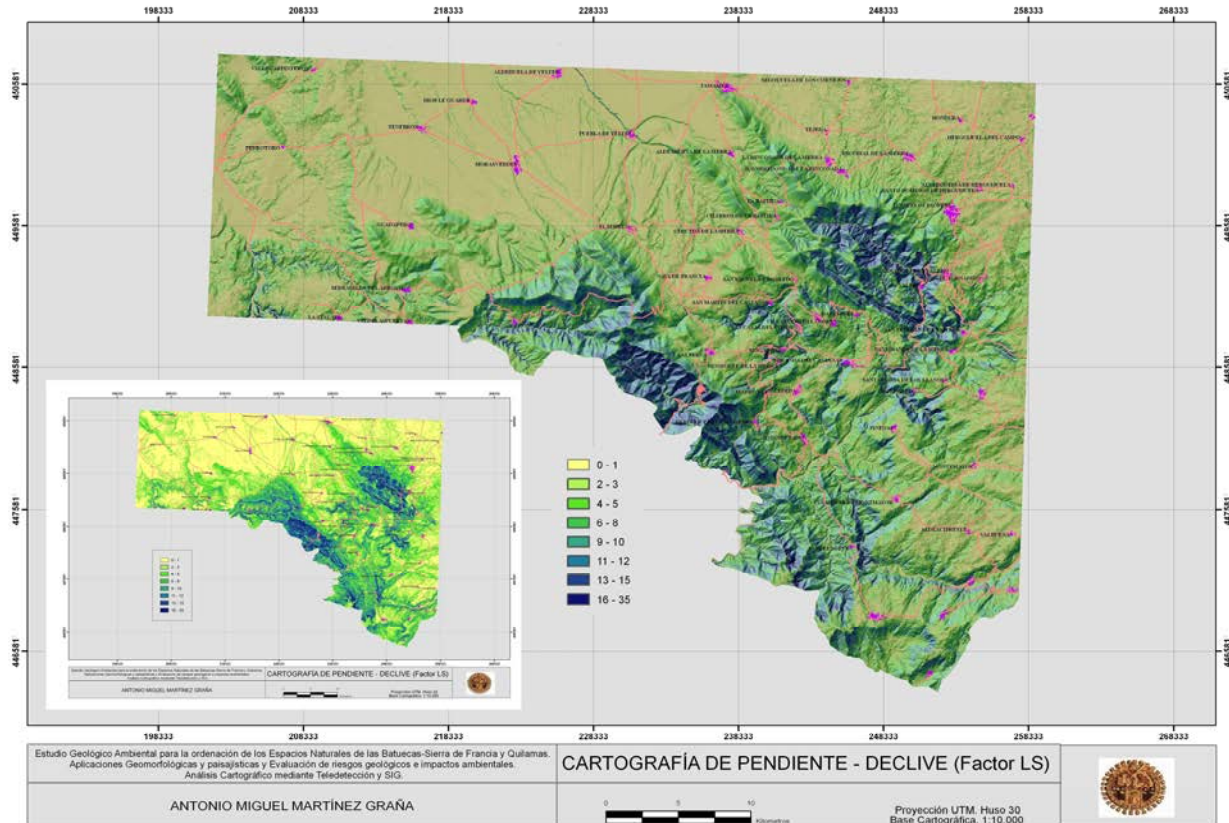


Figura III_{2.1}-36. Cartografía del parámetro declive – pendiente: Factor LS.

Finalmente, se multiplican estos tres factores: R, K y LS; para generar el Mapa de Erosión Potencial de la zona de estudio. La clasificación de los grados erosivos, se realiza reagrupando la clasificación inicial en intervalos más reducidos, utilizando criterios de la FAO, de uso más frecuente y por ello la utilizada en nuestro análisis. (Figura III_{2.1}-37).

No obstante existen diversos tipos de reclasificaciones, basadas en diferentes autores; así el ITC (International Institute For Aerial Survey and Earth Sciences), realiza un análisis sobre el riesgo de erosión en Mérida; utilizando los intervalos del método de predicción de pérdida de suelo (Wischmeier, 1959), generando hasta 5 clases de susceptibilidad erosiva: Muy Baja (0-5 Tm/-Ha/año), Baja (5-12 Tm/Ha/año), Moderada (12-25

Tm/Ha/año), Alta (25-60 Tm/Ha/año) y Muy Alta (> 60 Tm/Ha/año). (Cuadro III_{2.1}-6).

PERDIDAS DE SUELO		
Tm/Ha/año	mm/año	Clase
< 5	< 0.3	Débil
5-20	0.3-1.3	Ligera
20-40	1.3-2.67	Importante
> 40	> 2.67	Grave

Cuadro III_{2.1}-6. Valores de pérdidas de erosión.

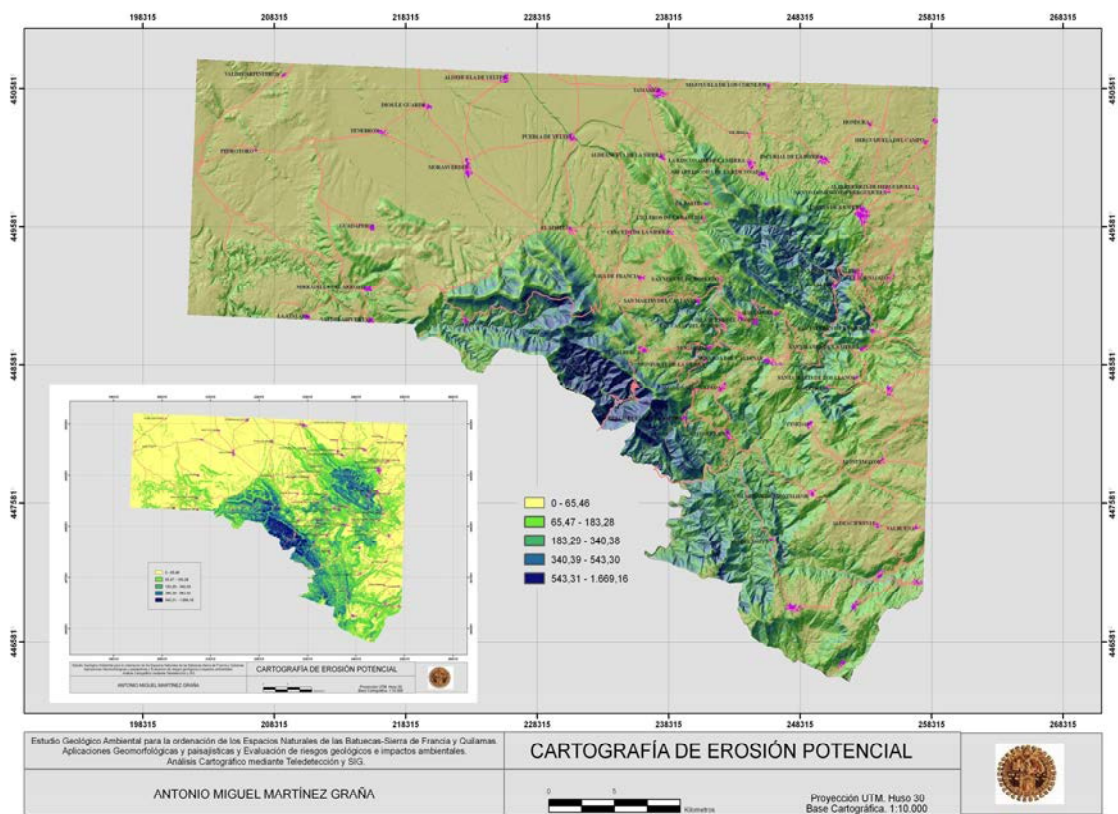
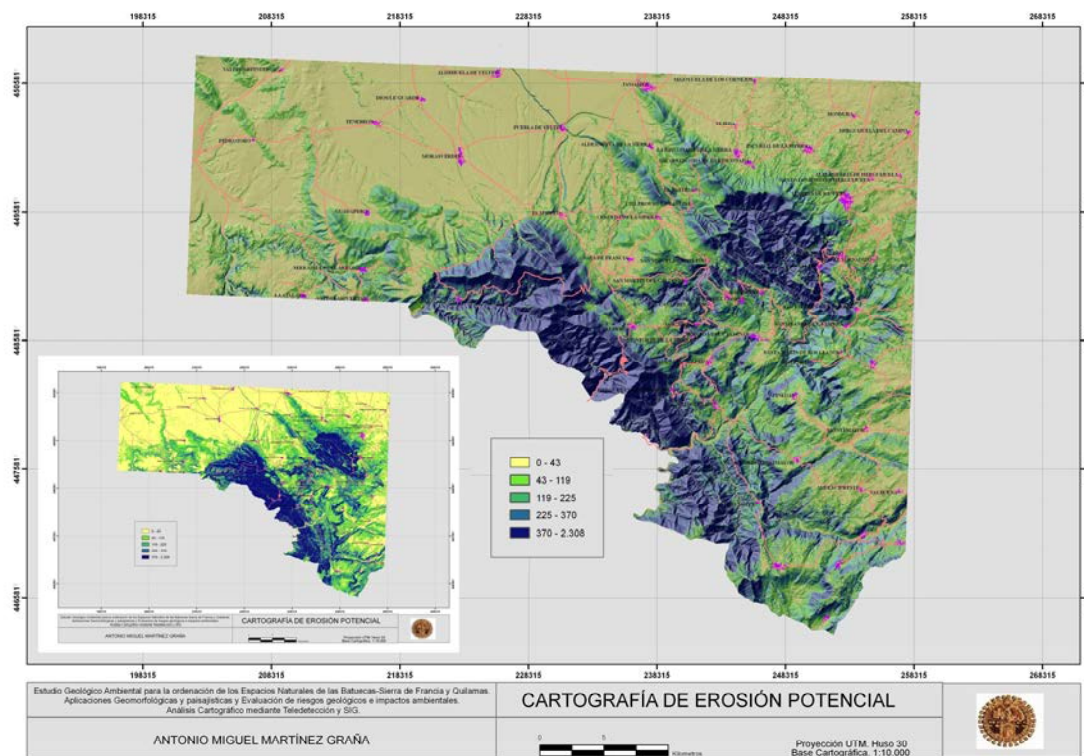


Figura III.2.1-37. Cartografía de Erosión Potencial, a partir del método de litofacies (arriba) y del método de suelos dominantes (abajo).



Cartografía de Riesgo de Erosión Actual.

La Cartografía del riesgo de erosión actual; se obtiene a partir del Mapa de Erosión Potencial; añadiéndole dos términos a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, los cuales son: el factor cultivo o vegetación (Factor C) y el factor Prácticas de Conservación (Factor P). Con respecto al factor "P" en este estudio se presupone la inexistencia de prácticas de conservación en la zona, con lo cual el valor de dicho factor es la unidad; de tal forma que se observen las zonas potencialmente degradadas por erosión hídrica y pueda delimitarse mejor los sectores que necesitan un mayor control y recuperación.

Factor C o Cubierta Vegetal.

El cálculo del Factor C; tiene en cuenta la ordenación de masas vegetales y cultivos; por ello en un primer momento se ha utilizado el Mapa de Dominios Fisiognómicos, realizado

a partir del mapa de vegetación actual sintetizando sus unidades. Este factor analiza la influencia que tiene el tipo de especie vegetal, la alternancia de cultivos, así como el grado de susceptibilidad erosiva del suelo, lo cual influirá en su productividad. Para la obtención del Factor C o Factor de cubierta vegetal tenemos en cuenta los valores establecidos por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (U.S.C.S.; 1975 en: Morgan & Kirkby, 1984) (Cuadro III_{2.1-7}); para formaciones arbóreas, arbustivas y mixtas arboladas, analizando el porcentaje de cubierta arbórea y arbustiva; tipo de cubierta herbácea y espesor de despojos vegetales (G-W) así como su extensión. En cuanto a las formaciones herbáceas se ha tenido en cuenta la Tabla de Wischmeier, (Wischmeier, 1974) (Cuadro III_{2.1-8}).

FACTOR DE CULTIVO Y ORDENACION C PARA PASTIZALES Y TERRENOS BALDIOS
(U. S. Soil Conservation Service, 1975)*

Tipo de cubierta y promedio de altura de caída del goteo de agua	Cubierta arbórea y arbust. (%)	Cubierta herbácea y despojos vegetales	Porcentaje de cubierta herbácea y de despojos vegetales					
			0	20	40	60	80	95-100
Cubierta no apreciable		G	0,45	0,20	0,10	0,042	0,013	0,003
		W	0,45	0,24	0,15	0,090	0,043	0,011
Cubierta de maleza alta o arbustos bajos (0,5 m. altura de caída)	25	G	0,36	0,17	0,09	0,038	0,012	0,003
	50	W	0,36	0,20	0,13	0,082	0,041	0,011
		G	0,26	0,13	0,07	0,035	0,012	0,003
75	W	0,26	0,16	0,11	0,075	0,039	0,011	
	G	0,17	0,10	0,06	0,031	0,011	0,003	
Arbustos (2 m. altura de caída)	25	G	0,40	0,18	0,09	0,040	0,013	0,003
		W	0,40	0,22	0,14	0,085	0,042	0,011
	50	G	0,34	0,16	0,085	0,038	0,012	0,003
		W	0,34	0,19	0,13	0,081	0,041	0,011
	75	G	0,28	0,14	0,08	0,036	0,012	0,003
		W	0,28	0,17	0,12	0,007	0,040	0,011
Arboles. sin sotobosque de arbustos bajos (4 m. altura de caída)	25	G	0,42	0,19	0,10	0,041	0,013	0,003
		W	0,42	0,23	0,14	0,087	0,042	0,011
	50	G	0,39	0,18	0,09	0,040	0,013	0,003
		W	0,39	0,21	0,14	0,085	0,042	0,011
	75	G	0,36	0,17	0,09	0,039	0,012	0,003
		W	0,36	0,20	0,13	0,083	0,041	0,011

*G = La cubierta de la superficie es césped o plantas similares, con despojos vegetales compactados o «pinocha» de por lo menos 2 pulgadas de profundidad (1 pulgada = 2,54 cm.).

W = La cubierta de la superficie consiste principalmente en plantas herbáceas de hoja ancha (por ejemplo, de malas hierbas con un reticulado de raíces superficial y sin despojos vegetales).

Cuadro III_{2.1-7}. Estimación de los valores del parámetro cobertera vegetal (Factor C). Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos. U.S.C.S. (1975).

VALORES DE C PARA COBERTURAS HERBACEAS
(WISCHMEIER, 1974)

% de cobertura	Establecimiento o consolidación	Valor de C
95 - 100	Bien.	0,003
80	Moderadamente.	0,012
40	Pobremente.	0,10
20	Muy pobremente.	0,20

Cuadro III_{2.1}-8. Estimación del Factor C para formaciones herbáceas. (Wischmeier, 1974).

Posteriormente procedemos a reclasificar el Mapa de Dominios Fisiognómicos (Figura III_{2.1}-38) de la siguiente forma:

- Formaciones Arbóreas (Rebollares, Encinares y Pinares)
- Formaciones Arbustivas (Jarales, Brezales, Escobonales) y Subarbustivas culminales (Piornales).
- Formaciones Mixtas Arboladas (Mezclas y Mosaicos).
- Formaciones Herbáceas Pastizales.
- Formaciones Herbáceas Cultivos y Barbecho.
- Áreas de escasa cobertura vegetal (canchales, embalses y núcleos urbanos).

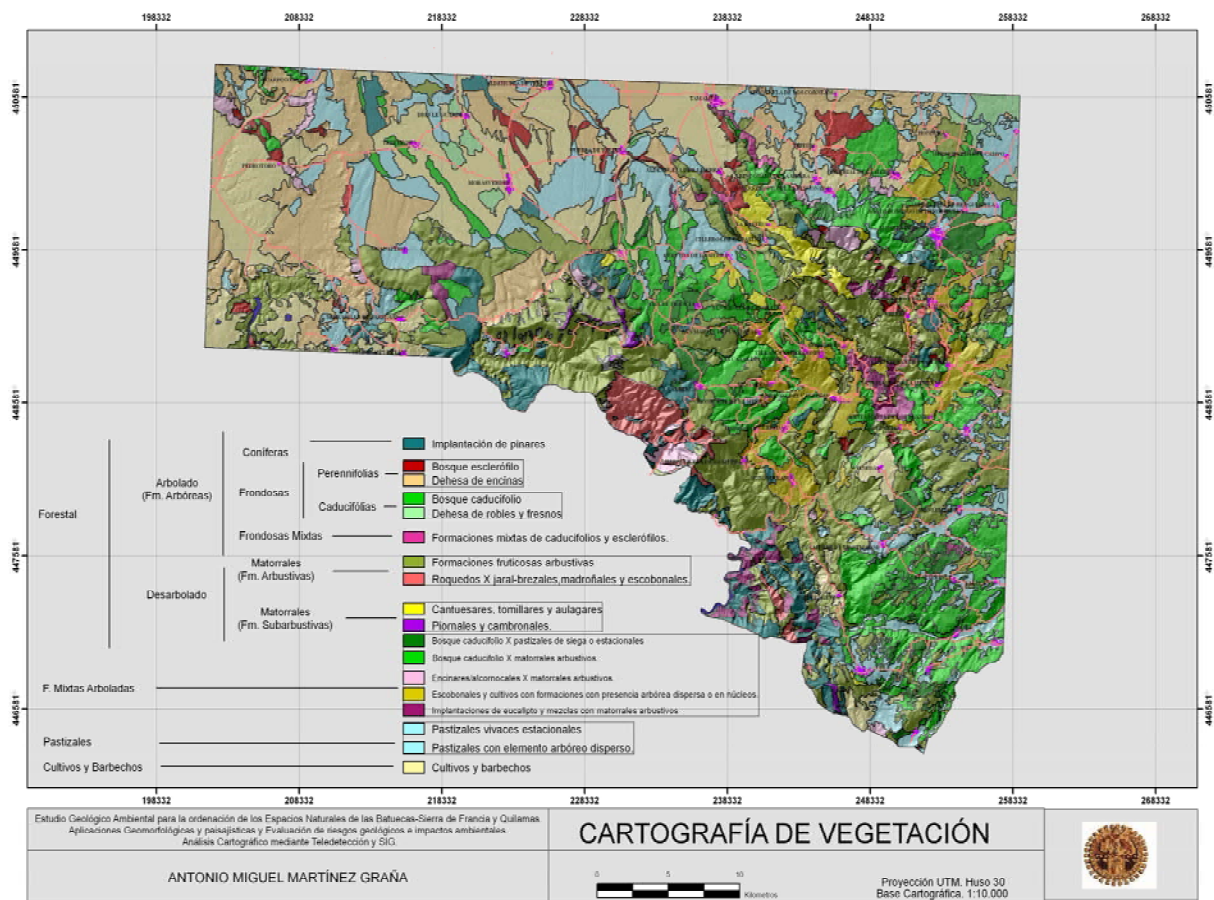


Figura III_{2.1}-38. Cartografía de Dominios Fisiognómicos.

Posteriormente se ha visto que era necesario realizar una mayor aproximación en el conocimiento del factor C, ya que el efecto de la vegetación sobre la protección del suelo, se debe a tres parámetros claramente diferentes: protección aérea que la vegetación proporciona a la superficie edáfica, interceptando la agresividad pluvial, protección que genera la vegetación en contacto con el suelo y protección por los restos vegetales que tapizan

los suelos. No obstante existen una serie de características intrínsecas en la vegetación que conviene analizar en detalle pues va a determinar el potencial erosivo de nuestra zona de estudio. La cubierta vegetal puede llegar a modificar la precipitación de una zona, al constituir una interfase entre la atmósfera y el suelo, es decir, el dosel arbóreo divide el flujo de precipitación incidente en tres componentes:

- Intercepción: agua retenida en las copas y devuelta a la atmósfera por evaporación, que puede llegar a alcanzar, según algunos autores, el 30% de la precipitación incidente
- Transcolación: constituye el goteo a través de las copas, siendo función de la proporción de huecos en la copa (coeficiente de transcolación libre).
- Escorrentía cortical: flujo de agua a lo largo de las ramas y tronco.

Los dos últimos parámetros (transcolación y escorrentía cortical) constituyen la precipitación efectiva que llega al suelo, determinante de la erosión hídrica. Para analizar en detalle dichas características se procede a realizar una campaña de muestreo del factor C, determinando para cada mancha de vegetación:

1. El tipo de cubierta y el grado de caída de la gota de lluvia, es decir, la altura del dosel arbóreo, estableciendo alturas de < 0.5/ 0.5/ 2/ 4 metros

2. La fracción de cabida cubierta -Fcc-, es decir, el porcentaje de cobertura arbórea y arbustiva, agrupando las manchas vegetales en tres grupos: < 33%/ 33-66%/ > 66%.



3. Analizando el espesor de la cubierta herbácea y despojos vegetales (G / W) y estimando el porcentaje de dicha cubierta herbácea y de despojos vegetales (<20/ 20/40/60/80/90-100 %).



Para la campaña de muestreo de campo se realizó una ficha-inventario (Cuadro III_{2,1}-9) con los parámetros a determinar a pie de campo:



Campaña muestreo Factor "C" Vegetación - USLE															
N° Muestra	Tipo Cubierta y Grado caída gota				% Cubierta arbórea y arbustiva (Fcc).			Cubierta Herbácea y despojos vegetales		% Cubierta herbácea y despojos vegetales					
	< 0.5	> 0.5	> 2	> 4	< 33	33/66	> 66	G	W	0	20	40	60	80	90/100
1				X			X	X							X
2			X				X	X							X
3				X		X		X							X
4			X			X		X						X	
5				X		X		X							X
6				X			X		X						X
7	X						X		X		X				
8	X					X			X	X					
9	X					X		X							X
10	X					X		X							X
11		X					X	X							X
12		X					X	X							X
13			X				X	X							X
14			X				X	X							X
15	X					X			X		X				
16	X					X		X					X		
17	X					X			X		X				
18				X			X		X						X



Cuadro III_{2,1}-9. Tabla de datos obtenidos en la Campaña de muestreo Factor "C" o Cubierta Vegetal –USLE-.



CAMPAÑA DE ESTIMACION FACTOR C



<p>Bosque Caducifolio</p>	<p>UTM: 267.244 / 4.435.176 (H30)</p>
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 4/ >66/G/ 99-100</p>	



<p>Bosque Esclerófilo</p>	<p>UTM: 730.476 / 4.502.504 (H29)</p>
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 2/ >66/G/ 99-100</p>	



Dehesa de Robles y Fresnos.	UTM: 726.981 / 4.503.321(H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc / Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 4/ 33-66/G/ 90-100</p>	



Dehesa de Encinas.	UTM: 716.495 / 4.498.438(H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc / Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 2/ 33-66/G/ 80</p>	



Bosque caducifolio x pastizales de siega o estacional.	UTM: 723.522 / 4.500.415 (H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%:4/33-66/G/90-100</p>	



Implantación pinares y mosaicos matorrales arbustivos.	UTM: 729.307 / 4.489.400(H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 4/ > 66/W/ 90-100</p>	



Formaciones fructuosas arbustivas	UTM: 737.284 / 4.494.571(H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: < 0.5/ >66/ W/ 20</p>	

Cantuesares, tomillares y aulagares	UTM: 747.300 / 4.496.065(H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: < 0.5/ 33-66/ W/ 0</p>	



<p align="center">Pastizales vivaces estacionales</p>	<p align="center">UTM: 746.019 / 4.505.061(H29)</p>
	
<p align="center">Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: <0.5/<33/G/90-100</p>	



<p align="center">Cultivos y Barbechos</p>	<p align="center">UTM: 731.678 / 4.503.793 (H29)</p>
	
<p align="center">Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: %:<0.5/<33/G/90-100</p>	



Pastizales con elemento arbóreo disperso	UTM: 723.591 / 4.493125(H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 0.5/ >66/G/ 90-100</p>	


Bosque caducifolio x matorral arbustivo	UTM: 269.128 / 4.496.260 (H30)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 0.5/ >66/G/ 90-100</p>	

Formaciones mixtas de caducifolios y esclerófilos	UTM: 476.149 / 4.499.040(H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 2/ >66/ G/ 90-100</p>	

Encinares Alcornocales x matorrales arbustivos	UTM: 720.968 / 4.492.083 (H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 2/ >66/ /G /90-100</p>	

<p>Roqueros x jaral-brezales, madroñales y escobonales</p>	<p>UTM: 741.833 / 4.483.200 (H29)</p>
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: <0.5/ 33-66/W/ 20</p>	

<p>Escobonales x cultivos y formaciones arbóreas dispersas o en núcleos</p>	<p>UTM: 253.878 / 4.487.823 (H30)</p>
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: <0.5/ 33-66/G/ 60</p>	

Piornales y canabronales	UTM: 739.396 / 4.488.238 (H29)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: <0.5/ 33-66/W/ 20</p>	

Implantaciones de eucalipto y mezclas matorrales arbustivos	UTM: 248.600 / 4.486.260 (H30)
	
<p>Tipo Cubierta y caída gota/ % / Fcc/ Tipo Cubierta herbácea y despojos vegetales-%: 4/ >66/W/ 90-100</p>	

Cubierta Vegetal	Valores Campaña	Factor C
Bosque Caducifolio	4/>66/G/99-100	0.003
Bosque Esclerófilo	2/>656/G/99-100	0.003
Dehesa de Robles y Fresnos	4/33-66/G/90-100	0.003
Dehesa de Encinas	2/33-66/G/80	0.012
Bosque caducifolio x pastizales de siega o estacional	4/33-66/G/90-100	0.003
Implantación de Pinares y Mosaicos de matorrales arbustivos	4/66/W/90-100	0.011
Formaciones Fructicosas arbustivas	<0.5/>66/W/20	0.24
Cantuesares, tomillares y aulagares	<0.5/33-66/W/0	0.45
Pastizales vivaces estacionales	<0.5/<33/G/99	0.003
Cultivos y Barbechos	<0.5/<33/G/80-90	0.013
Pastizales con elemento arbóreo disperso	0.5/>66/G/99	0.003
Bosque caducifolio x matorral arbustivo	0.5/>66/G/99-100	0.003
Formaciones Mixtas de caducifolios y esclerófilos	2/>66/G/99	0.003
Encinares Alcornocales con matorrales arbustivos	2/>66/G/99-100	0.003
Roqueros con jaral-brezal, madroñal y escobonales	<0.5/33-66/W/20	0.24
Escobonales con cultivos y Fm arbóreas dispersas o en núcleos	<0.5/33-66/G/60	0.013
Piornales y cambronales	<0.5/33-66/W/20	0.24
Implantaciones eucalipto y mezclas de matorrales arbustivos	4/>66/W/99-100	0.011

Cuadro III_{2.1}-10. Tabla de datos obtenidos en la Campaña de muestreo Factor "C" o Cubierta.

En base a los datos obtenidos (Cuadro III_{2.1}-10) hemos procedido a nueva reclasificación del mapa de dominios fisiognómicos (Figura III_{2.1}-38), teniendo en cuenta los criterios antes indicados, para mejorar el valor del Factor C en su aplicación en la USLE. y aunque se respetaron los valores establecidos del Factor "C", se adaptó el esquema del Servicio de Conservación de suelos de Estados Unidos, U.S.S.C.S; para nuestra zona de estudio, obteniendo la cartografía del factor C o Cubierta Vegetal (Figura III_{2.1}-39).

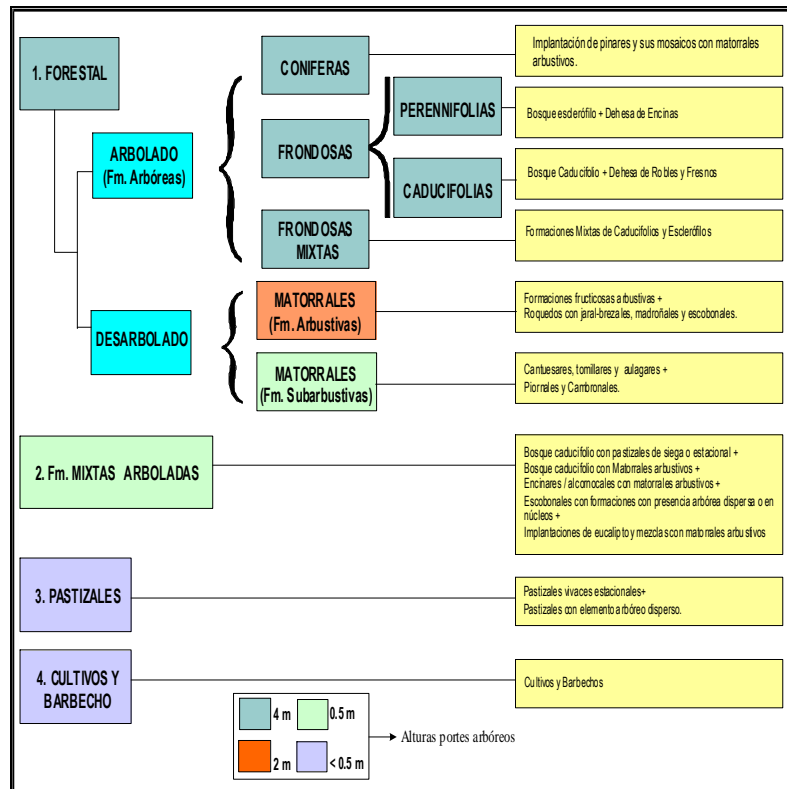


Figura III_{2,1}-38. Reclasificación Factor Cobertura vegetal (Factor C).

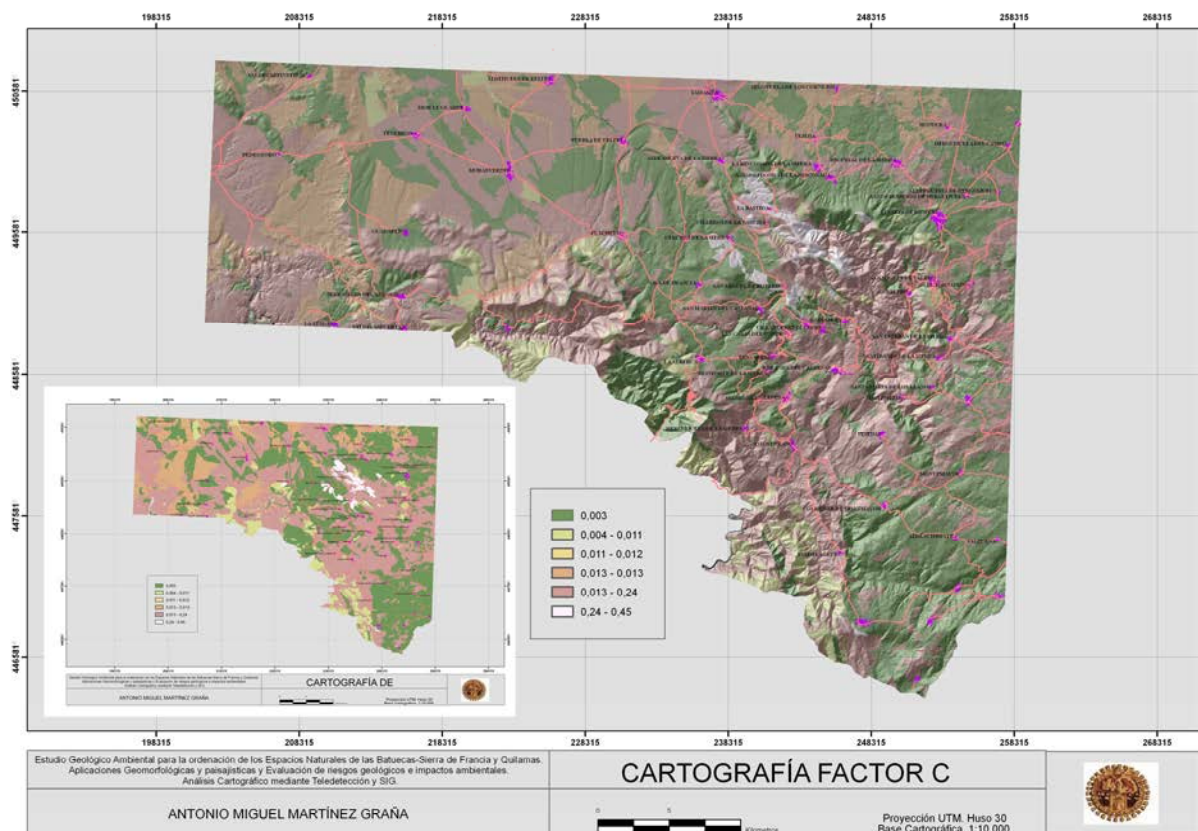


Figura III_{2,1}-39. Cartografía del Factor Cobertera vegetal (Factor C).

Factor P o prácticas de Conservación de suelos.

Este factor analiza la existencia de prácticas de conservación de suelos en los usos del territorio. En este estudio, al igual que en la mayoría de las estimaciones de pérdidas de suelo no se tiene en cuenta, ya que nos interesa conocer las pérdidas potenciales y reales teniendo en cuenta los factores naturales. Las actividades humanas, pueden potenciar esta pérdida edáfica, o bien disminuirla puntualmente mediante la puesta en marcha de actuaciones específicas: terrazas, cultivos a nivel...Debido a que las actividades antrópicas más usuales que potencian grandes pérdidas de suelo son las agrícolas, se calculan experimentalmente diferentes valores de P, y posteriormente se aplican cartográficamente según el mapa de usos del suelo. No obstante hay que tener en cuenta dos cuestiones:

La cartografía de usos del suelo debe estar actualizada, además de realizar un reconocimiento de campo, analizando el tipo de prácticas agrícolas en cada sector, etc.

En España el límite del uso de suelo agrícola lo establece la pendiente del 12 %.

La realización de una cartografía del factor P, a partir de distribuir espacialmente las diferentes prácticas de conservación, y los usos del suelo, es relativamente sencilla, dado que existen cartografías de usos del suelo detalladas (European Commission, 2002), o bien el reconocimiento de las prácticas de conservación en el campo es fácilmente delimitable; no obstante como se ha comentado anteriormente sería un parámetro a restar del riesgo de erosión potencial, por lo que no se tiene en cuenta. Una vez finalizada la fase de homogeneización para obtener el Mapa del Factor C; reclasificamos mediante SIG obteniendo finalmente el Mapa de Erosión Actual, que estima las pérdidas de suelo en toneladas/ hectárea/ año. (Figura III_{2,1}-40 a y Figura III_{2,1}-40 b).

III_{2,1,6} Resultados.

La combinación de técnicas SIG y de Teledetección, suponen un gran avance en la estimación del riesgo erosivo de un territorio. Las primeras permiten trabajar con una base de datos relacionales que analiza la información generando mapas temáticos de los factores a tener en cuenta para la aplicación de la USLE,

en cambio cuando estos parámetros presentan una gran variabilidad espacial y temporal, las técnicas de Teledetección permiten contrastar y obtener la información fácilmente para procesarla con SIG. La utilización del SIG ha permitido crear un banco de datos y analizar la información de los parámetros elementales del medio físico (previamente digitalizados) y superponer las capas temáticas correspondientes a cada variable de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) para obtener los mapas de erosión Potencial y Actual de estos espacios naturales. Posteriormente, se procede a la reagrupación de las siete clases de grados de erosión obtenidas, en las cuatro de la FAO, expresadas en Tm /Ha/año y mm /año; para su posible comparación con otros sectores.

De la observación de estas clases se deduce el estado actual del riesgo de erosión hídrica en estos espacios naturales: es grave (> 2.67 mm/año), importante (2.67-1.3 mm/año); en las zonas altas de las sierras (De Guindo, La Alberca, Del Castillo y de Tamames-Quilamas), debido a la topografía escarpada, pendientes elevadas, precipitaciones abundantes y grado de cobertura vegetal (escasa), ligera (1.3-0.3 mm/año) en las zonas entre ambas sierras y estribaciones de los relieves y débil (< 0.3 mm/año) en los piedemontes, fuera de estos espacios naturales. (Figura III_{2,1}-41).

De la misma forma, si analizamos la respuesta erosiva con la cartografía de suelos, observamos que los suelos con textura arenarcillosa, presentan un contenido en arcilla importante además de limo y materia orgánica; todo lo cual aumenta la actividad química y biológica facilitando la formación de agregados, que disminuyen los fenómenos erosivos. En suelos con presencia de horizonte arcilloso B muy desarrollado; el cual se presenta en nuestra zona de estudio sobre las pizarras, rañas y arcosas, hace que el nivel superior presente una infiltración notable, lo cual provoca que en ocasiones se sature facilitando procesos activos de despegue del material superior o suprayacente al nivel arcilloso. Asimismo el efecto "splash" es inapreciable cuando los suelos presentan un nivel A de alta infiltración

Los materiales procedentes de la erosión laminar llegan, antes o después, a la red de drenaje fluvial donde son arrastrados y transportados en momentos de alta energía (avenidas) y depositados con baja energía.

En este apartado se han cuantificado los valores de erosión específica que hay en cada sector de la zona de estudio, lo cual permite, en sectores con riesgos de inundación cuya medida estructural es laminar el caudal mediante embalse; estimar la cantidad de sedimentos que aportan las corrientes por erosión de la escorrentía superficial, que sumados a los sedimentos por “erosión lineal” (erosión propia de la red de drenaje) permitiendo analizar la pérdida de capacidad neta de los embalses (trampas de sedimentos) por colmatación del vaso, así como intuir la erosión adicional provocada aguas abajo de la coronación de la presa, en el cauce, al quedar interrumpido su perfil de equilibrio, influyendo en el análisis de otros riesgos como la estabilidad de márgenes fluviales, etc. Este análisis puede considerarse como un método analítico de contraste previo a la construcción de presas para estimar la vida útil, ya que los sedimentos removilizados por erosión influyen directamente en los volúmenes de sedimentación, siendo un factor limitante de la vida útil. Un ejemplo en la cuenca hidrográfica adyacente, es el embalse del Águeda, el cual se construye en 1931 con capacidad inicial de 22 Hm³ y en 1980 la capacidad es de 15.40 Hm³, lo cual supone una aportación sólida retenida total en 49 años de 6.6 Hm³, una media de 0.43 Hm³/año, estimando una vida útil de 164 años.

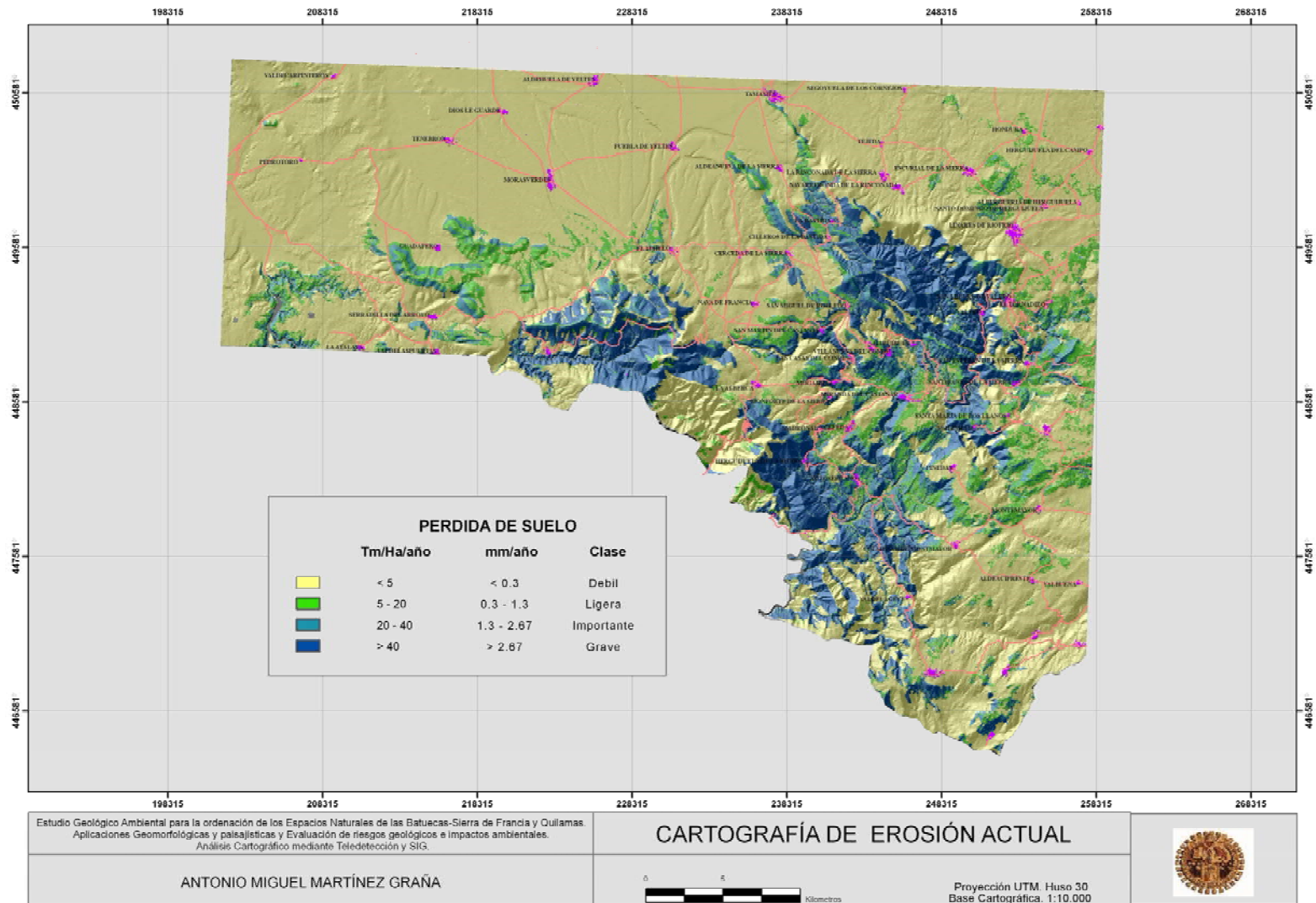


Figura III_{2,1}-40a. Cartografía de Erosión Actual según el método de litofacies.

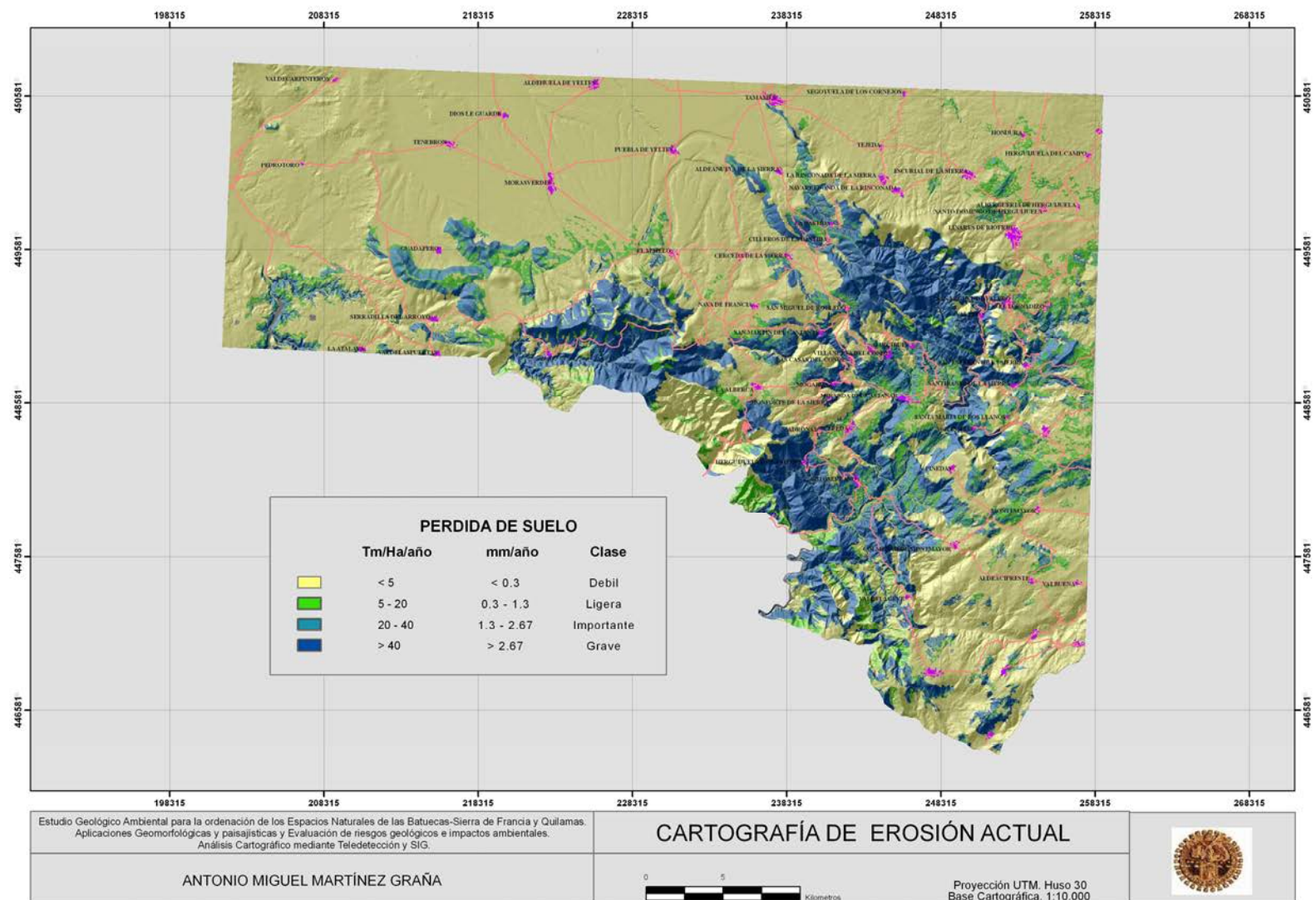


Figura III.2.1-40b. Cartografía de Erosión Actual según el método de suelos dominantes.

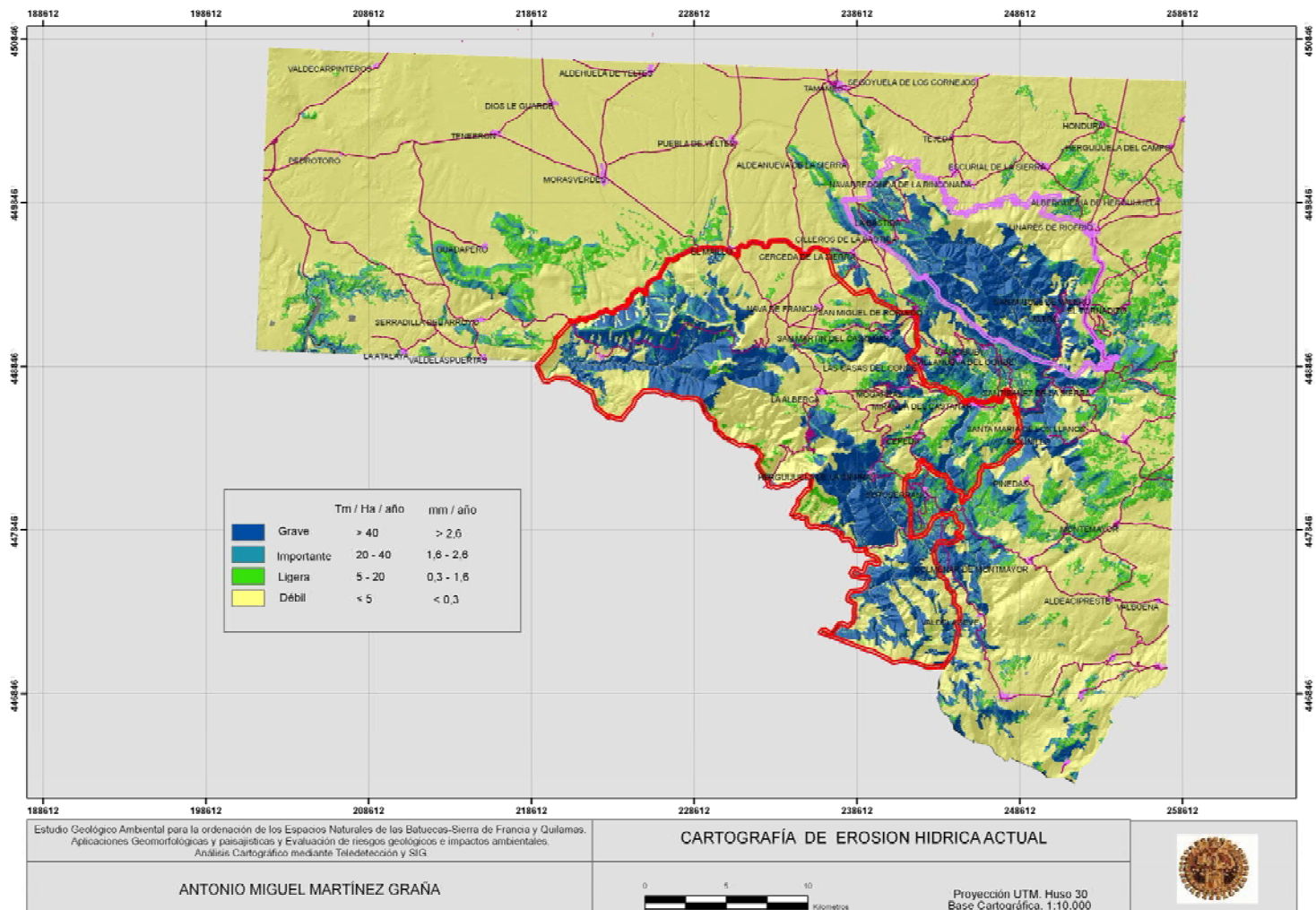


Figura III_{2,1}-41. Cartografía de Erosión Hídrica Actual.

III_{2.2} Riesgos de Erosión Eólica.



III_{2.2.1} Introducción.

III_{2.2.2} Objetivos.

III_{2.2.3} Factores de la Erosión Eólica.

III_{2.2.4} Estimación de la Erosión Eólica.

III_{2.2.5} Riesgo de Erosión Eólica en el Espacio Natural Protegido de “Las Batuecas - S de Francia” y “Quilamas”.

III_{2.2.6} Resultados.

III.2.2.1 Introducción.

La erosión eólica, se define como el proceso de disgregación, remoción y transporte de las partículas de suelo por acción del viento. En nuestra zona esta tipología erosiva es de poca incidencia y más puntual, si la comparamos con la erosión hídrica. Este riesgo se origina en zonas topográficamente llanas y extensas, en suelos preferentemente finos y sueltos, sin presencia de obstáculos (vegetación, rocas...) y además en sectores con precipitaciones escasas, altas temperaturas y vientos fuertes y frecuentes.

El análisis dentro de este estudio, se justifica por ser un elemento activo en los procesos de degradación y desertificación del medio natural, no obstante se desarrollará con el objeto de cuantificar su importancia en la planificación de espacios naturales, sin entrar en análisis mecánicos del movimiento de partículas.

III.2.2.2 Objetivos.

Los procesos de erosión constituyen un riesgo natural que influye negativamente en la conservación de suelos, recurso difícilmente renovable, pero básico para la existencia humana. La pérdida de este recurso por erosión es importante, por lo que cuando se estima dichas pérdidas en un territorio debe tenerse en cuenta no solo la erosión hídrica, analizada anteriormente, sino también la erosión eólica; por ello se debe detectar, cuantificar y reflejar cartográficamente los principales procesos de erosión eólica en el sector de estudio, determinando la evolución de dichos procesos de erosión. Establecemos en este apartado dos objetivos prioritarios:

1. Identificar la gravedad del riesgo de erosión eólica: causas, procesos e influencia de las actividades antrópicas, que intervienen en la erosión eólica del recurso suelo.

2. Establecer un método de análisis de evaluación del suelo para diagnosticar los riesgos de degradación por efecto del viento.

III.2.2.3 Factores de la Erosión Eólica.

El análisis de la erosión eólica, depende de dos tipos de factores: Intrínsecos (dependientes de la propia naturaleza del suelo: textura, estructura, % materia orgánica, % carbonatos, humedad...) y Extrínsecos (topografía, variaciones del viento...).

Factores Intrínsecos. La influencia que presentan determinados parámetros edáficos sobre la erosión eólica, se agrupa en función de su incidencia en favorecer o dificultar la movilidad de las partículas del suelo, y son:

- El agua: La presencia de agua favorece la unión entre partículas de suelo, por ello a mayor humedad de un suelo, menor riesgo de erosión eólica. Además el efecto “splash” del agua de precipitación, genera una remoción que se traduce en una costra que protege las partículas finas, al ser cubiertas por las gruesas, más difíciles de arrastrar por el aire.
- La textura del suelo: A mayor porcentaje de finos (limos y arcillas) la formación de agregados edáficos es mayor, siendo más resistentes a la abrasión, dificultando el arrastre por el viento.
- Cementaciones orgánicas: La descomposición de la materia orgánica por microorganismos puede generar cementos que unen las partículas del suelo dificultando su arrastre por la acción eólica.
- Contenido de carbonato cálcico. Su presencia debilita los agregados edáficos, favoreciendo su disgregación y con ello su facilidad para ser arrastrados por el viento. Por el contrario, las concentraciones continuas de carbonato (costras calcáreas) evitan el transporte de partículas y por lo tanto su erosión.
- Contenido de Materia Orgánica. A mayor contenido en materia orgánica (M.O.) el porcentaje de terrones es mayor por lo que disminuye la facilidad de arrastre de estas partículas.

De lo anteriormente expuesto se deduce que el análisis del riesgo de incidencia de la erosión eólica debe pasar necesariamente por un estudio de suelos, a partir de análisis físico-químicos, previo muestreo de campo. En este estudio aprovecharemos los análisis de suelos realizados, (ver capítulo II₄ de caracterización edáfica), para conocer el comportamiento de las partículas de los diferentes suelos ante la acción del viento (granos del suelo, tamaños, forma...).

Factores Extrínsecos. El viento originado por el movimiento de las masas de aire es un elemento meteorológico fundamental. El viento que actúa en la parte baja de la

atmósfera, es decir, sobre la superficie del suelo, queda definido por parámetros como velocidad, régimen y dirección; por ejemplo, la velocidad influye en la capacidad para mover y transportar partículas (ecuación de Bagnold); y su distribución (ecuación Universal de Prandtl). El régimen define la forma de transporte (ecuaciones del número de Reynolds: régimen laminar o turbulento). Finalmente, la dirección del viento influye en la acción eólica erosiva relacionada con la topografía y la morfología superficial del terreno, favoreciendo o disminuyendo el efecto del viento sobre las partículas del suelo.

III.2.2.4 Estimación de la Erosión Eólica.

Existen dos metodologías para evaluar este fenómeno erosivo: Evaluación de la erosión real (medición directa en el terreno) y Evaluación de la erosión potencial (análisis de factores intrínsecos y extrínsecos a que esta sometido el suelo).

La evaluación de la Erosión Real, se obtiene cuantificando las pérdidas de suelo por erosión eólica en determinados sectores territoriales. La metodología utilizada es diversa, destacando dos procedimientos que gozan de cierto prestigio actualmente por considerarse técnicas exactas y adecuadas en la medición directa: El uso de receptores (evalúan la tasa de erosión analizando las partículas que transporta el viento en ese sector, con rangos a partir de los 15 cm. de altura del suelo) y túneles de viento (dispositivo que reproduce una corriente de viento constante y medible), sometiendo dentro de este dispositivo, a una muestra de suelo inalterado, con diferentes intensidades de viento, obteniendo cuándo, como y cuántas partículas son removidas. Pueden ser portátiles o fijos y existen varios tipos de túneles: circuito abierto, cerrado, con corriente de retorno, o de aire comprimido.

La evaluación de la Erosión Potencial, puede realizarse teniendo en cuenta un aspecto cuantitativo, estimando numéricamente la pérdida de suelo por acción eólica; o bien desarrollando un aspecto cualitativo, estimando que zonas son más erosionables con respecto a otras en un determinado territorio, analizando así su susceptibilidad o intensidad de riesgo. La metodología Cuantitativa más utilizada es la Ecuación de la Erosión Eólica (Woodruff & Siddoway, 1965 en: Tragsa, 2003), siendo:

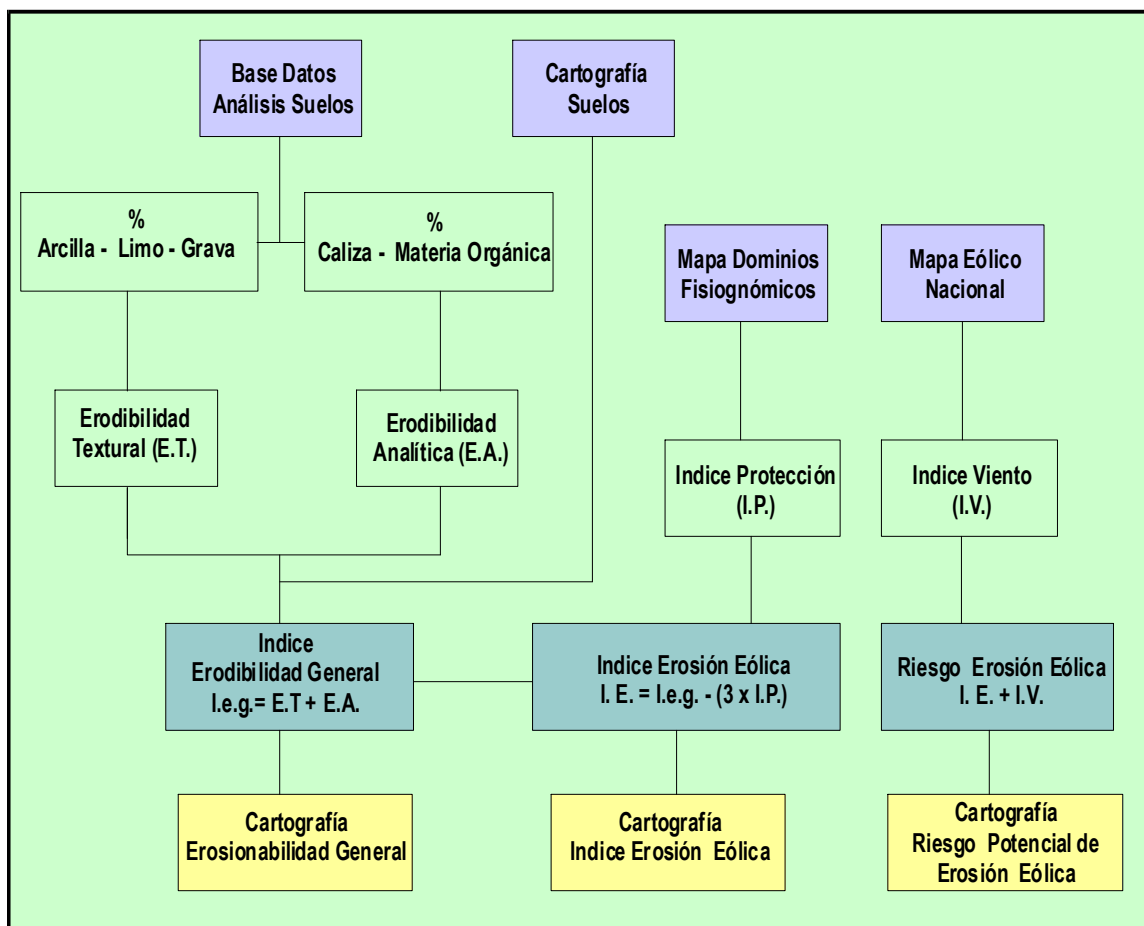
$$E = f(I \times K \times C \times L \times V)$$

donde “E” es la erosión eólica potencial; “I” el índice de erodibilidad del suelo, “K” el factor de rugosidad o aspereza del suelo, “C” el factor climático local, “L” la longitud media del terreno no protegido a lo largo de la dirección de máxima erosión eólica; y “V” la cubierta vegetal equivalente. Esta expresión es semejante a la USLE en el riesgo de erosión hídrica, pero es más compleja, no pudiendo realizarse su cálculo de forma matemática simple, sino a partir de tablas y nomogramas basados en experiencias concretas en parcelas de EEUU, por lo que su aplicación a otros países es compleja y poco contrastada, por ello en España no es muy utilizada, decantándose la mayoría de los investigadores por los métodos semicuantitativos; destacando el desarrollado por J. Quirantes (Quirantes Puertas, 1991); explicado en su publicación “Métodos para el estudio de la erosión eólica” elaborado en la Estación Experimental de Zaidín (Granada) del CSIC, constituyendo una metodología de fácil aplicación basada en cuantificaciones y elementos contrastados para España; por lo que lo aplicamos, con algunas consideraciones propias de nuestra zona de estudio.

III.2.2.5 Riesgo de Erosión Eólica en el Espacio Natural Protegido de “Las Batuecas-Sierra de Francia” y LIC “Quilamas”.

En esta zona de estudio el riesgo de erosión eólica, puede constituir puntualmente un efecto que potencie la regresión edáfica, perdiendo el suelo espesor y fertilidad, favoreciendo un proceso de degradación precursor al fenómeno de la desertización, por lo que es necesario estimarla para una adecuada planificación territorial.

El método utilizado es el citado anteriormente (Quirantes Puertas, 1991); que actualmente es el de mayor validez para determinar semicuantitativamente las tasas de erosión eólica en España, no obstante, presenta parámetros de los cuales existen pocos datos disponibles por la falta o poca densidad de estaciones y en concreto con mayor ausencia en la provincia de Salamanca. Los pasos a seguir en este estudio son los referidos en el trabajo citado, basado en diferentes analíticas experimentales. (Cuadro III.2.2.-1)



Cuadro III.2.2.-1: Esquema metodológico de la estimación del riesgo de erosión eólica.

Esta metodología (Figura III.2.2.-1) la hemos informatizado mediante una base de datos. Para procesar las diferentes operaciones (álgebra de mapas) se procedió a establecer una serie de Modelos Cartográficos mediante el ArcGis v.9.2, de forma que automáticamente el programa calcula todos los parámetros contenidos en su base de datos (Base de Datos Relacional).

En primer lugar determinamos las áreas de deflación existentes en el ENP de “Las Batuecas-Sierra de Francia” y “Quilamas”, definiendo por áreas de deflación aquellas formaciones paisajísticas que presentan potencialmente frecuentes vientos fuertes, susceptibles de producir erosión eólica. Se sectorizan aquellas zonas de menos del 25 % de pendiente y superficie mínima de 2500 Ha. Determinadas metodologías subdividen éstas áreas de deflación en sectores de 0-7% y 7-10% de pendiente, diferenciando áreas de mayor o menor deflación, esto es interesante cuando la superficie de éstas áreas es muy grande. En el ENP de “Las Batuecas-Sierra de

Francia” y en “Quilamas”; al ser muy concretas no estimamos esta diferenciación, pero como el riesgo de erosión eólica va a depender del tipo de suelo y de las formaciones superficiales existentes en estas áreas de deflación, se han realizado una serie de perfiles topográficos a partir del mapa geomorfológico digitalizado en base a las formaciones superficiales, de tal forma que se calculan las pendientes máximas y mínimas de cada formación susceptible de ser erosionada por el viento, dependiente de la presencia de fracción fina, susceptible de ser transportada. Las formaciones superficiales que encontramos en las áreas de deflación, de mayor a menor pendiente son: canchales, coluviones, piedemontes, conos aluviales o de deyección, glacis, abanicos aluviales y terrazas. Se han suprimido los canchales ya que los materiales finos susceptibles de migrar por la acción eólica son inexistentes, al constituir un depósito de fragmentos de roca predominantemente.

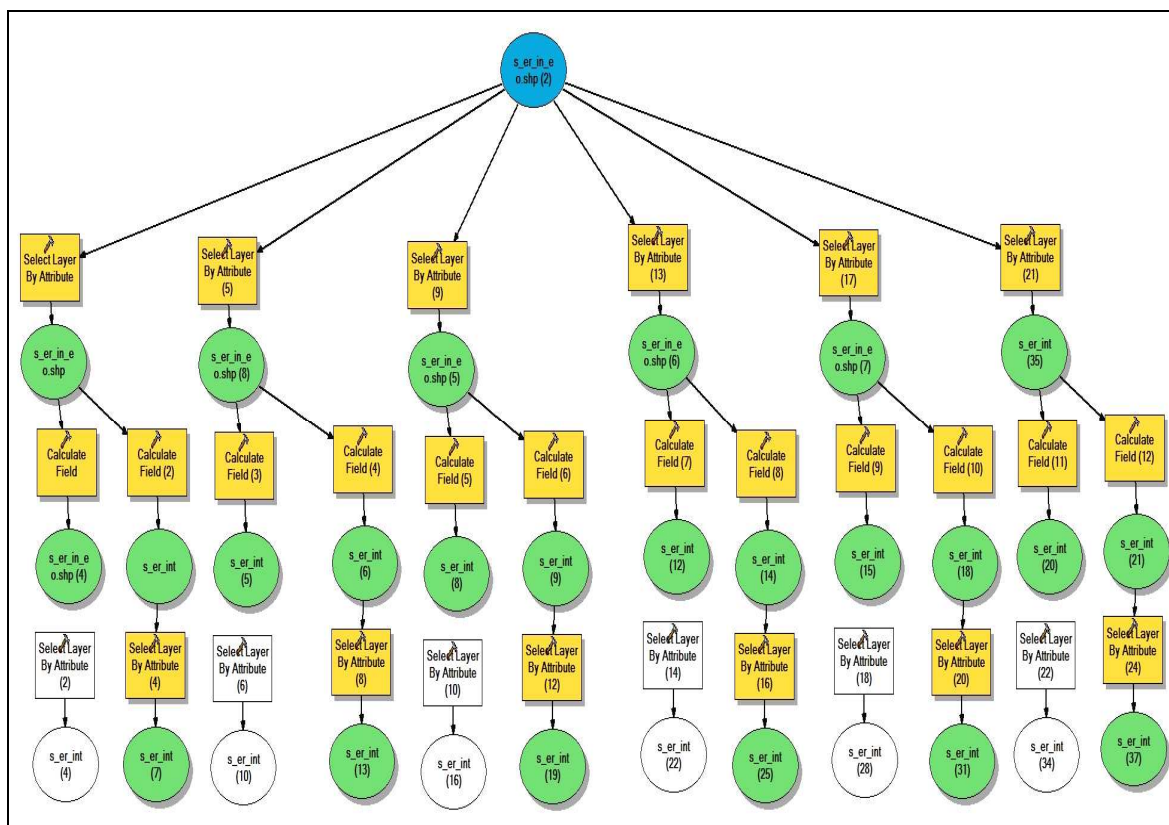


Figura III_{2.2}-1: Modelo cartográfico para el cálculo del índice de erosión eólica.

El análisis de esta relación depósitos-pendientes es directo utilizando el Modelo Digital de Terreno (MDT) con al menos 10 valores de pendientes para cada formación superficial, elaborándose los perfiles distribuidos por toda la zona de estudio, para posteriormente establecer una reclasificación de pendientes en base a los datos obtenidos de pendientes máxima, mínima y media. (Cuadro III_{2.2}-2).

Este cálculo nos proporciona una primera subdivisión de las áreas de deflación estableciendo dos sectores: 1.7%- 5% (0° 35'- 2° 52') y > 5%-25% (2° 52'-14° 02') de

pendiente, quedando ampliamente desarrollado el segundo sector, mientras que el primero se limita a zonas topográficamente bajas del sector de estudio, distantes de los Espacios Naturales. (Figura III_{2.2}-2).

Posteriormente se establece la relación entre los suelos cartografiados que se encuentran en las áreas de deflación con los perfiles más representativos del suelo dominante (Figura III_{2.2}-3 y Figura III_{2.2}-4) a partir de las correspondientes fichas analíticas (Anexo II_{4.1}). De las asociaciones de suelos se tiene en cuenta aquella que esta en primer lugar (dominante).

	Coluviones	Piedemontes	Conos aluviales	Glacis	Abanicos Aluviales	Terrazas
Pendientes medias	25% (14° 02')	13% (7° 24')	7.5 % (4° 00')	5% (2° 52')	2 % (1° 09')	1.7 % (0° 35')

Cuadro III_{2.2}-2: Pendiente media de las diferentes formaciones superficiales en la zona de estudio.

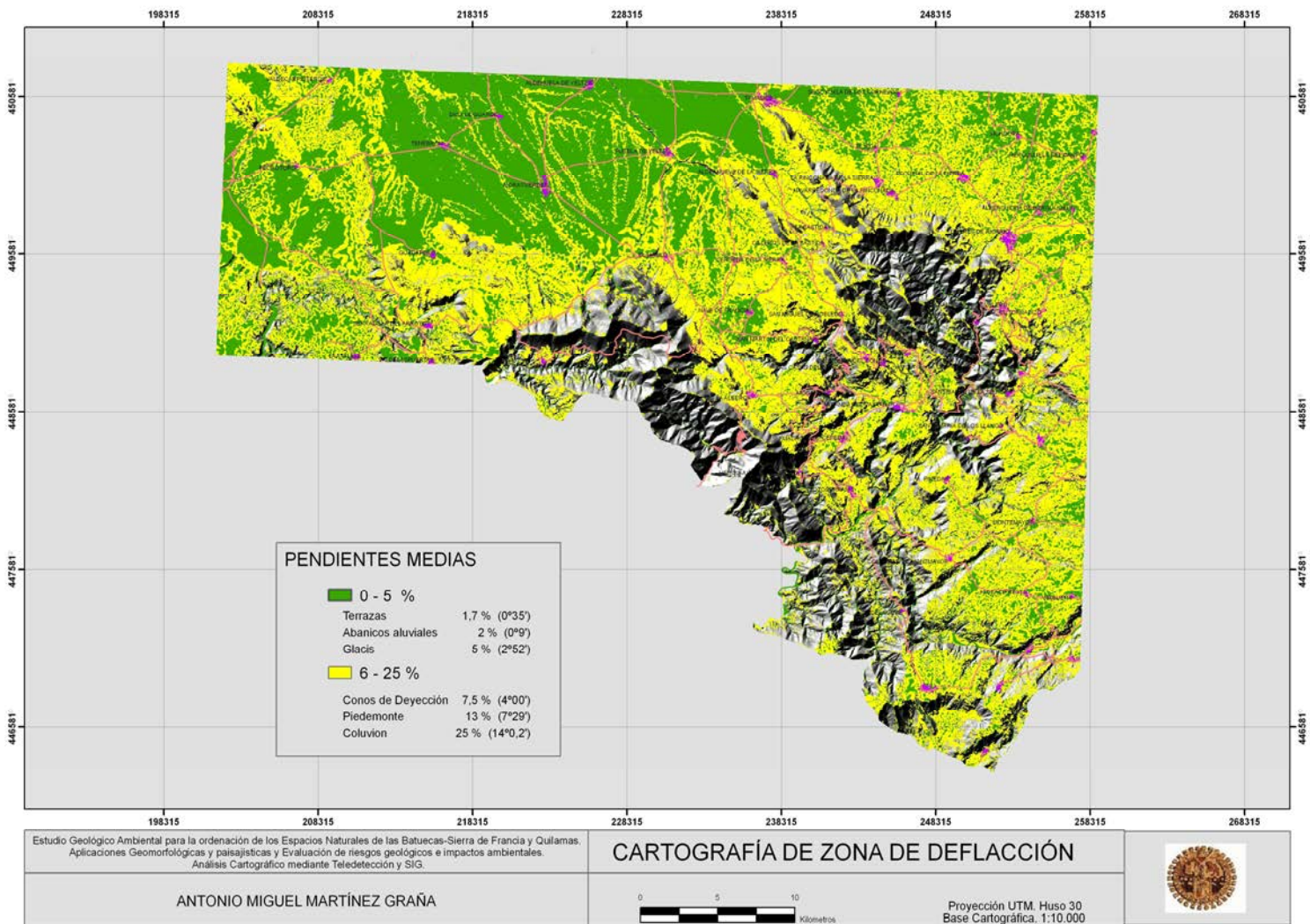


Figura III_{2,2}-2: Mapa Áreas de Deflación

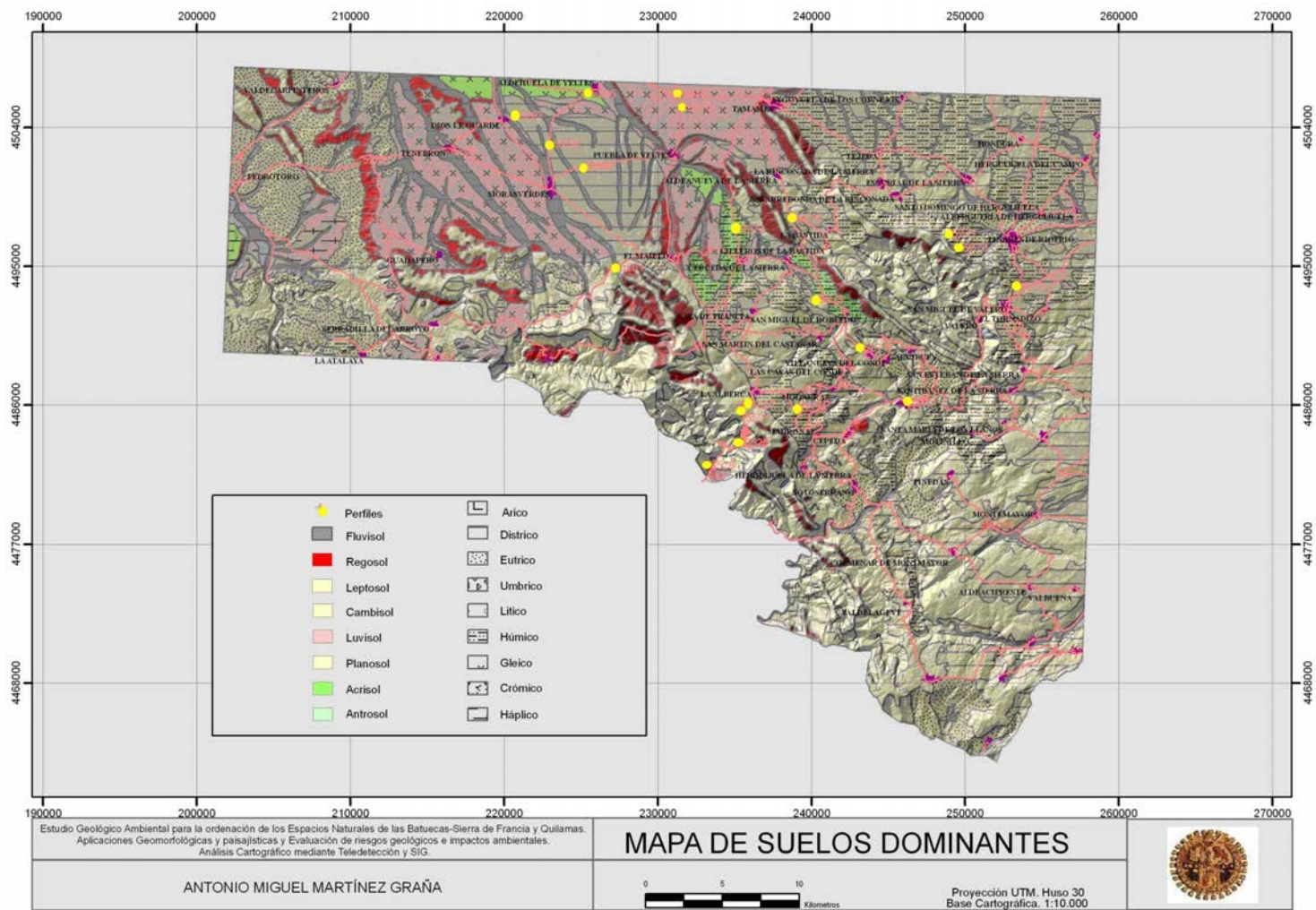


Figura III_{2,2}-3: Mapa de Suelos Dominantes sobre Modelo Digital del Terreno, con situación de los perfiles edáficos analizados.

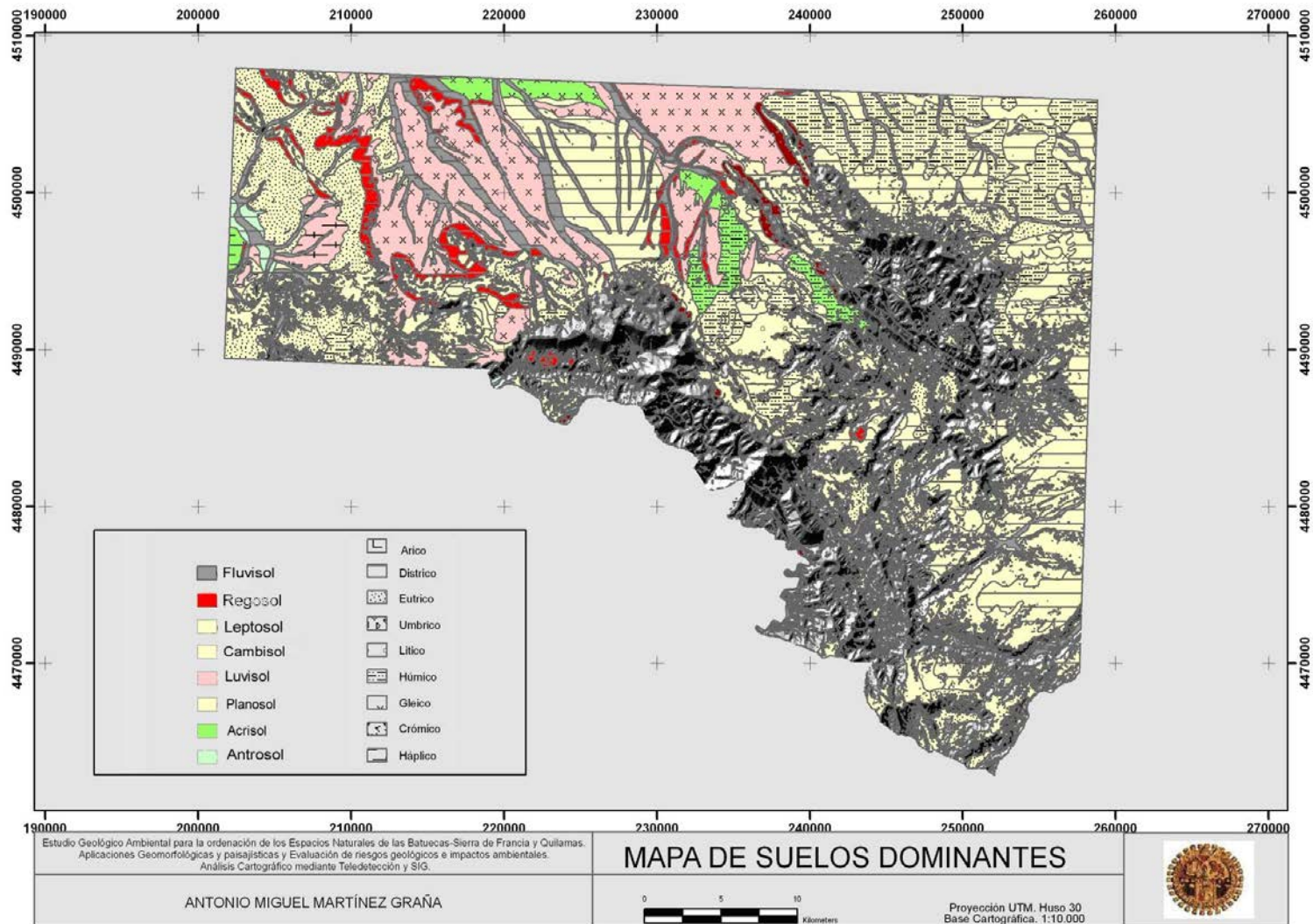


Figura III_{2,2}-4: Mapa de Suelos Dominantes en las diferentes Áreas de Deflación.

A continuación se crea la base de datos que relaciona cada tipo de suelo con los valores granulométricos y analíticos contenidos en la ficha del perfil más representativo de cada suelo, estimando en primer lugar el Factor Erodibilidad del suelo, que constituye la susceptibilidad del suelo y de las formaciones superficiales a ser erosionados a partir de los datos del horizonte A de cada tipo de perfil. Constituye una propiedad intrínseca del suelo que se obtiene estudiando la Erodibilidad Textural y la Erodibilidad Analítica.

La Erodibilidad Textural se estima a partir de la composición granulométrica del suelo, considerando los porcentajes de arcilla, limo y elementos gruesos (arenas y gravas). Según estos porcentajes el suelo tendrá mayor o menor susceptibilidad a la erosión. La erodibilidad textural aumenta con el porcentaje de fracción gruesa (arena + grava), y disminuye al aumentar los contenidos en fracción fina (limos y arcillas); esto es debido a la propiedad de cohesión que presentan los sedimentos más finos, en relación con los granulares. Estos datos se obtienen a partir de análisis de muestras en los diferentes suelos que encontramos en las áreas de deflación (Cuadro III_{2,2-3}).

Contenido en Arcilla (%)	Índice E.T.	Contenido F.Gruesa (%)	Índice E.T.
> 7.13	1	> 60	1
4.55 – 7.13	2	50 - 60	2
< 4.55	3	40 - 50	3
Contenido en Arcilla (%)	Índice E.T.	Contenido F.Gruesa (%)	Índice E.T.
> 7.13	1	> 60	1
4.55 – 7.13	2	50 - 60	2
< 4.55	3	40 - 50	3
Contenido en Limo (%)	Índice E.T.	30 - 40	4
> 43	1	20 - 30	5
25 - 43	2	< 20	6
< 25	3		

Cuadro III_{2,2-3}: Índices de Erodibilidad Textural (E.T.).

Posteriormente se procede a realizar una reclasificación teniendo en cuenta que el índice resultante del sumatorio del contenido en arcilla y limo fluctúa entre un valor mínimo de 2 y un máximo de 6. Como el índice del contenido en fracción gruesa (arena + grava) también esta entre 1 y 6, los valores de los sumatorios finales varían entre 3 y 12; (Cuadro III_{2,2-4}), obteniendo finalmente el Mapa de Erodibilidad Textural (Figura III_{2,2-5}).

(arcilla+Limo+gruesos)	Índice E.T.	
3-4	1	Muy Bajo
5-6	2	Bajo
7-8	3	Medio
9-10	4	Alto
11-12	5	Muy Alto

Cuadro III_{2,2-4}: Reclasificación índices de erodibilidad textural (E.T.).

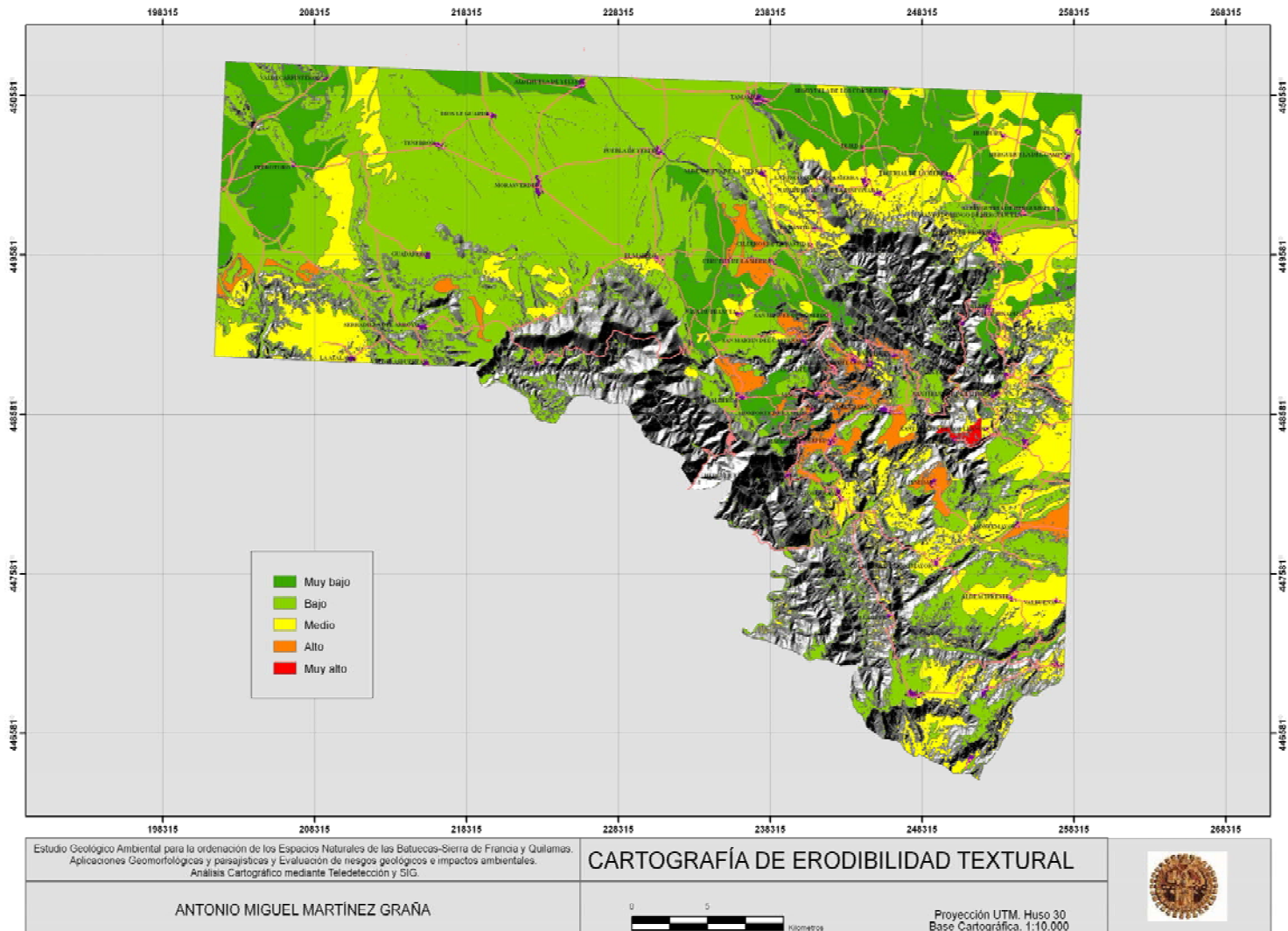


Figura III_{2.2}-5: Mapa de Erodibilidad Textural (E.T.)

La Erosionabilidad Analítica; se determina básicamente por el estudio de dos elementos: contenido en carbonatos (su presencia disminuye la formación de agregados en las partículas del suelo por lo que a mayor porcentaje de carbonatos, mayor erosionabilidad) y la materia orgánica (interviene en la formación de agregados que dan estabilidad al suelo, a mayor porcentaje de materia orgánica, menor erosionabilidad).

Algunas investigaciones tienen en cuenta los contenidos en fósforo, ya que aunque su influencia sobre la erosionabilidad no se conoce muy bien, diversos autores han constatado que los suelos de zonas de gran erosión eólica son pobres en este elemento. En nuestro caso tanto el carbonato como el fósforo son muy poco significativos, por lo que no los hemos tenido en cuenta.

A partir de estos datos se analizan los índices de Erodibilidad Analítica (E.A.) (Cuadro III_{2.2}-5).

Contenido Caliza Activa (%)	Índice E.A.
< 1	1
1 - 3	2
3 - 10	3
10 - 30	4
30 - 50	5
> 50	6
Contenido M. Orgánica (%)	Índice E.A.
> 4	1
2.4 - 4	2
1.5 - 2.4	3
0.8 - 1.5	4
< 0.8	5

Cuadro III2.2-5: índices Erodibilidad Analítica (E.A.).

Nuevamente se procede a realizar una reclasificación (Cuadro III_{2.2}-6) teniendo en cuenta que el índice resultante del sumatorio del contenido en carbonato (en nuestro estudio < 1%) y materia orgánica fluctúa entre un valor mínimo de 2 y un máximo de 11.

Caliza + materia orgánica	Índice E.A.	
2-3	1	Muy Bajo
4-5	2	Bajo
6-7	3	Medio
8-9	4	Alto
10-11	5	Muy Alto

Cuadro III2.2-6: Reclasificación índices E. Analítica (E.A.).

Finalmente con los datos obtenidos representamos la cartografía de Erodibilidad Analítica. (Figura III_{2.2}-6).

Hay que indicar que mientras que en la cartografía de erodibilidad textural, existen sectores del territorio con erodibilidad alta y muy alta, aunque muy dispersos, sobre todo en el sector entresierras, en la cartografía de erodibilidad analítica el riesgo muy alto y alto no existe. La distribución de erodibilidad media es similar en el sector oeste de la zona de estudio, para la erodibilidad textural y analítica, aunque en la analítica en la zona Sur y Sureste es de menor importancia. Los sectores con erodibilidad baja y muy baja son muy amplios tanto en la cartografía textural como analítica, siendo en la primera más importante el riesgo bajo en la hoja de Serradilla del Arroyo (Morasverdes, Tenebrón...) que en la erodibilidad analítica, y viceversa. El sector Este (hojas de Tamames y Miranda del Castañar) presenta menor grado de riesgo por erodibilidad analítica y textural.

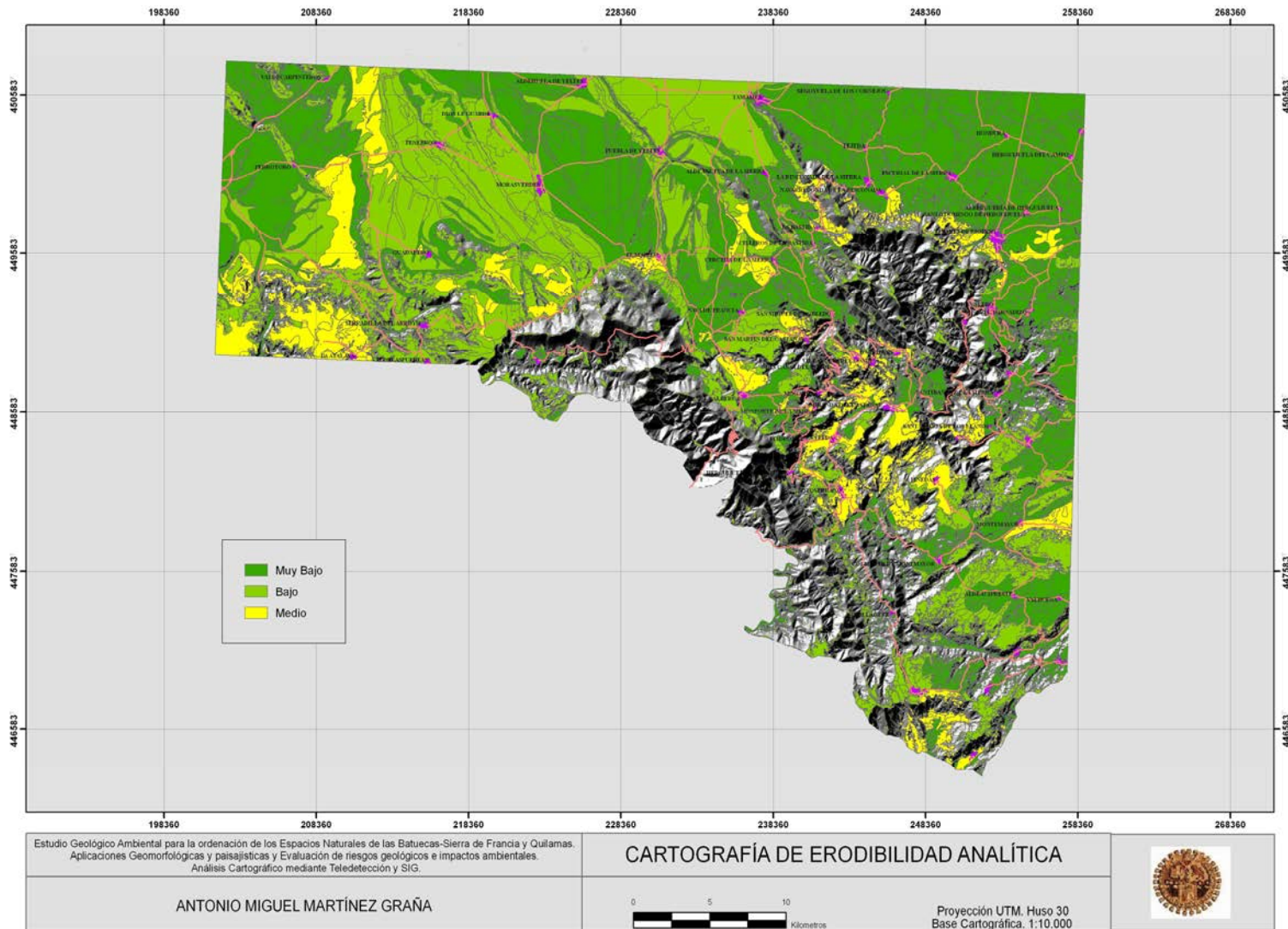


Figura III_{2.2}-6: Mapa de Erodibilidad Analítica (E.A.)

Posteriormente se suman para cada parcela territorial las erodibilidades textural y analítica, representando cartográficamente los índices de Erodibilidad General (I.e.g.), a partir de una simple reclasificación, teniendo en cuenta que los valores fluctúan entre 2 y 10.

El resultado de esta reclasificación en la zona de estudio, da lugar a la cartografía del índice de erodibilidad general (I.e.g.) (Cuadro III_{2.2}-7).

E.T.	E.A.	(E.T.+ E.A.)	Índice Erodibilidad General.	
1	1	2	1	Muy Bajo
2	2	3-4	2	Bajo
3	3	5-6	3	Medio
4	4	7-8	4	Alto
5	5	9-10	5	Muy Alto

Cuadro III_{2.2}-7: Reclasificación del índice de erodibilidad general (I.e.g.).

Esta cartografía no presenta el valor “muy Alto”, al no existir esos valores en la zona de estudio. Los valores “altos” de erodibilidad general se distribuyen entre las Sierras de Francia y del Castillo y Quilamas, al igual que en la ladera sur de la Sierra del Carazo.

Los valores medios se representan en el sector de Pastores (oeste de la zona de estudio) así como en la orla de la sierra de Quilamas y Sierra Mayor, donde se emplazan las localidades de Rinconada de la Sierra, Linares de Riofrío, etc.

La erodibilidad Baja es la dominante, englobando los sectores dispersos del grado medio. La distribución de estos sectores de baja erodibilidad general es la cuenca del río Yeltes (Figura III_{2.2}-7) y los sectores del sur: Pinedas, Montemayor del Río...

Las zonas de muy baja erodibilidad general son menos abundantes localizándose en dos sectores de forma más concentrada: sector de Tamames, zona norte de la hoja de Tamames, y sector de Ciudad Rodrigo; rodeando las sierras de Torralba y Peronilla. (Figura III_{2.2}-8).



Figura III_{2.2}-7. Sector escarpado donde la erosión eólica y las altas precipitaciones favorecen el retroceso y la inestabilidad de la cubierta vegetal. Aldehuela de Yeltes.

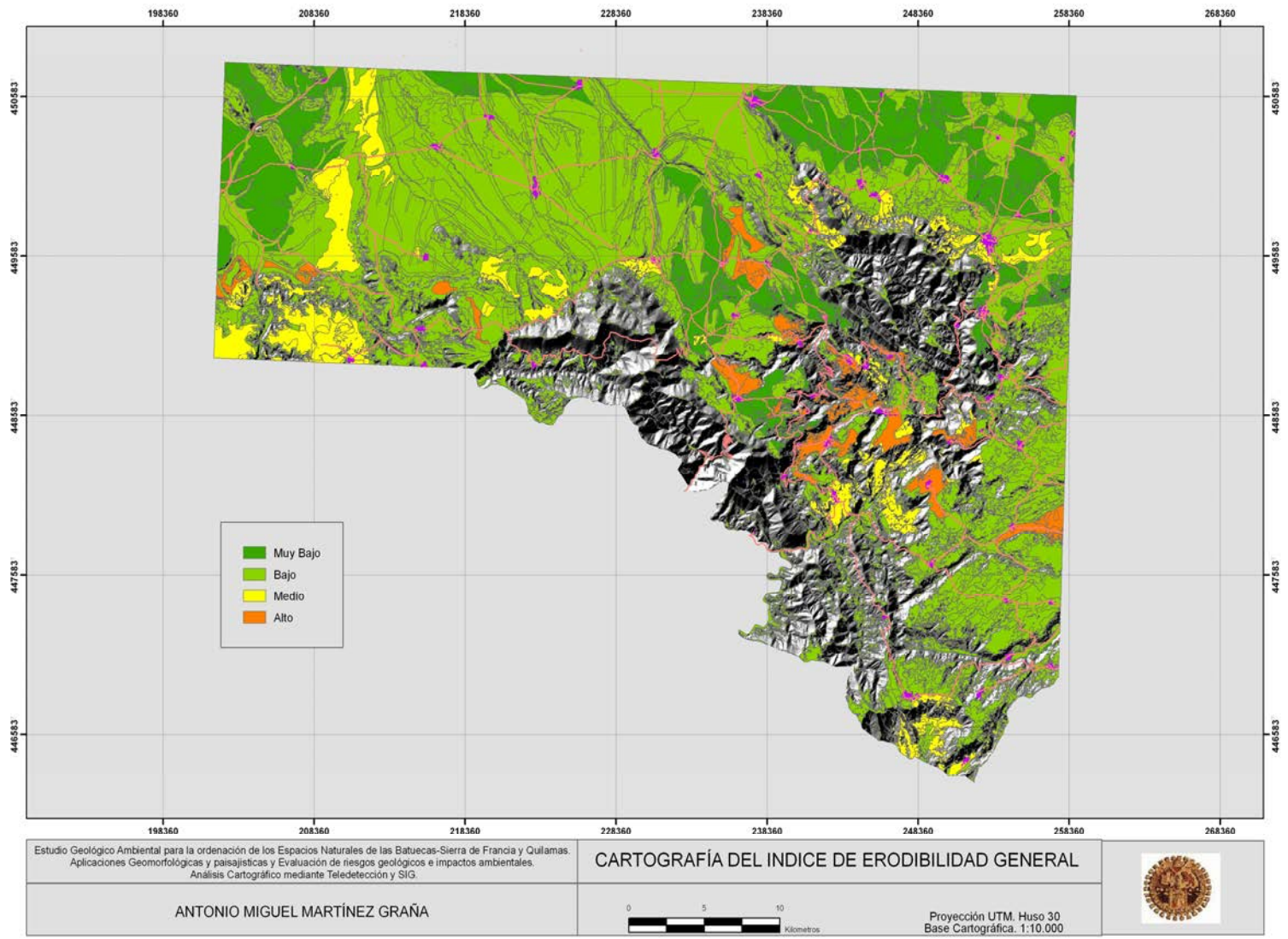


Figura III.2.2-8: Mapa del Índice Erodibilidad General (I. e.g.).

Posteriormente se analiza el Factor vegetación (FV), reclasificando el mapa temático de vegetación (Dominios Fisiog-nómicos) con respecto a diferentes índices de protección frente a la erosión eólica (Sierra et al, 1991) (Cuadro III_{2.2}-7); a partir de datos experimentales.

Con la cartografía de erodibilidad general y el índice de Protección (I.P.) hallado con el factor de vegetación, podemos calcular el Índice de erosión eólica (I.E.) para cada unidad de vegetación mediante la diferencia entre el índice de Erodibilidad General y el Índice de Protección, mediante la siguiente expresión:

$$I.E. = L.e.g - (3 \times I.P.)$$

Este Índice de Erosión Eólica (I.E.), muestra los diferentes grados de erosión eólica que existen en las áreas de deflacción. (Figura III_{2.2}-9).

La cartografía resultante, en la zona de estudio, del índice de erosión eólica, no registra riesgo alto. Puntualmente encontramos riesgos moderados (sector de Pineda, Horcajo de Montemayor y la zona llana al norte de cerceda de la Sierra y El Cabaco, donde se instala el arroyo El Zarzoso).

El índice de erosión eólica general cuya clase es Baja, se distribuye por las superficies planas o ligeramente inclinadas donde se desarrollan actividades humanas agrícolas (cultivos, zonas de barbecho) y ganaderas; como son los sectores de Morasverdes, Dios Le Guarde, Tenebrón, etc.

Finalmente la clase de riesgo muy bajo, es la que domina la cartografía del sector de estudio, por lo que podemos indicar que la erosión eólica es poco importante en esta zona.

Vegetación	Índice de Protección (IP)
Arbolado denso	0.7
Arbolado claro	0.5
Matorral	0.6
Matorral denso	0.7
Matorral claro	0.5
Cultivo de regadío	0.7
Cultivo de secano	0.3
Pastizal	0.3
Improductivo	0.2

Cuadro III_{2.2}-7: Índice protección factor vegetación.

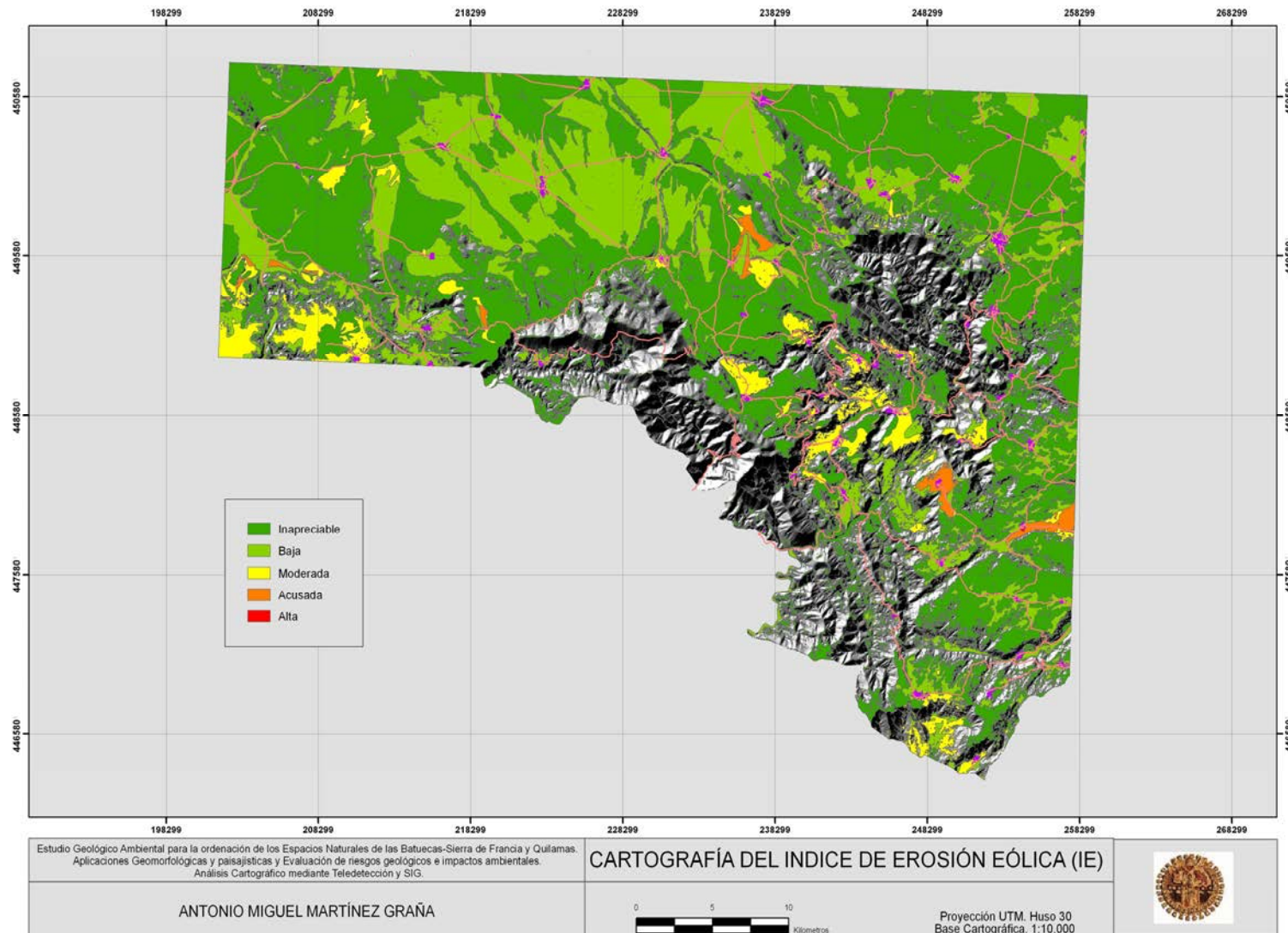


Figura III_{2,2}-9. Cartografía del Índice de erosión eólica (I.E.).

El siguiente paso es analizar el Factor Viento, para lo que es necesario disponer de información sobre su frecuencia, intensidad, dirección y grados de humedad, estos datos suelen concretarse en estaciones puntuales donde existe un aeropuerto o un observatorio meteorológico, por lo que en toda la provincia de Salamanca los tendríamos únicamente en el aeropuerto de Matacán, a bastante distancia de la zona de estudio, por ello no es muy

representativo, aunque si un punto a tener en cuenta para posible contraste y validación. Por ello se utilizan los datos del Mapa Eólico Nacional (Instituto Nacional de Meteorología - INM-, 1988) a escala 1/ 1.000.000 (Figura III_{2.2}-10). Este es el parámetro en general menos preciso por la escasez de datos, en todos los estudios cualitativos de estimación de erosión eólica realizados en regiones españolas.

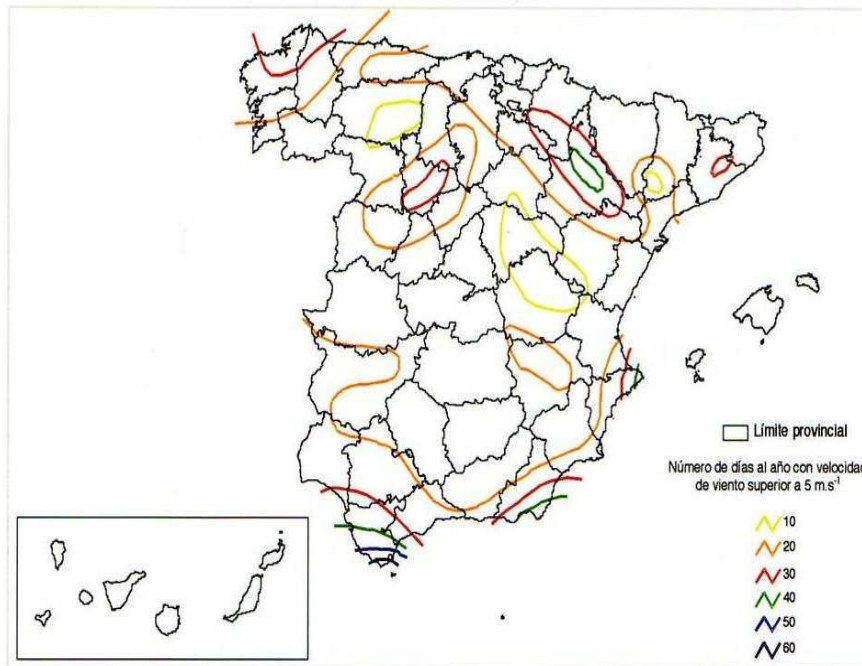


Figura III_{2.2}-10: Mapa Eólico Nacional. (INM, 1988).

Mediante técnicas SIG se podría digitalizar el mapa y reclasificar los valores de frecuencia de vientos fuertes en intervalos iguales, determinando diferentes índices de viento (IV). La zona de estudio se sitúa con un índice de viento de valor 1 (Cuadro III_{2.2}-8), con lo que el Riesgo potencial de erosión eólica (I.E.+ I.V.) quedaría con la misma distribución que el índice de erosión eólica, tal como muestra el esquema expositivo de todo el proceso (Cuadro III_{2.2}-1).

Como se puede apreciar, el modelo de Quirantes Puertas, es un modelo cualitativo, pero establece una serie de relaciones cuantitativas, que son válidas para realizar una estimación de las pérdidas previsibles de suelo por erosión eólica, asumiendo la escasez o inexistencia del valor del factor viento. Como resultado obtenemos un Mapa de Riesgo Potencial de Erosión Eólica. (Figura III_{2.2}-8).

Días/año viento > 5 m/s.	Índice de Viento (IV)
≤ 19	1
20-28	2
29-37	3
38-46	4
47-55	5
> 55	6

Cuadro III_{2.2}-8: Índice de viento.

III.2.2.6 Resultados.

Para transformar estos datos cualitativos en semicuantitativos, se ha utilizado la metodología de la FAO, para valorar la erosionabilidad eólica, en función del porcentaje de arcillas, limos y arenas en los suelos, teniendo en cuenta el contenido calcáreo y pedregosidad (porcentaje de gravas y piedras), y en base a experimentación con simuladores y túneles de viento, llegando a cuantificar volúmenes de pérdidas de suelo. Quirantes, corrige para el territorio español dicha matriz, resultando de la siguiente forma. (Cuadro III.2.2-9 y 10).

Textura.				
Arcillas: %	< 18	18-35	35-60	60
Índice	3	2	1	0
Carbonatos:%	40	40-20	20-5	< 5
Índice	4	3	2	1
Pedregosidad:	0	1	2	3
Índice	3	2	1	0

Cuadro III.2.2-9: Índices texturales de la FAO (adaptada).

A partir de estos datos obtiene las clases de erosionabilidad siguientes:

Erosionabilidad	Índice	Correspondencia FAO
Muy Alta	9-10	3.33 a 2.66
Alta	6-7-8	1.66 a 2.66
Moderada	4-5	1.00 a 1.66
Baja	2-3	0.33 a 1.00
Muy Baja	0-1	< 0.33

Cuadro III.2.2-10: Índices texturales adaptados a territorio nacional.

Las cartografías obtenidas de riesgo de erosión eólica (Figura III.2.2-11 y Figura III.2.2-12), presentan una erosión eólica en el E.N.P. de Las Batuecas-S. Francia, Quilamas y zonas adyacentes; en general, poco importante. No obstante, conviene tener en cuenta que las denominadas áreas de deflación, zonas proclives a presentar erosión eólica, se restringen mayoritariamente a los sectores más al norte de la zona de estudio, fuera de los espacios naturales de Las Batuecas-S. de Francia y Quilamas, abarcando una parte importante del piedemonte. En el interior de estas áreas existen sectores de pequeña extensión que presentan erosión eólica moderada que suelen estar asociados a zonas de cierta pendiente producida por el encajamiento de la red de drenaje, o bien a la moderada pendiente con ausencia de cobertura vegetal densa en las abanicos aluviales de algunos sectores de la ladera norte de las Quilamas. Asimismo gran número de parcelas cultivadas presentan un riesgo de erosión eólica bajo, que se produce cuando el viento adquiere un valor crítico a partir del cual el suelo es susceptible de ser arrastrado, y por lo tanto erosionado.

Las medidas se pueden enfocar desde tres puntos de vista: medidas encaminadas a modificar las condiciones del suelo para que tenga más resistencia, como generar superficies rugosas, añadir agregados de cierto tamaño no erosionables, diseñar cubiertas vegetales que protejan el suelo...; medidas encaminadas a disminuir la fuerza del viento, como ubicar cortavientos vegetales o mecánicos a sotavento de estructuras...; o bien medidas que impidan los mecanismos que potencien la erosión eólica como fajas, zanjas, etc.; que atrapen sedimentos...

En nuestra zona de estudio, se hace necesario un control de las practicas de conservación simplemente mediante un uso del suelo respetuoso con el recurso edáfico para impedir que el riesgo ascienda a moderado.

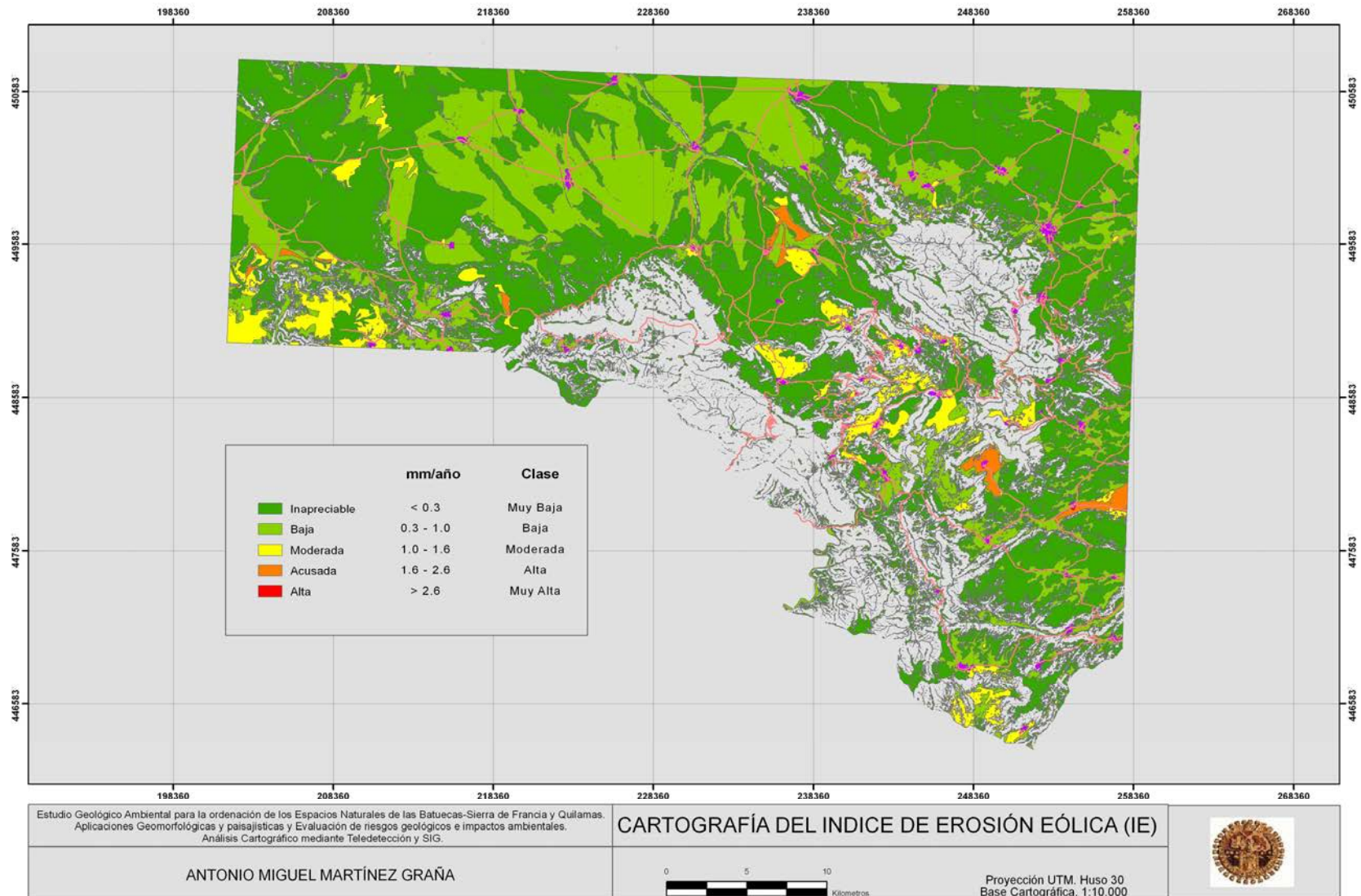


Figura III_{2,2}-11. Cartografía de Erosión Eólica según clasificación FAO en 2D.

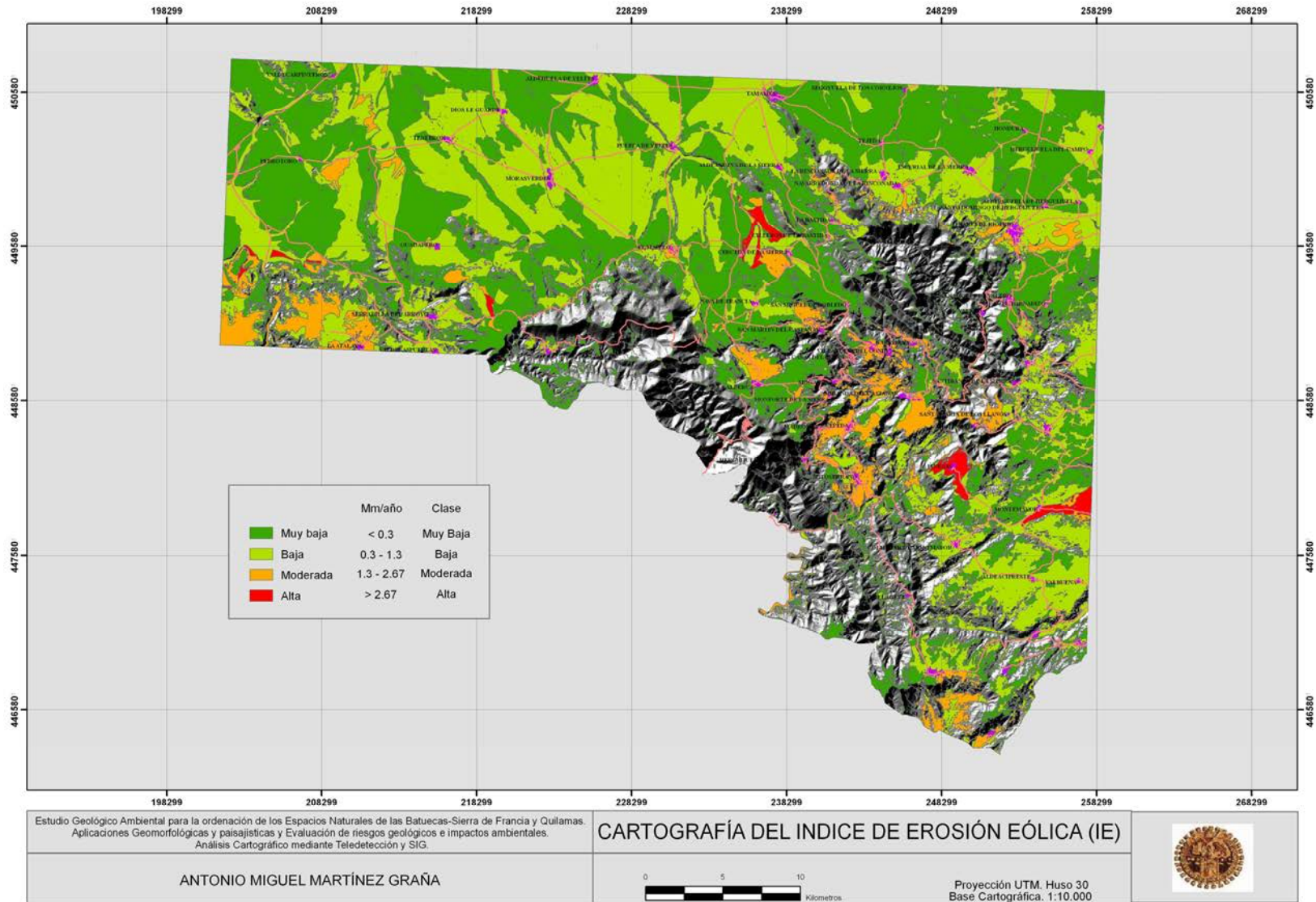


Figura III_{2,2}-12. Cartografía de Erosión Eólica según clasificación FAO sobre MDT.

III_{2.3} Riesgos de Erosión Hídrica y Eólica.



III_{2.3}. Resultados.

III.2.3. Resultados.

En primer lugar, analizando el riesgo de erosión hídrica actual, observamos que es un factor a tener en cuenta, dada la existencia en ciertos sectores de riesgos graves e importantes, con lo que para una correcta gestión ambiental de estos espacios naturales, deben tenerse en cuenta la magnitud de estos procesos y las posibles medidas de mitigación y/o reducción del riesgo. (Martínez-Graña et al, 2008).

Las zonas que presentan riesgo de erosión actual grave (de 40 Tm/Ha/año o bien > 2.67 mm/año) e importante (20-40 Tm/Ha/año o 2.67-1.3 mm/año); comprende los sectores de sierra: Sierra de Francia, Sierra del Castillo, Sierra de Tamames, Sierra de Quilamas y Sierras de Carazo-Valdefuentes). El grado de erosión existente se debe fundamentalmente a que presentan una topografía escarpada, pendientes elevadas, precipitaciones abundantes y un grado de cobertura vegetal escasa o nula. Se dan puntualmente además, en otros sectores de menor cota pero donde las pendientes presentan inclinaciones muy fuertes, por procesos de encajamiento fluvial (Miranda del Castañar, Arroyo Quilamas) o donde la resistencia litológica es débil por procesos de meteorización (San Esteban de la Sierra, Molinillo, Sotoserrano, Mogarraz...)

El riesgo de erosión hídrica actual es ligero (5-20 Tm/Ha/año o 1.3-0.3 mm/año) en algunos sectores de sierra, con relieves no muy abruptos y con una importante cubierta vegetal (Sierra Mayor, Sierras de Torralba-Peronilla...) y también en zonas entre ambas sierras donde los relieves son muy escasos y aunque la cobertura vegetal no es muy densa, el factor litológico es muy resistente (Nava de Francia, La Alberca, Pinedas, Tejeda y Segoyuela, Aldeacipreste...). Igualmente esta presente un grado de erosión ligera en la orla y estribaciones de los relieves con riesgo de erosión grave e importante (La Bastida, San Miguel de Robledo...).

El riesgo de erosión débil (< 5 Tm/Ha/año o < 0.3 mm/año) se ubica, mayoritariamente, fuera de los espacios naturales, en los piedemontes y sectores con pendientes suaves (terrazas, glacis, fondos aluviales...) como ocurre con la zona de Pedrotoro, Moraverdes, Puebla de Yeltes, Escorial de la Sierra, Herguijuela del Campo... También abarca este sector de riesgo débil, superficies graníticas de la zona sur de estudio: Aldeacipreste, Valbuena, Peñacaballera....

En segundo lugar, la erosión eólica, aunque no presenta gran incidencia en la región, puntualmente, las áreas de deflación, pueden generar pérdidas importantes del recurso suelo, si no se tienen en cuenta una serie de prácticas de conservación, en diferentes actividades humanas.

A partir de la cartografía de erosión eólica (cartografía del índice I.E.), se puede observar que la influencia de la erosión eólica es mucho menor que la erosión hídrica, tanto en el interior de los espacios naturales "Las Batuecas-Sierra de Francia" y "Quilamas", como en la zona de influencia de estos espacios de gran valor medioambiental.

En los dominios de sierra, donde la erosión hídrica es más intensa, la erosión eólica es inexistente, dado que se ubican en zonas externas al área de influencia de los procesos eólicos: áreas de deflación, no presentando la zona de estudio, riesgos de erosión eólica de clase muy Alta (> 2.6 mm/año).

Los sectores donde el riesgo de erosión eólica es acusada, es decir, de clase Alta, se limitan a zonas puntuales, como el sector del fondo de valle del río Cuerpo de Hombre, en Montemayor del Río, la localidad de Pinedas y el sector del valle del arroyo del Zarzoso, al norte de la localidad de El Cabaco y Cereceda de la Sierra. Estas zonas constituyen superficies con poca inclinación y muy escasa cubierta vegetal, con índice general de erodibilidad muy alto, por su elevada erodibilidad textural y analítica.

El riesgo de erosión eólica moderada es muy reducido, distribuyéndose por la superficie adyacente al encajamiento del río Águeda en el sector de Pastores, margen izquierdo, y Zamarra, margen derecho del río Águeda. En el sector de Hervás constituyen manchas muy dispersas, al igual que en la zona de entresierras: Santibañez de la Sierra, Villanueva del Conde y El Maillo.

Los sectores que presentan bajo riesgo de erosión eólica, se distribuyen en zonas adyacentes a los espacios naturales: Moras-verdes, Tenebrón Tamames, así como en la periferia de diferentes localidades de la sierra: Sotoserrano y Monsagro y zona de influencia: El Maillo, Horcajo de Montemayor, Guadapero....

Finalmente los riesgo de erosión eólica inapreciable, o de clase muy baja; son los que predominan en el sector de estudio distribuyéndose por la mayor parte de las áreas de deflación en grandes sectores: piedemontes y terrazas de los ríos Tenebrilla, Yeltes, en la zona Oeste y zona norte de la hoja de Tamames: Santo Domingo de Herguijuela, Tejada y Segoyuela...

La erosión eólica e hídrica (Figura III_{2.3-1}), generada, establece una zonificación, la cual indica que los sectores de mayor pérdida de suelo, son los de condiciones topográficas más abruptas, cobrando exclusividad la erosión hídrica como agente desertizador, ya que coinciden dichos sectores con zonas externas a las áreas de deflación, presentando pérdidas graves que suponen pérdidas superiores a 48 Tm/Ha/año, o bien superiores a 2.6 mm/año. Estos sectores de la zona de estudio, comprenden áreas que sobrepasan la cota 1200 metros como La Sierra de Francia, Sierra del Guindo, Sierra de La Alberca y sector central de la Sierra de las Quilamas, así como sectores de elevaciones menores, alrededor de los 700-800 m, como alineaciones montañosas dispersas por el sector sur y de entresieras, como la Sierra del Castillo, Sector oeste de Lagunilla y relieves adyacentes al encajamiento de los ríos Cuerpo de Hombre y Francia.

Los relieves topográficos secundarios no tan pronunciados, dispersos en el sector de estudio, constituyen aquellas zonas donde la erosión es ligera. Las cotas rondan sobre los 1000 metros de altura, incluyendo pequeñas sierras como la del Carazo y Valdefuentes, que circunscriben la localidad de Guadapero, las estribaciones de la Sierra de Quilamas, en su prolongación NW, próxima a Tamames, o bien relieves adyacentes al curso del río Sangusín. También en este grado erosivo se incluyen los escarpes fluviales y tectónicos existentes en la zona de estudio, como el escarpe del río Yeltes.

Finalmente los sectores donde el riesgo de erosión por acción hídrica y eólica es menor; se corresponden con zonas deprimidas o fondos de valle, con pendientes muy tendidas y relieves muy poco accidentados, constituyendo los piedemontes, pedimentos, raña y terrazas fluviales.

A partir de esta zonificación se desarrollan programas de mitigación del riesgo mediante unas medidas preventivas y/o correctoras: actuaciones estructurales (roturación paralelos a las curvas de nivel, bancales...) o bien actuaciones de gestión o no estructurales (repoblaciones forestales, practicas agrícolas sostenibles...).

Los materiales de la erosión laminar llegan, a la red de drenaje fluvial donde son arrastrados y transportados en momentos de alta energía (avenidas) y depositados con baja energía. En este apartado se han cuantificado los valores de erosión específica de la zona de estudio, lo cual permite, en sectores con riesgos de inundación cuya medida estructural consiste en laminar el caudal mediante presa o embalse; estimar la cantidad de sedimentos que aportan las corrientes por erosión de la escorrentía superficial, que sumados a los sedimentos por "erosión lineal", permiten analizar la pérdida de capacidad neta de los embalses (trampas de sedimentos) por colmatación del vaso. Igualmente se puede intuir la erosión adicional provocada aguas abajo de la coronación de la presa, en el cauce, al quedar interrumpido su perfil de equilibrio, influyendo en el análisis de otros riesgos (estabilidad de márgenes fluviales, etc.). Este análisis puede considerarse como un método analítico de contraste previo a la construcción de presas para estimar su vida útil, ya que los sedimentos removilizados por erosión influyen en el volumen de sedimentación. Un ejemplo lo encontramos en la cuenca hidrográfica adyacente: embalse del Águeda, el cual se construye en 1931 con una capacidad inicial de 22 Hm³ y en 1980 la capacidad es de 15.40 Hm³, que supone una aportación sólida retenida en 49 años de 6.6 Hm³, una media de 0.43 Hm³/año, estimando una vida útil de 164 años.

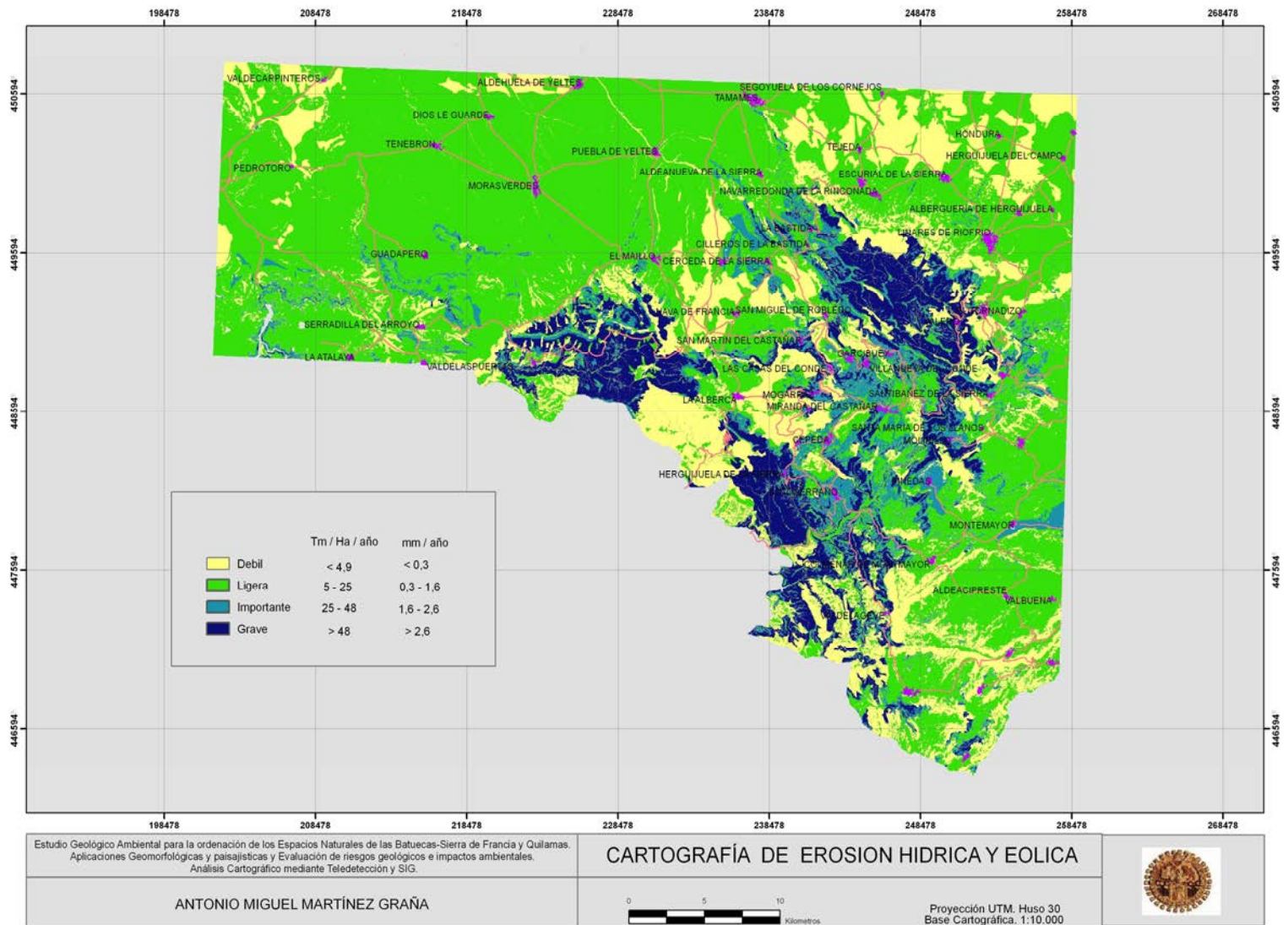


Figura III_{2.3}-1: Cartografía de Erosión Hídrica + Eólica según clasificación FAO. (Mapa 3 Anexo cartográfico).

III₃. Riesgo de Inundación. Cuenca del río Yeltes.



III_{3.1} Introducción.

III_{3.2} Metodología.

III_{3.3} Método Histórico.

III_{3.4} Método Hidrológico-Hidráulico.

III_{3.5} Método Geomorfológico.

III_{3.6} Resultados.

Anexos:

Anexo III_{3.1}. Inundaciones: Marco Legislativo y problemática ambiental y urbanística.

Anexo III_{3.2}. Registro Histórico de Inundaciones.

Anexo III_{3.3}. Estaciones Pluviométricas.

Anexo III_{3.4}. Descripción estadística del análisis meteorológico.

Anexo III_{3.5}. Geodesia y Topografía.

Anexo III_{3.6}. Tabla de valores Modelización Hidráulica.

Anexo III_{3.7}. Métodos de zonificación de riesgos de inundación.

Anexo III_{3.8}. Tablas de datos de la lámina de agua y velocidad de la corriente según perfiles obtenidos con HEC-RAS.

Anexo III_{3.9}. Otra Bibliografía Consultada.

III_{3.1} Introducción.

El agua constituye un recurso necesario y beneficioso para la sociedad. Esta faceta hace que el hombre desde antaño se instale en las llanuras aluviales, donde encuentra unas características óptimas para sus necesidades: suelos fértiles, topografía llana y disponibilidad de agua. A partir de esta ocupación, los procesos de inundación o crecida fluvial conducen a pérdidas humanas y bienes materiales, es decir, se tiene en cuenta el riesgo por crecida en función de que los procesos de inundación superen un cierto umbral.

Una crecida o avenida es la respuesta del sistema fluvial a la llegada masiva de agua procedente de la lluvia o nieve; o bien el resultado de la alteración repentina de las condiciones hidrológicas de un río (terremotos, rotura de presas...). La cuenca fluvial se adapta a las condiciones energéticas puntuales a través de los procesos de erosión transporte y sedimentación, mediante un “trabajo geomorfológico”. Estos rasgos geomorfológicos van a condicionar la generación de avenidas, de forma que en las zonas altas y medias de los ríos es donde tienen lugar los procesos de formación y traslación de escorrentía y en los sectores bajos predominan los procesos de desbordamiento e inundación cuando el caudal supera la capacidad de evacuación.

Una escorrentía extraordinaria origina una crecida fluvial cuando el flujo supera la capacidad de evacuación del cauce y el agua ocupa la llanura de inundación construida por el propio río para amortiguar o absorber la crecida, siendo un fenómeno hidrogeomorfológico natural.

En este capítulo hemos calculado los caudales de diseño de los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, elaborando las cartografías del riesgo de inundación, y la cartografía de isobatas e isotacas; para la cuenca del río Yeltes.

A partir de finales del siglo XIX, la industrialización provoca la ocupación de las llanuras de inundación y consecuentemente la expansión de las áreas urbanas a zonas bajas de las cuencas fluviales, lo cual lleva a una demanda social de medidas de protección de tipo estructural o no estructural contra el riesgo de crecidas.

La puesta en marcha de medidas de protección (sobre todo estructurales) genera un sentimiento de “falsa seguridad” que intensifica la ocupación del suelo, por ello el grado de desarrollo de una sociedad crece en relación inversa a su vulnerabilidad, siendo por ello necesario, establecer un marco legislativo que permita resolver la problemática ambiental y urbanística, de los riesgos de inundación, la cual se analiza en el Anexo III_{3.1} de este capítulo.

Entre 1998 y 2002, Europa sufrió más de cien inundaciones graves, entre ellas los catastróficos desbordamientos de los ríos Danubio y Elba de 2002. Desde 1998, las inundaciones han causado cerca de 700 muertos, el desplazamiento de aproximadamente medio millón de personas y al menos 25.000 millones de euros de pérdidas en bienes asegurados (Agencia Europea de Medio Ambiente, Informe de Problemas Medioambientales nº 35, 2003) (<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc>).

La experiencia ha demostrado que las medidas locales de protección contra las inundaciones adoptadas en un lugar inciden directamente en áreas situadas río arriba y río abajo. Por tanto, resulta imprescindible tratar la protección contra las inundaciones de forma concertada y coordinada a toda la longitud de los ríos.

Es un problema mundial tanto en países desarrollados como no desarrollados, y aunque en el último siglo el número de víctimas disminuye gracias a las medidas protectoras y sistemas de alarma, las avenidas catastróficas o relámpago, que se presentan de forma repentina en el tiempo, no son predecibles por las más modernas técnicas de previsión produciendo grandes pérdidas materiales y humanas. La importancia del riesgo de inundación y su problemática generalizada ha permitido crear programas de cooperación internacional para fijar criterios de actuación frente a las avenidas así como ayudas en caso de catástrofes; por parte de organismos internacionales, como es el caso de UNDRP (Oficina del coordinador de Naciones Unidas para el socorro en caso de catástrofes).

Hay dos tendencias que indican un aumento del riesgo de inundaciones en Europa. En primer lugar, es probable que la magnitud y la frecuencia de las inundaciones aumenten en

el futuro, debido al cambio climático (mayor intensidad de las precipitaciones y elevación del nivel del mar). En segundo lugar, el aumento de la ocupación humana en zonas con riesgo de inundaciones.

En Europa, a raíz de las inundaciones registradas en 2002 en Europa central, la UE creó el Fondo de Solidaridad de la Unión Europea (FSEU) como instrumento financiero específico para conceder ayuda económica rápida en caso de catástrofe grave (definida como aquella que produzca daños directos superiores a los 3.000 millones de euros o el 0,6 % de la renta nacional bruta), para ayudar a las zonas afectadas a recuperar las condiciones de vida normales lo antes posible. Recientemente se ha puesto en marcha el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, por el ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/prevencion_inundaciones/cartografia_a_inundables/index.htm), con el que España se convierte en uno de los primeros países europeos en aplicar la Directiva 2007/60/CE de evaluación y gestión de inundaciones. Uno de sus objetivos es desarrollar cartografías del riesgo de inundación y su difusión social, para la toma de decisiones sostenibles, permitiendo excluir el desarrollo urbanístico de zonas expuestas al peligro de inundaciones.

Los mapas de riesgos proporcionan información esencial al público, pero son también herramientas importantes para los responsables de la planificación y el sector seguros. La elaboración de mapas de riesgos estará estrechamente vinculada a iniciativas de la UE relacionadas con la recogida, el almacenamiento y el intercambio de datos medioambientales. Para hacer frente a los riesgos de inundación, varios Estados miembros como Austria, Finlandia, España, Irlanda y los Países Bajos han establecido niveles de protección contra las inundaciones en forma de directrices oficiales o por vía jurídica. Por lo general, los niveles de protección se basan en el número de personas y el valor económico y cultural de las zonas con riesgo de inundación. Por otro lado, muchos Estados miembros han elaborado o están elaborando mapas de riesgos de inundación. Los objetivos, la estructura y el carácter de estos mapas son distintos, pero en general se utilizan para aumentar la sensibilización respecto a las zonas de peligro y para la planificación del suelo, por ello es necesario

la elaboración de mapas de riesgo y aplicación de planes de gestión en los riesgos de inundación.

En España, las inundaciones provocan pérdidas medias anuales estimadas en 601 millones de euros, existiendo 300 zonas de alto riesgo potencial. Estas avenidas constituyen un riesgo ambiental de un fenómeno natural, eminentemente físico, geomorfológico hidrológico e hidráulico y su existencia en zonas antrópicas genera un problema territorial con incidencia socioeconómica. En España las condiciones climáticas y orográficas determinan que el riesgo de inundaciones por avenidas tenga gran incidencia social y económica, agravándose en zonas con ocupación territorial de márgenes fluviales. Desde 1957 hasta los años 90 las inundaciones en nuestro país han provocado 1500 víctimas, surgiendo en 1983 la CTEI (Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones), cuyo objetivo era estudiar y clasificar las zonas potenciales con riesgo de inundación -recopilando inundaciones históricas- y analizar actuaciones preventivas. Estos estudios sirvieron de base para los planes de Protección Civil frente a inundaciones. En el año 1996 el grupo de trabajo sobre análisis de Riesgos de Inundación en España, elabora un Catálogo de inundaciones históricas actualizado.

Este aporte extraordinario de agua al sistema fluvial que genera las avenidas, se debe fundamentalmente a las precipitaciones, que pueden ser más o menos torrenciales y rápidas influyendo en la génesis de avenidas. El origen de las precipitaciones suele ser de dos tipos:

1. De origen frontal, se dan en invierno asociadas al frente polar y se dan en el Atlántico afectando a las cuencas del Norte y Noroeste, desplazándose hacia el Este. Estas tormentas aportan mucha agua a los sistemas fluviales con una distribución espacial continua y homogénea, por ello son predecibles y los daños suelen ser materiales. Se suelen denominar Lluvias de Temporal. Son precipitaciones muy abundantes en un largo periodo de tiempo, generadas por la sucesión de borrascas asociadas en altura a una circulación fuertemente zonizada que permite la entrada de aire polar marino (Pm) sobre la península Ibérica bien desde el oeste o el noroeste. En ocasiones las causas de las abundantes precipitaciones es la concatenación de borrascas Pm localizadas al Oeste

peninsular (vientos de SW), generando lluvias regulares y de baja-media intensidad horaria. (Figura III₃-1).

2.Lluvias convectivas a media y gran escala (<24 horas) que generan precipitaciones más torrenciales y rápidas con menos tiempo de reacción para la población en riesgo. Las responsables son las situaciones de inesta-

bilidad atmosférica donde intervienen los centros de acción de baja presión o borrascas con flujos de aire marítimos en superficie. Estas lluvias convectivas pueden darse a pequeña escala, de horas de duración aunque superando los 100 mm/h; generando avenidas súbitas que concentran gran caudal en poco tiempo.

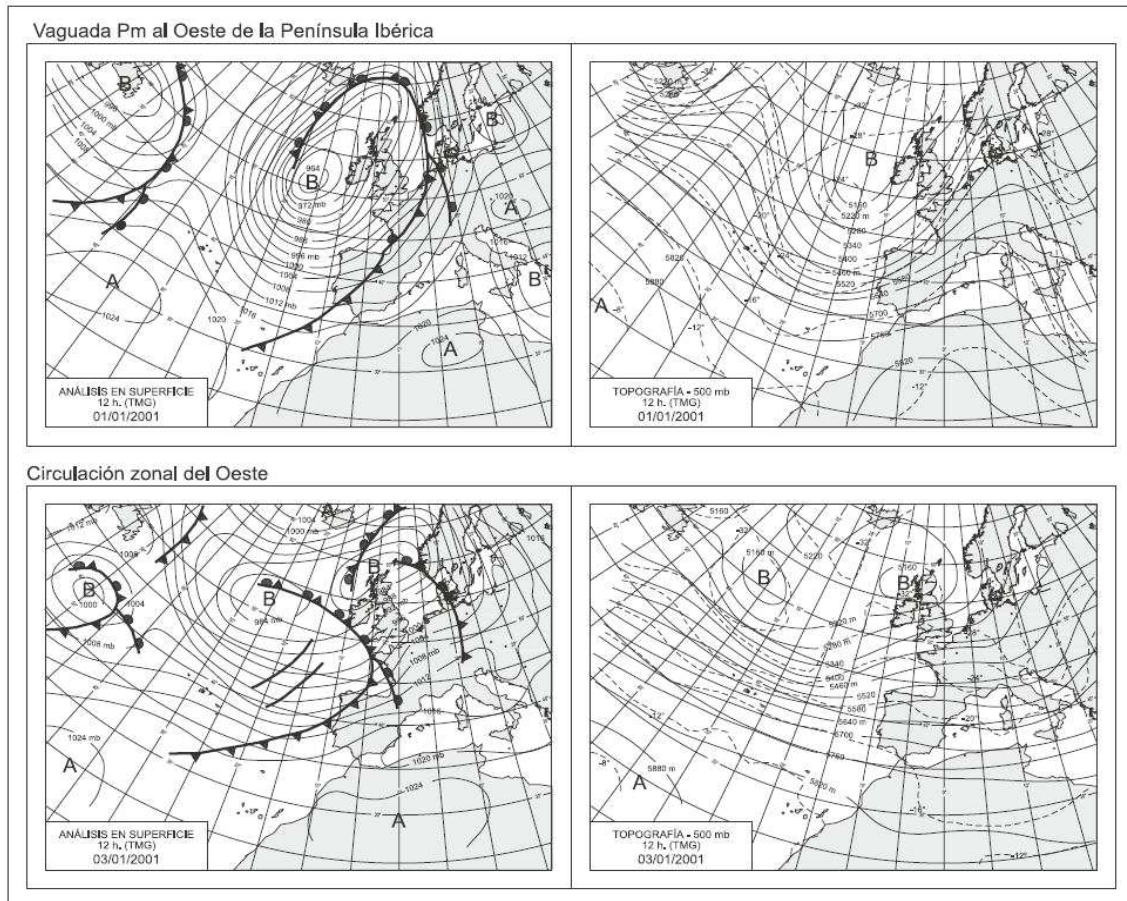


Figura III₃-1. Lluvias de Temporal. (Morales & Ortega, 2002).

En las zonas costeras este riesgo de inundación se ve agravado por el ascenso del nivel del mar, durante la pleamar, que dificulta el desagüe fluvial. Dan lugar a inundaciones tipo flash o relámpago por lluvias de tormenta, que se generan por la presencia en altura de algún elemento de inestabilidad, como la dinámica de una gota fría con situaciones de baja térmica superficial, o evolución de fuertes procesos convectivos por dinámicas tipo mixto (vaguada de Pm al oeste y cresta Tc Tempado continental al este). Son dinámicas de bajo índice zonal habitual en estaciones equinocciales y periodo estival. (Figura III₃-2).

La cuenca del río Yeltes.

En Castilla y León, se presentan básicamente dos regímenes fluviales: El primero lo comprenden los ríos más caudalosos afluentes del Duero, que nacen en zonas de sierras, (Cordillera Cantábrica, Norte, Cordillera Ibérica y Sistema Central), constituyendo ríos de alto nivel de innivación, funcionando como ríos pluvionivales (por ejemplo el río Tormes, Yeltes...). El segundo régimen lo comprenden los ríos del interior de la Cuenca Terciaria del Duero, de menor altitud y mayoritariamente sobre sustratos impermeables, presentando ríos de carácter pluvial con marcado ritmo estacional.

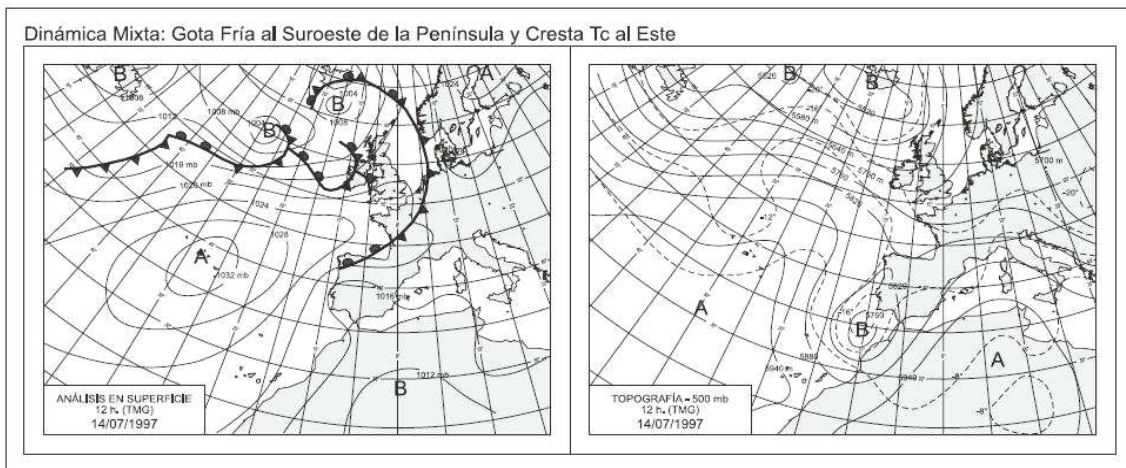


Figura III₃-2. Lluvias de Tormenta. (Morales & Ortega, 2002).

La cuenca del río Yeltes pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero, con una superficie de 976 Km² y con un valor de aportación media anual de 121 Hm³, para el periodo 1940-1985. Para valorar la peligrosidad del medio y la vulnerabilidad social de los procesos de inundación en la zona de estudio hay que analizar detalladamente los factores físicos y humanos que están afectados.

En cuanto a los factores físicos o naturales, hay que destacar los rasgos geomorfológicos, litológicos y morfoestructurales, así como las características hidrológicas, vegetales y climáticas de la zona de estudio.

La configuración geomorfológica de la cuenca de drenaje es de vital importancia para la conversión de lluvia a caudal, pudiendo aumentar o disminuir las crecidas. Los parámetros a tener en cuenta son: el área de la cuenca, la forma, la pendiente, la litología, el estado de saturación del suelo, la red de drenaje y la morfología de los cauces.

La cuenca del río Yeltes, cercana al Espacio Natural Protegido (E.N.P.) de “Las Batuecas-Sierra de Francia” y “Sierra de Quilamas” de gran relieve; y la zona de tránsito del piedemonte con las superficies de penillanura donde se encaja el río Huebra, del cual es afluente por el margen izquierdo el río Yeltes; suponen un corto tiempo de concentración con coeficientes de escorrentía altos (0.5-0.7) en zonas de rocas impermeables (Sierra de Francia) presentando valores medios en superficies terciarias y cuaternarias con litologías permeables o semipermeables ya que favorecen las pérdidas hídricas al subsuelo cobrando importancia los acuíferos libres. La transmisividad de los suelos en zonas de alto

relieve es pobre y en las llanuras es buena al ser más detrítica, lo cual puede dar lugar a concentraciones de láminas de agua en los cambios de condiciones. Todos estos parámetros favorecen una cierta peligrosidad en zonas donde los cascos urbanos están cerca de los cauces fluviales, aunque el progresivo ensanchamiento del canal, la traslación de la onda y los procesos de desbordamiento provocan la laminación de la crecida aguas abajo.

El contexto en el que se enmarca el río Yeltes, con su nacimiento en las Sierras cercanas, hace que los episodios tormentosos tengan una estacionalidad muy acusada, generando efectos devastadores fruto de tres factores: a) Rápida generación de escorrentía convirtiéndolas en inundaciones relámpago; b) Gran velocidad de las aguas, como consecuencia de las elevadas pendientes longitudinales de los cauces de cabecera de las sierras y c) Arrastre de elevados caudales sólidos debido a la intensa erosión que producen las aguas (véase apartado de riesgos erosivos).

La cuenca del río Yeltes presenta, por un lado los sectores de Sierra (Sierra de Francia y Quilamas) escalonados y con elevada altitud que presentan divisorias de aguas muy continuas; y por otro, las zonas distales con extensas llanuras tendidas, formadas por depósitos de piedemontes de las sierras. Esta configuración hace que la red de drenaje se adapte, y existan fuertes desniveles y elevados contrastes climáticos y topográficos. Además, el trazado del río Yeltes queda marcado por la presencia de un notable escarpe que comienza en el punto de inflexión entre el dominio de

Sierra y el del Piedemonte, configurando un valle asimétrico con superficies amplias y llanuras de inundación muy tendidas en el margen izquierdo, mientras que en el derecho sigue el trazado del escarpe, pudiendo puntualmente, al presentar una tendencia meandriforme y trenzada (Figura III₃-3), generar una pequeña llanura de inundación que

los distancia del escarpe, aunque en las zonas donde el cauce incide sobre la base del escarpe el margen derecho sufre un retroceso por el curso fluvial y sus avenidas extremas que potencian un importante zapamiento que da lugar a procesos activos (deslizamientos, acarcavamientos....).

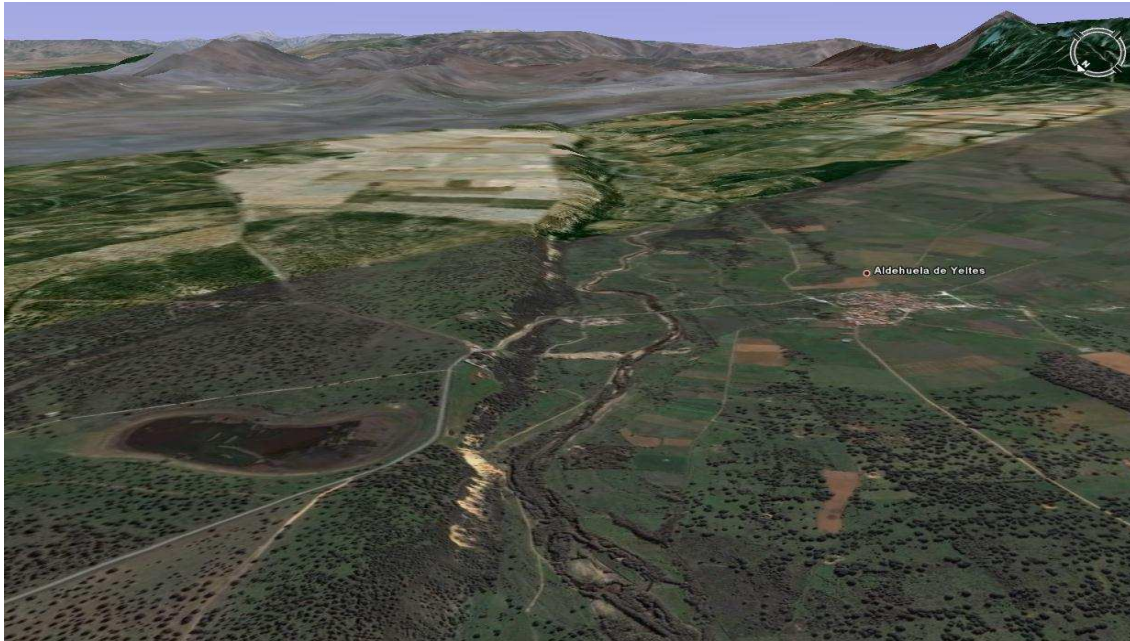


Figura III₃-3. Trazado trenzado río Yeltes adyacente al escarpe.

Esta inflexión entre las fuertes pendientes de las áreas de montaña y el piedemonte favorece crecidas en las zonas de contacto, como es el caso de las frecuentes crecidas que se generan en la localidad de Puebla de Yeltes, donde el curso fluvial Arroyo Altejos (Figura III₃-4), encajado en un mayor relieve tributa al río Yeltes encajado en la superficie de depósito “raña”, sobre el techo del piedemonte. (Figura III₃-5).

La litología es un parámetro importante en los factores físicos, ya que los terrenos impermeables potencian los desbordamientos de los cauces fluviales y en ocasiones en puntos no cercanos a los cursos fluviales encharcamientos por acumulación hídrica cuando las precipitaciones son altas, o medias pero muy duraderas.

La configuración geomorfológica favorece en las sierras, índices pluviométricos anuales elevados, que disminuyen al bajar en altitud (ver apartado II₁ de climatología), esos volúmenes importantes, en las zonas de altas pendientes migran con gran rapidez hacia

sectores topográficamente más bajos, en los cuales la menor velocidad hace agregar más volumen hídrico potenciando las crecidas y desbordamientos fluviales, y a veces, la alta sedimentación en zonas de afluencia con un río de orden mayor el incremento de depósito de los materiales transportados por el medio fluvial.

Las condiciones geomorfológicas y litológicas configuran cuencas amplias y largas que favorecen un drenaje de tiempo lento de respuesta y un sistema de previsión de crecidas alto (periodos de retorno bajos), con un margen de actuación de 1-4 horas, generando amplias zonas de anegamiento pero con alturas de lámina de agua muy reducida provocando pérdidas materiales y no de vidas humanas directas. En ocasiones los desbordamientos se incrementan por obstrucción de cauces por causas naturales (riesgos gravitacionales; deslizamientos, desprendimientos...) o por actividades humanas inducidas (cambios de pendiente, vertederos incontrolados, deforestación...).

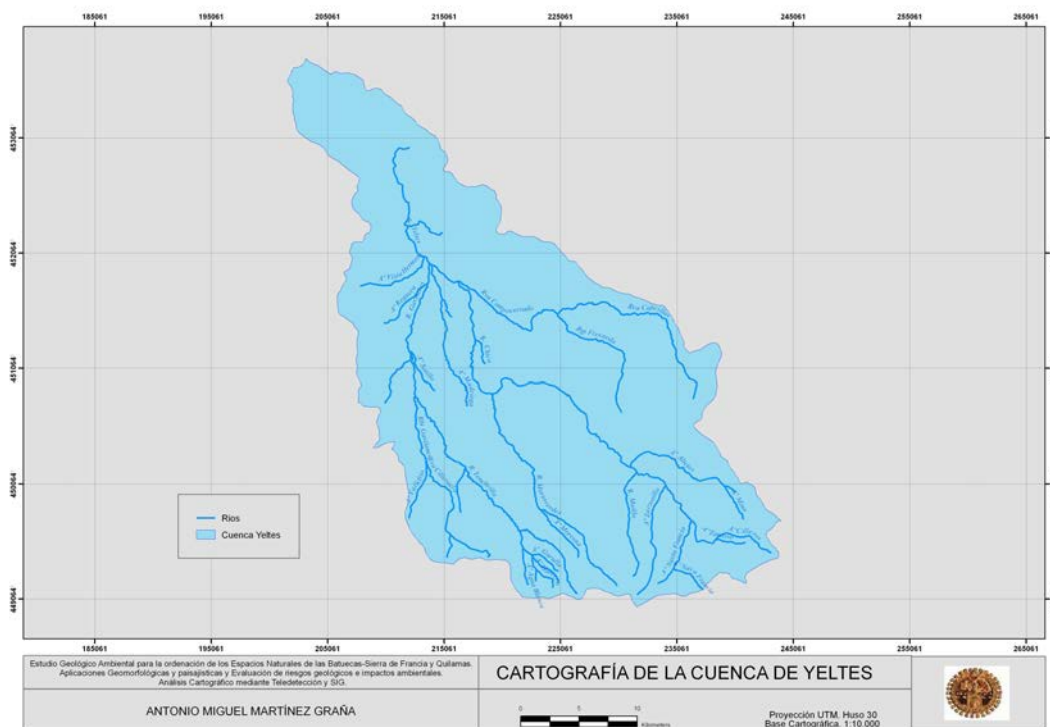


Figura III₃-4. Distribución de la cuenca del Yeltes y su red de drenaje asociada.



Figura III₃-5. Confluencia del Ayo. Altejos o de la Media Fanega; con el cauce principal del río Yeltes. Puebla de Yeltes.



Figura III₃-6. Cauce principal del río Gavilanes (año 2005) previo a su limpieza. Sancti-Spíritus.

En cuanto a la climatología, las precipitaciones presentan unos registros anuales de gran variabilidad interanual, existiendo años húmedos con precipitaciones superiores al doble de los años secos. El régimen pluviométrico es alto en invierno (en las montañas) y primavera (llanuras), guiado por la dinámica del frente polar.

En cuanto a los factores antrópicos, el desarrollo económico ha potenciado la ocupación de algunos sectores territoriales por infraestructuras de comunicación y otro tipo de actividades (industria, servicios, residencias...) en competencia con los cauces fluviales.

El hombre ante el riesgo de inundación actúa como un elemento pasivo (aumenta su exposición al peligro), y activo (interviene en la dinámica fluvial). La densificación de las redes de comunicación ha generado nuevos puntos de conflicto, así como la obstrucción de cauces por invasión del lecho fluvial de diques y canalizaciones, o bien por aterramiento natural y maleza, por falta de limpieza de cauces.(Figura III₃-6).

III_{3.2} Metodología.

Seguidamente se presenta, el análisis del riesgo de inundación en el río Yeltes, que se realiza estimando el riesgo de inundación (R) a partir de la peligrosidad (P), la exposición (E) y la vulnerabilidad (V) en los márgenes del cauce del río Yeltes, por procesos de avenida o crecida aplicando la fórmula: $R = P \times E \times V$.

La metodología a seguir se basa en establecer un modelo matemático; en el que mediante procedimientos de cálculo se obtiene una serie de parámetros (precipitaciones máximas, umbral de precipitación, caudales de diseño según periodos de retorno...), (Figura III₃₋₇) necesarios para la modelización del riesgo de inundación. Básicamente utilizan la concurrencia de estos parámetros en el sistema del río Yeltes, para representar de forma simplificada la realidad (Joly, 1988). Mediante

este procedimiento se analiza el funcionamiento general del sistema, en este caso fluvial, aplicando distintas situaciones hipotéticas a partir de los parámetros comunes o fractales (características y comportamiento común a cada tipología de riesgo, determinando la predicción espacial mediante unidades “región-riesgo”) que identifican el sistema. No obstante los resultados constituyen una aproximación a la realidad, ya que nunca se puede predecir con absoluta certeza (Chow et al, 1988).

El análisis de la peligrosidad se aborda utilizando tres métodos complementarios e integrados: Método Histórico, Método Hidrológico-Hidráulico y Método Geomorfológico, (Figura III₃₋₈) (Díez Herrero, 2005; Martínez-Graña et al, 2006), tal como indica el R.D. 9/2008 (BOE 14, 2008) que modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico del RD 849/1986.



Figura III₃₋₇. Cauce del río Morasverdes a su paso por esta localidad, donde se observan los parámetros de modelización hidrometeorológica: anchura del cauce, profundidad...

III_{3.3} Método Histórico.

El método histórico se basa en analizar eventos de crecidas e inundaciones para establecer puntos conflictivos, que han sido indicados en diferentes cartografías, o bien, en bases de datos, donde se muestran alturas alcanzadas por el agua, registros de caudales, noticias en medios de comunicación, fotografías de eventos, etc. (IGME, 2004).

A partir del estudio de las inundaciones históricas se deduce la problemática regional de las inundaciones, a través del tiempo, con el fin de poder analizar, en las condiciones actuales los problemas detectados y extrapolar las mejores soluciones. Se trata por tanto, de localizar las zonas más frecuentemente castigadas por las inundaciones y de reunir, clasificar y sistematizar los datos recolectados con el fin de definir las causas principales que produjeron las inundaciones, los daños más frecuentes y su magnitud relativa.

La investigación histórica ha sido diferente según la época: para los siglos

pasados no existen datos cuantificados, sino referencias de eventos de inundación en documentos de bibliotecas, hemerotecas, archivos municipales y personales. Así por ejemplo, para la Cuenca del Duero, desde el siglo I (A.C.) hasta 1985 se han detectado 297 inundaciones, de las cuales 278 se han producido entre 1483-1985 (CNPC, 1984). Estos datos nos dan idea del enorme riesgo que suponen las inundaciones en esta cuenca hidrográfica. En el siglo actual los eventos están bien documentados e incluso cuantificados por organismos públicos oficiales permitiendo un mayor análisis histórico. (Figura III₃₋₉).

Las zonas con mayor desarrollo económico y social disponen de referencias escritas de más antigüedad que otras zonas territoriales cuyo desarrollo fue más tardío, o de menor grado. En la cuenca del Duero, aún existiendo 19 reseñas anteriores a 1483, su poca entidad, aconsejaba desecharlas, fijando este año como origen del análisis histórico (año coincidente con las cuencas del Segura y Pirineo Oriental).

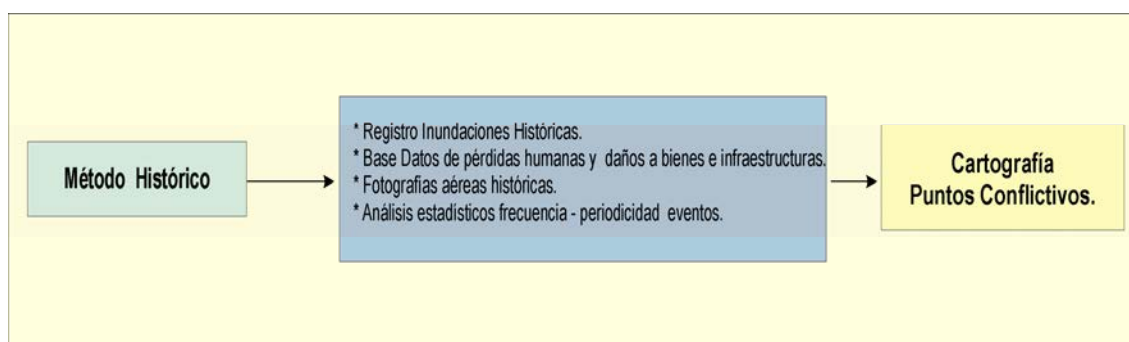


Figura III₃₋₉. Procedimiento del Método Histórico.

Pese a comenzar en el año 1483, se obtienen 278 referencias, que dan un porcentaje medio de una inundación por cada dos años, no obstante la mayoría de los datos no proporcionan un conocimiento cuantitativo, ya que no hay datos de caudales ni de volúmenes asociados a las inundaciones, por lo que es imposible deducir conclusiones estadísticas realmente válidas en los 524 años últimos.

El análisis histórico permite localizar cartográficamente, tanto en el tiempo como en el espacio las inundaciones de mayor o menor gravedad, incluyendo además de la zona afectada, la fecha de la inundación,

duración, causas que podrían haberla provocado, daños imputables, soluciones y remedios que se intentaron tomar después de su ocurrencia y, por supuesto, la fuente de donde se han obtenido los datos.

En el caso del río Yeltes, los datos que se obtienen están en localidades situadas en tramos medios y bajos del río, donde se acumulan escorrentías procedentes de varios afluentes aguas arriba, con núcleos de población de baja densidad, y donde ante la incapacidad temporal del río principal para transportar los caudales aportados por las avenidas, se desborda. Prueba de ello, es la existencia de obras de protección en

forma de defensas (muros y diques) que se derrumbaban frecuentemente durante la inundación agravando el problema.

Recientemente se ha realizado una revisión de las inundaciones ocurridas en la Cuenca del Duero y producidas en el intervalo 1959-2001, (Morales & Ortega, 2002), El análisis de inundaciones históricas de este capítulo, se ha llevado a cabo en la cuenca del Yeltes-Huebra y en la cuenca del Águeda, integrada en la misma subcuenca hidrológica, y también se ha tenido en cuenta la cuenca del Tormes, por su cercanía espacial y ser la de mayor registro. Esta cercanía, supone que las intensas precipitaciones de la cuenca del Tormes, se han producido también en la adyacente del río Yeltes.

El registro de inundaciones no ha sido homogéneo, dada la enorme irregularidad en su distribución espacial y temporal, así en el río Yeltes se han sucedido constantes inundaciones pequeñas, más ocasionalmente desbordamientos importantes y de forma extraordinaria avenidas catastróficas. (Anexo III 3-2. Registro Histórico de Inundaciones).

Se ha procedido finalmente a elaborar un mapa de inundaciones históricas (Figura III₃-10) para la Cuenca del Yeltes, en base a los registros históricos, que muestra riesgo de inundación, donde el río Yeltes transcurre por la localidad de Alba de Yeltes, Aldehuela del Yeltes, Puebla de Yeltes y su afluente Gavilanes a su paso por Sancti-Spiritus.

III_{3.4} Método Hidrológico-Hidráulico.

Constituye un método cuantitativo muy utilizado en estudios de riesgos de inundación. Este método presenta dos etapas (Figura III₃-11): la primera una modelización hidrológica en base a análisis estadísticos de caudales (ajuste gráfico, ajuste paramétrico...), o bien, por métodos hidrometeorológicos (método racional, hidrograma unitario...). En la primera etapa se calculan los caudales de crecida o

caudales punta que lleva el río en todo su recorrido.

En la segunda etapa se realiza una modelización hidráulica, la cual puede establecerse en función de distintas hipótesis de flujo con mayor o menor complejidad: flujos unifásico-bifásico, unidimensional-bidimensional, uniforme-variado, estacional - variable... Esta segunda etapa tiene por finalidad obtener las alturas de la lámina de agua y las velocidades que alcanzan los caudales al circular por un cauce determinado.

Modelo Hidrológico. Hay diferentes métodos de cálculo de caudales de avenida, siendo los dos más usuales:

1. Determinando el caudal generado la cuenca, en base a unas condiciones determinadas de escorrentía, cuando se produce la máxima tormenta posible. Se denomina Método de la Avenida Máxima Probable (Probable Maximum Flood, PMF), muy utilizado en EEUU.

2. Determinando el caudal que tiene una determinada probabilidad de no ser superado, es decir, caudal asignado para cada periodo de retorno en años. El procedimiento utilizado en España a partir de diversos métodos: métodos empíricos, métodos estadísticos, método racional, método del Hidrograma Unitario y modelos de simulación hidrológica. La aplicación de un método u otro es función de las características de la cuenca y parámetros asociados (intensidad de precipitación, duración de la lluvia, forma de escorrentía, etc.). En este capítulo hemos utilizado el método racional.

Estrela (1992 a y b) establece dos tipos de modelos de cálculo de caudales de avenida: Modelos Estocásticos, que utilizan las leyes de la probabilidad, basándose en datos existentes, históricos o bien a partir de muestreos "ad hoc", por lo que su utilidad en predecir y evaluar aportaciones futuras es escasa; y Modelos Determinísticos, donde las variables vienen determinadas por leyes físicas exactas y que explican toda su variabilidad. Los modelos determinísticos de simulación pueden ser agregados, distribuidos o cuasidistribuidos.

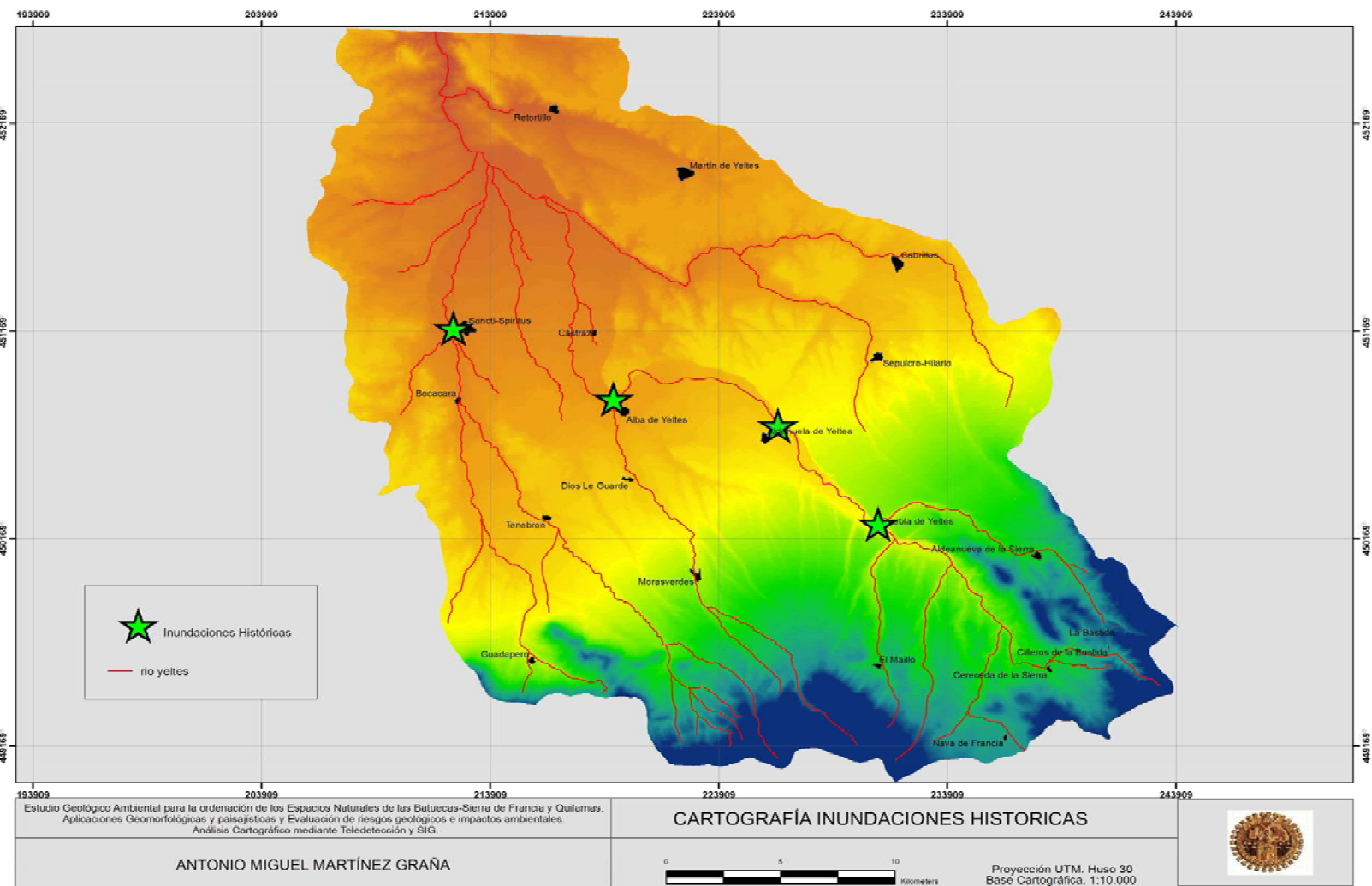


Figura III₃-10. Cartografía de Puntos Históricos de Riesgo de Inundación. Cuenca del río Yeltes.

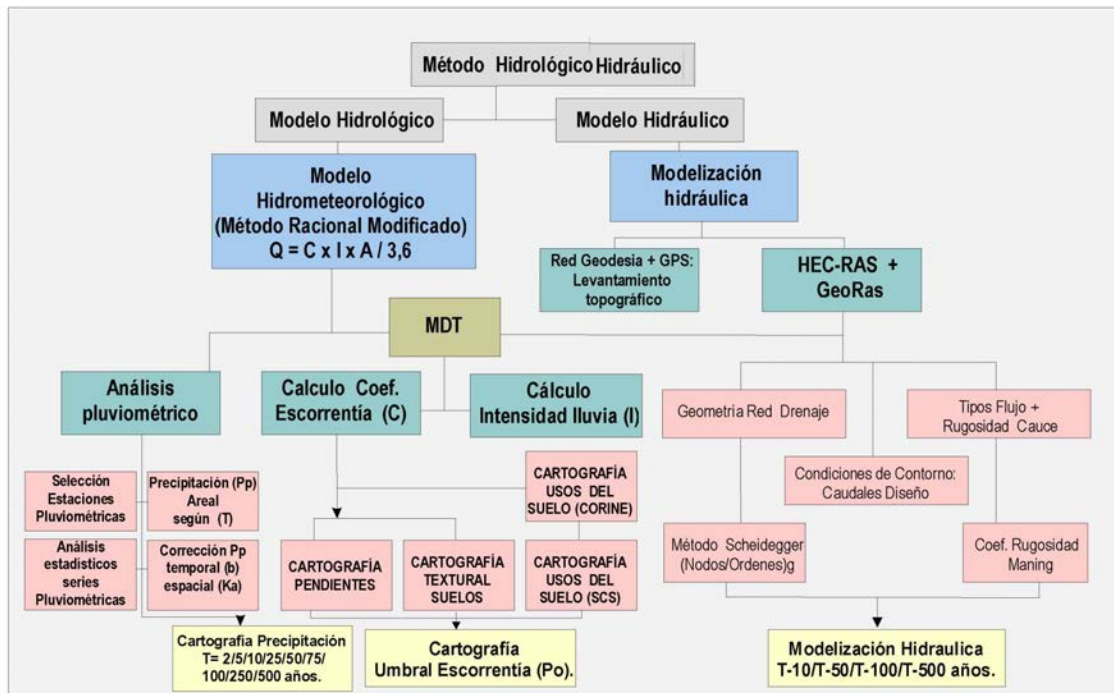


Figura III₃-11. Esquema metodológico del método Hidrológico-Hidráulico.

Los modelos agregados, que agrupan con un único valor para toda la zona de estudio cada parámetro que interviene en la modelización. Son los que más se utilizan, pues simplifican la realidad con buenos resultados. Pueden utilizar un gran número de parámetros (entre 15 y 30) para simular a una escala temporal amplia (horaria y diaria), o bien un número reducido de parámetros (entre 2 y 6), utilizados para escalas temporales menores (semanas, meses, años). Éstos segundos son los de mayor aplicación dada la existencia de disponibilidad de datos en muchas regiones. Uno de estos métodos es el Método Racional Modificado de Témez (Témez, 1987, 1991), de gran aplicación en España, dando resultados viables.

Los modelos distribuidos, dividen la zona de estudio en una serie de “parcelas o celdas”, con sus parámetros propios formulándose la ecuación del modelo por cada sector, mediante modelo matemático complejo que necesita mayor número de datos, facilitando los SIG su modelización.

Por último el modelo cuasidistribuido, modelo intermedio entre los dos anteriores, que divide la zona de estudio en sectores o subcuencas y aplica el modelo agregado en cada sector.

En la cuenca del río Yeltes, para analizar los peligros de inundación, debemos conocer los caudales máximos, para posteriormente con esta condición de contorno realizar la modelización hidráulica. Para conocer estos caudales, dada la ausencia total de aforos en la zona de estudio, se realiza previamente la modelización hidrológica, para lo cual utilizamos modelos de precipitación-escorrentía o también llamados modelos hidrometeorológicos, donde a partir del análisis pluviométrico (análisis de series meteorológicas registradas en estaciones pluviométricas) y características físicas de la cuenca, se transforman los valores de las precipitaciones máximas diarias, agrupadas por periodos de retorno, en caudales de crecida. Este método determinista agregado: Método Racional Modificado (Témez, 1987, 1991), se utiliza por ser el método de cálculo hidrometeorológico de caudales más utilizado en España en análisis hidrológicos, de obligado cumplimiento en el diseño de construcción en determinadas obras civiles (MOPU, 1990: Instrucción de carreteras I.C.-5.2.).

El cálculo de caudales se ha realizado para cada uno de los tributarios del río Yeltes, considerando dichas subcuencas de forma independiente. Para este análisis hidrológico con ArcGis 9.2, se trabaja con dos extensiones: “Arc HydroTools” y “3D Analyst”. En primer lugar se realiza un análisis del relieve, a partir de las curvas de nivel y puntos acotados, generando un TIN (Triangulated Irregular Network) que constituye una forma de representación del terreno a través de una red irregular de

triángulos, de forma que cada uno de los vértices de estos triángulos tienen un valor de altura, representando las superficies de los triángulos la superficie del terreno. Es un formato de menor tamaño que el matricial, pero necesita más recursos del ordenador siendo de complejo manejo, por lo que convertimos el TIN a formato raster o matricial, más manejable, y creamos el Modelo Digital del Terreno (MDT) necesario para poder analizar los riesgos de inundación. (Figura III₃-12).

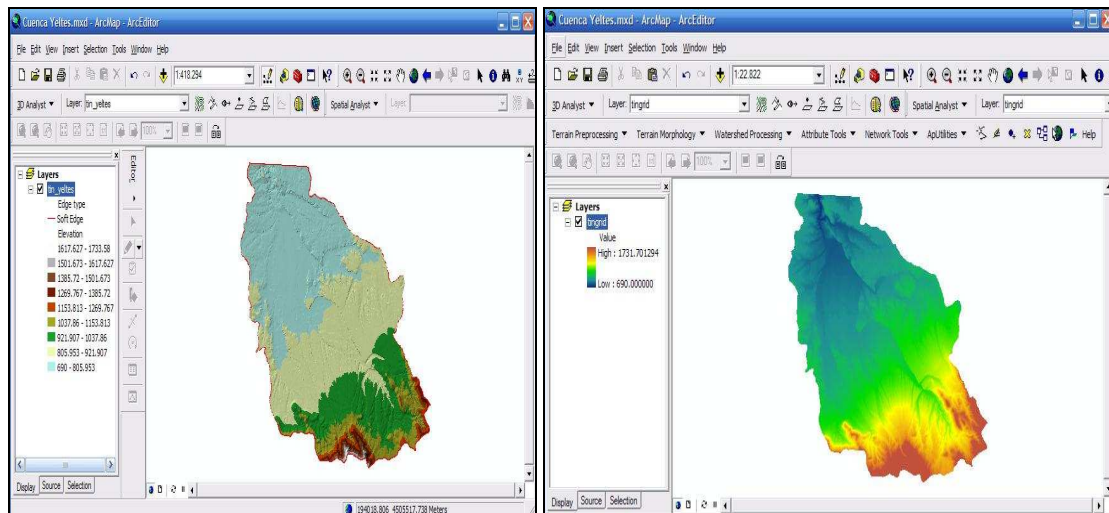


Figura III₃-12. Cuenca del río Yeltes en formato TIN (Izq) y gris o raster (Drcha).

Posteriormente realizamos un análisis de superficies a partir del MDT, sobre las direcciones de flujo y de acumulación de escorrentía, aprovechando las operaciones de análisis espacial del SIG, calculando el área tributaria de cada cauce. Por ello, a partir del MDT raster obtenemos el Mapa de direcciones de Flujo que es un mapa raster en el que a cada celda o píxel se le da un valor numérico determinado en función de la casilla hacia la que vierta el agua, obteniendo la cartografía raster de acumulaciones de flujo, donde cada celda raster tiene asignada un valor corres-

pondiente a las celdas aguas arriba que vierten a ella, de esta manera las celdas de mayor valor son aquellas que reciben agua de una mayor superficie, por lo que pasará por ellas un caudal mayor que por aquellas que tengan menores superficies asociadas, por ello se denomina cartografía de acumulación de flujos, o de flujos acumulados.(Figura III₃-13). No obstante, debido a que en algunos puntos hay celdas con algo menor de elevación que las adyacentes generando sumideros, que procedemos a corregir.

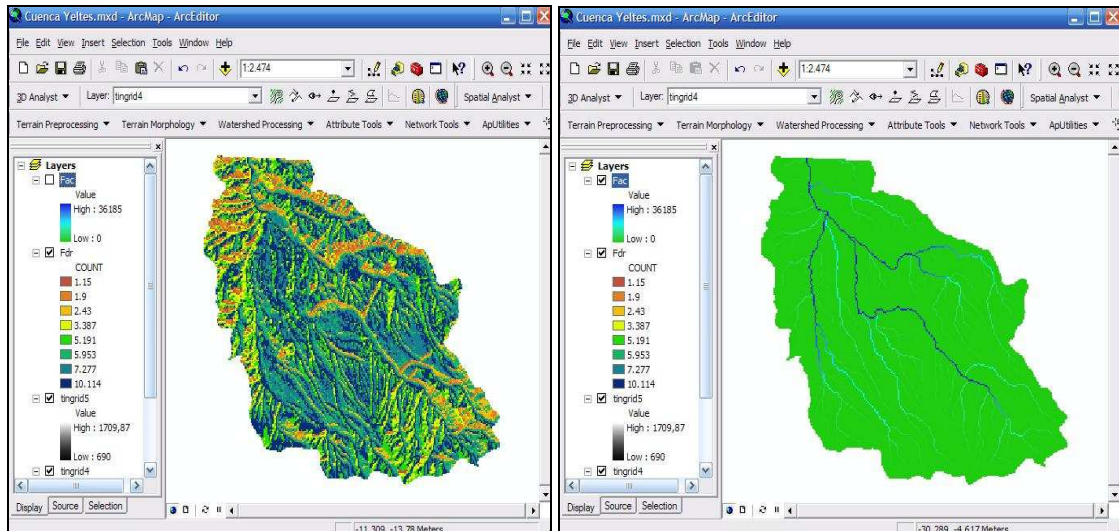


Figura III₃-13. Cartografía de direcciones de flujo (Izq.) y cartografía de flujo acumulado (Dcha).

Finalmente procedemos a la delimitación matricial de canales y cuencas. La delimitación de cauces se realiza definiendo un umbral de flujo o número mínimo de celdas aguas arriba que deben verter sobre la celda estudiada para que ésta pueda considerarse como cauce o canal, quedando estas celdas con valor “1” y el resto con valor “0”. Debemos tener en cuenta que según el umbral que establezcamos la red de drenaje será más o menos densa, de

forma que con umbrales altos la red es más incompleta que con valores de umbral pequeños. En nuestro caso, para la cuenca del río Yeltes hemos aplicado un umbral de 200, pues después de realizar varias pruebas, era el valor que generaba una red de drenaje más completa, no incluyendo los cauces estacionarios (que podrían identificarse con valores de umbral todavía menores). (Figura III₃-14).

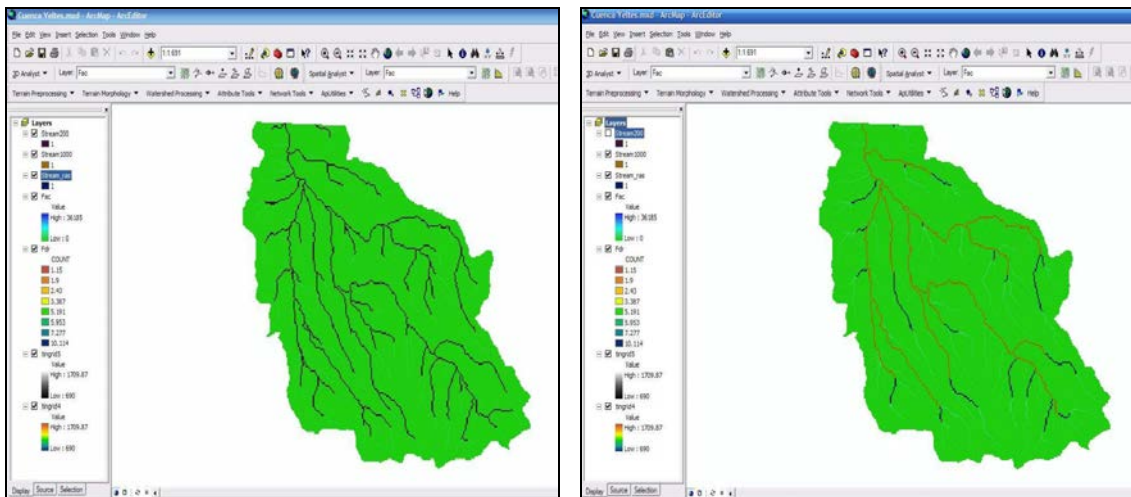


Figura III₃-14. Cartografía de cauces: umbral 200 (Izq), 1000 (dcha:marrón) y 500 (Dcha:azul).

Ya definida toda la red de canales vamos a proceder a identificarlos, para lo cual hay que crear una matriz de segmentos, siendo un segmento un tramo de canal situado entre dos intersecciones (excepto los segmentos de cabecera). Todas las celdas o píxeles del mismo segmento tienen el mismo código, el cual es único

para cada segmento, pudiendo separar y diferenciar los cauces y arroyos de la zona de estudio. En nuestro estudio se han identificado 92 segmentos diferentes. En estos momentos ya podemos definir las cuencas presentes en la cuenca del río Yeltes (Figura III₃-15).

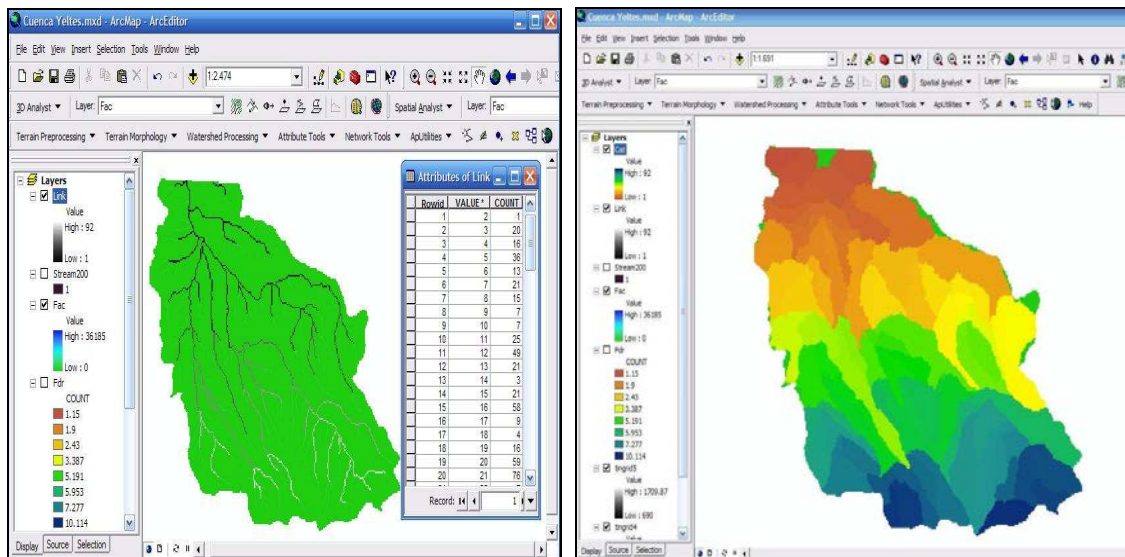


Figura III₃-15. Cartografía de segmentos con tabla de atributos (Izq.), y de cuencas (Dcha.).

Para una mayor facilidad de tratamiento de la información obtenida, simplemente resta transformar el formato raster a vector, pasando las cuencas tributarias a polígonos y los arroyos y canales a líneas.

Para el análisis del riesgo de inundación en la cuenca del río Yeltes, vamos a calcular los caudales de diseño en dos puntos en donde hay registro histórico de procesos de inundación: Sancti-Spiritus (río Gavilanes) y en Aldehuela de Yeltes (río Yeltes), y otros dos que permitan definir caudales en otro cauce (Morasverdes) y en el río Yeltes pero a la altura de Castraz, de forma que con estos caudales para diferentes periodos de retorno calculemos la altura de la lámina de agua necesaria en la modelización hidráulica, extrapolando dichos caudales al recorrido de dichos cursos de agua. Por ello en estos puntos o colectores seleccionados establecemos mediante técnicas SIG el calculo del caudal que los sectores aguas arriba de dicho punto vierten sobre este punto de desagüe. Estos puntos se digitalizan en pantalla sobre una de las celdas por donde transcurre el cauce a analizar. No obstante como el caudal que nos llegue a estos colectores procederá de varias cuencas (cuencas tributarias a cada río, aguas arriba), previamente hay que sintetizar la superficie de las cuencas que no son de cabecera y que vierten a estos puntos o colectores. Esto se realiza con el

comando “Procesamiento de cuencas contiguas” (Adjoin Matchment processing). (Figura III₃-16.a)

Los colectores conforman cuatro puntos de drenaje, y los asociados a la cuenca tributaria total (sumadas las de todos los cauces o segmentos con sus propias cuencas pero que confluyen a cada colector). (Figura III₃-16.b).

El siguiente paso en este modelo hidrológico es aplicar el método racional.

El Método Racional.

Para conocer el caudal de diseño de una cuenca, o lo que es lo mismo el caudal en el colector o punto de salida o desagüe de la cuenca, se utiliza en el método racional la siguiente fórmula: $Q = E \times A$

El caudal (Q) es igual al producto entre la intensidad de lluvia (E), suponiendo una precipitación constante en el espacio y tiempo, y estimando que todo el agua precipitada es escorrentía superficial multiplicado por el área (A) de la cuenca de estudio. Pero en realidad el agua precipitada no sólo es escorrentía superficial, sino que cierto volumen se retiene o pierde en la superficie o en el suelo, por ello necesitamos conocer la cantidad de agua que escurre realmente por la superficie mediante el Coeficiente de escorrentía (C), cuya expresión es: $E/I = C < 1$

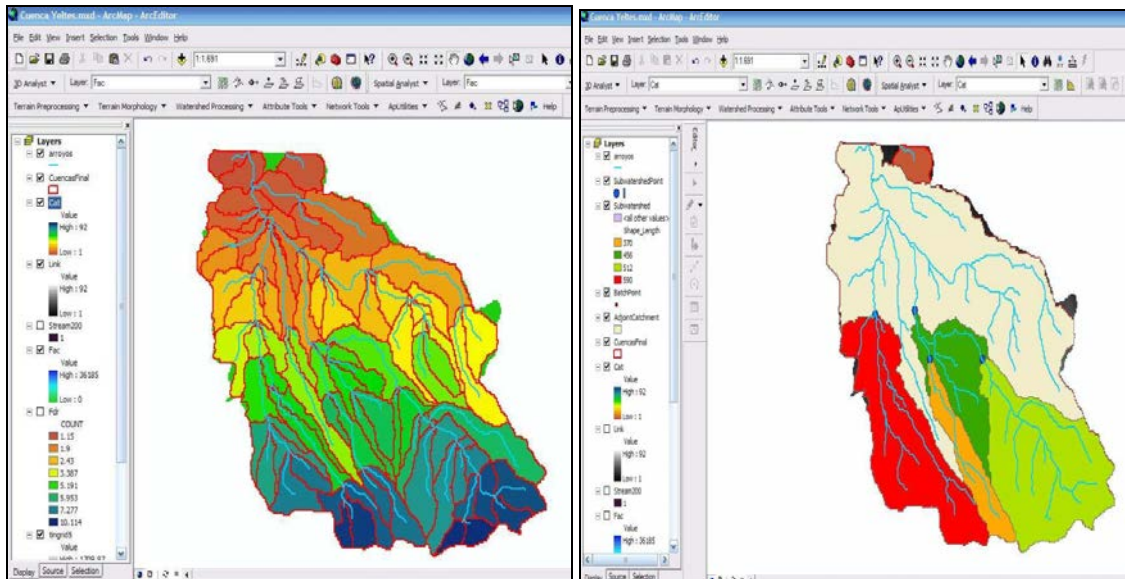


Figura III-16. Cartografía de cuencas adyacentes -a- (Izq.), y colectores-cuencas tributarias -b-(Dcha.).

Teniendo en cuenta que “I” es la intensidad de lluvia caída (intensidad de lluvia) y “E” la precipitación que constituye la escorrentía superficial (Intensidad de lluvia neta), se obtiene el caudal:

$$Q = C \times I \times A$$

Siendo las unidades de medida del caudal (m³/seg.); la intensidad de lluvia mm/h y el área de la cuenca en Km².

Método Racional Modificado.

Posteriormente Témez, (Témez, 1991), modifica la fórmula del método racional, ya que establece que para conocer los caudales de diseño en el método racional, hay que incluir en la fórmula clásica un parámetro denominado Coeficiente de uniformidad “K”, el cual corrige las posibles variaciones de la lluvia neta dentro del intervalo “Tc”, influyendo los parámetros (clima, torrencialidad, etc.) que se pueden asumir exceptuando las variaciones del “Tc” por ello establece:

$$K = 1 + \frac{T_C^{1,25}}{T_C^{1,25} + 14}$$

Los parámetros “K” y “Tc” se contrastaron de forma empírica en estaciones de aforos a nivel nacional y mediante análisis teórico del Hidrograma Unitario (Ferrer-Polo, 1993), obteniendo el caudal de diseño: $Q = C \times I \times A \times K / 3,6$

Siendo “Q” el caudal punta (m³/seg.), “C” el coeficiente de escorrentía (adimensional), “I” la intensidad máxima media

(mm/h) para cada “Tc”; siendo “Tc” el tiempo de concentración (horas); “A” la superficie de la cuenca (Km²) y “K” el coeficiente de uniformidad (adimensional).

Análisis Pluviométrico: Cálculo del valor P.

La precipitación (P) es el parámetro más directo causante de las avenidas y crecidas. Para su análisis se utiliza el valor de la precipitación máxima media diaria, constituyendo una variable agregada: valor diario máximo de precipitación y su probabilidad de ocurrencia o periodo de retorno.

Para obtener el valor de “P”, se siguen cuatro pasos:

1. *Selección de las estaciones pluviométricas con registro continuo de al menos 15 años* (Figura III-17), ubicadas en el interior o periferia de la cuenca de estudio. Posteriormente se realizan análisis estadísticos de las series pluviométricas, estimando qué estaciones pluviométricas o series de datos tienen registro inferior a 15 años, o bien superior pero no consecutivos. No son aptas para realizar análisis estadísticos.

Las estaciones utilizadas son: Villavieja de Yeltes (2-923), El Cubo de Don Sancho (2-915), La Fuente de San Esteban (2-914), Sancti-Spiritus (2-922), Tenebrón (2-921), Morasverdes (2-918), Puebla de Yeltes (2-917), Serradilla del Llano(2-941), Tejeda y Segoyuela (2-904), Rinconada de la Sierra

2. Análisis estadístico de las series pluviométricas. Estos análisis estadísticos establecen la relación entre los valores de precipitación máxima media diaria y su “ley de frecuencia” o probabilidad de ocurrencia, es decir, el periodo de retorno (T) de una Precipitación máxima diaria (Pmd). El periodo de retorno se define como el periodo de tiempo (años) que transcurre entre eventos en los que se supera el valor de precipitación máxima diaria, expresado matemáticamente de forma que un determinado valor de Precipitación tiene un periodo de retorno T, cuando la probabilidad de ser superado dicho valor es 1/T:

$$\text{Prob}(P > p) = 1 - F(p) = 1/T$$

donde P y p son precipitaciones y F, la probabilidad de que ese valor no sea superado.

Uno de los métodos estadísticos más comunes es la ley de los Valores Extremos Generalizados-Momentos Ponderados Probabilísticamente o ley GEV-método PWM (Generalized Extreme Values-Probability-Weighted Moments). Es un método estadístico paramétrico estimado en base a la función elaborada a partir de valores extremos generalizados, que se calculan según su distribución, con igual probabilidad estadística que la muestra. Utiliza en su desarrollo diferentes datos puntuales y regionales: Coeficiente de Sesgo (Cs), Coeficiente de varianza (Cv) y Índice de avenida con media regional de Momentos ponderados probabilísticamente PWM. En el Anexo III 3-4, se describe el procedimiento analítico.

3. Determinación de la precipitación areal, precipitación media máxima diaria (Pd). Los datos calculados para cada estación pluviométrica, según los diferentes periodos de retorno, deben ser continuos en el espacio, por lo que para estimar esta variable (Pd) se utiliza el método agregado, empleando un valor único medio de precipitación para toda la cuenca o bien el método distribuido, donde la precipitación se distribuye espacialmente, para cada celda o parcela territorial, siempre del mismo tamaño, para lo cual se consideran los SIG herramientas óptimas, en formato raster o grid, tomando el píxel como la unidad mínima de celda, con una resolución de 10

x 10m, calculando el valor de Pd de forma continua en el espacio. Las técnicas SIG presentan las denominadas operaciones de proximidad, que permiten interpolar espacialmente los datos calculados en las diferentes estaciones de formas muy distintas: kriging, mínimos cuadrados...En nuestro caso de estudio, en la cuenca del río Yeltes, se ha utilizado el inverso de la distancia al cuadrado: $1/d^2$, siendo “d” la distancia entre el dato y el punto de estimación., calculándose las precipitaciones medias según la ecuación:

$$P = \sum P(x,y) \Delta x \Delta y / A$$

Donde P (x,y) es el valor de la precipitación en función de las coordenadas espaciales (x,y) y las resoluciones de la malla de cálculo (píxel).

4. La lluvia no se distribuye de forma homogénea en el espacio y en el tiempo, ya que esta precipitación (Pd) no cae igual en toda la cuenca en cantidad e intensidad, por ello hay que realizar dos correcciones al cálculo estimado:

4.1. Corrección temporal en función del momento de máxima intensidad de lluvia del pluviograma. Se aplica un parámetro que refleje la posición relativa que proporciona un máximo de intensidad de lluvia (I) en el intervalo del pluviograma diario; obteniendo un factor de corrección “b” = 0,5 (Ferrer et al, 1995); quedando la fórmula de la precipitación corregida (P*) de la siguiente forma: $P^* = b \times Pd$

Siendo, P* la precipitación corregida con respecto al tiempo, Pd la precipitación máxima diaria y b el factor de corrección.

4.2. Corrección espacial en función del caudal afectado según llueva más o menos (intensidad de lluvia) en las cercanías al punto de desagüe. Para ello se aplica otro factor de corrección K_a ,

$$K_a = 1 - (\log_{10}A / 15)$$

siendo K_a el factor de corrección de la distribución heterogénea de la precipitación en el espacio, independientemente de la sinuosidad del trazado del cauce (Figura III₃-18) y A el área de la cuenca.

Finalmente el cálculo de la precipitación media máxima diaria corregida es:

$$P_c = Pd \times b \times K_a$$



Figura III₃-18. Trazado meandriforme del río Yeltes, dando lugar a barras entre canales. Aldehuela de Yeltes-Alba de Yeltes.

Siendo P_c la precipitación media máxima diaria corregida, P_d la precipitación media máxima diaria, b el factor corrector de la posición en el pluviograma diario y K_a el factor de corrección de la distribución heterogénea de P_d en la superficie de la cuenca; multiplicando por 1.13 para estimar la precipitación de 0-24 horas, ya que los datos de precipitación diaria se toman de 8h a 8h de la mañana. Los valores de precipitación que se indican en cada estación por periodos de retorno, ya presentan estas correcciones, siendo los

valores finales, a partir de los cuales se elaboran las cartografías de isoyetas para los diferentes periodos de retorno. (Figura III₃-19 a 23).

Una vez conocidas las precipitaciones según su periodo de retorno y previamente al cálculo de caudales, realizamos un análisis de la distribución de la red de drenaje y subdivisión en subcuencas, ya que en base a los parámetros de cada subcuenca (superficie, pendientes, etc.) calcularemos los caudales de diseño necesarios en el análisis del riesgo de inundación del río Yeltes.

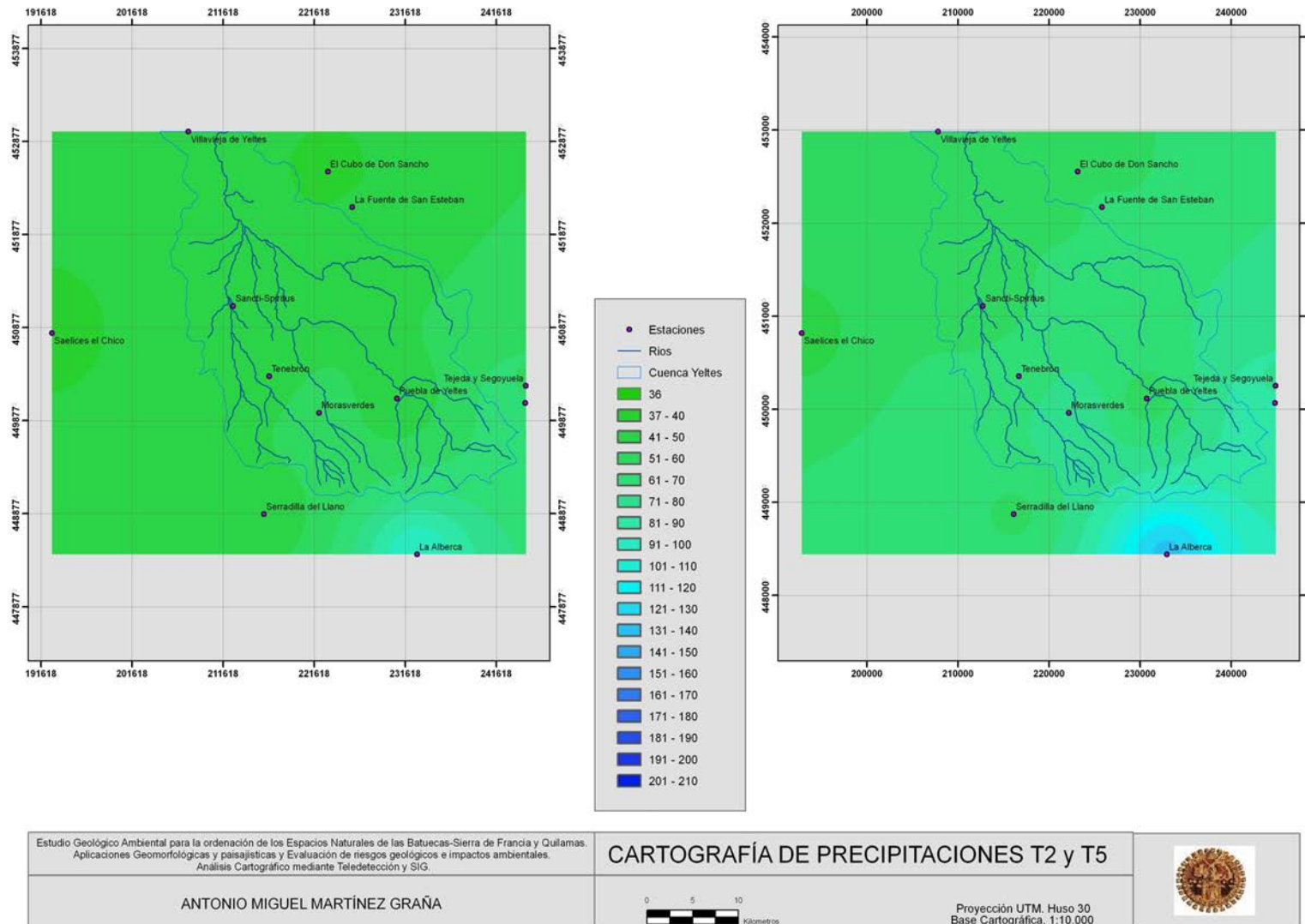
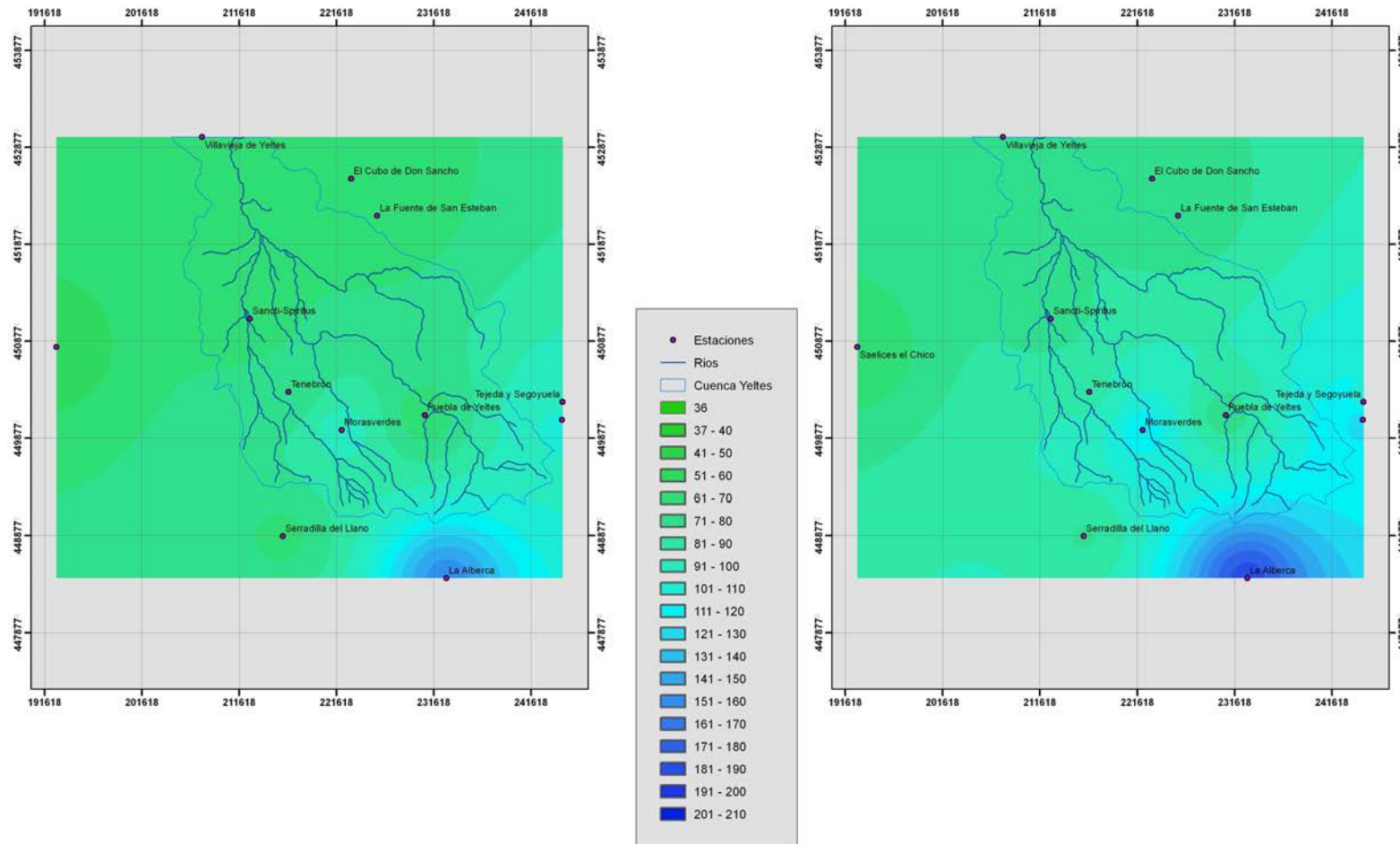


Figura III₃-19. Cartografía de precipitaciones para periodo de retorno de 2 y 5 años (T2 -Izq- y T5 -Dcha-).



Estudio Geológico Ambiental para la ordenación de los Espacios Naturales de las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas.
Aplicaciones Geomorfológicas y paisajísticas y Evaluación de riesgos geológicos e impactos ambientales.
Análisis Cartográfico mediante Teledetección y SIG.

CARTOGRAFÍA DE PRECIPITACIONES T10 y T25

ANTONIO MIGUEL MARTÍNEZ GRAÑA



Figura III₃-20. Cartografía de precipitaciones para periodo de retorno de 10 y 25 años (T10 -Izq- y T25 -Dcha-).

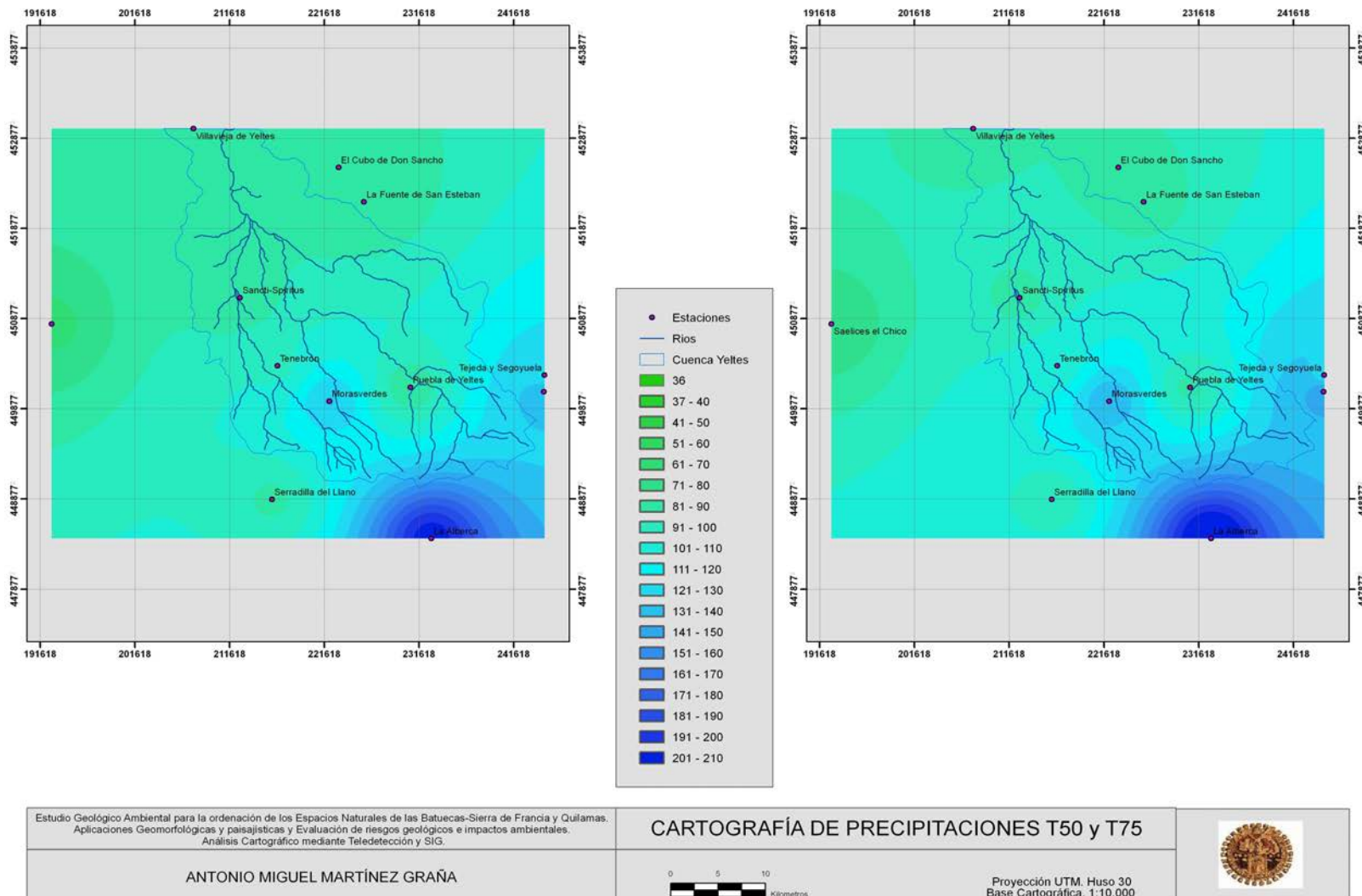


Figura III₃-21. Cartografía de precipitaciones para periodo de retorno de 50 y 75 años (T50 -Izq- y T75 -Dcha-).

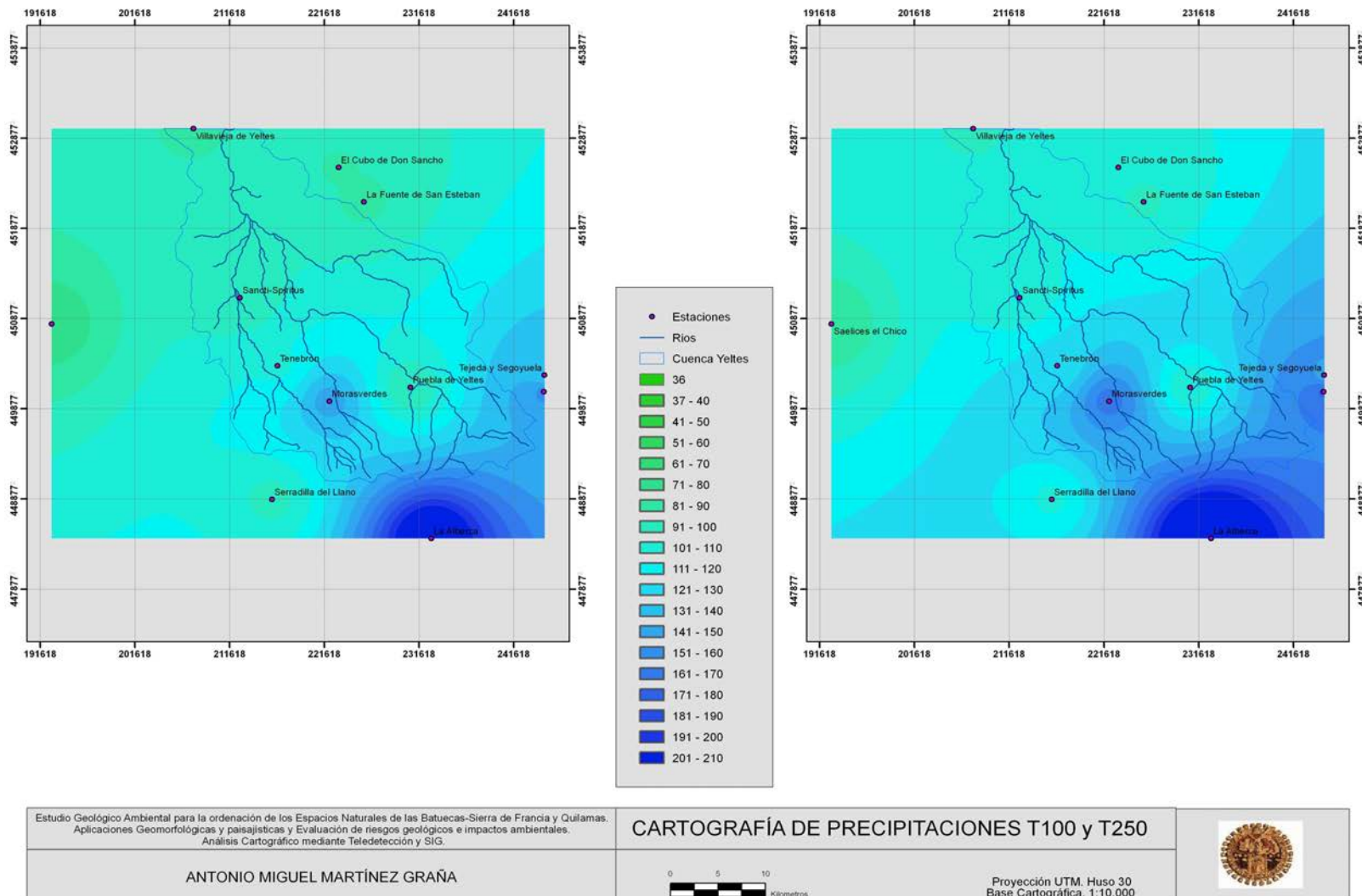


Figura III₃-22. Cartografía de precipitaciones para periodo de retorno de 100 y 250 años (T100 -Izq- y T250 -Dcha-).

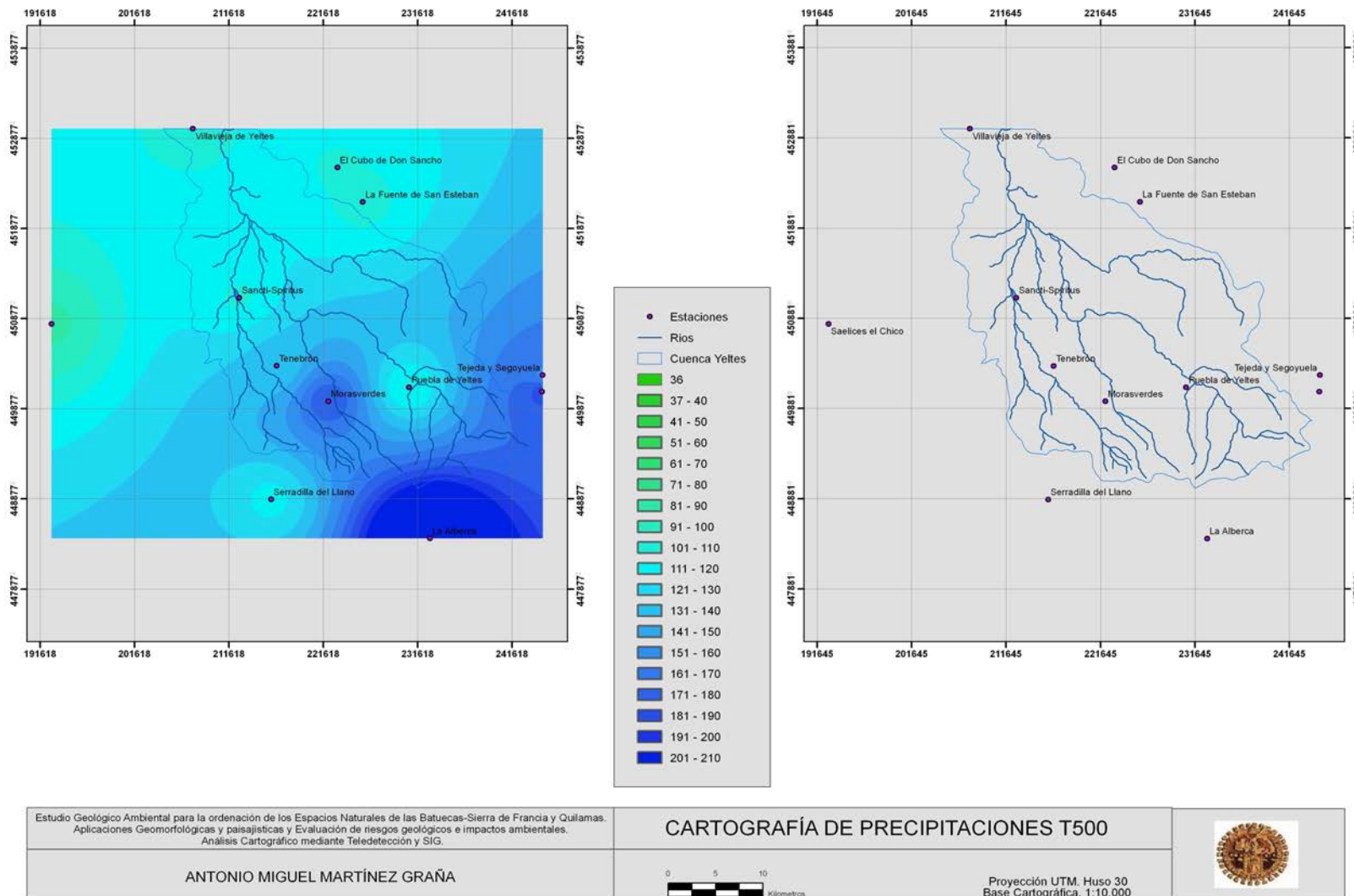


Figura III₃-23. Cartografía de precipitaciones para periodo de retorno de 500 años (T500 -Izq-) y distribución de las estaciones meteorológicas utilizadas.(Dcha).

Cálculo de la intensidad de lluvia (I).

Para calcular la intensidad de lluvia el método racional utiliza la siguiente ecuación:

$$I = I_z (I_t / I_d) \quad \text{pero como} \quad I_z = P/24$$

Siendo P la precipitación media máxima diaria corregida para cada periodo de retorno; (I_t/I_d) es el cociente entre la intensidad de lluvia horaria y la diaria establecida gráficamente mediante un mapa de isóneas por el MOPU, obtenidos los valores en base a la relación de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia), "I_t" la intensidad media en el intervalo de duración "t". En la zona de estudio el valor de (I_t/I_d), que es independiente del periodo de retorno, muestra un índice de torrencialidad de valor 10 (Figura III₃-24).



Figura III₃-24. Mapa de isóneas del cociente entre la intensidad de lluvia horaria y diaria. (MOPU, 1990).

Finalmente, para conocer la Intensidad de lluvia necesitamos saber el llamado tiempo de concentración (T_c), que constituye el tiempo necesario para alcanzar un caudal equilibrado o estable, es decir, el valor máximo que coincide con el pico máximo de caudal en el momento en que llegue al punto de desagüe la primera gota caída en el sector más alejado de dicho punto de desagüe, y es un tiempo característico para cada cuenca.

El valor de "T_c" se calcula aplicando: $T_c = 0.3 [(L/J)^{0.25}]^{0.76}$, siendo "L" la longitud del cauce principal y "J" la pendiente media del cauce principal.

Conocido "T_c" podemos ya calcular la "I_t/I_d", sabiendo que (I_t/I_d) = 10.02 y aplicando la ecuación:

$$(I_t / I_d) = [(I_t / I_d)^{28 \cdot 0.1 - T_c \cdot 0.1} / (28 \cdot 0.1 - 1)]$$

Con estos datos podemos calcular el parámetro "T", mediante la formula:

$$I = (P/24) [(I_t / I_d)^{28 \cdot 0.1 - T_c \cdot 0.1} / (28 \cdot 0.1 - 1)]$$

Calculo de C.

El denominado Coeficiente de escorrentía (C) aumenta con el paso del tiempo ya que las primeras precipitaciones inciden sobre un terreno no saturado para con el tiempo pasar a semisaturado o saturado. Parte del agua retenida se puede perder por evaporación o infiltración. Por ello a medida que la duración de la precipitación es mayor, la escorrentía superficial aumentará. El valor de "C" se puede estimar, cuando Pd > P₀, mediante la formula:

$$C = (x-1) (x+23) / (x+11)^2$$

Donde x = Pd/P₀, siendo "Pd" la precipitación media máxima diaria (corregida) para un determinado periodo de retorno y "P₀" el "Umbral de escorrentía". Las unidades de ambos son en mm y "C" es adimensional.

Para calcular este umbral de escorrentía "P₀" (cantidad de precipitación necesaria para que el suelo se encharque y la escorrentía superficial aparezca o lo que es lo mismo cantidad de agua que tiene que recibir el terreno antes de que empiece a producir escorrentía); tenemos que analizar 5 factores: pendiente, tipo de suelo, usos del suelo, método de cultivo y estado de humedad previo del terreno.

1. El método de cultivo. En el sector de estudio, cuenca del Yeltes, al no existir prácticas de conservación de suelos, la roturación en vez de hacerse siguiendo curvas de nivel, evitando así importantes pérdidas de suelo, se realiza de la forma más habitual en nuestro país: a favor de pendiente.

2. Estado de humedad. Cuando se trabaja con series de datos estadísticos se suele presuponer un estado medio de humedad del terreno.

3. La pendiente. Para el cálculo de este factor, al igual que el resto (tipo de suelo y usos del suelo) se utilizan metodologías distribuidas a partir de técnicas SIG (ArcGis v.9.2).

La pendiente se obtiene a partir de los Modelos Digitales del Terreno (MDTs), agrupándose en 2 tipos: mayor o igual del 3% o menor del 3%. (Figura III₃-25).

4. Tipo de suelo. Los tipos de suelos se agrupan en 4 clases, en base a la cartografía de suelos de la zona (capítulo II₄), según la permeabilidad que tengan, que de forma decreciente son: clase A, B, C y D. (Tabla 1).

Clase A: Suelos profundos y de texturas gruesas (arenosas o areno-limosas), están excesivamente drenados. Cuando estos suelos están muy húmedos, el agua se infiltra rápidamente.

Clase B: Cuando los suelos están muy húmedos tienen una capacidad de infiltración moderada. La profundidad de suelo es de media a profunda y su textura es franco-arenosa, franca, franco-arcillosa o franco-limosa. Están bien o moderadamente drenados.

Clase C: Cuando los suelos están muy húmedos la infiltración es lenta. La profundidad de suelo es inferior a la media y su textura es franco-arcillosa, franco arcillo-limosa o arcillo-arenosa. Son suelos imperfectamente drenados.

Clase D: Cuando los suelos están muy húmedos la infiltración es muy lenta. Tienen horizontes de arcilla en la superficie o próximos a ella y están pobremente o muy pobremente drenados. También se incluyen aquí los terrenos con nivel freático permanentemente alto y suelos de poco espesor (litosuelos). (Figura III₃-26).

Finalmente, la cartografía temática de pendientes, y clases texturales de suelos, se cruza con la distribución de usos del suelo. Esta distribución se realiza de forma distribuida, gracias a la utilización de técnicas SIG, las cuales generan la obtención del número de curva de forma automática y no con la poca precisión de la forma agregada.

Grupo	Infiltración (*)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Arenosa-limosa	Perfecto.
B	Moderada	Media a Grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillo-arenosa Franco-limosa	Bueno a Moderado
C	Lenta.	Media a Pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy Lenta	Pequeña (Litosuelos u horizontes de arcilla)	Arcillosa	Pobre a Muy Pobre
Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D. (*): Se considera la velocidad de infiltración para la situación de suelo húmedo.				

Tabla 1. Clasificación textural de suelos para el cálculo del Umbral de Escorrentía.

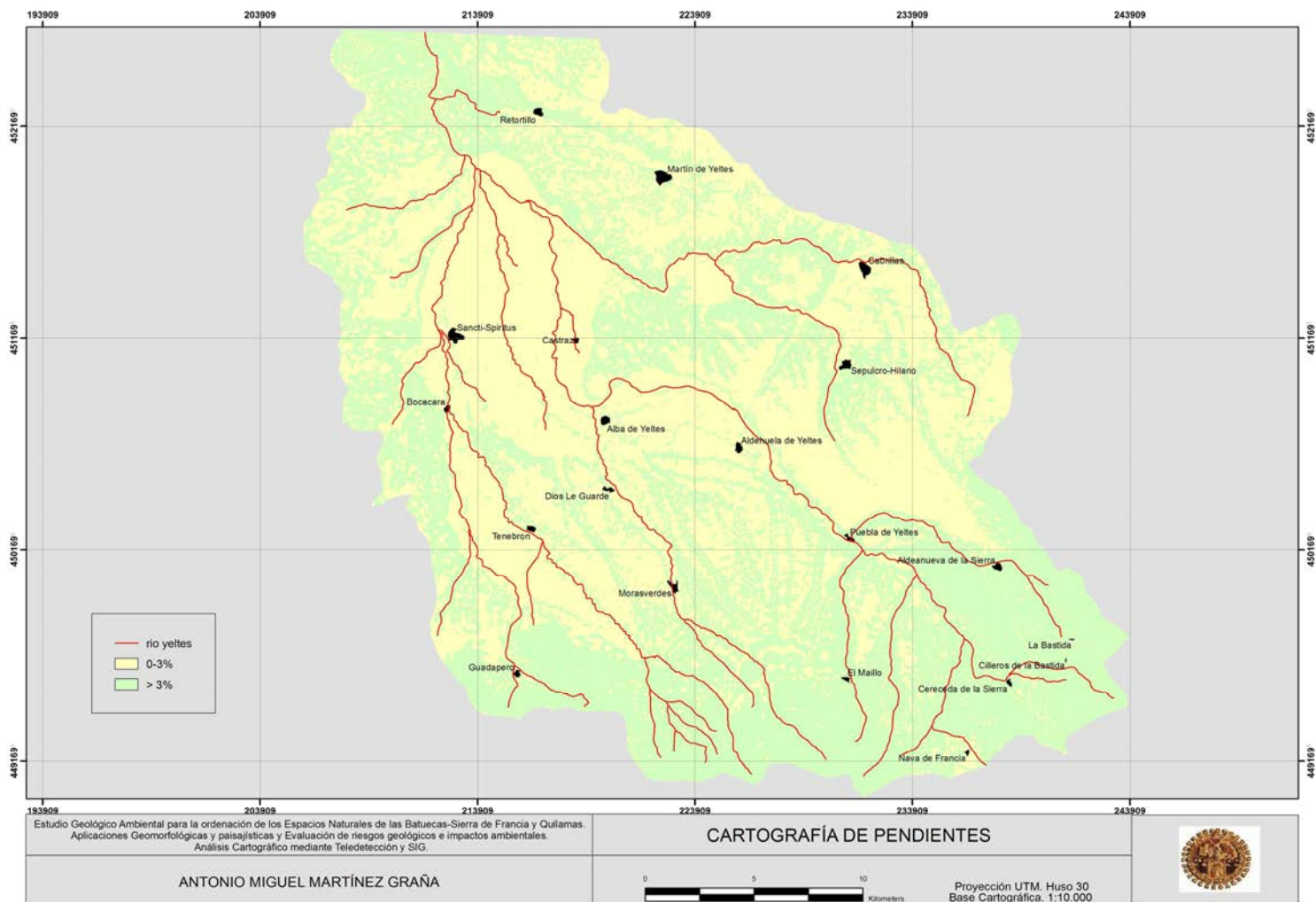


Figura III₃-25. Distribución de las pendientes de la zona de estudio reclasificadas en 0-3 % y > 3%.

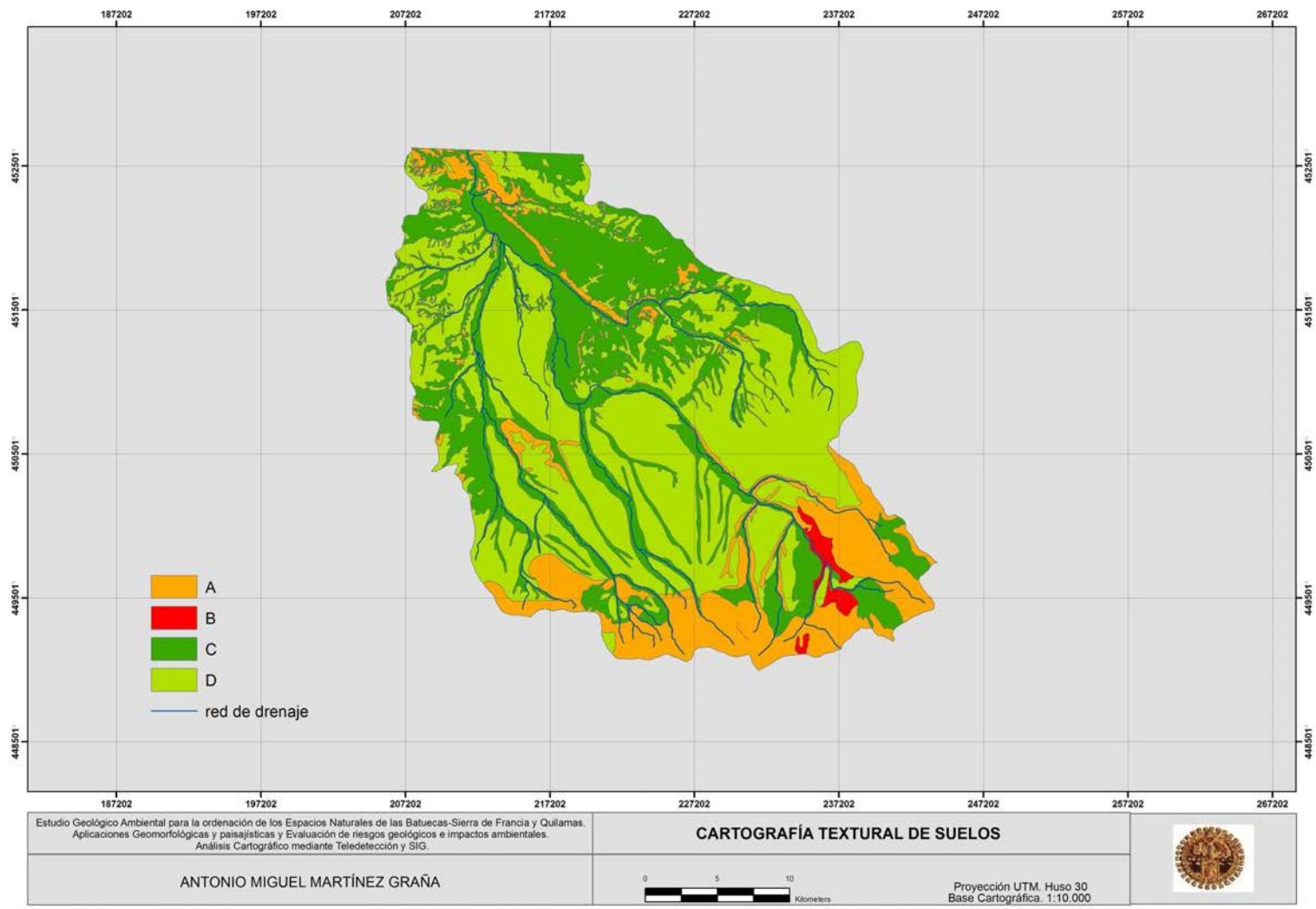


Figura III₃-26. Distribución textural de los suelos (A/B/C/D).

Los usos del suelo, quinta variable necesaria para el cálculo del umbral de escorrentía (Po) se obtiene a partir del mapa de usos de suelo del proyecto CORINE Land Cover. (Figura III₃-27)

Posteriormente se calculan las equivalencias entre los usos del suelo de la cartografía temática CORINE y los usos del suelo clasificados según el Soil Conservation Service, (SCS, 1972), reclasificando y obteniendo el mapa final de usos del suelo. (Figura III₃-28).

Para facilitar el cálculo se procedió a asignar números primos como código para las tres variables -pendientes, clases texturales de suelo, usos suelo-. (Francés & Benito, 1995; Ferrer et al 1995, Ferrer,

2003) de forma que al multiplicar los tres mapas el resultado es una combinación diferente, reclasificando nuevamente para que se pase del valor del producto de los tres mapas al umbral de Escorrentía (Po). (Tabla 2).

Con todos los parámetros calculados, procedemos a realizar las operaciones aritméticas necesarias, obteniendo la Cartografía de Po, y obteniendo un valor medio de Po= 25. (Figura III₃-29). A partir de estos datos podemos ya calcular el valor del coeficiente de escorrentía (C) mediante:

$$C = (x-1) (x+23)/(x+11)^2,$$

Siendo x= Pd/P₀.

CARACTERÍSTICA	NÚMERO PRIMO	Producto núm.pr.	Número curva	Producto núm.pr.	Número curva	Producto núm.pr.	Número curva	Producto núm.pr.	Número curva
Pendiente < 3 %	1	39	71	230	77	438	36	946	77
Pendiente >= 3 %	2	51	64	235	60	445	93	979	93
		57	59	237	29	451	78	994	69
		65	68	238	86	469	78	1022	62
		69	63	246	42	470	66	1034	83
Litología A	3	78	77	249	91	473	76	1106	54
Litología B	5	85	73	253	83	474	29	1162	94
Litología C	7	87	52	258	39	497	69	1166	78
Litología D	11	91	82	259	75	498	94	1246	96
		93	46	265	54	506	89	1298	77
Barbecho R	13	95	70	266	83	511	62	1342	91
Cultivos en hilera R	17	102	69	267	93	517	78	1474	83
Cereales de invierno R	19	111	39	282	45	518	78	1562	76
Rotación de cultivos pobres R	23	114	63	286	93	530	60	1606	69
Rotación de cultivos densos R	29	115	73	287	69	534	96	1738	60
Pradera pobre	31	119	78	290	71	553	54	1826	94
Pradera media	37	123	29	295	50	574	74	1958	96
Pradera buena	41	129	17	301	67	581	91	790	44
Pradera muy buena	43	130	86	305	75	583	77	803	69
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal pobre	47	133	78	310	78	590	54	814	85
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal medio	53	138	66	318	63	602	69	826	69
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal bueno	59	141	40	319	79	610	75	830	94
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy clara	61	143	86	322	85	623	93	854	86
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) clara	67	145	67	329	73	638	85	869	60
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) media	71	155	67	335	68	649	76	890	96
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) espesa	73	159	35	341	88	658	77	902	79
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy espesa	79	161	79	354	33	670	68	913	91
Rocas permeables	83	170	79	355	60	671	91	938	78
Areas impermeables	89	174	58	365	52	682	89	946	77
		177	25	366	56	710	60	979	93
		182	89	370	69	730	52	994	69
		183	56	371	69	737	83	1022	62
		185	59	374	89	742	73	1034	83
		186	68	395	44	781	76	1106	54
		187	82	402	46	790	44	1162	94
		190	75	406	81	803	69	1166	78
		201	46	407	83	814	85	1246	96
		203	76	410	60	826	69	1298	77
		205	48	413	77	830	94	1342	91
		209	81	415	91	854	86	1474	83
		213	40	418	86	869	60	1562	76
		215	33	426	40	890	96	1606	69
		217	81	427	86	902	79	1738	60
		219	36	430	55	913	91	1826	94
		222	49	434	86	938	78	1958	96

Tabla 2. Códigos de variables temáticas y equivalencias entre código-número de curva. (Ferrer, 2003).

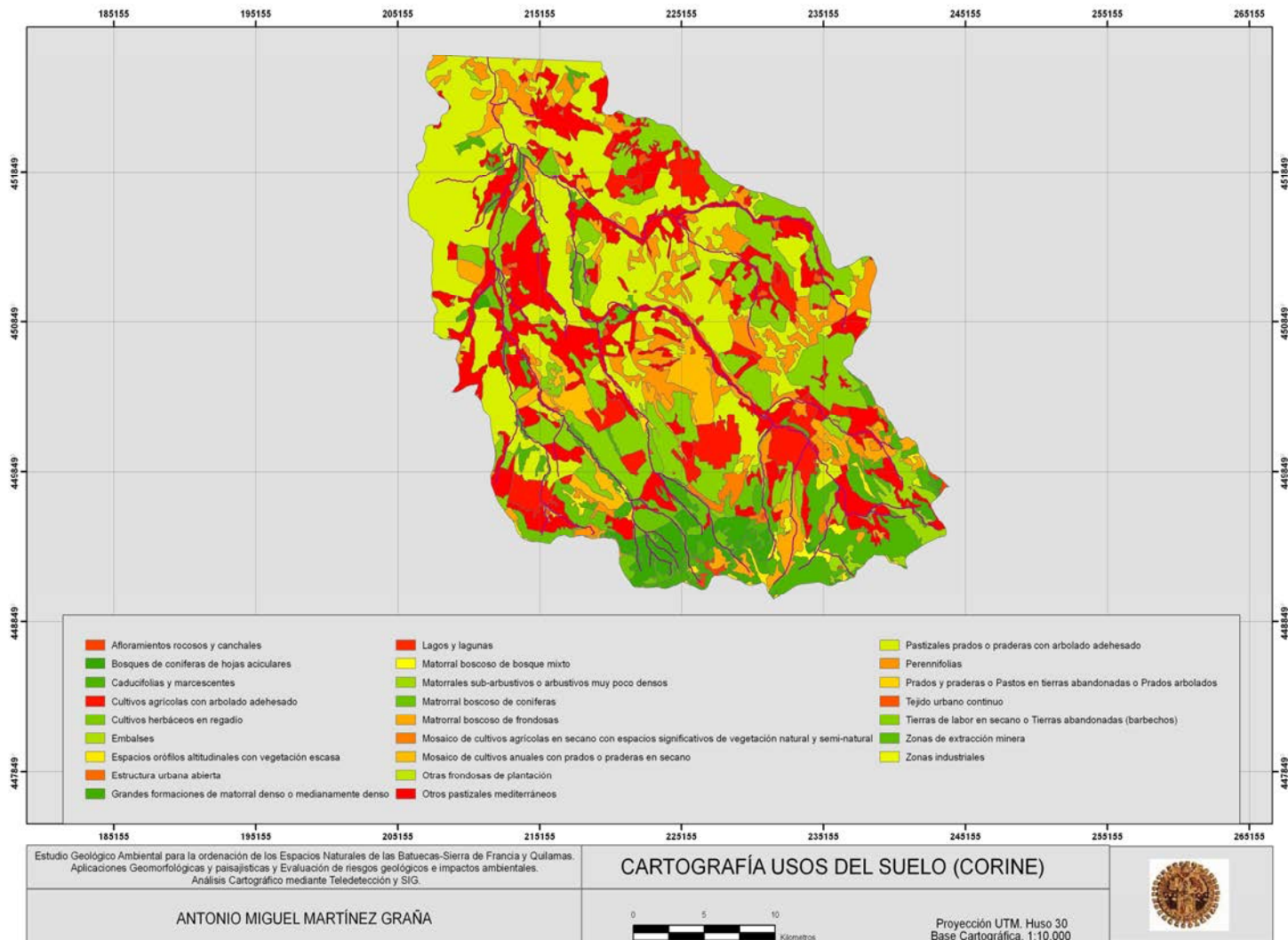


Figura III₃-27. Cartografía de los usos del suelo (CORINE).

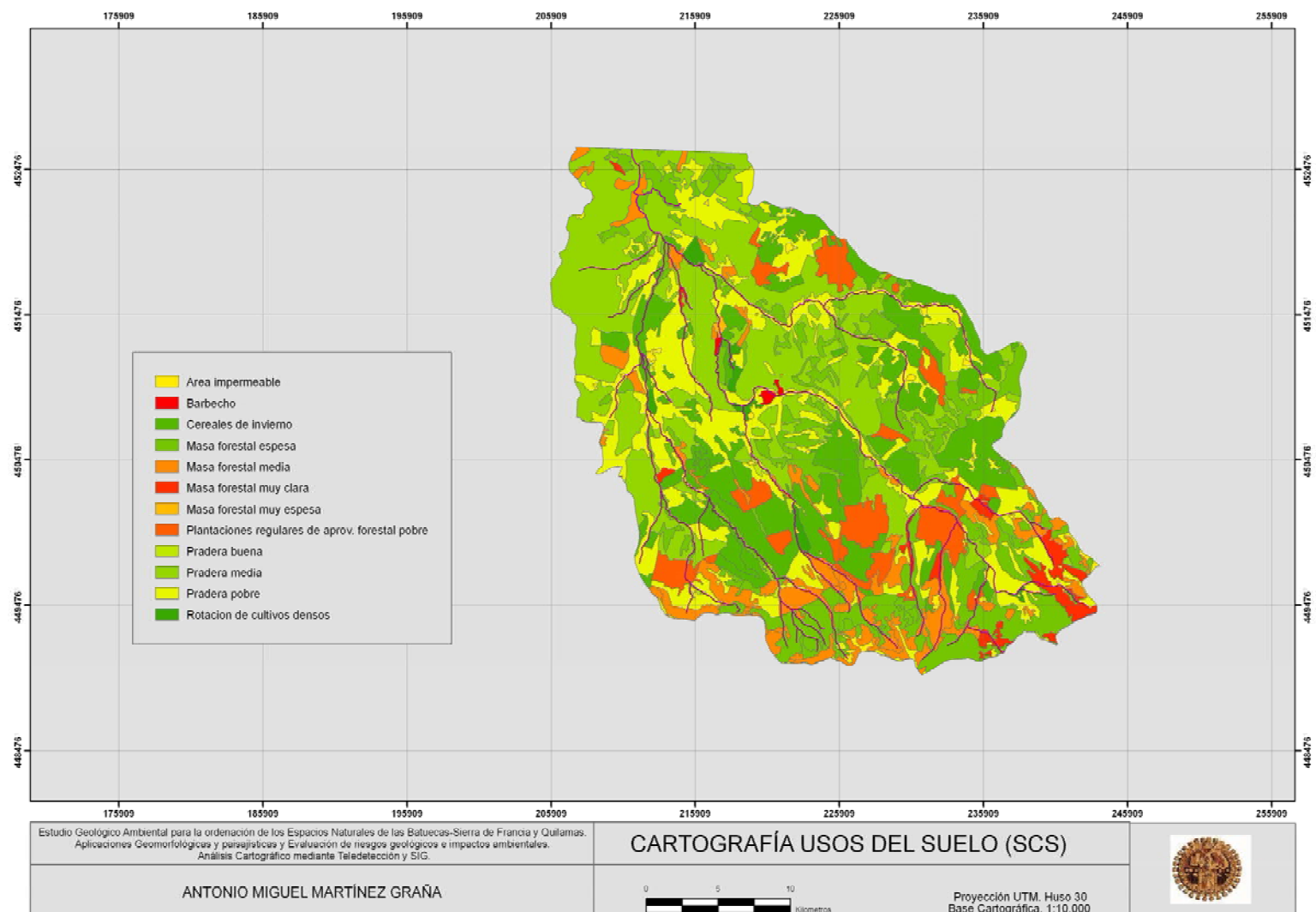


Figura III₃-28. Cartografía de los usos del suelo (SCS).

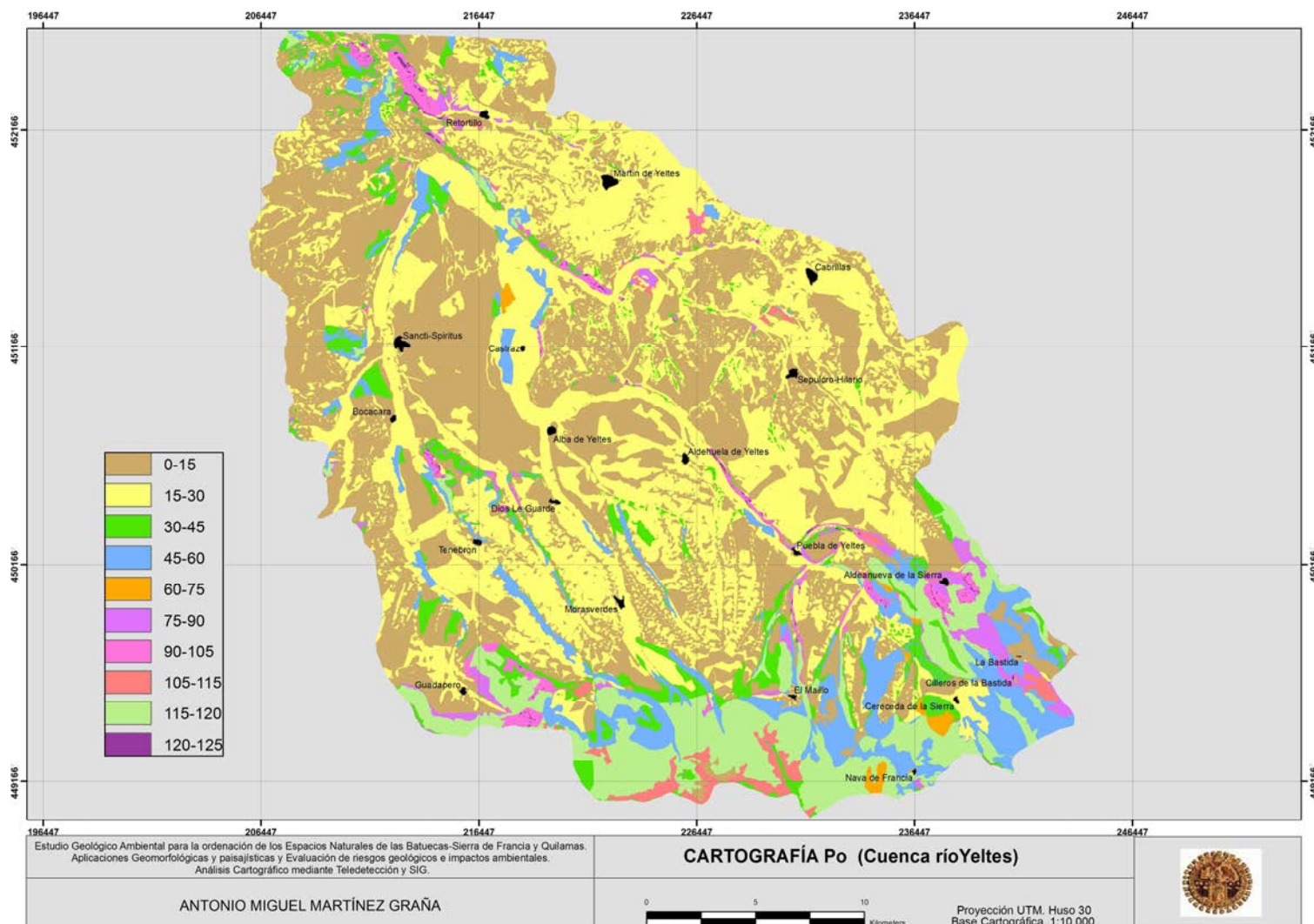


Figura III₃-29. Cartografía del Umbral de Escorrentía (Po) en la cuenca del río Yeltes.

Modelo Hidráulico. Para la modelización hidráulica fluvial, trabajamos en dos fases:

1. Modelización TIN del Terreno. El soporte cartográfico que se ha utilizado es la cartografía 1/10.000 de la Junta de Castilla y León, complementado con cartografía digital adicional (núcleos urbanos escala 1/2000) y reforzada con secciones realizadas a pie de campo en algunos tramos del cauce. Este modelo topográfico del cauce, para el cual se ha utilizado como base el modelo digital del terreno a escala 1/10.000 en algunos transectos fluviales de nuestra zona de estudio, se ha considerado de poco detalle a la hora de superponer las diferentes laminas de agua según periodos de retorno. Por ello se modifica dotando al MDT de la topografía de los cascos urbanos a escalas 1/2.000 y 1/1.000, superponiendo una densa malla de puntos acotados que con métodos de interpolación mejoran el modelo digital de terreno. En base a este modelo, se han realizado en diferentes tramos del cauce, perfiles o secciones adicionales extraídos directamente de dos campañas de campo. (Anexo III 3.5: Geodesia y Topografía).

2. Modelización Hidráulica. Comprende la caracterización hidráulica que analiza la geometría o red de drenaje, las condiciones de contorno: caudales de cálculo; y define el tipo de flujo y la rugosidad del cauce.

En la modelización hidráulica utilizamos los caudales calculados, para los diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación HEC-RAS v. 3.1.3 y la versión implementada HEC-GeoRAS v.3.1.1.

El programa HEC-RAS es un software desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del Institute for Water Resources perteneciente al U.S. Corps of Engineers de los EEUU. Es un software de dominio público y con un perfil de diseño claramente enfocado a la ingeniería fluvial, en concreto para el estudio hidrológico de avenidas, utilizado por organismos de ámbito internacional y nacional, incluso por universidades y empresas privadas para investigaciones muy diversas: valoración de efectos por riadas, análisis de gestión de riberas, valoración ambiental en ecosistemas fluviales, etc.

El HEC-RAS presenta un modelo matemático con gran capacidad de cálculo, presentando las siguientes características: el cálculo del flujo puede ser no permanente o permanente, siendo éste último caso el que cuenta con mayor utilización y validación, con lo que los niveles de agua permanecen constantes en el aumento y descenso del agua; es unidimensional ya que sólo tiene en cuenta los vectores de movimiento en la dirección aguas abajo, y finalmente es gradualmente variado, es decir las líneas de corriente son paralelas y reguladas por un régimen de presiones hidrostáticas. La finalidad de este análisis del riesgo de inundación sugiere que se aplique un modelo de flujo estable con respecto a las condiciones de contorno, ya que el cálculo de un modelo inestable, determinaría la utilización de un mayor número de datos (hidrogramas completos no unitarios para cada punto de control) y una mayor complejidad de cálculo.

La aplicación HEC-RAS permite definir un flujo subcrítico, supercrítico o mixto dependiendo del número de Froude que se considere. El régimen de flujo en un tramo de una corriente natural se clasifica en función del Número de Froude, NF, el cual es una relación adimensional entre fuerzas de inercia y de gravedad. En el régimen supercrítico ($NF > 1$) el flujo es de alta velocidad, propio de cauces de gran pendiente o ríos de montaña. El flujo subcrítico ($NF < 1$) corresponde a un régimen de llanura con baja velocidad. El flujo crítico ($NF = 1$) es un estado teórico en corrientes naturales y representa el punto de transición entre los regímenes subcrítico y supercrítico. $NF = v / \sqrt{gL}$

Siendo NF el número de Froude, “v” la velocidad del fluido, “g” la aceleración de la gravedad y “L” la profundidad. En el análisis del riesgo de inundación del río Yeltes se establece un régimen supercrítico o de flujo rápido, ya que es lo real en episodios de avenidas.

Geometría o red de drenaje.

Se define la red de drenaje del sector de estudio, con sus nodos o puntos de confluencia de dos o más afluentes. A partir de la distribución del drenaje se establecen los perfiles o secciones características, no

considerando los elementos antropicos (puentes, diques, etc.) con la idea de una mejor valoración del peligro de inundabilidad de cada sector.

En primer lugar se procedió a simplificar la red de drenaje, seleccionando los cauces principales mediante un proceso de jerarquización, para dicho proceso se ha utilizado el método Scheidegger, el cual establece un valor jerárquico en cada tramo fluvial que se corresponde con el número de nodos más uno, que hay aguas arriba de dicho tramo. La razón por la que se le suma la unidad es para evitar el valor cero de los tramos de cabecera. Este método además de ser sencillo de aplicar, favorece la rápida interpretación de la importancia de los diferentes cauces de estudio, pudiendo comparar tramos del mismo valor. La metodología sería dar valor 1 a los tramos de cabecera, hasta la confluencia con otro tramo aguas abajo, que si es de valor 1, a partir de ese nodo pasa a tener valor 2 (1 nodo + unidad), y así sucesivamente, hasta llegar al tramo que constituye la salida de nuestra cuenca de estudio. (Figura III₃-30).

Los cauces considerados representativos en este análisis del Río Yeltes presentan tramos aguas abajo con un valor de jerarquía igual o superior a 8 resultado de la adición de tramos de orden mayor o igual a 2, analizando en nuestro sector de estudio el río Gavilanes, y el río Yeltes. Aguas arriba de las confluencias o nodos entre cauces solo se han considerado los cauces de mayor longitud, ya que representan las áreas colectoras más importantes generadoras de caudal, como por ejemplo el río Morasverdes. Estos valores vienen a coincidir de forma aproximada con el tránsito de cauces en régimen intermitentes a permanentes.

Para generar estas jerarquías se ha reclasificado mediante ArcGis, la capa vectorial que presenta la red de drenaje. Posteriormente se simplifica dicha red de drenaje (Figura III₃-31), conservando las relaciones espaciales entre los diferentes cauces, y de forma georeferenciada, aunque

cuando trabajamos con la aplicación HEC-RAS el programa no trabaja con posiciones absolutas, pero al importarlo desde GeoRas los elementos (cauces, nodos, etc.) están georeferenciados en SIG.

Condiciones de contorno.

Las condiciones de contorno que se toman en consideración en este estudio, para su aplicación en el programa HEC-RAS, son los valores de caudales y la pendiente media de cada perfil, así como los valores del coeficiente de rugosidad de Manning. Los caudales máximos utilizados son los que se han calculado a partir del método racional modificado, para cada uno de los cauces analizados de la red de drenaje, de forma que se ha calculado el caudal en un punto y se ha extrapolado a todo el cauce del que es representativo.

En los sectores donde confluyen dos cauces, consideramos que el caudal máximo aguas abajo de cada nodo es el resultado de la confluencia de los dos caudales afluentes aguas arriba, y se corresponde con la suma de dichos caudales. En la realidad, los caudales máximos de cada tramo afluente pueden alcanzarse en tiempos diferentes, o lo que es lo mismo, los hidrogramas se encuentran desfasados, no obstante, en nuestro estudio se han considerado en fase, es decir, el caudal saliente máximo en cada nodo, para cada periodo de retorno, es el resultado de la suma de los dos caudales entrantes.

Para determinar nuestras condiciones de contorno, a partir de las ortofotografías a escala 1/10.000, con técnicas SIG, se ha procedido a digitalizar en capas diferentes, el trazado fluvial (Channel), los perfiles o secciones transversales de cada cauce, así como las motas o "levees" de los diferentes cauces, tanto por el margen izquierdo como por el margen derecho, calculando las diferentes distancias desde el inicio del perfil hasta los diferentes trazados comentados anteriormente y fin del perfil.

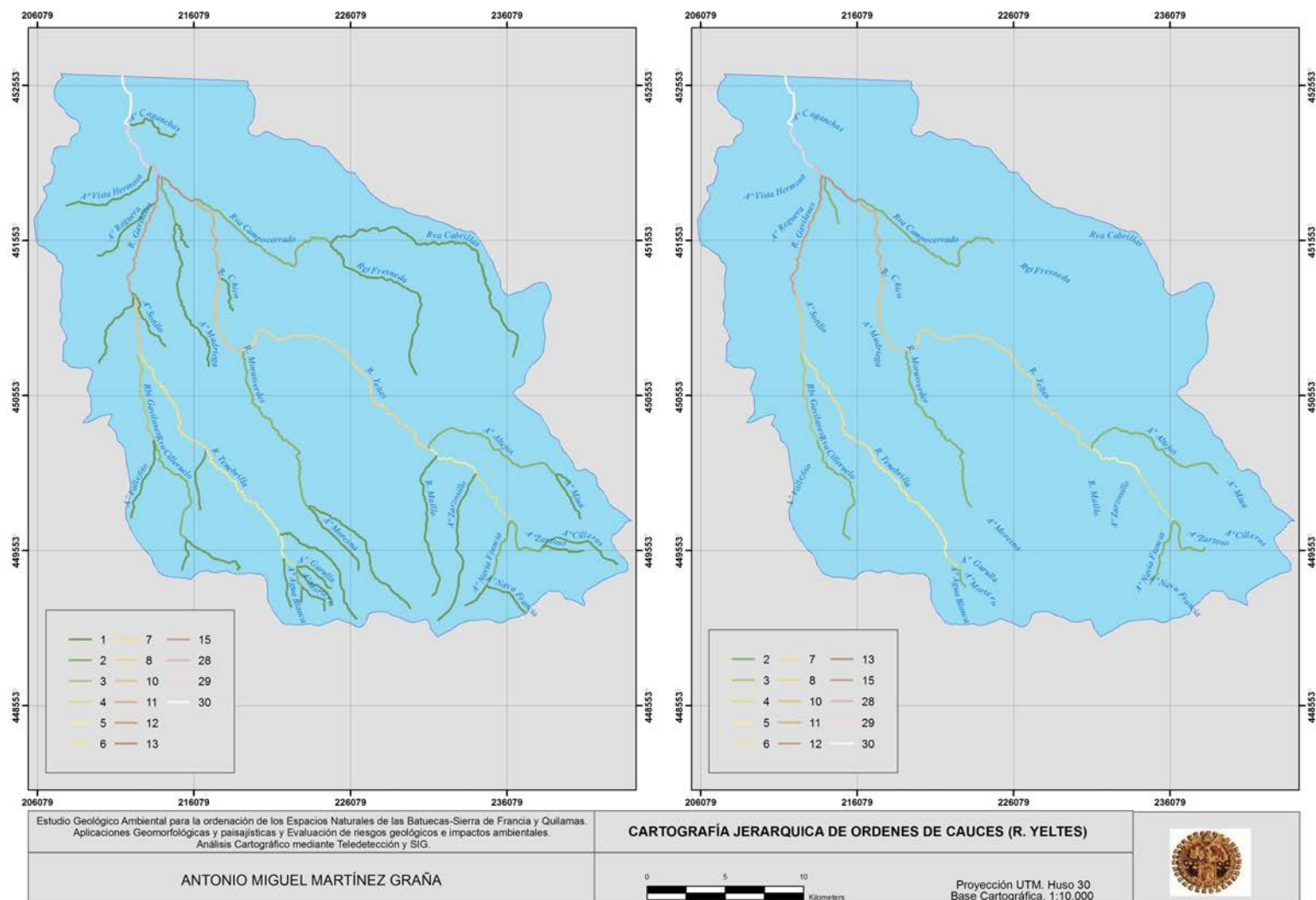


Figura III₃-30. Cartografía de la red de drenaje con la jerarquización de sus cauces (Izq.) y simplificación por órdenes (Dcha).

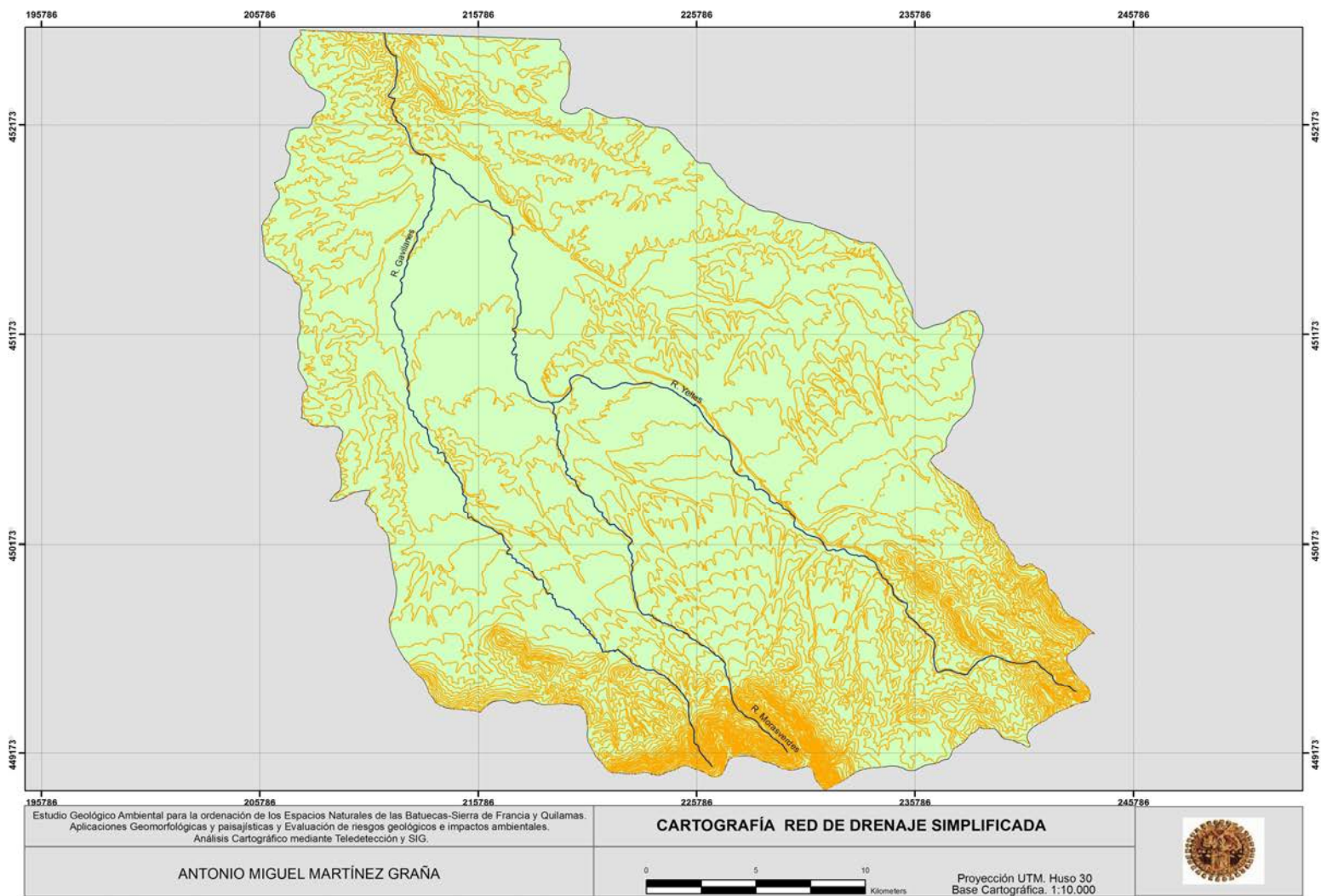


Figura III₃-31. Cartografía de la red de drenaje principal.

Cada perfil se enumera en la base de datos SIG con la nomenclatura indicada en el apartado anterior; mostrando el río principal, río Yeltes el valor "1" en el primer dígito y a medida que los perfiles se sitúan aguas arriba se van incrementando los dos dígitos siguientes (01, 02, 03...), de forma que el primer perfil de estudio aguas abajo del cauce del río Yeltes es el 101, el siguiente el 102 y así sucesivamente, hasta el 126 que sería el último y estaría en la posición topográficamente más elevada.

Los diferentes afluentes analizados se nombran con la numeración correlativa al orden de tributación al río principal, así el primero es el río Gavilanes, que le correspondería el número "2", siendo los perfiles de aguas abajo a aguas arriba el 201, 202, 203.... hasta el 228. Finalmente el río Morasverdes, es el siguiente tributario, ya de orden de tributación "3", siendo sus perfiles 301, 302, 303... hasta el último perfil 309. Los caudales calculados se realizan en base a esta red de drenaje simplificada (Figura III₃-30).

Las secciones transversales o perfiles se han ubicado preferentemente con mayor

densidad, en las áreas, por donde los cauces pasan por las localidades susceptibles al riesgo de inundación (Sancti-Spiritus, Alba de Yeltes, Aldehuela de Yeltes, Puebla de Yeltes...), determinando las extensiones de los cauces menores y mayores o llanuras de inundación. (Figura III₃-32).

Posteriormente, se superpone el MDTgrid, realizado a partir de la topografía 1/10.000 y los perfiles de campo tomados en las diferentes campañas de campo realizadas para llegar a una escala en los cauces de mayor detalle (1/5000 y 1/2000). En base a este MDT obtenemos los valores de cota de cada píxel donde se ubican los diferentes trazados igualmente superpuestos en el mismo proyecto ArcGis. Esta información alimenta la modelización hidráulica del HEC-RAS, facilitando la delimitación topográfica de la llanura de inundación, estableciendo las alturas de los diferentes perfiles transversales, así como la distancia entre perfiles, profundidad del thalweg, etc. Estos datos junto con los caudales calculados permiten la modelización de la lámina de agua para los diferentes periodos de retorno.

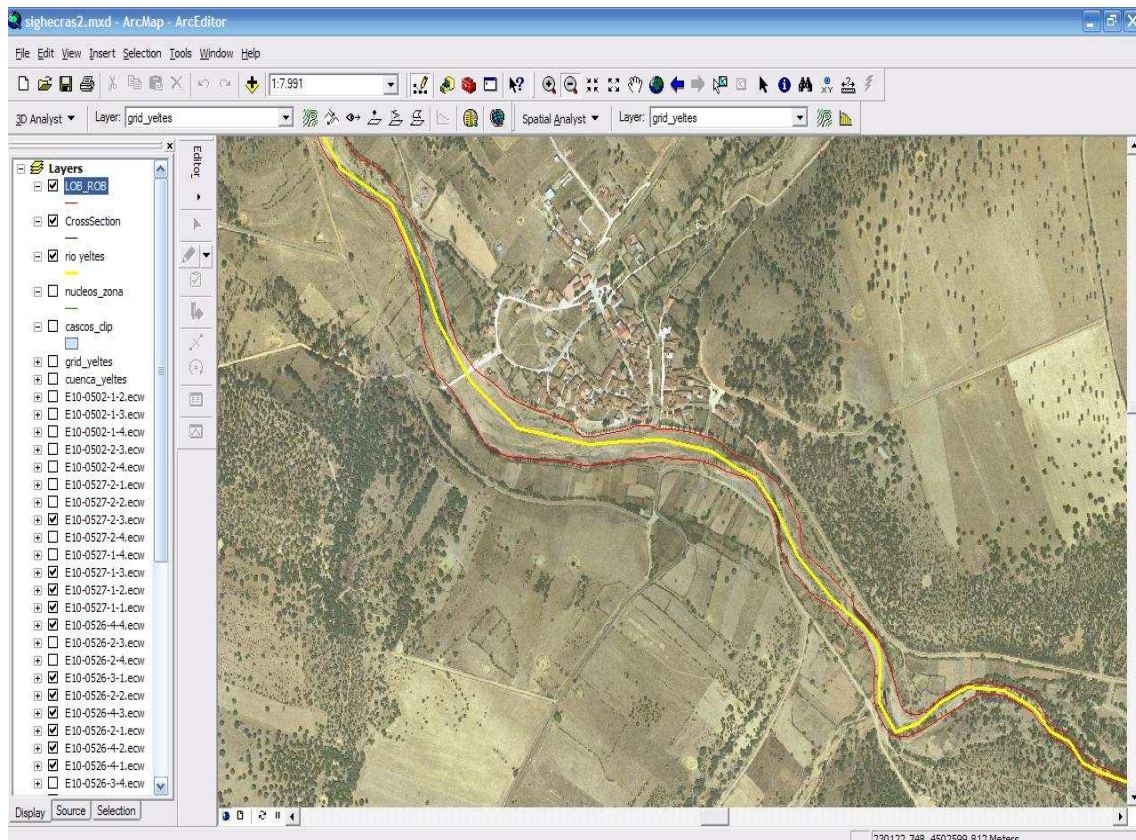


Figura III₃-32. Detalle de la digitalización sobre ortofoto del cauce y llanura de inundación del río Yeltes a su paso por Puebla de Yeltes.

Tipo de flujo y rugosidad del cauce.

Para conocer el volumen total de agua transportada a través de cada perfil, el programa HEC-RAS establece una serie de particiones, de forma que el cálculo es fraccionado; para que la velocidad del agua se distribuya uniformemente, variando según el número de Manning “n” o coeficiente de rugosidad, estimado a partir de la Tabla 3.

Finalmente estos datos son sumados por cada perfil (Figura III-33), aplicando en cada caso la ecuación de Manning:

$$Q = KS_f^{1/2}$$

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3}$$

Donde el “Q” es el caudal, “K” es el volumen de agua transportada, “Sf” es la pendiente de fricción, “A” es el área de cada subdivisión, “n” es el coeficiente de rugosidad de Manning y “R” es el radio hidráulico (Área/Perímetro mojado).

Conocidos los volúmenes de agua para cada subdivisión, se suman para obtener un valor único por cada perfil, pudiendo determinar con HEC-RAS tres valores únicos de “n” para cada uno de los intervalos definidos por las distancias Lob, Ch y Rob, o bien valores de “n” diferentes para cada estación si fuere el caso en que la variación lateral de los canales fuese importante. En nuestro caso, a la vez que se han tomado en las campañas de campo los datos necesarios para la modelización (profundidad de cauce, datos topográficos con GPS...) se han observado y posteriormente contrastado con la ortofoto los valores del coeficiente de Manning en cada perfil transversal a los diferentes cauces. (Ver Anexo III 3-6: Tabla de valores modelización hidráulica).

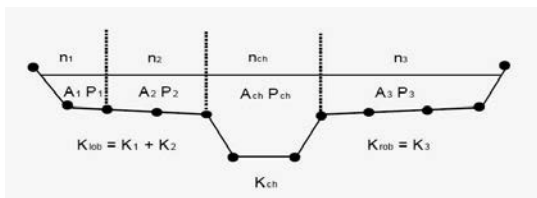


Figura III-33. Esquema de la partición fraccionada para el cálculo del volumen de agua transportada por el HEC-RAS.

Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
A. Natural Streams			
1. Main Channels:			
a. Clean, straight, full, no riffles or deep pools	0.025	0.030	0.033
b. Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c. Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d. Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e. Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f. Same as 'd' but more stones	0.045	0.050	0.060
g. Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.050	0.070	0.080
h. Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
2. Flood Plains			
a. Pasture no brush			
1. Short grass	0.025	0.030	0.035
2. High grass	0.030	0.035	0.050
b. Cultivated areas			
1. No crop	0.020	0.030	0.040
2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c. Brush			
1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110
5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
d. Trees			
1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged			
a. Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b. Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070
C. Excavated or Dredged Channels			
1. Earth, straight and uniform			
a. Clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
b. Clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
c. Gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
d. With short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033
2. Earth, winding and sluggish			
a. No vegetation	0.023	0.025	0.030
b. Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
c. Dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
d. Earth bottom and rubble side	0.028	0.030	0.035
e. Stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
f. Cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
3. Dragline-excavated or dredged			
a. No vegetation	0.025	0.028	0.033
b. Light brush on banks	0.035	0.050	0.060
4. Rock cuts			
a. Smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
b. Jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
5. Channels not maintained, weeds and brush			
a. Clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
b. Same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
c. Dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
d. Dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140
D. Lined or Built-Up Channels			
1. Concrete			
a. Trowel finish	0.011	0.013	0.015
b. Float finish	0.013	0.015	0.015
c. Finished, with gravel bottom	0.015	0.017	0.016
d. Unfinished	0.014	0.017	0.020
e. Gunite, good section	0.016	0.019	0.020
f. Gunite, wavy section	0.018	0.022	0.023
g. On good excavated rock	0.017	0.020	0.025
h. On irregular excavated rock	0.022	0.027	
2. Concrete bottom float finished with sides of:			
a. Dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
b. Random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
c. Cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
d. Cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
e. Dry rubble on rriprap	0.020	0.030	0.035
3. Gravel bottom with sides of:			
a. Formed concrete	0.017	0.020	0.025
b. Random stone in mortar	0.020	0.023	0.026
c. Dry rubble or rriprap	0.023	0.033	0.036
4. Brick			
a. Glazed	0.011	0.013	0.015
b. In cement mortar	0.012	0.015	0.018
5. Metal			
a. Smooth steel surfaces	0.011	0.012	0.014
b. Corrugated metal	0.021	0.025	0.030
6. Asphalt			
a. Smooth	0.013	0.013	
b. Rough	0.016	0.016	
7. Vegetal lining			
	0.030		0.500

Tabla 3. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning. (<http://www.hec.usace.army.mil/hec-ras/manual>).

La metodología utilizada para la zonificación del riesgo, después de analizar las más utilizadas (Ver Anexo III_{3.7}: Métodos de zonificación de riesgos de inundación), ha tenido en cuenta la Zonificación propuesta por la Directriz Básica de Planificación Civil ante el riesgo de inundaciones, la propuesta de Zonificación del CEDEX, y, por último la propuesta de Zonificación del ITGE.

La Zonificación propuesta por la Directriz Básica de Planificación Civil ante el riesgo de inundaciones, establece ante el

riesgo de inundación, una zonificación territorial basada en los periodos de retorno (Figura III₃₋₃₄):

1. Zona de inundación frecuente: zonas inundables para avenidas de periodo de retorno de 50 años.

2. Zonas de inundación Ocasional: zonas inundables para avenidas de periodo de retorno de entre 50-100 años.

3. Zonas de inundación excepcional: zonas inundables para avenidas de periodo de retorno de entre 100-500 años.

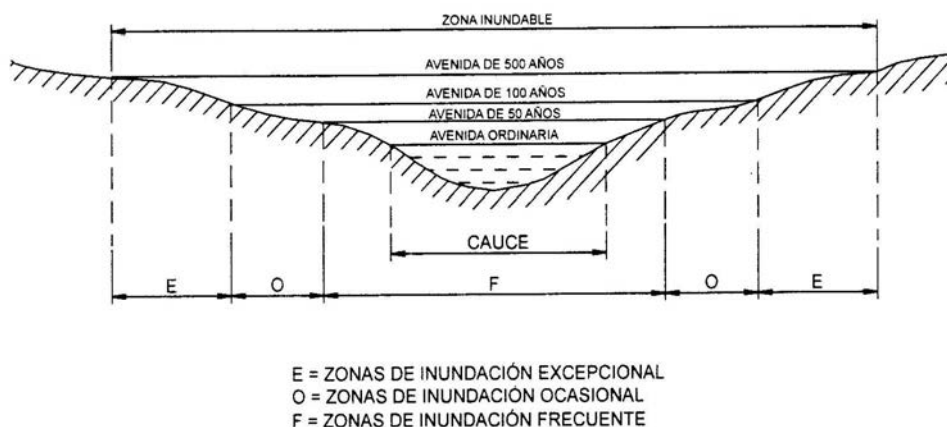


Figura III₃₋₃₄. Zonificación del riesgo de inundación según la Directriz Básica de Protección Civil. (Tragsatec, 2003).

Además por su posible influencia en la generación de daños a personas, edificaciones o infraestructuras deben catalogarse todos los puntos conflictivos (sectores con características geomorfológicas que agrave el riesgo y los modificados antropicamente) y la localización de las áreas potencialmente afectadas por fenómenos geológicos (movimientos de ladera) asociados a precipitaciones o avenidas. Para estimar la vulnerabilidad del riesgo debe tenerse en cuenta la población y elementos antropicos o naturales potencialmente afectados, así como siempre que se pueda, las magnitudes hidráulicas de la avenida (calado, velocidad, duración de la inundación y caudales sólidos). Según esto, la zonificación sería:

Zonas A, de riesgo Alto: zonas en las que las avenidas de 50,100 o 500 años, producirán graves daños a núcleos de población. Igualmente quedan contempladas las zonas donde la avenida de 50 años producirá impactos importantes a viviendas aisladas o en instalaciones

comerciales/ industriales /servicios básicos. Se subdivide en:

Zona A-1, de riesgo alto frecuente: sectores donde al avenida de 50 años producirá graves daños a núcleos urbanos.

Zona A-2, de riesgo alto ocasional: sectores donde la avenida de 100 años producirá graves daños a núcleos urbanos.

Zona A-3, de riesgo alto excepcional: sectores donde la avenida de 500 años producirá graves daños a núcleos urbanos.

Zonas B, de riesgo Significativo: zonas no coincidentes con los sectores A, donde las avenidas de 100 años, producirán impactos importantes a viviendas aisladas y la de periodo de retorno igual o superior a 100 años generará daños pequeños en instalaciones comerciales/industriales/servicios básicos.

Zonas C, de riesgo Bajo: zonas no coincidentes con los sectores A ni B, donde las avenidas de 500 años, producirán impactos importantes a viviendas aisladas y la de periodo de retorno igual o superior a 500 años generará daños pequeños en

instalaciones comerciales/ industriales/ servicios básicos.

La Zonificación del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas - CEDEX-, propone una serie de criterios para la ordenación de zonas inundables: en primer lugar diferencia en la llanuras de inundación la zona inundable (avenida de

T=500 años) y la vía de intenso desagüe (VID), y en segundo lugar, dentro de la zona inundable diferencia una subzona llamada zona de “inundación peligrosa” (zona donde se pueden producir graves daños materiales y humanos) y la zona de la avenida de 500 años. (Figura III₃-35).

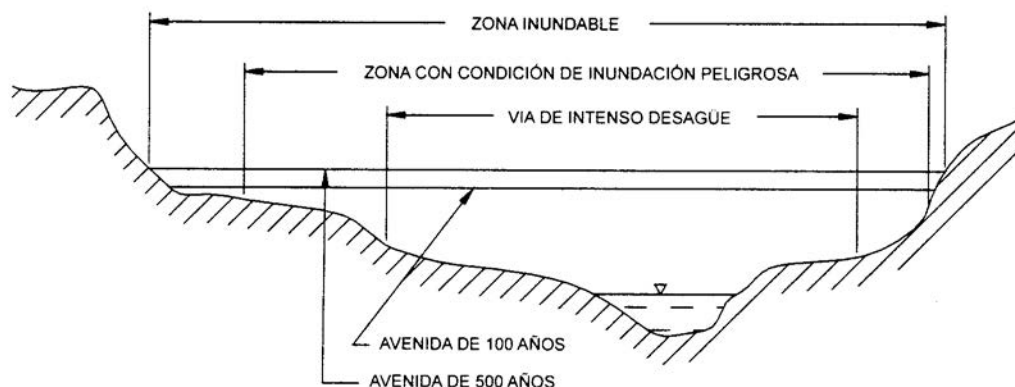


Figura III₃-35. Zonificación del riesgo de inundación propuesta por el CEDEX. (Tragsatec, 2003).

El CEDEX recomienda la siguiente zonificación de zonas inundables en los tramos de los ríos de mayor riesgo:

Zona A. Zona de prohibición total: sector por donde circula el agua en las máximas avenidas normales (cauce público y zona de servidumbre). No se permite ningún tipo de actividad ni edificación.

Zona B. Zona de restricciones tipo I: sector afectado por avenidas extraordinarias, cuyo límite es la línea de avenida cuyo periodo de retorno es de 100 años. Se debe planificar el uso agrícola y restricciones en los usos del suelo, planificando características y densidad de edificaciones y un reglamento para las construcciones (cimentación, niveles de pisos, tipología estructural...).

Zona C. Zona con restricciones tipo II: zona que puede ser afectada por las máximas avenidas extraordinarias, cuyo límite se corresponde con la línea de avenida de periodo de retorno de 500 años. Restricciones de usos de suelo y edificatorias menos limitativas.

Los criterios utilizados por el CEDEX para la zonificación del área inundable son (Figura III₃-36 y 37):

1. La llanura de inundación se divide en zona inundable (ZI) cuyo límite es la avenida de T= 500 años; y vía de intenso

desagüe (VID). Dentro de la ZI se puede incluir una zona con la condición de inundación peligrosa (ZIP) donde se pueden producir graves daños (materiales y humanos) con la avenida de 500 años. Para considerar a una zona ZIP, el calado (h) debe ser mayor de 1 m, la velocidad (V) debe ser mayor de 1 m/seg; y/o $h \times V$ debe ser mayor de $0.50 \text{ m}^2/\text{seg}$.

2. La VID se delimita con la avenida de 100 años, sin producir una sobreelevación mayor de 0,3 m respecto a la que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. Esta sobreelevación puede reducirse o elevarse de 0,1m a 0,5m según otros condicionantes puntuales.

3. Cuando el análisis del flujo indique la existencia de más de un cauce preferencial, se establece una VID múltiple, una será el cauce principal y el resto vías preferentes de aguas desbordadas. Cuando existan diques, se considerarán los límites de VID, siempre que los incrementos de nivel para evacuar la avenida de 100 años no superen en más del 50% a los tolerables al establecer el límite sin presencia de diques, pero además estos diques podrán evacuar la avenida de 500 años con un resguardo de 0,5 m o bien sin resguardo cuando admitan pequeños vertidos sobre su coronación,

asegurándose una perfecta conservación y mantenimiento de los diques.

4. Los estudios hidrológicos e hidráulicos para determinar las diferentes zonas deben basarse en régimen de caudales extremos y en las características de la llanura (cobrando especial interés no sólo los cálculos numéricos, sino el análisis geomorfológico de la llanura de inundación).

Asimismo el CEDEX recomienda seguir unas máximas de experiencia, para determinar las diferentes zonas, en aquellos sectores donde no existen estudios o planes hidrológicos de cuenca, siguiendo tres supuestos según la periodicidad con la que se inunda cada zona:

A. Zonas que se inundan al menos cada año y medio, pertenecen al río, si no pertenece al DPH, se debe clasificar como suelo no urbanizable de especial protección; evitando daños materiales y humanos con la prohibición de construcción y/o edificación.

B. Zonas que se inundan alguna vez entre año y medio, y diez años; el suelo será suelo no urbano protegido (usos agrícolas pero sin construcción) o clasificado como urbanizable, pero calificado para parques públicos (sin árboles) u otros usos con ausencia de edificación.

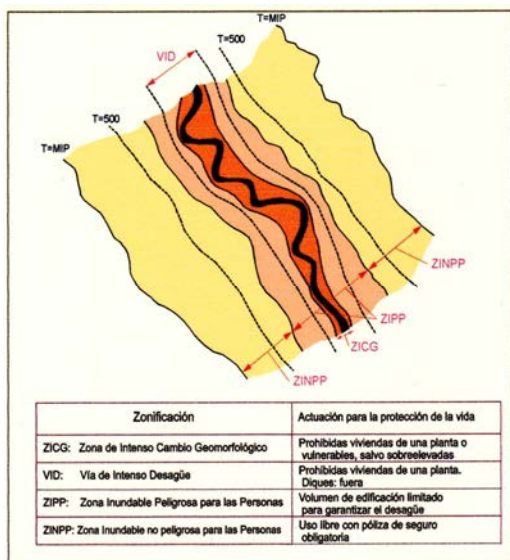


Figura III₃-36. Esquema zonificación del área inundable según el CEDEX. (Tragsatec, 2003).

C. Zonas inundables con una periodicidad de entre 10 y 100 años, el suelo se debe clasificar preferentemente como no urbanizable o urbanizable condicionado a

construcción de edificios protegidos contra inundaciones (planta baja diáfana y altura superior al nivel de inundación de los 100 años).

La delimitación de la zona de inundación peligrosa, se realiza teniendo en cuenta el calado ($h = > 1$ m.), la velocidad de la corriente ($v = > 1$ m/s) y su producto ($h \times v = 0.5$ m²/s).

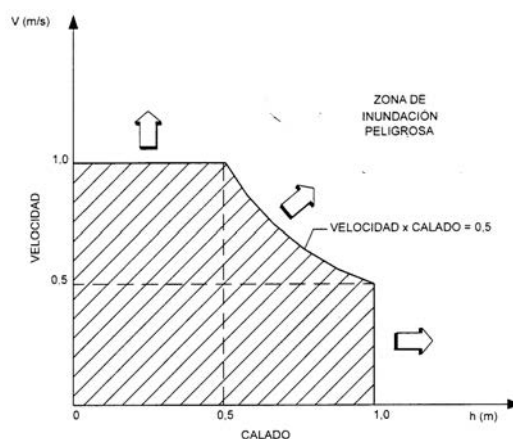


Figura III₃-37. Delimitación Zona de inundación peligrosa (Tragsatec, 2003).

Los usos permitidos en la zona VID, teniendo en cuenta que no obstruyan el flujo ni sean permanentes, asumiendo un daño moderado, serían el agrícola (labranza, pastos...), industrial-comercial (aparcamiento vehículos, almacenamiento temporal...) residencial (césped, jardines, zonas de juego...) y usos recreativos públicos y privados (pistas deportivas, campos de golf...).

En cambio en la zona inundable fuera de la vía de intensos desagües, las medidas van encaminadas a evitar daños importantes, con lo que los usos serían: edificaciones, con planta baja o sótano por encima de la cota de T=100 años, sin presentar inundación peligrosa con T=500 años., y las edificaciones no residenciales de forma que la cota del T=100 años no produzca una altura de la lamina de agua superior a 0.50 m.

Por último, la zonificación del Instituto Geológico y Minero de España -IGME-, dentro del Plan de Cartografía de Riesgos Geológicos (PRIGEO), establece que las inundaciones constituyen un peligro geológico y por ello, una de las primeras iniciativas consistió en la producción de parte del territorio español de Mapas de

peligrosidad de inundación, por ello se organizaron una serie de jornadas técnicas sobre cartografía de de peligrosidad de Inundaciones, planteando el área de Riesgos Geológicos del IGME, un borrador de leyenda para los mapas de peligrosidad de inundaciones, donde se considera necesario integrar y combinar diferentes técnicas y métodos: geológico-geomorfológicos, hidrológico-hidráulicos, históricos....; donde se deberán tener en cuenta la carga sólida transportada (tanto en la cartografía como en la variación de los parámetros hidráulicos del flujo) y los fenómenos geológicos asociados (erosión, movimientos de ladera, sufusión, aterramiento... La cartografía de detalle de este plan se elaborará a una escala 1/50.000, aunque no incluye todo el territorio nacional, en concreto la zona de estudio pertenece a la Comunidad de Castilla y León la cual no entra dentro de este Plan, así como cartografías a mayor detalle escala 1/10.000 de determinados núcleos de población en alto riesgo. El presupuesto total es de aproximadamente cinco millones de euros. Con respecto al análisis de la peligrosidad por inundación, este plan tiene como una de sus primeras iniciativas el establecer una guía metodológica y leyenda normalizada de este tipo de cartografías, por ello en mayo del año 2006 se organizan unas jornadas técnicas sobre cartografías de peligrosidad de inundación (INUNMAP), donde se revisa la experiencia existente por parte de otros organismos nacionales (CEDEX, CCHH...) y extranjeros (FEMA, Cemagref...).

Esta metodología propuesta por el IGME combina los criterios clásicos (delimitación de zonas inundables según periodos de retorno de caudales en base a los criterios establecidos por la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil) con criterios de impacto socioeconómico (zona de inundación peligrosa para las

personas -ZIPP- y zona de inundación no peligrosa para las personas -ZINPP-), así como criterios relativos anegamientos por precipitación y/o encharcamiento "in situ" (mapas de isobatas), y puntos conflictivos (inundaciones históricas, variaciones morfológicas por erosión o depósito, obstáculos al flujo, velocidades de flujo - mapas de isotacas-). (Figura III₃-38.).

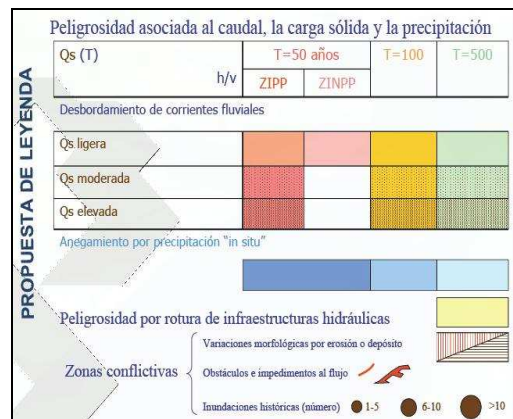


Figura III₃-38. Propuesta de leyenda para la cartografía de peligrosidad por inundación, (IGME, 2006 a y b).

En base a estos criterios de zonificación se obtienen las diferentes cotas de la lamina de agua para cada perfil transversal y para cada periodo de retorno (10, 50, 100 y 500 años), para lo cual se han utilizado unas condiciones de contorno iguales para todos los perfiles (Figura III₃-39), por lo que la modelización hidráulica se ha realizado en régimen subcrítico, ya que de esta forma el HEC-RAS solamente necesita el nivel de agua aguas abajo, seleccionando la profundidad critica, calculando el programa la profundidad para cada uno de los perfiles que se modelizan, a caudal constante. (Figura III₃-40). (Ver Anexo III₃-8: Tablas de datos de la lámina de agua y velocidad de la corriente según perfiles obtenidos con HEC-RAS).

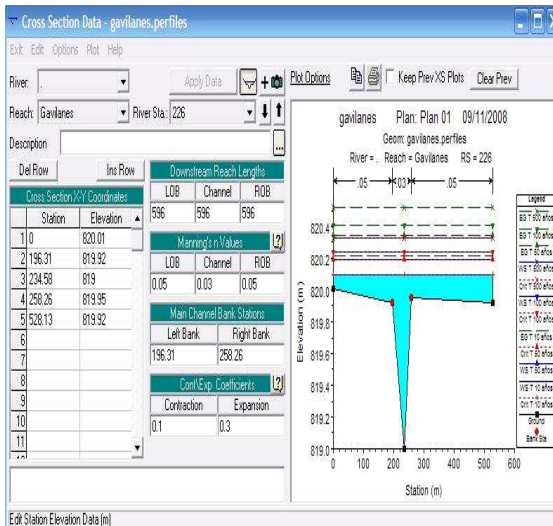


Figura III₃-39. Introducción de distancias y cotas del perfil transversal n° 226, indicando el coeficiente de manning, del río Yeltes mediante la aplicación HEC-RAS.

El cálculo de la superficie inundable para cada uno de los periodos de retorno se realiza mediante la ayuda de técnicas SIG. El procedimiento seguido en este trabajo consistió en un primer momento en establecer espacialmente los puntos hasta donde

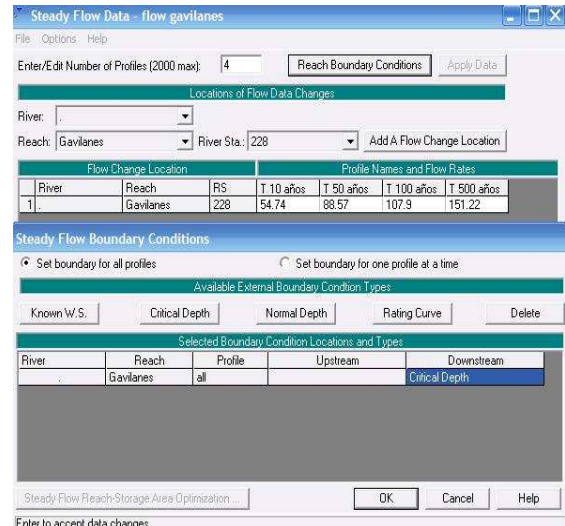


Figura III₃-40. Captura gráfica de las condiciones de contorno del río Yeltes con la aplicación HEC-RAS.

llega la lámina de agua en cada perfil analizado, para ello tenemos en cuenta las diferentes alturas para cada periodo de retorno calculadas, para cada río mediante Hec-Ras. (Figura III₃-41 y Figura III₃-42).

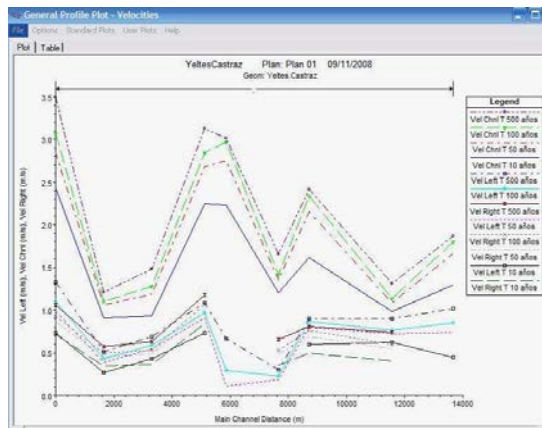


Figura III₃-41. Análisis de los perfiles del río Yeltes a su paso por la localidad de Castraz mostrando las velocidades del caudal.

Posteriormente se realiza un análisis de superficies, de tipo contorno, a partir del MDT con cotas a escala 1/10.000, determinando la curva de nivel hasta donde ha llegado la lamina de agua o isolinea, obteniendo puntos de corte entre la isolinea y el perfil, donde llega la lámina de agua para cada periodo de retorno. El siguiente paso, es interpolar una línea entre los diferentes grupos de puntos correspondientes a cada periodo de retorno,

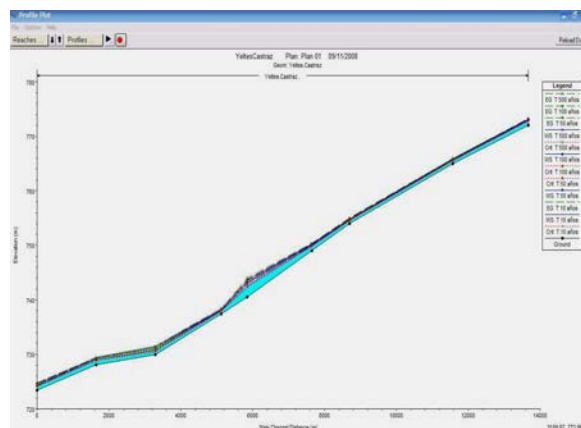


Figura III₃-42. Modelización del perfil fluvial del río Yeltes a su paso por Castraz con indicación de la lámina de agua según perfiles y periodos de retorno.

obtenidos en los perfiles transversales a los cauces principales (Yeltes) y tributarios (Gavilanes y Morasverdes). (Figura III₃-43, Figura III₃-44, Figura III₃-45 y Figura III₃-46).

RIO MORASVERDES (Alba de Yeltes)

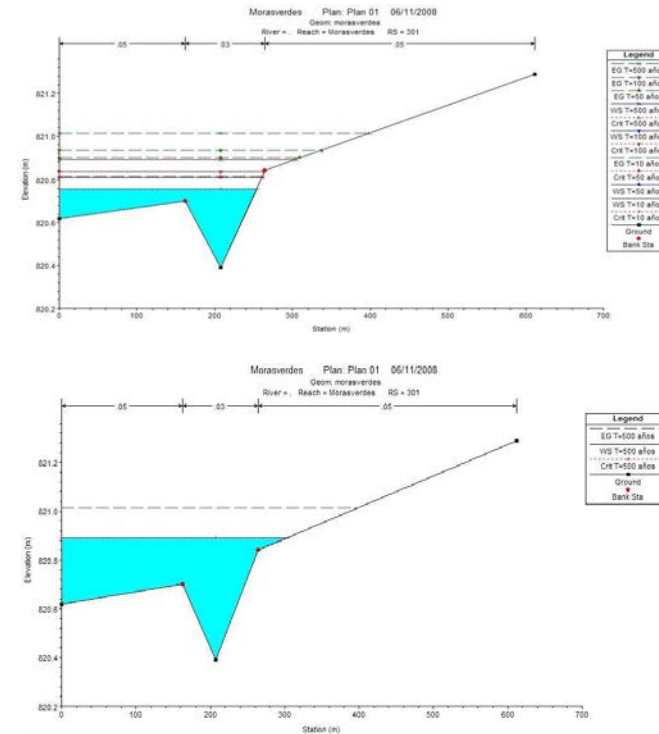
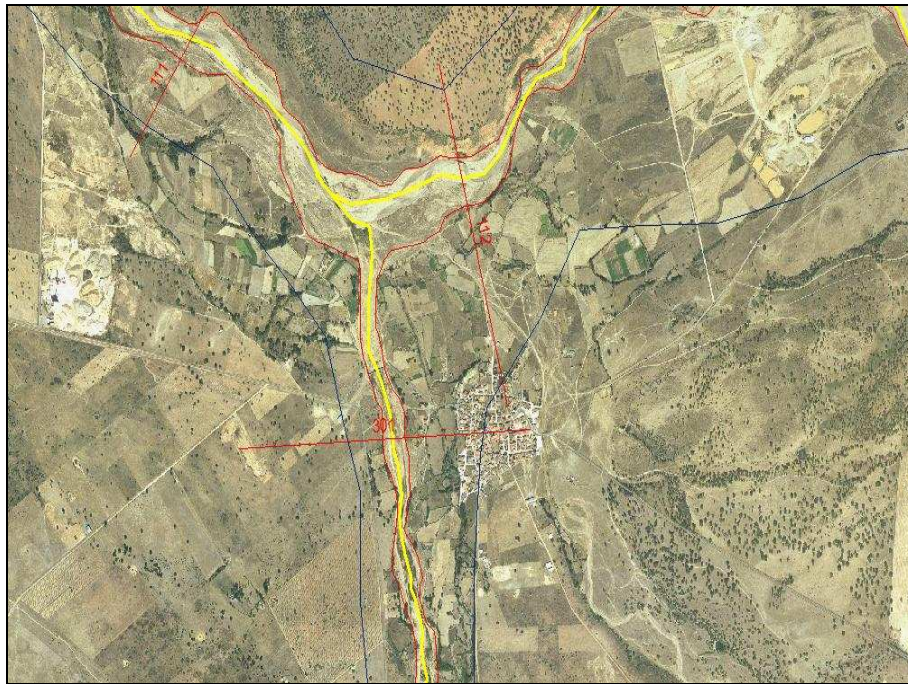


Figura III₃-43. Captura gráfica de las condiciones de contorno del río Yeltes con la aplicación HEC-RAS.

RIO MORASVERDES (Dios Le Guarde -Izq- y Morasverdes -Dcha-)

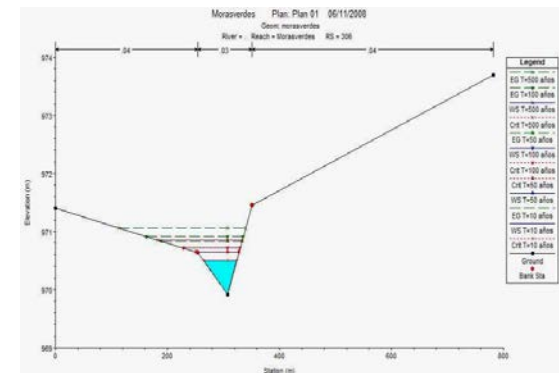
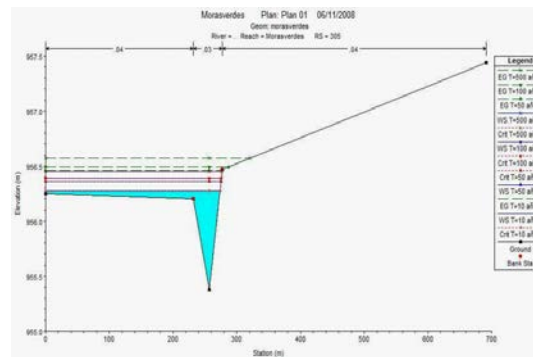
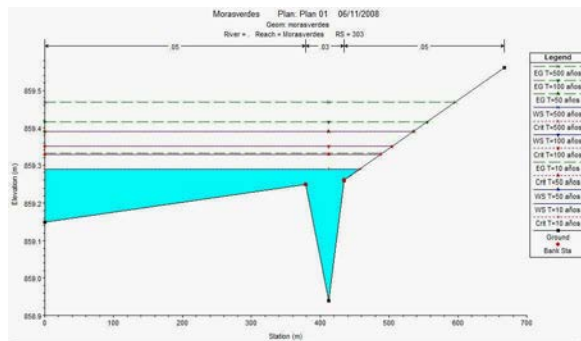
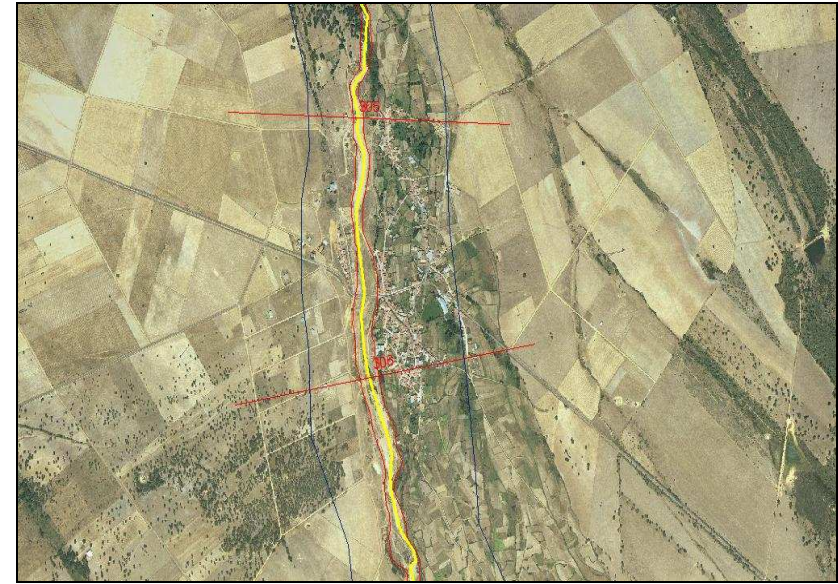


Figura III₃-44. Captura gráfica de las condiciones de contorno del río Yeltes con la aplicación HEC-RAS.

RIO GAVILANES (Sancti-Spiritus -Izq- y Tenebrón -Dcha-)

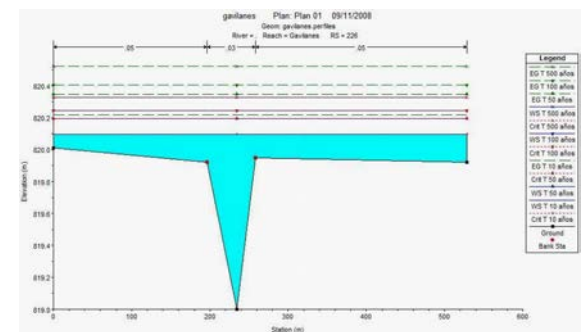
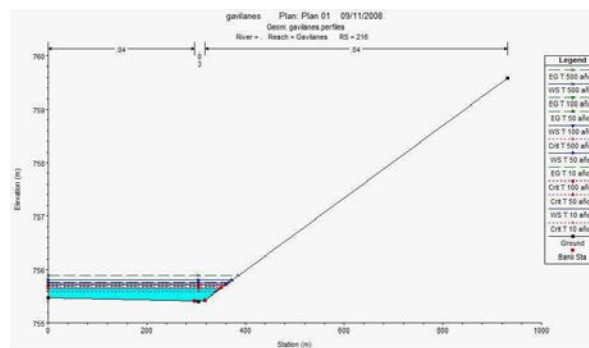
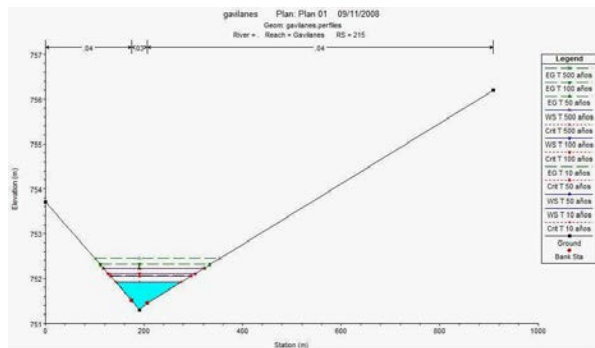
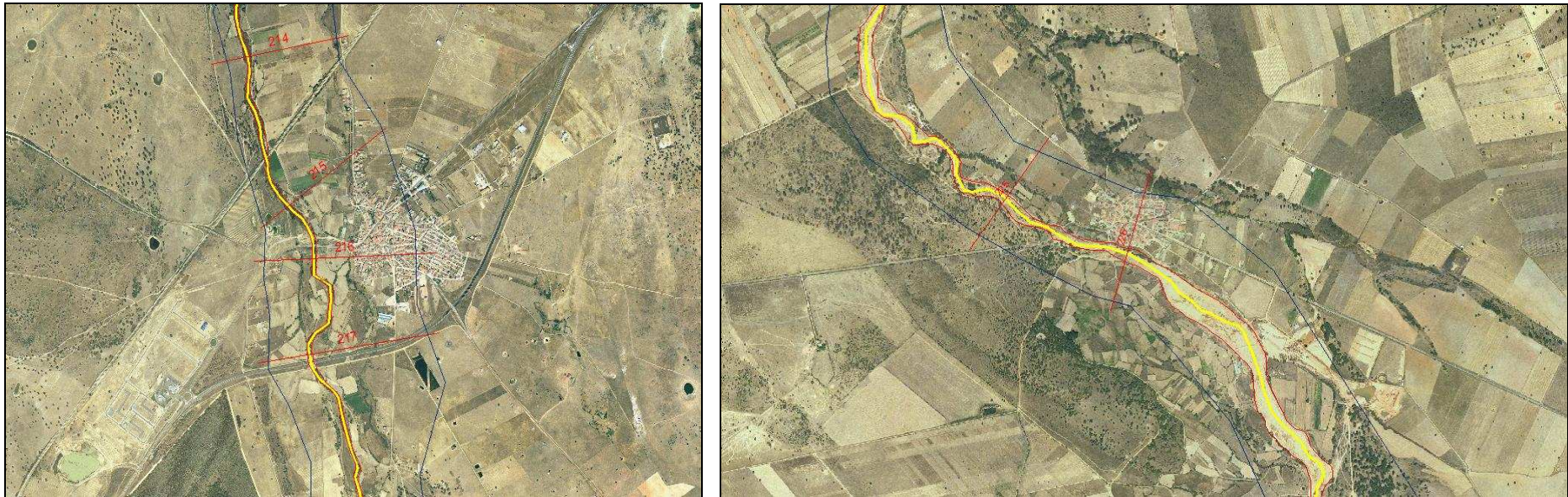


Figura III₃-45. Captura gráfica de las condiciones de contorno del río Yeltes con la aplicación HEC-RAS.

RIO YELTES (Alba de Yeltes)

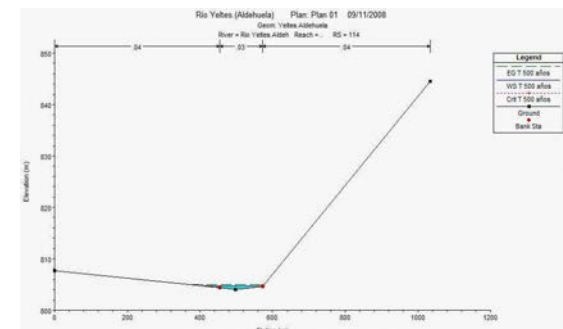
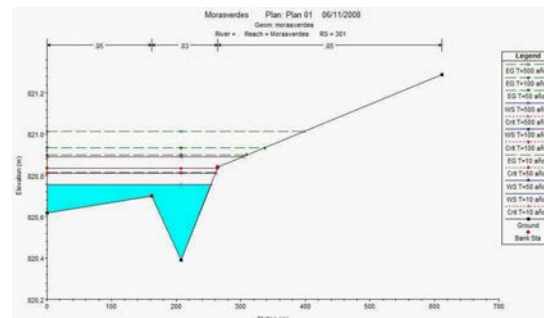
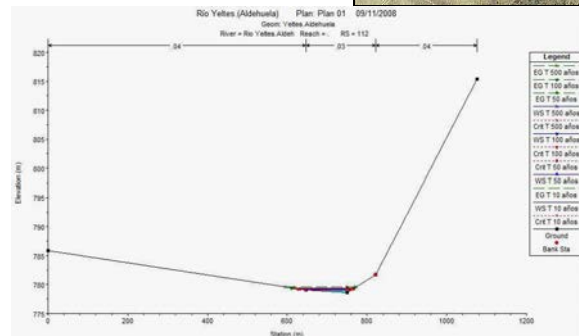
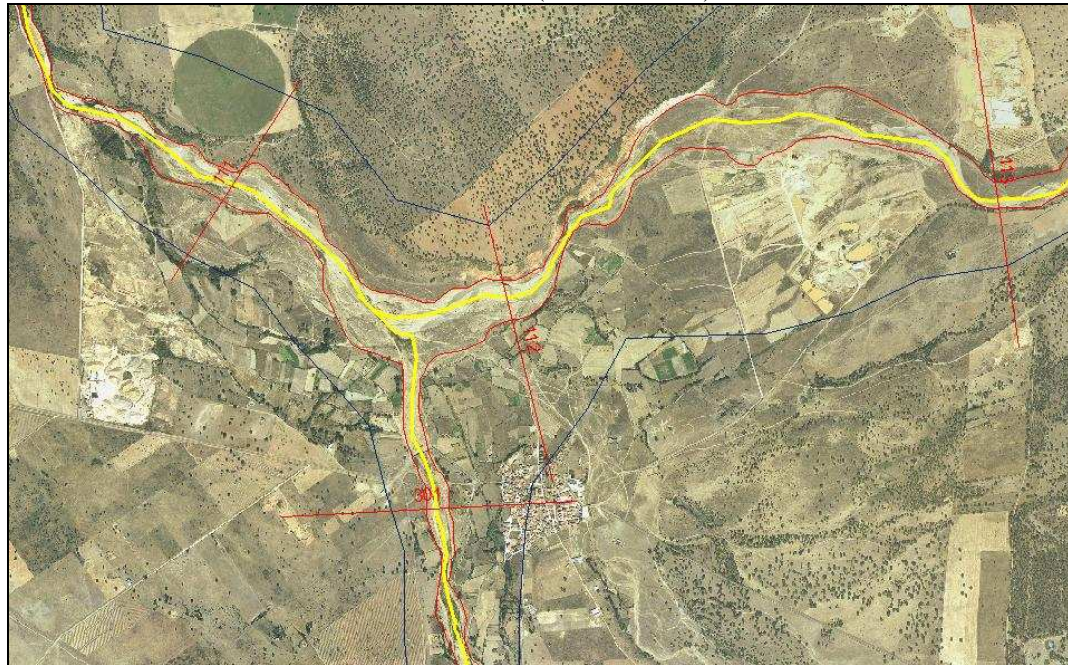


Figura III₃-46. Captura gráfica de las condiciones de contorno del río Yeltes con la aplicación HEC-RAS.

Finalmente estas líneas que delimitan la altura de la lámina de agua espacialmente se transforman en polígonos y se suavizan los contornos automáticamente con funciones ArcGis. En base a estos datos se superpone esta información en la capa “raster” con técnicas SIG, y se evalúan los sectores inundables de los diferentes márgenes fluviales.

Mediante técnicas SIG se superponen al MDT las superficies de probabilidad de inundación, obteniendo la cartografía de Isobatas, e igualmente la de isotacas, teniendo en cuenta los valores de velocidad de la corriente. (Figura III₃-47).

Para la elaboración de la cartografía de Isobatas podríamos haber procedido restando los valores de profundidad de cada píxel correspondiente al modelo digital del terreno en tonos grises, y la altura de la capa correspondiente a los diferentes periodos de retorno. No obstante como en cada perfil transversal Hec-Ras ha calculado estas velocidades para cada punto (canal principal, margen derecho, margen izquierdo) hemos interpolado estos valores hasta la barrera del periodo de retorno deseado, reclasificando los resultados en tres grupos: profundidades menores a 0.5 m; entre 0.5-1 m y > 1m; obteniendo la cartografía de isobatas.

La cartografía de isotacas se ha realizado mediante procedimientos de interpolación a partir de una capa de puntos con valores de velocidades de la corriente para periodo de retorno de 500 años. Estos puntos se han distribuido para cada perfil de forma que muestren la velocidad en el centro del canal, margen izquierdo y derecho, procediendo después de su digitalización a realizar una interpolación limitada a la máscara del polígono del periodo de retorno correspondiente y reclasificar los resultados en tres grupos: velocidades menores a 0.5 m/s; entre 0.5-1 m/s y > 1m/s; obteniendo la cartografía de isotacas.

III_{3,5} Método Geomorfológico.

Desde el punto de vista geomorfológico, un cauce que transcurre por una llanura aluvial no es un elemento estático ni fijo. Por ello la frecuencia con que se inunda la llanura de inundación, no depende sólo de la frecuencia de caudales, sino también con los cambios del canal que establece la capacidad de asumir dichos caudales. Además, las variaciones de la geometría del canal se producen en momentos de crecida, cuando los caudales presentan una energía que modifica el estado de equilibrio del cauce (Chorley et al, 1984) provocando un aumento de la peligrosidad por procesos inducidos (desplazamiento de las barras del canal, desplazamiento y corta de meandros...), todo lo cual debe ser analizado desde el punto de vista geomorfológico.

Los caudales calculados en el método hidrológico deben circular por el cauce que se corresponde con áreas geomorfológicamente activas, sobre todo durante la inundación, y cuyo comportamiento incide directamente en maximizar o minimizar el riesgo de inundación.

Cross Section Output				
File Type Options Help				
River:	Yeltes.Castraz	Profile:	T 500 años	
Reach:	.	RS:	103	Plan: Plan 01
Plan: Plan 01 Yeltes.Castraz RS: 103 Profile: T 500 años				
E.G. Elev (m)	724.61	Element	Left OB	Channel
Vel Head (m)	0.30	Wt. n/Val.	0.060	0.030
W.S. Elev (m)	724.51	Reach Len. (m)		0.060
Crit W.S. (m)	724.51	Flow Area (m ²)	84.81	33.28
E.G. Slope (m/m)	0.010743	Area (m ²)	84.81	33.28
Q Total (m ³ /s)	279.76	Flow (m ³ /s)	112.50	116.08
Top Width (m)	259.23	Top Width (m)	125.68	32.80
Vel Total (m/s)	1.68	Avg. Vel. (m/s)	1.33	3.49
Max CH Dpth (m)	1.06	Hydr. Depth (m)	0.67	1.01
Corrv. Total (m ³ /s)	2699.1	Corrv. (m ³ /s)	1085.4	1120.0
Length w/d. (m)		Wetted Per. (m)	126.05	32.80
Min Ch El (m)	723.45	Shear (N/m ²)	70.88	106.88
Alpha	2.11	Stream Power (N/m s)	94.02	372.85
Ficthn Loss (m)		Cum Volume (1000 m ³)		53.52
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m ²)		

Figura III₃-47. Valores de velocidad y profundidad para un perfil calculados por el programa HEC-RAS.

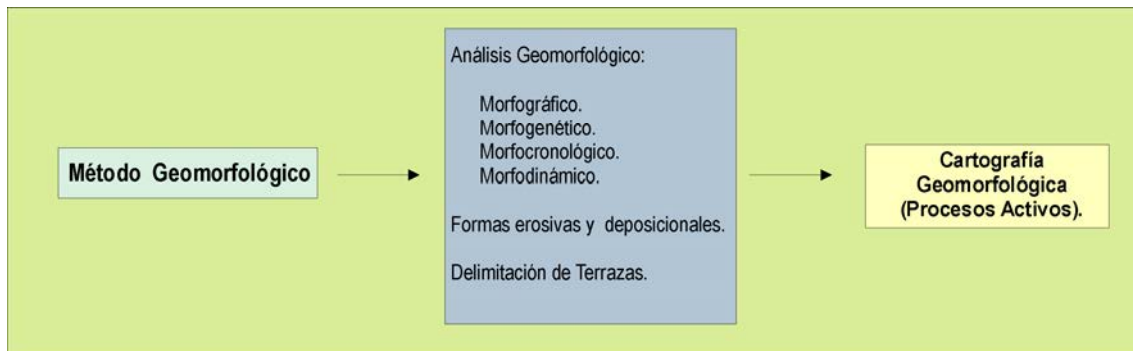


Figura III₃-48. Esquema procedimental del Método Geomorfológico.

El método geomorfológico (Figura III₃-48) nos permite precisar el perímetro mojado de los diferentes periodos de retorno, en base al análisis de las diferentes formas y depósitos asociados al cauce, así como posibles eventos de paleoinundación que se puedan determinar en el registro geológico o bien elementos que permitan conocer la altura de la lámina de agua en campo después de una crecida, como pueden ser los restos de materiales que han “flotado” en la superficie del agua y al disminuir el caudal han quedado atrapados por la vegetación.(Figura III₃-49).

Analizando los riesgos catastróficos ocurridos en diferentes puntos de España (Biescas, etc.) se establece una clara necesidad de delimitar las zonas inundables no sólo atendiendo a criterios hidrológicos sino teniendo en cuenta criterios geológico-geomorfológicos, mediante mapas de geología del Cuaternario, geomorfológicos y de procesos activos, aunque éstos últimos no pueden proporcionar, debido a su escala (excepto en informes de detalle de zonas activas del cauce mayor) una zonificación de la llanura de inundación necesaria para determinados proyectos y/o planificación territorial; pero si nos permiten delimitar el cauce o lecho mayor, analizando su morfología y dinámica, así como información complementaria relativa a otros fenómenos asociados a la propia inundación: movimientos de ladera, fenómenos de erosión, sufusión o piping, así como intervenciones antrópicas sobre el drenaje y los cauces (espigones, diques, canteras, rellenos y escombreras, presas, etc.).

El criterio legal aplicado en España para definir el cauce, es un criterio hidrológico que se muestra insuficiente, tal como indica la propia normativa en el art. 4 del R.D. 1/2001 (BOE, 176, 2001). En la determinación de las áreas inundables habrá que considerar otras manifestaciones y observaciones del terreno, además del caudal teórico de la máxima crecida ordinaria. En esta línea, el CEDEX, estima para los ríos españoles, que la máxima crecida ordinaria tiene un periodo de retorno medio de 3.7 años, estableciendo que el trazado del deslinde del DPH no debe resolverse con claves hidrológicas, sino con criterios fluviomorfológicos, medioambientales y sociales. (Figura III₃-49).



Figura III₃-49. Fragmentos “colgados” arrastrados por la crecida del río Yeltes. Alba de Yeltes.

La escasez de datos sobre inundaciones torrenciales históricas en esta zona, sobre todo por ausencia de actividades humanas en épocas pasadas, hace que el análisis del riesgo pase por un estudio geomorfológico en detalle, basado en el reconocimiento de formas del relieve asociadas a la dinámica fluvial. Este estudio se realiza mediante fotointerpretación a escalas de 1/32.000 y 1/18.000; y ortofotografías a escala 1/10.000, superponiendo la topografía.

La cuenca del Yeltes por su climatología y relieve es vulnerable a los fenómenos de inundación. El relieve de las cabeceras fluviales en los sectores de las Sierras de Batuecas y Quilamas, queda separado de los tramos inferiores por cauces con reducción brusca de pendientes

y confinamiento, con importante desarrollo de depósitos de terraza, como es el caso del río Yeltes.

A partir del estudio de las formas del terreno modeladas en las crecidas o en régimen ordinario y extraordinario, se reconstruye el tipo y frecuencia de las avenidas. Este análisis nos permite conocer los procesos de modelado y su dinámica, delimitando zonas inundables a partir de huellas de erosión y/o deposición, o bien, a partir de la evolución reciente de dichos procesos, estableciendo zonas susceptibles de inundarse, diferenciando zonas geomorfológicamente activas para periodos de retorno por ejemplo de 50, 100 y 500 años. (Figura III₃-50 a Figura III₃-53).



Figura III₃-50 Izq. Barra de grava adosada al margen izquierdo del río Yeltes que constituye un muro natural. Dcha. Lecho menor y llanura de inundación del río Morasverdes a su paso por dicha localidad.



Figura III₃-51. Izq. Desnivel de la primera terraza del río Yeltes en su margen izquierdo. Alba de Yeltes. Dcha. Canal principal del río Yeltes desplazado por muro de contención visible a la izquierda de la imagen. Alba de Yeltes.



Figura III₃-52. Cauce del río Yeltes paralelo al escarpe principal a su paso por Aldehuela de Yeltes.



Figura III₃-53. Lecho menor del río Yeltes anastomosado. Alba de Yeltes.

Los pasos seguidos en la zona de estudio, para el método geomorfológico, presentan dos fases diferenciadas:

Una primera basada en el trabajo de campo, mediante análisis de secuencias deposicionales, cortes estratigráficos, así como reconocimiento de formas y criterios deposicionales.

Una segunda fase de trabajo de gabinete elaborando mapas derivados de la fotointerpretación a diferentes escales (1/10.000, 1/18.000 y 1/33.000) analizando los elementos hidráulicos (lechos y accidentes del canal), formas de erosión (escarpes, incisiones cárcavas, etc.), formas de acumulación (barras, islas, conos...), formas mixtas (terrazas, marismas...) acciones dinámicas (huellas de dirección, zapados, líneas de desbordamiento...) así como acciones antrópicas (grado de ocupación de cauces, encauzamientos, cauces enterrados, construcciones...).

A partir de estos datos de procesos activos (Figura III₃-54), podemos definir áreas susceptibles de ser inundadas o procesos que inciden directamente en los fenómenos de inundación, influyendo y mejorando a priori, las cartografías que delimitan sectores con diferente probabilidad (periodo de retorno) del riesgo de inundación.

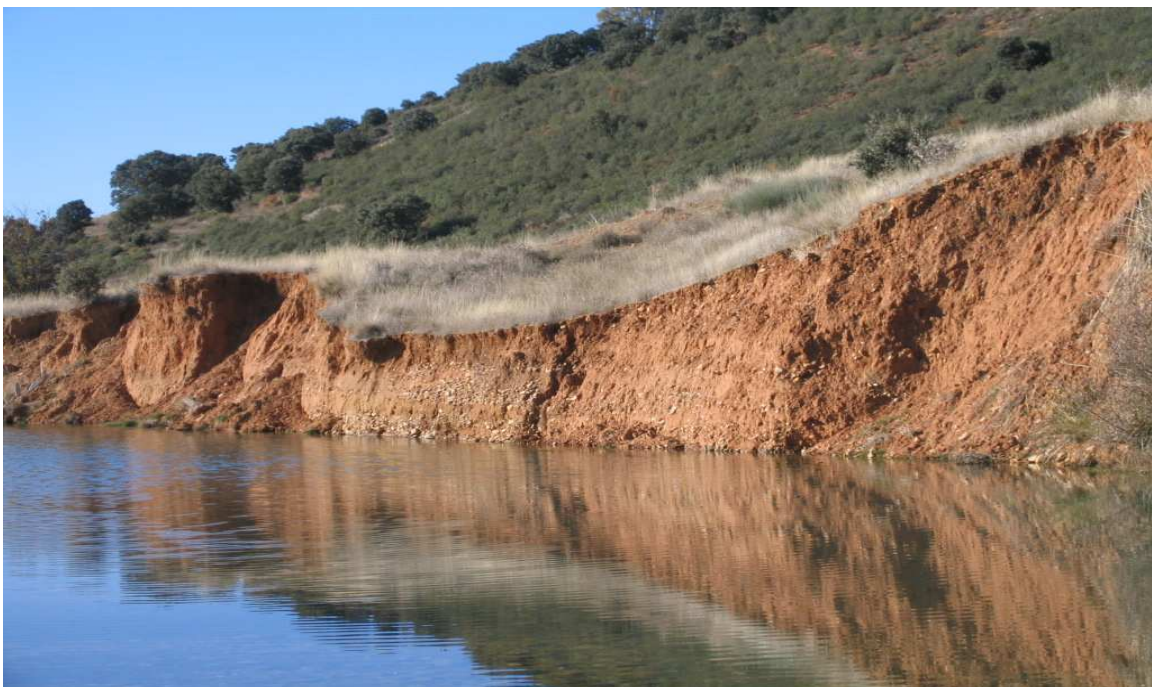


Figura III₃-54. Zapamiento del río Yeltes de la ladera del margen derecho provocando un deslizamiento favor de pendiente. Alba de Yeltes.

El análisis de estos elementos permite conocer la evolución geomorfológica de los diferentes transectos del cauce del río Yeltes y afluentes Morasverdes y Gavilanes, ayudando a precisar y afinar la modelización hidráulica realizada con Hec-Ras, a partir de formas y depósitos geomorfológicos encontrados en la zona de estudio.

Un ejemplo se puede observar a pocos metros después de la confluencia del río Morasverdes con el río Yeltes del que es tributario por su margen izquierdo en la localidad de Alba de Yeltes. En este sector se observa un meandro abandonado el cual muestra el trazado del cauce en periodos de retorno de 10 años, delimitando perfectamente en campo y a partir de la fotografía aérea su trazado circular.

En base a este análisis geomorfológico se realizó un corte transversal en esta zona para determinar el funcionamiento durante las riadas, observándose mediante la modelización con el HEC-RAS, que la lámina de agua se desplaza por dicha zona topográficamente más deprimida, el cual funciona en periodos de retorno de 10 o más años (Figura III₃-55).

Como hemos podido comprobar en este estudio, el método geomorfológico es de suma importancia en el análisis de los riesgos de inundación, ya que la interpretación geomorfológica dinámica y evolutiva de los elementos del cauce y márgenes fluviales, son una fuente básica e imprescindible en la previsión de inundaciones, combinada con criterios hidráulicos del sector, y con los cálculos hidrometeorológicos (método racional) y los análisis históricos y estadísticos del sector de estudio.

Estas técnicas geomorfológicas de fotointerpretación, comprobación verdad-terreno mediante análisis de campo y recopilación de eventos históricos, en zonas donde son insuficientes los datos hidrológicos y meteorológicos, tanto en forma espacial como temporal; son muy útiles ya que permiten hacer énfasis en las trazas y elementos indicativos de la morfodinámica.

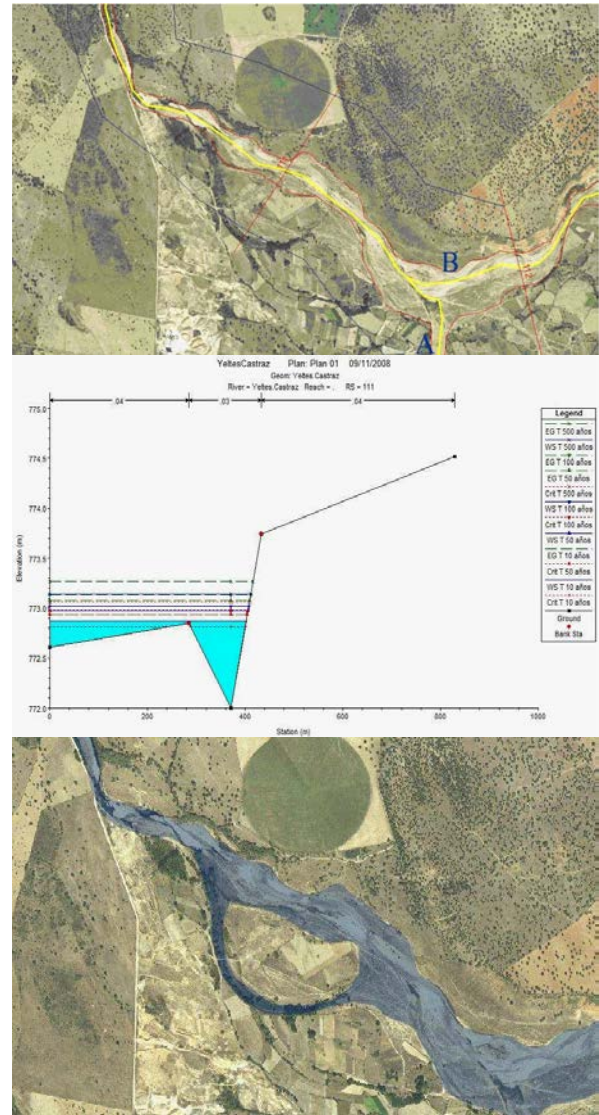


Figura III₃-55. Ortofoto del meandro de Alba de Yeltes y modelización del perfil. A-Río Morasverdes y B-Río Yeltes.

Posteriormente la caracterización y superposición cartográfica de algunas cartografías temáticas: mapas de pendientes (inclinación y distribución), litología, sistema de drenaje (cuencas y subcuencas) y vegetación natural (enfoque fisionómico-estructural: fisionomía-densidad-usos), permiten definir en los cauces fluviales sectores de inestabilidad actual y potencial ligada a la tendencia evolutiva de la erosión de los márgenes fluviales por las corrientes fluviales: socavamiento lateral escarpe, desbordamientos en paleocauces anastomosados, estrangulamientos de meandros, cambios de cursos, migraciones de canal, formas erosivas del relieve, etc. (Figura III₃-56).

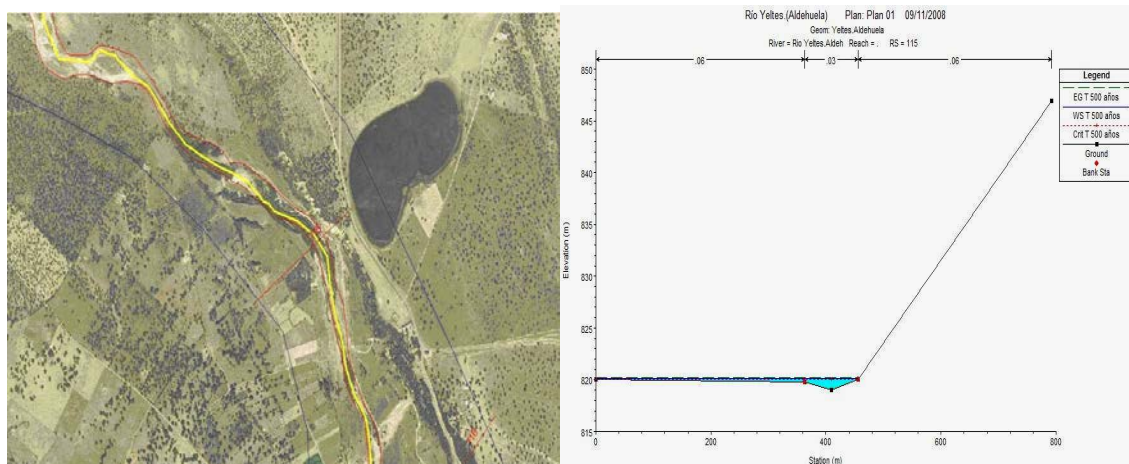


Figura III-56. Ortofoto y perfil topográfico que muestra cómo la migración lateral del río Yeltes, en su margen derecha produce en épocas de crecidas el descalce y retroceso del escarpe, favoreciendo en un futuro próximo la captura de la cubeta de la Laguna del Cristo.

Se ha incluido la zona húmeda adyacente: Laguna del Cristo, que pese a su pequeña extensión presenta un gran interés científico y ambiental, analizando la evolución geomorfológica y riesgos inducidos que la amenazan, para poder garantizar su conservación y/o su recuperación.

Los análisis geomorfológicos multi-temporales, permiten conocer la realidad territorial, que puede obviarse debido al “olvido” histórico, estudiando especialmente las relaciones geomorfológicas entre los ríos y sus llanuras de inundación, con un detallado análisis de la red de drenaje, identificación de zonas de erosión y transporte, análisis de capacidad de transporte, determinar las capacidades de desagüe de los cauces por falta de limpieza periódica o excesiva vegetación o invasión de obstáculos (azudes antiguos...) así como relación entre las capacidades de erosión-transporte y sedimentación con las posibles crecidas extraordinarias. Este exhaustivo análisis geomorfológico permite obtener una serie de recomendaciones a la hora de diseñar actuaciones de ingeniería relacionadas con la gestión de los ríos.

En la cuenca del Río Yeltes, se realiza un análisis de las formas erosivas (surcos, cárcavas...) y su incidencia en la diferente litología, así como el grado evolutivo a partir de fotografías de los años 1968 y 2005 a escala 1:18.000 y 1:10.000 complementado con una cartografía geomorfológica de detalle cuantificando la magnitud de las formas erosivas y los

procesos inducidos (deslizamientos, acción remontante fluvial y retroceso de escarpes por procesos de zapamiento fluvial en eventos de desbordamiento).

Las características geomorfológicas del cauce del río Yeltes quedan definidas con el MDT de detalle (escala 1/10.000) pudiendo validar los perfiles obtenidos con el HEC-RAS con los trabajos geomorfológicos de identificación de formas en campo (Figura III-57).

La utilización de este método geomorfológico para el análisis del riesgo de inundación, ha permitido contrastar los transectos fluviales de mayor peligrosidad con las características geomorfológicas existentes, determinando si éstas han favorecido o no la amenaza de riesgo e igualmente permite, a priori, establecer a bajo costo y con suficiente precisión la implementación de estrategias de Defensa Civil: ubicación y reubicación de centros estratégicos, planes de evacuación, asistencias, así como la concienciación de la población con la finalidad de lograr la autoevacuación.

A partir del análisis de la peligrosidad realizado en los diferentes métodos (hidrometeorológico, hidrológico-hidráulico y geomorfológico) se han obtenido de los sectores inundables para cada uno de los periodos de retorno analizados (10, 50, 100 y 500 años), por lo que en base a la cartografía de exposición y vulnerabilidad, determinada por la ubicación de los cascos urbanos, infraestructuras y zonas antropicas (ortofoto 1:10.000), se analizan los riesgos.

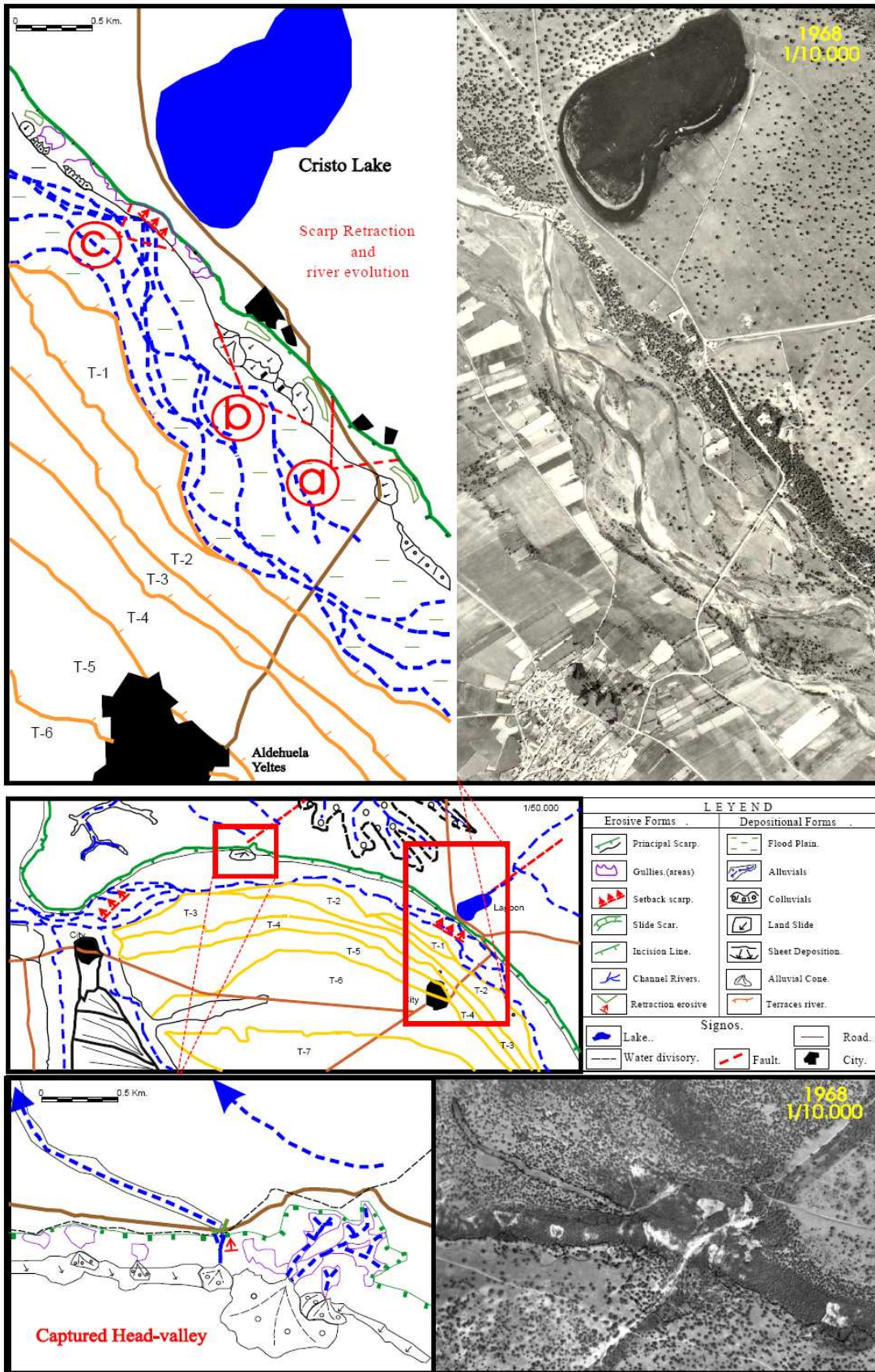


Figura III₃-57. Análisis detallado de formas erosivas.

III.3.6 Resultados.

En primer lugar, para la aplicación del método racional modificado, se calculan los

valores medios de precipitación corregida, obtenidos de la cartografía raster de precipitaciones por cuencas tributarias y periodos de retorno (Tabla 4).

	Sancti-Spiritus	Morasverdes	Aldehuela	Castraz
P (T 10 años)	69.5 mm/día	94.1 mm/día	61.7 mm/día	74.2 mm/día
P (T 50 años)	88.4 mm/día	129 mm/día	80.6 mm/día	98.9 mm/día
P (T 100 años)	96.5 mm/día	143.5 mm/día	88.6 mm/día	109.5 mm/día
P (T 500 años)	115 mm/día	177.5 mm/día	107.1 mm/día	134 mm/día

Tabla 4. Valores medios de precipitación corregida para cada periodo de retorno, y para cada subcuenca de estudio.

En segundo lugar, se procede a calcular los parámetros necesarios para obtener la intensidad de lluvia, como son: el cociente entre la intensidad de lluvia horaria y diaria -Iz- (Tabla 5) y una serie de parámetros de la propia cuenca para el cálculo del tiempo

de concentración -Tc- (Tabla 6), a partir de los cuales obtenemos el valor de Tc (Tabla 7). Posteriormente, se calcula el la intensidad -I- (Tabla 8), para las diferentes subcuencas y para los periodos de retorno de 10 años, 50 años, 100 años y 500 años.

Periodo de Retorno "T" (años) Sancti-Spiritus	P/24(mm/h)
10 años (m.c.o.= máximo caudal ordinario)	2.89 mm/h
50 años	3.68 mm/h
100 años	4.02 mm/h
500 años	4.79 mm/h
Periodo de Retorno "T" (años) Morasverdes	P/24(mm/h)
10 años (m.c.o.)	3.92 mm/h
50 años	5.37 mm/h
100 años	5.97 mm/h
500 años	7.39 mm/h
Periodo de Retorno "T" (años) Aldehuela	P/24(mm/h)
10 años (m.c.o.)	2.57 mm/h
50 años	3.35 mm/h
100 años	3.69 mm/h
500 años	4.46 mm/h
Periodo de Retorno "T" (años) Castraz	P/24(mm/h)
10 años (m.c.o.)	3.09 mm/h
50 años	4.12 mm/h
100 años	4.56 mm/h
500 años	5.58 mm/h

Tabla 5. Valores del cociente entre las precipitaciones y las 24 diarias en cada subcuenca.

Curso Fluvial	Cota máxima	Cota mínima	Desnivel (m)	Longitud (m)	Pendiente (m/m) (desnivel/longitud)	Área (Km ²)
R.Gavilanes:S.Spiritus	1478	750	728	24.212	0.030	65.20
R.Morasverdes.	1304	776	528	21.867	0.024	18.55
R.Yeltes:Aldehuela	1111	841	270	27.543	0.009	74.02
R. Yeltes: Castraz	1111	755	356	37.635	0.009	28.36

Tabla 6. Parámetros de interés de cada subcuenca.

Cauce	Tc (horas)
Gavilanes (Santi-Spiritus).	6,58 h.
Morasverdes	6,35 h.
Yeltes (Aldehuela)	9,12 h.
Yeltes (Castraz).	11,56 h.

Tabla 7. Tiempo de concentración de cada subcuenca.

<i>P. Retorno Sancti-Spiritus</i>	<i>Iz (mm/h)</i>	<i>(It/Id) (mm/h)</i>	<i>I (mm/h)</i>
10 años (m.c.o.)	2.89 mm/h	3.07mm/h.	8.87 mm/h.
50 años	3.68 mm/h	3.07mm/h.	11.11 mm/h.
100 años	4.02 mm/h	3.07mm/h.	12.34 mm/h.
500 años	4.79 mm/h	3.07mm/h.	14.70 mm/h.
<i>P. Retorno Morasverdes</i>			
10 años (m.c.o.)	3.92 mm/h	3,07mm/h.	12.03 mm/h.
50 años	5.37 mm/h	3.07mm/h.	16.21 mm/h.
100 años	5.97 mm/h	3.07mm/h.	18.32 mm/h.
500 años	7.39 mm/h	3.07mm/h.	22.68 mm/h.
<i>P. Retorno Yeltes: Aldehuela</i>			
10 años (m.c.o.)	2.57 mm/h	2,40mm/h.	6.16 mm/h.
50 años	3.35 mm/h	2.40mm/h.	8.04 mm/h.
100 años	3.69 mm/h	2.40mm/h.	8.85 mm/h.
500 años	4.46 mm/h	2.40mm/h.	10.70 mm/h
<i>P. Retorno Yeltes:Castraz</i>			
10 años (m.c.o.)	3.09 mm/h	1.99mm/h.	6.14 mm/h
50 años	4.12 mm/h	1.99mm/h.	8.19 mm/h.
100 años	4.56 mm/h	1.99mm/h.	9.07 mm/h
500 años	5.58 mm/h	1.99mm/h.	11.10 mm/h

Tabla 8. Valores de la intensidad para cada subcuenca. m.c.o.= máximo caudal ordinario.

Finalmente, se procede a calcular el valor del coeficiente de escorrentía -C- (Tabla 9), en base al cruce de las cartografías temáticas de los parámetros de

los que depende: precipitaciones y umbral de escorrentía -P₀-, éste último parámetro resulta del cruce de las cartografías de pendientes, tipo de suelo y usos del suelo.

<i>P. Retorno Sancti-Spiritus</i>	<i>Pd</i>	<i>Po</i>	<i>C</i>
10 años (m.c.o.)	69.5 mm/día	25	0,24
50 años	88.4 mm/día	25	0,31
100 años	96.5 mm/día	25	0,34
500 años	115 mm/día	25	0,40
<i>P. Retorno Morasverdes</i>			
10 años (m.c.o.)	94.1 mm/día	25	0,33
50 años	129 mm/día	25	0,44
100 años	143.5 mm/día	25	0,48
500 años	177.5 mm/día	25	0,56
<i>P. Retorno Yeltes: Aldehuela</i>			
10 años (m.c.o.)	61.7 mm/día	25	0.19
50 años	80.6 mm/día	25	0.28
100 años	88.6 mm/día	25	0,31
500 años	107.1 mm/día	25	0,37
<i>P. Retorno Yeltes: Castraz</i>			
10 años (m.c.o.)	74.2 mm/día	25	0,25
50 años	98.9 mm/día	25	0.35
100 años	109.5 mm/día	25	0,38
500 años	134 mm/día	25	0,45

Tabla 9. Valores del coeficiente de escorrentía para cada subcuenca. m.c.o.= máximo caudal ordinario.

Finalmente, aplicando la fórmula del método racional modificado, se obtienen los diferentes caudales de diseño para la modelización hidráulica necesarios para el cálculo de la extensión de la lámina de agua para cada periodo de retorno considerado.

(Tabla 10); obteniendo la cartografía de riesgo (Figura III₃-58), y las cartografías de isobatas (Figura III₃-59) e isotacas (Figura III₃-60).



Figura III₃-58. Cartografía de inundabilidad de la cuenca del río Yeltes, para diferentes periodos de retorno (10, 50, 100 y 500 años).

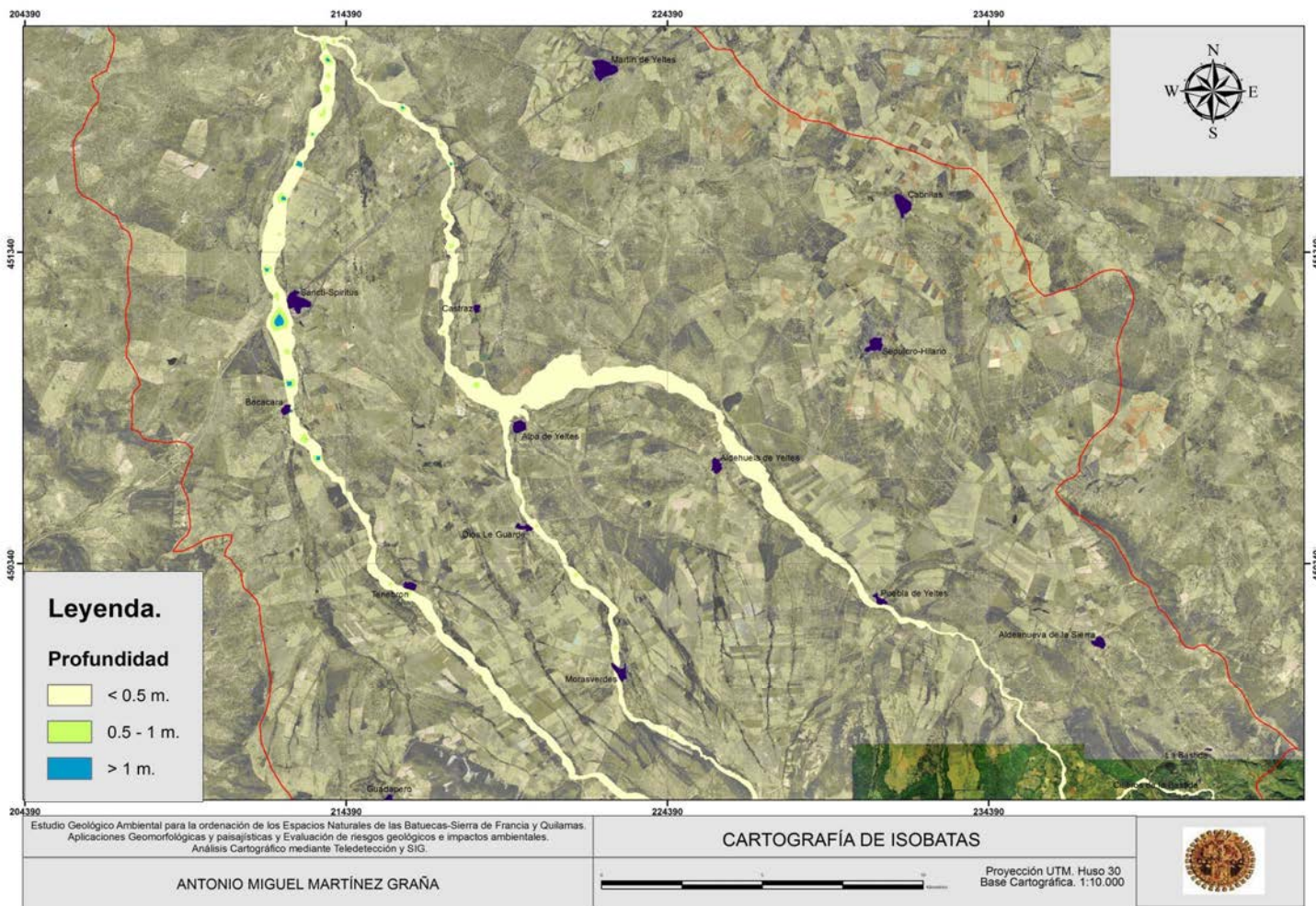


Figura III₃-59. Cartografía de Isobatas de la cuenca del río Yeltes.

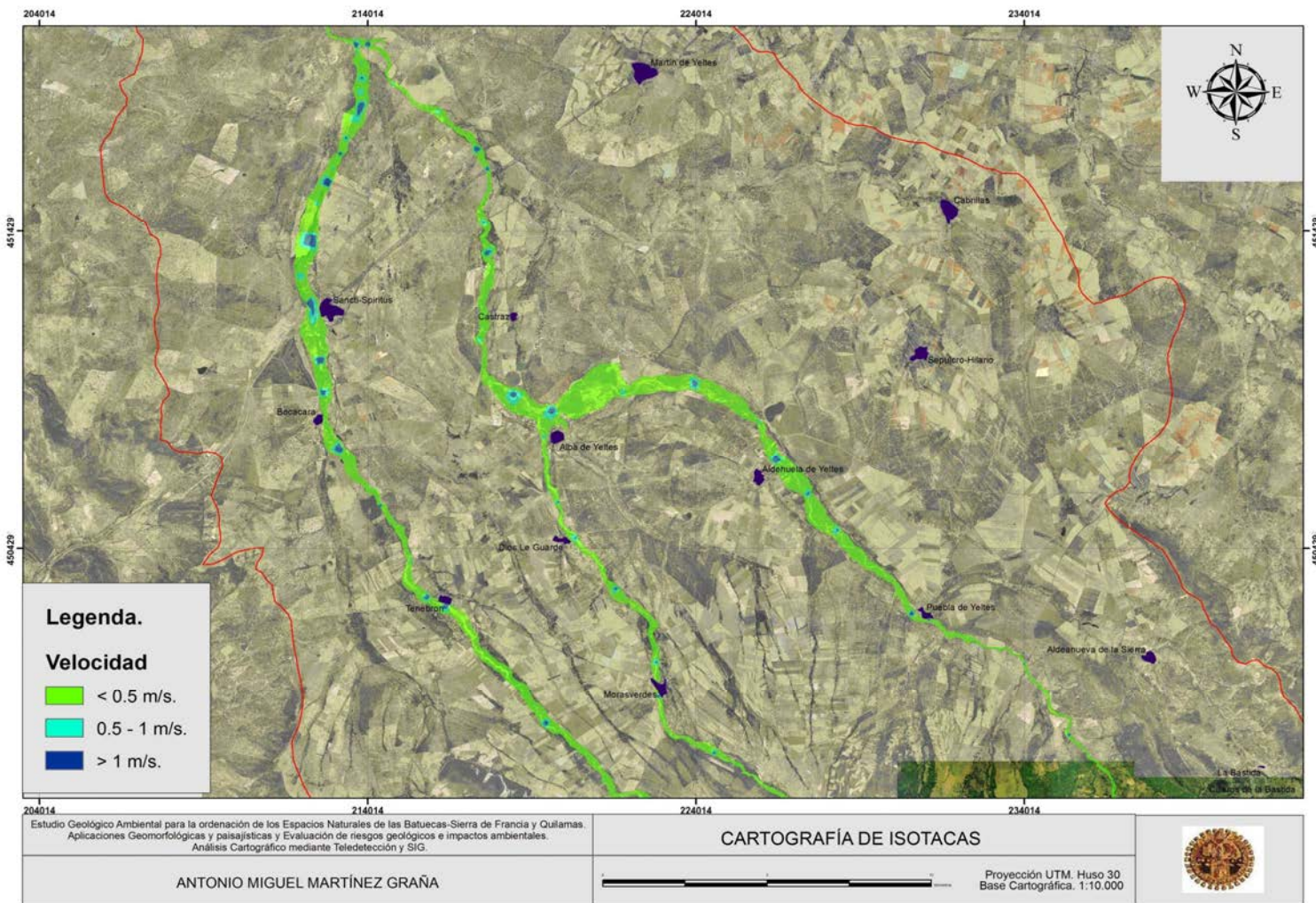


Figura III₃-60. Cartografía de Isotacas de la cuenca del río Yeltes.

	P media (mm/día)	Tc (h)	Po	C	I (mm/h)	A (Km ²)	K	Q
R. Gavilanes T=10	69.5	6,58	25	0,24	8.87	65.20	1.42	54.74
R. Gavilanes T=50	88.4	6,58	25	0.31	11.11	65.20	1.42	88.57
R Gavilanes T=100	96.5	6,58	25	0,34	12.34	65.20	1.42	107.90
R Gavilanes T=500	115	6,58	25	0,40	14.70	65.20	1.42	151.22
R.Morasv. T= 10	94.1	6,35	25	0,33	12.03	18.55	1.41	28.84
R.Morasv. T= 50	129	6,35	25	0.44	16.21	18.55	1.41	51.81
R.Morasv. T= 100	143.5	6,35	25	0,48	18.32	18.55	1.41	63.88
R.Morasv. T= 500	177.5	6,35	25	0,56	22.68	18.55	1.41	92.27
RYeltes-Aldehuela.T=10	61.7	9,12	25	0.19	6.16	74.02	1.53	36.81
RYeltes-Aldehuela.T=50	80.6	9,12	25	0.28	8.04	74.02	1.53	70.81
RYeltes-Aldehuela.T=100	88.6	9,12	25	0,31	8.85	74.02	1.53	86.30
RYeltes-Aldehuela.T=500	107.1	9,12	25	0,37	10.70	74.02	1.53	124.54
RYeltes-Castraz.T=10	74.2	11,56	25	0,25	6.14	28.36	1.60	19.34
RYeltes-Castraz.T=50	98.9	11,56	25	0.35	8.19	28.36	1.60	36.13
RYeltes-Castraz.T=100	109.5	11,56	25	0,38	9.07	28.36	1.60	43.44
RYeltes-Castraz.T=500	134	11,56	25	0,45	11.10	28.36	1.60	62.95
RYeltes.(Aldehuela+Morasverdes+Castraz)T=10								36.81 + 28.84 + 19.34
RYeltes.(Aldehuela+Morasverdes+Castraz)T=50								70.81 + 51.81 + 36.13
RYeltes.(Aldehuela+Morasverdes+Castraz)T=100								86.30 + 63.88 + 43.44
RYeltes.(Aldehuela+Morasverdes+Castraz)T=500								124.54 + 92.27 + 62.95

Tabla 10. Valores del caudal de diseño para la modelización del riesgo de inundabilidad. Nota: el caudal resultante del Río Yeltes por Castraz, será el sumatorio de los caudales entrantes de los Ríos aguas arriba calculados: Tramo Q-Aldehuela, Q-Morasverdes y el propio caudal calculado hasta el transecto de Castraz: Q-Castraz.

La cuenca del río Yeltes, en base a las cartografías históricas de inundación obtenidas, muestra un riesgo importante de inundación, al presentar zonas donde los cascos urbanos, infraestructuras y bienes presentan un alto grado de exposición y vulnerabilidad frente a diferentes periodos de retorno.

El régimen del río Yeltes todos los años experimenta periodos de aguas altas, o crecidas ordinarias, aunque no siempre determinando estas crecidas procesos de inundación. Presenta un periodo de recurrencia prácticamente anual, no obstante, las crecidas extraordinarias que generan desbordamientos y avenidas que inundan los márgenes fluviales a diferentes cotas, presentan en su evolución intervalos con varias inundaciones anuales seguidas, e intervalos con periodos de mayor descanso o menos frecuencia, produciéndose una recurrencia de eventos muy irregular. Esto ocurre, en la cuenca del río Yeltes, en la que hay poco registro, no porque no hayan existido estos eventos, sino porque el desarrollo urbano era menor que el de cuencas adyacentes; y en las cuencas del río Águeda o del río Tormes, con un registro más continuo y numeroso de inundaciones históricas. Si extrapolamos dichas frecuencias, observamos las coincidencias isocronas existentes en las tres cuencas.

El análisis de la frecuencia de eventos hidrológicos extremos y sus secuelas nos permiten realizar una clasificación en tres periodos temporales:

El primero en el intervalo 1929-1700 donde los eventos son mucho más distanciados, con secuencias irregulares (cada 60 años, cada 82 años...) en el tiempo (que en cuencas como Yeltes y Águeda, se pueden achacar parcialmente a falta de datos, pero en otras, como la del Tormes, el registro es más homogéneo, dada la estabilidad desde antaño de los cascos urbanos, como Salamanca capital).

El segundo intervalo temporal sería el comprendido desde 1700 hasta 1900, donde la frecuencia es mayor, y los intervalos son más regulares (cada 10 ó 20 años).

Por último, el tercer intervalo va desde 1900 hasta 1980, mostrando secuencias más continuas e intervalos menores de eventos (cada 8 - 10 años). Posteriormente hasta la actualidad, la frecuencia teórica sería

similar pero el mayor control sobre los cauces de los ríos, hace descender el número de eventos extraordinarios en los últimos 30 años. Además hay un cambio de comportamiento en los procesos de inundación, ya que no dependen exclusivamente de la dinámica natural del río, ni de la actividad atmosférica, sino que son consecuencia de la ocupación intensiva de la llanura fluvial por parte del hombre, lo cual hace que antes de finales de los años 60 del siglo XX, lo normal ante un invierno muy lluvioso había desbordamientos; posteriormente, entre los años 60-90, las actuaciones realizadas en los cauces (obras de canalización, limpieza, construcción de embalses...), generan una falsa seguridad potenciando, por expansión urbana, asentamientos en vegas fluviales y actividades industriales con escasa planificación racional del margen fluvial.

La abundancia de estas avenidas, en nuestra zona de estudio es mayor en los meses de invierno (noviembre y diciembre) como se aprecia en el registro histórico, ya que en la cuenca del río Yeltes, las llamadas "lluvias de temporal" permiten episodios de inundación más o menos generalizados causados por circulaciones muy zonales con continuos pasos de borrascas que generan lluvias duraderas, a las que muchas veces los deshielos prematuros se unen. En cambio, los eventos registrados en meses con tendencia estival definida, son causados por "lluvias de tormenta", que responden a dinámicas de bajo índice zonal, a veces de tipo mixto, donde una vaguada o gota fría polar (Pm) comparte territorio peninsular con una cresta sahariana (Tc), generando inundaciones más breves (1-2 días), dispersas y puntuales, generando la mayoría de las veces encharcamientos.

Actualmente, aunque las avenidas se den en los mismos puntos históricos, las consecuencias no son las mismas, ya que los efectos de las grandes crecidas se minimizan, aumentando las inundaciones más localizadas correspondientes a puntos de la cuenca donde antaño los desbordamientos no generaban daños pues eran dominio fluvial, pero que actualmente presentan actividades humanas, incrementando la exposición y en consecuencia el riesgo. Por ello es de suma importancia la cartografía de riesgos de inundación, para

tener criterios óptimos en la ordenación territorial de estos sectores, acordes con las características geomorfológicas y climáticas, así como con una correcta planificación hidrológica, fomentando medidas estructurales en caso necesario, o bien, no estructurales o de autoprotección (divulgación y concienciación a la población).

Para definir el riesgo de inundación una vez analizadas las inundaciones históricas, se calculan mediante la modelización hidrometeorológica los caudales de máxima avenida para diferentes periodos de retorno, especialmente para 50, 100 y 500 años.

Posteriormente se genera un modelo hidráulico que muestra las alturas de la lámina de agua, para cada periodo de retorno, delimitando el cauce natural del río Yeltes, entendido como el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias; y definiendo la zona de ribera (faja lateral del cauce público por encima de las aguas bajas) y los márgenes (terrenos que lindan con los cauces). Estos márgenes, no son ya Dominio Público Hidráulico, pero están sujetos a una zona de uso público (zona de servidumbre: 5m) y de uso condicionado del suelo (zona de policía: 100 m).

Posteriormente se analizan las características geomorfológicas de la cuenca del río Yeltes, y cómo intervienen en los posibles riesgos de inundación, presentando un margen derecho muy marcado y erosivo, potenciando deslizamientos y acarcavamientos en la base del escarpe, mientras que su margen izquierdo es muy tendido ubicándose las zonas y actividades humanas, siendo zonas potenciales de riesgo.

Esta configuración hace que la evolución geomorfológica del río Yeltes potencie las acciones erosivas en el margen derecho y zonas de deposición-acreción en el margen izquierdo, lo que genera una intensa ocupación del suelo, de forma lenta pero continuada, presentando un cauce meandriforme y puntualmente anastomosado o trenzado. Esta ocupación ha sido paralela al desarrollo económico de las localidades ribereñas, que ha potenciado la ocupación de terrenos de peligro, tanto por infraestructuras de comunicación, como por otro tipo de actividades: agrícolas, industriales (extractivas), ganaderas, resi-

denciales, etc. Debido a estas circunstancias la dinámica natural del río Yeltes, con sus crecidas fluviales, provoca desbordamientos que generan riesgos potenciales dado que, o bien el hombre ha alterado la dinámica del río Yeltes, (infraestructuras, canalizaciones, etc); o bien ha aumentado el grado de exposición.

Finalmente evaluamos los diferentes grados de peligrosidad por inundación con la vulnerabilidad y exposición de los elementos existentes en cada sector (viviendas, infraestructuras...).

Para evitar estos riesgos potenciales y reales, se establecen una serie de medidas estructurales y no estructurales, así como instrumentos para prevención de avenidas e inundaciones.

Igualmente necesarios son los instrumentos para la gestión del DPH, como los establecidos por el Proyecto de Delimitación del DPH (Proyecto LINDE) y los contemplados en la ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional (BOE 161, 2001) que promueve las acciones necesarias para proteger el DPH, indicando que las actuaciones en cauces públicos situados en zonas urbanas corresponden a las administraciones competentes en materia de ordenación territorial y urbanismo (CCAA y Ayuntamientos); así como la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones (DGPC,1995).

La zona de estudio al presentar formas planas y verticales (escarpe) con un sistema de drenaje meandriforme y anastomosado, baja protección hidrológica por parte de la vegetación natural, y sumado la ocurrencia de tormentas convectivas por el efecto orográfico de las sierras cercanas, determina una alta tendencia a la generación de avenidas relativamente repentinas de cierta magnitud. Asimismo la red del río Yeltes, en la zona de estudio pierde en gran parte el control estructural marcado por el escarpe y adopta un patrón de trazado meandriforme debido a un incremento en la carga sedimentaria, producto del brusco cambio de pendiente entre la vertiente de las sierras de Quilamas y Francia y el valle del Yeltes, estos rellenos aluviales son de gran importancia tal como lo demuestran la presencia de graveras en el curso del río con extensos rellenos aluviales en donde la

dinámica se caracteriza por la tendencia erosiva en el margen derecho, potenciando zapamientos en la base del escarpe que generan deslizamientos rotacionales y retrocesos del propio escarpe, dando lugar a capturas de cursos de agua por dicho retroceso debido al carácter friable del material terciario.

En el cauce aluvial el transporte de sedimentos juega un papel importante en las variaciones que sufre el canal principal a lo largo del tiempo y en su capacidad para transportar la carga. Los procesos de depósito y de socavación se activan de acuerdo con las magnitudes de las velocidades del agua; así, durante los estiajes y los períodos de aguas medias predominan los fenómenos de depósito porque las velocidades son relativamente bajas y la capacidad de transporte de sedimentos es reducida. Cuando llegan las avenidas se aumentan las velocidades de flujo y por tanto se incrementan los procesos erosivos y los ataques contra las márgenes, como ocurre en el río Yeltes sobre el escarpe, estas inundaciones son más frecuentes en cauces de llanura, y menos en cauces de montaña.

Análisis de los sectores de Riesgo.

En primer lugar uno de los sectores de riesgo se ubica en su afluente por el margen izquierdo: el río Gavilanes, que tal como cabía esperar por su registro histórico de inundaciones, presenta riesgo alto de desbordamiento a su paso por Sancti-Spiritus, llegando a afectar a las viviendas más cercanas al cauce fluvial, así como a otras construcciones dispersas (piscinas, plaza de toros, viviendas dispersas...) e infraestructuras (carreteras, caminos...). Igualmente en la localidad de Bocacara, aguas arriba, la lamina de agua afecta al margen izquierdo del río Gavilanes. Tenebrón presenta una cota que aísla el casco urbano de las avenidas.

Las inundaciones históricas generadas en Santi-Spiritus se corroboran mediante fotografías de daños a carreteras y puentes, así como más recientemente videos que validan la extensión y los caudales de la lámina de agua obtenida en nuestro estudio. (Figura III₃-61 y 62).



Figura III₃-61. Rotura puente de Sancti-Spiritus por la riada del año 1909.

La cartografía de inundabilidad de la cuenca del río Yeltes nos muestra espacialmente otros puntos conflictivos y sectores con riesgo de inundación, como son los sectores de Alba de Yeltes, cuyo cauce se desborda por ambos márgenes, cubriendo canales abandonados en el margen izquierdo afectando a tierras de cultivo, actividades extractivas (graveras) y a viviendas aisladas, pudiendo en épocas de avenidas extraordinarias, avanzar las aguas por el cauce del arroyo de la Moravieja, afluente izquierdo del río Yeltes que pasa por el margen este de la localidad de Alba de Yeltes, favoreciendo el crecimiento de la lámina de agua al impedir el desagüe de dicho cauce, afectando parcialmente al casco urbano. Igualmente por el oeste de la localidad de Alba de Yeltes existe un alto riesgo de inundación de las viviendas más alejadas al centro urbano, al aumentar los caudales del río Morasverdes en épocas de alto nivel de aguas en el río principal Yeltes, a donde tributa. En su margen derecho los fenómenos de desbordamiento generan dos efectos significativos, por un lado hacen migrar las barras de gravas condicionando el trazado trenzado del cauce y modificando su evolución posterior, y por otro genera una dinámica activa con procesos de erosión en el margen fluvial, que ocasiona deslizamientos rotacionales y descalces, todo lo cual favorece el retroceso del escarpe.



Figura III₃-62. Trazado de diferentes periodos de retorno del río Gavilanes a su paso por Bocacara y Sancti-Spiritus, superpuestos a la ortofoto. Cauce Dcha: Río Yeltes.

Cabe indicar que las corrientes inducidas del río Yeltes en este transecto, uno de los de mayor anchura del río, se debe a la desviación antrópica del cauce, mediante la construcción de un dique que impide que el río circule por su cauce natural, perfectamente identificado por sus rasgos geomorfológicos a partir de la fotografía aérea, para que no afecte a una de las actividades extractivas existentes en la zona.

En el mismo río Yeltes existen otras dos localidades con riesgo de inundación, una en alto grado: Puebla de Yeltes y la otra de medio grado: Aldehuela de Yeltes, donde la lámina de agua no llega hasta el casco urbano, pero los eventos de desbor-

damiento son notorios, con datos de desbordamientos históricos, que afectan a la carretera de acceso de la localidad y a los campos de labor que se sitúan en las terrazas más bajas. (Figura III₃-63).

En Puebla de Yeltes las avenidas son frecuentes en épocas de altas precipitaciones y/o deshielos por el aumento del caudal que aporta el Arroyo Media Fanega, procedente de la Bastida, que tributa al río Yeltes en un punto de confluencia donde se ubica la localidad de Puebla de Yeltes, provocando una sobreelevación de las aguas, cuando, el río Yeltes, lleva importantes caudales. (Figura III₃-64 a Figura III₃-67).



Figura III₃-63. Puente, diques e impermeabilización del cauce del Arroyo de Media Fanega en el interior de la localidad de Puebla de Yeltes y puente del río Yeltes a su paso por la localidad de Puebla de Yeltes.



Figura III₃-64. Vista aérea del trazado del río Yeltes y afluencia del Arroyo de la Media Fanega por su margen derecho, en la localidad de Puebla de Yeltes.

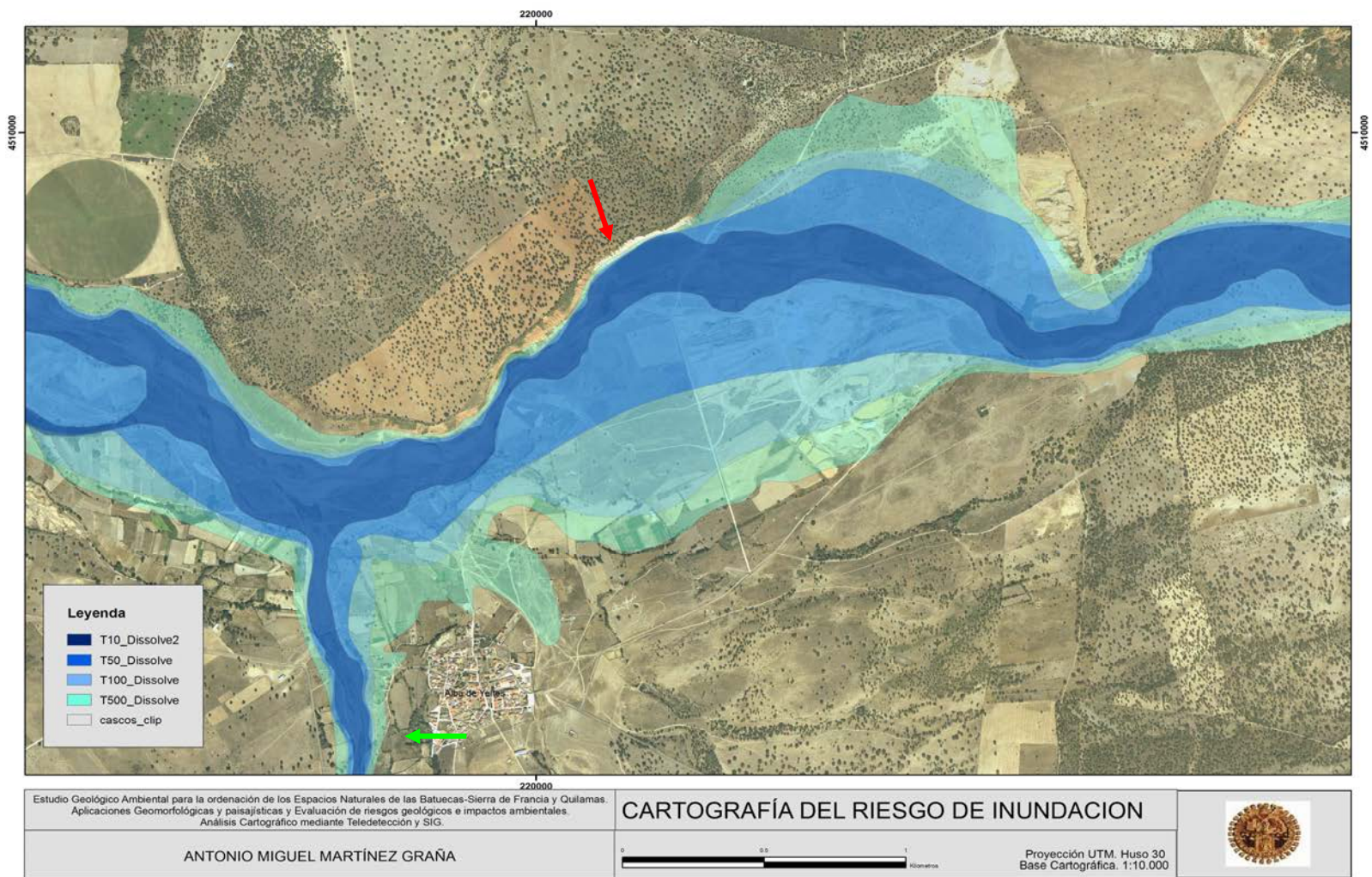


Figura III₃-65. Trazado de los periodos de retorno de los ríos Yeltes (flecha roja) y Morasverdes (flecha verde) en Alba de Yeltes, y por las actividades extractivas adyacentes.

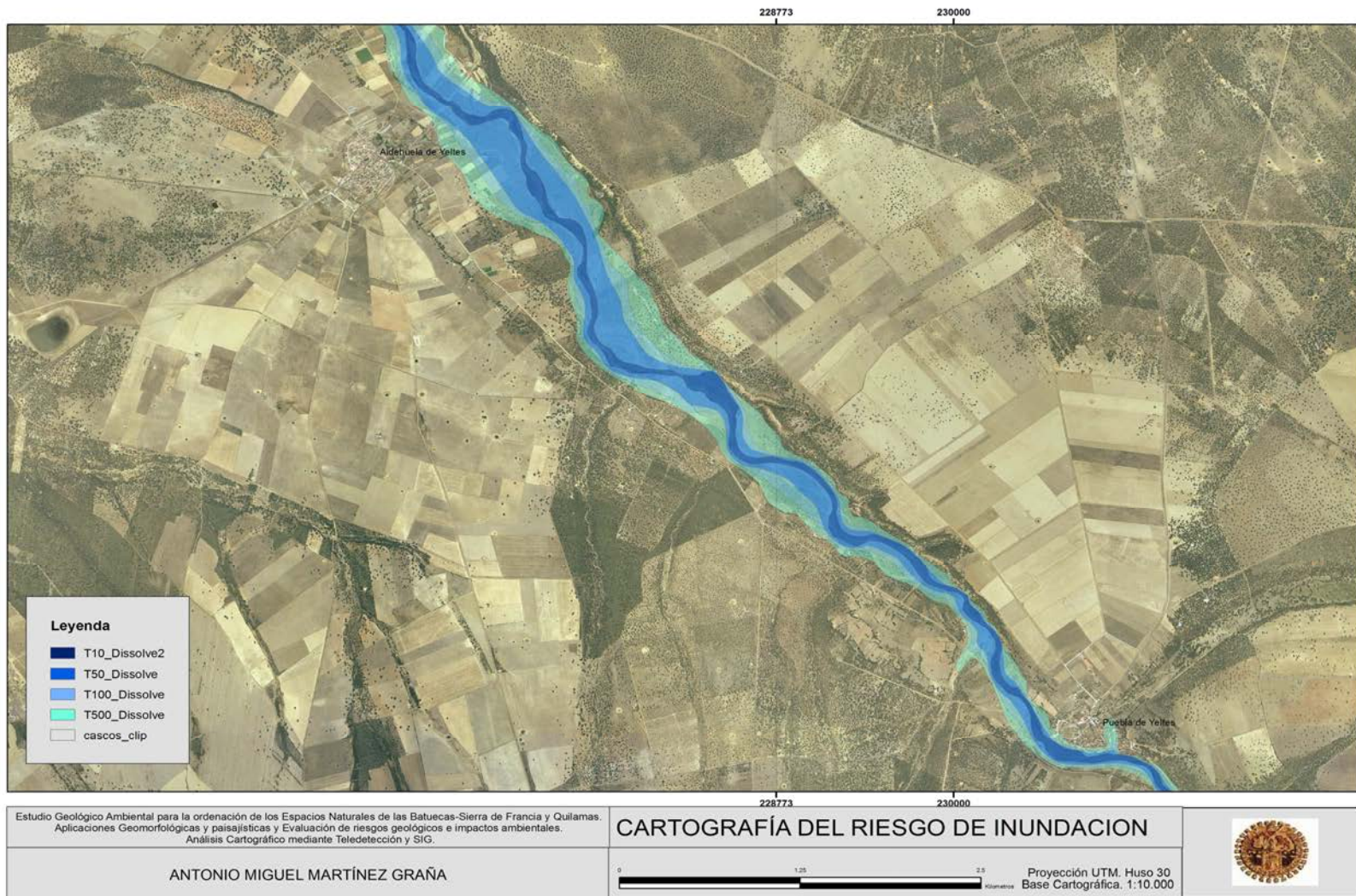


Figura III₃-66. Trazado de los diferentes periodos de retorno del río Yeltes a su paso por la localidad de Aldehuela de Yeltes.

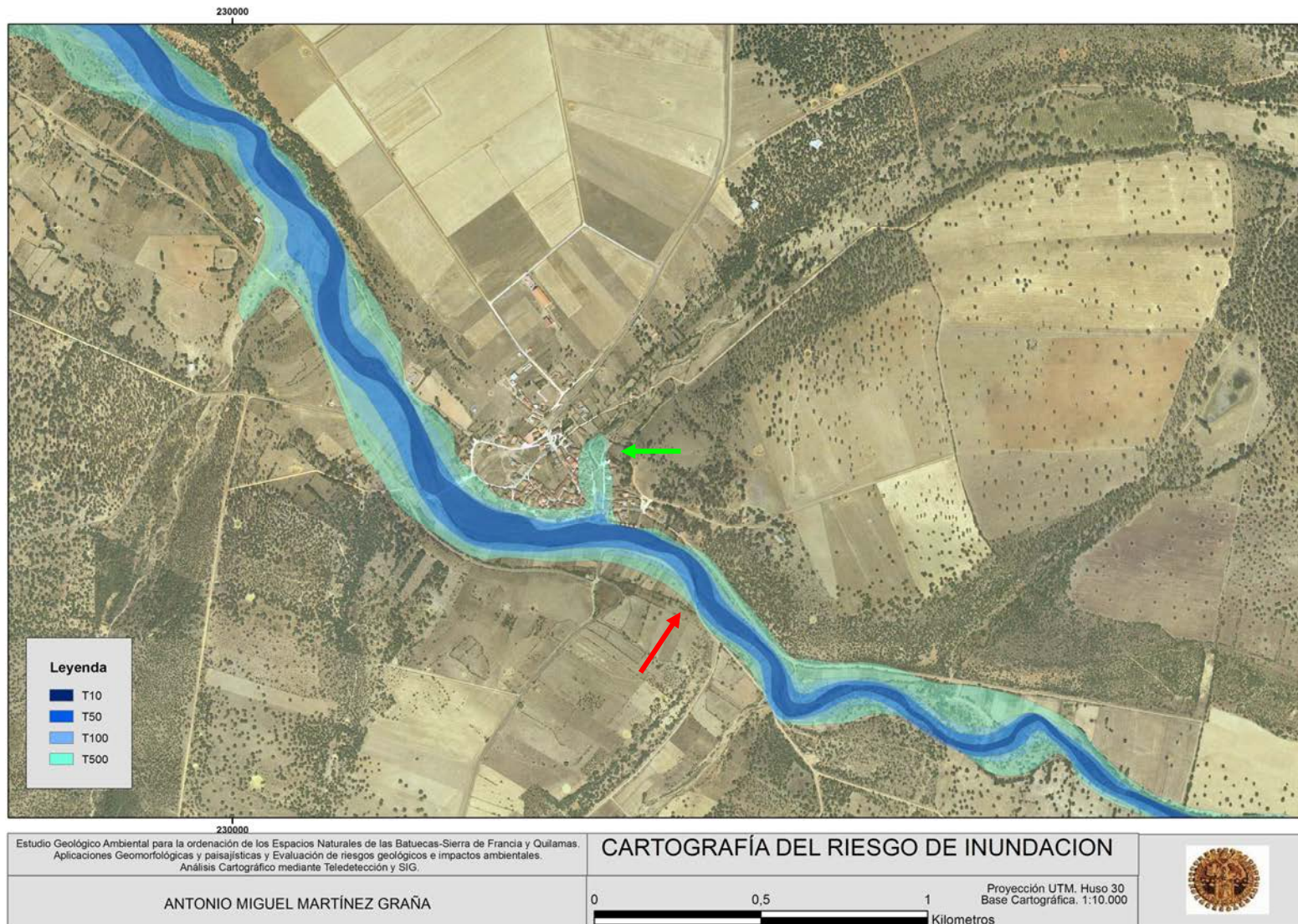


Figura III₃-67. Detalle del trazado de los periodos de retorno del río Yeltes (flecha roja) y del Arroyo de la Media Fanega (flecha verde) en Puebla de Yeltes.

En cuanto a las localidades que bordea el río Morasverdes, destacan dos, por la incidencia del riesgo de inundabilidad que presentan. Estas localidades son Dios Le Guarde y Morasverdes. (Figura III₃-68).

En Morasverdes las edificaciones se distribuyen paralelamente al trazado rectilíneo del río Morasverdes, de forma que las avenidas, provocan desbordamientos en ambos márgenes del cauce, cubriendo la lámina de agua los paseos fluviales de la localidad y las viviendas más cercanas al cauce.

Dios Le Guarde, presenta un casco urbano alejado del cauce fluvial, lo que permite que tan solo la avenida de 500 años, afecte a algunas viviendas situadas topográficamente en sectores deprimidos. (Figura III₃-69).

En cuanto a la cartografía de Isobatas (Figura III₃-59), los sectores de mayor profundidad de canal, señalan que de forma dominante el curso fluvial que alcanza mayores profundidades es el río Gavilanes, entre Bocacara y Sancti-Spiritus, y de forma más dispersa y puntual en el recorrido del río Gavilanes hasta la confluencia con el río Yeltes. Posteriormente éste último se encaja en el sustrato granítico, pudiendo alcanzar profundidades mayores a 1 metro.

En el cauce medio-alto del río Yeltes tan solo destacamos profundidades de hasta 0.5 metros en el sector entre Castraz y Alba de Yeltes, presentando en el resto de sectores profundidades inferiores al medio metro.

La cartografía de Isotacas (Figura III₃-60), muestra una variabilidad de velocidades mayor en las zonas más bajas de la cuenca que en los sectores topográficamente más elevados de las sierras, aunque existen puntualmente la velocidad puede superar 1 m/s., como en Puebla de Yeltes y Morasverdes. En general los sectores de alta velocidad se ubican en las partes centrales de los cauces, sobre todo en las confluencias entre el Río Yeltes y el río Gavilanes y el Morasverdes.

Otros sectores donde la velocidad aumenta es en el río Yeltes a su paso por Aldehuela de Yeltes y entre esta localidad y Alba de Yeltes, sobre todo en el punto de mayor curvatura del escarpe, posiblemente debido a la orientación de la corrientes hacia el margen derecho, posteriormente al paso por el estrechamiento generado por el dique antrópico entre los dos sectores extractivos existentes en el termino municipal de Alba de Yeltes.

Velocidades importantes se presentan en el río Gavilanes, a su paso por Sancti-Spiritus y en puntos dispersos entre Bocacara y Sancti-Spiritus.

Podemos concluir en este análisis de sectores con riesgo de inundación, que reafirman las zonas con inundaciones históricas, donde el riesgo es elevado, pero además se constatan que existen otros sectores donde los procesos de inundación generan un riesgo real a la población, dichos sectores, en ocasiones, presentan ya medidas estructurales que muestran la existencia de periodos de ascenso de la lámina de agua, y en cambio en otros, tal como veremos en el siguiente apartado no existen ningún tipo de medida. Esta coincidencia entre los diferentes puntos de riesgo obtenidos a partir del procedimiento metodológico explicado en este capítulo y las inundaciones históricas y zonas con medidas estructurales por existencia del riesgo, validan el procedimiento empleado.

Las pequeñas pendientes, generan igualmente una superficie muy llana en la que se instalan algunas edificaciones aisladas y actividades ganaderas, además de zonas de cultivos, las cuales corren un alto riesgo de inundación, quedando los límites de la inundación determinados por los desniveles de las propias terrazas.



Figura III₃-68. Distribución espacial de los periodos de retorno en Morasverdes.

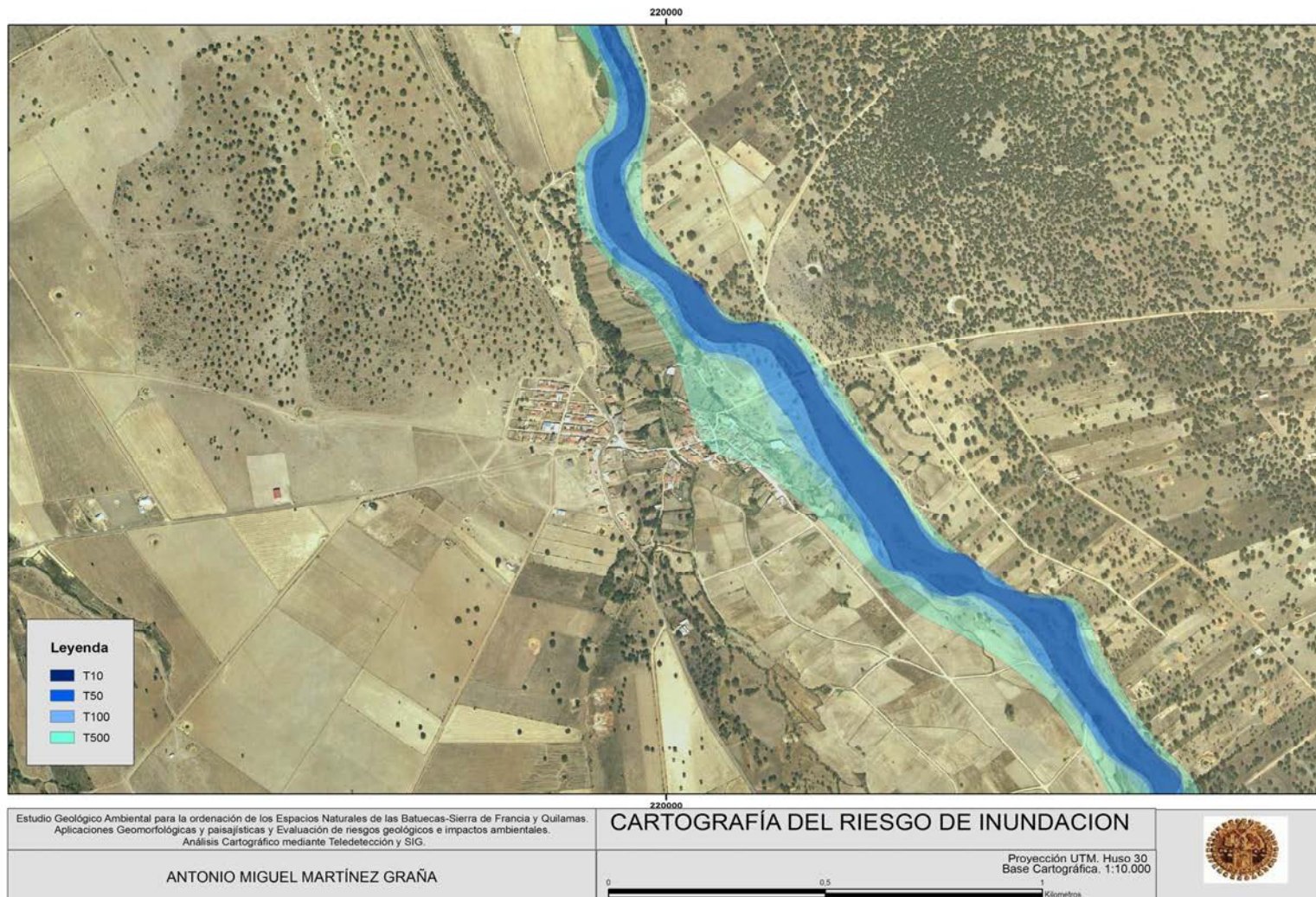


Figura III₃-69. Distribución espacial de los periodos de retorno en Dios Les Guarde.

Medidas de Prevención y Mitigación del Riesgo.

Para prevenir, mitigar o bien reducir el riesgo potencial de inundación, se utilizan en la zona de estudio, una serie de medidas estructurales y/o no estructurales o de gestión.

Las Medidas No Estructurales o de Gestión, no actúan sobre la avenida, sino que modifican la susceptibilidad de la zona inundable frente a los daños por inundación. Basados en métodos de planificación y ordenación territorial, ayudados por la implantación de sistemas de previsión. Estas medidas no eliminan los efectos y daños provocados por la inundación, pero pueden reducirlos drásticamente, sobre todo en periodos de recurrencia media-baja.

Una de las principales medidas de gestión en el planeamiento futuro de zonas inundables es la cartografía de riesgos de inundación con zonificación detallada, indicando las restricciones de uso, seguros, compra de propiedades en llanuras de inundación...

Al considerarse la cuenca del río Yeltes, zona de rango de prioridad 3, las acciones estructurales se realizan a largo plazo, mientras que las acciones de gestión o no estructurales se desarrollan simultáneamente para toda la

cuenca y a corto plazo. Asimismo la Confederación Hidrográfica del Duero tiene en la zona de estudio, un programa de actuaciones en cauces que constituye un conjunto de obras de acondicionamiento y conservación del dominio público hidráulico cuya finalidad principal es la de facilitar la circulación de las aguas superficiales para evitar los problemas por inundaciones en las crecidas ordinarias. Se viene ejecutando desde hace años por la Comisaría de Aguas e implica la realización de un gran número de obras menores.

El principio rector es conseguir la mejora de las condiciones hidráulicas de estos ríos con un mínimo de intervención, respetando al máximo los valores medioambientales y naturales del dominio público hidráulico. Ello implica mantener en lo posible la morfología del río, los lechos, las márgenes y, por supuesto, la vegetación de ribera. Las actuaciones más frecuentes en este sector consisten en actuaciones como: acondicionamiento de márgenes, refuerzos estructurales, movimiento de tierras y acarreos; eliminación de depósitos de fangos en puntos de vertido, eliminación y retirada de vegetación muerta, poda selectiva, aclareo y entresaca de vegetación viva y retirada de residuos urbanos. (Figura III₃-70 y Figura III₃-71).



Figura III₃-70. Imagen del arroyo Moravieja a su paso por la localidad de Alba de Yeltes, cauce desbordado (Izq), y cauce canalizado, con construcción en el margen izquierdo de un dique (centro y Dcha).



Figura III₃-71. Secuencia fotográfica de las tareas de limpieza del cauce del río Gavilanes, afluente del río Yeltes a su paso por la localidad de Santi-Spiritus. Izq. Cauce con malezas; Centro: tareas de acondicionamiento y limpieza; Dcha: cauce limpio.

Las actuaciones no estructurales previenen la aparición de daños por inundación o disminuyen su magnitud en caso de que lleguen a producirse. Estas medidas pueden ser: la conservación de suelos y reforestación (reforestación, diques, estabilización de laderas), la regulación legal (extracción controlada de áridos), implantación de sistemas de seguros (implantación de seguros a partir de mapas de riesgo de inundación), instalaciones de sistemas de alarma y previsión, y gestión integrada del sistema hidráulico.

Los planes de gestión de los riesgos de inundación pretenden:

- Reducir el impacto adverso y la probabilidad de las inundaciones.
- Fomentar medidas sostenibles de gestión de los riesgos de inundación.
- Buscar oportunidades para operar con los procesos naturales y lograr, si es posible, beneficios múltiples a partir de la gestión de los riesgos de inundación. Informar a las autoridades públicas y competentes sobre los riesgos de inundación y cómo gestionarlos.

Las Medidas Estructurales, tienen como finalidad la construcción de diferentes obras civiles con el objetivo de aumentar el nivel de protección en determinadas zonas del territorio mediante el control directo de caudales (encauzamientos, desvíos, cortas, motas...).

El grado de prioridad de cada actuación estructural depende de las características de la zona a proteger, la rentabilidad económica y la influencia hidráulica aguas arriba o aguas abajo, generando infraestructuras que actúan sobre los mecanismos de formación y propagación de las avenidas. Según su función son:

1. Actuaciones para reducir los caudales punta de la avenida: embalses de laminación y regulación, construcción de cauces de derivación y de emergencia, aplicación de técnicas de corrección de cuencas, reforestación y conservación de suelos...
2. Actuaciones que reducen los niveles de inundación para un caudal dado: encauzamientos, reducción niveles de remansos generados por obras aguas abajo, obras de corrección y limpieza de cauce...
3. Actuaciones para reducir el tiempo de permanencia de la inundación en un área

determinada: obras de drenaje en las vías de comunicación...

En la zona de estudio estas medidas son prioritariamente para la protección de áreas urbanas habitadas, desarrollándose también obras de protección en zonas agrícolas para frenar procesos erosivos en márgenes fluviales, y protección de posibles vías de comunicación.

Las medidas estructurales existentes en la zona de estudio son encauzamientos (canalizaciones y diques longitudinales), corrección y regulación de cauces, protección de cauces (medidas defensivas) y corrección de cuencas por reforestación y conservación de suelos.

Río Gavilanes.

En Sancti-Spiritus, el río Gavilanes, genera inundaciones en los terrenos de cultivos que hay en los márgenes fluviales al bifurcarse en tres corrientes entrelazadas, provocando peligrosos desbordamientos en el canal cercano al casco urbano, el cual ha sido encauzado mediante una canalización (Figura III₃-72). Este encauzamiento, delimita el cauce del río a una franja predeterminada para que asuma un caudal, el cual se canaliza en la zona urbana próxima donde la presión urbanística no deja espacio para poder amortiguar la crecida, con protección continua en los taludes y en el fondo. Son medidas que necesitan poco espacio y eliminan el riesgo de inundación, al circular más rápidamente el caudal en dicho transecto.

En cuanto a las localidades de Bocacara (Figura III₃-73), y Tenebrón, la lámina de agua en el caso del periodo de retorno de 500 años, no llega al casco urbano, dado que se ubican a una cota suficientemente elevada, por lo que el resalte del terreno sirve de dique natural para impedir el avance de las riadas.

Río Yeltes.

En cuanto al río Yeltes, las localidades susceptibles de inundarse son Alba de Yeltes, Aldehuela de Yeltes y Puebla de Yeltes.

En Alba de Yeltes (Figura III₃-74), el río Yeltes presenta importantes actividades extractivas (graveras) que modifican el trazado de algunas corrientes trenzadas incidiendo en el escarpe del margen derecho, provocando el retroceso mediante fenómenos de deslizamientos y desprendimientos.

SANCTI-SPIRITUS

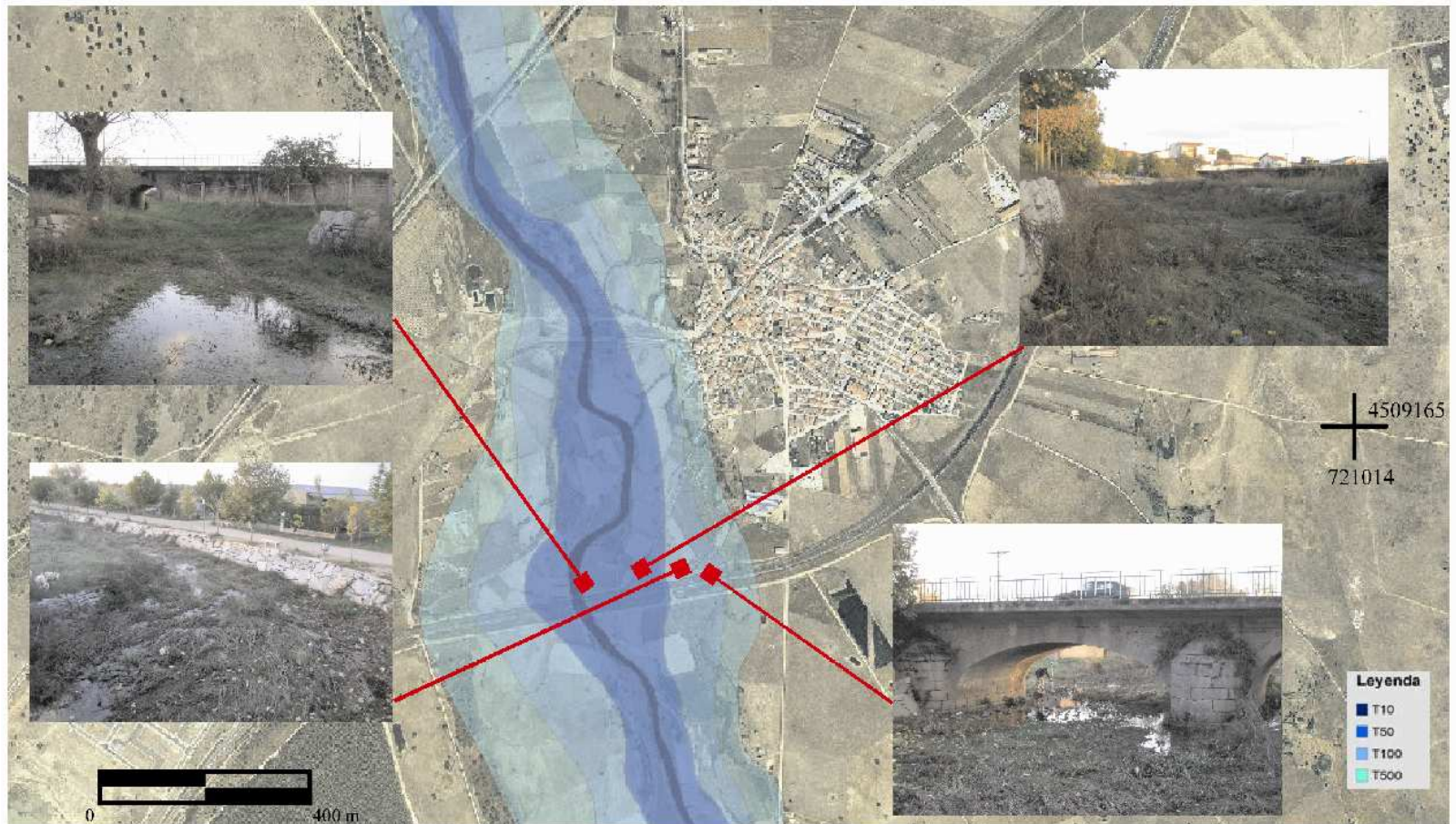


Figura III₃-72. Caracterización de los cauces y medidas estructurales del río Gavilanes a su paso por la localidad de Sancti-Spiritus.

BOCACARA



Figura III₃-73. Morfología del cauce del río Gavilanes a su paso por la localidad de Bocacara.

ALBA DE YELTES

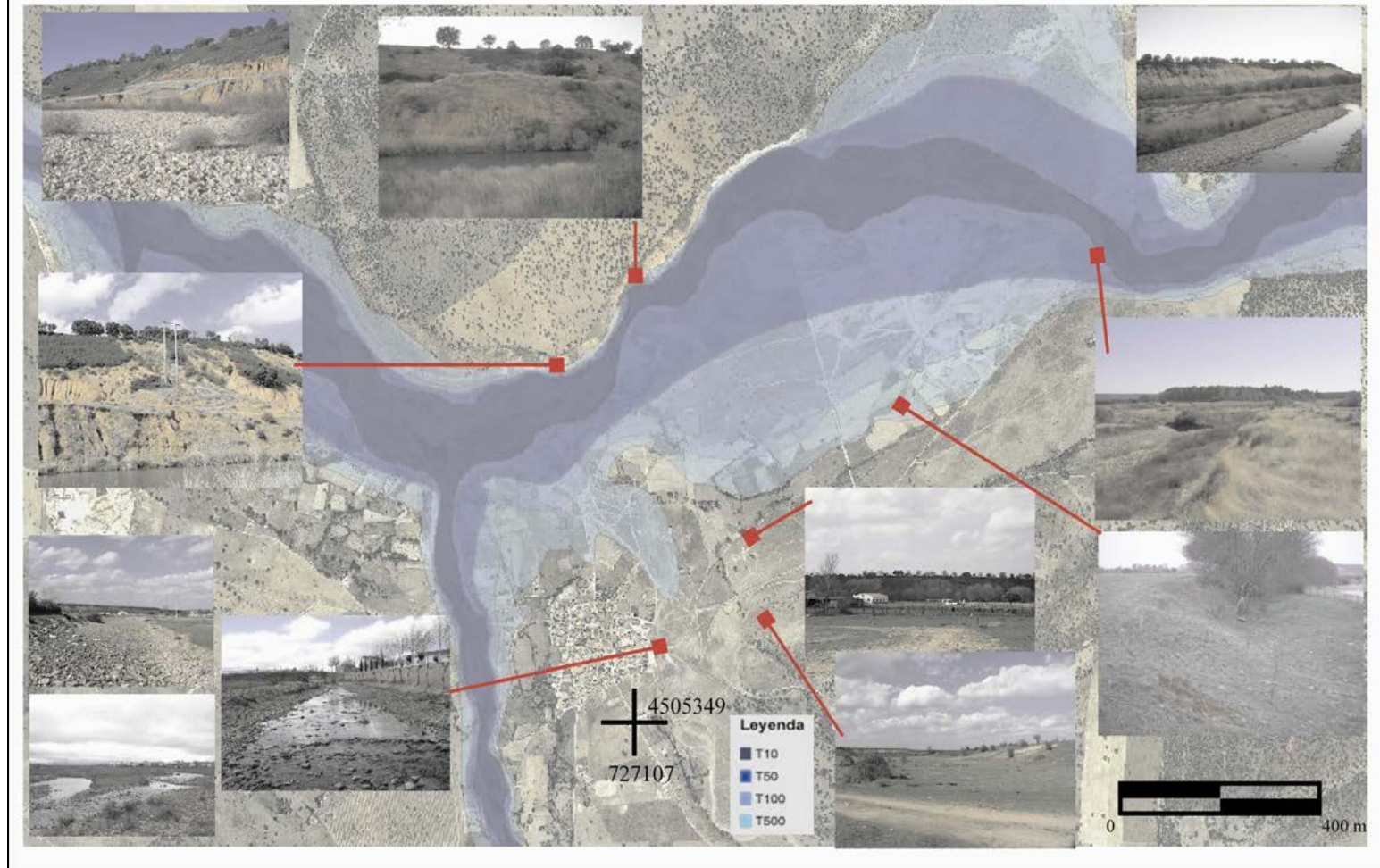


Figura III₃-74. Caracterización de los cauces y medidas estructurales del río Yeltes a su paso por la localidad de Alba de Yeltes.

Para evitar que la lamina de agua no desborde inundando la actividad extractiva situada en el margen izquierdo, se ha construido un encauzamiento tipo dique perpendicular a la corriente (Figura III₃-75 a) que protege tras de si las diferentes zonas de la gravera. Para evitar las riadas en los frentes de avance de extracción, los materiales no utilizables (gravas de gran tamaño) se acumulan y disponen en forma de dique paralelo al cauce cercano al margen izquierdo (Figura III₃-72 b), todo lo cual favorece el desplazamiento de la lámina de agua hacia el escarpe del margen derecho. Existe un arroyo cuyo trazado pasa por el margen este de la localidad de Alba de Yeltes, el cual en épocas de desbordamientos del río Yeltes, recibe aguas y junto con las del propio

cauce, hacen subir la lámina de agua, provocando inundaciones en el sector este del casco urbano. Para evitar esto, se ha construido un muro de contención en el talud del margen izquierdo del arroyo Morasvieja, el cual presenta rugosidad suficiente para frenar la velocidad de los caudales aportados, y además se han puesto portes arbóreos que estabilicen y conserven el suelo.

En la amplia llanura donde se ubican terrenos de labor, y diferentes edificaciones dispersas se pueden observar canales que funcionan periódicamente, con incisiones importantes que indican el caudal y la velocidad de la corriente hasta el punto de erosionar y derribar portes arbóreos. (Figura III₃-76 a y b.)



Figura III₃-75. -a- Izq: Muro de contención que deriva la corriente del río Yeltes hacia el margen derecho. Alba de Yeltes. -b- Dcha: Muro de contención formado por acopio de gravas, paralelo al cauce. Alba de Yeltes.



Figura III₃-76. -a- Izq: Cauce de funcionamiento periódico. Alba de Yeltes. -b- Dcha: superficie llana asociada al Río Yeltes y Arroyo Morasviejas. Alba de Yeltes.

Los diques longitudinales de grava o “motas” paralelos a la dirección del cauce, permiten asumir el aumento del nivel del caudal por encima de las condiciones naturales

del cauce, aumentando la capacidad de desagüe limitando las inundaciones al sector entre diques.

Estos diques constituyen una medida estructural de protección de cauces. Los cauces fluviales sin protección se ven sometidos a procesos erosivos, ya sea por márgenes con materiales más débiles o zonas de alta velocidad. Las obras de protección impiden esta erosión, mediante dos tipos de medidas: medidas defensivas y atacantes. Las defensivas son obras de protección entre la corriente fluvial y la zona a proteger, sin modificar la velocidad de la corriente. Son estructuras lineales realizadas con materiales capaces de resistir la velocidad de arrastre y el efecto de socavación en el punto de encuentro entre talud y lecho. La velocidad disminuye a medida que aumentamos el coeficiente de fricción. Algunas medidas de este tipo son: empalizadas de madera, gaviones o corazas, escollera, repoblación con especies arbustivas específicas, muros de hormigón, etc. Estas medidas defensivas las encontramos en la repoblación lineal en el margen izquierdo y derecho del arroyo de Morasviejas, y el dique de grava construido a lo largo del río Yeltes en el margen izquierdo, defendiendo la actividad extractiva.

En Aldehuela de Yeltes, el río Yeltes presenta periodos de retorno que no llegan a alcanzar la localidad, ya que se encuentra en una de las terrazas elevadas, aunque sí existen datos históricos de pérdidas de bienes, debido a inundaciones de terrenos de cultivos adyacentes y daños a infraestructuras (puente y carretera) que atraviesan el río. No obstante, existe un muro de contención realizado con gravas del propio canal, en el margen derecho del cauce, para evitar desbordamientos frecuentes en periodos de retorno bajos.

En cuanto a la localidad de Puebla de Yeltes, el riesgo de inundabilidad es importante, acentuado por ser la zona de confluencia del arroyo de la Media Fanega con el río Yeltes. Presenta muros de gaviones armados con mallas metálicas en paralelo al cauce del río Yeltes. Igualmente presenta reforestación arbórea como medida de corrección y regulación de suelos, paralela al cauce. Las viviendas se encuentran en zonas muy próximas a los cauces, de tal forma que el arroyo tributario atraviesa la localidad y sus frecuentes desbordamientos han hecho necesario encauzar y canalizar el cauce, para aumentar la velocidad de desagüe, y evitar el problema del ascenso del nivel del agua en el

centro de la localidad, reconstruyendo el puente existente, además de los diques laterales. La fuerza y energía del tributario se aprecia en los encajamientos existentes en la grava del fondo del cauce del río Yeltes, cauce principal. (Figura III₃-77 y Figura III₃-78).

Río Morasverdes.

El segundo afluente del río Yeltes por el margen izquierdo, aguas arriba, es el río Morasverdes, el cual confluye en la localidad de Alba de Yeltes, presentando puntos conflictivos en las localidades de Alba de Yeltes, Dios le Guarde y Morasverdes.

En Dios le Guarde, el riesgo de inundación es poco importante a nivel urbano, pero las zonas de pastos y agrícolas adyacentes al cauce principal precisan de medidas atacantes, que disminuyen la velocidad del agua en sectores a proteger potenciando procesos de sedimentación. Modifican localmente el régimen hidráulico disminuyendo la velocidad evitando procesos erosivos locales. Se encuentran en este tipo los diques transversales o espigones y diques longitudinales (para cauces anchos), los más usuales son: escolleras, gaviones, escolleras con gaviones, muros de hormigón, sacos geotextiles, gravas, etc. Se aprecia en la base del muro de hormigón el poder erosivo de la corriente, descalzando parte de los pilares del muro. (Figura III₃-79).

La distribución aguas arriba y aguas debajo de cada punto analizado en este sector se pueden observar en las cartografías generales de inundabilidad. (Figura III₃-58).

En Morasverdes, el riesgo de inundación es más acentuado debido a la ubicación de la localidad sobre un terreno con muy poca pendiente (Figura III₃-80).

ALDEHUELA DE YELTES

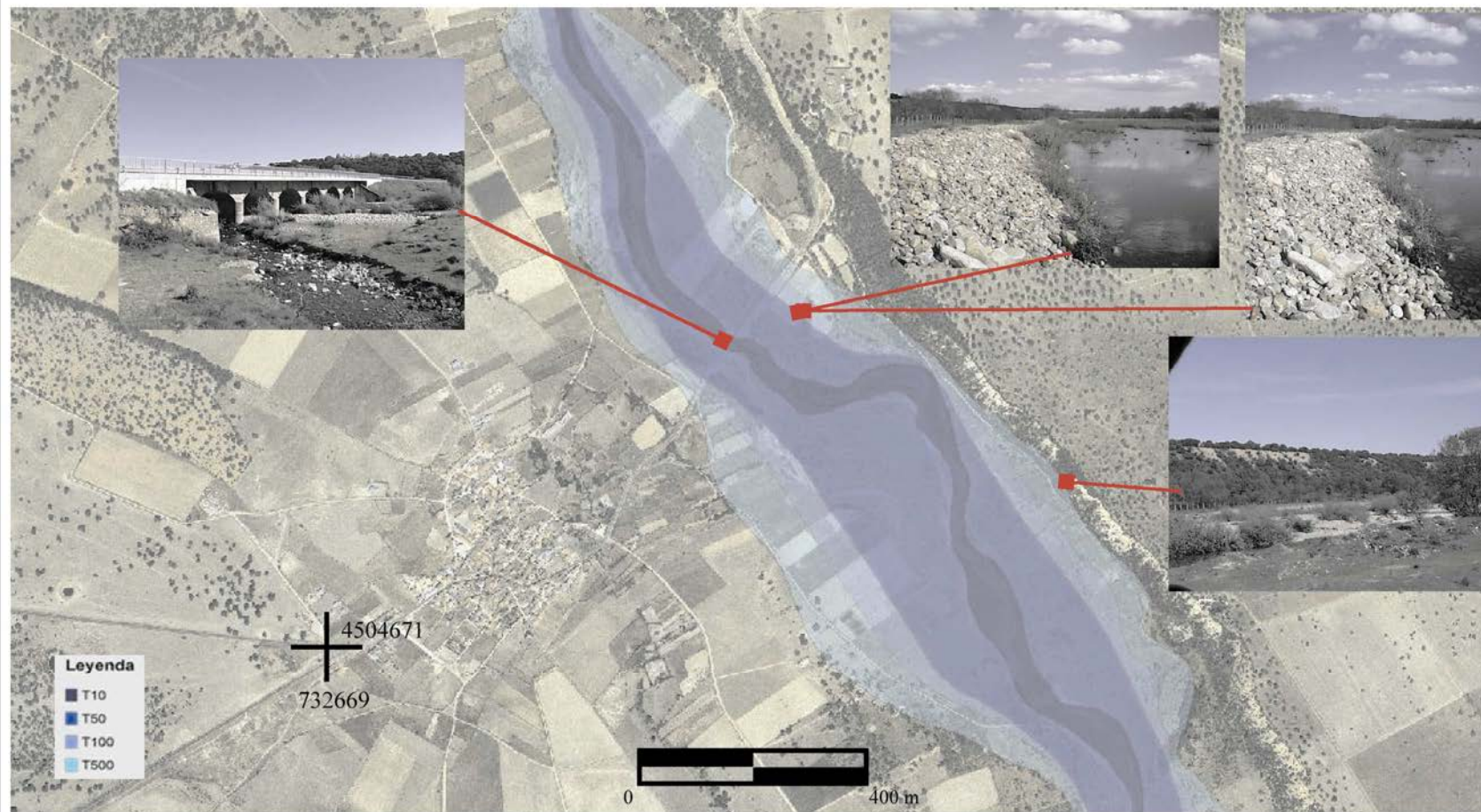


Figura III₃-77. Caracterización del cauce y medidas estructurales del río Yeltes a su paso por la localidad de Aldehuela de Yeltes.

PUEBLA DE YELTES

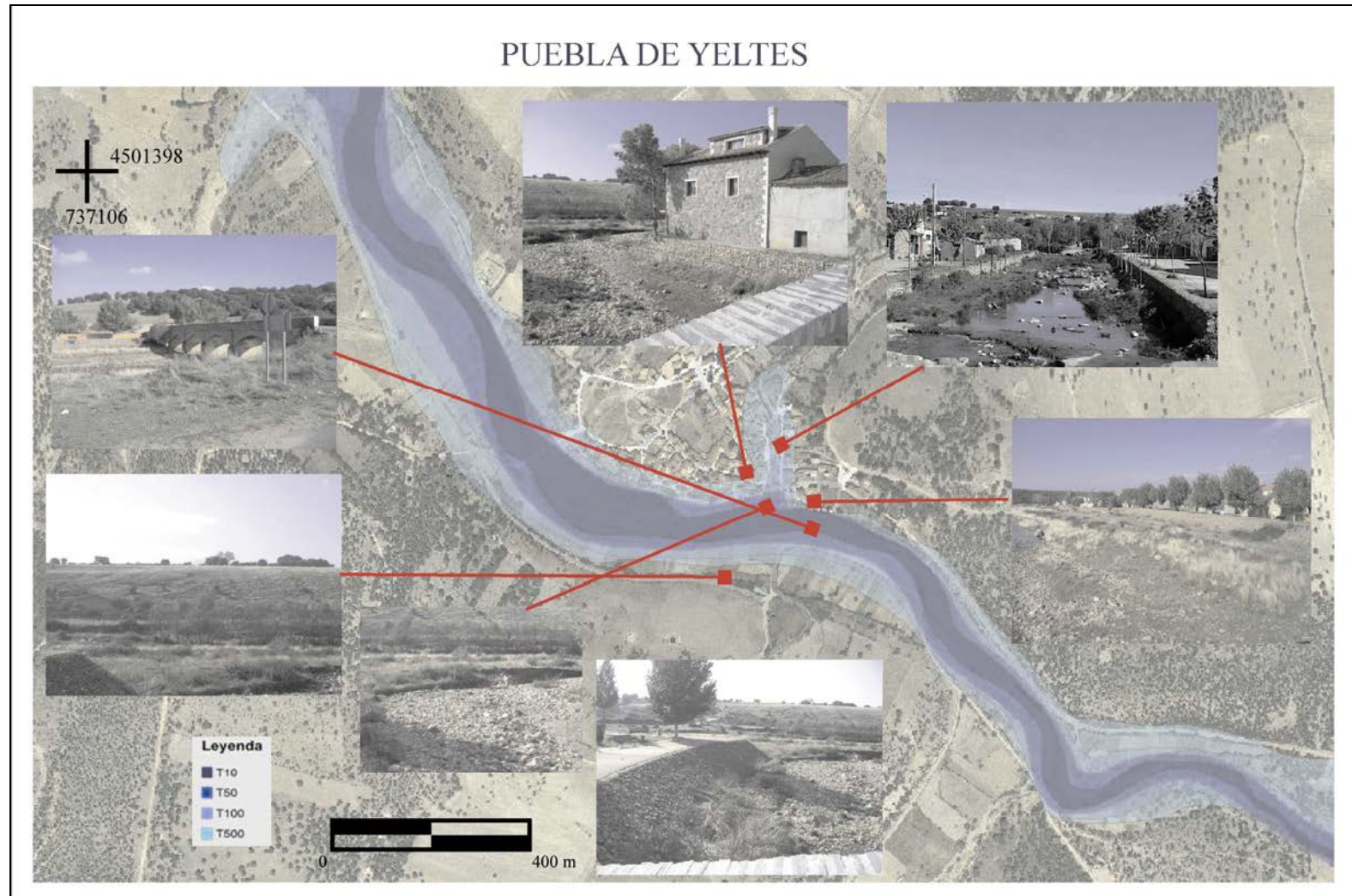


Figura III₃-78. Caracterización del cauce y medidas estructurales del río Yeltes y del Arroyo de la Media Fanega, por la localidad de Puebla de Yeltes.

DIOS LE GUARDE

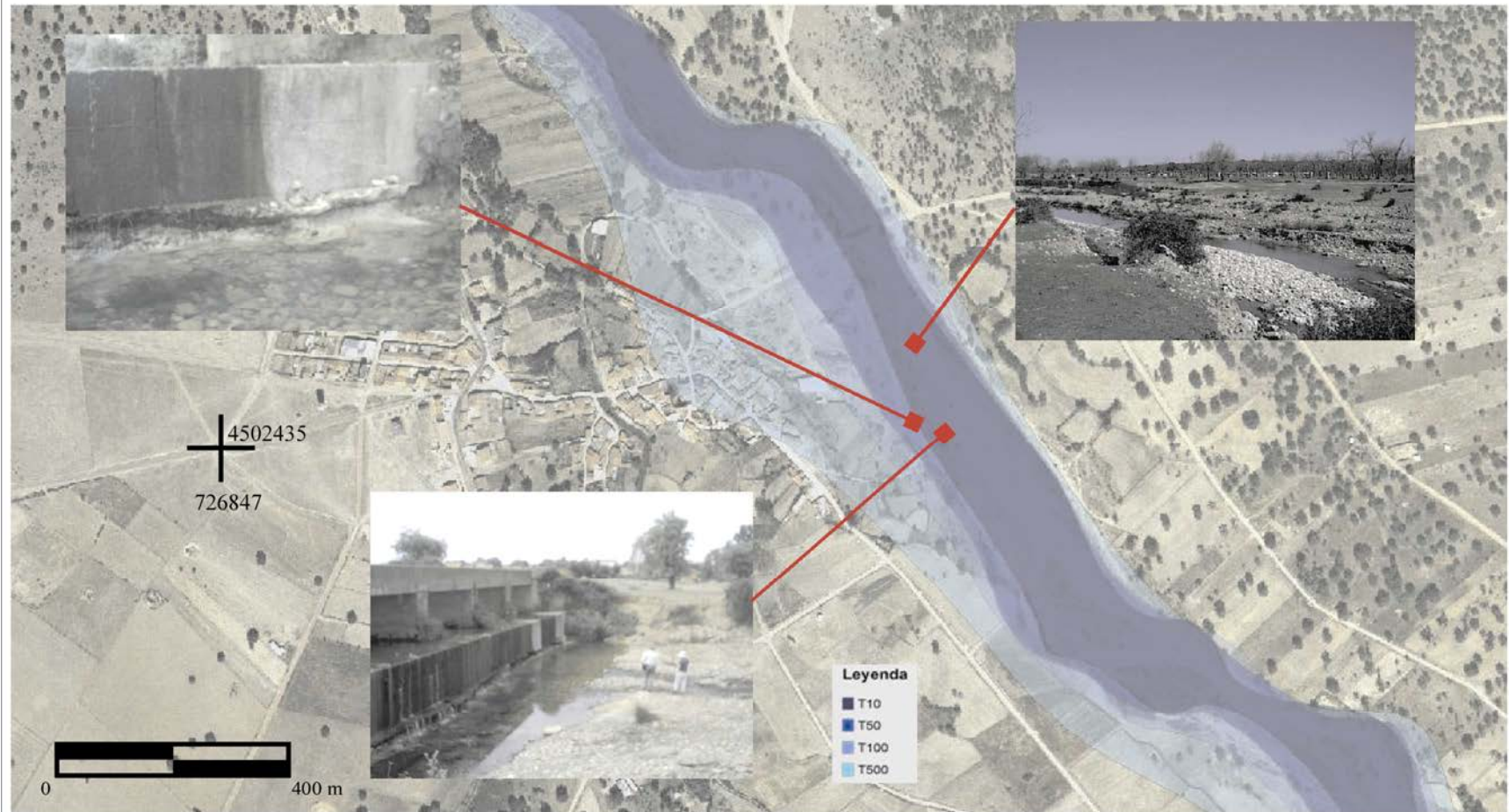


Figura III₃-79. Caracterización del cauce y medidas estructurales del río Yeltes y del Arroyo de la Media Fanega, por la localidad de Dios Le Guarde.

MORASVERDES

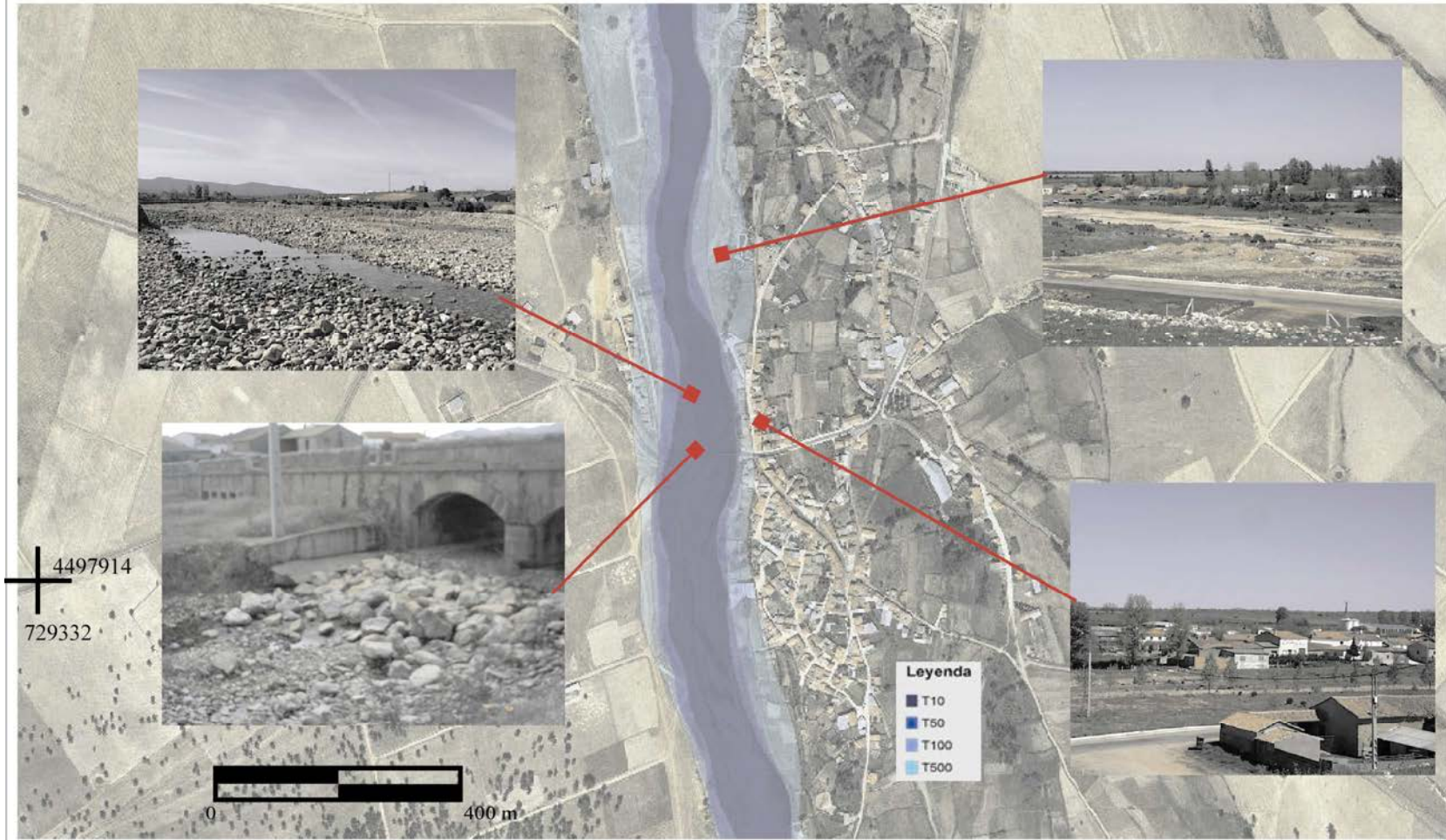


Figura III₃-80. Caracterización del río Morasverdes a su paso por la localidad del mismo nombre.

Para evitar los procesos de erosión que aquí si son importantes en los márgenes fluviales se procede a utilizar medidas de corrección de cuencas (replacación de las laderas de las sierras de Batuecas y abancalamiento), por reforestación y conservación de suelos. La identificación y propuesta de un catálogo de actuaciones destinadas a la conservación de suelos y corrección de cuencas aportantes de los arroyos tributarios al cauce susceptible de desbordarse, persigue una importante disminución de la erosión y el aumento de la intercepción de la lluvia y la capacidad de infiltración del suelo. Las medidas más utilizadas son la replacación forestal, construcción de diques de retención de sedimentos, cultivo de determinadas especies vegetales, etc.

La utilización de portes arbóreos paralelos al cauce fijan el sedimento y frenan las corrientes en dirección a edificaciones existentes a ambos lados del río, a pequeña distancia. Además la ubicación de grandes cantos en la base del puente, permiten disminuir la velocidad erosiva en los pilares del puente.

En algunos puntos del interior de la zona de estudio, pero fuera de la cuenca del Yeltes, se producen eventuales acumulaciones de agua, que en el caso de presentar infraestructuras que lo intersecten provocan inundaciones locales, máxime si las obras de drenaje se colmatan con los sólidos que arrastra la corriente. Para ello se realizan una serie de medidas estructurales como obras de drenaje (Figura III₃-81), que son estructuras, habitualmente transversales situadas donde un cauce intersecta con obras lineales (carreteras, ferrocarriles, caminos...) para el desagüe del drenaje superficial transversal, que pueden ser de pequeña envergadura presentando solera (pontones, alcantarillas...) o de gran envergadura (puentes).

En base al análisis de las medidas estructurales y no estructurales existentes, se establece que los criterios de diseño empleados en la cuenca del Yeltes son para núcleos urbanos. Las medidas estructurales serían

convenientes para periodos de retorno correspondientes a crecidas ordinarias y moderadas graves, y medidas no estructurales frente a crecidas extraordinarias, encauzamientos fluviales para períodos de retorno de 100 años aumentando a 500 o reduciéndose a 50 según su vulnerabilidad; y por ultimo, en zonas agrícolas un nivel de protección de 50 años o menos, en función del valor de los cultivos.



Figura III₃-81. Canalización para el drenaje bajo puente atravesando río Yeltes. El Maillo.

No obstante las medidas de protección deben de ser proporcionadas a las zonas expuestas y vulnerables, determinando la expansión antrópica y el nivel de protección.

En la cuenca del río Yeltes, las medidas estructurales más frecuentes son la corrección y regulación de cauces, mediante la limpieza y el dragado de los cauces, aumentando la capacidad de transporte del río en las crecidas, ya que aumenta la pendiente longitudinal y la sección del cauce, lo que provoca un incremento del caudal desaguado, siendo una medida recomendable en la cabecera de los ríos Yeltes y Gavilanes, sobre todo después de una avenida. Otra medida es la protección de cauces, que analiza la capacidad de desagüe de las obras de cruce actuales y examina las obras de protección adicional que pudieran ser precisas en base a los cálculos desarrollados en los apartados de modelización hidrometeorológica e hidráulica.

III₄ Riesgos por Movimientos del Terreno.



III_{4.1} Riesgos Gravitacionales (Movimientos de Ladera).

III_{4.1.1} Introducción.

III_{4.1.2} Objetivos.

III_{4.1.3} Tipologías de movimientos de ladera en la zona de estudio.

III_{4.1.4} Metodología general en los análisis de movimientos de ladera.

III_{4.1.5} Metodología utilizada en el ENP de Las Batuecas-S. Francia y Quilamas.

III_{4.1.6} Factores Condicionantes o pasivos. Cartografía de Susceptibilidad.

III_{4.1.7} Factores Desencadenantes o activos. Cartografía de Peligrosidad.

III_{4.1.8} Análisis y Cartografía de Riesgo por Movimientos de Ladera.

III_{4.2} Riesgos Carsticos (Hundimientos y Disoluciones).

III_{4.2.1} Introducción.

III_{4.2.2} Análisis y Cartografía del Riesgo Carstico en el Espacio Natural de Quilamas.

III_{4.2.3} Resultados.

III_{4.3} Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección.

Anexos:

Anexo III_{4.1}. Tipologías de movimientos del terreno en los E.N.P. de “Las Batuecas-S de Francia”, “Quilamas” y zonas periféricas.

Anexo III_{4.2}. Ponderación Población Anual básica (PAb).

Anexo III_{4.3}. Fichas Estaciones Geomecánicas.

Anexo III_{4.4}. Otra Bibliografía Consultada.

III.4.1 RIESGOS GRAVITACIONALES (Movimientos de Ladera)

III.4.1.1 Introducción.

Los movimientos del terreno constituyen procesos geodinámicos externos, que modifican la disposición y morfología de la superficie del terreno. La cartografía de riesgo por movimientos del terreno, constituye una medida eficaz de prevenir dicho riesgo, al señalarse sus sectores potenciales.

Los riesgos por movimientos del terreno son los más abundantes e importantes, superando a los riesgos de erosión e inundación; generando pérdidas de unos 4.810 millones de euros para el periodo 1986-2016 (González Moradas et al, 2000).

Existe una cierta concatenación espacial y temporal de las catástrofes naturales, así gran cantidad de deslizamientos suelen coincidir con eventos de inundación y fenómenos de erosión. Para mitigar los riesgos en un territorio se suelen representar dichos riesgos en mapas de riesgos, cartografías que muestran la magnitud de pérdidas económicas en un sector territorial definido. Pero, evaluar el riesgo no es fácil, ya que sin estudios de detalle presenta una cierta subjetividad, por lo que se realizan mapas de susceptibilidad, más objetivos y duraderos en el tiempo, ya que indican la probabilidad de que suceda, en un área dada, un fenómeno potencialmente dañino en un determinado intervalo temporal, en base a una serie de factores temáticos (litología, hidrología, geomorfología, relieve...), ponderados a partir del análisis de sus variables más influyentes en el proceso de movimientos del terreno (resistencia, permeabilidad, dominios geomorfológicos, pendientes...).

III.4.1.2 Objetivos.

Los objetivos que se persiguen en este apartado son:

1. Determinar y cartografiar los sectores susceptibles de deslizarse dentro y en las zonas anexas a los Espacios Naturales de Las Batuecas – Sierra de Francia y Quilamas.

2. Establecer un inventario de los movimientos del terreno existentes y las características ambientales en las que se han desarrollado, así como identificar los procesos que los originan.
3. Realizar una cartografía de Riesgos a partir de cartografías de susceptibilidad, importancia y vulnerabilidad y exposición de los movimientos de ladera en estos espacios naturales.
4. Establecer herramientas para posibilitar medidas estructurales y no estructurales en la mitigación y gestión del riesgo para la planificación de usos de estos espacios naturales.
5. Mejorar el procedimiento cartográfico de deslizamientos, en base a la definición de diferentes variables temáticas (geomorfología, edafología, litología, pendientes...).

III.4.1.3 Tipologías de movimientos de ladera en la zona de estudio.

Las laderas suelen presentar unas pendientes naturales cercanas al equilibrio, pero los cambios en las condiciones ambientales, ya sea por procesos geodinámicos externos (procesos geológicos y climáticos) o internos (sismicidad y neotectónicos) pueden provocar reajustes del terreno, generando una serie de movimientos con tendencia de nuevo a la estabilidad, dando lugar a los diferentes tipos de movimientos de ladera. Estas inestabilidades del terreno, que con frecuencia se definen de forma genérica como “deslizamientos”, se corresponden con diferentes procesos, presentándose en la zona de estudio, las siguientes tipologías en base a la clasificación de Pedraza, (Pedraza, 1996): en primer lugar, caídas referenciales o desprendimientos, por un lado, con las variedades de desplomes con vuelco y vuelcos; y por otro lado caídas de transición al deslizamiento, con desplomes en cuña. En segundo lugar se presentan deslizamientos referenciales de tipo planar (o traslacional) y circular (o rotacional). Dentro de éstos últimos tenemos deslizamientos circulares sencillos y múltiples.

En tercer lugar encontramos los flujos de materiales granulares, para finalmente encontrar procesos de reptación o “creeping”, por procesos de hielo-deshielo (geliflujión) y de escorrentías (soliflujión). Una mayor profundización de la clasificación utilizada, así como un registro gráfico de los movimientos encontrados en nuestro sector de estudio se puede encontrar en el Anexo III_{4.1}.

III.4.1.4 Metodología general en los análisis de movimientos de ladera.

El análisis cartográfico para obtener los riesgos por movimientos de laderas en un territorio, se puede realizar a partir de tres metodologías:

1. Métodos Directos, No Deterministas, o de Caja Negra (Black Box Models): basados en parámetros empíricos, que tienen en cuenta el principio del actualismo. Realizan análisis de ocurrencia de movimientos de ladera a partir de cartografías geológicas y geomorfológicas, con un tratamiento estadístico posterior de los parámetros que intervienen en dichos movimientos. La representación cartográfica muestra un inventario de movimientos existentes o sectores susceptibles de deslizar en base a criterios principalmente geomorfológicos, a partir del análisis de áreas afectadas en el pasado o actualmente, las cuales presentan una mayor probabilidad de inestabilidad en el futuro.

Estos métodos que ayudados de técnicas SIG, tienen un gran potencial de análisis y modelado, realizando cartografías de susceptibilidad, rápidas y económicas. Los modelos principales (ITGE, 1999) son:

1.1. Modelos de Distribución de movimientos de ladera. Se inventarían los movimientos de ladera a partir de registros históricos, datos de campo y/o fotointerpretación, obteniendo una cartografía de distribución espacial de los diferentes tipos de movimientos (Mapa Inventario).

1.2. Modelos de Actividad. Combinan el mapa de distribución de movimientos de ladera con la interpretación y análisis de dichos movimientos secuenciados en el tiempo (Mapa de Actividad), a partir de la fotointerpretación multitemporal, estudiando los efectos de los cambios de uso del

suelo, influencia de actividades antrópicas, etc.

1.3. Modelos de densidad de movimientos. Se procede al análisis de la distribución de los movimientos de ladera existentes para cada unidad territorial homogénea (Mapa de Densidad). Una variante de este método es el análisis de la influencia de un determinado factor o grupo de factores, en la producción de movimientos, reclasificando los distintos tipos de movimientos y determinando el número de deslizamientos de cada tipo para cada sector, trazando líneas con el mismo valor de densidad de movimientos (Mapa de Isopleas).

1.4. Modelo Geomorfológico. A partir de la distribución de movimientos de ladera y el contexto geomorfológico de cada uno, analizando la posibilidad de movimiento en base a criterios morfodinámicos.

2. Métodos Indirectos o de Caja Blanca (White Box Models), según (Irigaray & Chacón, 1996; Irigaray et al, 2004, ITGE, 1999):

2.1. Métodos Deterministas: se fundamentan en leyes físicas y mecánicas de conservación de masa, energía y equilibrio de fuerzas. Predicen espacialmente los movimientos de ladera, pero tienen el inconveniente de la necesidad de gran cantidad de datos, por lo que se programan campañas de campo, y ensayos/ analíticas que encarecen la metodología. Suelen relacionar cartografías de los diferentes factores condicionantes del movimiento de ladera, con cartografías de peligrosidad con un estudio detallado de elementos desencadenantes del movimiento. Se utilizan mucho en el campo de la ingeniería, a escalas 1/5000 o de mayor detalle, donde las condiciones geológicas y geomorfológicas son más homogéneas, determinando la estabilidad de taludes y laderas. Un ejemplo lo constituyen las cartografías basadas en los índices obtenidos de clasificaciones geomecánicas: índice RMR de Bieniawski; índice Q de Barton, etc. (Barton et al, 1974; González de Vallejo, 2002).

2.2. Métodos Heurísticos: Este método establece la cartografía de clases de peligrosidad, en base a criterios de experto, es decir, asignando pesos a cada sector analizado, presentando una subjetividad inherente, pudiendo aplicarse a escalas entre 1/5000 y 1/100.000. Un ejemplo es el Modelo de Análisis cualitativo, determinando cuales son los parámetros que influyen más en la generación de movimientos de ladera, y designando un peso para las diferentes clases de cada factor.

2.3. Métodos Estadísticos o probabilísticos: Establecen una serie de relaciones estadísticas entre una serie de factores (litología, pendientes, geomorfología, edafología...) que condicionan el desarrollo de áreas deslizadas. Las escalas de trabajo más usuales con estos métodos son entre 1/10.000 y 1/5000. Mediante las llamadas "Funciones de Favorabilidad" (Bonachea, 2006), que elaboran modelos predictivos o probabilísticos a partir de datos espaciales (modelos empíricos), en base a una serie de variables condicionantes, indicando la probabilidad de que un deslizamiento ocurra en cada píxel o punto del territorio. Destacan:

2.3.1. Modelos estadísticos bivaríante. Consiste en cruzar los diferentes mapas de factores condicionantes del movimiento (mapas de unidades homogéneas) y el mapa de densidad de movimientos. Existen 4 tipos de variantes (ITGE, 1999):

* Método de la matriz (Irigaray et al, 2004): establece un índice de inestabilidad basado en los datos de una matriz resultante de susceptibilidad. Esta matriz se obtiene de dividir una primera matriz de la zona, donde se combinan los factores considerados en el movimiento de ladera (litología, pendientes...), con una segunda matriz generada a partir del inventario de movimientos existentes, determinando el área afectada por cada movimiento existente caracterizado por la combinación de determinados factores.

* Método del valor de información, que es una técnica estadística, donde la zona de estudio se divide en unidades de terreno, y se crea una base de datos de factores que influyen en cada unidad de terreno, indicando la presencia (valor 1) o no presencia (valor 0) de movimientos en cada unidad. En base a esta distribución se conoce la importancia relativa de cada factor a partir del valor de información de cada variable, que es el logaritmo del índice de frecuencia normalizado (densidad de movimientos en cada variable con respecto a la densidad total).

*Método de indexación: se basa en el mismo índice de frecuencia normalizado pero, reclasificando la importancia de cada clase de un mismo factor y relacionando los factores con los movimientos inventariados, calculando la media ponderada de la distribución de cada clase según la importancia de cada factor, y agrupando los resultados en cinco niveles relativos muy alta, alta moderada, baja y muy baja).

*Método de la ponderación de evidencias: se consideran igualmente distribución de movimientos y cartografía de factores, los cuales se transforman a mapas binarios, asignándoles pesos y por la ley de la probabilidad condicionada (Ley de Bayes), obtenemos un mapa de probabilidad de ocurrencia de movimientos de ladera para cada celda.

2.3.2. Modelos estadísticos Multi-variantes. Se basan en análisis estadísticos de datos puntuales de factores determinantes del movimiento de laderas o bien de la influencia de estos datos, en cada unidad del terreno estudiado. Suelen desarrollarse mediante análisis discriminantes o regresión múltiple, por lo que requieren el uso de programas estadísticos externos.

3. Métodos Conceptuales o de Caja Gris (Grey Box Models): estudian los procesos físicos generadores de la inestabilidad, modelizando el movimiento en base a parámetros de dichos procesos. Es una combinación de los dos anteriores.

III.4.1.5 Metodología utilizada en el ENP de Las Batuecas-S. Francia y Quilamas.

La cartografía de riesgos constituye una medida de prevención muy eficaz, ya que constituye una herramienta básica en la correcta valoración de la posible incidencia de los procesos naturales en el territorio. Dicha cartografía reduce la vulnerabilidad del riesgo, ya sea evitando la ubicación de las actividades humanas en zonas de cierto riesgo, en fase de planeamiento, o bien adoptando medidas de protección de los elementos expuestos al riesgo, cuando no hay alternativa de cambio de emplazamiento.

Las diferentes tipologías de movimientos de ladera, están controladas por una serie de factores que influyen en el equilibrio-desequilibrio del terreno, provocando situaciones de estabilidad o inestabilidad de una ladera. Estos factores pueden intrínsecos, es decir, función de la propia naturaleza, estructura y morfología del terreno, constituyendo los factores pasivos o condicionantes; o bien extrínsecos, parámetros externos a la naturaleza del terreno pero que desencadenan las inestabilidades determinando la magnitud y velocidad de los movimientos, son los factores desencadenantes o activos. Ambos factores influyen en el comportamiento geomecánico de los diferentes materiales, reduciendo (meteorización, fracturas, hidratación...) o aumentando la resistencia al corte (sismicidad, erosión, sobrecargas, crioclasticidad...).

Las cartografías que ayudan a predecir posibles afecciones a actividades humanas o bienes materiales y naturales, se subdividen en varios tipos: cartografía de susceptibilidad, cartografías de peligrosidad y cartografías de riesgo (Delgado et al, 2006). La realización de cada una de ellas, en la predicción de riesgos por movimientos de ladera, depende de la información existente. La cartografía de susceptibilidad establece una zonificación territorial en base a la posibilidad de que se pueden producir movimientos de ladera, en base a factores condicionantes o pasivos, estableciendo áreas o zonas "donde" propensas a desarrollarse. En cambio la cartografía de peligrosidad, analiza una

serie de factores activos o desencadenantes, que permiten conocer la probabilidad de excedencia y la severidad para un periodo de tiempo dado, mostrando además de "donde", "cuando" se pueden producir. Finalmente la cartografía de riesgo teniendo en cuenta las cartografías precedentes, valoran la vulnerabilidad existente en los diferentes elementos expuestos, así como el coste económico que supone la materialización del riesgo.

De las tres cartografías analizadas, la de susceptibilidad, es la que clásicamente más se ha desarrollado, dado la dificultad de cálculo y/o económica, tanto de la probabilidad como de la severidad, así como de la estimación de daños de los elementos expuestos

El análisis del riesgo de movimientos de ladera, se realiza a partir de métodos no deterministas; en base a una cartografía inventario y a una cartografía temática donde se identifican los factores determinantes para cada tipo de movimiento y su distribución. A partir de esta cartografía de parámetros pasivos o condicionantes, se confeccionan los mapas de susceptibilidad, que se suman a los mapas de peligrosidad basados en el estudio de factores desencadenantes o activos, utilizando métodos deterministas. Cada una de las cartografías obtenidas se validan mediante la observación directa de eventos sufridos en áreas deslizadas, y documentación de diferentes organismos sobre medidas estructurales de zonas donde históricamente se han producido movimientos de ladera. Posteriormente identificamos los elementos del territorio expuestos a estos fenómenos y estimamos su exposición y vulnerabilidad, obteniendo finalmente la cartografía de riesgos por movimientos de ladera. Para determinar el riesgo por movimientos de ladera, se deben de realizar una cartografía que delimite las diferentes unidades territoriales con su grado de peligro o riesgo potencial. Pero el proceso para elaborar la cartografía de riesgo, pasa por una serie de etapas sucesivas, cada una de las cuales, da lugar a cartografías previas necesarias para el mapa definitivo de riesgos. (Figura III.4.1-1), siguiendo el esquema metodológico expuesto (Figura III.4.1-2).

En primer lugar se elabora un Mapa Inventario (Figura III_{4.1-3}), que registra la localización y distribución espacial de los procesos y/o sectores afectados (históricos y actuales) así como las características de dichos procesos (tipo, magnitud, velocidad, intensidad...). Este análisis de susceptibilidad a movimientos de ladera teniendo en cuenta la distribución areal de los movimientos existentes ha sido utilizada en numerosos trabajos (Irigaray & Chacon, 1996). (Figura III_{4.1-1A}).

Para su elaboración se realiza una recopilación previa de información: cartografías de diferentes organismos, análisis de la fotografía aérea -fotointerpretación-, interpretación de ortofotografías a escala 1/10.000. Además ha realizado un intenso trabajo de campo para observar los procesos inventariados.

Posteriormente, se analiza la susceptibilidad o posibilidad de que cada zona quede afectada por un proceso determinado, mostrando la "probabilidad espacial" o ¿donde?; dando lugar al Mapa de Susceptibilidad. Este mapa de

susceptibilidad puede elaborarse de dos formas:

* La primera en base al estudio de los movimientos de ladera registrados, de forma que estas áreas que presentan o han presentado movimientos del terreno, pueden manifestar movimientos recurrentes; constituyendo un buen punto de partida para la detección y evaluación de zonas potenciales de deslizamiento.

* La segunda a partir de sus factores condicionantes, que controlan la ocurrencia de estos procesos, los cuales pueden ser intrínsecos, es decir, dependientes de los propios materiales geológicos o bien externos (condiciones ambientales). Cada factor condicionante se ha representado mediante mapas temáticos, y a partir de un Análisis Espacial Relacional (AER), observamos la distribución espacial de las diferentes tipologías de movimientos de ladera, reclasificando cualitativamente mediante técnicas SIG, en función de la superposición de los diferentes factores condicionantes. (Figura III_{4.1-1B}).

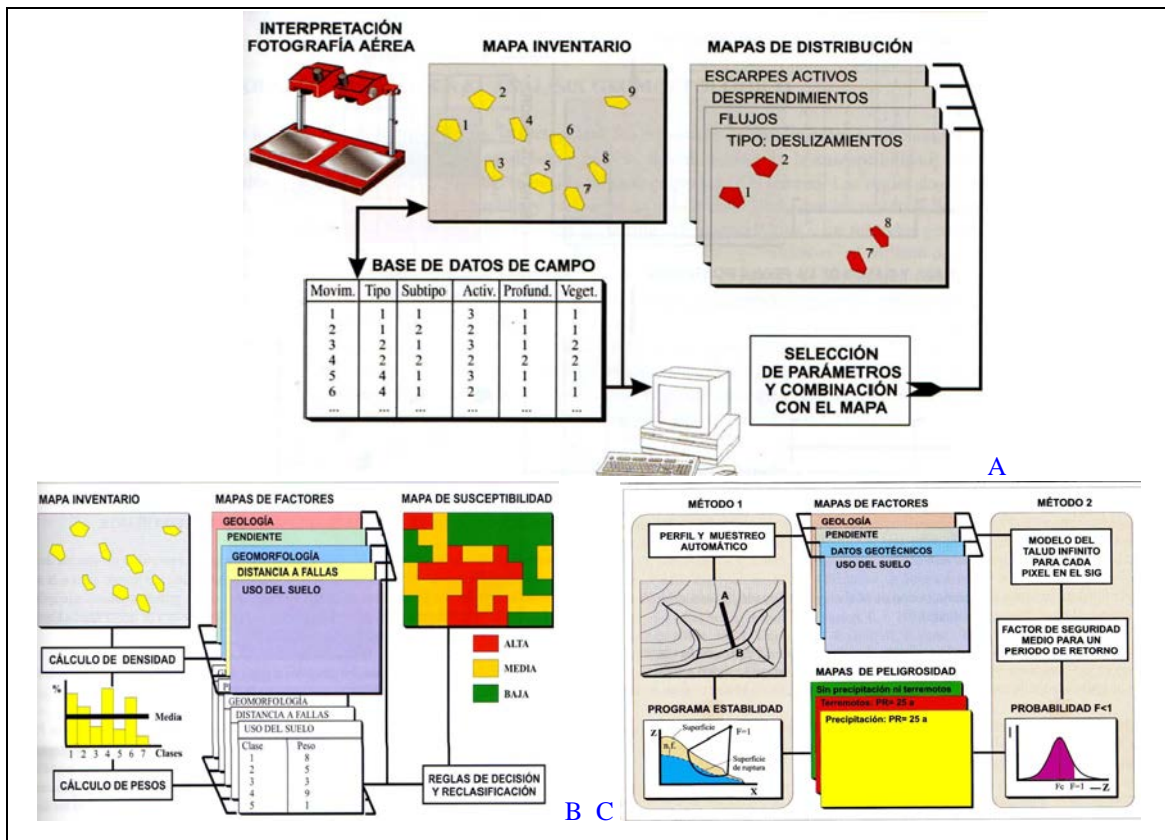


Figura III_{4.1-1}. Izq.: Esquemas procedimentales para elaborar cartografías de riesgo por movimientos de ladera (Irigaray & Chacón; en ITGE, 1999).

Una vez que hemos determinado la susceptibilidad del terreno, mediante métodos no deterministas; analizamos la peligrosidad existente en la zona de estudio, a partir de los factores desencadenantes o activos (volumen de precipitaciones, calidad geomecánica...), mediante métodos deterministas, que sumados al Mapa de Susceptibilidad se obtiene el Mapa de Peligrosidad, el cual analiza la “probabilidad de ocurrencia” o el factor temporal, aproximándonos al cuándo se pueden producir los deslizamientos (Figura III.4.1-1C).

Finalmente, procedemos a determinar la presencia en cada sector de elementos expuestos (perdidas humanas y económicas): poblaciones, edificaciones, infraestructuras, actividades agrícolas y ganaderas... (Cartografía de Exposición -exposure-), así como el grado de daño potencial: 0-1 (Cartografía de Vulnerabilidad). Estos dos factores están directamente relacionados, obteniendo con su producto el llamado Riesgo Específico (Bonachea, 2006; UNDR0, 1987). A partir de esta información se obtiene el mapa de Riesgos por Movimientos de Ladera. (Figura III.4.1-2).

III.4.1.6 Factores Condicionantes o pasivos. Cartografía de Susceptibilidad.

Los factores condicionantes están determinados por las propiedades físicas y resistencia de los materiales presentes en cada sector (litología) y las características morfológicas y geométricas del terreno; así como por la estructura tipo de vegetación y parámetros hidrogeológicos.

La cartografía de susceptibilidad se ha empezado a desarrollar en los años 60, para la ordenación territorial o para conocer la viabilidad de proyectos de ingeniería civil, cobrando un gran desarrollo por la gran aproximación al análisis de peligrosidad del riesgo, pero sin el enorme gasto económico que ello conlleva.

Los Mapas de Susceptibilidad son cartografías de mitigación del riesgo, que definen espacialmente la peligrosidad (¿dónde?) y la dimensión temporal (¿cuándo? o ¿en que condiciones?), basándose en la probabilidad pero sin desarrollarla, puesto que sino serían Mapas de Peligrosidad.

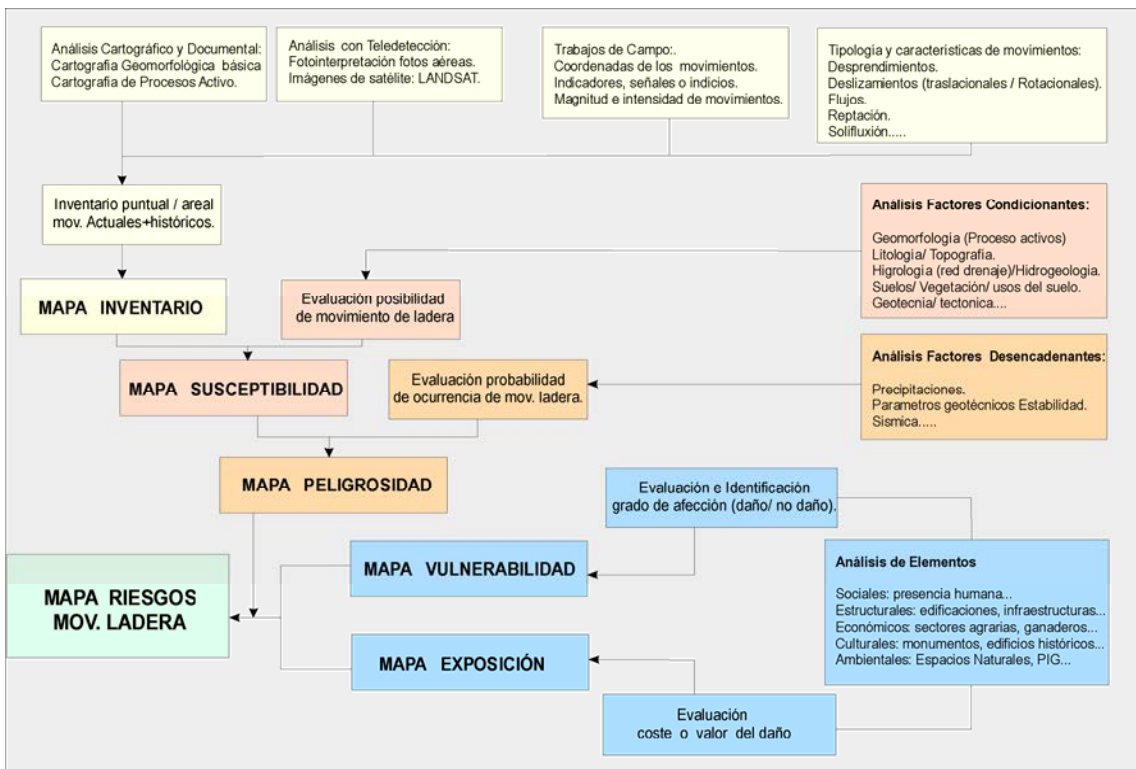


Figura III.4.1-2. Esquema metodológico para la elaboración del mapa de riesgos por movimientos de ladera.

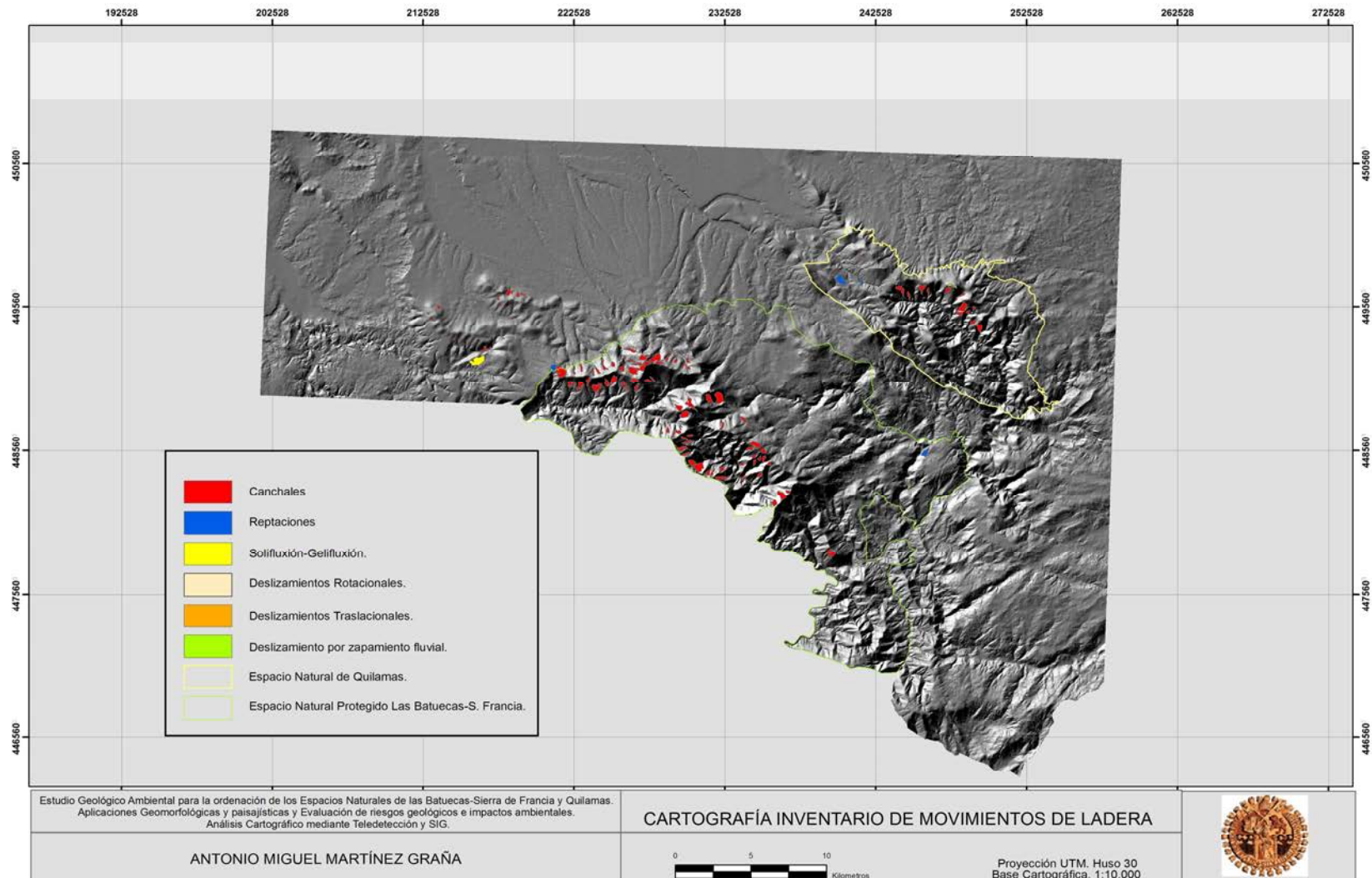


Figura III_{4,1}-3. Cartografía Inventario de Movimientos de Ladera en el sector de estudio.

Estos mapas de susceptibilidad representan la posibilidad de movimiento y su tipología; realizándose en este estudio a una escala 1/50.000, apropiada en el desarrollo de proyectos técnicos en fase de anteproyecto, siendo una escala media útil en fase de reconocimiento de infraestructuras, proyectos de desarrollo agrícola, estudios de impacto ambiental o para la planificación y/o ordenación territorial de Espacios Naturales Protegidos (E.N.P.). Posteriormente a partir de datos de campo, se realizaría en fase de proyecto a un mayor detalle (1/5000, 1/2500), obteniendo el mapa de Peligrosidad (métodos deterministas), desarrollado en el siguiente apartado.

En esta cartografía de riesgos por movimientos del terreno, el uso de técnicas

SIG, mejora la calidad del análisis espacial, al emplearse técnicas de análisis multivariante para identificar los factores del terreno que influyen en la aparición de los movimientos del terreno.

Los mapas temáticos básicos que se han tenido en cuenta como factores condicionantes son: el mapa de pendientes obtenido a partir del MDT elaborado en base a la cartografía topográfica, el mapa litológico, el mapa de dominios geomorfológicos elaborado a partir del mapa geomorfológico, mapa hidrogeológico, mapa de orientaciones, mapa de curvatura y mapa de vegetación. Cada una de estas cartografías se reclasifican atendiendo a criterios de comportamiento frente a potenciales movimientos de ladera. (Figura III_{4,1}-4).

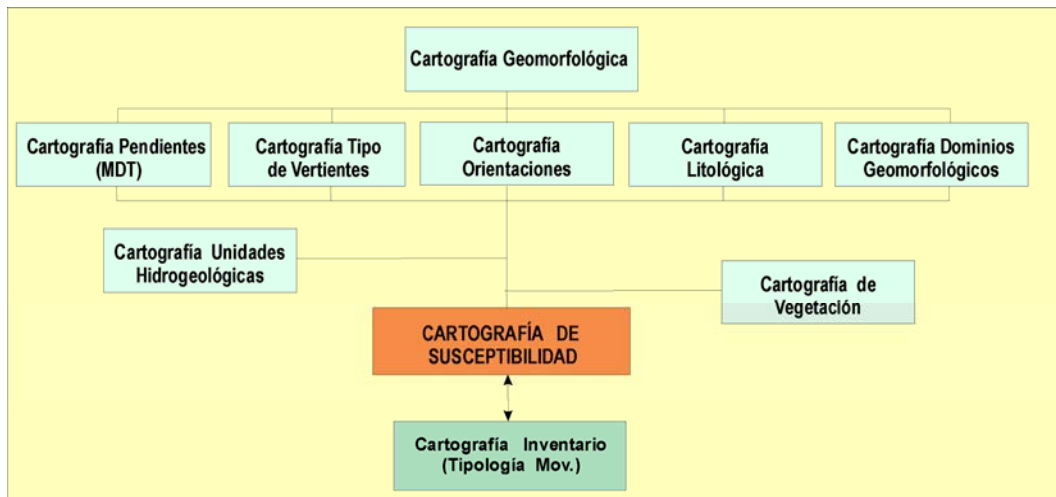


Figura III_{4,1}-4. Esquema procedimental utilizado en la Cartografía de Susceptibilidad.

No hay unanimidad a la hora de utilizar los diferentes factores, tanto en número como en tipo, por lo que en este trabajo se han utilizado los siguientes factores condicionantes, con sus variables, con la finalidad de representar el Mapa de Susceptibilidad al movimiento del terreno. (Cuadro III_{4,1}-1). El cruce de todos estos factores pasivos, suele dar lugar a numerosas clases de susceptibilidad, lo cual puede complicar la interpretación (siempre que no haya una traducción directa probabilística, pudiendo utilizarse en análisis de riesgos), por ello lo normal es establecer 5 clases de susceptibilidad: Muy Baja, Baja, Media, Alta y Muy Alta. (Cuadro III_{4,1}-2). Las características de los diferentes factores no se relacionan lateralmente (filas), pero si verticalmente (columnas).

Factor	Variable
Geológico	Tipo Litológico
Geomorfológico	Tipo Dominio (Unidades de Relieve)
Morfométrico	Pendientes. Orientaciones. Tipo Vertiente
Hidrogeológico	Grado Permeabilidad
Botánico	Tipo de Vegetación

Cuadro III_{4,1}--1. Relación Factor-Variable utilizadas en la elaboración de la Cartografía de Susceptibilidad.

A continuación pasamos a describir los factores condicionantes que tendremos en cuenta en nuestro estudio:

	Pendientes	Tipo de Vertientes	Orientaciones	Dominios Geomorfológicos	Litología	Hidrogeología	Vegetación
Muy Alta (Valor 5)	> 35°	Conveza	Sur	Escarpes fluvial y tectónico, Incisiones fluviales	Cuarcitas y Cuarcita Armoricana	Unidad Cuaternaria	Sin Vegetación
Alta (Valor 4)	20°-35°	Rectilínea	Oeste	Laderas erosivas y coluvionadas	Pizarras Negras y microbandeadas + pizarras, esquistos, grauvacas y areniscas	Unidad Detritica	Herbáceas.
Media (Valor 3)	15°-20°	Plano-Conveza	-	Cumbres y Cuerdas, Colinas y lomas.	Calizas	Unidad Carbonatada.	Subarbusativa
Baja (Valor 2)	5°-15°	Cóncava	Este	Raña, Piedemonte, Sup, erosivas, Pedimento y Pedimento degradado.	Granitos	Unidad Cuarcítica y Metasedimentaria.	Arbustiva
Muy Baja (Valor 1)	0- 5°	Plana	Norte	Aluviales y Fondos de Valle, Terrazas altas-medias y bajas, Sup, de colmatación	Conglomerados, arenas y fangos arcósicos + gravas y arenas de fondos de valle.	Unidad Granítica	Portes Arbóreos

Cuadro III_{4,1}-2. Distribución de la ponderación de la susceptibilidad de los diferentes factores pasivos.

Susceptibilidad de pendientes. El relieve va a ser determinante en la aparición de inestabilidad en una ladera, pues el grado de pendiente de cada sector va a determinar la existencia o no de movimientos de ladera, e incluso del tipo de movimiento, así por ejemplo los flujos de tierra, se pueden dar en pendientes bajas, lo que no ocurriría con las avalanchas de derrubios, que necesitan pendientes muy elevadas, como son paredes muy abruptas.

En terrenos con elevada pendiente, terrenos escarpados, los deslizamientos se producen en diferentes litologías, a causa del despegue a lo largo del contacto entre la roca y los canchales; y/o zonas de alteración (granitos, pizarras, etc.), debido a que este material meteorizado no es estable a esa pendiente, provocando que algún factor desencadenante (altas precipitaciones, o corte al pie del talud) active el despegue de la masa suprayacente.

En terrenos de pendientes medias y bajas, se producen áreas de concentración de drenaje, lo que influye en la mayor o menor infiltración, pudiendo esta presión hidrostática sobre todo a nivel superficial arrancar materiales o rocas, en función de las condiciones de la roca (porosidad y/o fracturación) de la litología y de la vegetación (aprovechando áreas de debilidad -diaclasas, foliación, fracturas...- debilita los bloques y reduce la resistencia al deslizamiento).

El mapa de pendientes se realiza a partir del mapa topográfico, el cual, en si mismo, ya constituye una fuente de información excelente para detectar e identificar deslizamientos (curvas de nivel poco espaciadas -escarpes-, curvas onduladas -lóbulos de deslizamiento-, curvas en montículos- pie deslizado-, etc). Estos fenómenos se aprecian igualmente en la cartografía de pendientes.

El análisis de las pendientes de nuestra zona de estudio, se ha realizado a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT), a una escala 1/10.000, clasificando las pendientes de los diferentes sectores, en función de los valores medios de las formaciones superficiales susceptibles de deslizar, obteniendo los siguientes intervalos de susceptibilidad (Figura III_{4.1}-5):

Muy Alta (> 35°): Escarpes y zonas subescarpadas. Vertientes convexas.

Alta (20°-35°): Vertientes rectilíneas (regularizadas) y Taludes rocosos.

Medias (15°-20°): Canchales y Conos de derrubios.

Baja (5°-15°): Piedemontes, Coluviones, Conos de deyección.

Muy Baja (0°-5°): Terrazas, Abanicos Aluviales y Glacis.

La cartografía resultante muestra una Muy Alta susceptibilidad en los sectores de mayor altura (Sierra de Francia y Quilamas con colores rojizos), mientras que la susceptibilidad Alta (colores naranjas) constituye una orla casi continua alrededor de los sectores de susceptibilidad muy alta, o bien en sierras no tan abruptas ni escarpadas (Sierra Torralba-Peronilla, Sierras del Carazo - Valdefuentes).

La susceptibilidad Media, se distribuye en gran parte de la zona de estudio, constituyendo las diferentes inflexiones de ladera generadas y los encajamientos fluviales (río Yeltes, etc.) y vaguadas (sector de Linares de Riofrío, Escorial de la Sierra, etc.).

Por último los sectores de susceptibilidad Baja y Muy Baja constituyen las superficies ligeramente inclinadas (glacis y piedemontes -Tenebrón, Dios le Guarde, Puebla de Yeltes...-) y las superficies llanas (fondos de valle fluvial -Morasverdes, Tenebrilla, Gavilanes-, terrazas -Aldehuela de Yeltes-).

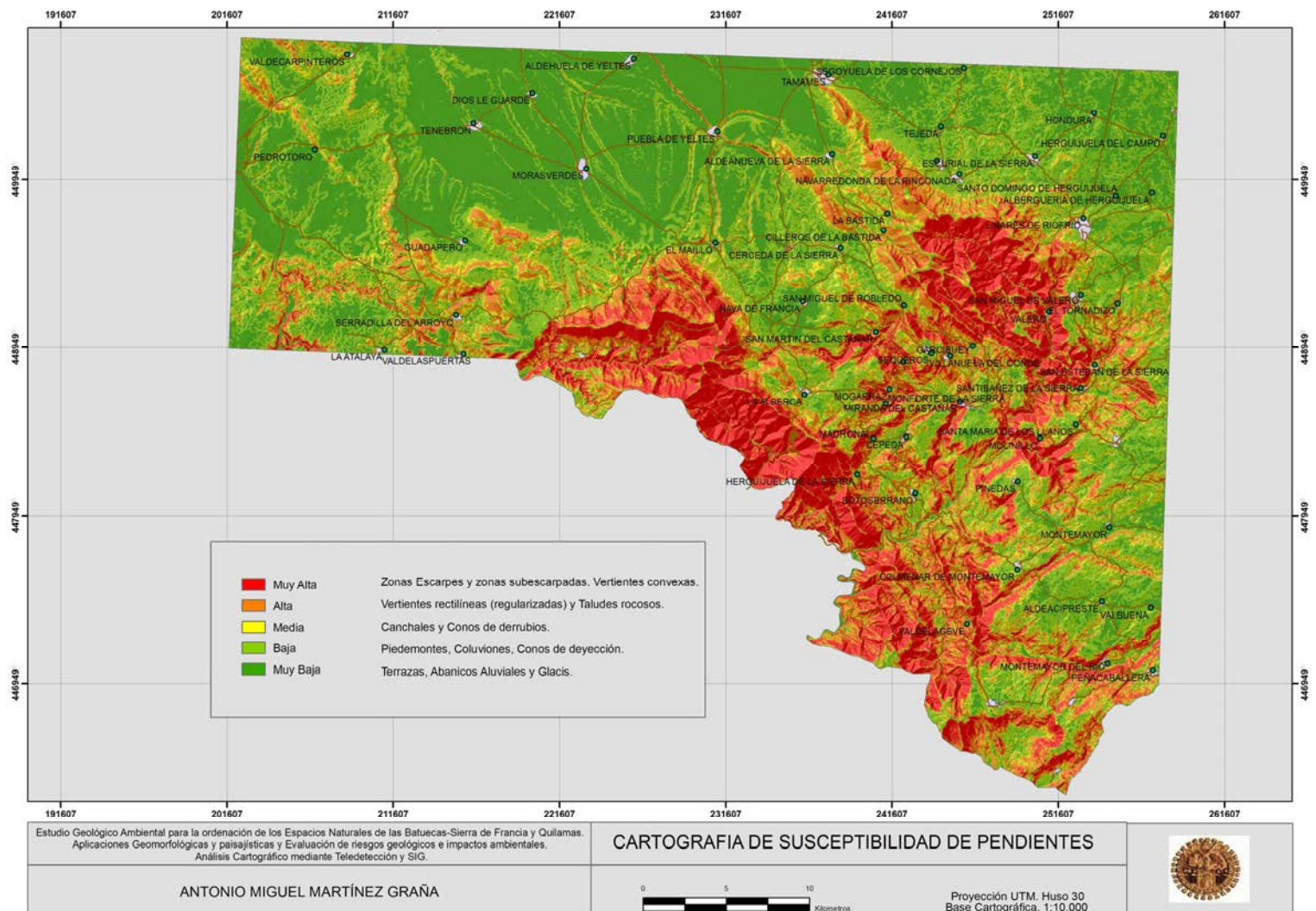


Figura III_{4,1}-5. Cartografía de Susceptibilidad de Pendientes

Susceptibilidad de Dominios Geomorfológicos. En base a las características geomorfológicas se han elaborado una serie de unidades favorables a los movimientos de laderas y al desarrollo de procesos activos, que nos muestran una zonificación de la susceptibilidad al movimiento dándonos de forma aproximada una probabilidad de ocurrencia en un espacio determinado, configurando el Mapa de Susceptibilidad a partir de Dominios Geomorfológicos, ya que el análisis geomorfológico es una etapa indispensable en el

análisis de deslizamientos por diversos procesos (Copons et al, 2004).

En cada dominio predominan diferentes procesos geomorfológicos activos, ligados a procesos fluviales (incisión lineal -Figura III_{4.1-6}-, arroyada concentrada...), procesos erosivos, neotectónica, etc; por ello se han analizado en la cartografía previa de dominios geomorfológicos, los tipos de formas (erosivas-depósito) y su morfogénesis (estructural, fluvial, gravitacional y poligénica).



Figura III_{4.1-6}. Cicatrices de deslizamientos superficiales trasnacionales asociados al encajamiento fluvial a favor de una antigua fractura. La Bastida.

En las áreas montañosas la presencia de canchales muestran la inestabilidad de las laderas (Menéndez et al, 2004), por los desprendimientos de rocas procedentes de los resaltes cuarcíticos muy fracturados y donde la acción del hielo-deshielo favorece su liberación y caída.

Se procede a realizar una reclasificación en cinco grupos de susceptibilidad al movimiento de ladera (Figura III_{4.1-7}), en función de los diferentes dominios geomorfológicos, obteniendo:

Muy Alta: Escarpes tectónicos y fluviales (Puebla de Yeltes, Aldehuela de Yeltes, El Maillo...) e Incisiones fluviales (Valero, San Martín del Castañar, Valdela-geve...).

Alta: Laderas erosivas y coluvionadas (Valle de las Batuecas, Guadapero, Serradilla del Arroyo, La Bastida, Aldeanuela de la Sierra...).

Media: Cumbres y Cuerdas; Colinas y Lomas (crestas del valle de Las Batuecas, transecto entre El Maillo y Puebla de Yeltes, Valle de Belén cercano a Herguijuela de la Sierra...).

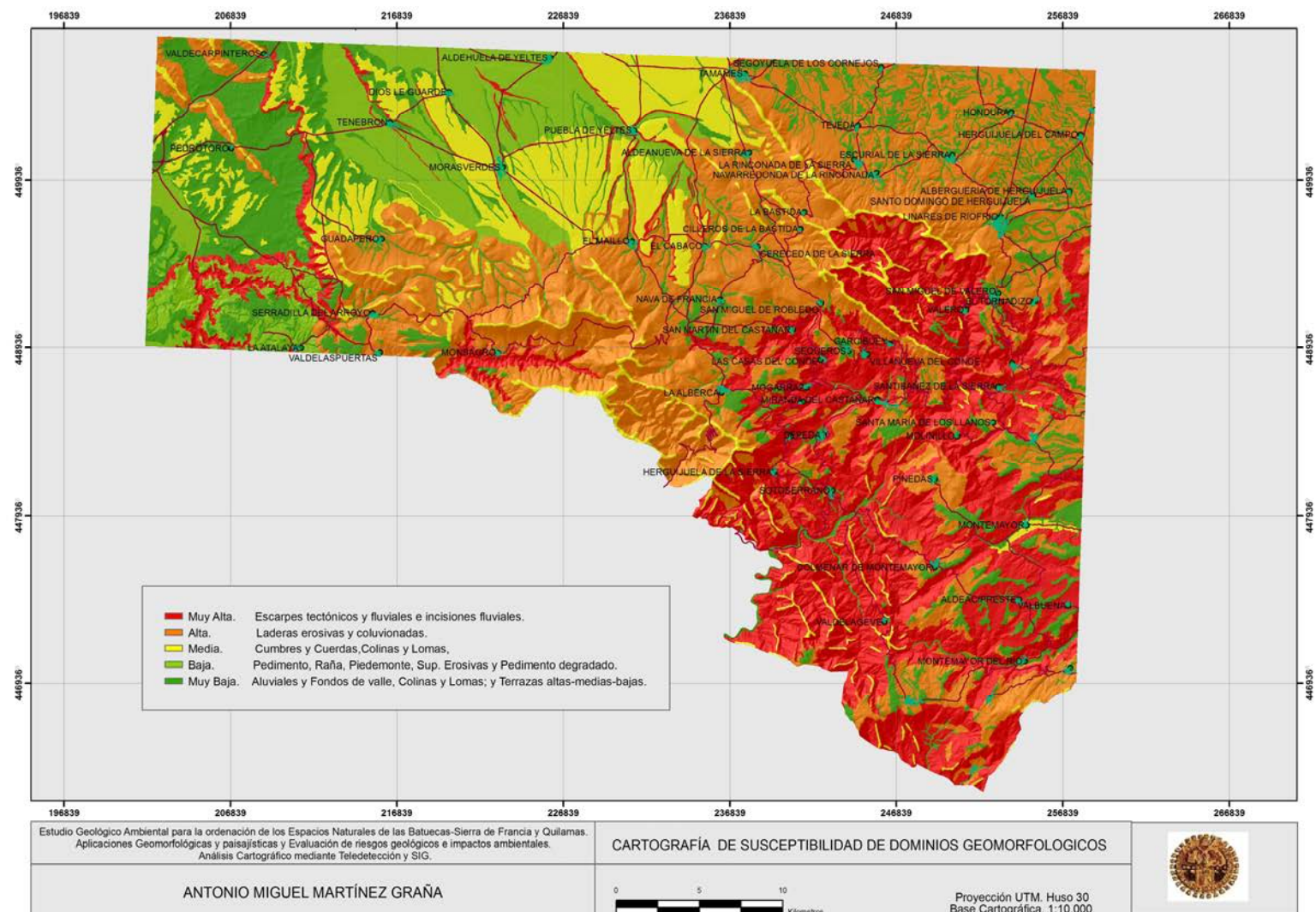


Figura III_{4,1}-7. Cartografía de Susceptibilidad según Dominios Geomorfológicos.

Baja: Pedimento, Raña, Piedemonte, Superficies Erosivas y Pedimento degradado (Aldehuela de Yeltes, La Atalaya, Dios Le Guarde...).

Muy Baja: Aluviales y Fondos de Valle, Terrazas altas-medias-bajas; y Superficies de colmatación (Tenebrón, Pedrotoro, Pastores, Escurial de la Sierra...).

En la zona de estudio cobran gran importancia las laderas que presentan formaciones superficiales de tipo canchal, por su gran predisposición al movimiento a favor de pendiente.

Susceptibilidad Litológica. Es un parámetro que va a determinar la potencialidad de los movimientos para cada tipo de material. El análisis de la composición,

resistencia, deformabilidad, grado de alteración... permite predecir la estabilidad o inestabilidad de una ladera bajo determinados factores desencadenantes o activos. En nuestra zona de estudio la litología desempeña un factor condicionante en la ocurrencia y distribución de los movimientos de ladera, representada por materiales intrusivos graníticos, sustratos metamórficos de mayor o menor competencia y finalmente, depósitos cuaternarios antiguos (rañas, abanicos aluviales...) y recientes (terrazas, aluviales y fondos de valle...). A partir de la cartografía litológica a escala 1/50.000 se ha procedido a agrupar las diferentes litologías en cinco grados de susceptibilidad, atendiendo a diferentes parámetros (cuadro III_{4,1}-3).

Tipo de Roca	Grupo/ Origen/ Composición	Propiedades (valores medios)						
		Coherencia	Fisuración	Esquistosidad Pizarrosidad	Porosidad	Solubilidad	Comportamiento Mecánico	
Rocas Igneas (Silicatadas)	Volcánicas. Plutónicas Filonianas.	ALTA ALTA ALTA	MEDIA ALTA ALTA	- BAJA -	BAJA MUY BAJA MUY BAJA	BAJA BAJA BAJA	VARIABLE ALTO ALTO	
Rocas Meta-mórficas	Alto Grado Gneis Micaesquistos	ALTA MEDIA	ALTA ALTA	ALTA MUY ALTA	BAJA BAJA	BAJA BAJA	ALTO BAJO	
	Medio Grado Esquistos. Meta-cuarcitas. Mármoles/Calizas cristalinas	BAJA ALTA ALTA	ALTA ALTA ALTA	MUY ALTA BAJA BAJA	BAJA ALTA MEDIA-BAJA	MUY BAJA BAJA ALTA	MUY BAJO ALTO ALTO	
	Bajo Grado Pizarras. Cuarcitas.	BAJA ALTA	ALTA MEDIA	MUY ALTA BAJA	MUY BAJA MEDIA	MUY BAJA BAJA	BAJO ALTO	
Rocas Sedi-mentarias.	Detri-ticas.	Silíceas Areniscas Conglomerado Arenas/conglomerado	MEDIA MUY BAJA	-	-	ALTA MUY ALTA	MUY BAJA MUY BAJA	BAJO-MEDIO MUY BAJO
		Mixto (Arcosas)	MEDIA	-	-	MEDIA	MUY BAJA	BAJO-MEDIO
	Arcillosas Arcillas y similares (Lutitas / pizarras...)	MUY BAJA	-	BAJA	MUY BAJA	MUY BAJA	BAJO	
	Mixto	Margas	BAJA	BAJA	-	BAJA	MEDIA	BAJO
	Quim. Orgán.	Caliza Yesos-Sales Orgánicas (s.s.)	ALTA BAJA-M.BAJA BAJA	MEDIA BAJA -	- - -	BAJA BAJA MUY BAJA	ALTA MUY ALTA BAJA	BAJO BAJO BAJO

Cuadro III_{4,1}-3. Cuadro valoración resistencia litológica.

El calculo de la susceptibilidad litológica, basado en la valoración estimada a partir del valor medio de las propiedades que determinan la resistencia de cada litología, determina los siguientes grados: Muy Alta en la Unidad de Cuarcitas y Cuarcita Armoricana, Alta en la Unidad de Pizarras negras y microbandeadas, y alternancia de Pizarras, Esquistos y Grauvacas (Figura III_{4,1}-8), Media, en las Unidades de Calizas, Baja en la Unidad granítica y Muy Baja en las Unidades de Conglomerados, Arenas y Fangos arcósicos y de gravas y arenas de fondos de valle. (Figura III_{4,1}-9).



Figura III_{4,1}-8. Desprendimientos en talud de pizarras y limonitas. Sotoserrano.

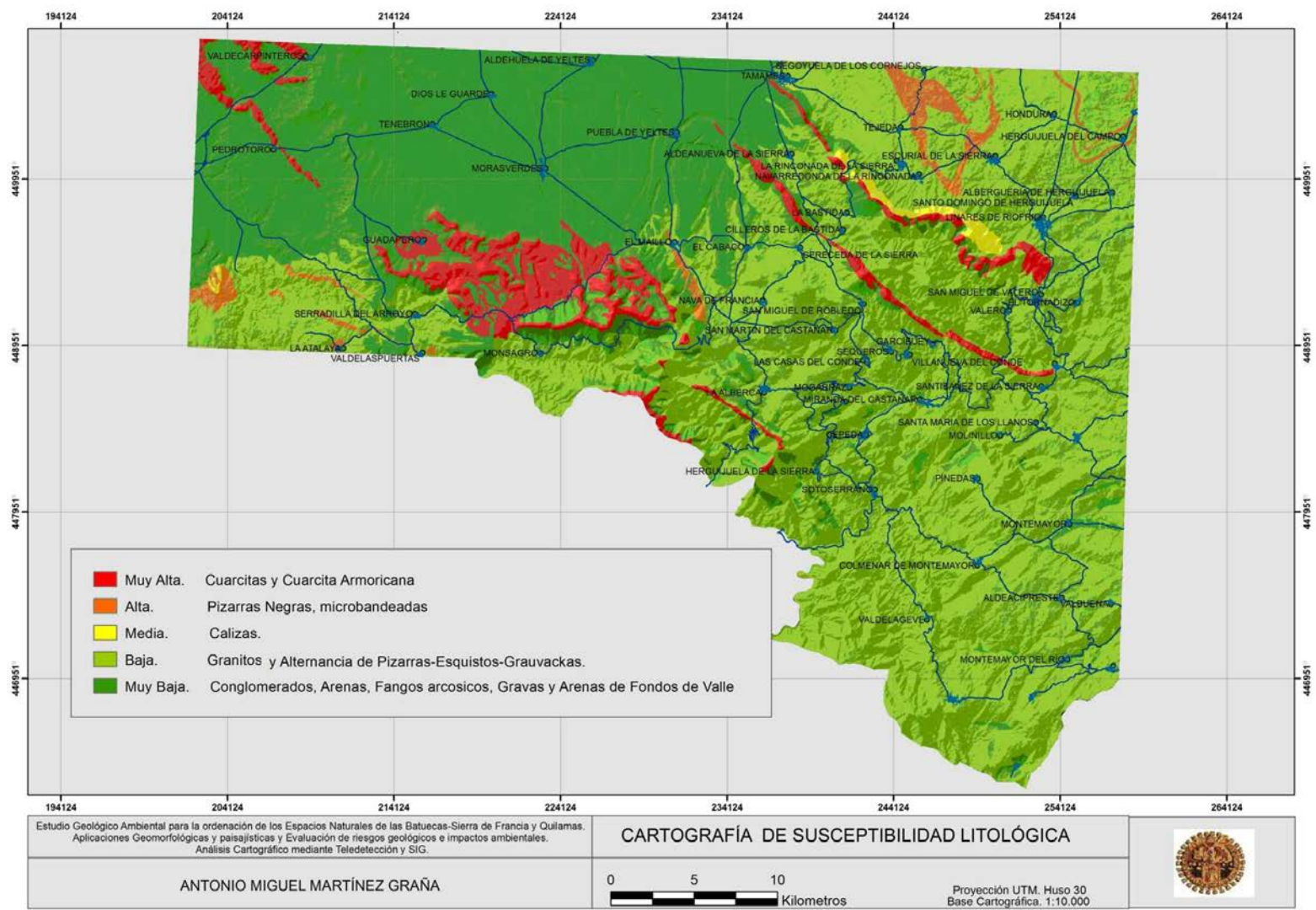


Figura III_{4,1}-9. Cartografía de Susceptibilidad Litológica.

Susceptibilidad Hidrogeológica. A partir del mapa de Unidades Hidrogeológicas, se analiza el posible comportamiento hidrogeológico, en base a las características estructurales y litológicas, así como a su grado de alteración (espesor del regolito) y permeabilidad.

La pérdida de estabilidad en los diferentes materiales (formaciones super-

ficiales y afloramientos rocosos), esta directamente relacionada con la posición del nivel freático (Figura III_{4.1}-10), ya que el agua entre otros efectos negativos, reduce la resistencia al corte por presiones intersticiales, o aumenta los esfuerzos de corte por saturación de suelos -mayor peso del terreno-. (Figura III_{4.1}-11).



Figura III_{4.1}-10. Deslizamiento Rotacional en materiales cenozoicos, por zapamiento fluvial. Obsérvese el escarpe principal, parcialmente tapizado en la base por derrubios. Alba de Yeltes.



Figura III_{4.1}-11. Inestabilidad de ladera provocada por erosión lateral fluvial y favorecida por saturación hídrica de los materiales terciarios. Alba de Yeltes.

Se realiza una reclasificación en cinco clases de susceptibilidad hidrogeológica al movimiento del terreno (Figura III_{4.1}-12):

Muy Alta: Unidades Cuaternarias, incluyendo poblaciones cercanas a los cauces fluviales: Morasverdes, Tenebron,

Dios le Guarde, Aldehuela de Yeltes...Prueba de esta susceptibilidad son los deslizamientos del margen derecho del Yeltes.

Alta: Unidades Detríticas, formadas por conglomerados, arenas y arcillas, más o menos compactadas, sobre las que se asientan igualmente algunas localidades como Tamames, El Maillo, Aldeanuela de la Sierra....

Media: Unidad Carbonatada, delimitada por el afloramiento carbonatado de calizas y dolomías de Quilamas, sobre la cual nos e asienta ninguna población aunque soporta diferentes actividades antrópicas, como agrícolas y ganaderas.

Baja: Unidad Cuarcítica y Meta-sedimentaria, correspondiéndose con las cuarcitas armoricanas, pizarras, esquistos...sobre las que se asientan poblaciones como Valero, Valdelageve, Herguñuela...

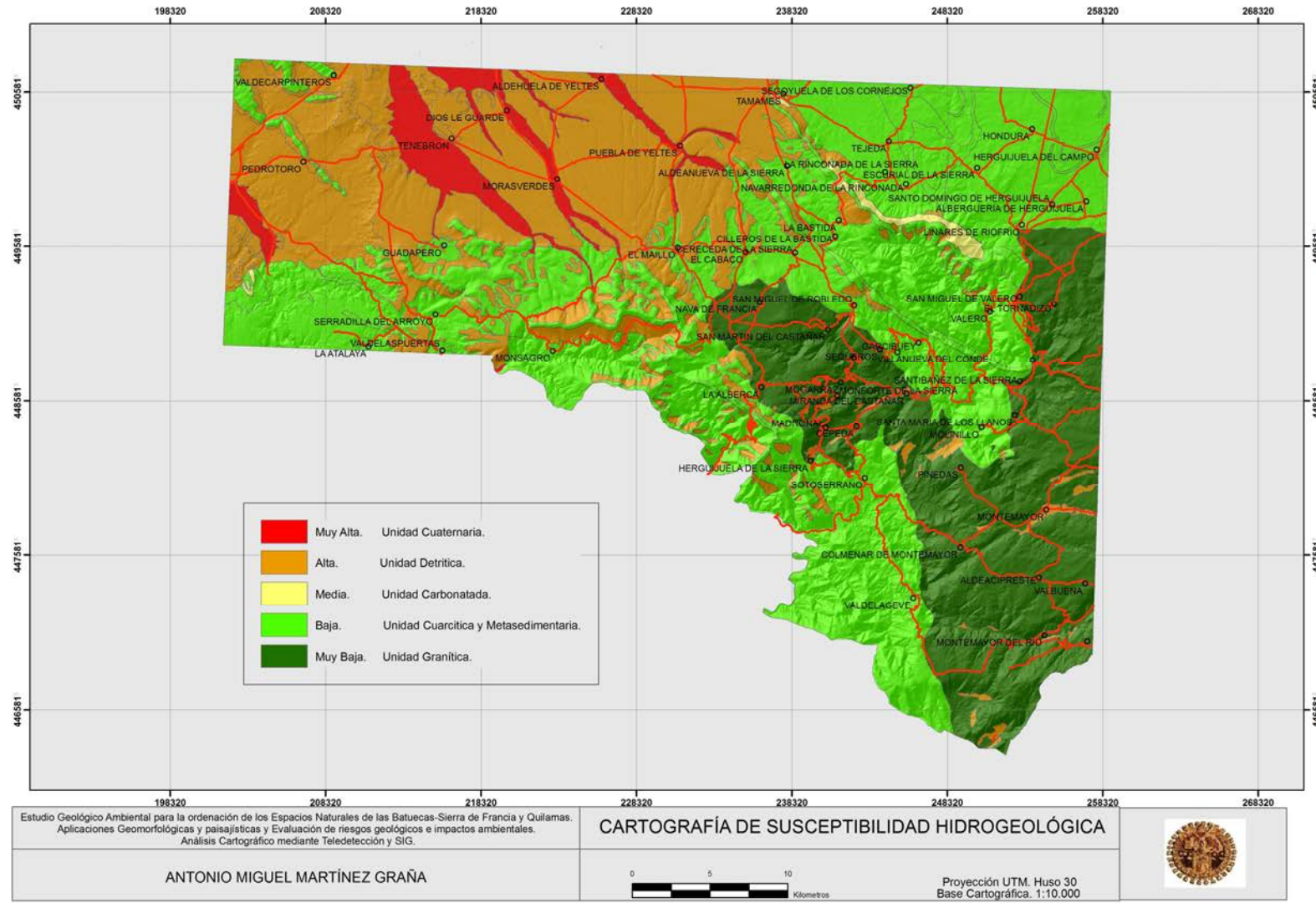


Figura III_{4,1}-12. Cartografía de Susceptibilidad Hidrogeológica.

Muy Baja: Unidad Granítica, correspondiente al afloramiento granítico que aflora en el margen SE del sector de estudio, englobando numerosas poblaciones como son San Miguel de Valero, Montemayor, Pinedas, San Martín del Castañar....

Susceptibilidad por Orientaciones. A partir de las diferentes orientaciones del terreno se puede establecer una zonificación de las laderas, teniendo en cuenta la influencia de las solanas y umbrías como factor condicionante de la inestabilidad de ladera. (Figura III_{4.1}-13)

Estas las relaciones entre la orientación de las laderas y el riesgo potencial al movimiento, esta condicionada por los diferentes grado de humedad generados por el grado de insolación recibido, el cual condiciona la distribución desigual de la humedad en cada vertiente.

La reclasificación de los diferentes sectores, en función de la susceptibilidad al movimiento de ladera, píxel a píxel, con

una resolución de tamaño de píxel de 20 metros, genera las siguientes clases (Figura III_{4.1}-14):

Muy Alta: orientación Sur.
Alta: orientación Oeste.

Estas dos orientaciones engloban sectores con orientación SE con importantes procesos de deslizamientos (Ladera norte del Valle de Batuecas, laderas del sinclinal de Guadapero, Escarpe fluvial del Yeltes en Puebla de Yeltes y Aldehuela de Yeltes, etc.

Baja: orientación Este.
Muy Baja: orientación Norte.

La susceptibilidad Baja y Muy Baja se distribuye por sectores donde la exposición es baja por no presentar resaltes topográficos (sectores llanos), o bien quedan entre laderas expuestas claramente hacia el S-SO.

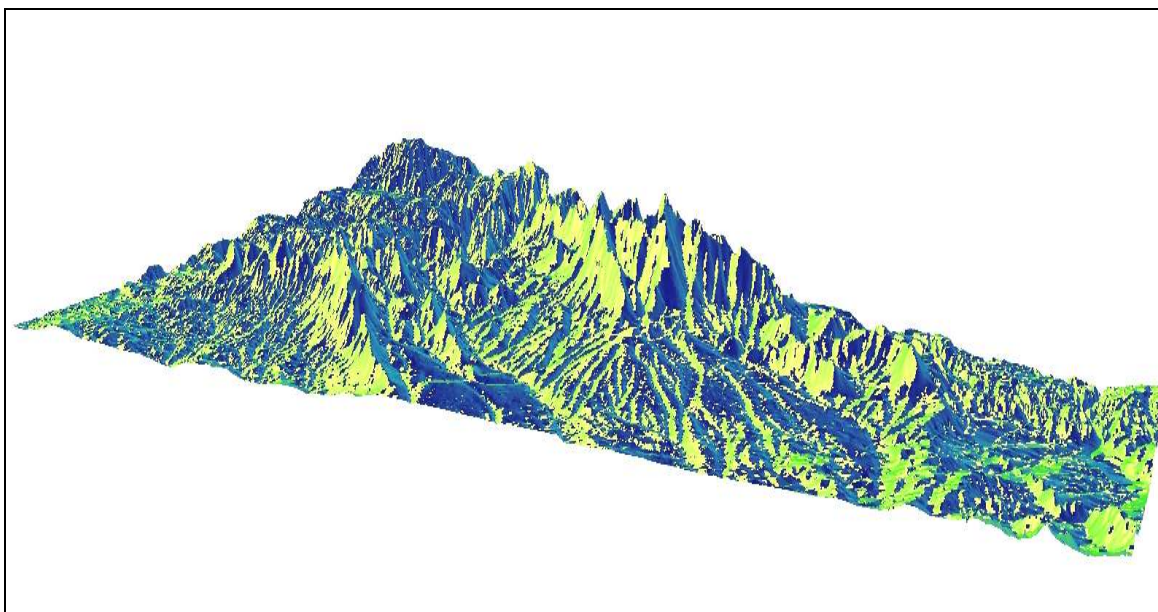


Figura III_{4.1}-13. Vista oblicua del MDT de toda la zona de estudio, desde el extremo NW de la hoja de Serradilla del Arroyo en el que se representan las diferentes orientaciones de ladera: Norte-Este (azul) y Sur-Oeste (amarillo).

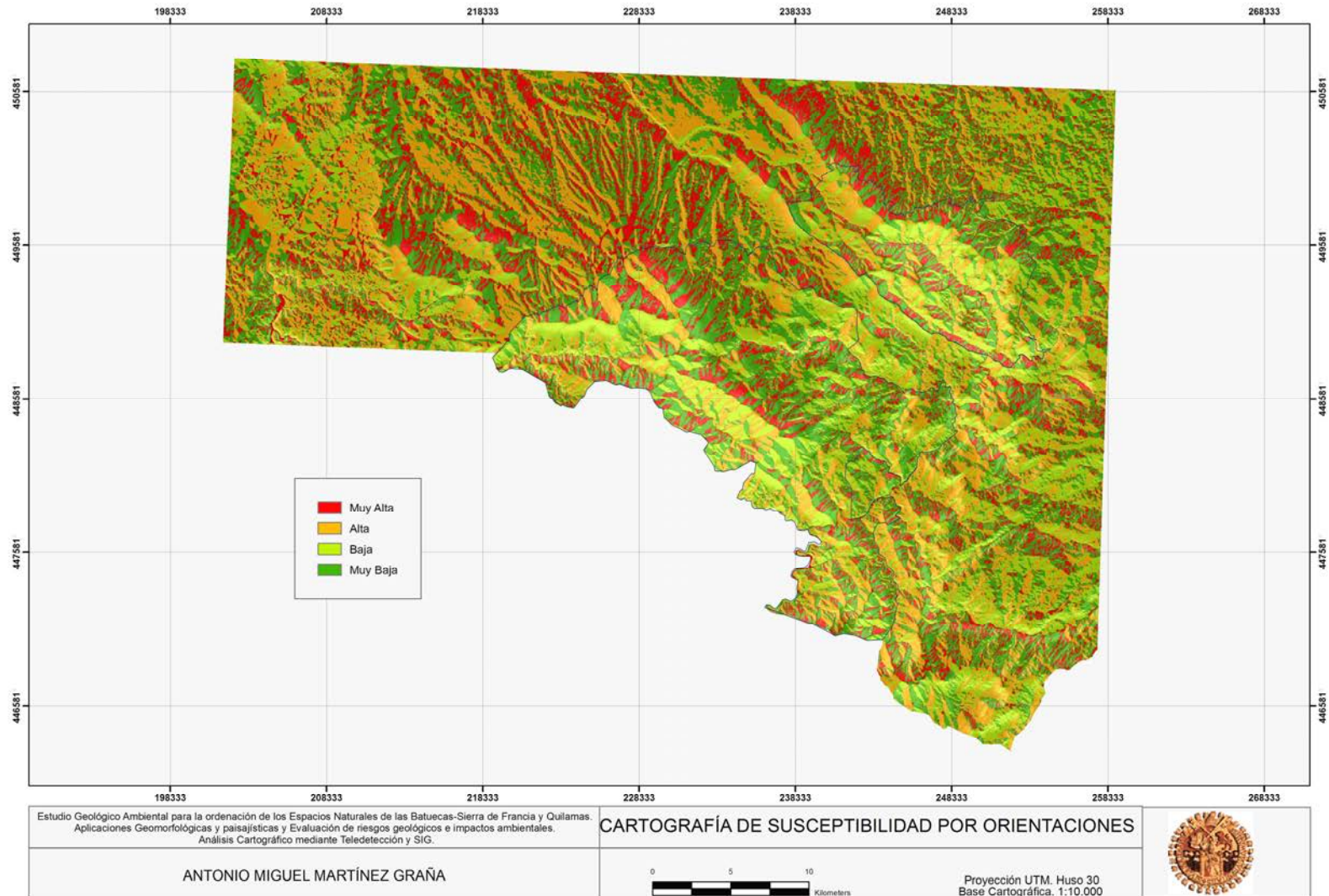


Figura III_{4,1}-14. Cartografía de Susceptibilidad por Orientaciones.

Este factor es importante pues la incidencia y radiación solar determina el porcentaje hídrico de los diferentes sectores, lo que influye directamente en la generación de eventos de despegue o facilidad del movimiento, a la vez que condiciona el desarrollo de la vegetación.

Susceptibilidad por Vegetación. Los diferentes tipos de vegetación existentes en la zona de estudio constituyen un factor pasivo, condicionante de que existan o no fenómenos de inestabilidad en laderas. (Figura III_{4.1}-15)



Figura III_{4.1}-15. Ladera vegetada, con deslizamientos superficiales con orientación al sur, en el valle de Las Batuecas.

La distribución de la vegetación se valora de forma semicuantitativa teniendo en cuenta la presencia o ausencia de vegetación y el tipo de vegetación, de forma que los portes arbóreos, presentan un sistema radicular más desarrollado (raíces muy densas y profundas) que favorecen la estabilidad de la ladera al retener y fijar el

sedimento. Por otro lado, los sectores desprovistos de vegetación, presentan importantes procesos geodinámicos externos (erosión de suelos por altas precipitaciones, meteorización físico-química y biológica, etc.) que favorecen la inestabilidad de los materiales que recubren la ladera. La presencia de vegetación disminuye la probabilidad de movimientos de ladera: reptaciones, deslizamientos... y la pérdida de cobertura vegetal aumenta la posibilidad del movimiento del terreno. (Figura III_{4.1}-16).

La reclasificación en valores de susceptibilidad parte de la reclasificación utilizada en el apartado del Factor “C”, para proceder a una mayor simplificación dando lugar a las siguientes cinco clases (Figura III_{4.1}-17):

Muy Alta: Sectores sin vegetación, como canchales del Valle Batuecas, Sierra Francia,

Alta: sectores con presencia de herbáceas, cultivos, y zonas de barbecho. Ejemplos de estas “manchas” los encontramos en Morasverdes, Puebla de Yeltes...

Media: sectores que agrupan los dominios fisiognómicos subarbustivos con mosaicos de diversas clases con abundancia de portes subarbustivos.

Baja: sectores con portes arbustivos. Sectores centrales de la Sierra de Quilamas y Sierras internas de Las Batuecas-S. Francia, Linares de Riofrío...

Muy Baja: sectores con portes arbóreos: Rinconada de la Sierra, La Alberca, Nava de Francia....



Figura III_{4.1}-16. Núcleos de vegetación dispersas entre canchales. Sierra del Carazo.

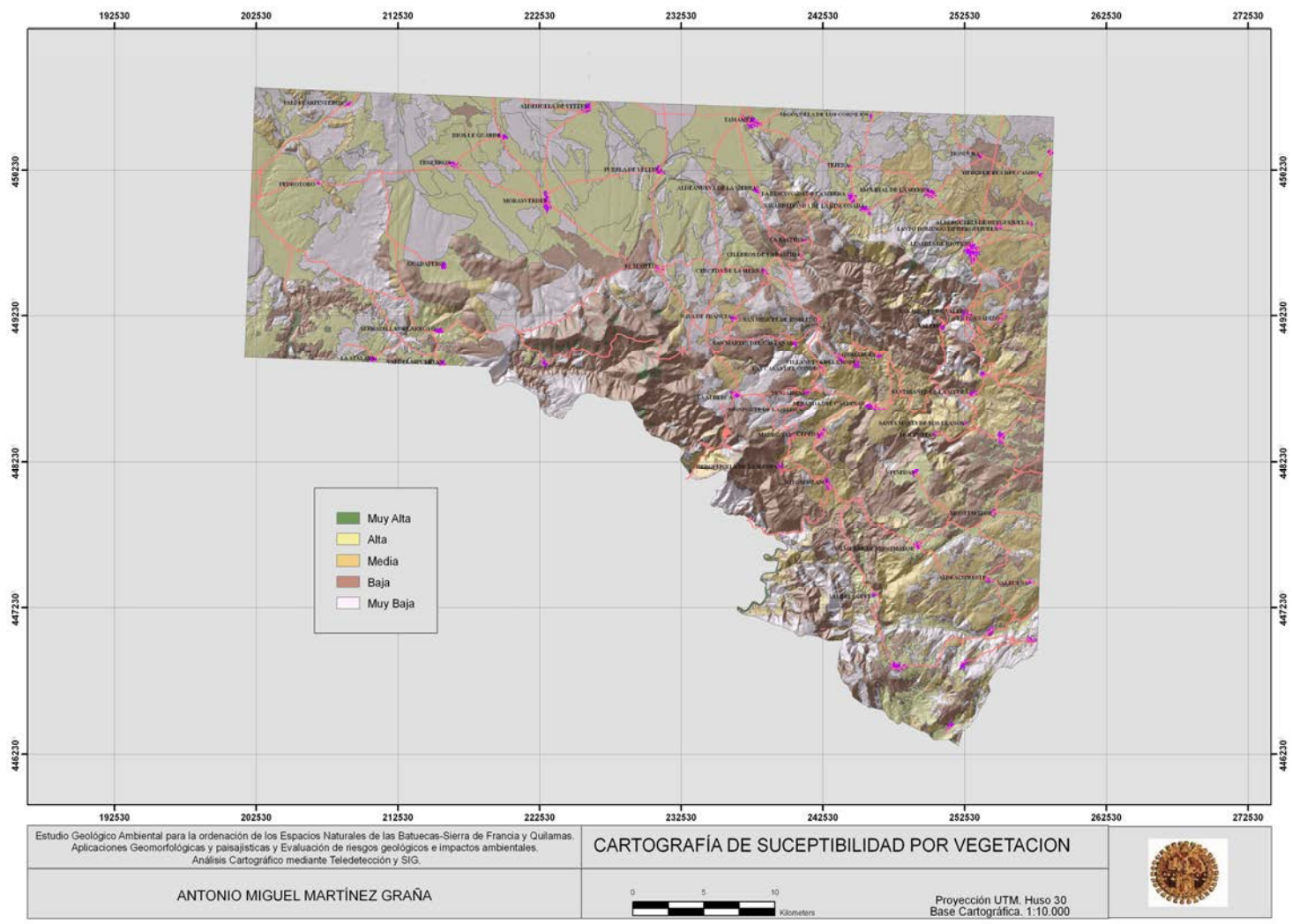


Figura III_{4,1}-17. Cartografía de Susceptibilidad por Vegetación.

Susceptibilidad por Tipo de Vertiente.

La morfometría de la ladera es uno de los parámetros condicionantes más importantes en la posibilidad de movimientos de ladera. Esta morfometría se ha analizado a partir de los valores de pendientes y orientaciones que presentan las diferentes laderas, siendo una variable a tener en cuenta en dicho estudio de vertientes el grado de curvatura, el cual está directamente relacionado con la facilidad de caída o retención de los diferentes materiales. (Figura III_{4,1}-18).

La curvatura de cada punto o píxel de la zona de estudio, con un grado de detalle de

20 metros (resolución del píxel) se calcula a partir de la derivada de segundo grado de la altitud (Felicísimo, 1994), realizándose un análisis del Modelo Tridimensional -TIN-, analizando los cambios de pendiente en el entorno de cada punto, donde el valor de curvatura de cada píxel es el resultado de la relación entre cada píxel y sus vecinos (operaciones de vecindad). De igual forma las morfologías cóncavas darán valores de píxel positivos, y las formas planas valores cero, tal como corresponden con la definición matemática de la derivada segunda de una función según su convexidad.



Figura III_{4,1}-18. Morfología de ladera, donde se aprecia una curvatura convexa en zona alta y rectilínea (sector acaravado) en zona media, provocando reptaciones y desprendimientos en el corte del talud de carretera). Ctra. Ciudad Rodrigo – Monsagro.

La susceptibilidad se determina a partir de la reclasificación de la imagen “raster”, agrupando los valores de curvatura en cinco clases (Figura III_{4,1}-19):

Muy Alta: Convexa (valores de píxel < -10).

Alta: Rectilínea (valores de píxel de -10 a -4).

Media: Plano-Convexa (valores de píxel de -4 a $+4$).

Baja: Cóncava (valores de píxel de $+4$ a $+10$).

Muy Baja: Plana (valores de píxel $> +10$).

Observamos que las zonas cóncavas se han codificado en tonos claros y las convexas en tonos oscuros, permitiendo diferenciar los fondos de valle (permitiendo diferenciar a partir del valor de curvatura las formas del perfil fluvial: cauces encajados y zonas de amplias terrazas) y las crestas.

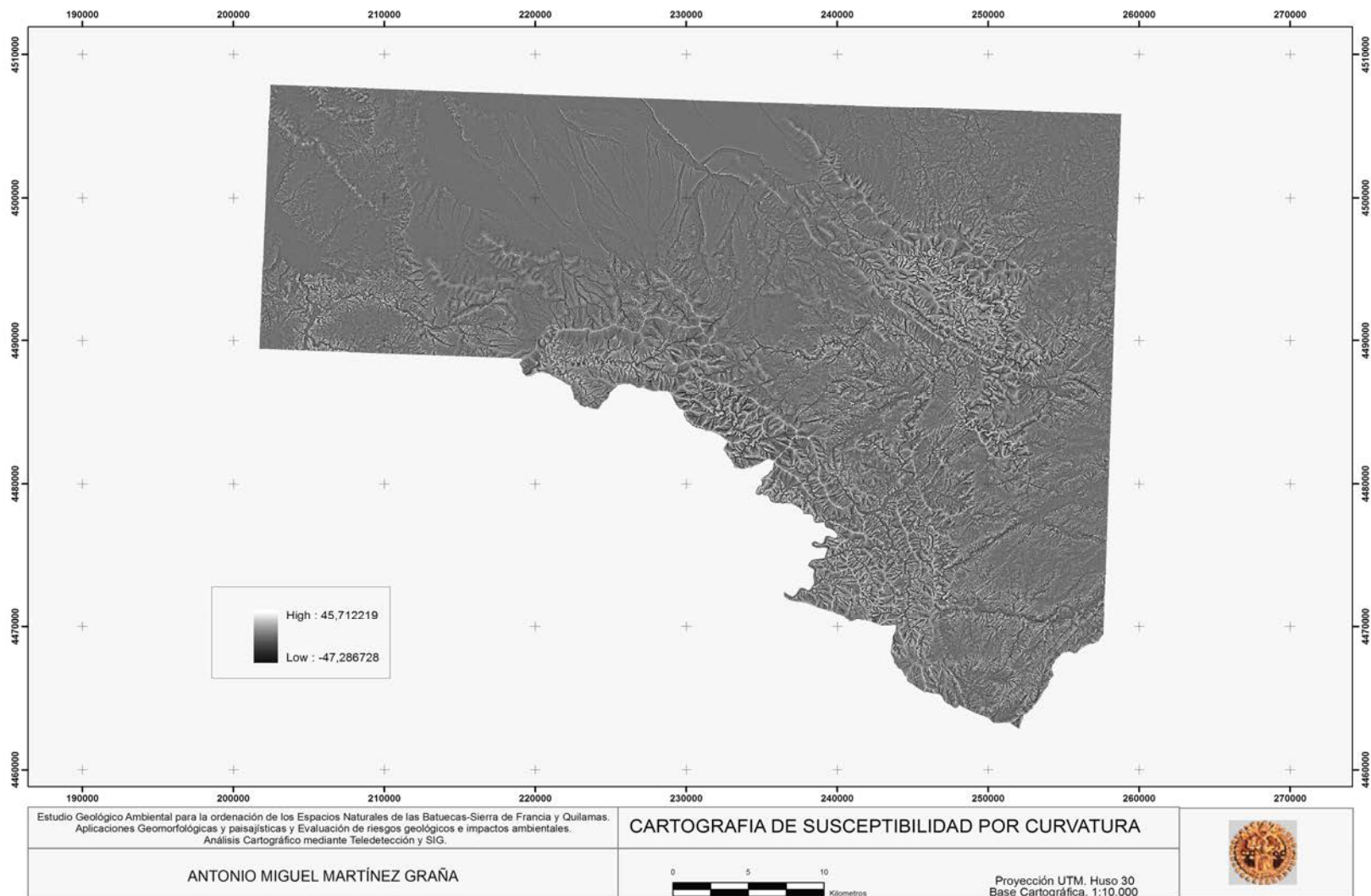


Figura III_{4,1}-19. Cartografía de Susceptibilidad por Tipo de Vertiente -Curvatura-.

Ponderación de Parámetros. A partir de la cartografía paramétrica de los factores condicionantes analizados, se determina el peso de cada parámetro en la aparición del riesgo por movimientos de ladera. Para ello, en un primer momento establecemos una evaluación de concordancia o “Pairwise”, que permite realizar un análisis relacional de cada

par de parámetros utilizados en la valoración de la susceptibilidad del riesgo, mediante el cual procedemos a calificar y cuantificar el nivel de importancia de cada parámetro, asignando un valor entre 1 y 4, según predomine un parámetro sobre otro, en base al análisis de los movimientos inventariados en la zona de estudio. (Tabla III_{4.1}-4.).

Nivel de Importancia	Definición	Descripción
1	Preferencia Similar	Criterios (x, j) contribuyen de igual manera al proceso de movimiento de ladera.
2	Preferencia Moderada	Algunos movimientos de ladera se favorecen ligeramente por el Criterio (x) sobre el criterio (j)
3	Preferencia Alta	Criterio (x) domina sobre criterio (j) en el proceso de movimiento de ladera
4	Preferencia Total	Criterio (x) contribuye exclusivamente en el proceso de movimiento de ladera

Tabla III_{4.1}-4. Cuantificación de la importancia en base a la concordancia o Pairwise.

Método MJA	(j)	Pendientes	Curvatura	Vegetación	Dominios Geomorf.	Litología	Orientaciones	Hidrogeología	$\Sigma (x_{,j})/n$	Peso Relativo $\Sigma (x_{,j})/n / \Sigma (x_{,j})$
(x)										
Pendientes		1	4	3	4	3	2	2	2.71	0.26
Curvatura		0.25	1	3	4	3	2	2	2.17	0.22
Vegetación		0.33	0.33	1	3	3	2	3	1.80	0.17
Dominios Geomorf.		0.25	0.25	0.33	1	3	2	3	1.40	0.13
Litología		0.33	0.33	0.33	0.33	1	2	3	1.04	0.10
Orientaciones		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	2	0.78	0.07
Hidrogeología		0.5	0.5	0.33	0.33	0.33	0.5	1	0.49	0.05
							$\Sigma (x_{,j})$		10.39	1

Tabla III_{4.1}-5. Determinación de los pesos de cada parámetro de susceptibilidad por el método de las Jerarquías Analíticas. (Saaty, 1990).

Finalmente realizamos la multiplicación de las cartografías paramétricas (álgebra de mapas), obteniendo una zonificación del área de estudio en unidades de Susceptibilidad por Movimientos de Ladera (Figura III_{4.1}-20), considerando cinco clases (Cuadro III_{4.1}-2), siendo los valores de

susceptibilidad de cada factor temático los siguientes: Muy Bajo (1), Bajo (2), Medio (3), Alto (4) y Muy Alto (5). Aplicando a cada parámetro la ponderación establecida, la fórmula utilizada para calcular el valor final de susceptibilidad (VF) en cada píxel, sería:

$$V_F = 0.26 \text{ (pendientes)} + 0.22 \text{ (curvatura-)} + 0.17 \text{ (vegetación)} + 0.13 \text{ (dominios geomorfológicos)} + 0.10 \text{ (litología)} + 0.07 \text{ (hidrogeología)} + 0.05 \text{ (orientaciones)}$$

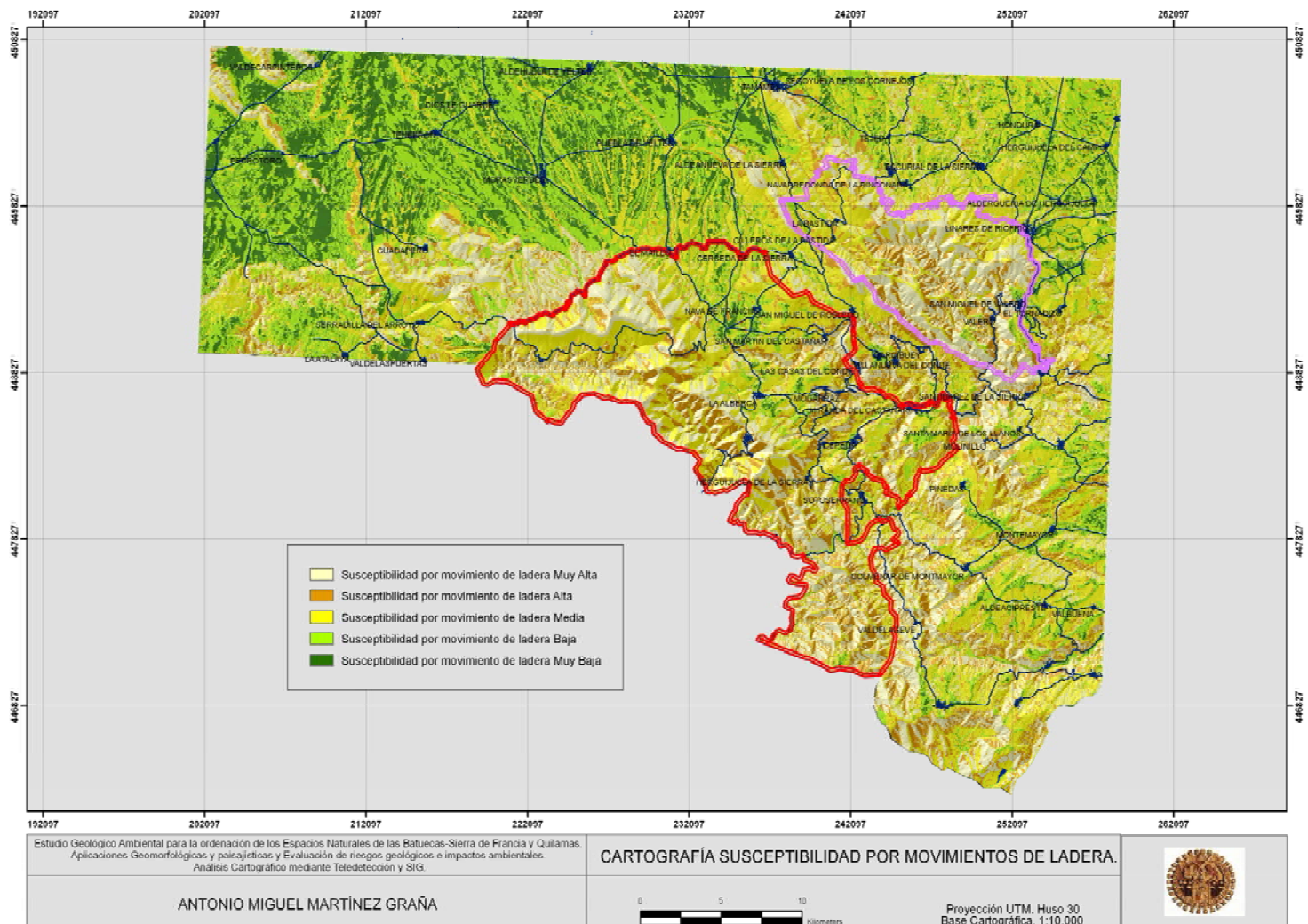


Figura III_{4,1}-20. Cartografía de Susceptibilidad por Movimiento de Ladera.

La Cartografía de Susceptibilidad obtenida, establece como zonas de alta posibilidad de movimiento de ladera, en base a los factores condicionantes las zonas de cumbres de dominios de sierra que presentan relieves escarpados. Los sectores de susceptibilidad Alta se corresponden con los dominios geomorfológicos de sierra (Sierra de Francia, Sierra de Torralba-Peronilla, Sierra del Carazo-Valdefuentes, Sierra del Castillo, Sierra de Quilamas, Sierra de Tamames y Sierra Mayor) y de

ladera en zonas de sustrato granítico, de forma dispersa por la hoja de Miranda del Castañar: Montemayor del Río, Pinedas, Aldeacipreste... o bien en sustrato pizarroso, al norte de la hoja de Tamames: Escorial de la Sierra, Tejeda y Segoyuela...

La susceptibilidad Media se distribuye por numerosas zonas, constituyendo la clase de mayor extensión. El Maillo (Figura III_{4.1}-21), Serradilla del Arroyo, Mon-sagro....



Figura III_{4.1}-21. Deslizamiento traslacional en ladera de baja inclinación (sector de susceptibilidad media), en el que se aprecia en el talud de carretera la potencia y nivel de despegue. El Maillo.

Las zonas del territorio que presentan susceptibilidad Baja, corresponden con superficies de ligera inclinación, englobando depósitos de piedemontes y glaciares (Dios le Guarde, Puebla de Yeltes...), así como zonas llanas como terrazas y llanuras aluviales (Morasverdes, Tenebrón...).

Finalmente la cartografía de susceptibilidad muestra sectores con susceptibilidad Muy Baja, muy escasos y puntuales, y se corresponden con manchas de alta densidad de vegetación de porte arbóreo, coincidentes con sectores topográficamente llanos, lo cual potencia que el resto de parámetros (curvatura, orientación, etc.) sean igualmente de valores muy bajos.

Validación de la Cartografía de Susceptibilidad. Para la validación de la cartografía obtenida, se superpone la distribución de los diferentes movimientos de ladera mediante el Mapa Inventario, mostrando según colores, las diferentes tipologías de movimientos de ladera, el mapa de susceptibilidad elaborado del análisis multivariante o cruce de los factores que la condicionan.

Mediante análisis estadísticos con funciones propias de técnicas SIG, se analiza por separado la influencia de los diferentes factores pasivos (pendientes, orientación, curvatura, litología, hidrogeología, vegetación y dominios geomorfológicos) con cada tipo de movimiento de ladera, analizando las condiciones discriminantes de cada uno de ellos, así por ejemplo se aprecia que la distribución de los canchales, se corresponde la mayoría de las veces con pendientes muy elevadas (Figura III_{4.1}-22), al igual que ocurre con los movimientos de ladera de tipo deslizamientos traslacionales, asociados a procesos de zapamiento fluvial, dado que se generan

en zonas de escarpes, como el existente a lo largo del margen derecho del río Yeltes.

El resultado muestra que la mayoría de los movimientos inventariados y analizados en las diferentes campañas de campo, se ubican en zonas de susceptibilidad alta, excepto los canchales, que se producen por los desprendimientos en zonas altas, y migran a favor de gravedad por la ladera que rodea el resalte escarpado, por lo que configuran una distribución concéntrica a la zona de donde se han desprendido, ubicándose en sectores de susceptibilidad media, debido a que ya están desplazándose a favor de la vertiente. (Figura III_{4.1}-23). Las reptaciones predominan en los sectores de susceptibilidad media, siendo los movimientos de ladera inexistentes en los sectores de susceptibilidad baja y Muy Baja.

Un esquema del análisis multicriterio cartográfico donde se aprecia las variables o parámetros, análisis multivariable (Castellanos & Van Westen, 2008) de todo el proceso se observa en la Figura III_{4.1}-23.

OID	TEXT	ZONE_CODE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
0	Deslizamientos traslacionales	1	172	68800	1,29068	49,6524	48,3618	26,8016	12,8838	4609,88
1	Canchales	2	11103	4441200	0	83,2843	83,2843	36,2447	12,4046	402424
2	Reptaciones	3	1720	688000	0	54,562	54,562	20,9564	14,2429	36045
3	Soilfluxion - gelifluxion	4	1188	475200	0	50,4152	50,4152	18,205	6,89472	21698,9
4	Deslizamientos por zapamiento fluvial	5	309	123600	0	85,7071	85,7071	41,2593	20,054	12749,1
5	Deslizamientos rotacionales	6	2	800	12,3419	12,6359	0,294054	12,4889	0,147027	24,9778



Figura III_{4.1}-22. Análisis de la distribución de los diferentes grados de pendientes y los valores que presentan los diferentes movimientos de ladera inventariados en el sector de estudio.

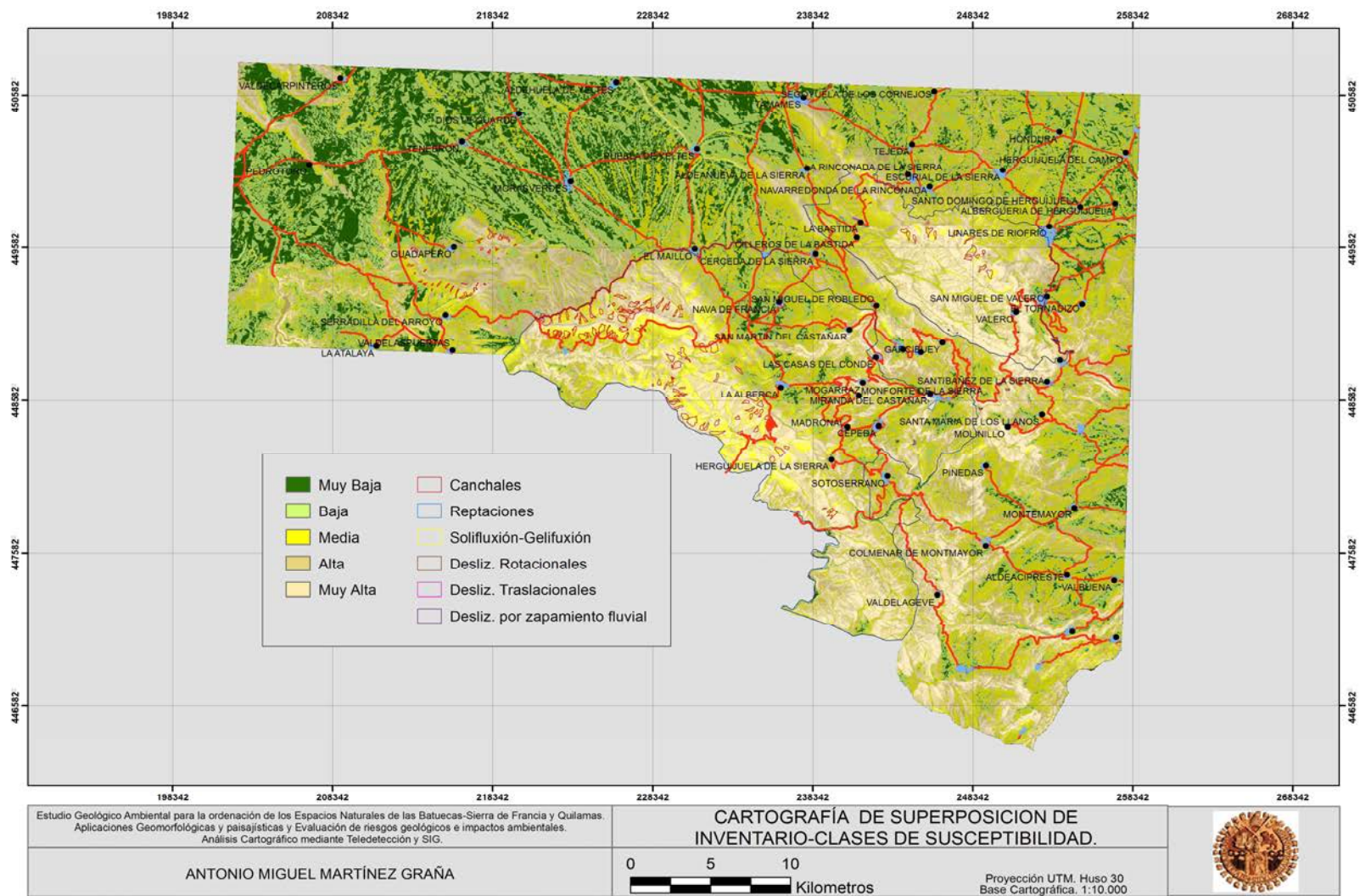


Figura III.4.1-23. Cartografía de Superposición del Mapa Inventario de Movimientos de Ladera y el de Clases de Susceptibilidad.

III.4.1.7 Factores Desencadenantes o activos. Cartografía de Peligrosidad.

En conjunción con los factores pasivos o estáticos, que determinan la susceptibilidad potencial al movimiento de una ladera, coexisten en el terreno una serie de factores ambientales (sismicidad, precipitaciones...) y antropicos (infraestructuras...), que potencian o desencadenan estos movimientos de ladera, y se denominan factores activos o desencadenantes.

El análisis de los factores activos consiste en una predicción espacial y temporal, mediante la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de procesos, es decir, evaluando la peligrosidad del proceso para cada área determinada, dando lugar al Mapa de Peligrosidad.

La metodología que hemos utilizado para la elaboración de la cartografía de peligro-

sidad, se realiza en base a métodos no deterministas (sismicidad, grado de infiltración, precipitaciones, etc) y deterministas (estaciones geomecánicas). El nivel de análisis de la peligrosidad, es función del número de datos disponibles en la zona de estudio y la escala de trabajo, en nuestro caso 1/50.000. En este trabajo, no se ha estimado la predicción temporal, por la inexistencia de registro histórico de los deslizamientos existentes, por lo que la probabilidad la expresamos en el mapa de peligrosidad de forma cualitativa (alta, media o baja) y no cuantitativa (según periodos de retorno, etc.).

Los factores desencadenantes del peligro de movimientos de ladera, que han sido tenidos en cuenta son: sismicidad, textura edáfica, calidad geomecánica de macizos rocosos, fracturación y precipitaciones máximas diarias. (Figura III.4.1-24).

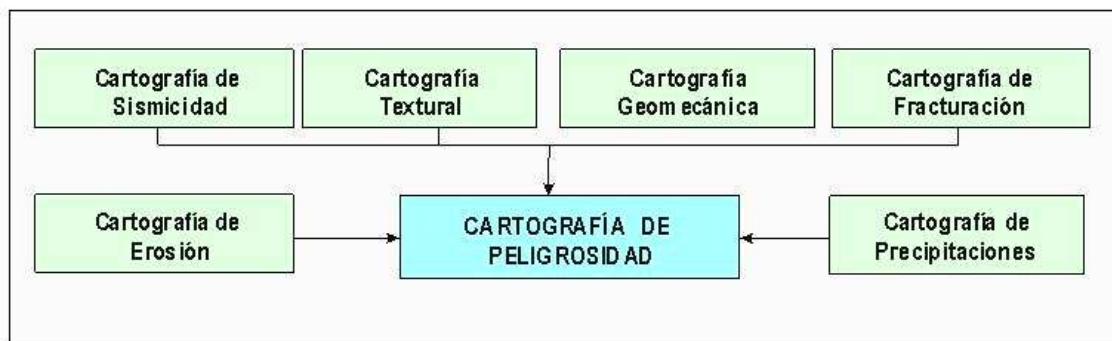


Figura III.4.1-24. Procedimiento metodológico para la Cartografía de Peligrosidad.

A continuación analizamos en detalle cada uno de los factores activos o desencadenantes:

Cartografía de Sismicidad o Grado sísmico. Los terremotos son fenómenos geológicos impredecibles e inevitables, y con frecuencia son el detonante del comienzo de los movimientos de ladera, ya que dicha sismicidad inestabiliza depósitos y materiales susceptibles de deslizarse. Para su análisis se analizan tres factores (González Vallejo & Skipp, 1981) (Tabla III.4.1-6 y Figura III.4.1-25):

1. Severidad Geológica (SG).
2. Población Anual (PA).
3. Riesgo de Catástrofe (RC).

1. Factor de Severidad Geológica (SG) que estima la severidad del riesgo sismotectónico, en base a tres parámetros:

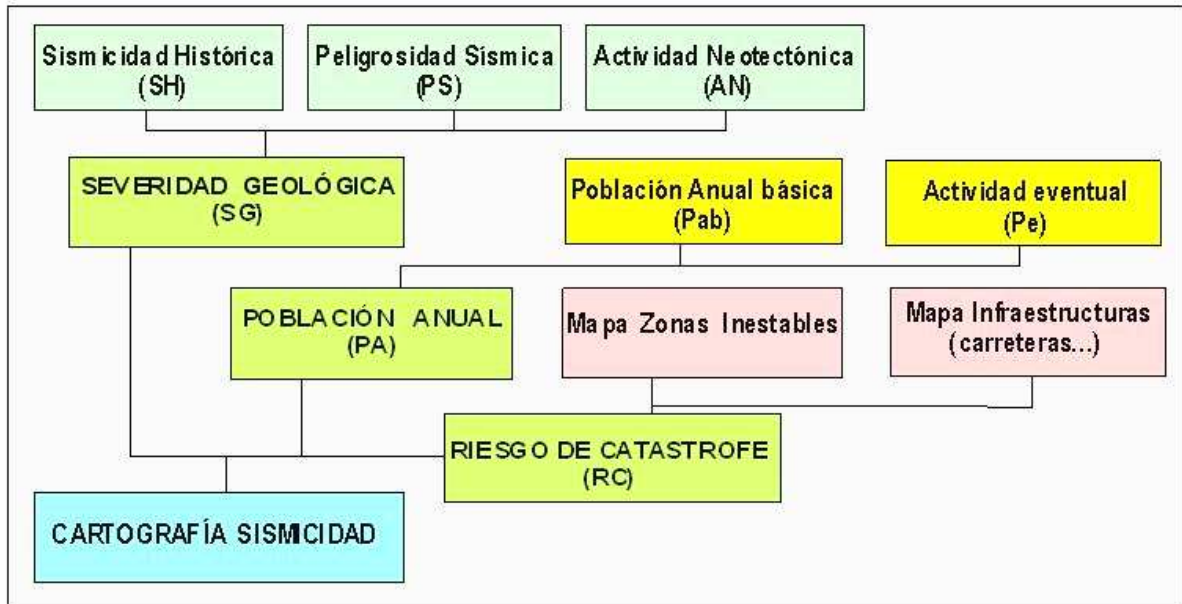


Figura III_{4.1}-25. Esquema metodológico para la Cartografía de Sismicidad.

- Sismicidad Histórica (SH), la zona de estudio se encuadra en un sector poco activo sísmicamente, encuadrándose, en base al análisis cartográfico de intensidades máximas históricas (1900-2001), en un sector con intensidad de VI (IGME, 2004).
- Peligrosidad Sísmica (PS), determinado por la probabilidad de ocurrencia de terremotos capaces de causar daños (intensidad \geq VII). A partir del análisis histórico de epicentros y daños para el periodo 1987-2001, se constata que la peligrosidad sísmica de este sector es menor al 30 %. (IGME, 2004).
- Actividad Neotectónica (AN). Se basa en el análisis de la actividad neotectónica producida en materiales geológicos a partir del final del periodo Mioceno (Mesiniense), cobrando especial relevancia la desarrollada durante el Cuaternario, y sobre todo a partir del último millón de años.

Factores	Parámetros	valor
Sismicidad Histórica (SH)	Intensidad:	
	$I \geq IX$	3
	$I = VIII$	2
	$I \leq VII$	1
Peligrosidad Sísmica (PS)	Probabilidad	
	$P \geq 70 \%$	3
	$P \geq 30 \%$	2
	$P < 30 \%$	1
Actividad Neotectónica (AN)	Edad Geológica	
	* Movimientos postmiocenos generalizados con evidencias cuaternarias.	3
	* Movimientos postmiocenos localizados con indicios de afectar algunas veces al cuaternario.	2
	* Movimientos postmiocenos escasos.	1

Tabla III_{4.1}-6. Ponderación de la Severidad Geológica (SG).

El análisis geomorfológico establece una actividad tectónica pliocena y cuaternaria escasa, aunque puntualmente hay indicios de que esta afectado el cuaternario (fracturas en el escarpe de Alba de Yeltes, basculamiento de la laguna del cristo...) (Figura III_{4.1}-26).



Figura III_{4.1}-26. Fractura normal neogena que pone en contacto las arcosas blancas con lutitas rojas, bajo un nivel de terraza fluvial en Alba de Yeltes.

Finalmente para el cálculo de la severidad geológica (SG), se aplica la siguiente fórmula:

$$SG = SH + PS + AN / 3 = 1$$

Como el resultado es el valor de la unidad, no se realiza cartografía alguna, al tener el sector de estudio el valor "1".

2. Factor de Población Anual (PA). La presencia humana es un parámetro importante a estimar en la evaluación del riesgo sísmico, estimándose en base al número medio de habitantes/año por unidad de superficie. A partir de los habitantes que tiene cada municipio y su relación con los kilómetros cuadrados se asignan coeficientes que muestran la densidad de población mediante el factor de población anual básico (PAb). (Figura III_{4.1}-27 y Cuadro III_{4.1}-7).

Población Anual (PAb)	Coeficiente
PA \geq 100 Hab/Km ²	3
PA 100-50 Hab/Km ²	2
PA \leq 50 Hab/Km ²	1

Cuadro III_{4.1}-7. Ponderación Población eventual (PAb).

Los coeficientes asignados son los siguientes (Cortés Gracia & Maestro González, 1998) (Anexo III_{4.2}):

Para obtener la cartografía de este factor, se realiza una interpolación en base a la densidad de población para cada municipio mediante el algoritmo del inverso de la distancia (IDW), reclasificando y ponderando el resultado cartográfico.

Posteriormente además de valorar los núcleos urbanos tradicionales, se tienen en consideración los sectores con cierta actividad antrópica eventual (Pe): zonas de cultivos, pastizales... Estos sectores se reclasifican a partir del mapa de usos del suelo (cartografía Corine Land Cover), de forma booleana: presencia de población eventual (Pe) (valor 1) o ausencia (valor 0). (Cuadro III_{4.1}-8). (Figura III_{4.1}-28).

Sector Corine (Pe)	Coeficiente
núcleos Urbanos, Cultivos y Otros sectores antrópicos	1
Resto Parámetros Corine	0

Cuadro III_{4.1}-8. Ponderación Población eventual (Pe).

El factor de población Anual Final (PA) (Figura III_{4.1}-29), se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$PA = PAb + Pe.$$

Observando valores muy altos en La Alberca, altos en sectores centrales del ENP de Las Batuecas-S de Francia y al NO y finalmente medios y bajos dispersos por todo el sector de estudio.

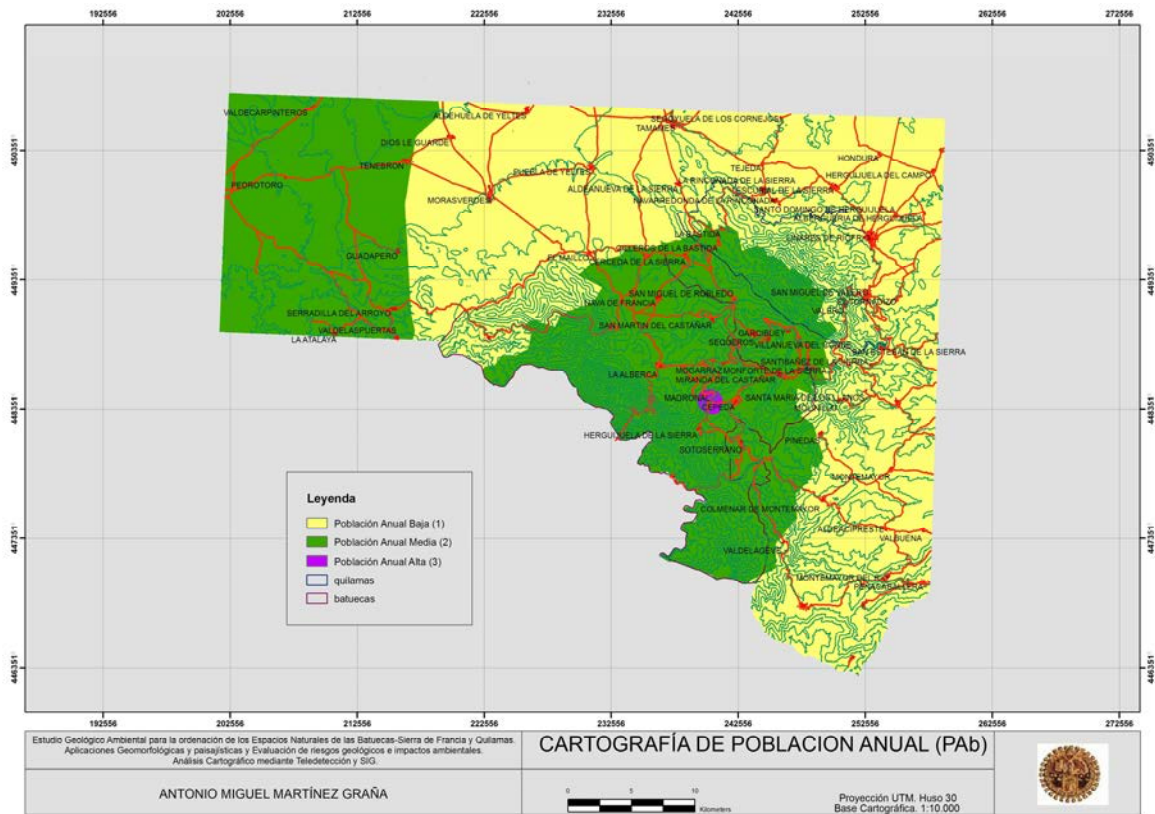


Figura III_{4,1}-27. Cartografía de la Población Anual (PAb)

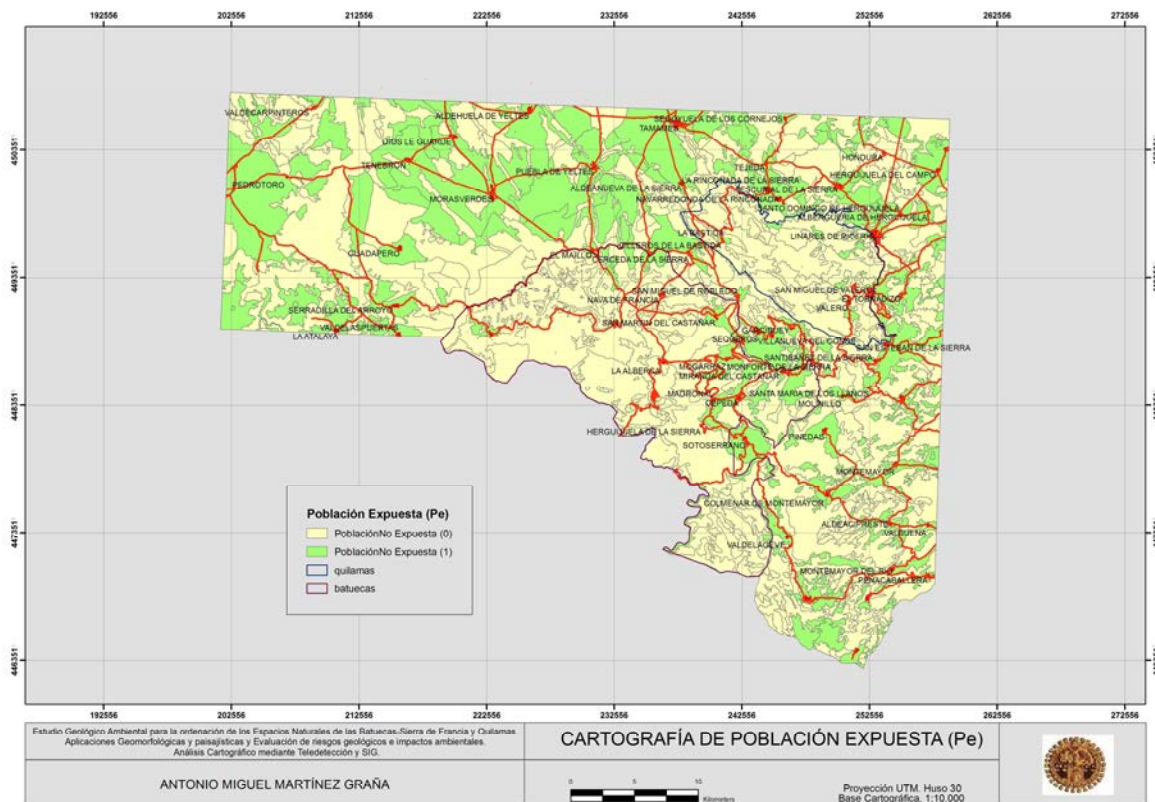


Figura III_{4,1}-28. Cartografía de la Población Expuesta (Pe).

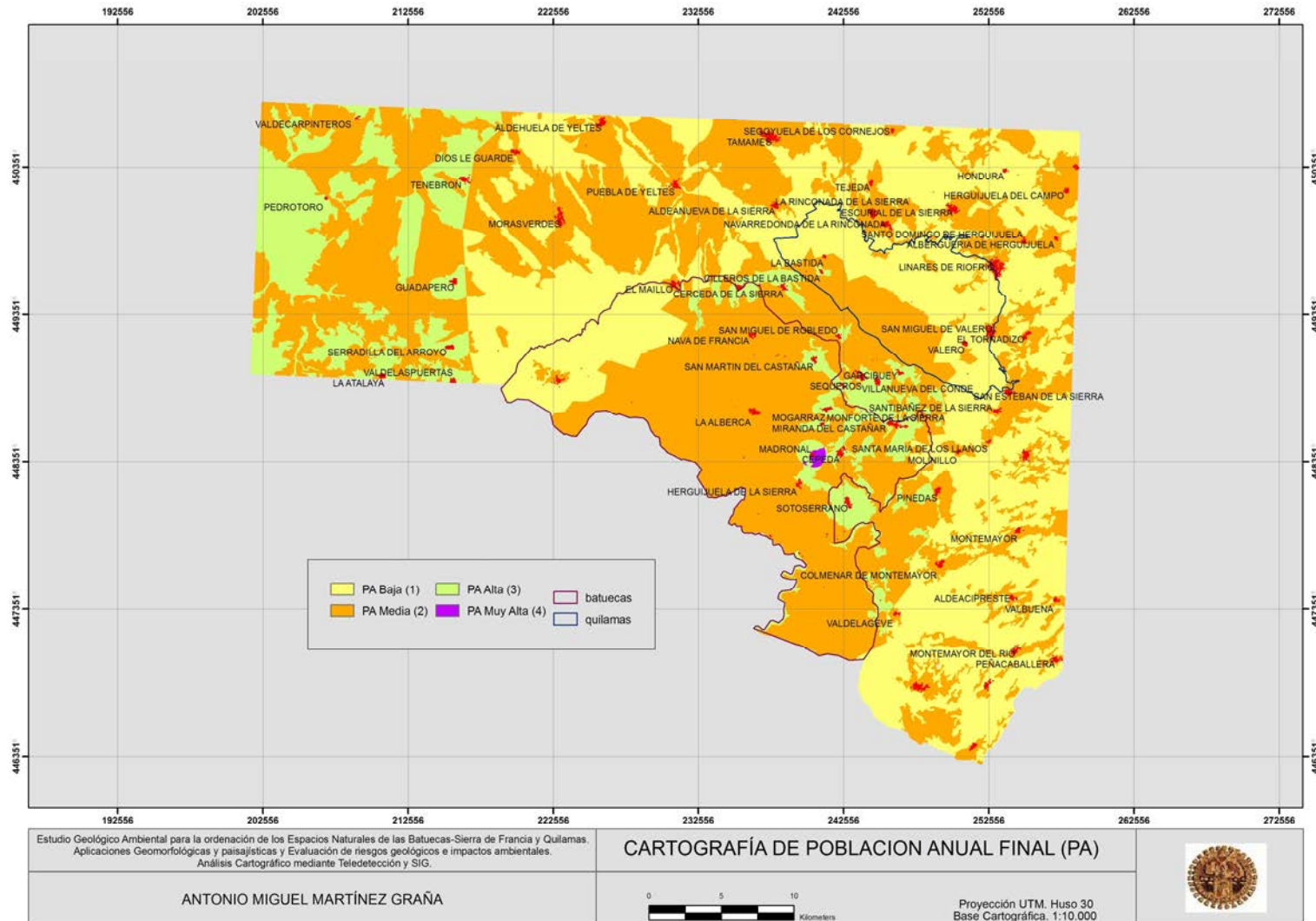


Figura III.4.1-29. Cartografía de zonificación del Grado de Población afectada por posible riesgo sísmico.

3. Riesgo de Catástrofe (RC), que determina el potencial de riesgo geológico capaz de producir daños extraordinarios, destrucción de obras civiles, inestabilidad de laderas, etc. Estos riesgos geológicos potenciales dan lugar a pérdidas humanas y económicas asignando dos coeficientes, uno a los sectores donde se ubican las infraestructuras lineales: carreteras, ferrocarriles...

... y en las zonas donde se han producido o se están produciendo deslizamientos. Para realizar esta cartografía se ha tenido en cuenta la cartografía de inventario de movimientos de ladera y la cartografía de infraestructuras lineales: carreteras. (Figura III_{4,1}-30).

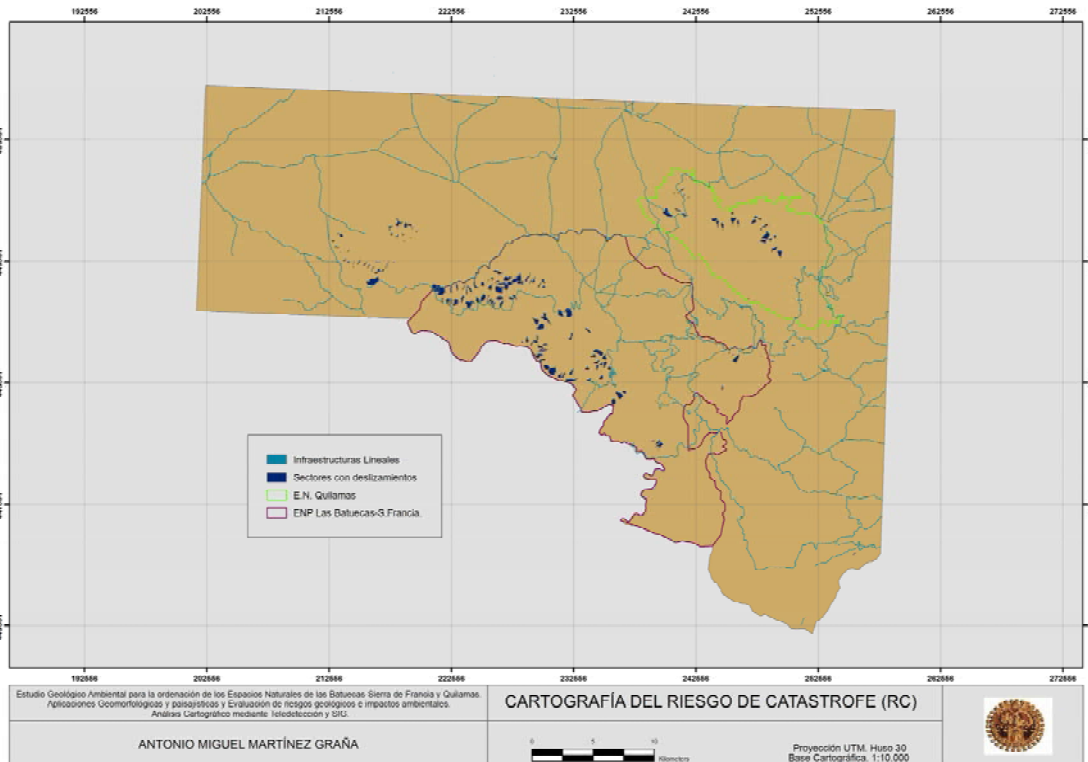


Figura III_{4,1}-30. Cartografía del Riesgo de Catástrofe (RC).

Finalmente se realiza la Cartografía de Sismicidad o del Grado Sísmico (GS) (Figura III_{4,1}-31), mediante la fórmula:

$$GS = SG + PA + RC.$$

La Cartografía resultante no muestra ninguna zona de Muy alto grado de sismicidad, localizando un sector de grado alto, en los alrededores del casco urbano de Cepeda.

El grado sísmico medio se distribuye por el sector entresierras (Garcibuey, Moggarráz, Monforte...), al sur del ENP de Batuecas-S. Francia (Sotoserrano, Pinedas, Valdelageve...) y en el sector Noroccidental de la zona de estudio (Pedrotoro, Tenebrón...).

Finalmente el grado sísmico Bajo se concentra en el ENP de Batuecas-S. Francia y de forma dispersa por el resto de la zona de estudio constituyendo sectores muy dispersos y de poca extensión en el norte y nororiental; y de mayor anchura en el sector noroccidental. El grado sísmico Muy Bajo se distribuye por el sector del ENP de Quilamas, y radialmente al ENP de Las Batuecas-S. Francia.

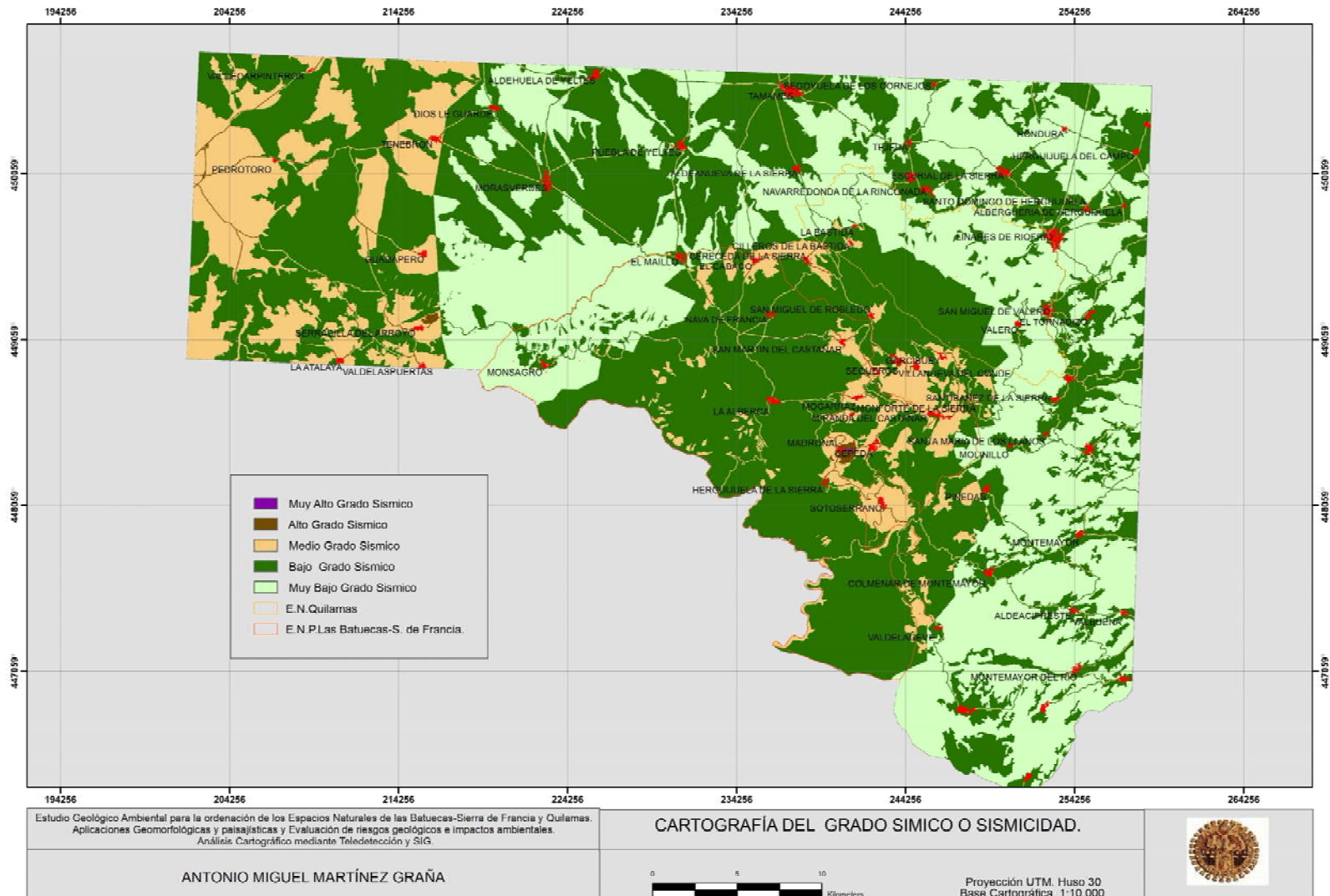


Figura III_{4,1}-31. Cartografía de Sismicidad o Grado Sismico.

Cartografía Textural. El contenido en humedad que puede presentar una formación superficial o bien un suelo, esta directamente relacionada con la tasa de infiltración, de forma que a mayor contenido en agua, la inestabilidad es mayor. Esta inestabilidad de ladera es máxima cuando el suelo está saturado (Figura III_{4.1}-32), y dependiendo ya del factor pendiente, puede o no despegar. Por ello un factor activo a tener en cuenta es la cartografía de grupos hidrológicos de suelos y depósitos superficiales, basada en los

cuatro tipos de infiltración (grupos A/B/C/D), determinados en base a las características texturales de cada tipo de suelo. (Figura III_{4.1}-33). Esta cartografía muestra que la mayor parte de los ENP de estudio se enmarcan en zonas de muy alta susceptibilidad; y quedando la alta en el sector sur (entrecierras y sector S-SE), en cambio las zonas de Baja y Muy Baja susceptibilidad se ubican en los sectores más llanos (zona norte y NO).



Figura III_{4.1}-32. Izq. Canchales deslizando a favor de ladera, y superando los muros de contención de la carretera. Valle de Las Batuecas. Dcha. Deslizamientos superficiales sobre sustratos calizos. Rinconada de la Sierra.

Las actividades antrópicas constituyen igualmente factores desencadenantes de determinados movimientos de ladera, cuyas causas suelen ser de dos tipos: actuaciones sobre las laderas (labores extractivas, excavación en taludes, etc) (Figura III_{4.1}-

34); y alteraciones del régimen natural de infiltración del agua en el terreno. No obstante, como se utilizarán en el Mapa de Vulnerabilidad y Exposición al Riesgo, no se han tenido en cuenta.



Figura III_{4.1}-34. Desprendimientos de talud. Monsagro (Izq.). Deslizamiento rotacional en perfil de alteración en El Maillo. (Dcha).

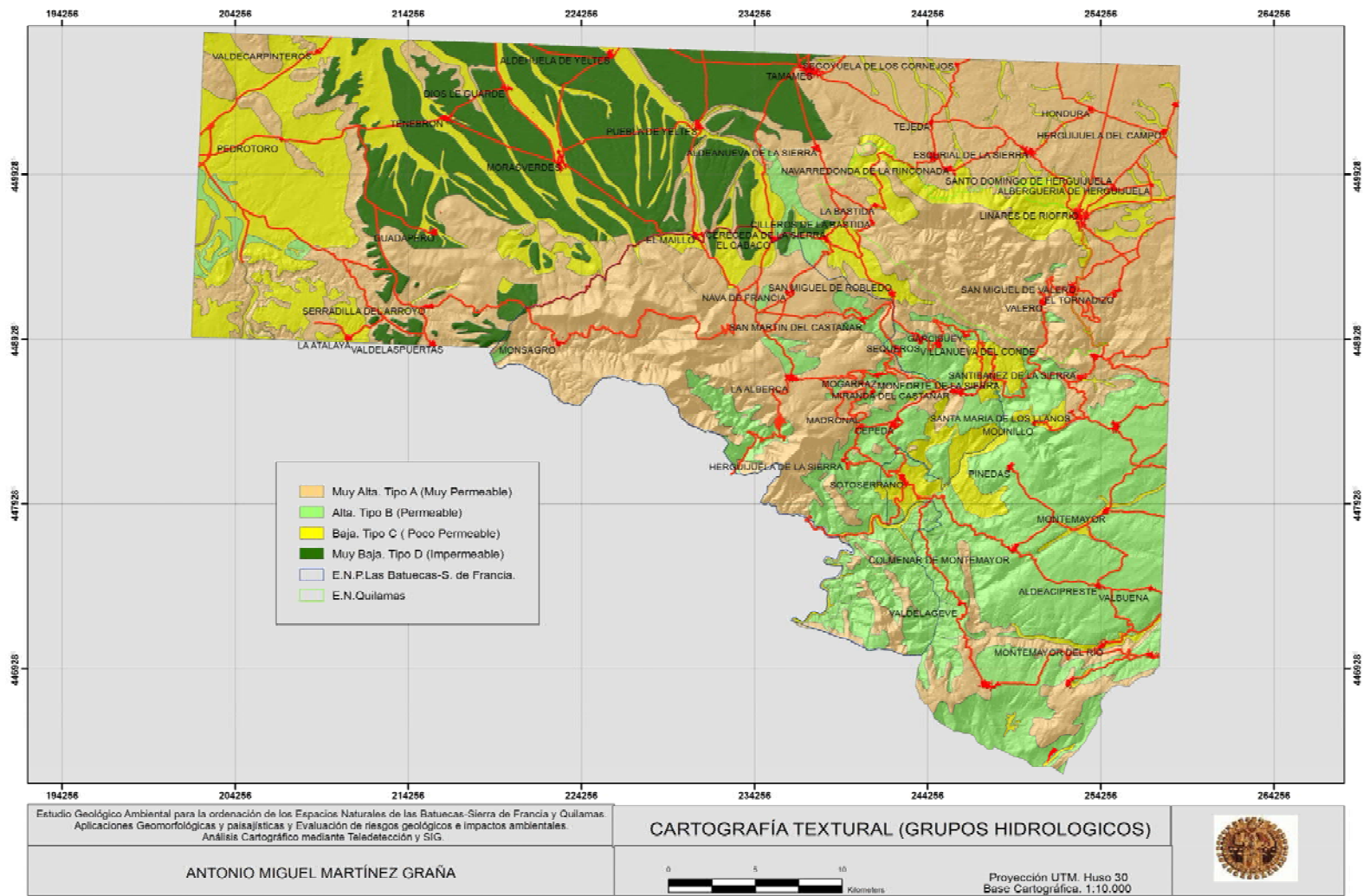


Figura III.4.1-33. Cartografía textural basada en los parámetros hidrológicos en suelos.

Cartografía Geomecánica La evaluación de las propiedades geomecánicas de los macizos rocosos que encontramos en nuestra zona de estudio, se realiza a partir de la obtención de una serie de parámetros geomecánicos, tanto en taludes como en afloramientos, durante tres campañas de campo realizadas entre los años 2006 y 2008, y que nos permite clasificarlos en función de su calidad, proporcionando una idea de su comportamiento frente a procesos dinámicos como movimientos de ladera. Las técnicas SIG facilitan la tarea de la cartografía de zonas susceptible a deslizarse a partir de clasificaciones geomecánicas (Cano et al, 2004).

Las clasificaciones geomecánicas en macizos rocosos constituyen un parámetro básico en el análisis de la inestabilidad de una ladera, al caracterizar y cuantificar su resistencia, además de establecer el comportamiento de estas laderas frente a obra civil.

En Geomorfología (Selby, 1982) se aplican al análisis de la relación entre la pendiente del terreno (pendiente natural) y la resistencia del macizo rocoso, estableciendo el valor de las pendientes de equilibrio (S) en base a su resistencia (Rock Mass Strength -RMS-, Resistencia del Macizo Rocos), determinando una línea de regresión: “ $S=2.46 \text{ RMS} - 126$ ” (Fernandez del Castillo et al, 2004). Esta pendiente de equilibrio se puede perder de dos formas:

1. Cuando la pendiente es mayor que su RMS por causas de tectónica activa, erosión-sedimentación, taludes artificiales y erosión; por lo que intentan volver al equilibrio mediante mecanismos de rotura (plana, en cuña o por vuelco).

2. Pendiente menor que el valor de RMS, lo cual puede deberse a procesos estructurales (diaclasas, fracturas...), procesos de disolución (en yesos y calizas) o por procesos de denudación.

Dado las características fisiográficas del relieve tan abrupto, en muchos de los sectores de los espacios naturales protegidos, tanto de la Sierra de Francia-Batuecas, como de Quilamas, los afloramientos rocosos son predominantes, siendo el análisis cartográfico del índice de calidad de la roca, importante en la estimación de la estabilidad de las ladera, bien en talud de obra civil (carreteras, vías férreas...) o en

afloramientos naturales. En el primer caso el sustrato rocoso suele estar cubierto por formaciones superficiales, inestables, provocando deslizamientos en laderas. La potencia de la formación superficial va a estar relacionada con la litología (parámetro pasivo ya analizado), pues según la dureza del sustrato el grado de meteorización variará dando mayores o menores espesores lo que a su vez condicionará el tipo y grado evolutivo de desarrollo edáfico (grado de infiltración, analizado como factor activo anteriormente).

En el caso de que los materiales sean detríticos, los deslizamientos se producen cuando se manifiesta una inestabilidad en el terreno, la cual esta controlada por dos parámetros:

1. Aumento del esfuerzo de corte. Este incremento puede estar causado por remoción del soporte lateral (procesos erosivos, cortes por carreteras, canteras...), incremento de cargas (peso de lluvia y/o nieve, rellenos antropicos, vegetación...), aumento de presiones laterales (presión hidráulica, expansividad de arcillas, crioclasticidad, raíces...), esfuerzos transitorios (sismicidad, vibración por maquinaria, explosiones...) o por movimientos geológicos (deslizamiento de materiales a favor de fracturas, diaclasas...).

2. Disminución en la resistencia del material, cuyo origen puede ser debido a variación de la consistencia del material (capacidad portante...), variación de las fuerzas intergranulares (disolución, presión hídrica en poros...) o bien por cambios en la estructura del material (generación de planos de debilidad – diaclasas, etc).

Los movimientos del terreno, tal como acabamos de ver, se deben por tanto a causas geológicas, morfológicas, físicas y humanas, por lo que analizando los procesos activos de cada sector deslizado, podemos analizar el proceso causante y los factores potenciales que lo han provocado.

Para el análisis geomecánico de los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, y zonas adyacentes; se ha realizado una cartografía del índice de calidad geomecánica de los diferentes macizos rocosos, para ello hemos utilizado el índice RMR de Bieniawski (Bieniawski, 1989); que nos indica la calidad geomecánica general de un macizo, pero que

puede ser corregido con diferentes factores de ajuste para cada campo de aplicación (cimentaciones, túneles, taludes...), creando una cartografía geomecánica, que representa la calidad del macizo superficial o somero.

La elaboración de la cartografía geomecánica ha seguido una serie de etapas. En primer lugar se han planificado tres campañas de campo para poder recoger datos sobre la calidad de los diferentes macizos rocosos, mediante 15 estaciones geomecánicas de muestreo. Estas estaciones se ubicaron tanto en taludes como en afloramientos naturales.

En cada estación se toman una serie de parámetros mediante una ficha previamente elaborada (Ver Anexo III_{4.3}), en la cual indican las diferentes familias de planos existentes en el afloramiento (Juntas -J-, planos de estratificación -S-, esquistosidad...), midiendo con la brújula y el clinómetro sus direcciones y buzamientos. Posteriormente caracterizamos la resistencia de la matriz rocosa, para lo cual se han consultado diferentes informes geotécnicos de este sector, en los cuales se indicaban los valores de compresión simple de las diferentes litologías, pero no obstante en cada estación se ha calculado la compresión simple mediante la utilización de un esclerómetro o martillo de schmidt (Esclerómetro Marca Controls, Modelo 45-D056). Para ello se han tomado al menos diez medidas de rebote, con la orientación del martillo perpendicular al talud y/o afloramiento, utilizando el valor medio de los cinco valores intermedios, eliminando los valores extremos, y mediante la aplicación del ábaco de resistencia del martillo de Smith (Figura III_{4.1-35}), obtenemos el valor de resistencia rocosa en unidades de Megapascal (MPa).

A continuación, para cada estación geomecánica y en cada ficha, analizamos el índice RQD (Rock Quality Designation) que define el grado de fracturación del macizo rocoso, el cual se estima a partir de la siguiente fórmula:

$$RQD = 115 - 3,3 J_v$$

Siendo “J_v” la relación entre el número de discontinuidades y su longitud media entre discontinuidades de la misma familia,

para 1m³ de macizo. El índice RQD más desfavorable es el que se tiene en cuenta en cada estación geomecánica.

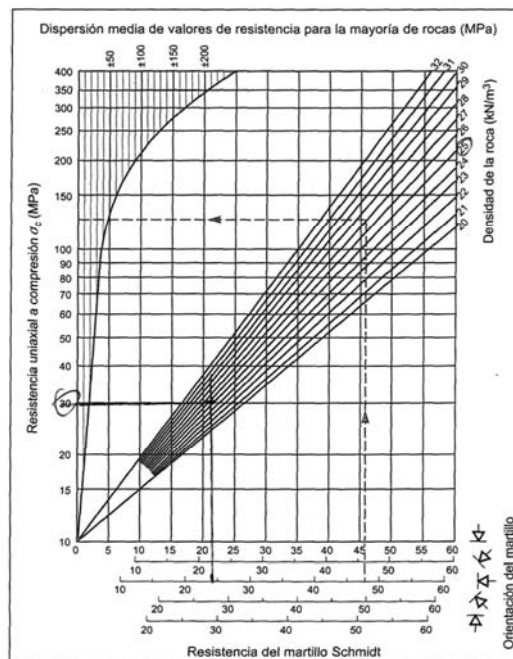


Figura III_{4.1-35}. Aplicación del ábaco del martillo de Smith para el talud nº 3 en San Miguel de Valero sobre pizarras grises y negras, obteniendo una resistencia de 30 MPa.

Otro parámetro a tener en cuenta es la separación entre juntas, la cual se mide directamente con un metro en la estación; y también analizamos el estado de las discontinuidades determinando en el campo, el espaciado, la continuidad, la abertura, la rugosidad, el relleno y el grado de alteración. Finalmente establecemos la presencia de agua freática existente en las juntas, determinando si fuere el caso un caudal aproximado.

Con estos datos de campo se rellena una ficha para cada estación geomecánica y se clasifica según su puntuación (100-1) ponderada según la clasificación de Beniawski, la clase de macizo (I-V), y su calidad (Muy Buena-Muy Mala). El índice RMR, permite estimar el comportamiento geomecánico de la estabilidad de los diferentes taludes frente a obra civil (túneles, carreteras, cimentaciones...), a partir del cálculo de un sumatorio de factores de ajuste, dando lugar al índice SMR (“Slope Mass Rating” de Romana-1985 en González de Vallejo, 2002). Con este índice SMR se establecen las diferentes

clases de estabilidad y recomendación de métodos de soporte y/o corrección.

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

Para calcular la susceptibilidad que tiene el terreno para producir movimientos de ladera, solo hemos tenido en cuenta el índice RMR, no obstante con la cartografía resultante de este índice y los datos de campo, puede fácilmente calcularse el

índice SMR, ya que simplemente hay que sumarle dos factores de ajuste, el primero en función de la orientación de las juntas -F1x F2x F3- (paralelismo entre rumbo de las juntas y la cara del talud -F1-, buzamiento de la junta -F2- y relación entre los buzamientos de la junta y talud -F3-) y el segundo según el método de excavación -F4-. No obstante en la ficha correspondiente a cada estación se indica la dirección y el buzamiento del talud. (Figura III_{4.1}-36).



Figura III_{4.1}-36. Ejemplos de estaciones geomecánicas. Arriba: talud de carretera de pizarras y limonitas en Linares de Riofrío (Izq.) y granitos cerca de San Esteban de la Sierra (Drcha). Abajo Afloramientos naturales: Calizas de Rinconada (Izq.) y Cuarcita armoricana cerca de La Bastida (Drcha).

Mediante el análisis cinemático de roturas en afloramientos rocosos, a partir de la determinación de las discontinuidades existentes y la representación estereográfica de dichas discontinuidades y del propio talud, podemos deducir el tipo de rotura predominante, de forma que:

a) La rotura es plana cuando, en la proyección estereográfica, indicando la orientación del talud y de las discontinuidades, observamos que existe alguna familia de discontinuidades de dirección similar a la del talud pero con buzamiento menor que este. La dirección del movimiento tras producirse la rotura será perpendicular a la dirección del talud y en el sentido del buzamiento del mismo. (Figura III_{4,1}-37).



Figura III_{4,1}-37. Rotura planar en talud de cuarcita. Pastores.

b) La rotura en cuña, se da cuando existen dos familias de discontinuidades con direcciones oblicuas respecto a la dirección del talud, quedando la rotura comprendida entre las dos familias de discontinuidades, de forma que la dirección de avance de la cuña será la de la línea de intersección de ambos planos de discontinuidad, cuya inmersión y dirección se obtienen de la proyección estereográfica. (Figura III_{4,1}-38).

c) La rotura con vuelco, ocurre cuando las dos familias de discontinuidades tienen direcciones subparalelas a las del talud, una de ellas con un buzamiento muy suave y en el mismo sentido que el talud y una segunda familia con un gran buzamiento opuesto al del talud y ligeramente perpendicular al juego anterior, de forma que la primera familia proporciona la superficie sobre la que se deslizarán o girarán los

bloques en función del buzamiento que tengan. (Figura III_{4,1}-39).



Figura III_{4,1}-38. Rotura en cuña en talud de cuarcita armoricana. Monsagro.



Figura III_{4,1}-39. Rotura con vuelco en talud de cuarcita armoricana. Pastores.

El sector N-NO de la zona de estudio presenta sustratos no rocosos, que constituyen materiales detriticos o sedimentos que se comportan como materiales sueltos: conglomerados, arenas, arcillas y limos.

Para cuantificar el peligro potencial de deslizamiento, se podrían realizar análisis de estabilidad, en base a métodos de estabilidad basados en equilibrio límite del suelo, a partir de los factores principales que influyen en la resistencia del suelos, pero como las pendientes son bajas y la susceptibilidad al deslizamiento es muy baja no, se han valorado como calidad geomecánica nula, al ser materiales detriticos.

Los datos de las estaciones geomecánicas clasifican cada unidad litológica, por ello esta cartografía (Figura III_{4,1}-40) sólo es válida para estimar la peligrosidad al movimiento con los valores de los diferentes parámetros, y para proyectos de ingeniería, deben de realizarse los ensayos pertinentes en el sector de actuación.

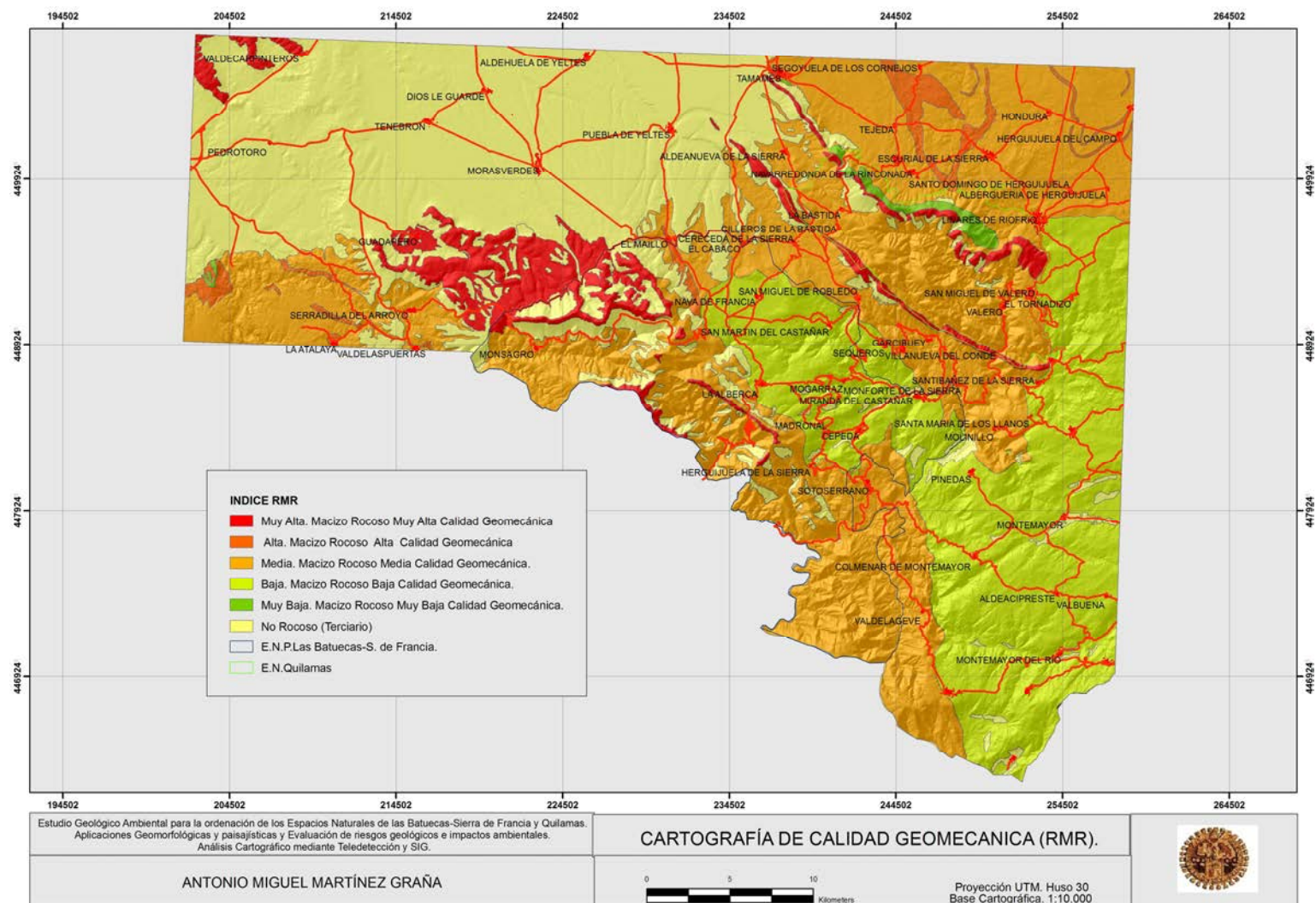


Figura III_{4,1}-40. Cartografía de Calidad Geomecánica (RMR).

En el caso de obra civil: infraestructuras (carreteras, vías férreas, etc.) para taludes, deberán calcularse los parámetros correctores del índice SMR, para cada caso particular, siendo útil el valor del índice RMR calculado en este trabajo, para estimar en fase de anteproyecto las posibles orientaciones de la infraestructura.

En la cartografía obtenida, se observa como la calidad geomecánica muy alta y alta se distribuye por los afloramientos de cuarcitas muy resistentes; constituyendo zonas de menor peligrosidad al deslizamiento, pues son macizos muy estables y competentes. La calidad geomecánica media incluye ambos ENP y el sector más occidental, mientras que la calidad baja y muy baja se encuentra en los afloramientos carbonatados y graníticos alterados que presentan susceptibilidad muy alta al presentar calidades geomecánicas bajas y muy bajas.

Cartografía de Fracturación y Lineamientos. La presencia de fracturas en el terreno determinan zonas propensas a sufrir fenómenos de movimientos de ladera, ya que constituyen grietas o superficies de rotura que potencian el despegue de un material suprayacente con respecto al subyacente.

La metodología seguida en la determinación de los sectores de debilidad, se han digitalizado las fracturas, sobre la ortofotografía a escala 1/10.000 desde la cartografía geológica del Plan Magna, a escala 1/50.000. Para ello se ha rectificado y georeferenciado la cartografía geológica mediante técnicas SIG (ArcGIS 9.2).

Posteriormente se ha realizado en base a las curvas topográficas y puntos acotados a escala 1/10.000 un modelo Digital del Terreno, a partir del cual se ha realizado un sombreado, al cual se le han aplicado filtros de baja resolución (píxeles 3x3) para resaltar los lineamientos del sector de estudio, los cuales se ha procedido a digitalizar.

La elaboración de la cartografía de susceptibilidad (Figura III_{4.1}-41) a movimientos del terreno, parte del trazado tanto de fracturas como de lineamientos y se ha generado una anchura (buffer) de afección de 50 metros a ambos lados de cada línea, estableciendo estos sectores como zonas de alto riesgo al deslizamiento por cercanía de zona de debilidad o fractura. Finalmente se reclasifican con valores "0" en aquellos sectores donde no hay influencia de la fracturación y lineamientos y valor "1" para aquellos sectores ubicados dentro de la zona de afección de fracturas y lineamientos.

Se observa como los diferentes sistemas de fracturas conservan las direcciones dominantes NE-SO, mostrando los lineamientos sistemas conjugados NO-SE.

Destacan tres grandes sectores con intensa fracturación, el primero es el EN de Quilamas donde se aprecian diferentes fracturas que cortan perpendicularmente al eje de las Sierras de Tamames y Quilamas. Estas fracturas no se aprecian en el campo, aunque las técnicas de fointerpretación, permiten delimitarlas fácilmente, ya que configuran valles, muy marcados, como ocurre en la ladera norte de Quilamas, sector de Rinconada de la Sierra.

Otro sector con una intensa fracturación se ubica en la zona entre ambas sierras, correspondiente a la superficie degradada donde afloran los materiales graníticos, y donde se emplazan poblaciones como la Nava de Francia, San Martín del Castañar...

La tercera zona se localiza al igual que la anterior sobre sustrato granítico pero en el SE de la zona de estudio, englobando a las poblaciones de Valdegeve, Montemayor del Río, Peñacaballera, etc. En este sector la red de drenaje se instala preferentemente siguiendo el trazado marcado por las fracturas.

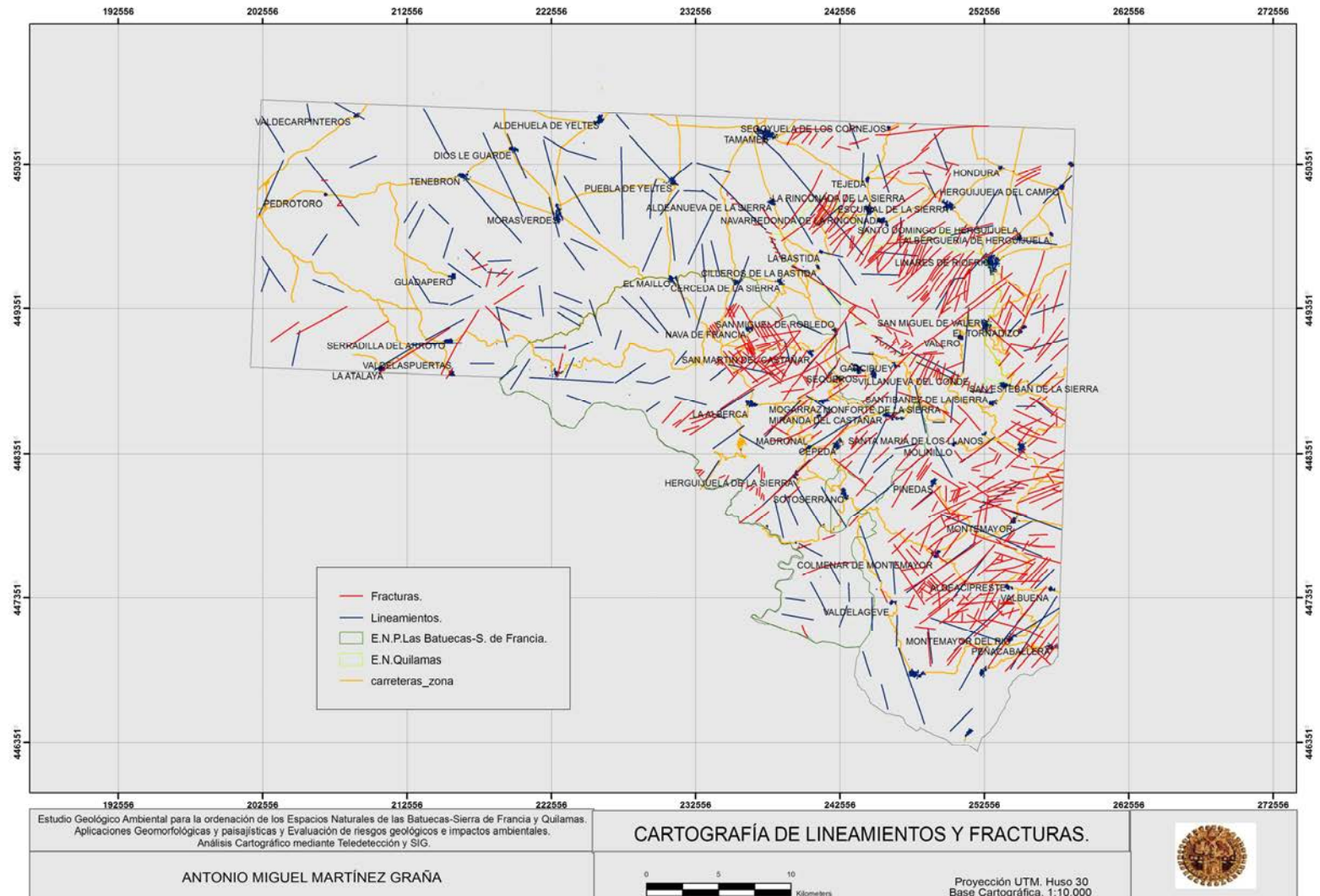


Figura III_{4.1}-41. Cartografía de Lineamientos y Fracturas.

Cartografía de Precipitaciones máximas diarias. El porcentaje de precipitaciones máximas diarias condiciona la cantidad de agua que llega al suelo, influyendo en el grado de saturación del mismo, de forma que la presión hidrostática pueda producir una inestabilización del suelo. Además, tal como se ha comentado en el apartado de erosión de suelos, no sólo el volumen hídrico es un parámetro a tener en cuenta, sino la intensidad de lluvia, que provoca el efecto golpeo o “splash”, contribuye notablemente a la remoción del suelo, por lo que es importante tener en cuenta las precipitaciones máximas en 24 horas, pues analizar la intensidad horaria de cada 24 horas no es factible al no disponer de

registros detallados en muchas de las estaciones.

En el análisis de riesgos por inestabilidad de ladera, la combinación de los modelos de susceptibilidad con uno o varios agentes desencadenantes, permite obtener un modelo de peligrosidad, siendo las condiciones climáticas y en particular las precipitaciones máximas en 24 horas, uno de los agentes desencadenantes principales (Corominas & Moya, 1999, Lastra et al, 2004).

La pluviosidad influye directamente en la estabilidad de los materiales determinando la forma, incidencia y magnitud de los deslizamientos, activando el despegue la saturación del terreno, en suelos. (Figura III_{4.1}-42).



Figura III_{4.1}-42. Deslizamiento superficial con reactivaciones en épocas de intensas precipitaciones. Serradilla del Llano.

El análisis de la influencia de estas precipitaciones en los procesos de movimientos del terreno, pasa por analizar el ciclo climático para un periodo de años (periodos de altas-bajas precipitaciones anuales), la acumulación de pluviosidad en un año determinado en relación con la acumulación normal o bien la intensidad de una tormenta específica. Estudios de diferentes autores, indican que la acumulación de la precipitación aumenta la saturación del terreno elevando el nivel freático, con lo que una tormenta durante la época seca o comienzo de la húmeda generaría una

inestabilidad menor que la misma tormenta al final de la época húmeda. Por ello, ya se tiene en cuenta como parámetro pasivo, la cartografía de unidades hidrogeológicas, que nos da idea de la facilidad de saturación de cada unidad, aunque no tengamos datos de isopiezas, y podemos sectorizar la zona de estudio en base a la precipitación máxima diaria que influye directamente en la inestabilidad de las laderas.

Los temporales de gran intensidad y corta duración provocan deslizamientos superficiales, corrientes de derrubios y desprendimientos, mientras que los eventos

lluviosos de intensidad baja o moderada prolongados durante semanas reactivan deslizamientos y flujos de detritos. No obstante, la acción antropica (deforestación, sobrecargas, variación de infiltración del terreno...) favorece las roturas del terreno que en épocas anormalmente húmedas se inestabilizan y reactivan, dependiendo el comportamiento del contexto geológico-geomorfológico (Corominas, 2006).

Se han utilizado los valores de precipitación máxima en 24 horas de 14 estaciones meteorológicas que se disponen en el interior y alrededor del sector de estudio (Cuadro III_{4.1}-9), a partir de los cuales se ha procedido a realizar un análisis geoestadístico que nos ha permitido interpolar los valores para todo el territorio de estudio, utilizando la técnica del inverso de

la distancia (IDW) mediante ArcGis 9.2; habitualmente utilizada en estudios de precipitación (Lastra et al, 2004).

Para la distribución por clases se sigue la clasificación utilizada en los estudios de susceptibilidad climática frente a deslizamientos en la España Peninsular, para flujos y deslizamientos superficiales (Ferrer, 1988):

Baja: Pmax. (24h) < 100 mm/día, con valor "1" en el análisis cartográfico.

Media: Pmax. (24h) 100-200 mm/día, con valor 2.

Alta: Pmax. (24h) 200-400 mm/día, con valor 3.

Muy Alta: Pmax. (24h) > 400 mm /día, con valor 4

Estación	Registro años	P máx. (24 h)	Coordenadas
Casafranca (2-844)	1966/1990	84.5 (1986)	5° 46'W/ 40°35'N
Cristóbal (3-4841)	1973/1990	88.4 (1986)	5° 54'W/ 40° 28'N
Hervás (3-504)	1941/1986	190.1 (1954)	5° 51'W/ 40° 16'N
La Alberca (3-493)	1941/1987	229 (1955)	6° 9'W/ 40° 28'N
Linares de Riofrio (3-488)	1967/1990	137 (1987)	5° 55'W/40°35'N
Monleón (3-482e)	1969/1990	160 (1969)	5° 51'W/40° 35'N
Pastores (2-944)	1972/1990	81 (1988)	6° 31'W/40° 31'N
Rinconada (2-903)	1951/1990	145 (1989)	6° 01'W/ 40°37'N
Santi-Spiritus (2-922)	1972/1990	65 (1988)	6° 24'W/ 40° 42'N
Serradilla del Llano (2-941)	1967/1990	75 (1982)	6° 21'W/ 40° 30'N
Sotoseirano (3-492)	1966/1990	96.7 (1972)	6° 2'W/ 40° 26'N
Tejeda y Segoyuela (2-904)	1951/1990	108.4 (1989)	6° 1'W/ 40°38'N
Valero de la Sierra (3-4841)	1953/1988	172 (1969)	5° 57'W/ 40°32'N

Cuadro III_{4.1}-9. Registro precipitaciones (24 h) en diferentes estaciones.

La integración ponderada de este parámetro y los demás parámetros desencadenantes, y los factores pasivos, permiten desarrollar un modelo de peligrosidad territorial (Figura III_{4.1}-43) frente a deslizamientos superficiales, observándose en estos ENP, donde hay valores con precipitaciones Bajas (sector Oeste: Guadapero, Pedrotoro, Dios Le Guarde, Tenebrón... y alrededores de Cristóbal), Altas (La Alberca-Peña de Francia), y Medias en el resto de los sectores, con ausencia de valores muy altos.

Cartografía de Erosión. Los fenómenos de erosión constituyen un factor desencadenante primordial en la generación de

movimientos de ladera, por ello se ha tenido en cuenta la cartografía final del riesgo de erosión hídrica y eólica en la zona de estudio. Hemos considerado también la eólica dado que, aunque se ha visto que influye muy poco, la pérdida de volumen sedimentario puede facilitar el despeque.

Los fenómenos erosivos acentúan la facilidad de movimientos de terreno, ya que permiten un incremento de la velocidad del agua, sobre todo en pendientes sin protección (zonas deforestadas). Mientras que en zonas con vegetación, ésta ayuda a estabilizar el suelo, atrapando y fijando sedimento (Figura III_{4.1}-44. Izq.)

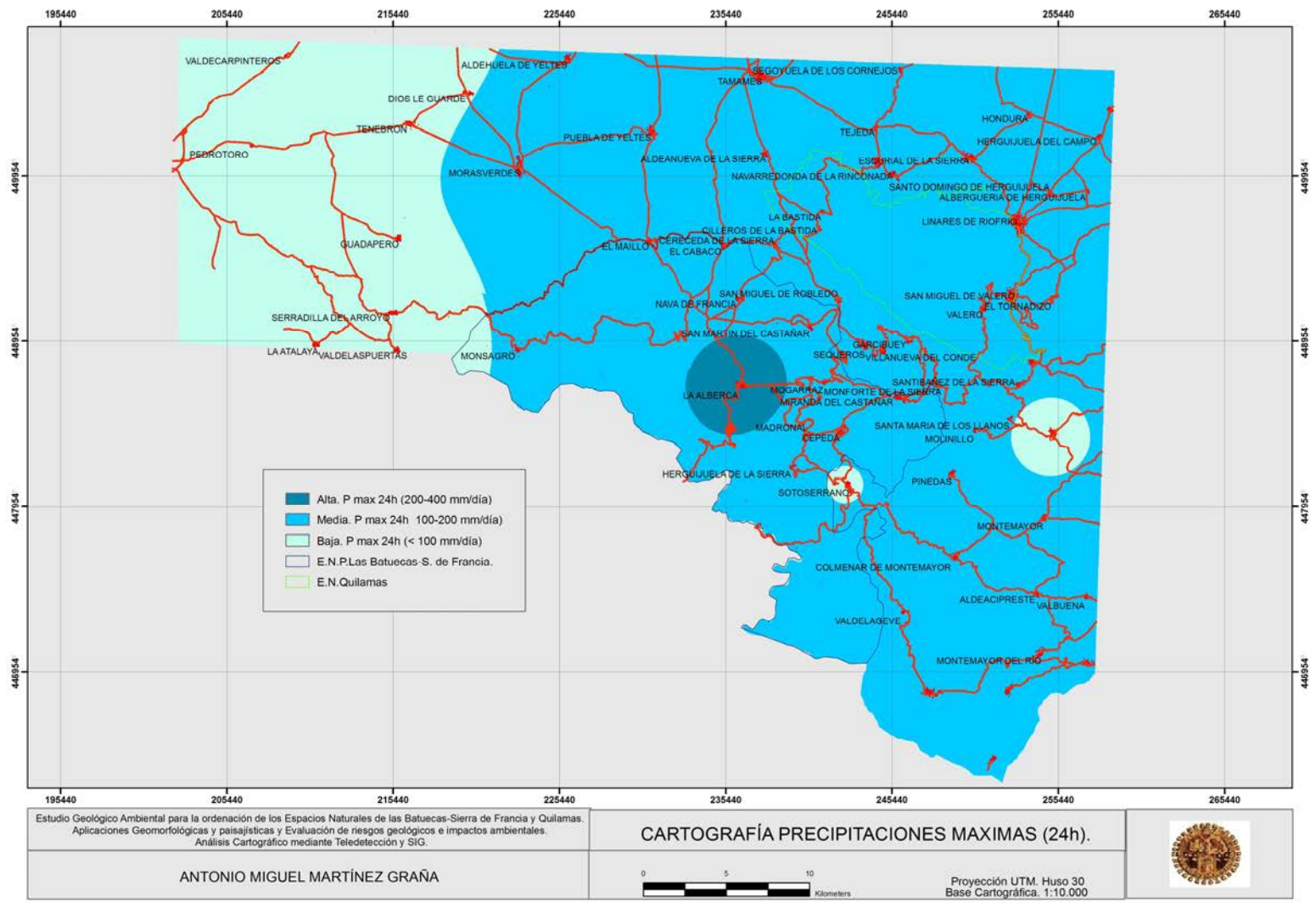


Figura III_{4,1}-43. Cartografía de Precipitaciones Máximas (24 h).

Los procesos erosivos pueden inestabilizar por descalce infraestructuras de obra civil, edificaciones o pavimentaciones, que en zona de cierta pendiente incrementan la inestabilidad de la propia

ladera o talud. Asimismo el propio arrastre de la masa deslizada provoca una fuerza de empuje que inestabiliza la ladera, llegando a romper estructuras de contención. (Figura III_{4.1}-44. Dcha.).



Figura III_{4.1}-44. Izq: Procesos de erosión intensa que favorecen la remoción en masa de las formaciones superficiales. Monsagro. Dcha: Desestabilización del muro de contención de un canchal. Paso de Los Lobos. Monsagro.

La Cartografía de erosión determina un grado erosivo elevado en sectores topográficamente elevados (Sierra de Francia y Quilamas), disminuyendo con la topografía y la menor pendiente del terreno a grado medio (Sierras de Valdefuentes y Carazo, Pinedas...) y grado bajo en las zonas vegetadas o de pendientes muy bajas. (Figura III_{4.1}-45).

Resultados de la Cartografía de Peligrosidad.

En base a la cartografía de todos los parámetros activos descritos anteriormente, sumando la Cartografía de Susceptibilidad a los movimientos de ladera, obtenemos la Cartografía de Peligrosidad por Movimientos de Ladera. (Figura III_{4.1}-47).

Los valores de susceptibilidad más elevados se dan en el sector centro-sur, donde existen gran número de deslizamientos superficiales, coincidiendo con zonas de marcada influencia litológica y geomorfológica, siguiendo la traza de la estructura geológica con alternancia de materiales más o menos resistentes con zonas de roquedos de cuarcita armoricana y canchales, respectivamente.

La peligrosidad por movimientos de ladera, muestra sectores con peligrosidad

muy alta que se distribuyen de forma muy puntual en las zonas de laderas altas, donde se encuentran las Sierras del Carazo y Valdefuentes y de Quilamas, en las que hay deslizamientos activos actualmente y presencia de numerosos campos de canchales. Igualmente presentan una peligrosidad muy alta al riesgo de movimiento de ladera zonas concretas entre las localidades de Sotoserrano y Pinedas.

La peligrosidad alta se presenta en las cumbres y laderas con incisiones de los restantes sectores de sierra (Sierra de Tamames, Sierra de Francia, Sierra del Castillo, Sierra de La Alberca, Sierra del carazo y Valdefuentes, y otros sectores a menor cota San Miguel de Valero, La Bastida ...

Peligrosidad media presentan las laderas onduladas y topografía menos acusada (Aldeacipreste, Montemayor del Río, Tejeda y Segoyuela, Herguijuela del Campo...).

Los sectores de peligrosidad Baja se concentran en el piedemonte de la sierra, abundando en el sector NO de la zona de estudio (Pedroto, Tenebrón, Dios Le Guarde...); y peligrosidad muy baja en zonas tendidas y vegetadas (Tamames, Aldehuela de Yeltes, Nava de Francia...).

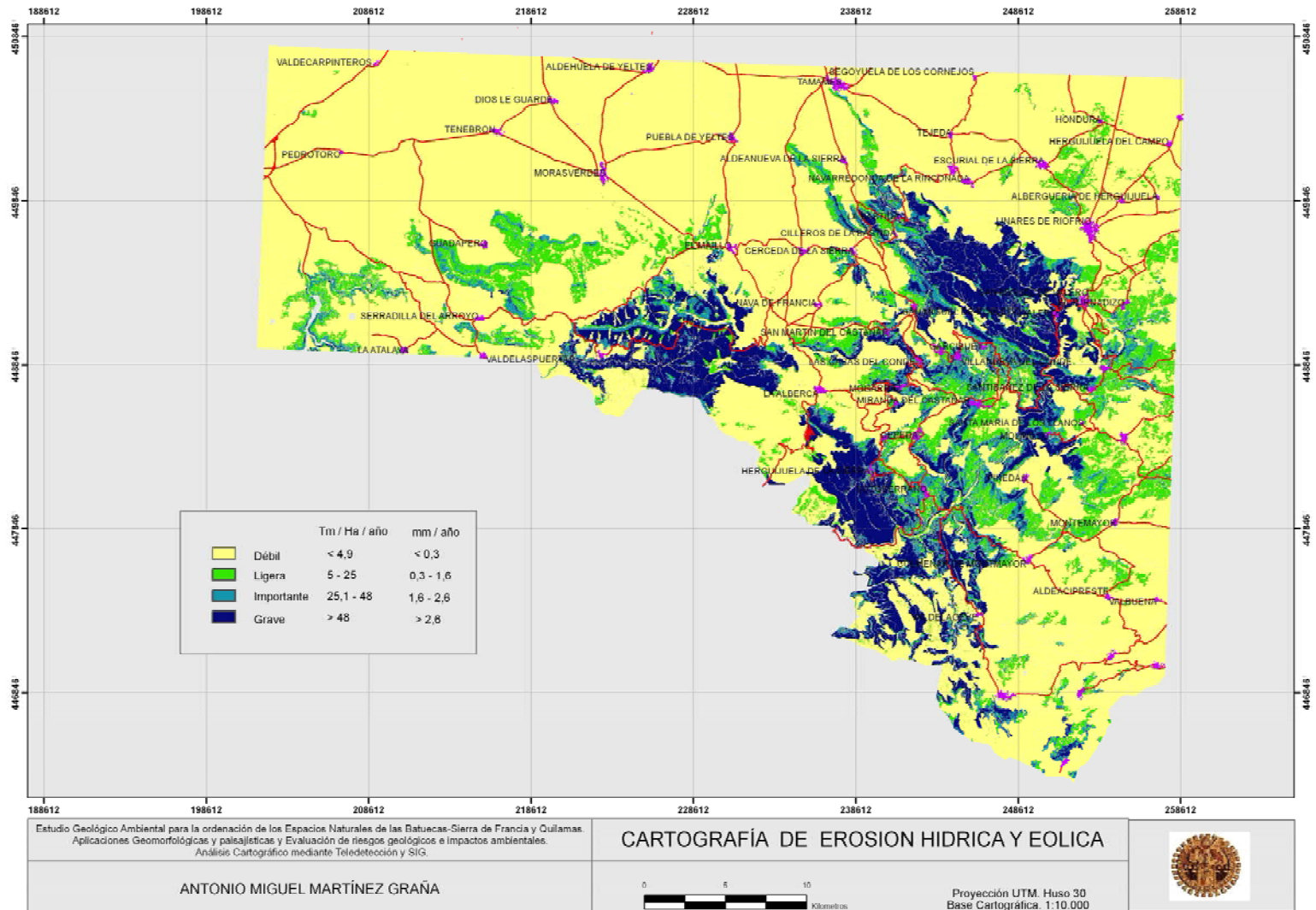


Figura III_{4,1}-45. Cartografía de Erosión Hidrica y Eólica susceptible a Movimientos de Ladera.

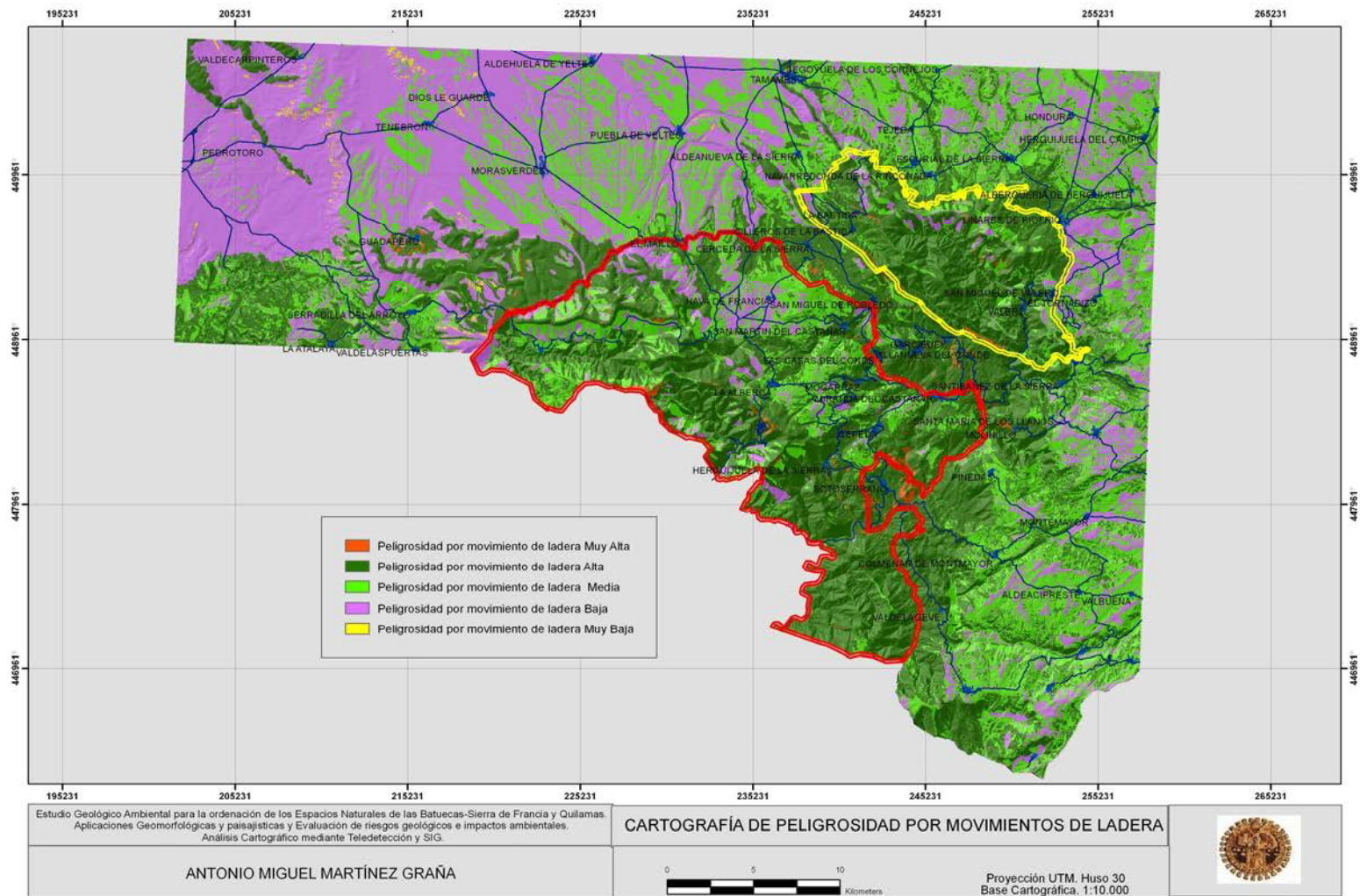


Figura III_{4,1}-46. Cartografía de Peligrosidad por Movimientos de Ladera

III_{4.1.8} Análisis y Cartografía de Riesgo por Movimientos de Ladera.

Para la elaboración del Mapa de Riesgo por movimientos de ladera, una vez calculado el Mapa de Peligrosidad, que se ha estimado teniendo en cuenta la Cartografía de Susceptibilidad; se procede a realizar las dos cartografías restantes, que constituyen el Mapa de Vulnerabilidad al Riesgo y el Mapa de Exposición al Riesgo.

Cartografía de Vulnerabilidad (V), muestra el tipo de vulnerabilidad: social (presencia humana), estructural (edificaciones), económica (cultivos) cultural (monumentos) y medioambiental (espacios naturales); indicando si se produce o no daño (valores entre 0 y 1). Con esta información realizamos el Mapa de Vulnerabilidad, el cual nos da una estimación de las pérdidas potenciales. En nuestro análisis se han tenido en cuenta como zonas Vulnerables o potenciales de “Daño”, los núcleos urbanos, infraestructuras lineales (carreteras) y sectores agrícolas, dándoles un valor 1. Los sectores no incluidos en los anteriores atributos se consideran zonas No Vulnerables o de “No Daño”, asignándoles un valor 0.

La Cartografía de Vulnerabilidad resultante (Figura III_{4.1-47}), muestra una gran dispersión entre sectores vulnerables y no vulnerables. Las zonas vulnerables, son más extensas y abundantes en los sectores N y NO de la zona de estudio (Pedrotoro, Tenebrón Dios Le Guarde, Puebla de Yeltes, Tamames...), presentando una menor extensión y más dispersión en el resto de sectores tanto en la periferia del EN de Quilamas (Navarredonda de la Rinconada, San Esteban de la Sierra, Herguijuela del Campo...) como en el centro del ENP de Las Batuecas-S. de Francia (Garcibuey, Monforte de la Sierra, Cepeda, Sequeros...) y periferia (Sotoserra-no, Aldeacipreste, Balbuena, Pañacaballera, Molinillo...).

Cartografía de Exposición (E), identifica y valora los elementos (sociales, estructurales...) que pueden ser afectados, en términos de valor o coste (€/m^2 ; víctimas/ Km^2), elaborando el Mapa de Exposición (Figura III_{4.1-48}), el cual nos da una estimación del coste o valor de los elementos expuestos. Para nuestro estudio hemos ponderado estos valores por orden

de magnitud del costo del daño, de forma que los valores mayores se corresponden con los sectores donde se puedan producir víctimas humanas, agrupando en primer lugar a los núcleos de población y posteriormente aquellas zonas con probabilidad de presencia humana dispersa y/o alternante, los valores intermedios se dan a sectores donde las pérdidas pueden ser materiales y finalmente los valores menores aquellos sectores territoriales que en caso de deslizamientos en coste del daño sea nulo.

El valor del atributo cultivos, se realizó en base a una reclasificación del Mapa de Usos del Suelo, de forma que se han valorado los núcleos urbanos (valor 5), las infraestructuras (valor 3), las zonas de pastizal y cultivos dispersos (valor 2) y resto de zonas con vegetación natural y repoblaciones (valor 1).

La Cartografía de Exposición muestra como zonas de exposición Muy Alta se corresponden con los asentamientos humanos, delimitando el casco urbano de las diferentes localidades existentes en el sector de estudio. El grado de exposición Alto, se corresponde con los sectores de infraestructuras donde la periodicidad y frecuencia humana es importante, con lo que se delimitan las carreteras principales, de mayor tránsito (nacionales y locales), que son las que comunican las diferentes localidades. El grado de exposición al riesgo Medio se encuentra más disperso, de forma que es amplio en los sectores de terrazas y superficies más tendidas del piedemonte (Morasverdes, Pedrotoro, Aldehuela de Yeltes, Guadapero...) y en sectores de la ladera Norte y Este de la sierra de Tamames (Navarredonda de la Rinconada, San Esteban de la Sierra, Tejeda y Segoyuela, Linares de Riofrío...) y centro (Sequeros, Garcibuey, Miranda del Castañar...) y periferia (Sotoserrano, Pinedas...) del ENP de las Batuecas-Sierra de Francia.

Resultados de la Cartografía de Riesgo por movimientos de ladera.

Superponiendo, mediante técnicas SIG las tres cartografías resultantes: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición, obtenemos el Mapa de Riesgos por Movimientos de Ladera, evaluando las pérdidas esperables.

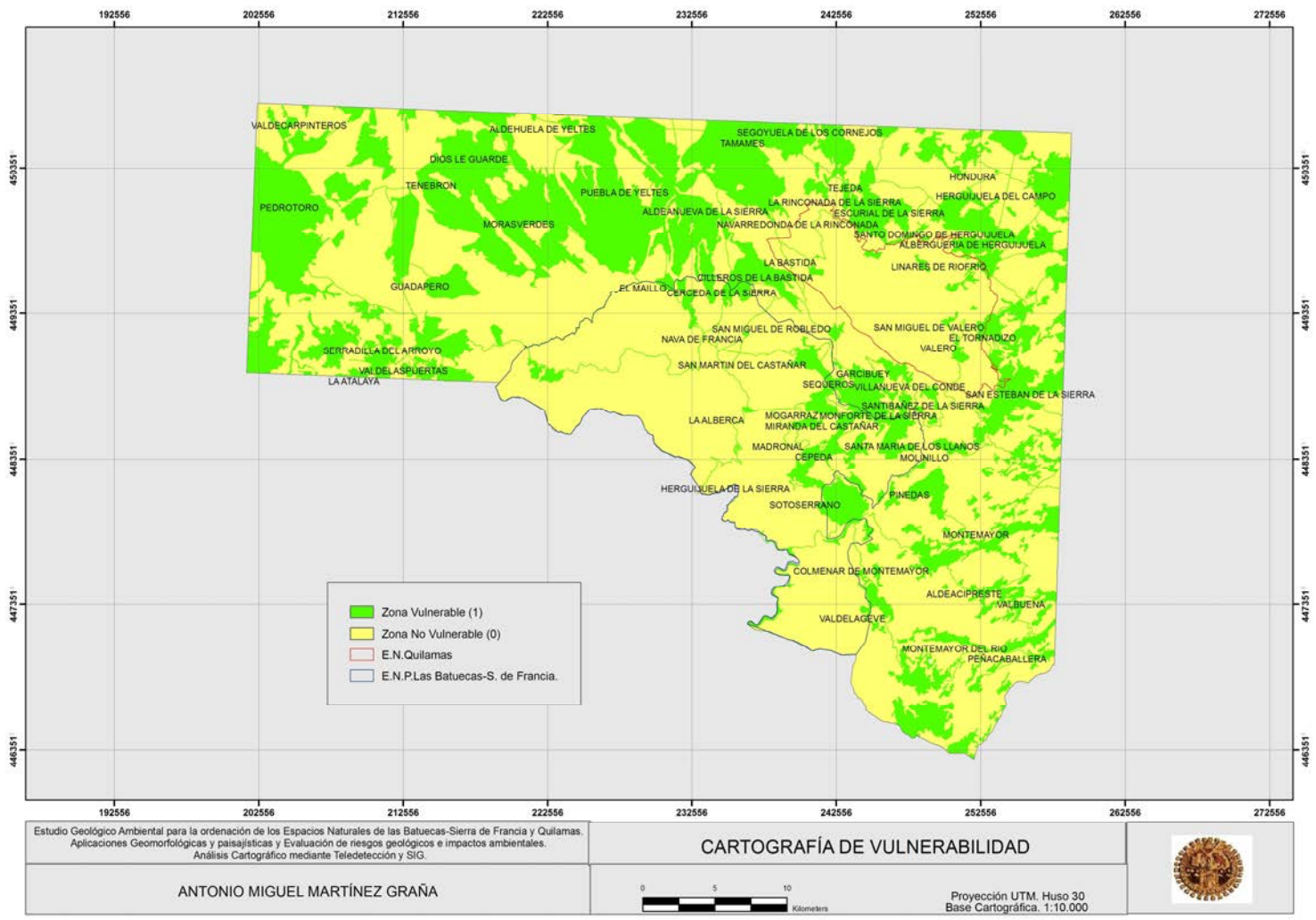


Figura III_{4.1}-47. Cartografía de Vulnerabilidad al Riesgo por Deslizamientos.

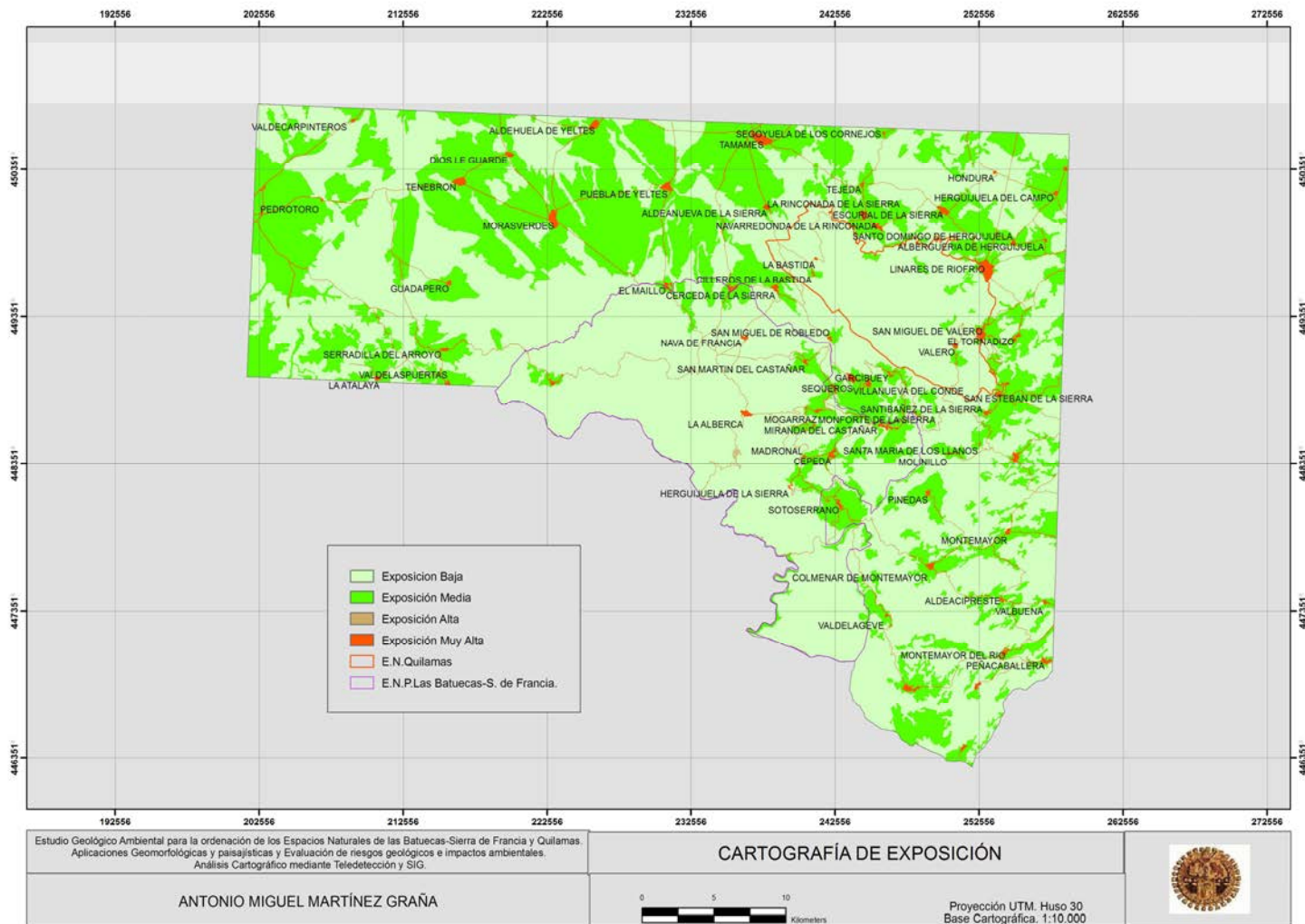


Figura III_{4,1}-48. Cartografía de Exposición al Riesgo por Deslizamientos.

Como se aprecia en la cartografía de riesgos, los sectores con riesgo muy alto, se localizan próximas a la base pie de los relieves escarpados y abruptos donde se asientan núcleos de población, hay presencia de fracturas y/o carreteras (Guadapero, Valero, Sotoserrano...). Los sectores con riesgo alto, predominan en los dominios geomorfológicos de incisiones fluviales, donde las pendientes son elevadas (Sierra de Quilamas, Monsagro, Pastores, Valdelegeve...); así como en zonas de laderas escarpadas (Pinedas, Herguijuela de la Sierra, San Esteban de la Sierra, Monsagro...) (Figura III_{4,1}-49). El riesgo medio se distribuye en zonas que se encuentran rodeadas de relieve acentuado, formando zonas de colmatación y en sectores de superficies ligeramente tendidas (Morasverdes, Tenebrón, La Alberca...).



Figura III_{4,1}-49. Pendientes altas provocan la rotura del muro contención. Monsagro.

En cuanto a los sectores clasificados como de riesgo bajo, aparecen en zonas topográficamente llanas, o bien en zonas con cierta regularidad del terreno, como son dominios de terrazas, pedimentos o superficies degradadas (Nava de Francia, Pedrotoro, Hondura, Valdecarpinteros...). La presencia humana y de infraestructuras esta muy dispersa por todo el sector de estudio, tanto a nivel urbano como de actividades antrópicas (agricultura y ganadería) presentando igualmente unos condicionantes naturales (litológicos, geotécnicos, etc), lo cual hace que el riesgo muy bajo sea en zonas muy puntuales y poco extensas (oeste de Aldehuela del Yeltes, este de Serradilla del Arroyo...).

Para determinar el error final del proceso de elaboración de estas cartografías de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo por movimientos de ladera, o lo que es lo

mismo, validar el proceso, se suelen utilizar dos métodos: el método físico, basado en analizar cada fenómeno de movimiento de ladera, acotando el error en cada uno de ellos y el método estadístico, que consiste en analizar el resultado final y contrastar su calidad con un test estadístico sobre una muestra de datos de comprobación representativa del sector de estudio, independientemente de lo que ocurre en cada uno de ellos. El método de validación utilizado en este estudio ha sido el físico, consistente en contrastar la calidad del mapa de riesgos por movimientos de ladera con la ubicación de los movimientos de ladera existentes en los espacios naturales analizados y zonas de influencia, cartografiados en el mapa inventario. Los resultados de este análisis establecen una buena correlación, quedando ubicados los movimientos ocurridos en el pasado e identificados en campo, con las zonas de riesgo Alto y Muy Alta obtenidas a partir del análisis cartográfico de este estudio, lo cual permite concluir que es un método adecuado para análisis en sectores amplios a costes reducidos, de gran utilidad en la planificación de Espacios Naturales.

La Cartografía de Riesgos por Movimientos de Ladera, integra la susceptibilidad, peligrosidad, vulnerabilidad y exposición. (Figura III_{4,1}-50 y Mapa 4 Anexo Cartográfico).

El riesgo a producirse desprendimientos en afloramientos rocosos coincide, en nuestro sector (Figura III_{4,1}-51), con taludes verticales o casi verticales, de forma que se producen caídas libres de bloques sueltos o múltiples. En las formaciones superficiales se producen por acciones antrópicas (socavación de taludes) o por procesos naturales: erosión. No obstante, hay zonas rocosas con meteorización diferencial importante, que presentan desprendimientos del saprolito.

Los deslizamientos traslacionales se dan en rocas con buzamiento similar o menor a la inclinación de la cara del talud, donde afloran macizos rocosos diaclasados, foliados, con esquistosidad (pizarras, esquistos...), cortando estas superficies de debilidad a la superficie del talud. Esta situación da lugar a caídas de fragmentos rocosos, que en el caso de intersecciones entre estos planos de debilidad generan caídas de bloque en forma de cuña.

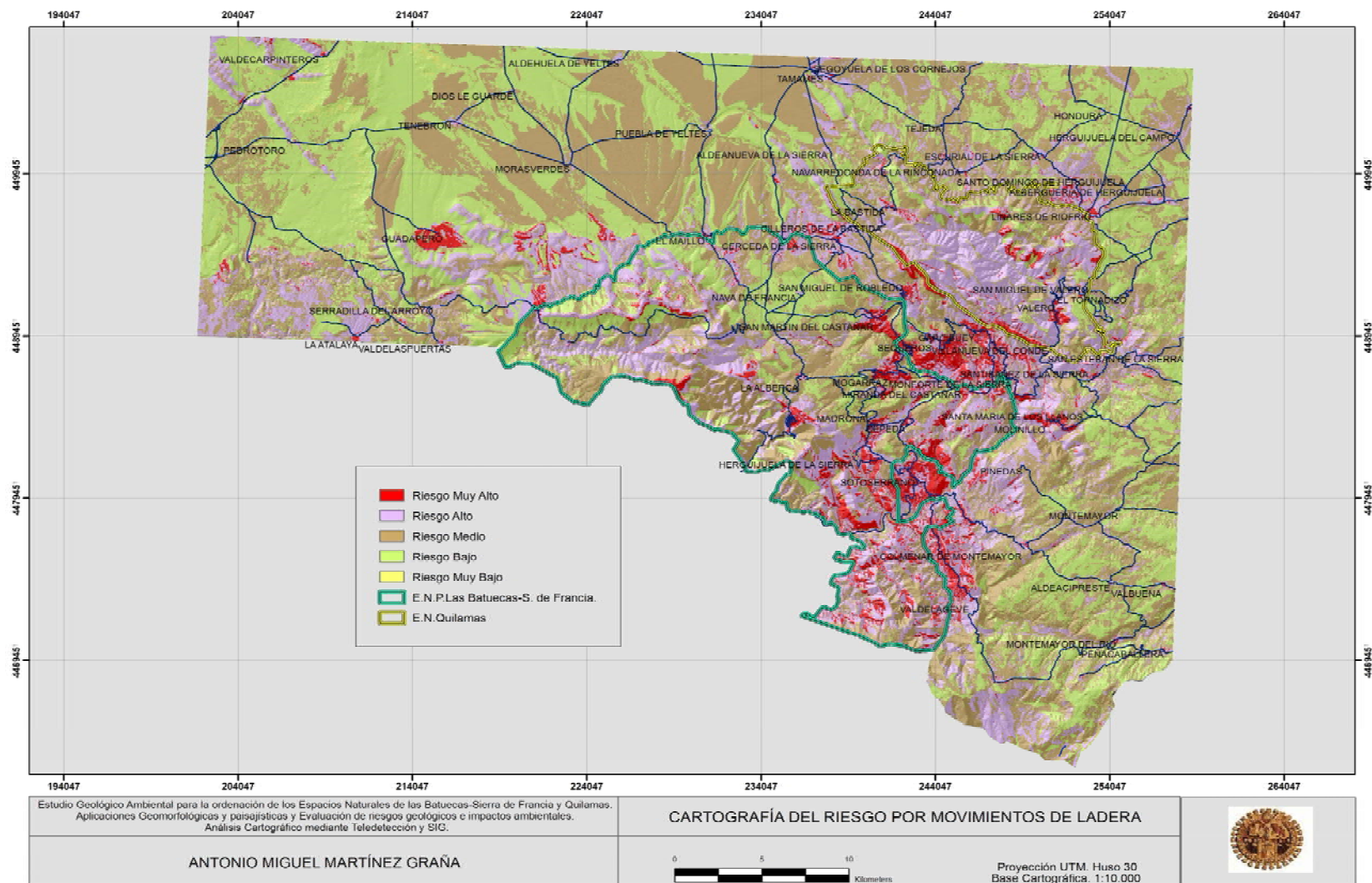


Figura III_{4,1}-50. Cartografía de Peligrosidad del Riesgo de movimientos de ladera.

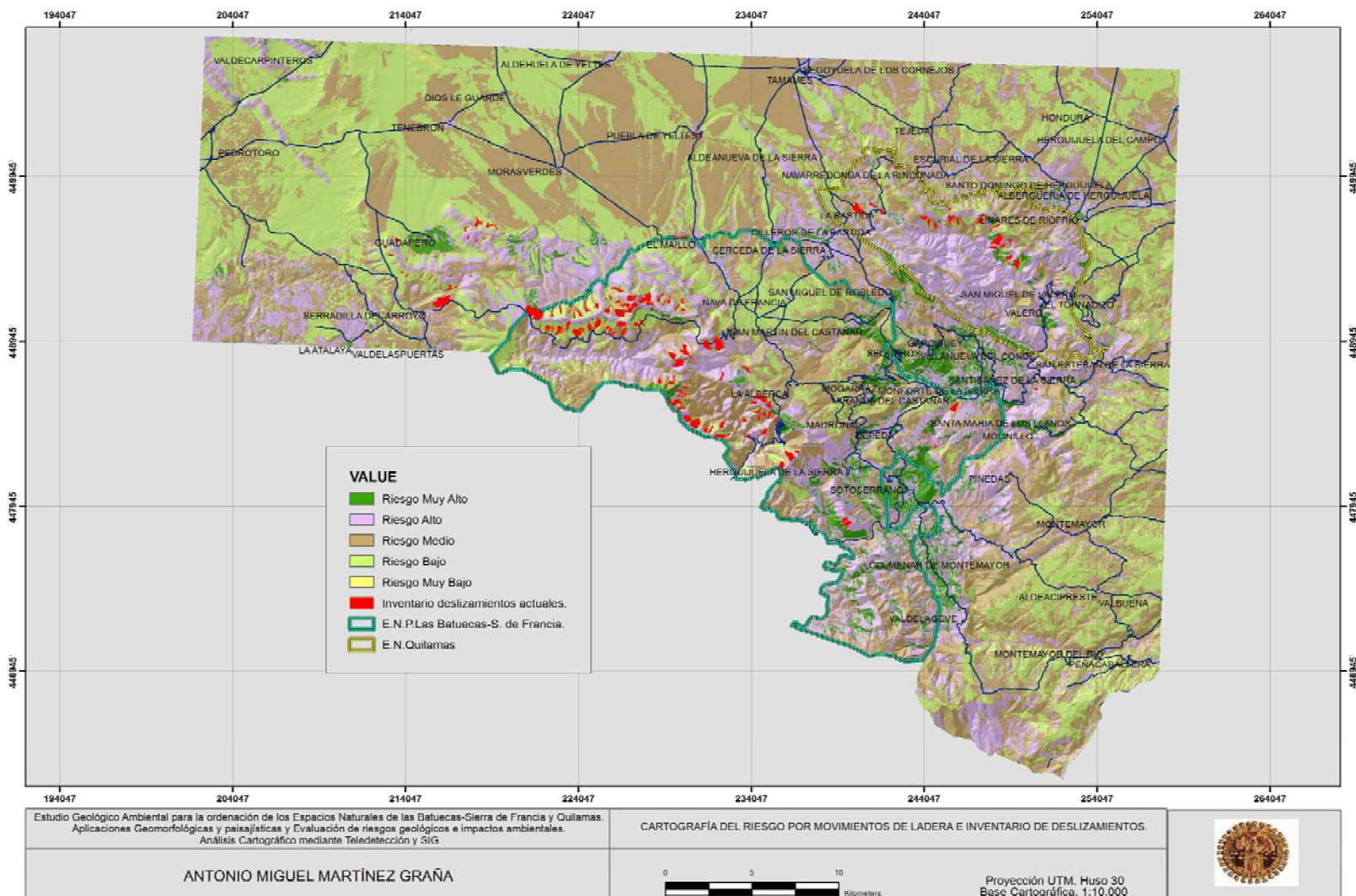


Figura III_{4,1}-51. Cartografía de Peligrosidad del Riesgo de Movimientos de Ladera e Inventario superpuesto de deslizamientos actuales.

Los mapas de riesgo por movimientos de ladera, constituyen una herramienta eficaz para la mitigación de los daños asociados a estos procesos, en la medida que se incorporan a los proyectos de ingeniería y a la planificación del territorio.

La evaluación de la susceptibilidad del terreno, ha consistido en la zonificación del territorio en áreas homogéneas en función de la probabilidad de que se produzcan movimientos del terreno, coincidiendo los sectores inventariados con movimientos pasados con sectores de alta susceptibilidad; lo cual corrobora la fiabilidad del análisis realizado.

Los mapas de peligrosidad, presentan zonas con riesgo alto por movimientos del terreno, no coincidentes con las zonas de mayor susceptibilidad, esto es debido a que son zonas de baja densidad de población y pocas infraestructuras, lo cual no se tiene en cuenta como factor condicionante, aunque si es un parámetro a tener en cuenta en los mapas de vulnerabilidad y exposición del riesgo. Además debemos tener en cuenta que el mapa de riesgo de movimiento del terreno presenta cierta temporalidad, porque

las condiciones antrópicas (edificaciones, infraestructuras...) varían sustancialmente en pequeños periodos de tiempo (meses, años), mientras que el mapa de susceptibilidad es más duradero, siendo sus parámetros atemporales, excepto los posibles cambios de vegetación o usos del suelo (cultivos, repoblaciones forestales...) pero estos cambios no son tan significativos y por ejemplo, con técnicas de teledetección, al ser estacionales se puede analizar su variabilidad.

Los desprendimientos rotacionales presentes en la zona de estudio, se producen fundamentalmente por dos causas: por descalzamiento del talud por la acción fluvial (zapamientos del río Yeltes) y por el medio freático, favorecidas por la meteorización del sustrato y la pendiente. El reconocimiento en campo de los generados por descalzamiento, es claro, ya que el desplazamiento es lento, con morfología circular generando grietas en la cresta del área inestable (escarpe principal) y abombamientos al pie de la masa deslizada. (Figura III_{4.1}-52).



Figura III_{4.1}-52. Escarpe erosivo, por zapamiento del río Yeltes con deslizamientos y desprendimientos asociados. Aldehuela de Yeltes.

Los movimientos de bloques existentes en la zona se limitan a áreas donde se producen arrastres tanto de fragmentos de roca como suelos, debidas a procesos de infiltración provocadas por hielo-deshielo, por lo que el funcionamiento se limita a las zonas topográficas más elevadas, estas

variaciones térmicas producen en un primer momento procesos de geliflucción, debido a la crioclastía que disgrega el talud rocoso en fragmentos de bloques angulosos éstos se acumulan dando lugar a cordones de nivación, los cuales avanzan más lentamente a favor de la pendiente., por ejemplo

en Pico Cervero-Quilamas.-Estos movimientos son características de sectores montañosos con pendientes muy inclinadas, donde la topografía o modelado rocoso

genera concentración de escorrentía (sólida -nieve- o líquida -precipitaciones-). (Figura III_{4,1}-53).



Figura III_{4,1}-53. Avalanchas de fragmentos rocosos por procesos de soliflución. Pico Cervero.

Los fenómenos de reptación se van a producir en aquellas litologías blandas o muy fracturadas, al igual que en suelos cohesivos. Las morfologías del terreno, que indican la reptación son la presencia de suelos estriados y/ aterrazados con crestas paralelas y alguna transversal a la línea de máxima pendiente del talud (Figura III_{4,1}-54), así como inflexiones en la base de portes arbóreos en sentido del movimiento, dando lugar a elementos inclinados ya sean

árboles, vallados o postes eléctricos, etc. Esta reptación es el resultado de un movimiento imperceptible que provoca una deformación del material del terreno frente a pequeños esfuerzos afectando a los niveles más superficiales, influyendo la infiltración y los procesos gravitatorios. La presencia de reptación es un buen indicador geoambiental de condiciones favorables para el deslizamiento.



Figura III_{4,1}-54. Suelos estriados asociados a procesos de reptación por fenómenos de crioclasticidad. La Bastida.

III.4.2 RIESGOS CARSTICOS (Hundimientos y Disoluciones).

III.4.2.1 Introducción.

Los Riesgos por movimientos verticales del terreno. Pueden ser de dos tipos según la velocidad del movimiento: subsidencias y/o colapsos (movimiento lento) y hundimientos y/o asientos (movimiento rápido).

Los riesgos por hundimiento, pese a ser movimientos de cierta velocidad, no suelen causar víctimas o daños importantes excepto en zonas urbanas o infraestructuras, mientras que las subsidencias por causas geológicas, se desarrollan a velocidades más lentas no tienen incidencia a corto o medio plazo, siendo los daños más puntuales.

III.4.2.2 Análisis y Cartografía del Riesgo Cárstico en el Espacio Natural de Quilamas.

Los riesgos de tipo carstico existentes en la zona de estudio, se limita a los afloramientos carbonatados presentes en el sector de la Sierra de Tamames, dentro del Espacio Natural de Quilamas. La Formación Calizas de Tamames, de edad cámbrica, esta constituida por bancos de calizas en la base, pasando hacia techo a dolomías. Esta litología presenta ciertas características morfológicas y estructuras (pliegues, fallas y diaclasas) que indican procesos de carstificación generadores de riesgo.

Estos procesos de carstificación, dan lugar en este sector de la Sierra de Quilamas, a un modelado caracterizado por una alteración producida por procesos químicos (disolución, hidratación, sustitución iónica y oxido-reducción) y físicos (fracturación y crioclastía).

Las formas encontradas en este sector, se desarrollan en condiciones subaéreas, dando lugar a formas exocarsticas (Pedraza, 1996), que pueden ser:

Destructivas, encontrando formas mayores (dolinas, uvalas) y menores (callejones o bogaz y lapiaces). No encontramos en este sector formas constructivas, aunque en algunos puntos se observan formas mixtas (arcillas de descalcificación). En

cuanto a las formas endocarsticas, se intuyen algunas de tipo destructivo (cavernas o galerías) por la presencia de afloramientos hídricos surgentes.

Las dolinas presentes son de muy variado tamaño y formas, aunque se pueden agrupar en general como dolinas de disolución y alguna de colapso. Son depresiones con geometría tendente a cónica, de planta más o menos circular con fondo plano o en embudo. Constituyen sumideros de escorrentía superficial, conectando las aguas superficiales con la subterráneas. Estas dolinas en embudo que encontramos dispersas en diferentes puntos del afloramiento de la formación Calizas de Tamames, presentan unos radios de 3-4 metros y una inclinación de sus paredes de 30-40°. (Figura III.4.2-1).



Figura III.4.2-1. Dolina en embudo, próxima a actividades ganaderas.

Algunas depresiones presentan una morfología más irregular, subrectangular, generadas por hundimientos repentinos de un nivel calizo horizontal, previamente hueco, generando dolinas de colapso. (Figura III.4.2-2).



Figura III_{4.2}-2. Dolina de colapso con fondo plano, por desplome del techo.

El fondo de las dolinas presentan materiales residuales de la disolución o bien coluviones de las propias paredes de la dolina.

Las uvalas existentes se producen por coalescencia de varias dolinas, dando lugar a depresiones más amplias y cerradas, con fondo plano o irregular, donde se produce una intensa infiltración (Figura III_{4.2}-3).



Figura III_{4.2}-3. Uvala generada por la unión de dos dolinas.

El grado de alteración de las calizas y dolomías por procesos de disolución, es elevado, encontrando estructuras de superficies con huecos de disolución, dando lugar a un lapiaz oqueroso incipiente (Figura III_{4.2}-4).



Figura III_{4.2}-4. Depresiones o huecos de disolución en la superficie de un afloramiento de calizas “in situ”.

La ubicación de esta formación de calizas en el flanco norte del sinclinal de Tamames, y la disposición verticalizada de la estratificación (Figura III_{4.2}-5), hace que los niveles más compactos y resistentes queden en el relieve emergiendo sobre el suelo, mientras que de forma alternante, los niveles menos resistente se alteren generando procesos de disolución intensos que dan lugar a arcillas de descalcificación, las cuales constituyen “pasillos” o “surcos” entre niveles resistentes. (Figura III_{4.2}-6).



Figura III_{4.2}-5. Estratificación vertical en el afloramiento de calizas en la cumbre.



Figura III_{4,2}-6. Corredor o callejón de alteración por disolución que finaliza en un sumidero de dolina.

El hundimiento puntual de algunos sectores sobre el mismo estrato incompetente, origina dolinas con un lineamiento definido, delimitando franjas de mayor intensidad de disolución o degradación. (Figura III_{4,2}-7).



Figura III_{4,2}-7. Lineamiento de dolinas.

Estas alineaciones de franjas menos competentes o de mayor disolución, potencian la formación de callejones o pasillos alargados (bogaz), por donde se canalizan y encajan aguas de arroyada, generando finalmente un sumidero, ya que la escorrentía se va infiltrando por el nivel de alteración.

En cuanto a las formas exocarsticas destructivas menores, en los afloramientos de las Calizas de Tamames, existe una gran disposición de microformas generadas por la intensa disolución, en ocasiones diferencial de la meteorización química. Estas formas de menor tamaño se desarrollan sobre superficies libres o cubiertas de vegetación y suelos. Se deben a la acción directa de la escorrentía, dando elementos corrosivos de detalle como acanaladuras, microquedades, surcos.... En nuestro sector de estudio se observan formas exocarsticas menores, dispersas por los bloques de caliza y sobre las superficies que afloran en la formación Calizas de Tamames.

Las más abundantes se corresponden con canales (Figura III_{4,2}-8); y crestas agudas y coalescentes (Figura III_{4,2}-9).



Figura III_{4,2}-8. Canales de disolución sobre plano de estratificación de las Calizas de Tamames.

Estas microformas, superficiales, en ocasiones destacan sobremanera en el paisaje, al presentarse el plano de estratificación afectado por la disolución aflorante y realzado por la propia estratificación vertical de la formación. (Figura III_{4.2}-10).



Figura III_{4.2}-9. Marcas de disolución circulares que van coalesciendo generando superficies agudas en zonas de interferencia de marcas.

En algunos afloramientos encontramos surcos, que se originan por disolución generada por las aguas de precipitación que se van canalizando por pequeñas fisuras o irregularidades que presenta la superficie de afloramiento calizo, dando lugar a un proceso de desgaste y “arrugas” de la roca. (Figura III_{4.2}-11).

Existen formas en este sector, que pueden considerarse exocársticas pero ni destructivas ni constructivas, sino más bien mixtas, pues parcialmente son destructivas porque hay una intensa disolución pero a su vez hay un material residual que genera una forma constructiva, un ejemplo de esto, lo constituyen las cubetas de descalcificación.



Figura III_{4.2}-10. Afloramiento agudo de la Caliza de Tamames con microformas de disolución en sus laterales.



Figura III_{4.2}-11. Surcos que provocan una apariencia alteración importante en la superficie de la caliza, por procesos de disolución.

Estas formas constituyen depresiones o huecos (en ocasiones generados por presencia de zonas de debilidad estructural) que contienen un mayor o menor espesor de rellenos de residuos o impurezas procedentes de la roca original carstificada. Este material de relleno está formado por arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio y tapizado por un material coluvionar de las propias paredes calizas. (Figura III_{4.2}-12).



Figura III_{4,2}-12. Hueco de disolución, cubierto por material coluvionar.

La distribución de estos procesos de disolución y disgregación del sustrato calizo, da lugar a paisajes ruiniformes, donde se aprecian lineamientos de afloramientos muy cuarteados, alternando con zonas deprimidas por procesos de disolución o colapso (dolinas). En algunos sectores se observa un cambio brusco de discontinuidad entre formas, lo cual puede deberse a presencia de fracturas NE-SO, que han desplazado unos bloques calizos con respecto a otros, observando en el campo un cambio en la dirección de las estructuras. (Figura III_{4,2}-13).



Figura III_{4,2}-13. Afloramientos ruiniformes que contrastan directamente con la presencia de un campo de dolinas al fondo.

La delimitación y presencia de las fracturas se puede observar muy bien en la fotointerpretación, y queda reflejada en el singular trazado de la formación.

Por ultimo encontramos indicios de formas destructivas endocarsticas, en sectores topográficamente inferiores, correspondientes a surgencias de aguas, que indican la presencia de galerías en el sustrato calizo de la sierra de Tamames. Estos conductos subterráneos están originados por aguas de percolación que producen el ensanchamiento de discontinuidades: diaclasas, fracturas, planos de estratificación.... El análisis detallado de su distribución, profundidad, trazado en plana, etc esta fuera de los objetivos de este trabajo, aunque sería un campo interesante de investigación, que puede aportar luz al importante problema de abastecimiento del recurso hídrico de los sectores serranos. (Figura III_{4,2}-14).



Figura III_{4,2}-14. Arriba: Ortofoto en la que se aprecia en transparencia verde la Fm de calizas y una de las fracturas que desplazan esta litología. Abajo: se aprecia en otra cumbre de la misma sierra (Sierra de Quilamas) los paisajes ruiniformes en las cimas con afloramientos calizos.

Las surgencias observadas se limitan al flanco norte del sinclinal de Tamames, con abundante vegetación arbórea, y por lo tanto importantes perfiles edáficos. (Figura III_{4.2}-15).



Figura III_{4.2}-15. Surgencia de aguas subterráneas en materiales calizos aflorantes en la ladera de Rinconada de la Sierra.

Las superficies rocosas constituidas por calizas aflorantes, recubiertas por surcos, y agujeros, así como otras formas provocadas por procesos de disolución, generan afloramientos discontinuos, que dan lugar a un modelado carstico. Estas macro o microformas suelen aparecer agrupadas formando campos de lapiaz.

La influencia del clima en el modelado cárstico, en este sector es fundamental ya que este clima templado-frío potencia el desarrollo de formas cársticas variadas, aunque las formas son incipientes (tal como se ha indicado en el apartado climático), tal como corresponde a la velocidad de disolución de estos climas, también influye en su mayor o menor desarrollo el grado de fracturación, que en nuestro caso es importante (ver Cartografía de Fracturas y Lineamientos en el capítulo II₂) (Figura

III_{4.2}-16)., facilitando el avance de los procesos de disolución en profundidad.



Figura III_{4.2}-16. En la imagen se aprecian la surgencia a borbotones de agua hacia en exterior por una grieta cubierta por materiales detriticos coluvionares.

El lapiaz desarrollado en el Espacio Natural de Quilamas, se puede clasificar como un macizo carbonatado donde toda el agua de precipitación se infiltra y carece de cursos fluviales superficiales, lo que se denomina Holokarst (Cvijic, 1924, en Gutiérrez Elorza, 2008). (Figura III_{4.2}-17).

La elaboración de los mapas de susceptibilidad al riesgo carstico, presenta una serie de factores mucho más limitados, tanto condicionantes, como desencadenantes. En general la cartografía de riesgos carsticos, se puede elabora de dos formas diferentes:

1. Cartografías que determinan las zonas de ocurrencia de hundimientos y subsidencias, a partir de la aparición de determinadas litologías susceptibles, como son las zonas carbonatadas, independientemente de los factores desencadenantes, naturales o antropicos.

2. Cartografías que delimitan los sectores donde las actuaciones antrópicas pueden desencadenar procesos de hundimientos o subsidencias en materiales no susceptibles a priori.



Figura III_{4.2}-17. Campo de lapiaz libre en el sector de Peña Venero.

La metodología empleada para determinar el riesgo carstico, es del primer tipo indicado, ya que en nuestro sector de estudio, claramente el sustrato carbonatado es el responsable de los procesos de hundimiento y subsidencia del terreno. (Figura III_{4.2}-18 a y Figura III_{4.2}-18 b).

Para la realización del Mapa de Susceptibilidad al riesgo carstico, se parte de la cartografía de los movimientos existentes, o cartografía inventario, realizada en base a fotointerpretación de detalle, y campañas de campo necesarias para delimitar cada tipo de proceso (dolinas, uvalas, lineamientos...), tanto en extensión como en profundidad. (Figura III_{4.2}-19).

Posteriormente se evalúan los factores condicionantes del riesgo carstico, que nos indican la potencialidad al riesgo que presenta la zona carstica de Tamames, considerando para nuestro estudio, la litología, el grado de carstificación y las lineaciones estructurales, a favor de las

cuales se desarrollan los procesos de disolución. Para cartografiar la influencia de los procesos de disolución en los lineamientos existentes en los afloramientos calizos, se han tenido en cuenta una anchura de afección de 10 metros (técnicas Buffer, ArcGis 9.2). En base al reconocimiento en campo y fotointerpretación se ha elaborado un mapa de susceptibilidad al riesgo carstico, delimitando los sectores de riesgo puntual de dolinas y lineamientos, con su área de influencia. (Figura III_{4.2}-19).

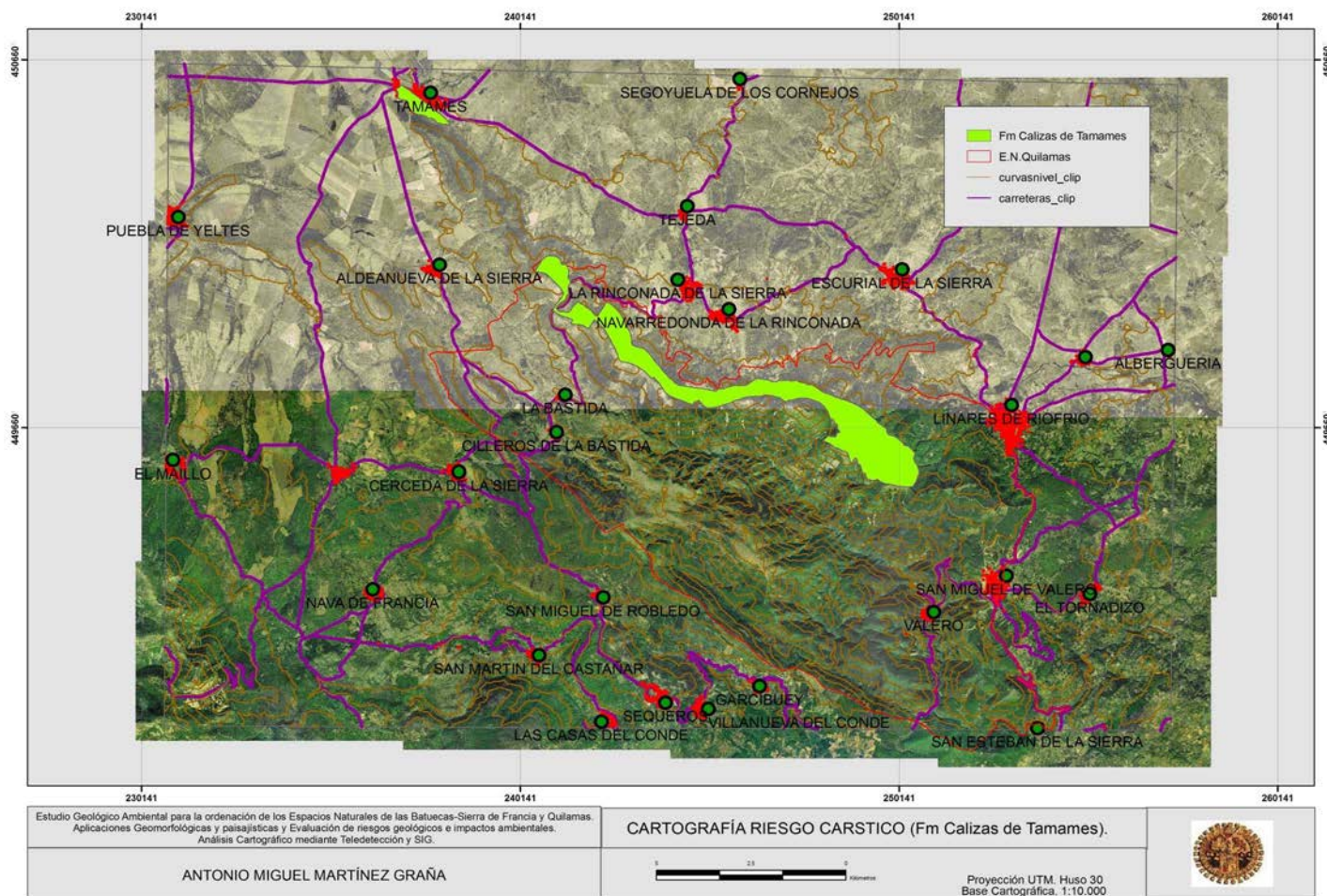


Figura III 4.2-18a. Distribución sobre la ortofoto del trazado cartográfico de la formación Calizas de Tamames.

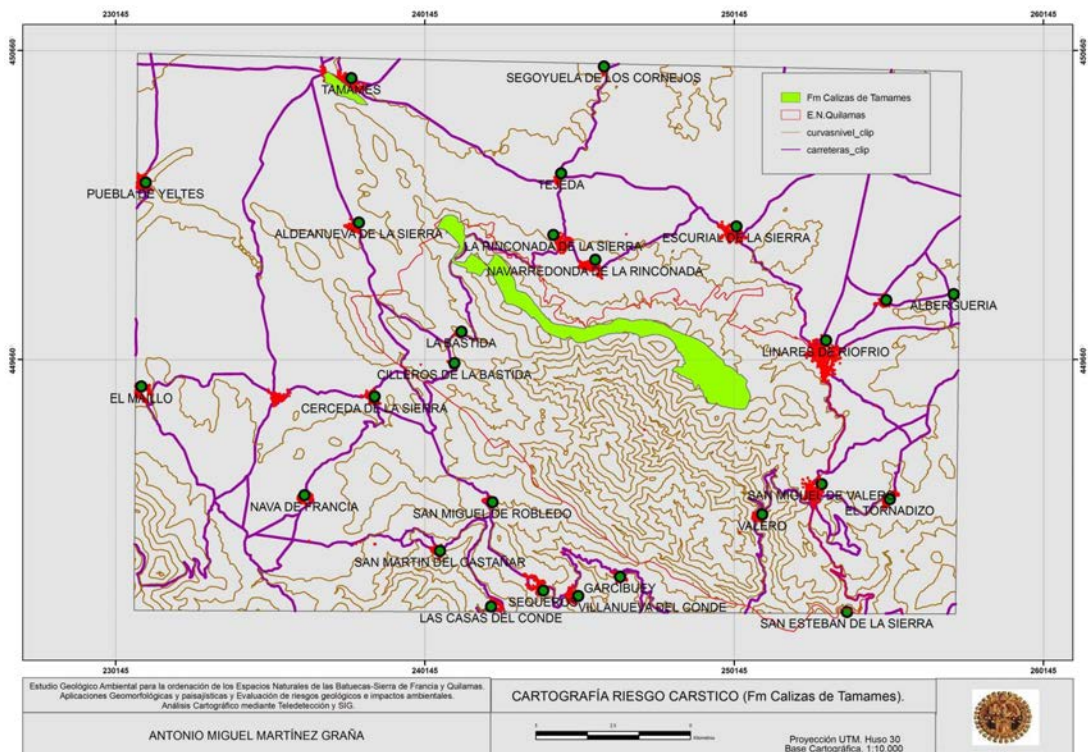


Figura III 4.2-18b. Distribución de la Formación de Calizas de Tamames en el contexto topográfico adyacente.

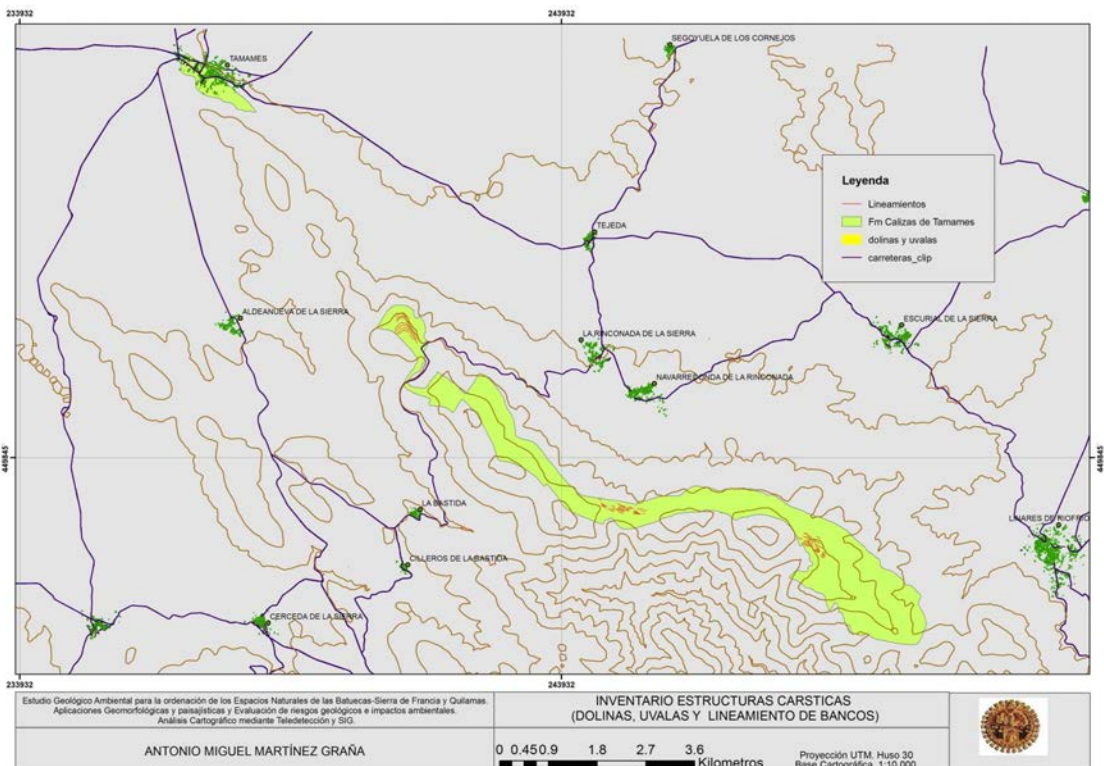


Figura III 4.2-19. Distribución de la Formación de Calizas de Tamames y zonas con lineamientos y formas cársticas.

III.4.2.3 Resultados.

Para el análisis del riesgo cárstico, hemos tenido en cuenta la exposición y vulnerabilidad de los elementos antropicos (cascos urbanos, e infraestructuras antrópicas, vallados, carreteras). (Figura III.4.2-20).

En la cartografía de riesgos carsticos se aprecia como existen, dentro del sector susceptible al riesgo (afloramiento carbonatado), al menos tres zonas en las que el riesgo es alto. La primera se encuentra fuera del espacio natural de Quilamas, aunque es la zona de mayor exposición, al ubicarse la parte SO de la localidad de Tamames sobre ella. Los otros dos sectores, situados entre

Rinconada de la Sierra y La Bastida: Peña Venero y Bajo del Ganchal, en el sector central del afloramiento, se encuentran dentro del espacio natural, aunque el grado de exposición y vulnerabilidad es mucho menor que el primero. Se ubica en zonas topográficamente altas, y se les ha dado un riesgo alto por la presencia importante de actividades antrópicas: actividades ganaderas, vallados y senderos de tránsito humano a pie o con vehículos especiales.

El resto del afloramiento carbonatado presenta un riesgo bajo debido a la casi ausencia de afloramientos y la importante densidad de vegetación y cobertera edáfica que presenta.

III.4.3. Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección.

Los ENP de Las Batuecas-Sierra de Francia y EN de Quilamas, presenta, como hemos analizado, una serie de factores (relieve accidentado, variada geología - litológica y estructural-, climatología adecuada....) que potencian los movimientos del terreno: movimientos de ladera (deslizamientos) y hundimientos y subsidencias.

La *prevención* del riesgo por movimientos del terreno, consiste en conocer con anticipación la ocurrencia de un fenómeno, en tiempo o al menos en lugar, para evitar, frenar o protegerse del proceso. En cambio la *predicción* es el anuncio de que va a ocurrir un riesgo, se usa en ocasiones de forma equivalente al término de prevención, aunque no lo es. Por último la *mitigación* consiste en disminuir las pérdidas o daños controlando el proceso, si es posible, y/o la protección de los elementos expuestos, reduciendo su vulnerabilidad. Las *medidas preventivas* abarcan todas las medidas encaminadas a evitar los procesos geológicos y sus efectos.

Los movimientos de ladera presentan en este sector un mayor daño potencial, al presentarse asociadas las zonas de riesgo de hundimiento y subsidencia; a sectores con poca actividad antrópica superficial, y circunscribirse este riesgo únicamente a sectores con determinadas características litológicas (Formación Calizas de Tamames). La prevención más eficaz para evitar estos movimientos, es la prevención.

Los *movimientos de ladera* en España, generan pérdidas económicas elevadas (150 millones de euros) y la puesta en marcha de medidas de prevención y mitigación reduce este coste económico hasta un 90%, siendo siempre menores los costes de prevención que de corrección.

Los procesos geodinámicos externos que afectan a la superficie terrestre pueden dar lugar a movimientos del terreno con diferentes magnitud, velocidad y gravedad, siendo los movimientos de masas en taludes y laderas potencialmente inestables, los que suelen ocasionar mayores daños económicos y humanos.

Los *hundimientos y subsidencias*, presentan un menor riesgo espacial, limitándose a los sectores donde afloran las calizas y dolomías; y presentando un riesgo mayor en la población de Tamames, la cual esta parcialmente instalada en sustrato carbonatado, con lo que existe un daño potencial sobre la población y los elementos constructivos (edificaciones, infraestructuras...) por diferentes procesos (disolución, asientos diferenciales...) con velocidades muy lentas e incidencia a medio y largo plazo. Las medidas preventivas, pueden ser de dos tipos:

1. Medidas No Estructurales. Se fundamentan en la correcta planificación y ordenación territorial. Son las de menor coste y las más eficaces.

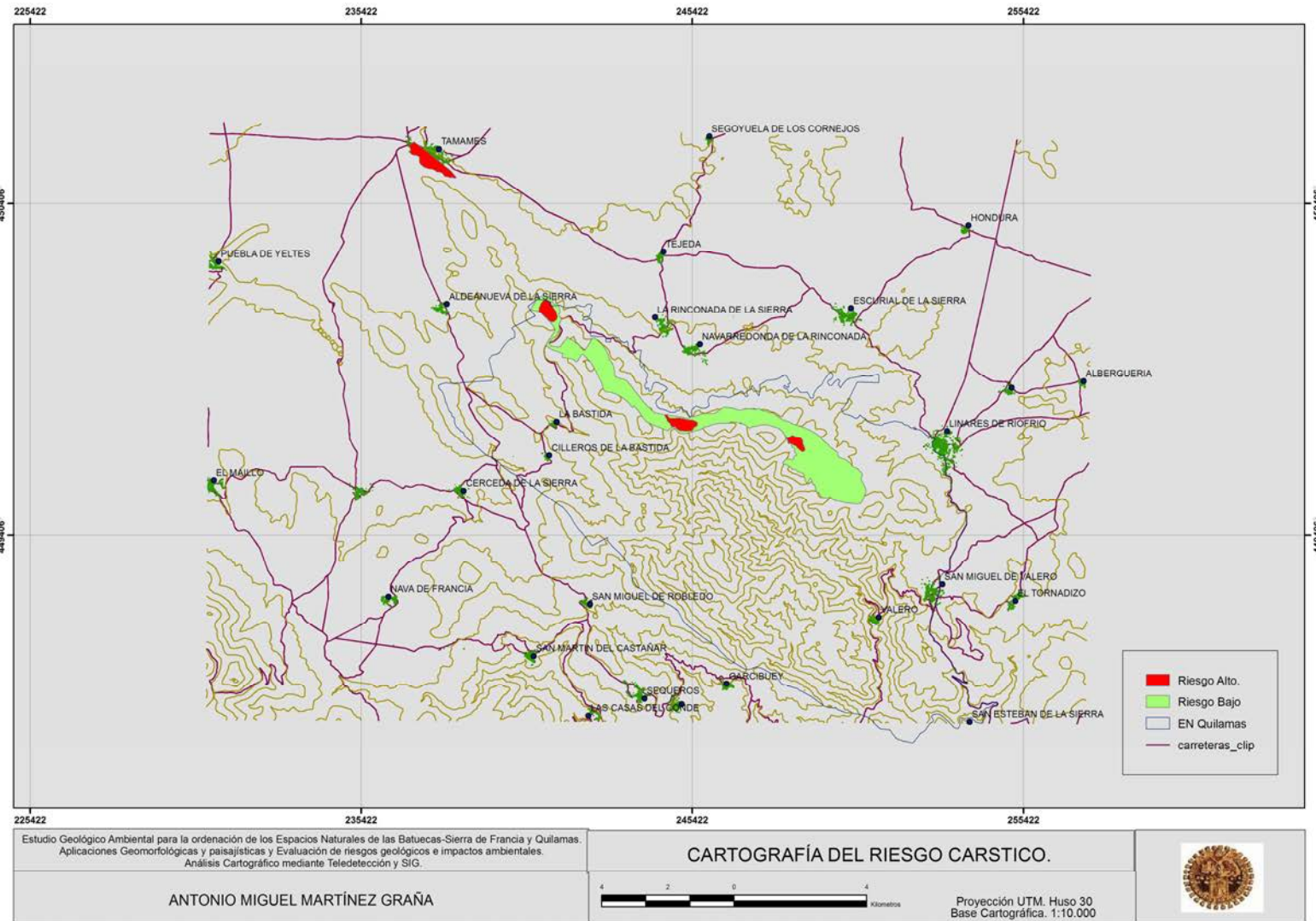


Figura III 4.2-20. Cartografía del Riesgo Carstico.

La prevención de estos movimientos se basa en la identificación y estudio de procesos y factores que los controlan, para lo que es fundamental la existencia de cartografías como las que se presentan en este capítulo (cartografías de susceptibilidad, peligrosidad y riesgo), constituyendo mapas previsores en la ordenación y usos del territorio, ya que se divide el territorio según el grado de peligro potencial, regulando las zonas de asentamientos humanos y el trazado de diversas infraestructuras.

A partir de estas cartografías se generan los sectores de prohibición o restricción de ocupación de zonas de elevada peligrosidad, se establecen determinadas normativas y recomendaciones por parte de la administración, pudiendo establecerse sistemas de alarma y aviso, planes de emergencia, y divulgación y educación ciudadana en regiones susceptibles al riesgo.

2. Medidas Estructurales. Constituyen medidas de mayor coste económico, y su eficacia depende de un correcto análisis en fase de anteproyecto, que permite prevenir del riesgo a las personas y bienes, y mitigar los daños generados por un determinado proceso. Las medidas estructurales más utilizadas son diferentes estructuras de obra civil, en zonas de peligro por ocupación o uso con alta probabilidad de que ocurra un determinado proceso. Las más urgentes y necesarias medidas estructurales en nuestra zona de estudio, van dirigidas a los numerosos taludes inestables (movimientos de ladera), y mediante las cuales pueden lograr la estabilidad. Estas medidas disminuyen el riesgo de movimiento de ladera:

1. Aumentando la resistencia del suelo, por ejemplo mediante la construcción de drenajes que disminuyen el nivel freático, o inyectando determinadas sustancias (conglomerantes: cemento...) que aumenten la resistencia del suelo. La presencia de agua, es el mayor factor de inestabilidad en sectores meteorizados, con lo que el drenaje, ya sea drenaje subhorizontal (taludes inestables por cizallamiento), drenaje vertical (en sustratos permeables-impermeables alternos), drenajes transversales o interceptores (taludes con alta infiltración en superficie), o bien con drenajes de contrafuerte (zanjas verticales

rellenas de grava a favor de pendiente de talud).

2. Disminuyendo los esfuerzos que actúan sobre el talud, cambiando la geometría del talud cortándolo parcial o totalmente a un ángulo menor (disminución de pendiente), reducción de altura (en suelos cohesivos) o construyendo una base o pie al pie del talud.

3. Aumentando los esfuerzos de confinamiento del talud, mediante muros de gravedad, pantallas atirantadas o bermas.

No obstante, debe tenerse en cuenta en la elección del tipo de medida a aplicar, una serie de cuestiones muy variadas: los costes, la extensión de las obras (cresta y pie de talud), tiempo en que se puede presentar el problema, disponibilidad de materiales constructivos, etc.

En cuanto a las medidas estructurales que evitan el riesgo por hundimiento y subsidencia, tenemos las medidas de consolidación y relleno de sectores susceptibles de generar asientos más o menos rápidos del terreno.

En el Espacio Natural Protegido de Las Batuecas-Sierra de Francia se desarrollan medidas estructurales puntuales tanto para reducir la reptación de suelos y otras formaciones superficiales (canchales, etc.), como ocurre en Serradilla del Arroyo, Monsagro... (Figura III_{4,2}-21 y Figura III_{4,2}-22). Las medidas no estructurales de prevención como pueden ser la cartografía de riesgos o distribución de sectores susceptibles de producirse riesgos de movimientos de ladera, no se han desarrollado, siendo de gran importancia en la planificación de los usos del Espacio Natural, ocurriendo lo mismo en el Espacio Natural de Quilamas, el cual presenta además sectores con riesgo carstico a tener en cuenta en la ordenación territorial del espacio.

Las actuaciones básicas para minimizar los riesgos de movimientos del terreno son dos: la predicción temporal y la predicción en el espacio (cartografías de riesgo). Posteriormente la minimización del riesgo debe basarse en una buena legislación y correcta gestión territorial, delimitando a partir de mapas inventario y de peligrosidad las zonas de modificación de los posibles usos del suelo, siendo no urbanizables por ejemplo, aquellos sectores donde exista

riesgo natural, o bien donde ocurran movimientos del terreno potenciados por procesos erosivos.

Futuras líneas de trabajo, en el campo de los riesgos por movimientos del terreno, que quedan fuera del objetivo de este trabajo, pueden analizar cada movimiento del terreno catalogado debería analizarse de

forma independiente con gran detalle; mediante levantamientos topográficos, GPS, perfiles sísmicos para un análisis de la potencia removida, así como la influencia de cada litología y morfología del sustrato, realizando una ficha completa para cada tipo de movimiento.



Figura III 4.2-21. Repoblaciones forestales escalonadas y abancalamiento como medida correctora para evitar procesos de reptación de suelos, en zonas de pendientes medias. Serradilla del Arroyo.



Figura III 4.2-22. Muros de contención que impiden el avance de canchales sobre la carretera del valle de Las Batuecas. El avance es máximo en los cortes de carretera con los valles de alta pendiente.

III₅ Riesgos Geotécnicos.



III_{5.1} Introducción.

III_{5.2} Objetivos.

III_{5.3} Caracterización Geotécnica de los Espacios Naturales de Las Batuecas-S Francia y Quilamas. Cartografía básica para la ordenación del territorio.

III_{5.3.1} Metodología.

III_{5.3.2} Resultados.

III_{5.4} Peligrosidad Natural en el Espacio Protegido de Las Batuecas-S. Francia, y Quilamas. Análisis integrado de los factores potenciales de riesgo.

III_{5.4.1} Metodología.

III_{5.4.2} Resultados.

III.5.1 Introducción.

El concepto de suelo, es diferente según la ciencia que lo analiza, ya que es función del enfoque científico con el que se trate. Desde el punto de vista geotécnico, el concepto de suelo, se basa en una acumulación de materiales sin cementación o muy poco cementados; a menudo de naturaleza y espesor variables, procedente de los procesos de meteorización y sedimentación producidos sobre el sustrato rocoso relativamente inalterado; desarrollados a lo largo del tiempo geológico y que configuran la superficie de la corteza terrestre. Por lo tanto, se analiza el suelo, no desde el punto de vista biológico (productivo, vegetal, etc.), ni puramente geológico como una formación superficial; sino más bien con un enfoque geotécnico, es decir, teniendo en cuenta las propiedades mecánicas, que indican la forma de comportamiento de dicho suelo, por aplicación de cargas o estructuras humanas, o bien por la dinámica provocada por sus propiedades intrínsecas en el medio natural.

Este tipo de suelo, que en general se encuentra subyacente a la capa vegetal, es el que se debe conocer mediante un estudio pormenorizado para prevenir posibles deformaciones e inestabilidades a partir de un conocimiento previo de sus propiedades y comportamiento para proyectos de ingeniería y edificación en general. La capa vegetal, presente en numerosas zonas y suprayacente al suelo; esta constituida por una capa superficial de suelo en estado de transformación edáfica, rico en humus y capaz de soportar el crecimiento de la vegetación. Esta capa suele tener una potencia inferior a 0.5 m y a menudo presenta unas características intrínsecas que pueden afectar a la cimentaciones, con lo cual se retira de la superficie antes de iniciar cualquier trabajo de construcción y se coloca de nuevo durante los trabajos de acondicionamiento perimetral de la zona, al finalizar la obra, por lo cual los datos puntuales de campo que se muestran en esta memoria, se aplicarán a profundidades superiores y no teniendo en cuenta este horizonte.

En otras ocasiones el suelo esta formado por materiales de relleno, que el hombre ha depositado caóticamente y que en los trabajos de ingeniería se denomina relleno o terreno artificial. Los materiales de relleno provienen

por lo general de excavaciones de suelo o roca, pero también pueden ser desperdicios de canteras o minas, escombros de alguna construcción próxima o antigua de una antigua vivienda en el mismo solar, cenizas e inclusive, en ocasiones, residuos domésticos para rellenos comunes. Los rellenos depositados en forma desordenada producen probablemente un material muy suelto, inestable y bastante compresible, con características variadas e impredecibles, que requieren una cuidadosa investigación, si se desea construir sobre los mismos. No obstante, puede que el relleno se coloque bajo condiciones controladas y se compacte de manera adecuada, para obtener un material estable y de características razonablemente predecibles.

Parte sustancial en un análisis geotécnico, teniendo en cuenta esta diversidad y diferencia mecánica de suelos, son los llamados perfiles de suelo, consistentes en definir la ordenación y secuencia de unos depósitos sobre otros, ya que las diferencias mecánicas, compactación, capacidad de carga, etc, son muy variables, debido a la disposición y profundidad de los materiales.

Para la ejecución de esta cartografía geotécnica y de peligrosidad natural, se llevaron a cabo una serie de reconocimientos planificados, con toma de muestras y determinaciones cuantitativas acerca de diversos parámetros a pie de campo (capacidad de carga, tamaño de grano, secuencia estratigráfica, etc.) y sus correspondientes ensayos de laboratorio (granulométricos), con el objetivo de caracterizar geotécnicamente la zona de estudio.

La cartografía geotécnica constituye una información básica previa, en la toma de decisiones sobre el desarrollo urbanístico de un territorio; y puede conllevar un importante ahorro socioeconómico y de situaciones de riesgo; si se analizan los terrenos problemáticos existentes; conociendo la estructura y capacidades de carga de cada material geológico así como sus comportamientos geomecánicos que puedan inducir a corto y largo plazo.

Por otro lado, conociendo la caracterización geológica y el comportamiento de cada material, se pueden establecer "a priori" los posibles riesgos naturales, como consecuencia de eventos o situaciones ambientales en la

planificación regional, a partir de datos analizados en el medio físico (Hidrología, Geomorfología, Litología, Geotécnica, etc.).

III_{5.2} Objetivos.

Los objetivos que se han pretendido lograr, se pueden agrupar en los siguientes aspectos:

- Diferenciar y distribuir los factores geológicos - geomorfológicos con incidencia constructiva. Estos factores son muy diversos: litología, pendientes, dominios geomorfológicos, unidades hidrogeológicas... teniendo en cuenta las formaciones cuaternarias (llanuras de inundación, terrazas...).
- Realizar una zonación geotécnica del territorio, que pueda constituir una caracterización geotécnica básica y preliminar en las condiciones y tipología de cimentación, análisis y clasificación geotécnica de suelos....
- A partir de la cartografía geotécnica, establecer los peligros o riesgos naturales potenciales en cada zona, con el fin de evitar dichas zonas o bien tomar las oportunas medidas en la creación de las diferentes infraestructuras (edificación de viviendas, construcción de viales, etc).

III_{5.3} Caracterización Geotécnica de los Espacios Naturales de Las Batuecas-S Francia y Quilamas. Cartografía básica para la ordenación del territorio.

La cartografía geotécnica constituye una información básica previa para la toma de decisiones en la planificación territorial; que puede prevenir situaciones de riesgo y un importante ahorro socioeconómico. Esta cartografía se basa en la caracterización sectorial del territorio y de sus comportamientos geomecánicos a corto, medio y largo plazo, estableciendo los posibles riesgos naturales y antropicos, como consecuencia de eventos o situaciones ambientales, inducidos por problemas de características geológicas (Litología del sustrato y Formaciones Superficiales, Hidrología-Hidrogeología, Geomorfología...).

El Espacio Natural Protegido de las Batuecas-Sierra de Francia y LIC Quilamas, forma parte del Macizo Hespérico, siendo una estribación del Sistema Central. Estos espacios se emplazan al sur del “Horst” de “Salamanca-Alba-Guijuelo-Tamames” y el Norte de las “Sierras del Sur” de la provincia de Salamanca (Sierra de Francia). Litológicamente se corresponden con materiales sedimentarios del complejo esquisto-grauváquico del Cámbrico inferior, sedimentos del Ordovícicos y del Silúrico (cuarcita armoricana, pizarras grises y negras); así como afloramientos graníticos y sedimentos terciarios que recubren las zonas de piedemonte de las sierras. Debido al plegamiento hercínico se genera una sucesión de anticlinales y sinclinales de ejes paralelos a la dirección NO-SE, dando lugar a una serie de relieves cuarcíticos caracterizados por presentar estructuras sinclinales en zonas elevadas (colgados) constituyendo ejemplos singulares de “superposición de relieve” que contribuyen a los puntos de interés geológico de este espacio natural.

III_{5.3.1} Metodología.

En una primera fase se han realizado las cartografías básicas a partir de fotografías aéreas y campañas de campo con recogida de muestras de suelos para la realización de ensayos granulométricos con el fin de su caracterización geotécnica, según el sistema unificado de clasificación de suelos, representándose en el mapa mediante un símbolo donde se indica el tipo de suelos, profundidad de la muestra, profundidad del sustrato inalterado y el tipo de arcilla existente.

Las cartografías temáticas iniciales realizadas a escala 1:50.000 son: la Litológica (Sustrato y Formaciones Superficiales); la Hidrogeológica y la Geomorfológica (Dominios Geomorfológicos). La superposición de estas capas permite establecer unas categorías de zonificación territorial, basadas en la agrupación de características homogéneas, donde la respuesta del terreno puede ser similar según su comportamiento geotécnico.

Para elaborar el mapa litológico hemos agrupado las litologías que presentan características afines en cuanto a composición y comportamiento geomecánico. Para ello, diferenciamos dos grandes grupos de materiales:

los del sustrato y las formaciones superficiales. Para la representación del sustrato se toma como base el Mapa Geológico Nacional (MAGNA) agrupando los materiales en términos más amplios de acuerdo a la composición y propiedades para crear áreas homogéneas. Las formaciones superficiales (depósitos cuaternarios) se han cartografiado en su totalidad dada la poca información existente.

Así se procede a una primera división en *áreas*, en base a los diferentes grupos litológicos. Estas áreas se asignan con números romanos: Área I: Granitos; Área II: R. Metamórficas; Área III: Rocas Carbonatadas y Área IV: R. Detríticas. (Figura III₅-1).

Posteriormente se diferencia la variedad litológica dentro de cada área o grupo litológico, teniendo en cuenta sus características y variaciones composicionales, diferenciando en el área litológica (II), correspondiente a Rocas Metamórficas, tres tipos de materiales: II.1. Pizarras, esquistos grauvacas y areniscas; II.2. Pizarras negras y microbandeadas y II.3. Cuarzita Armoricana. En el área litológica de Rocas Detríticas (IV) se diferencian tres materiales: IV.1. Conglomerados, arenas y fangos de carácter arcósico; IV.2. Conglomerados, arenas y fangos de colores rojizos y IV.3. Gravas y arenas de fondo aluvial.

A continuación se analizan las características hidrogeológicas (unidades hidrogeológicas), en base a parámetros hidráulicos, que reclasifican las áreas anteriores (I, II, III y IV) diferenciando aspectos litológicos más concretos a los que se les atribuye el grado (alto, medio y bajo) y tipo de permeabilidad (por porosidad, fracturación, disolución y alteración) a partir de las diferentes unidades hidrogeológicas. El resultado es la obtención de una cartografía sintética con ocho zonas de características geotécnicas diferenciadas, representadas mediante colores de base. (Figura III₅-2).

Por último se ha realizado, para su superposición con los anteriores, un mapa de Dominios Geomorfológicos, que comprende los aspectos fundamentales del relieve (sintetizados) con el fin de señalar solamente las características fisiográficas más relevantes, que puedan influir en la caracterización geotécnica, creándose “sectores” con morfologías seme-

jantes en áreas litológicas diferentes. (Figura III₅-3).

Asimismo se han tenido en cuenta las pendientes que afectan a cada dominio geomorfológico obtenidas a partir del mapa de pendientes, elaboradas utilizando técnicas de SIG en base al MDT. Estas capas: Litología, Formaciones Superficiales, Hidrogeología y Dominios Geomorfológicos se han digitalizado previamente para su superposición.

III_{5.3.2} Resultados.

A partir del cruce de las cartografías litológica, hidrogeológica y de dominios geomorfológicos se diferencian las siguientes zonas:

AREA I. Constituida por materiales graníticos. Estas rocas plutónicas presentan intercalaciones de aplitas y pegmatitas que pueden generar una mayor resistencia a la erosión y disgregación por meteorización. Desde el punto de vista hidrogeológico, esta considerada como materiales impermeables, donde la permeabilidad existente se limita a fracturas y diaclasas. La alteración de la masa granítica produce una arenización intensa que favorece la permeabilidad. Debido a todo ello, la permeabilidad se considera de Baja a Media y la causa de esto es la alteración y/o la fracturación. Las características geotécnicas son muy buenas, con suelos granulares de alteraciones unidas a la presencia del granito a escasa profundidad que conducen a generar zonas de gran capacidad de carga y unos asientos con magnitudes asumibles.

En los dominios de cumbres y pedimentos presenta alta capacidad de carga y asientos mínimos, al ser saprolitos compactos de alteración granítica con cercanía de la roca fresca. En dominio de laderas con coluviones son inestables a nivel superficial por empujes laterales a favor de pendiente.

AREA II. Comprende materiales meta-sedimentarios constituidos por el Complejo Esquisto-grauváquico. Litológicamente están formadas fundamentalmente por pizarras, grauvacas y areniscas, intercalándose cuarcitas, pizarras negras y conglomerados. Desde el punto de vista hidrogeológico se consideran materiales de permeabilidad baja donde los procesos de infiltración están favorecidos por

la alteración y fracturación. Esta impermeabilidad puede estar potenciada por la formación de arcillas debido a la alteración de dichas litologías, que pueden “sellar” total o parcialmente las fisuras que presenten. Desde el punto de vista geotécnico, algunas zonas presentan gran alteración, pudiendo dar asientos diferenciales en cimentaciones superficiales tipo zapata aislada. Condiciones Constructivas aceptables, en roca inalterada, o poco alterada.

La generación de taludes con pendientes medias-altas, pueden inducir deslizamientos a favor de los planos de estratificación de las pizarras. En las cuarcitas y esquistos, pueden generarse problemas de desprendimientos o caída de bloques. Dentro de esta área se diferencian tres zonas: II₁, II₂ y II₃ en función de las variaciones litológicas dentro de cada grupo de rocas y de parámetros hidrogeológicos (grado y tipología de la permeabilidad).

La zona II₁ está formada por pizarras, esquistos, grauwacas, areniscas y cuarcitas, con permeabilidad baja y drenaje lento favorecido por procesos de alteración. La zona II₂ esta constituida por pizarras microbandeadas y pelitas negras con fosfatos y piritas con condiciones de permeabilidad algo más bajas que las anteriores y drenaje también favorecido por procesos de alteración. La zona II₃ esta constituida por la litología más resistente de esta área: la cuarcita armoricana, con resaltes de crestones continuos. Presenta una permeabilidad baja y su existencia se limita a zonas de fracturación.

En dominios de laderas y escarpes con pendientes altas generan despegues a favor de planos de estratificación y asientos medios en zonas de alteración intensa. Esta zona es estable en los dominios de cumbres y pedimentos con poca alteración y pendientes suaves.

AREA III. Esta formada por las rocas carbonatadas, fundamentalmente calizas y dolomias, además de brechas calcáreas. Constituye el área de menor extensión en la zona de estudio limitándose sus afloramientos a las zonas más elevadas de la Sierra de Quilamas (Calizas de Tamames). Desde el punto de vista hidrogeológico, se consideran materiales de permeabilidad media y los procesos más dominantes que le afectan son la

disolución y fracturación. La capacidad de carga es alta sobre la roca compacta con procesos de carstificación poco significativos, aunque deben preverse colapsos o hundimientos de estructuras.

AREA IV. Presenta materiales detríticos del terciario y cuaternario. Destacan aquí materiales arcósicos del terciario, antiguos abanicos aluviales tapizados por extensas superficies con depósito que constituyen las “Rañas”; así como depósitos cuaternarios de terrazas asociadas a los cauces fluviales, depósitos de ladera (coluvionares y canchales), y sedimentos aluviales de fondos de valle. En los dominios sobre sustrato arcósico de cumbres y pedimentos con pendientes muy tendidas, la estabilidad y capacidad de carga es alta con asientos asumibles.

La zona IV₁ de gravas, areniscas y lutitas de carácter arcósico, presenta una permeabilidad baja y drenaje a favor de porosidad interparticular. La consolidación aceptable confiere una compactación importante que hace que estos materiales se consideren estables en condiciones naturales y presenten unas capacidades de carga media-alta, con inexistencia de asientos. Las arcosas, con pendientes medias-altas, concentran la escorrentía pluvial generando inestabilidad con cárcavas y abarrancamientos.

La zona IV₂ son depósitos de conglomerados, gravas, arenas y fangos rojos que constituyen depósitos de abanicos aluviales terciarios sobre los que se instala la “Raña” que con ligeras pendientes pueden generar movimiento de grava a favor de los niveles arcillosos infrayacentes. La permeabilidad de estos materiales es baja-media y con drenaje por porosidad interparticular. La posible interferencia del nivel freático hace que, sobre todo en los niveles fangosos, la capacidad de carga sea baja, y los asientos generados pueden llegar a ser medios. Los dominios de “Raña” y piedemontes, presentan cierta inestabilidad por movimientos gravitacionales.

La zona IV₃ engloba a los materiales que conforman los depósitos de llanura aluvial y fondos de valles. Litológicamente están formados por gravas, arenas y limos sueltos. La permeabilidad de estos materiales es media - alta con un drenaje por porosidad.

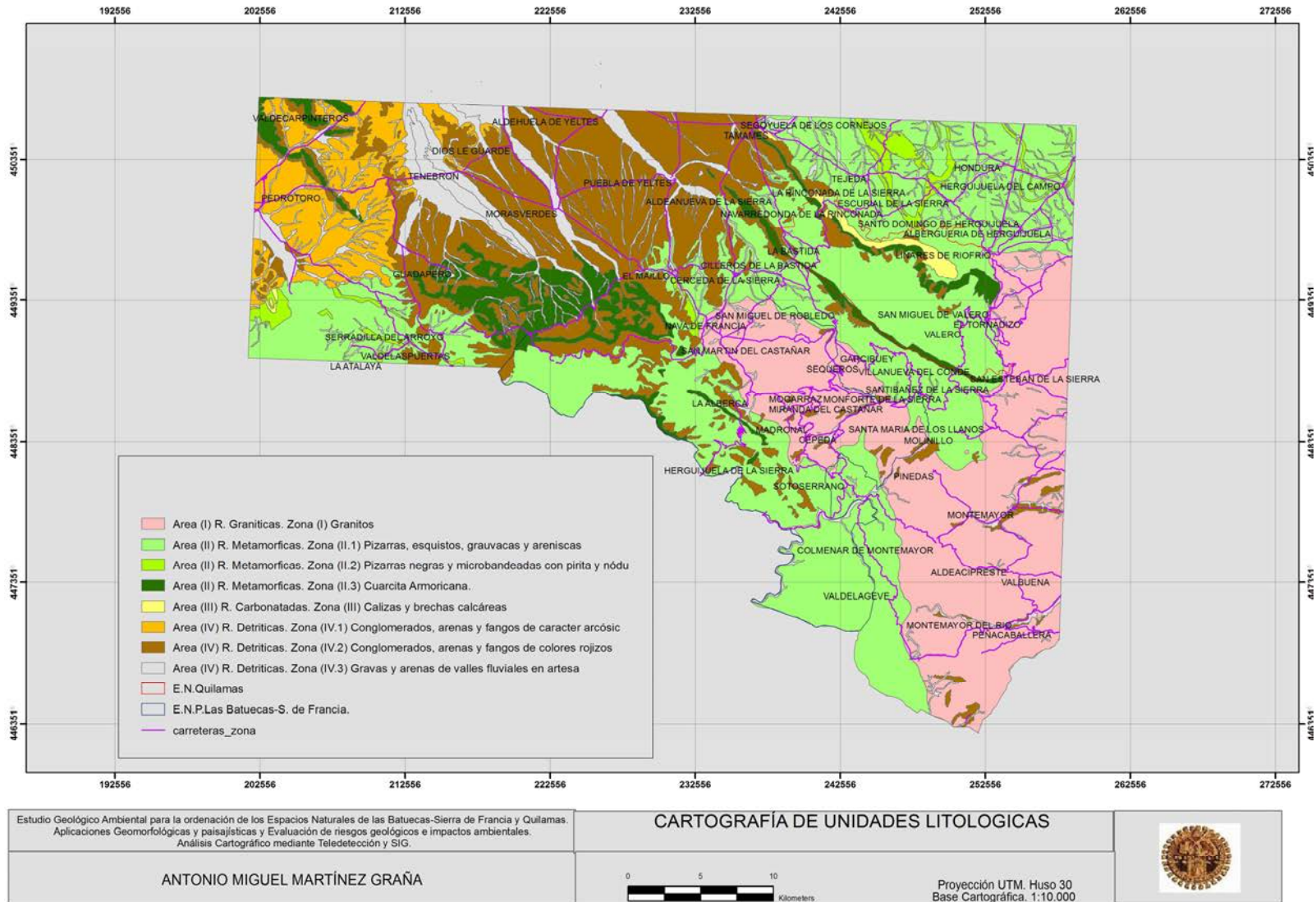


Figura III₅-1. Cartografía de Áreas y Zonas Geotécnicas.

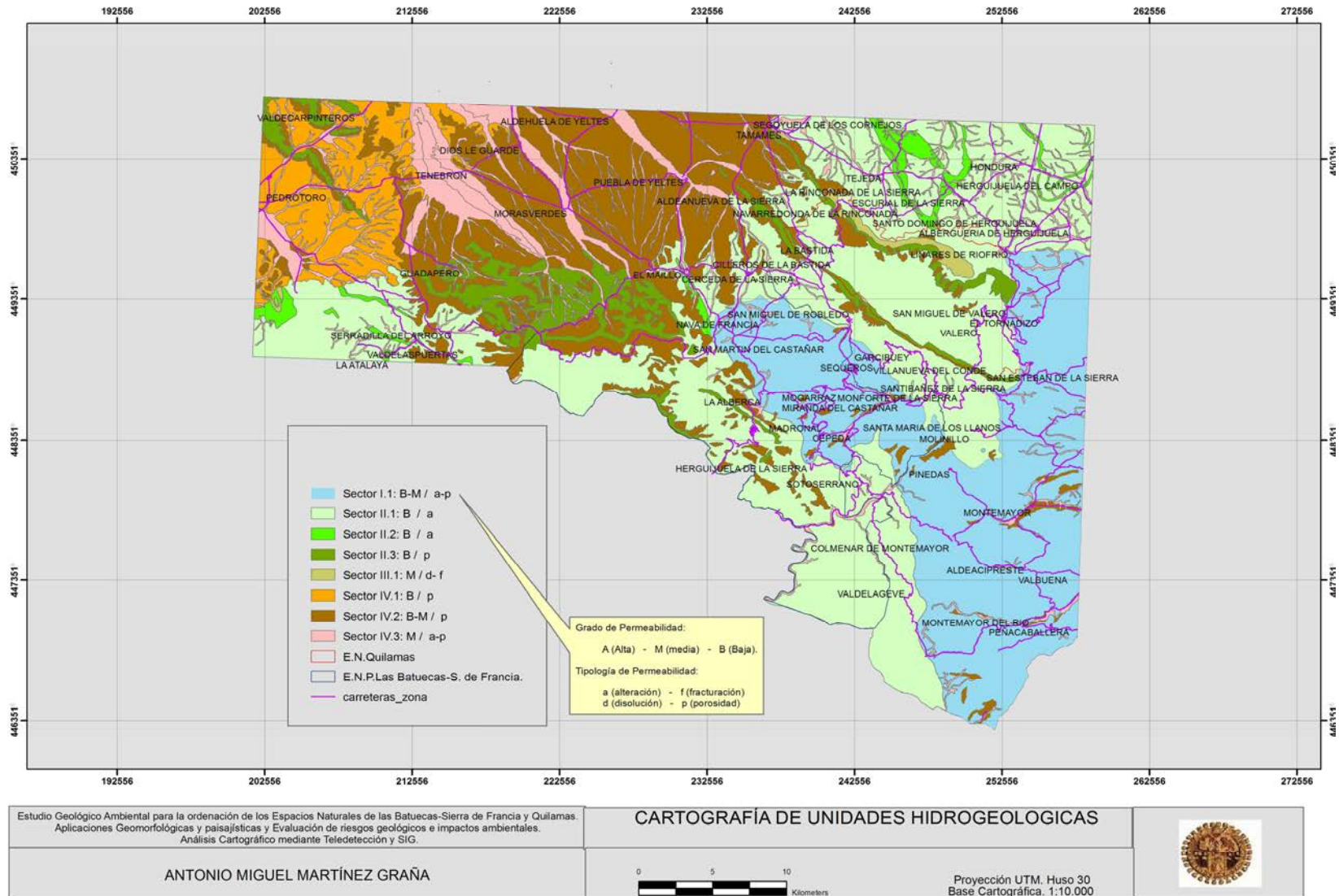


Figura III₅-2. Cartografía de Sectores Geotécnicos.

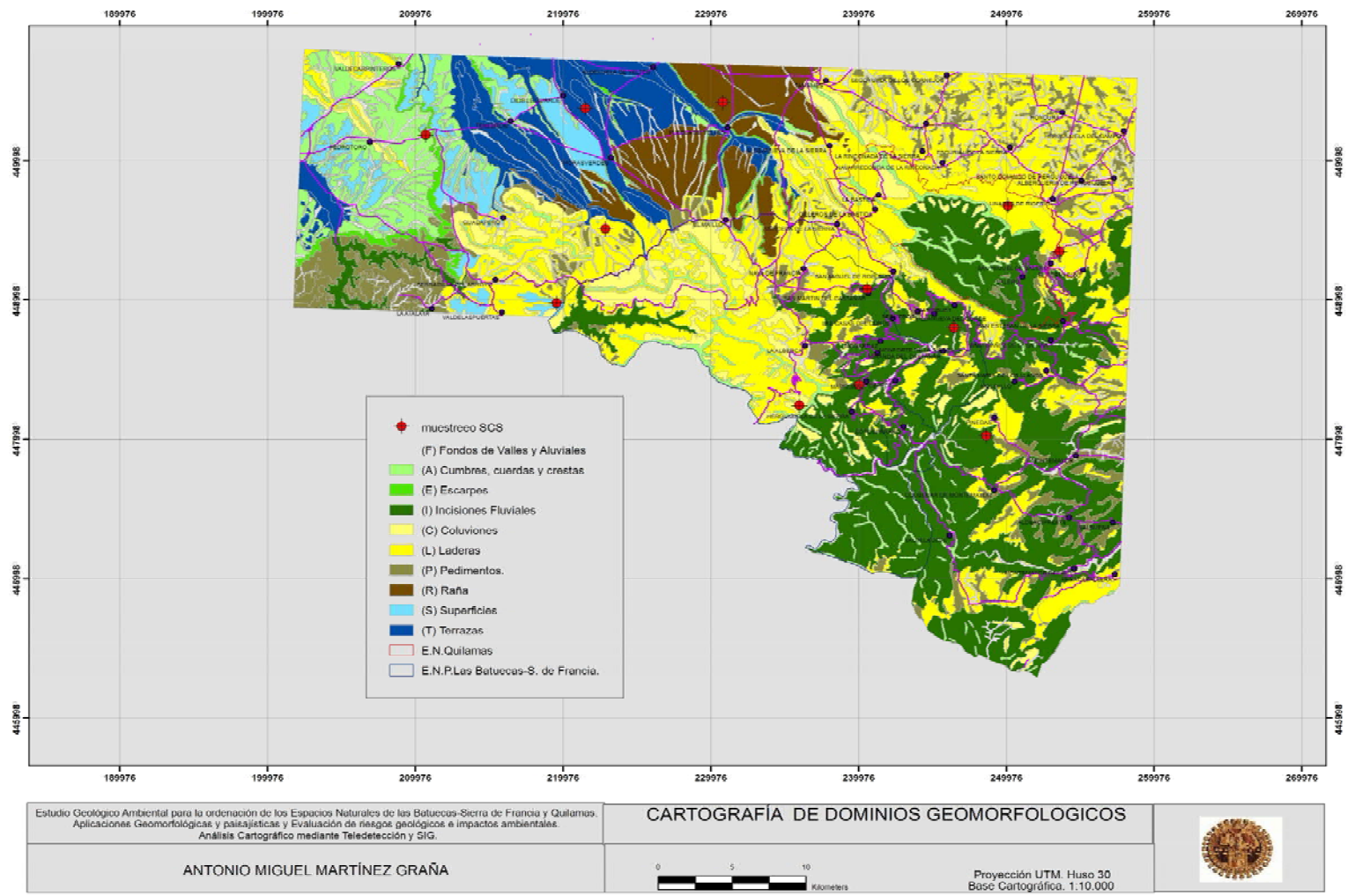


Figura III-3. Cartografía de zonas generadas por los diferentes Dominios Geomorfológicos, así como los puntos de muestreo con su caracterización.

En las llanuras de inundación y cauces intermitentes el nivel freático esta a escasa profundidad, siendo zonas de inundación potencial con capacidades de carga bajas y muy bajas, y con posibilidad de asentamientos importantes. Los depósitos de terrazas constituyen zonas aceptables de capacidad de carga con pequeños asentamientos; debido a que la reorganización detrítica se adapta rápidamente a los esfuerzos aplicados. Los materiales coluvionares y canchales, inestabilizan amplias laderas.

Por último hay que señalar que la propia cartografía geotécnica nos va a permitir delimitar áreas de recomendaciones y

limitaciones de usos en cuanto a las actividades constructivas.

En la cartografía geotécnica también se indican los sectores de muestreo puntual de campo donde en base a los que se han obtenido parámetros como la profundidad del sustrato inalterado, o nivel de referencia de estabilidad de cimentación, profundidad de toma de la muestra, la tipología de suelo según la clasificación de Casagrande; denominada Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) (Figura III₅-4) y el tipo de arcilla dominante: Illita, montmorillonita, caolinita, smectitas, clorita o goethita.

GRUPOS PRINCIPALES		GRUPO	DENOMINACION TIPICA	CRITERIOS DE CLASIFICACION	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más del 50% es retenido en el tamiz n°200	GRAVAS 50% ó más de gruesos retenido en el tamiz n°4	GW	Gravas y mezclas de grava-arena bien graduadas, con pocos o sin finos.	Clasificación basada en el % de finos que pasa por el tamiz n°200 (0,0075 mm). * <5% : GW, GP, SW, SP. * >12% : GM, GC, SM, SC. * 5-12%: Casos intermedios; doble símbolo.	
		GP	Gravas y mezclas de grava-arena mal graduadas, con pocos o sin finos.		
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava-arena-limo.		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla.		
	ARENAS Más del 50% de gruesos pasa por el tamiz n°4	GRAVAS LIMPIAS CON FINOS	SW		Arenas y arenas con grava bien graduadas, con pocos o sin finos.
			SP		Arenas y arenas con grava mal graduadas, con pocos o sin finos.
		ARENAS LIMPIAS	SM		Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
			SC		Arenas arcillosas, mezclas de arenas y arcillas.
SUELOS DE GRANO FINO 50% ó más pasa por el tamiz n°200	LIMOS Y ARCILLAS WL ≤50	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, arenas finas limosas o arcillosas.	<p>GRAFICO DE PLASTICIDAD</p> <p>Ecuación de A: $IP = 0,73(WL - 20)$ Casos intermedios bobe símbolo</p> <p>Para clasificar suelos de grano fino y la fracción fina de los de grano grueso.</p>	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad media-baja, arcillas con grava, arena o limo.		
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
	LIMOS Y ARCILLAS WL >50	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos con mica o diatomeas. Limos elásticos.		
		CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad.		
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada.		
SUELOS ORGANICOS	PT	Turba, fangos y otros suelos de alto contenido orgánico.	Fácilmente reconocibles al presentar restos vegetales en descomposición, y por su color marrón oscuro o negro.		

Figura III₅-4. Clasificación del SUCS.

Otras características Geotécnicas.

Según la Norma de Construcción Sismo-resistente para Edificación -R.D 997/2002- (BOE 244, 2002) (Figura III₅-5) el emplazamiento de la zona de estudio, en el Mapa de Zonas Sísmicas, se encuentra con un grado de sismicidad menor a 0.04, correspondiente a un grado de sismicidad bajo, pudiendo establecer que esta zona no presenta efectos dañosos para la construcción ($k < 0.04$).

En general para todas las áreas las presiones admisibles se estiman mayores cuanto menor es el grado de alteración de la unidad de roca. Los tipos de cimentación más utilizados en la zona de estudio son los superficiales (zapatas aisladas, corridas...), dadas las características geomecánicas de estos materiales. La facilidad de excavación en las formaciones no rocosas es muy diferente según el tipo de material, siendo considerado en frentes de alteración como "duras", y en sedimentos cuaternarios recientes, sueltos, como "blandas".

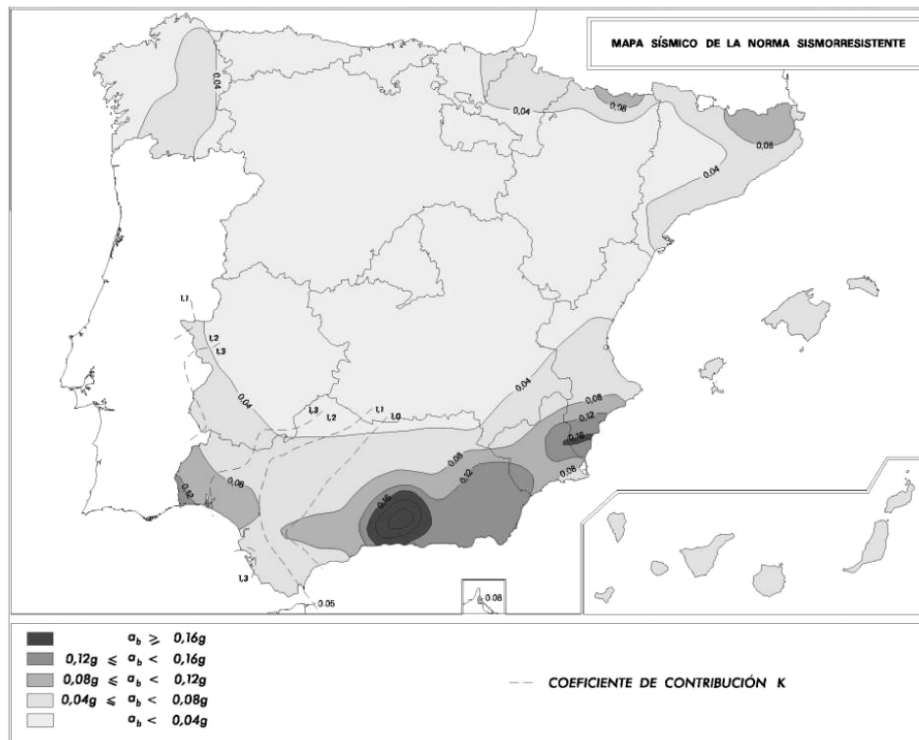


Figura III₅-5. Mapa de Peligrosidad Sísmica con distribución del coeficiente K de la norma de construcción sismorresistente.

Existen materiales intermedios en arcosas alteradas que son atacables con retroexcavadora mixta, con martillo; al ser la pala de una retroexcavadora incapaz de excavar, al presentar un porcentaje arcillosos importante, y se consideran de facilidad de excavación "Media".

Las formaciones rocosas, con clara entidad de roca, se presentan como Ripables -atacables con maquinas- (arcosas neogenas y meta-sedimentos intercalados con bancos poco potentes) y No Ripables -atacables con explosivos- (granitos, cuarcitas...).

En cuanto a la *agresividad* de aguas y suelos, se conoce la existencia en las cercanías de Tamames, de aguas sulfurosas; así como contenidos en carbonatos en suelos del Área III. Se recomienda analizar los porcentajes de sulfatos en aguas y suelos, dada la gran agresividad y consecuentemente afección que produce en la cimentación, reaccionando con el hormigón. Igualmente los carbonatos pueden favorecer la estabilidad al potenciar los efectos de cementación sobre los materiales.

A nivel metodológico este estudio constituye una primera aproximación al análisis geotécnico de este territorio; donde se esbozan los posibles problemas aunque este análisis es cualitativo, y a la hora de analizar geotécnicamente una zona, deberán realizarse estudios de detalle. El análisis cartográfico ha tenido en cuenta las recomendaciones de la Comisión Internacional de Cartografía Geotécnica, Abad & Peña Pinto (1975), Peña Pinto, J.L. (1977); Echevarria Caballero & Peña Pinto (1978) y Matula et al (1979), dando lugar a la cartografía de riesgo geotécnico del sector de estudio (Figura III₅-6).

III_{5.4} Peligrosidad Natural en el Espacio Protegido de Las Batuecas-S. Francia, y Quilamas. Análisis integrado de los factores potenciales de riesgo.

El constante incremento de las diferentes actividades humanas y el compromiso de protección y conservación de algunos espacios naturales, conllevan a que cada vez más el

desarrollo sostenible pase por una correcta planificación integral del territorio de tal forma que sea una herramienta básica a la hora de predecir y mitigar riesgos naturales en estos espacios de gran valor ambiental.

Para lograr esta prevención deben evaluarse previamente los diferentes riesgos derivados de las condiciones del medio y el grado de ocupación del territorio. Esta evaluación pasa por el conocimiento de los procesos geodinámicos externos, que pueden generar diferentes riesgos geológicos.

Las áreas graníticas que ocupan el Sur y SE de la zona se caracterizan por presentar restos de pedimentos que enraizan en la Sierra de Bejar y por la incisión de la red fluvial así como por la presencia de numerosos berrocales.

En el NO de la zona de estudio que corresponden al borde sur de la fosa cenozoica de Ciudad Rodrigo aparecen materiales arcósicos en la cuenca mientras que en los bordes de sierra tenemos sistemas de abanicos aluviales con sedimentos horizontales o casi horizontales en donde se labran anchos valles fluviales con llanuras de inundación. Sobre estos sedimentos se depositarán materiales cuaternarios, de origen fluvial como abanicos aluviales (rañas), conos, piedemontes y otros relacionados con las vertientes (coluviones).

III_{5.4.1} Metodología.

En esta zona se realiza una cartografía de peligrosidad natural a partir del análisis sectorial de los procesos geodinámicos externos que potencialmente pueden conllevar un cierto peligro natural. (López Santiago y col., 1991).

Esta peligrosidad natural se basa por lo tanto en el análisis de los diferentes procesos que originan riesgos geológicos y dentro de éstos son los más significativos los riesgos geomorfológicos (erosión, subsidencias deslizamientos y desprendimientos), los riesgos hidrológicos (inundaciones, encharcamientos) y los geotécnicos (capacidades portantes, asientos...). Esta cartografía predice espacialmente la existencia de un cierto riesgo o umbral de peligro a partir de una valoración cualitativa (zonación geotécnica) y cuantitativa (tasas de erosión).

Para evaluar los diferentes riesgos que afectan a estos espacios naturales partimos de cartografías sintéticas realizadas como son la de caracterización geotécnica (mapa geotécnico) (IGME, 1976) y la de riesgo de pérdida de suelo (mapa de erosión actual).

El primero de estos mapas “mapa geotécnico” se ha construido a partir de la agrupación en unidades homogéneas áreas y zonas diferenciadas en base a la litología, hidrogeología (unidades hidrogeológicas), dominios geomorfológicos y pendientes (Graña et al, 2003; Martínez-Graña et al, 2004b).

A partir de este primer mapa de “caracterización geotécnica” siguiendo los criterios expuestos en el “Mapa geotécnico y de peligrosidad natural de León y su aglomeración urbana” (ITGE, 1991a) y en el Mapa Geotécnico de Ordenación Territorial y urbana de la subregión de Madrid:Torrelaguna (ITGE, 1991b) se ha elaborado el “mapa de peligrosidad natural” del área de estudio, basándonos fundamentalmente en los diferentes riesgos que afectan a la zona y que pueden dar lugar a problemas litológicos, geomorfológicos, hidrológicos y geotécnicos propiamente dichos siendo lo normal que se de más de uno de éstos tipos de problemas.

A partir de este mapa teniendo en cuenta las características litológicas, hidrogeológicas y geotécnicas de las distintas zonas y superponiendo el mapa de dominios geomorfológicos y las pendientes se establecen sectores donde se producen determinados procesos activos que originan riesgos. El análisis de estos procesos nos permite evaluar la peligrosidad natural y sus diferentes causas debidas a una o varias problemáticas.

El segundo es el “mapa de erosión actual” que tiene en cuenta tanto la erosión hídrica como la eólica (ver apartado de riesgos de erosión hídrica y eólica), que añade el riesgo de pérdida de suelo de las áreas sujetas a otros riesgos geomorfológicos, hidrológicos y geotécnicos. Se tienen en cuenta dado que uno de los riesgos geológicos más significativos de esta área lo constituyen dichos procesos de erosión hídrica, potenciada en algunos sectores por el grado de alteración de litologías poco resistentes, por las altas precipitaciones en los sectores topográficamente elevados con pendientes medias-altas; y por la acción fluvial.

DG/Áreas	I	II.1	II.2	II.3	III	IV.1	IV.2	IV.3
Escarpes	D	D	D	D	D	D	D	D
Raña	D	A	A	A	F	F	F	F
Laderas	D	D	D	D	F	F	D	D
Pedimento	F	F	F	F	F	A	A	A
Terrazas	A	A	A	A	A	A	A	A
IncisI.Fluv	A	D	D	D	A	A	A	A
Aluviales	D	D	D	D	D	D	D	D
Cumbres	D	D	D	D		A	A	A
Coluviones	D	D	D	D	D	D	D	D

Cuadro III₅-1. Matriz de Condiciones Constructivas.

Los terrenos que son potencialmente inundables como son los cauces y márgenes de los ríos Morasverdes, Tenebrilla y Yeltes, presentan problemas de tipo hidrológico. Sus características litológicas y la presencia del nivel freático a escasa profundidad le confieren capacidades de carga bajas. Se pueden producir encharcamientos en zonas parcialmente deprimidas englobadas en superficies llanas debido a un drenaje deficiente por acumulación de arcillas.

Los escarpes fluviales, presentan problemas erosivos asociados en ocasiones a desplazamientos de los cursos principales, lo cual genera inestabilidad por erosión lateral del propio curso fluvial.

Las calizas; pueden presentar problemas de tipo litológico y geotécnico, por problemas de karstificación y huecos de disolución.

Los suelos arcillosos localizados sobre los materiales metasedimentarios, por alteración de las pizarras y en llanuras de inundación de márgenes fluviales muestran cierta plasticidad lo que origina problemas geotécnicos. Esta plasticidad es especialmente desfavorable en dominios geomorfológicos que potencien su movilidad (incisiones fluviales, laderas acusadas...) dependiendo también de la disposición de la pizarrosidad y su grado de alteración.

En cuanto al riesgo de erosión por pérdida de suelo de estos sectores de alta peligrosidad, se limita a las sierras de Francia y Quilamas, con relieves abruptos originando una erosión importante y grave, estimándose la pérdida de suelo superior a 20 Tm/Ha/año (>1.3 mm/año). Esto se debe a que en estos sectores las elevadas pendientes y precipitaciones originan un aumento de las tasas de pérdida de sedimentación, favorecido sobre todo en las zonas con poca cobertura vegetal. Este riesgo erosivo en zonas de frente de sierra con presencia de materiales gravitacionales puede provocar movimientos en masa y potenciar la inestabilidad de la zona. En algunas de estas zonas la erosión laminar se ve incrementada por los incendios que dejan al descubierto el suelo al eliminar la cobertura vegetal.

Peligrosidad Media

Esta zona presenta un nivel de competencia importante, con gran capacidad de carga, aunque puntualmente puedan existir problemas geomorfológicos de tipo desprendimientos y deslizamientos sobre arcillas de alteración en pendientes elevadas, así como procesos de reptación en áreas de pendientes moderadas. Las depresiones del terreno, en algunos sectores pueden favorecer localmente riesgos hidrológicos.

En cuanto al riesgo de erosión, comprende las zonas entre ambas sierras, con pendientes medias y pérdidas de suelo entre 5 y 20 Tm/Ha/año (entre 0.3-1.3 mm/año). Se evalúa en el mapa de riesgo de erosión actual como un riesgo ligero. La variación con respecto a la zona de alta peligrosidad, se debe a que esta zona presenta una mayor cobertura vegetal, menores precipitaciones y relieves menos acentuados donde las aguas están más canalizadas en cursos fluviales, presentando menores procesos de erosión laminar y más procesos de aguas encauzadas. Localmente se pueden generar cárcavas que aumentan la peligrosidad al potenciar desprendimientos del terreno.

Peligrosidad Baja

Este sector está constituido por formaciones detríticas que no presentan niveles arcillosos importantes y constituyen zonas estables, los asentamientos son inmediatos y asumibles. Incluyen materiales de tipo abanico aluvial con pendientes muy tendidas donde los problemas hidrológicos y geomorfológicos son compatibles con los usos más frecuentes del territorio.

La estabilidad es muy alta y la capacidad de carga es elevada en las zonas graníticas que presentan poca fracturación y meteorización, en dominios geomorfológicos de pedimentos y rocas metamórficas (cuarcitas, esquistos...) con bajo grado de alteración.

Constituye el sector de menor pérdida de suelo y comprende las zonas más alejadas de los espacios naturales, correspondiéndose sobre todo con las partes distales de los piedemontes, dando lugar a superficies ligeramente incluídas en donde se dan menores precipitaciones, limitándose la erosión hídrica a los márgenes fluviales y pequeños escarpes del terreno. Se estiman valores de pérdidas de suelo inferiores a 5 Tm/Ha/año (inferiores a 0.3 mm/año). De lo anteriormente expuesto se puede deducir que en los Espacios Naturales de las Batuecas-S. Francia y Quilamas, la peligrosidad está directamente influida por condicionantes de tipo geológico (distintas resistencias de las litologías, grados y tipos de permeabilidad de los materiales), geomorfológicos (áreas susceptibles al deslizamiento y reptación; erosión lateral en cursos fluviales, desprendimientos en canchales con pendientes elevadas) y en zonas de relieves acusados por

erosión hídrica; hidrológicos en zonas de bajas pendientes por avenidas e inundaciones, y a riesgos geotécnicos debido a las capacidades de carga, asentamientos y grado de plasticidad.

La generación de esta cartografía básica de peligrosidad natural muestra la importancia del análisis detallado de los problemas geomorfológicos, hidrológico, litológico y geotécnico en la cartografía de riesgos para usos en la planificación. (Figura III₅-7).

A partir de la Cartografía de Peligrosidad Natural, y de las características geotécnicas que definen los diferentes tipos de peligrosidad (alta, media y baja) se establece la Cartografía de Peligrosidad Geotécnica que delimita los diferentes sectores territoriales en base a sus condiciones constructivas (desfavorables, aceptables y/ no favorables) (Figura III₅-8).

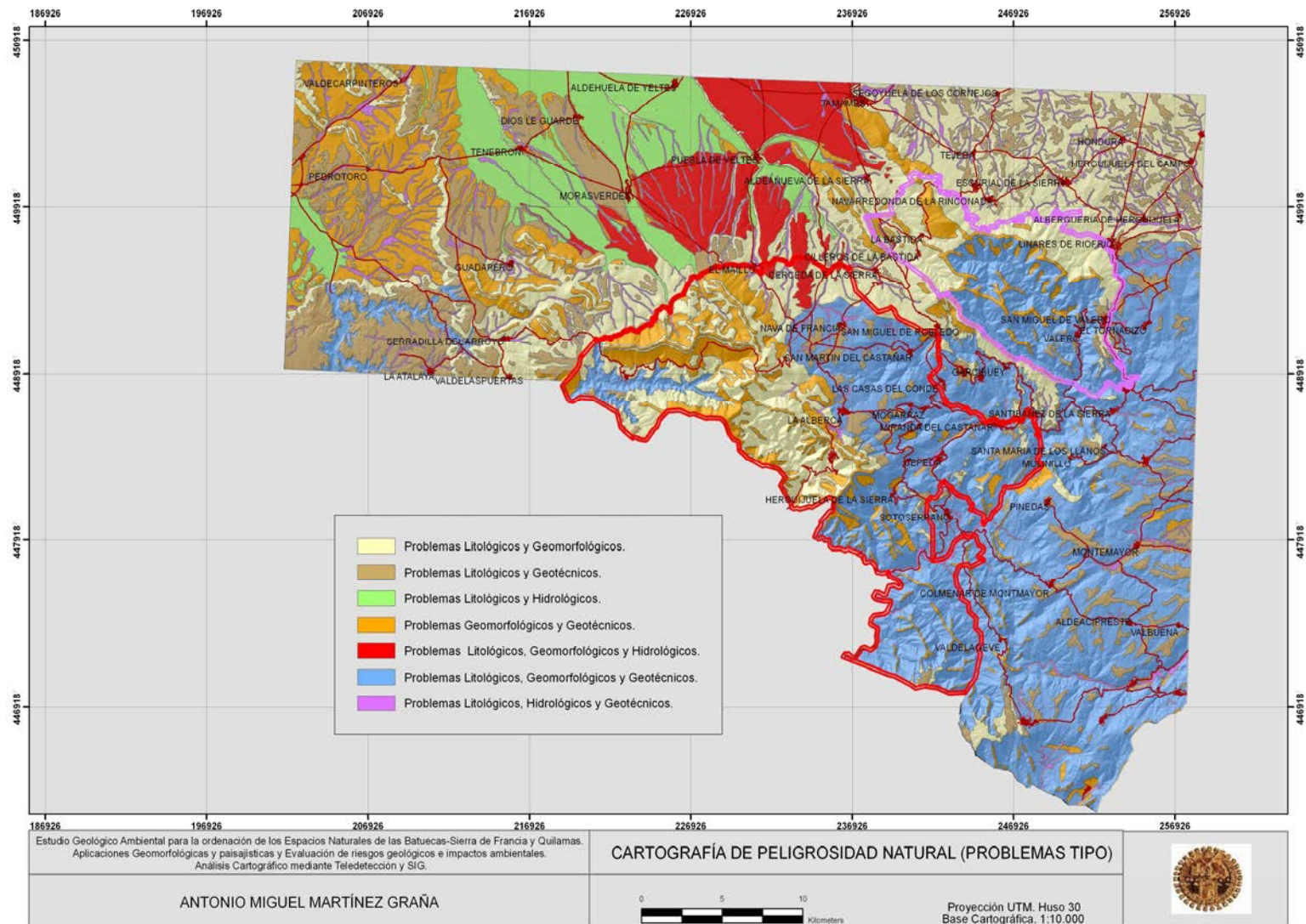


Figura III₅-7. Cartografía de Peligrosidad Natural, delimitando los problemas litológicos, geomorfológicos, hidrológicos y geotécnico.

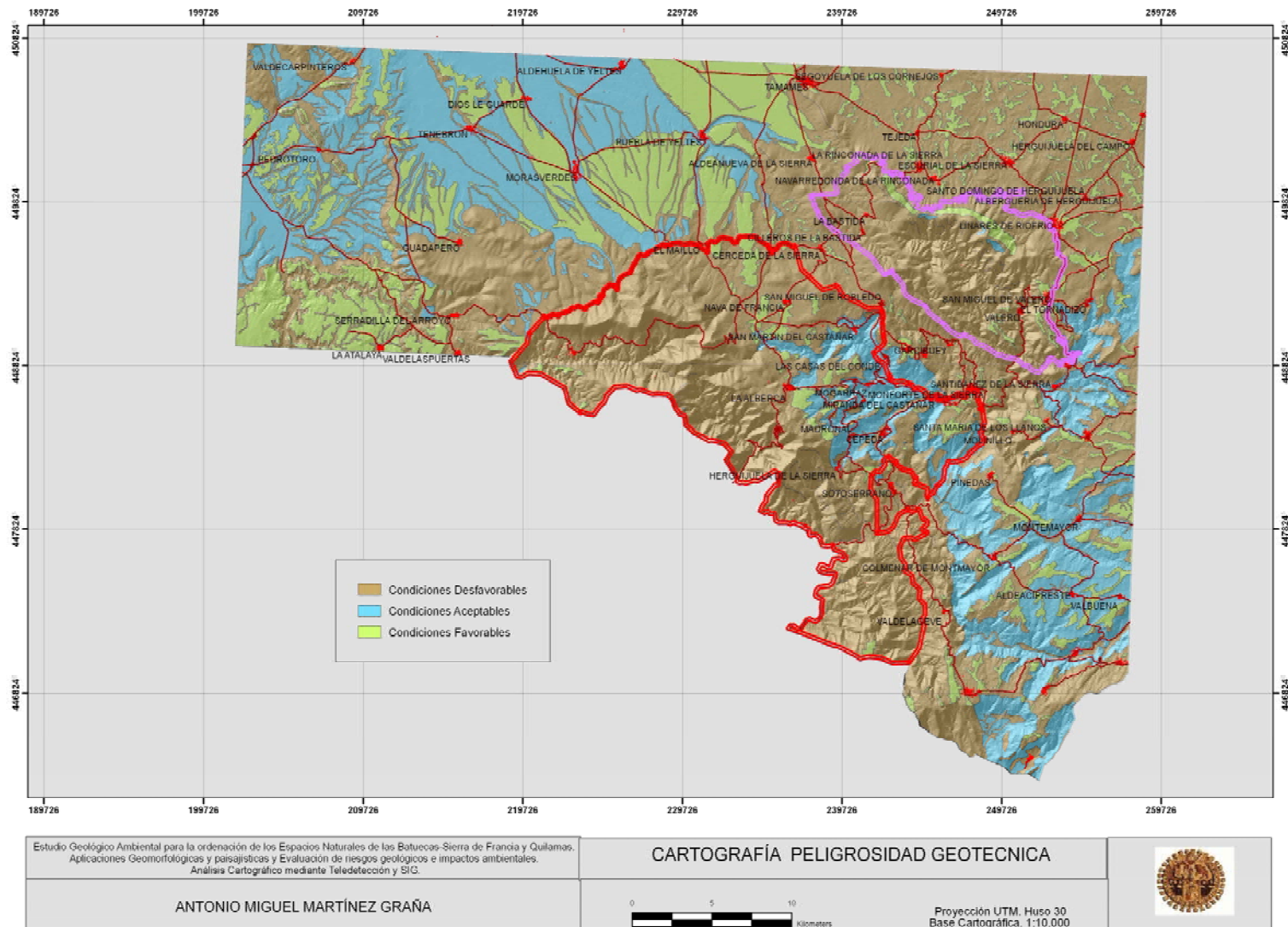


Figura III₅-8. Cartografía de Peligrosidad Geotecnica.

III.6. Resultados Riesgos Geológicos (Inventario Cartográfico).

Riesgos de Erosión Hídrica y Eólica

El riesgo erosivo se ha obtenido a partir de las cartografías sumadas de erosión hídrica y de erosión eólica.

La erosión hídrica se ha calculado en base a la ecuación universal de pérdida de suelo, a partir de la correspondiente cartografía paramétrica elaborada con técnicas de SIG y Teledetección. En un primer paso se calcula el riesgo de erosión hídrica potencial, en base a la agresividad climática (R), pendiente-declive (LS) y factor erodibilidad (K). Este último factor se calcula en base a la litología o a los suelos. En nuestro caso, se ha calculado de las dos formas y se ha comprobado que la cartografía de erosión potencial, teniendo en cuenta los suelos, en este caso la cartografía de unidades de suelos dominantes, presenta mejores resultados que la basada únicamente en el factor litológico (litofacies). El riesgo de erosión hídrica actual, se ha obtenido considerando la erosión potencial y el factor vegetación en la zona de estudio, y como resultado se observa que presenta valores graves (mayores de 2,67 mm/año) e importantes (2,67-1,3 mm/año), en los sectores donde las precipitaciones son abundantes y el terreno presenta alta pendiente y grado de cobertura vegetal baja, correspondiendo a sectores de sierra, como las Sierras de Francia, de Tamames, de Quilamas, del Guindo, etc. Los sectores con erosión ligera (1,3-0,3 mm/año) se distribuyen entre las sierras y en los relieves de menor entidad, donde las pendientes y precipitaciones no son tan altas, y la cobertura vegetal es media. Por último la erosión hídrica débil se localiza en los sectores más llanos, piedemontes, en general alejados de los espacios naturales.

Se ha calculado cuantitativamente el riesgo de erosión hídrica mediante la instalación de cinco estaciones con clavos de erosión (Dios Le Guardé- Tenebrón, Serradilla del Arroyo, Monsagro, El Maillo y Cepeda) y una (Escarpe de Alba de Yeltes) con agujas de erosión. Los procesos erosivos son mayores en el terciario detrítico (2-4 cm/año), menores en granitos (1-2 cm/año). y más bajos en pizarras (< 1 cm/año). En los sectores de acaravamiento

intenso de los escarpes (barrancos), se presenta un retroceso de hasta 2 cm/año.

El riesgo de erosión eólica, analizando la cartografía obtenida, es de menor importancia, siendo apreciable en las zonas de deflación. No existen riesgos de erosión eólica Muy Alta (mayor a 2,6 mm/año), y el riesgo Alto se limita a algunos sectores puntuales muy llanos y escasa vegetación (Tenebrón, Morasverdes, etc.), o fondos de valle (Pinedas, Cereceda de la Sierra, etc.), donde el índice de erodibilidad eólica es alto al presentar elevada erodibilidad textural y analítica (Montemayor, etc.). En los sectores de entresierros o en las superficies previas al encajamiento fluvial; el riesgo de erosión eólica es moderado (El Maillo, Pastores, etc.). El riesgo bajo se distribuye en las proximidades de la periferia de los espacios naturales pero de forma muy dispersa, constituyendo zonas con pendientes más suaves y constantes (Morasverdes, Tamames, Tenebrón, etc.). En los piedemontes y terrazas de los principales ríos (Yeltes, Morasverdes, etc.) se localizan los riesgos de erosión eólica inapreciables o bajos, dentro de las áreas de deflación susceptibles de erosión eólica.

En conjunto la erosión hídrica es mucho más importante que la eólica por lo que en el mapa resultante del sumatorio de los dos tipos se manifiesta dicha influencia, y solamente en las áreas más llanas se observa un ligero incremento erosivo debido al efecto eólico.

Riesgo de Inundación.

El análisis detallado del riesgo de inundación se ha desarrollado para la cuenca del curso fluvial principal del sector de estudio: río Yeltes y afluentes principales (Morasverdes y Gavilanes), obteniendo las cartografías de inundabilidad para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, cartografía de isobatas y cartografía de isotacas.

A partir de los caudales obtenidos y modelizados con la aplicación Hec-Ras se observa que los sectores de mayor riesgo de inundabilidad obtenidos por el método hidrológico-hidráulico, se localizan en puntos donde ya ha habido eventos de inundación, confirmados en el registro establecido en el desarrollo del método histórico (Puebla de Yeltes, Aldehuela de Yeltes, Alba de Yeltes y Sancti-Spiritus) y en otros puntos (no indicados en el registro histórico), como son

Dios le Guarde, Morasverdes, Tenebrón, etc. En algunos de ellos, como Alba de Yeltes, el método geomorfológico permite señalar el riesgo de inundación.

La cartografía de Isobatas, señala que el curso fluvial que alcanza mayor profundidad es el río Gavilanes, entre Bocacara y Sancti-Spiritus, y de forma dispersa y puntual el río Gavilanes hasta la confluencia con el río Yeltes. En el cauce medio-alto del río Yeltes hay profundidades de hasta 0.5 metros en el sector entre Castraz y Alba de Yeltes, siendo en el resto de sectores, la profundidad inferior a medio metro.

La cartografía de Isotacas, muestra puntualmente los sectores donde la velocidad puede superar 1 m/s (Puebla de Yeltes, Morasverdes, etc.), quedando los sectores de alta velocidad en las partes centrales de los cauces, sobre todo en las confluencias entre los Ríos Yeltes, Gavilanes y Morasverdes.

El río Yeltes muestra los puntos conflictivos en Alba de Yeltes, cuyo cauce se desborda por ambos márgenes, afectando a tierras de cultivo, actividades extractivas (graveras) y a viviendas aisladas, pudiendo en épocas de avenidas extraordinarias, avanzar las aguas por el cauce del arroyo de la Moravieja, afluente del río Yeltes, que pasa por el margen este de la localidad de Alba de Yeltes, afectando parcialmente al casco urbano. Presenta riesgo importante las localidades de Puebla de Yeltes y en menor grado Aldehuela de Yeltes.

El río Morasverdes, presenta riesgo de inundabilidad a su paso por las localidades de Dios Le Guarde y Morasverdes.

El río Gavilanes presenta riesgo alto de inundación a su paso por Sancti-Spiritus, llegando a afectar a edificaciones e infraestructuras. La localidad de Bocacara, aguas arriba, también presenta riesgo y Tenebrón presenta una cota que aísla el casco urbano de las avenidas.

Finalmente se ha establecido una cartografía a gran escala (1/5000) de las principales localidades afectadas con los periodos de retorno superpuesta sobre la ortofoto, indicando la existencia o no de las medidas estructurales de prevención y mitigación, constituyendo la propia cartografía que se presenta una medida no estructural.

Riesgo por movimientos del terreno.

Los riesgos gravitacionales o movimientos de ladera se han cartografiado en base a los factores pasivos, determinando la cartografía de susceptibilidad a los movimientos de ladera. Posteriormente añadiendo a dicha cartografía de susceptibilidad los factores activos o desencadenantes obtenemos la cartografía de peligrosidad por movimientos de ladera, la cual teniendo en cuenta la cartografía de vulnerabilidad y exposición a dicho riesgo, obtenemos la cartografía del riesgo por movimientos de ladera. Dentro de esta metodología hay que señalar que en la cartografía de peligrosidad hemos utilizado como parámetros cartográficos la sismicidad, textura, fracturación, erosión, precipitación y características geomecánicas. Esta cartografía geomecánica, se ha elaborado en base a campañas de campo, donde a partir de 15 estaciones geomecánicas representativas, se han obtenido valores reales de diferentes parámetros (resistencia, diaclasado, comprensión simple, etc.).

Los sectores con riesgo muy alto, se localizan al pie de los relieves escarpados y abruptos con fracturas y presencia de núcleos de población y/o carreteras (Guadapero, Valero, Las Casas del Conde, Mogarraz, Miranda del Castañar, Molinillo, etc.). En las incisiones fluviales y laderas escarpadas el riesgo es alto (Monsagro, Pastores, Pinedas, etc.). El riesgo medio se distribuye en zonas con superficies ligeramente tendidas (Morasverdes, Tenebrón, etc.). Los sectores de riesgo bajo, aparecen en terrazas, pedimentos o superficies degradadas (Pedrotoro, Valdecarpintero, etc.). Por último el riesgo muy bajo se localiza en zonas muy puntuales y poco extensas (Aldehuela del Yeltes, Serradilla del Arroyo, etc.).

Se ha elaborado una cartografía inventario con los diferentes tipos de movimientos de ladera existentes en nuestro sector (canchales, deslizamientos, reptación, etc.) y se ha superpuesto a los diferentes mapas de riesgo por movimientos de laderas, como método para validar el proceso cartográfico y sus resultados, obteniendo una buena correlación, quedando ubicados los movimientos ocurridos en el pasado e identificados en campo, con los valores de muy alto y alto riesgo de movimiento de ladera, a excepción de las áreas de

gran frondosidad de vegetación que fija el sedimento y estabiliza las laderas.

En cuanto a los riesgos carsticos, se delimitan a los sectores con sustrato carbonatado, considerando dentro de él, tres zonas con riesgo alto. El primero en la zona SO del casco urbano de la localidad de Tamames, constituyendo una zona de alta exposición, al ubicarse edificaciones sobre ella. Los otros dos sectores están comprendidos entre Rinconada de la Sierra y La Bastida, y son Peña Venero y Bajo del Ganchal, con grado de exposición y vulnerabilidad mucho menor, pero se consideran de riesgo alto por la presencia de actividades antrópicas: actividades ganaderas, vallados y senderos de tránsito humano a pie o con vehículos especiales. El resto del afloramiento carbonatado presenta un riesgo bajo debido a la casi ausencia de afloramientos y la importante densidad de vegetación y cobertura edáfica que presenta.

Riesgo Geotécnico.

Se ha elaborado la cartografía geotécnica y en base a la cual se ha elaborado la cartografía de peligrosidad natural, estableciendo la problemática de cada sector.

Los sectores de peligrosidad alta, se corresponden con los dominios de cuerdas, crestas y cumbres, con coluviones, y canchales. También los escarpes fluviales, por procesos erosivos. Las zonas con sustratos calizos; pueden presentar problemas de tipo litológico y geotécnico, por problemas de karstificación y huecos de disolución.

Los suelos arcillosos que muestran cierta plasticidad originan problemas geotécnicos. Esta plasticidad es especialmente desfavorable en dominios geomorfológicos que potencien su movilidad (incisiones fluviales, laderas acusadas...) dependiendo también de la disposición de la pizarrosidad y su grado de alteración. Se incluyen los terrenos potencialmente inundables: cauces y márgenes de los ríos (Morasverdes, Tenebrilla y Yeltes), y zonas de encharcamientos.

Los sectores de peligrosidad media, constituyen zonas con gran capacidad de carga, aunque puntualmente puedan existir problemas geomorfológicos de tipo desprendimientos y deslizamientos sobre arcillas de alteración en

pendientes elevadas, así como procesos de reptación en áreas de pendientes moderadas.

La peligrosidad baja, se distribuye por las formaciones detríticas que no presentan niveles arcillosos importantes y constituyen zonas estables, con asientos inmediatos y asumibles. Se corresponden con los dominios geomorfológicos de pedimentos y sustratos de rocas metamórficas (cuarcitas, esquistos...) con bajo grado de alteración.

PARTE IV. ANÁLISIS AMBIENTAL.



IV₁. Evaluación Ambiental Estratégica. (EAE).

IV_{1.1} Introducción.

IV_{1.2} Procedimiento de EAE.

IV_{1.3} La Geología Ambiental y la EAE.

IV_{1.4} La EAE en los ENP de “Las Batuecas-S. de Francia”, “Quilamas” y zona de influencia.

IV_{1.5} Resultados: Diagnostico Ambiental de los ENP de “Las Batuecas-S de Francia”, “Quilamas” y zona de influencia.

IV₂. Evaluación de Impacto Ambiental. (EIA).

IV_{2.1} Introducción.

IV_{2.2} Procedimiento de EIA. Tipos de Metodologías.

IV_{2.3} Los Impactos Ambientales en los ENP de “Las Batuecas-S de Francia”, “Quilamas” y zona de influencia.

IV_{2.4} Análisis del Impacto Ambiental del Parque Eólico Sierra de la Canchera.

IV_{2.5} Resultados.

IV₃. Aplicaciones Geoambientales en la Gestión de Espacios Naturales.

IV_{3.1} Cálculo de trazados de mínimo impacto paisajístico.

IV_{3.2} Geología Ambiental aplicada a la gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y a la planificación territorial del ENP “Las Batuecas-S de Francia”.

Anexos:

IV_{3.2.1} Caracterización de puntos de vertido.

IV_{3.2.2} Ficha Inventario de cada punto de vertido.

IV_{3.2.3} Medidas de restauración de cada punto de vertido.

IV₄. Resultados del Análisis Ambiental.

El análisis ambiental elaborado abarca tres aspectos: la evaluación ambiental estratégica (EAE), la evaluación de impacto (EIA) y la aplicación de la geología ambiental como herramienta básica en la planificación y gestión medioambiental.

La incidencia de las actividades humanas en el medio ambiente, ha puesto de manifiesto la necesidad de regular dichas actividades de forma sostenible teniendo en cuenta la capacidad de acogida del entorno natural. Para ello se establecen una serie de herramientas medioambientales con las que la sociedad elabora las diferentes políticas y actividades sectoriales, garantizando un uso racional de los recursos naturales, la prevención y reducción de los efectos de la contaminación y los riesgos naturales. Estas herramientas son de cuatro tipos. Las dos primeras, son la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), que se realizan en fase de anteproyecto, es decir, su aprobación es vinculante para que el plan o proyecto que se pretende ejecutar se realice, constituyendo herramientas de prevención. De gran importancia en la ordenación territorial, por lo que se aplican y describen en este trabajo. (Figura IV-1).



Figura IV-1. Secuencia del proceso de planificación ambiental.

En cambio, las otras dos herramientas: Auditorías Medioambientales (AMAs) y los Sistemas de Gestión Medioambiental (SG-MA), se aplican a posteriori, cuando la actividad esta en funcionamiento, constituyendo medidas correctoras, más que preventivas, aplicándose a actividades ya en funcionamiento, y por ello no las vamos a utilizar en nuestro análisis.

A nivel europeo, la Directiva 85/337 /CEE (DOCE 175, 1985), la Directiva 97/11/CEE (DOCE 73, 1997), y la Directiva 2003/35/CEE (DOCE 156, 2003), evalúan las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. A nivel nacional, el Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE 155, 1986), constituye un instrumento de prevención ambiental en el cual se identifican, predicen, interpretan, previenen y comunican los impactos producidos en el medio ambiente, en base a la caracterización del proyecto y sus alternativas, así como del medio donde se va a desarrollar. No obstante, pese a la eficacia demostrada a lo largo de la última década, la EIA presenta algunas carencias, como la dificultad de evitar los impactos una vez que las decisiones estratégicas han sido tomadas, es decir, su aplicación en fase de proyecto, y no en fases anteriores de planificación de usos.

El problema surge cuando al realizar la EIA, la ordenación de los posibles usos del territorial ya está establecida, ubicando los proyectos según esas normas urbanísticas, por lo que solamente cabe identificar los impactos, valorarlos y con respecto a su ubicación, minimizar y/o corregir dichas afecciones. Se ha observado, la necesidad de que en fases anteriores: fase de anteproyecto de planificación urbanística, se utilicen criterios ambientales, técnicos, y económicos, determinando los grados de protección natural de los diferentes sectores territoriales y posteriormente establecer la “resiliencia” del medio o capacidad de acogida que brinda cada territorio para ubicar las diferentes actividades humanas (zonas urbanas residenciales e industriales, zonas verdes, infraestructuras...), que consiste en la EAE. (Cuyás, 2006; Gómez Orea, 2007). Tanto la EAE como la EIA, persiguen la protección del medio ambiente, mediante un desarrollo sostenible, siendo la EAE precursora de la EIA, interactuando ambos procedimientos, y compartiendo datos de partida y sistemas de seguimiento. La obligación de realizar una EIA para proyectos específicos puede emplearse como una medida de mitigación en la EAE.

IV₁. Evaluación Ambiental Estratégica. (EAE).



IV_{1.1} Introducción.

IV_{1.2} Procedimiento de EAE.

IV_{1.3} La Geología Ambiental y la EAE.

IV_{1.4} La EAE en los ENP de “Las Batuecas-S. de Francia”, “Quilamas” y zona de influencia.

IV_{1.5} Resultados: Diagnostico Ambiental de los ENP de “Las Batuecas-S de Francia”, “Quilamas” y zona de influencia.

IV_{1.1} Introducción.

El gran desarrollo de actividades humanas que se ha producido durante el último siglo ha dado lugar a un importante deterioro del medio ambiente y los impactos producidos por este desarrollo no sostenible han dado lugar a un aumento de la preocupación y a la aparición de una concienciación social sobre la necesidad de proteger el medio ambiente contra la actuación del hombre. Por eso se han regulado mediante la Directiva 2001/42/CEE del Parlamento y del Consejo Europeo (DOCE 197, 2001), relativa a la evaluación de los efectos de determinados Planes y Programas en el medio ambiente, conocida como Directiva de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), introduce la Evaluación Ambiental como un instrumento de prevención ambiental clave para que la planificación tenga como objetivo determinante el desarrollo sostenible. El objetivo de la Directiva es garantizar un elevado nivel de protección del medio ambiente y contribuir a la integración de las consideraciones ambientales en la elaboración y en la adopción de determinados Planes y Programas (P/P).

La Directiva exige una evaluación ambiental para los Planes y Programas de ámbitos sectoriales muy diversos (planificación territorial, energía, turismo, agricultura, transporte, gestión de residuos, etc.), así como aquellos que tengan un efecto probable sobre los Espacios Naturales, los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), y otras figuras de protección de espacios europeos.

En España, se transpone esta Directiva con la Ley 9/2006 (BOE 102, 2006), de 28 de abril, sobre la evaluación de determinados planes y programas en el medio ambiente, que exige que se evalúen una amplia variedad de éstos e integra los aspectos ambientales en la elaboración de dichos planes y programas, llegando a un alto nivel de protección ambiental en su triple dimensión: económica, social y ambiental, a través de un proceso continuo

de evaluación en el que se garantice la transparencia y la participación.

El punto clave de la Evaluación Ambiental Estratégica está en su capacidad de integrar y dar coherencia al proceso de planificación física. Implica la predicción, evaluación y mitigación de los impactos ambientales de los Planes y Programas integrando las consideraciones ambientales en la toma de decisiones. (Briassoulis, 1989).

IV_{1.2} Procedimiento de EAE.

El procedimiento de EAE, consta de una etapa inicial y cinco fases (Figura IV-2):

Fase Inicial. En el momento de la definición de las directrices del Plan o Programa (P/P), este proceso interviene para determinar si existe la necesidad de llevar a cabo la Evaluación Ambiental (fase de “screening”).

Una vez decidido si se realiza la evaluación ambiental, se evalúa el grado de sostenibilidad de las propuestas de la planificación. En esta fase se determinan los objetivos, alcance y desarrollo del plan, así como la interrelación con el medio ambiente y planes sectoriales y territoriales, mediante el llamado “Documento de inicio”, el cual presenta los siguientes apartados:

- a) Objetivos de la planificación.
- b) Alcance y contenido de la planificación, de las propuestas y de sus alternativas.
- c) Desarrollo previsible del Plan o Programa.
- d) Efectos ambientales previsibles.
- e) Efectos previsibles sobre los elementos estratégicos del territorio, sobre la planificación sectorial implicada, sobre la planificación territorial y sobre las normas aplicables.

Fase 1. En esta fase, se analiza el alcance y profundidad del Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA), a desarrollar en la fase 2. Para ello, se parte del documento de inicio donde se estudian las características am-

bientales, socioeconómicas y territoriales en el entorno en el que se va a desarrollar el P/P. Posteriormente, se saca a exposición pública durante un periodo de consultas previas a los organismos que puedan estar afectados por el P/P. (Subfase 1A). En base al documento de inicio y al resultado de las consultas, el órgano ambiental, realiza el

denominado “Documento de Referencia” (Subfase 1B), que se publica, en nuestro caso, en el boletín de la comunidad autónoma, en el cual se establecen los criterios e indicadores ambientales a tener en cuenta, así como los principios de sostenibilidad en la elaboración del ISA.

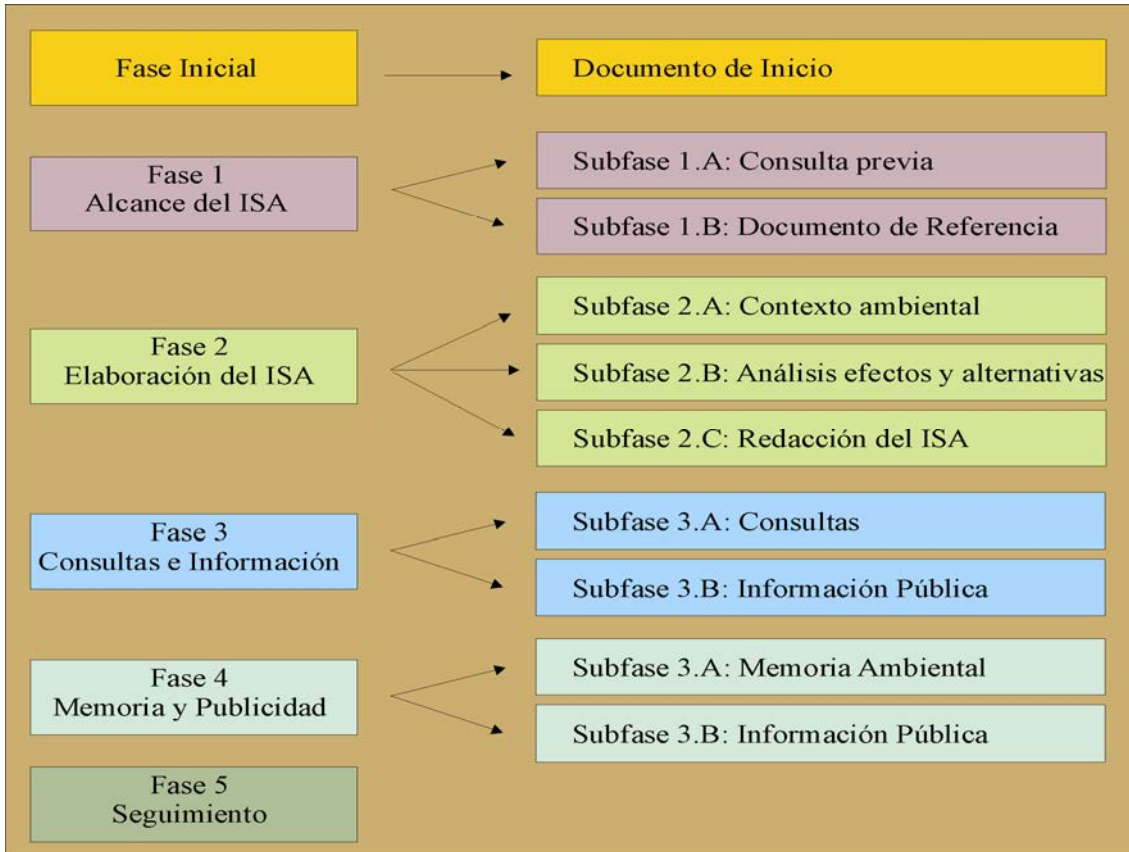


Figura IV-2. Fases o etapas del procedimiento de Evaluación Estratégica Ambiental.

Durante esta fase se lleva a cabo la identificación de los aspectos ambientales de importancia para la aplicación del P/P y definición del grado de detalle con el que se van a tratar estas cuestiones ambientales y la profundidad del análisis de los efectos ambientales.

La autoridad competente en materia ambiental además de seleccionar el grado de profundidad con el que deben ser consideradas las cuestiones ambientales (scoping), construye el marco de conocimiento acerca del estado de los diferentes componentes ambientales.

Esta autoridad también puede contribuir a la identificación, en función de la tipología del plan o programa, de los

componentes ambientales afectados por la ejecución y a la determinación del ámbito territorial en el que es probable que dichos efectos se manifiesten.

La importancia de la identificación de los aspectos ambientales consiste en que permite:

- Jerarquizar los problemas ambientales relacionados con el P/P.
- Detectar las carencias de información para afrontar los principales problemas.
- Contextualizar los problemas económicos y sociales más importantes relacionados con la planificación.

Fase 2. Se procede a la redacción del Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA), que deberá contener como mínimo:

- a) Un esbozo del contenido, objetivos principales del plan o programa y relaciones con otros planes y programas conexos.
- b) Los aspectos relevantes de la situación actual del medio ambiente y su probable evolución en caso de no aplicar el plan o programa “situación de no intervención”.
- c) Las características ambientales de las zonas que puedan verse afectadas de manera significativa. (Subfase 2A)
- d) Cualquier problema ambiental existente que sea relevante para el plan o programa, incluyendo en concreto los relacionados con cualquier zona de particular importancia ambiental designada de conformidad con la legislación aplicable sobre espacios naturales y especies protegidas.
- e) Los objetivos de protección ambiental fijados en los ámbitos internacional, comunitario o nacional que guarden relación con el plan o programa y la manera en que tales objetivos y cualquier otro aspecto ambiental se hayan tenido en cuenta durante su elaboración.
- f) Los probables efectos significativos en el medio ambiente (secundarios, acumulativos, sinérgicos, a corto, medio y largo plazo, permanentes y temporales, positivos y negativos), sobre la geología, la geomorfología, el agua, el aire, los factores climáticos, la fauna y la flora (biodiversidad), la población, la salud humana, los bienes materiales, el patrimonio geológico y cultural, incluido el patrimonio histórico, el paisaje y la interrelación entre estos factores. (Subfase 2B)
- g) Las medidas a adoptar para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, contrarrestar cualquier efecto significativo negativo en el medio ambiente por la aplicación del plan o programa.
- h) Un resumen de las razones de la selección de las alternativas previstas y una descripción de la manera en que se realizó la evaluación, incluidas las dificultades (como deficiencias técnicas o

falta de conocimientos y experiencia) que pudieran haberse encontrado a la hora de recabar la información requerida. La selección de las alternativas en caso de propuestas tecnológicas, incluirá un resumen del estado del arte de cada una y justificará los motivos de la elección respecto a las mejores técnicas disponibles en cada caso.

- i) Una descripción de las medidas previstas para el seguimiento.
- j) Un resumen no técnico de la información facilitada en virtud de los párrafos precedentes.
- k) Un informe sobre la viabilidad económica de las alternativas y de las medidas dirigidas a prevenir, reducir o paliar los efectos negativos del plan o programa.

Este informe de sostenibilidad ambiental (Subfase 2C) debe explicar la relación del P/P con otros P/P relevantes y con objetivos de protección ambiental importantes a nivel internacional, estatal o regional; por ello debe presentar un análisis de la coherencia externa (objetivos generales del P/P, coherentes con objetivos de sostenibilidad ambiental, social, económica y territorial de otros P/P de rango superior) y coherencia interna (entre los objetivos específicos y las líneas de acción del P/P).

Fase 3. Etapa de exposición pública del ISA por parte de la administración y el público afectado (Subfase 3A). Esta participación entendida como proceso que permite a los ciudadanos influir en la toma de decisiones que lleva a cabo la Administración, queda resaltada por la Directiva 2001/42/CE (DOCE, 197, 2001) y por el Protocolo CEPE (Comisión Económica Para Europa) de Naciones Unidas sobre Evaluación Ambiental Estratégica. Estas consultas pueden generar alegaciones que deberán tenerse en cuenta en la fase posterior, dándose publicidad al resultado de dichas consultas. (Subfase 3B).

Fase 4. Elaboración de la “Memoria Ambiental”, por parte del órgano ambiental y el promotor (Subfase 4A). Esta memoria es vinculante a la hora de la planificación de los usos del suelo por parte de la administración local (Ayuntamientos), y

constituye un resumen de la planificación y sus efectos ambientales, que está a disposición pública (Subfase 4B).

Fase 5. Se realiza una supervisión de los efectos ambientales significativos de la implementación del P/P para identificar los efectos adversos no previstos y permitir que se lleven a cabo medidas de reparación adecuadas.

El procedimiento administrativo de EAE, conlleva una secuencia de elaboración de documentos por parte del órgano promotor (Ayuntamientos, Sociedades Públicas y/o privadas...) y del órgano

medioambiental (Consejería de Medioambiente). El inicio del procedimiento parte del órgano promotor con la elaboración del planeamiento y el documento de inicio, posteriormente el órgano ambiental establece el documento de referencia, elaborándose por el órgano promotor el ISA, teniendo en cuenta consultas a la ciudadanía y, transfronterizas entre órganos Administrativos (municipios, provincias, comunidades autónomas, países, etc.); a partir de las cuales se redacta la memoria ambiental por parte de ambos órganos: promotor y ambiental. (Figura IV-3).

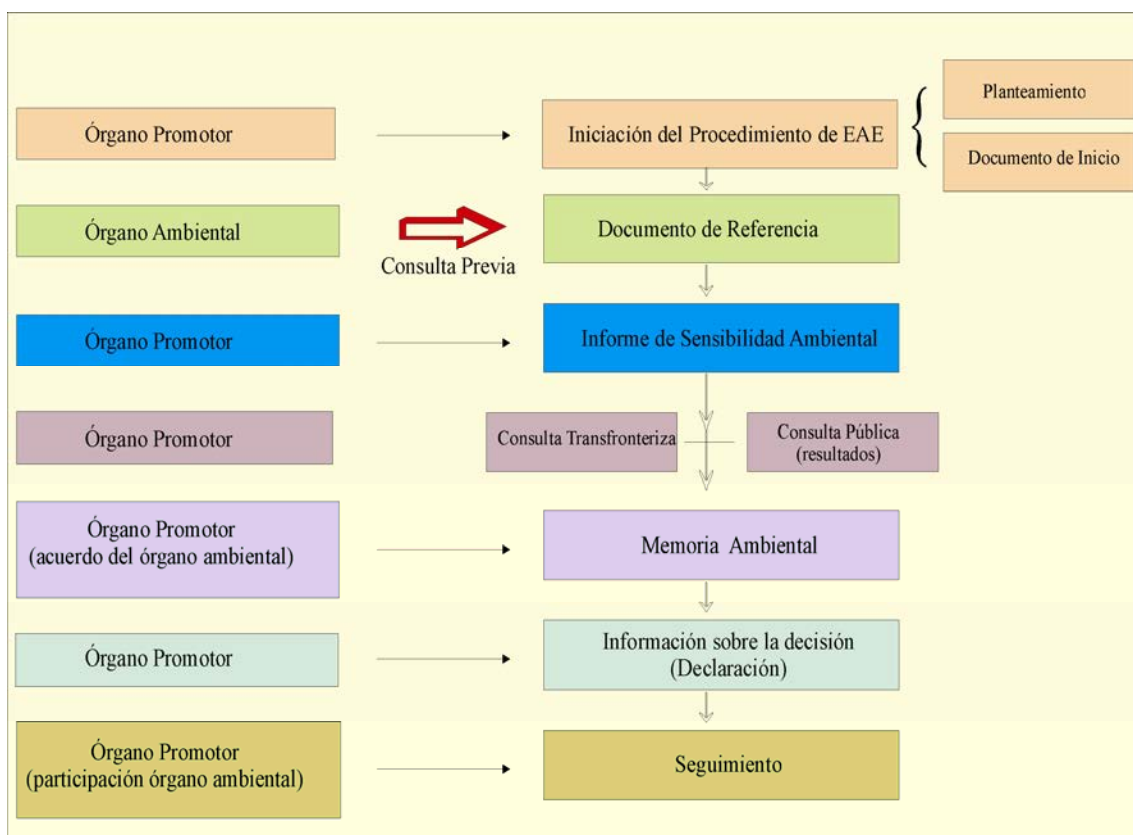


Figura IV-3. Secuencia de elaboración de los diferentes documentos del procedimiento de EAE.

Por último se efectúa el seguimiento lo que permite que se comparen los efectos previstos en el P/P con los que realmente se producen tras la implementación del P/P. Esto ayuda a que los problemas que aparezcan durante la implementación, previstos o no, puedan ser detectados y las futuras predicciones se realizan con mayor precisión. Esta información será usada como información de base para la elaboración de futuros Planes y Programas y para

la Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. Este seguimiento debe tener en cuenta, por un lado, los efectos ambientales significativos que puedan provocar un daño irreversible (Figura IV-4), tratando de identificar las tendencias antes de que tal daño sea causado, y por otro, los efectos significativos en los que hay incertidumbre en la EAE y en los que el seguimiento puede permitir que se tomen medidas preventivas o de mitigación.

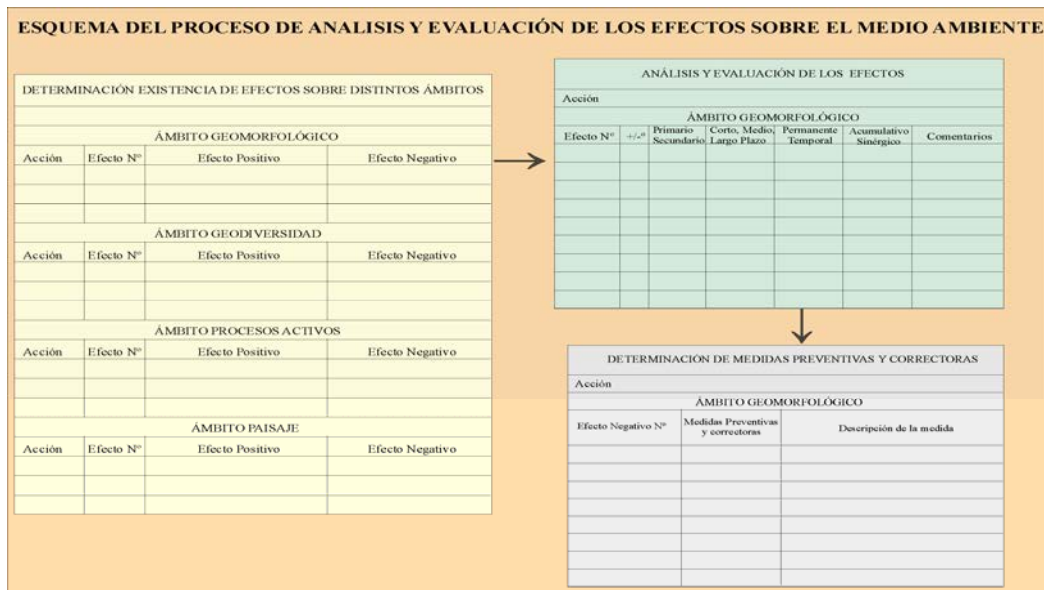


Figura IV-4. Fichas del proceso de análisis y evaluación de los efectos ambientales.

Los criterios que deben tenerse en cuenta a la hora de determinar los efectos sobre el medio ambiente son:

1º. Características de los Planes y Programas considerando:

- a) La medida en que el Plan o Programa establece un marco para proyectos y otras actividades con respecto a la ubicación, la naturaleza, las dimensiones, las condiciones de funcionamiento o mediante la asignación de recursos.
- b) Aquella en que el Plan o Programa influye en otros Planes o Programas, incluidos los que estén jerarquizados.
- c) La adecuación del Plan o Programa para la integración de consideraciones ambientales, con el objeto, en particular, de promover el desarrollo sostenible.
- d) Problemas ambientales significativos relacionados con el plan o programa.
- e) La pertinencia del Plan o Programa para la implantación de la legislación comunitaria o nacional en materia de medio ambiente (por ejemplo, los planes o programas relacionados con la gestión de residuos o la protección de los recursos hídricos).

2º. Características de los efectos y del área afectada, hay que considerar:

- a) La probabilidad, duración, frecuencia y reversibilidad de los efectos.

- b) El carácter acumulativo de estos.
- c) Su carácter transfronterizo, ya que en ocasiones la planificación influye en territorios adyacentes (municipales, provinciales, autonómicos, etc.).
- d) Los riesgos para la salud humana o el medio ambiente.
- e) La magnitud y el alcance espacial de los efectos (área geográfica y tamaño de la población que puedan verse afectada).

En general, los beneficios de la realización de una Evaluación Ambiental Estratégica a la hora de evaluar un Plan o Programa, se establecen mediante análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) y son los siguientes:

1. Fortalecer la evaluación de impactos, mediante la incorporación de principios y metas ambientales a los Planes y Programas que delimitan los proyectos individuales.
2. Anticipar aspectos sinérgicos y acumulativos territoriales, como consecuencia del desarrollo sectorial o regional.
3. Introducir principios y responsabilidades en cuanto a sostenibilidad en el proceso de toma de decisiones económicas al dirigir la atención hacia los beneficios ambientales y la potencial

degradación ambiental (aspectos que pueden contribuir a sostener o restringir el desarrollo).

4. Facilitar el análisis de las opciones y alternativas de desarrollo, de acuerdo con su sostenibilidad.

IV_{1.3} La Geología Ambiental y la EAE.

En la actualidad la geología ambiental, constituye un instrumento de ordenación territorial y planeamiento urbanístico de gran utilidad. El análisis del inventario ambiental, y dentro de éste, de las características geológicas-geomorfológicas, paisajísticas y de los procesos activos, condicionan la aprobación de un P/P mediante la EAE, o de la realización de un proyecto mediante la EIA. (Cendrero y col., 1987; Cendrero et al, 1990; Cocks et al, 1983).

La capacidad de acogida del medio natural, para las diferentes actividades humanas depende de la evaluación de los riesgos y peligros naturales en la ordenación territorial, tanto a nivel regional como local. La gestión de estos riesgos geológicos constituyen una medida preventiva para reducir la peligrosidad, vulnerabilidad y exposición de las personas y bienes naturales y/o culturales frente a los desastres naturales.

Recientemente, la ley 8/2007 del Suelo (BOE 128, 2007), de 29 de mayo; y en concreto el RD 2/2008 del texto refundido de la Ley del Suelo (BOE 154, 2008), indica que para un desarrollo territorial y urbano sostenible, se debe incorporar la Cartografía de Riesgos Naturales en el procedimiento de toma de decisión.

La cartografía geocientífica es de gran utilidad en esta ordenación territorial, entendido ésta como la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas. (Cendrero, et al, 1976; IGME, 1982).

Esta ordenación tiene un enfoque interdisciplinar y global cuyo objetivo es el desarrollo equilibrado y la organización física a nivel nacional, autonómico y regional mediante la ordenación y gestión

racional de los recursos, usos y actividades sobre el territorio, compatibilizando procesos de desarrollo en sistemas productivos y urbanísticos; con la protección del medio ambiente (Red de Espacios Naturales -REN-) y del patrimonio cultural de la Comunidad.(art. 4 de la Ley 10/1998 de Ordenación del Territorio (BOCYL 236, 1998)-modificada por la Ley 14/2006 -BOCYL 241, 2006-).

A nivel provincial y local (municipal) la zonificación del territorio con criterios de homogeneidad, funcionalidad y protección ambiental, debe tener en cuenta determinadas cartografías temáticas (geomorfológica, litológica, paisajística...) e interpretativas (vulnerabilidad de acuíferos, vulnerabilidad a RSU...) que son de necesaria utilización en base no sólo a la normativa sectorial (Ley 5/1999, de 8 de abril, de Urbanismo, Modificada por Ley 10/2002, de 10 julio y por la Ley 4/2008, 15 septiembre (BOE 243, 2008), de Medidas sobre Urbanismo y Suelo), sino también a normativas específicas de protección ambiental (Ley 16/2002 de prevención y control integrados de la contaminación, -IPPC- (BOE 157, 2002) donde se exigen cartografías específicas en base a determinados indicadores ambientales (Cartografía de la Calidad de Aguas Superficiales...). A este nivel, se establece la clasificación y calificación del suelo, con las diferentes figuras de protección (natural, cultural, agropecuaria...) para cada sector territorial en el Informe de Sostenibilidad Ambiental.

La elaboración del ISA, según la Ley 9/2006 de EAE (BOE 102, 2006), establece la elaboración de una cartografía de riesgos naturales en el ámbito de la ordenación como instrumento de sostenibilidad ambiental. Este análisis de riesgos ya está contemplado en diferentes normativas: Directrices Básicas de Protección Civil, Norma Sismorresistente, Directiva 2007/60/CE de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación (DOCE 288, 2007), Ley de Aguas, Código Técnico de Edificación -CTE-, Reglamento de Urbanismo de Castilla y León -RD 45/2009- (BOCYL 135, 2009)....

IV_{1.4} La EAE en los ENP de “Las Batuecas-S. de Francia”, “Quilamas” y zona de influencia.

Para el análisis de la Evaluación Estratégica Ambiental en nuestra zona de estudio, se parte de la elaboración de cartografías temáticas, sintéticas e interpretativas (Figura IV-5). Las cartografías temáticas, permiten obtener otras cartografías mediante superposición (Sánchez et al, 1986). Estas cartografías denominadas sintéticas (cartografía de unidades homogéneas, de unidades ambientales, de calidad paisajística, de fragilidad paisajística, de capacidad de absorción y evaluación del paisaje...) nos conducen a una cartografía de calidad para la conservación, que determina los sectores de mayor naturalidad de un territorio, en base a los componentes ambientales. (Cristian & Stewart, 1952; Gómez Orea y col., 1975; Cendrerros, 1990, Sánchez y col., 1995).

Las cartografías temáticas, también llamadas básicas o paramétricas, nos permiten realizar un análisis territorial en base a los parámetros elementales del medio físico.

Las cartografías sintéticas e interpretativas, realizadas en base a la superposición y valoración de las temáticas o paramétricas las primeras, y mediante la utilización de determinadas propiedades o atributos las segundas, nos aportan criterios para realizar un diagnóstico ambiental adecuado, identificando los problemas y potencialidades de cada sector.

Otro ejemplo es la Cartografía de Calidad para la Conservación.(Escribano et al, 1989; Cendrero et al, 1990), donde utilizamos cartografías sintéticas y temáticas conjuntamente.

La Cartografía de Calidad para la Conservación, pretende informar sobre la evaluación del medio natural con objeto de determinar los sectores del territorio que deben ser objeto de protección. Valora globalmente cada unidad teniendo en cuenta los elementos singulares y aspectos relevantes que determinan el valor de su calidad para la conservación en base al estado de conservación y naturalidad.

El procedimiento aplicado es el de agregación ponderada, asignando los siguientes pesos a los siguientes elementos naturales: Geomorfología (5), Paisaje (5), Litología (4), Vegetación (5) y Fauna (4). A continuación pasamos a describir los diferentes valores y criterios de ponderación de cada parámetro:

Geomorfología. La valoración del parámetro geomorfológico se obtiene a partir de los criterios de singularidad y grado de conservación de las unidades de relieve, agrupándose en 5 grados (1-5), siendo de mayor a menor:

Grado 5. Se corresponde con los dominios geomorfológicos más singulares y representativos de la zona de estudio: sectores de Cumbres y Cuerdas (Peña de Francia, Pico Cervero, Peñas Albercazas, Sierras del Carazo y Valdefuentes...), Divisoria Fluvial y Escarpes (valor 5).

Estas unidades presentan estructuras y morfologías bien conservadas y perceptibles en el entorno natural (sinformas y antiformas con relieves apalachianos en la Sierra de Francia, sinclinal de Guadapero, discordancia angular en Peñas Albercanas, puntos de interés geológico-geomorfológicos singulares y didácticos en Pico Cervero, Cuerdas de la Sierra de La Alberca, Escarpe El Maillón-Alba de Yeltes).

Grado 4. Se corresponde con los dominios de Valles Fluviales Encajados y Laderas (valor 4), que identifican unidades de interés poco frecuentes en el sector de estudio, sin rasgos excepcionales o con rasgos excepcionales degradados.

Estas unidades se encuentran en el sector centro-sureste, destacando el valle encajado del río Quilamas en el interior del Espacio Natural del mismo nombre, laderas verticalizadas en el valle de las Batuecas, así como el encajamiento del río Batuecas y algunos sectores del río Alagón.

Grado 3. Se corresponde con los dominios de Colinas y Lomas (valor 3), constituyendo unidades con un cierto interés en el entorno inmediato pero sin rasgos notables o singulares, o bien si tiene estos rasgos están muy degradados.

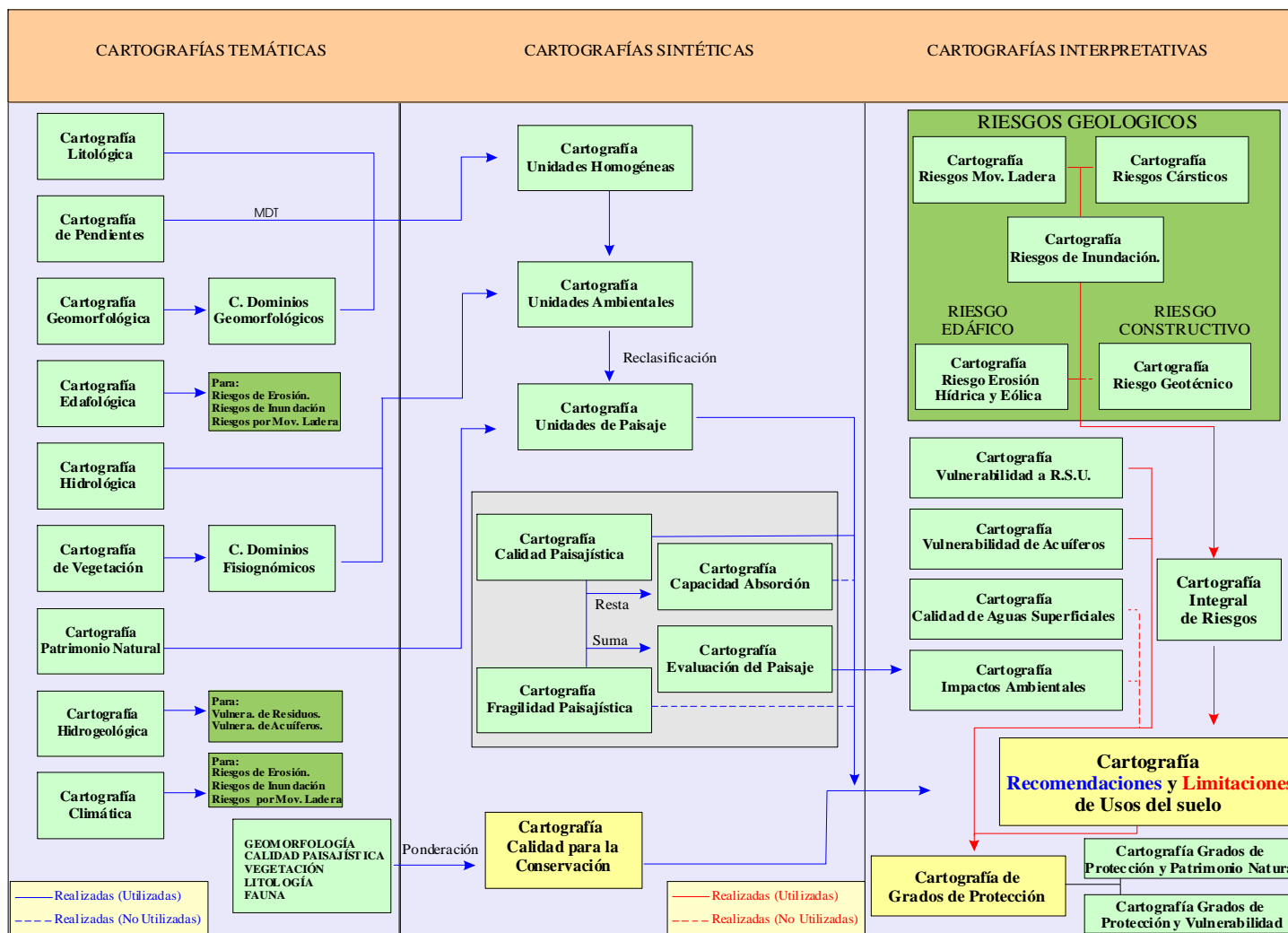


Figura IV-5. Procedimiento de análisis cartográfico en la metodología de la EAE.

Estas unidades se localizan en el sector noroeste de la zona de estudio dando lugar a terrenos sinuosos donde las aguas de escorrentía se canalizan configurando vaguadas y presentando resaltes arcócos dispersos. Agrupan algunos sectores con morfologías erosivas (barrancos, etc.).

Grado 2. Incluimos en este apartado los dominios de Pedimentos, Superficies, Raña y Piedemontes (valor 2). Estas unidades en buen estado presentan un cierto interés geomorfológico.

Se distribuyen por el sector central de la zona de estudio, y sirven de enlace entre los sectores de Sierras donde se sitúan las unidades de grado 4 y los cauces, sectores de grado 1.

Grado 1. Comprende los dominios de Terrazas -Altas, Medias y Bajas- y los Cauces o Fondos de Valle (valor 1). Las unidades se distribuyen por el sector norte de la zona de estudio donde se encuentran amplias terrazas generadas por los sistemas fluviales (río Yeltes, río Gavilanes, río Morasverdes....)

La cartografía que se obtiene establece la distribución de unidades de interés geomorfológico, en la cual se valora para su ponderación el grado de preservación de la unidad en relación con el grado de alteración antrópica que su medio abiótico ha sufrido.

Igualmente para la categorización de los valores de cada dominio geomorfológico, se ha tenido en cuenta la espectacularidad de las geoformas, así como el grado de cobertura vegetal que al aumentar disminuye el valor real geomorfológico por su menor percepción. La presencia de morfoestructuras, puntos de interés geomorfológico y formas que sean indicadoras de procesos activos (erosión, deslizamientos...) imprime un valor añadido a la unidad en la que se encuentran integrados.

Esta cartografía ponderada se multiplica por el peso del parámetro geomorfológico, es decir por 5, obteniendo la Cartografía de Calidad para la Conservación del parámetro Geomorfología (Figura IV-6).

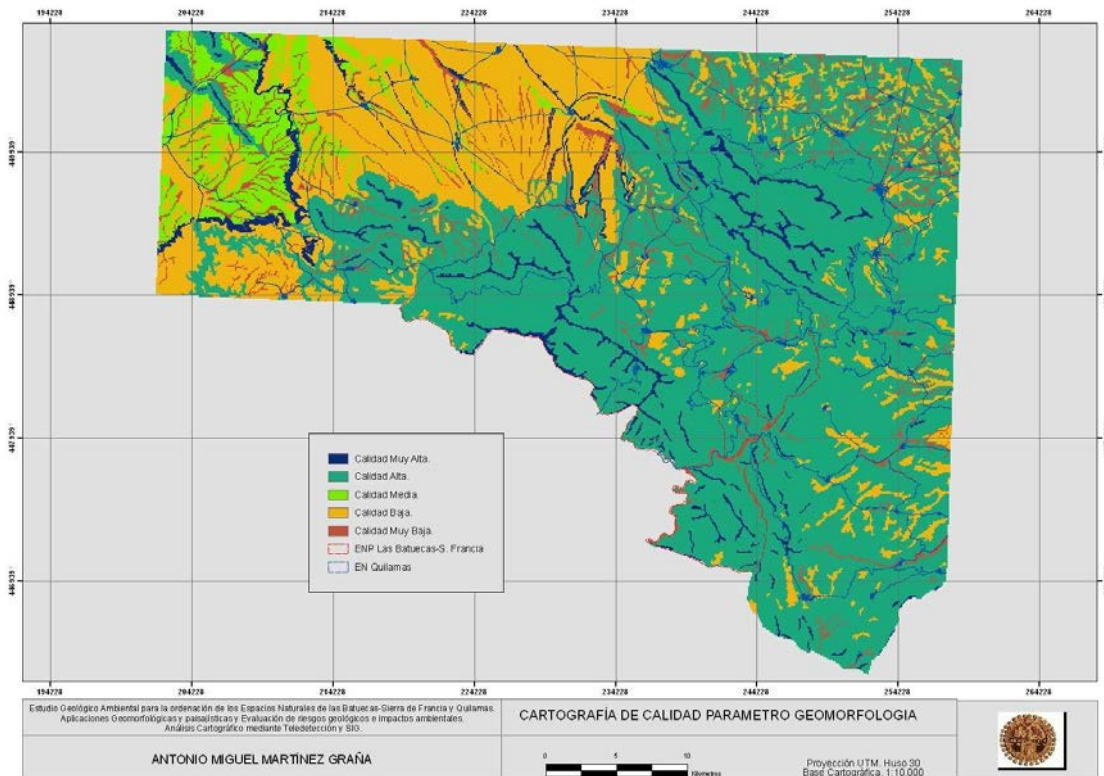


Figura IV-6. Cartografía de Calidad para la conservación del parámetro Geomorfológico.

Paisaje. La valoración del paisaje, se realiza en base a la cartografía de Calidad Paisajística, que se obtiene de un análisis cartográfico que tiene en cuenta la calidad intrínseca y la calidad extrínseca (ver apartado II₈ de paisaje). Esta cartografía es el resultado de la ponderación de la calidad visual de una serie de factores (orientaciones, pendientes, vegetación, cascadas urbanas, patrimonio natural geológico - AIGs y LIGs y PIGs-, y biológico, visibilidad, accesibilidad, etc.). Los criterios que se han tenido en cuenta a la hora de determinar la calidad visual de los diferentes parámetros son la singularidad perceptual de los elementos presentes, su diversidad, y en menor medida el cromatismo. Estas unidades de calidad paisajística se agrupan en 5 grados (1-5):

Grado 5. Constituyen zonas de Muy Alta calidad paisajística, coincidiendo con presencia de relieves litoestructurales singulares, dominios geomorfológicos singulares con presencia de PIGs, LIGs y/o AIGs. Estas unidades se distribuyen por los flancos del sinclinal de Guadapero, la Sierra de Francia, incluyendo la Peña de Francia, las cumbres de la Sierra de Quilamas, incluyendo Pico Cervero; Cuerdas que delimitan la divisoria de aguas del valle de las Batuecas, y los valles encajados del interior de las Quilamas. Igualmente se distribuyen por los sectores del Este debido a que la presencia de vegetación imprime naturalidad y diversidad ambiental.

Grado 4. Representa sectores de Alta Calidad paisajística, que aparecen asociados a los de Muy Alta calidad. Se suelen corresponder espacialmente con los sectores de laderas altas (Sierra de La Alberca, Sierra del Castillo; o bien superficies como la de superficie granítica de Nava de Francia o valles como el de Las Batuecas. Estas unidades se concentran con mayores

superficies en el interior de los Espacios Naturales, quedando más dispersas y con menor continuidad espacial fuera de dichos sectores.

Grado 3. Los sectores con calidad paisajística Media se ubican preferentemente en el sector SO (hoja de Miranda del Castañar, distribuyéndose sobre el sustrato granítico, aunque igualmente quedan retazos, menos continuos y más dispersos (Monsagro, ladera baja de los flancos del sinclinal de Guadapero, resaltes cuarcíticos de la Sierra de Torralba).

Grado 2. De calidad Baja, se distribuyen en manchas de mayor entidad por el norte de la zona de estudio, en sectores de menor pendiente correspondiendo a sectores de terrazas y a cauces fluviales.

Grado 1. De calidad Muy Baja, se distribuye de forma muy dispersa y puntual por la zona de estudio. Constituyen zonas degradadas bien por alta presencia antrópica (Hoja de Tamames) o por la presencia de procesos activos (formas de erosión, deslizamientos...) (Hoja de Serradilla del Arroyo) o bien por presentar componentes y características perceptuales muy comunes y sin interés.

La cartografía resultante se multiplica por "5" que se corresponde con el peso de este parámetro, obteniendo la cartografía de calidad de conservación para la calidad paisajística (Figura IV-7).

Vegetación. La abundancia de comunidades vegetales comentada en el capítulo de vegetación, confiere a esta zona una gran biodiversidad. Para valorar este parámetro en 5 grados (1-5) se ha tenido en cuenta su valor científico y su singularidad en cuanto a notoriedad en el entorno e importancia ambiental y socioeconómica.

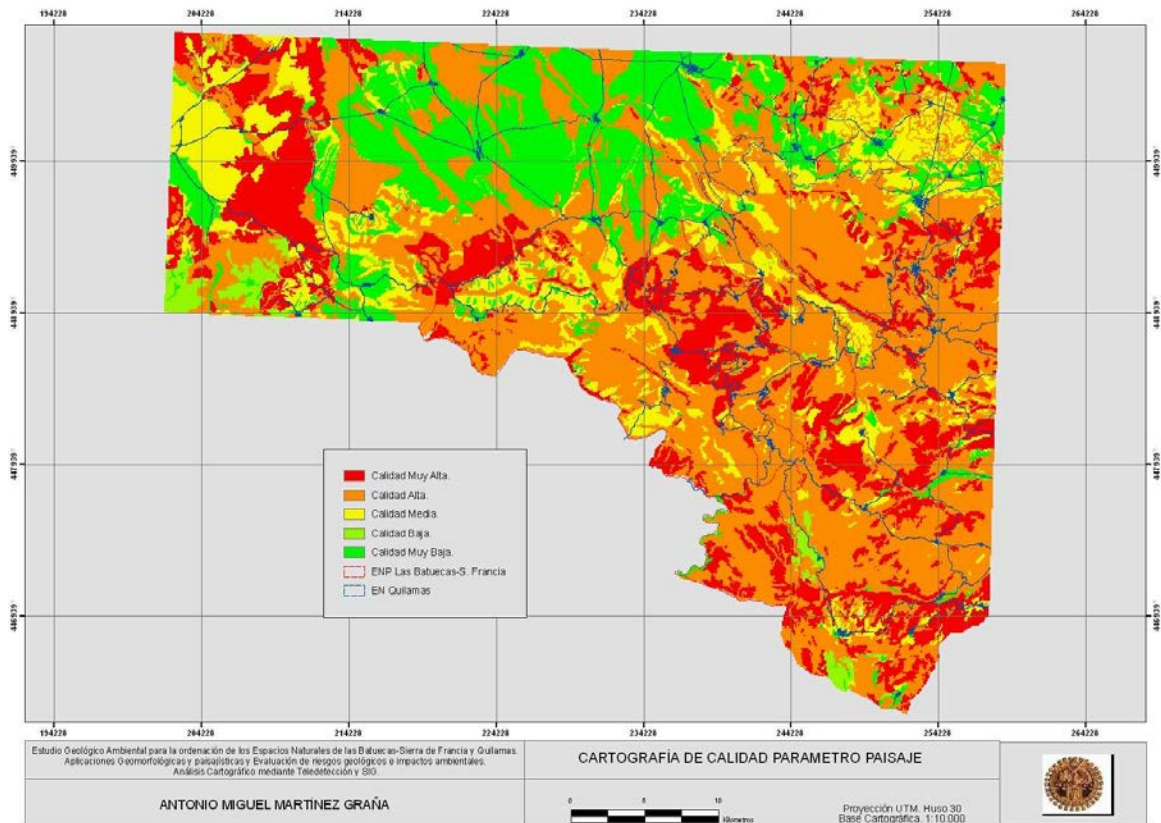


Figura IV-7. Cartografía de Calidad para la conservación del parámetro Calidad Paisajística.

Grado 5. Se agrupan las formaciones climáticas de alto valor científico, al igual que formaciones y asociaciones poco frecuentes, incluyendo las formaciones arbóreas de alto grado de cobertura.

Grado 4. Incluimos en este grupo a las formaciones desarboladas o matorrales que presentan un estado óptimo de conservación, destacando la importancia de algunas comunidades seriales de estas formaciones climáticas.

Grado 3. Agrupamos las formaciones mixtas donde se encuentran asociaciones vegetales de portes arbóreos y matorrales en diferentes porcentajes.

Grado 2. Se consideran los sectores con presencia de pastizales en alternancia con cultivos y zonas de barbecho. Constituyen formaciones de muy bajo interés científico, siendo unidades que están sometidas a un uso intenso tanto agrícola como ganadero.

Grado 1. Unidades de origen antrópico (cultivos ligados a las periferia de los cascados urbanos) así como sectores que presentan una baja o nula vegetación (canchales, afloramientos rocosos...).

El criterio que se ha tenido en cuenta para establecer la calidad para la conservación de la vegetación es el valor ecológico de cada agrupación vegetal, multiplicando por el peso de este parámetro (valor 5) la cartografía resultante (Figura IV-8).

Litología. Las formaciones litológicas susceptibles de seleccionar en la cartografía de calidad para la conservación, son aquellas que muestran un cierto protagonismo en el entorno natural, ya sea a nivel perceptual (resaltes, cromatismo...) o bien por las características intrínsecas del propio sustrato litológico (formas, resistencia...).

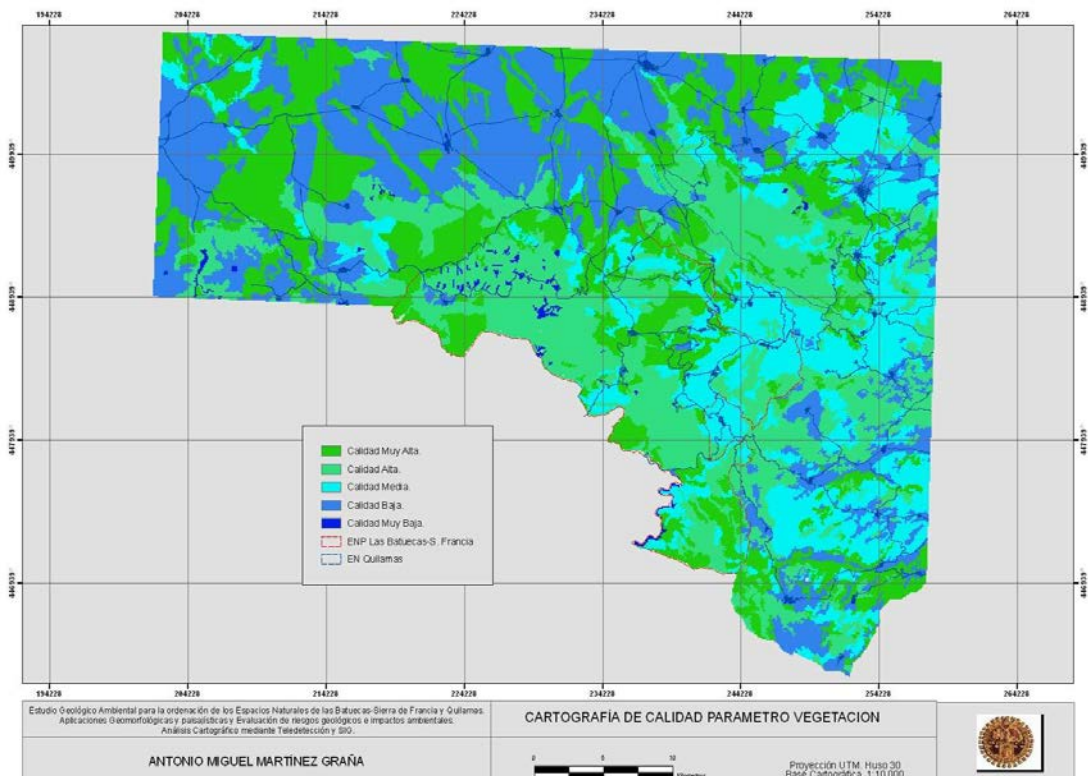


Figura IV-8. Cartografía de Calidad para la conservación del parámetro Vegetación.

Hemos valorado en cuatro grados este parámetro (1-4), y se le ha dado un peso inferior al de los anteriores (valor 4) por el que se multiplica la cartografía resultante. (Figura IV-9).

Grado 4. Se corresponde con las unidades cuarcíticas de gran resistencia y cromatismo blanquecino que destacan en el entorno confiriendo unos rasgos singulares y distinguibles en las cumbres de las sierras.

Grado 3. Incluimos los afloramientos graníticos que generan formas suaves y dan un cromatismo claro al entorno natural, destacando entre la vegetación. Además en algunos sectores con alto grado de alteración (San Esteban de la Sierra...) generan cromatismos amarillentos en los taludes expuestos del frente de alteración.

Grado 2. Incluye los sectores con sustrato de alternancia de pizarras, cuarcitas y esquistos, además de los afloramientos carbonatados. Son materiales que se integran perfectamente en el entorno, con un protagonismo secundario frente a la vegetación o a las formas del relieve. Presentan cromatismos oscuros (pizarras) o

marrón oscuro (calizas), destacando en algunos sectores colores grises que en el centro de los sinclinales (La Bastida) presenta cierta singularidad

Grado 1. Se incluyen en este apartado las areniscas, arcosas y materiales de tipo conglomerado, arenas, limos y arcillas. No presentan relevancia alguna, salvo cuando los contrastes cromáticos se generan por fracturas (eskarpe El Maillo-Alba de Yeltes, arcosas blancas en contacto con los depósitos de raña marrones-rojizos).

Fauna. El interés para la conservación de la fauna, tiene en cuenta fundamentalmente el grupo de los vertebrados (ver capítulo de Fauna), cobrando especial interés en los sectores menos alterados, lejanos a los núcleos urbanos. El grado de protección de los diferentes sectores contribuye notablemente a esta potencialidad, imponiendo limitaciones a determinados usos. Se ha valorado este parámetro en cuatro grados (1-4), presentando un peso similar al de la litología (valor 4), por el cual se multiplica la cartografía resultante. (Figura IV-10).

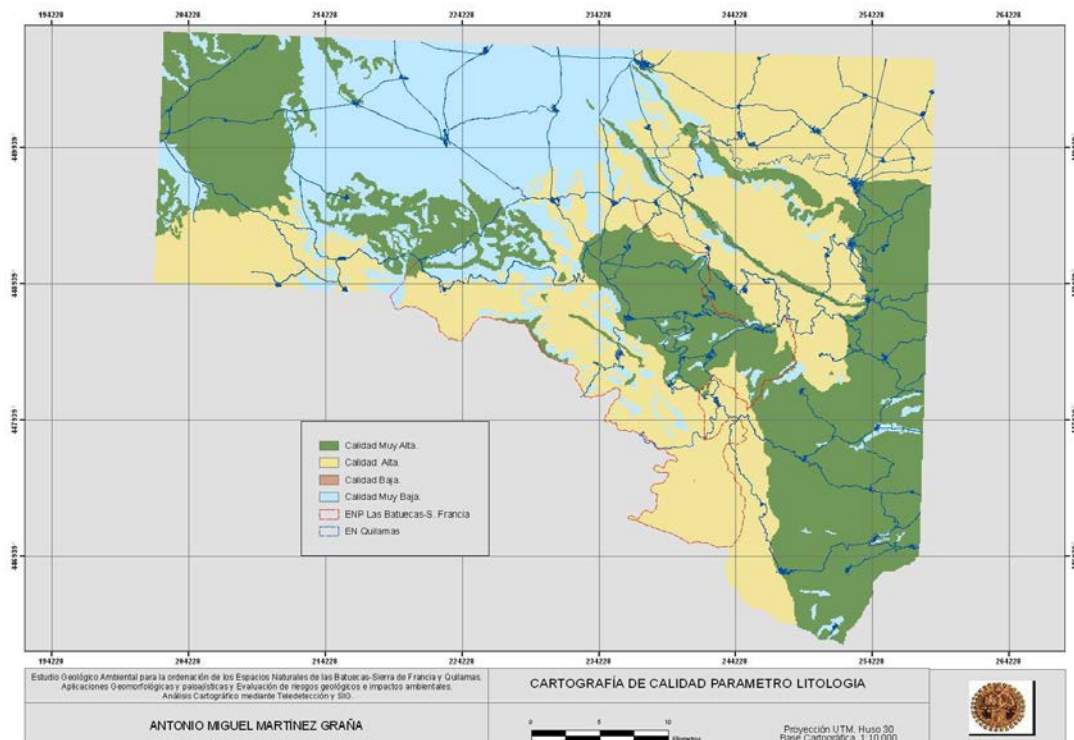


Figura IV-9. Cartografía de Calidad para la conservación del parámetro Litología.

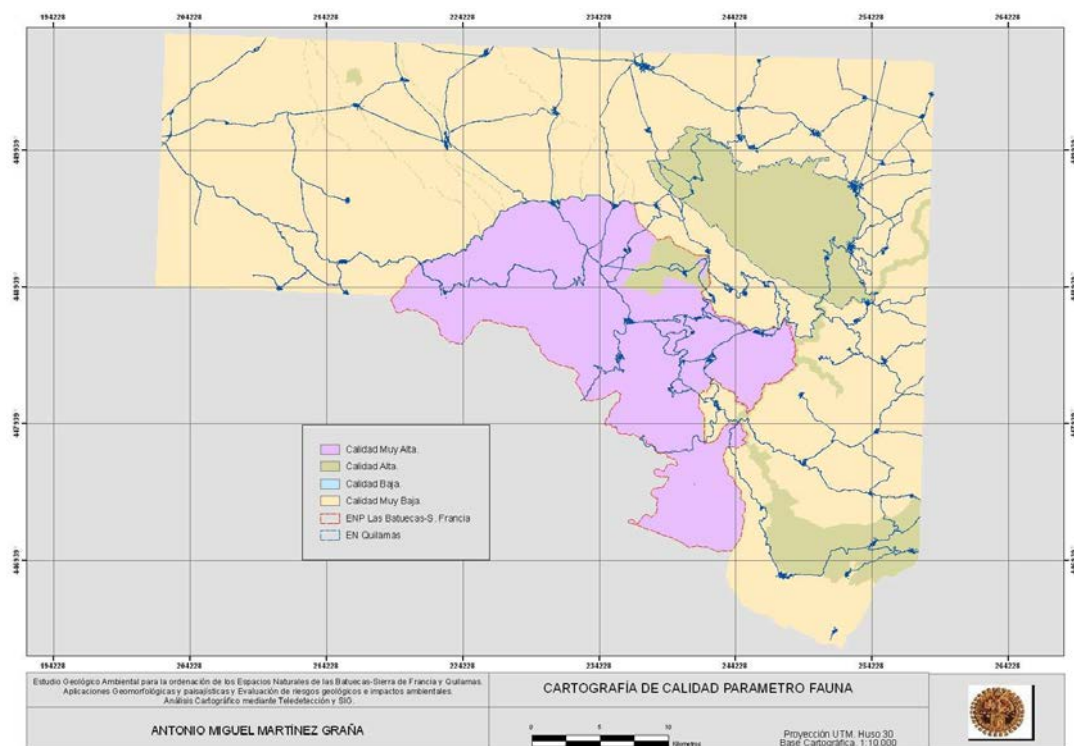


Figura IV-10. Cartografía de Calidad para la conservación del parámetro Fauna.

Grado 4. Sectores con hábitat de especies vulnerables y que constituyen actualmente zonas de reserva protegidas a nivel legislativo. (Zona de Reserva de Las Batuecas y de Arca Buitrera). Estos sectores

ya están delimitados y protegidos de forma especial en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales -PORN- del ENP de Las Batuecas-S. de Francia.

Grado 3. Sectores con protección por presencia de hábitat singulares asociados a especies de interés biológico. Incluimos los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPAS)... Ejemplo de ello es el LIC del río Yeltes, del río Alagón...

Grado 2. Constituyen sectores de menor importancia, aunque presentan cierta singularidad, como las áreas de influencia de determinadas especies, (Peña Orconera, Peña de Francia, Pico Cervero...).

Grado 1. Engloba al resto de sectores que presentan gran variedad de especies comunes, y de poco interés de protección faunística, aunque pueden ser de interés cinegético (cotos de caza de jabalí...).

Finalmente se ponderan todos los parámetros con la siguiente fórmula: $CC = \frac{\sum Pi Fj}{\sum Pi}$; donde "CC" es la calidad para la conservación, "Pi" los pesos y "Fj" los factores, aplicando la siguiente fórmula obtendríamos la Cartografía de Calidad para la Conservación (Figura IV-11). (Mapa 5 Anexo Cartográfico).

$$CC = \frac{5 \text{ (Cartografía Geomorfológica 1-5)} + 5 \text{ (Cartografía de Calidad de Paisaje 1-5)} + 5 \text{ (Cartografía de Vegetación 1-5)} + 4 \text{ (Cartografía Litológica 1-4)} + 4 \text{ (Cartografía Faunística 1-4)}}{23}$$

Por otra parte, en la evaluación ambiental estratégica, se tienen en cuenta otro tipo de cartografías (cartografías interpretativas) obtenidas mediante la utilización de atributos y/o propiedades determinadas. Las fundamentales son las de riesgos: riesgos geológicos -inundación, movimientos del terreno, carsticos-; riesgos edáficos -erosión hídrica y eólica-, riesgos por encharcamiento y riesgos constructivos -geotécnicos-, que permiten establecer una serie de restricciones a nivel territorial. Dada la difícil visualización que genera la superposición de capas no se ha representado el riesgo geotécnico, en la cartografía integral de riesgos (Figura IV-12 y, Mapa 6 Anexo Cartográfico), que limita determinados usos. (Godfrey, 1977).

El diferente grado de peligrosidad de los riesgos analizados, exige que se ordenen y ponderen previamente a la realización de la Cartografía Integral de Riesgos, por ello se ha procedido a la siguiente valoración:

1. Riesgos Geológicos:
 - 1.1. R. Inundación Alto (valor 6), Medio (3) y Bajo (0).
 - 1.2. R. Movimiento de ladera Alto (valor 4), Medio (2) y Bajo (0).
 - 1.3. R. Carstico Alto (valor 2), Medio (1) y Bajo (0).
2. Riesgos Edáficos:
 - 2.1. Riesgos de Erosión Hídrica y Eólica Alto (2) y Bajo (0).

3. Riesgos Constructivos:

- 3.1. Riesgos Geotécnico Alto (2) y Bajo (0).

Esta valoración tiene en cuenta un riesgo de inundación de grado alto, tanto en los cauces con periodo de retorno de 10 y 50 años, incluyendo el riesgo por encharcamiento, delimitando el riesgo de inundación de grado medio en los sectores expuestos con periodos de retorno de 100 y 500 años. El resultado algebraico (sumatorio píxel a píxel) de los diferentes riesgos ponderados en base su peligrosidad a actividades humanas y bienes naturales y culturales, da lugar a una cartografía integral de riesgos en formato raster (Figura IV-13), con 5 grados potenciales de riesgo (Muy Alto, Alto, Medio Bajo y Muy Bajo) para el sector de estudio. El procedimiento realizado hasta ahora, permite dentro del proceso de Evaluación Ambiental Estratégica, elaborar una Cartografía de Recomendaciones y Limitaciones de usos del suelo. Esta cartografía permite planificar futuras prácticas urbanísticas y armonizar los usos del suelo frente a los riesgos naturales existentes, influyendo en la toma de decisiones de la ubicación de las diferentes actividades antrópicas, teniendo en cuenta la diversidad natural (patrimonio geológico, biológico, paisaje...) y cultural, con un desarrollo equilibrado y sostenible.

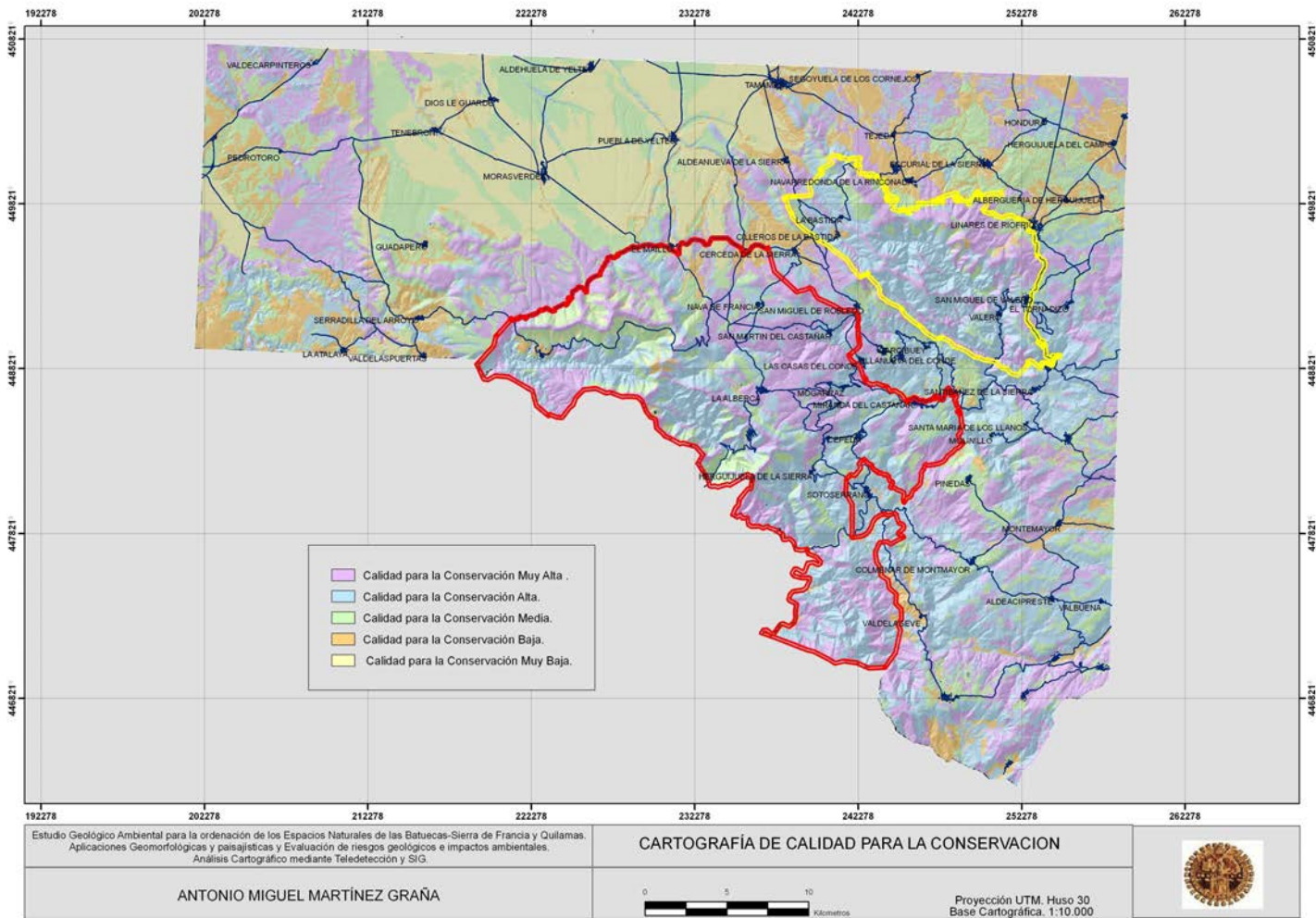


Figura IV-11. Cartografía de Calidad para la Conservación. (Mapa 5 Anexo Cartográfico)

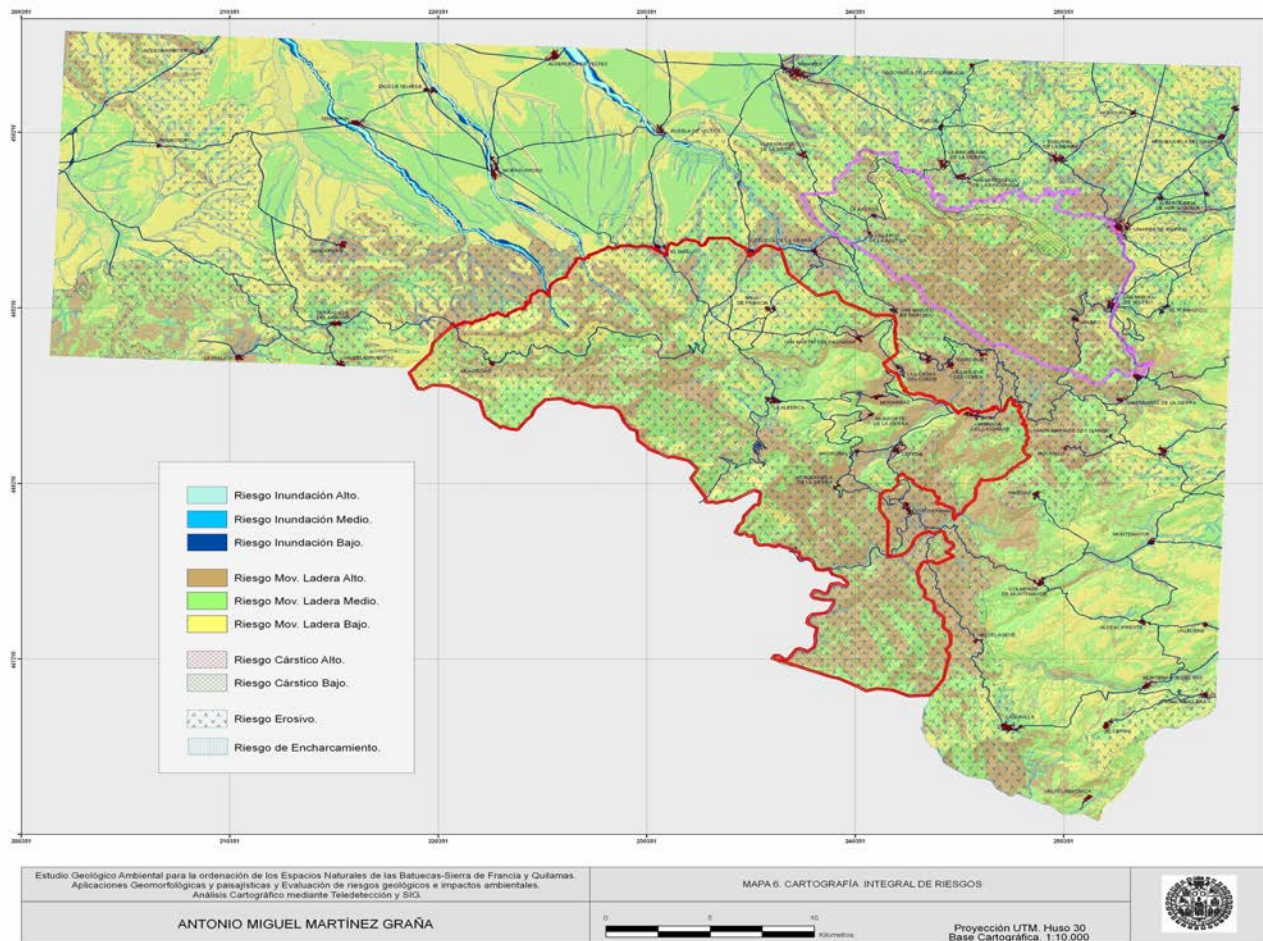


Figura IV-12. Cartografía Integral de Riesgos. (Mapa 6 Anexo Cartográfico)

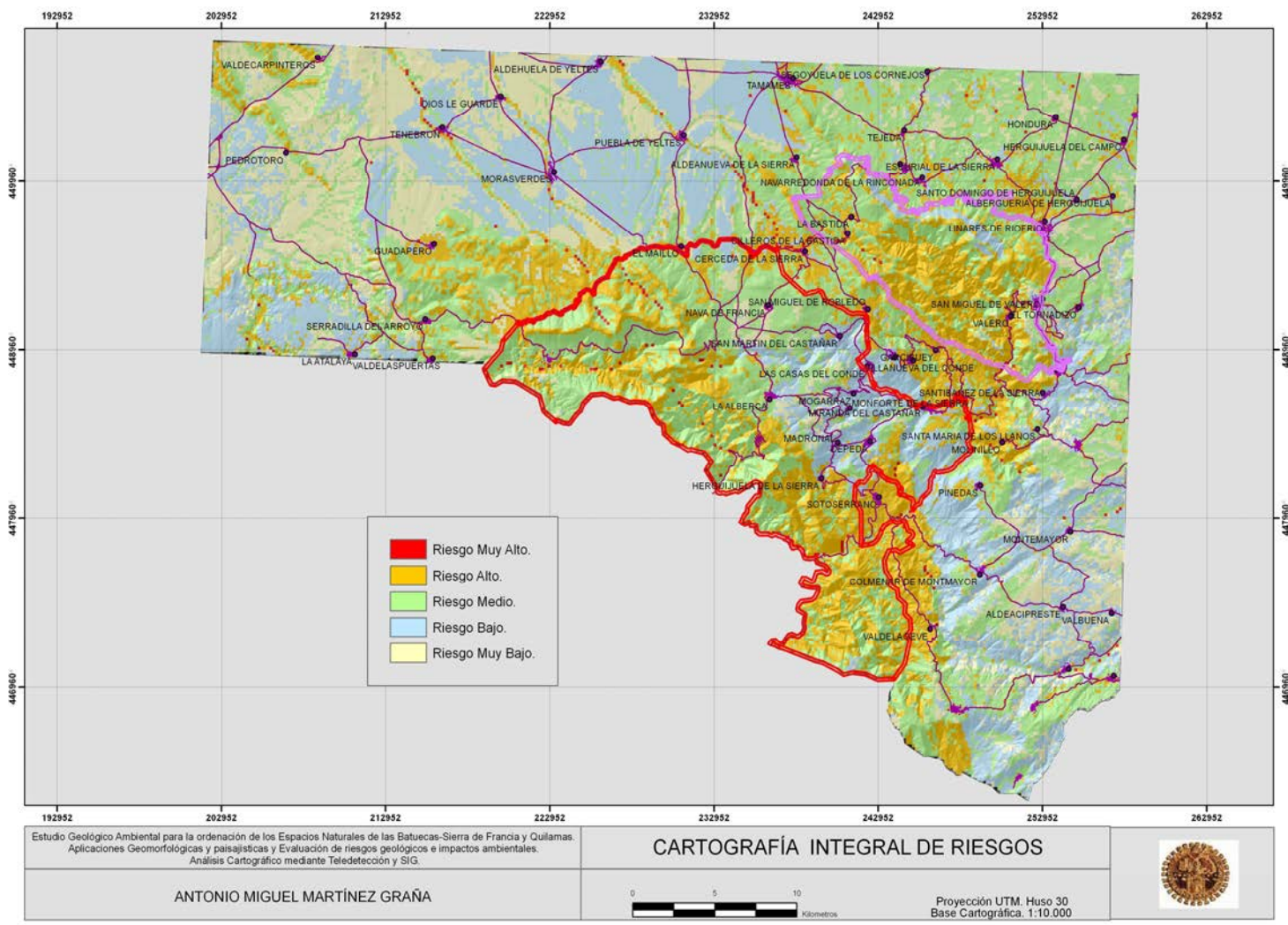


Figura IV-13. Cartografía del grado de riesgo integral (formato raster).

La superposición de las cartografías de Calidad para la Conservación y la Integral de Riesgos, nos permite obtener una Cartografía de Recomendaciones y Limitaciones de Usos, (modificando la metodo-

logía de Sánchez (Sánchez y col., 1995), que debe tenerse en cuenta a la hora de determinar estrategias en planificación municipal y ordenación regional. (Figura IV-14).

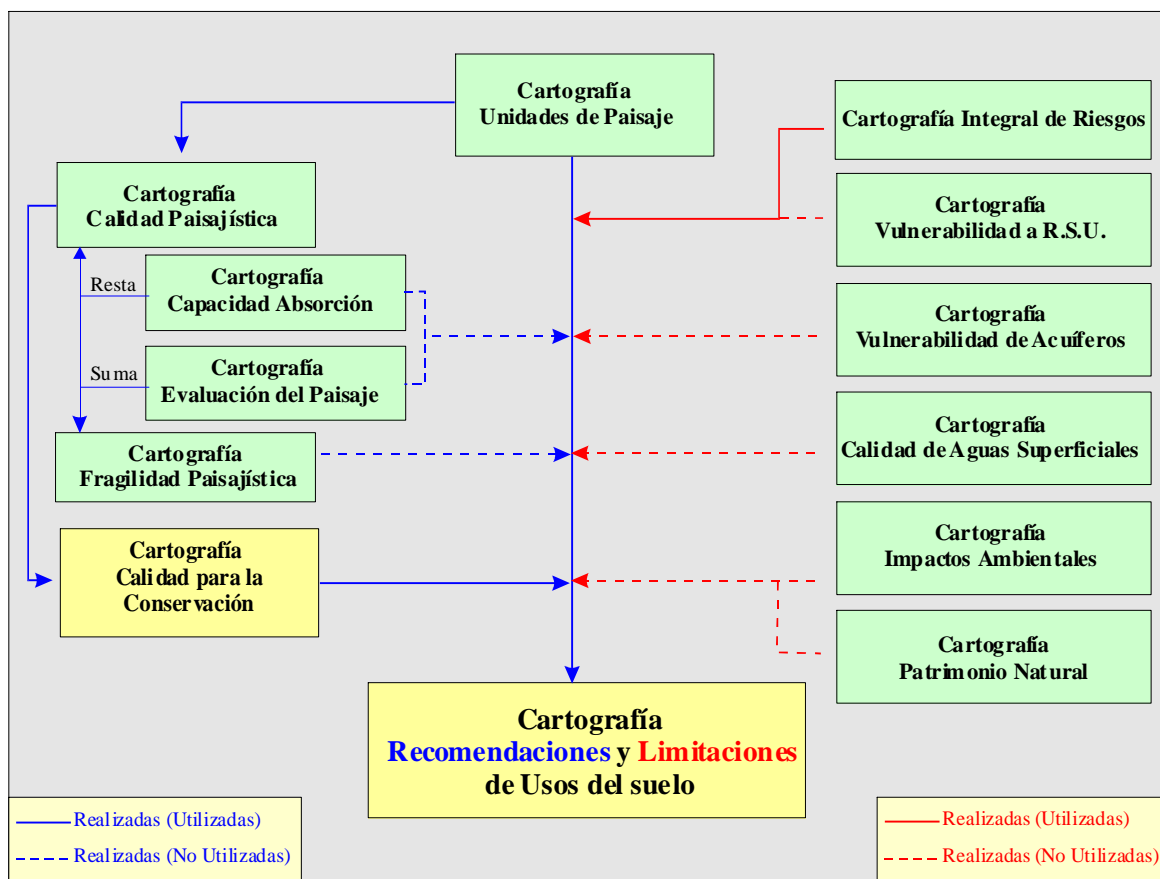


Figura IV-14. Procedimiento cartográfico abreviado para la ordenación territorial sostenible.

La planificación ambiental sostenible, debe tener en consideración la distribución de las diferentes unidades de paisaje y las Recomendaciones, que tiene en cuenta las cartografías de la Calidad Paisajística de cada sector (Cartografía de Calidad del Paisaje), el grado de vulnerabilidad del entorno natural (Cartografía de Fragilidad del Paisaje), la capacidad de asimilación de la afección por parte del entorno, de forma que esta capacidad será menor en sectores de alta calidad y alta fragilidad y viceversa (Cartografía de Capacidad de Absorción); y la puesta en valor de la calidad de cada entorno para su conservación (Cartografía de Calidad para la Conservación).

Para el análisis de las recomendaciones del sector de estudio, superponemos las 11 unidades ambientales de paisaje, sobre la Cartografía de Calidad para la Conservación (Figura IV-15), realizada a partir de la cartografía de Unidades de Paisaje, valoradas para obtener la Calidad Paisajística, que utilizamos para la ponderación del Mapa de Calidad para la Conservación.

La cartografía de Evaluación del Paisaje, sumatorio de la calidad y fragilidad del paisaje, y la de Capacidad de Absorción, resta de la calidad y fragilidad, se tienen en cuenta en el procedimiento de EIA (ver apartado IV_{3.1}).

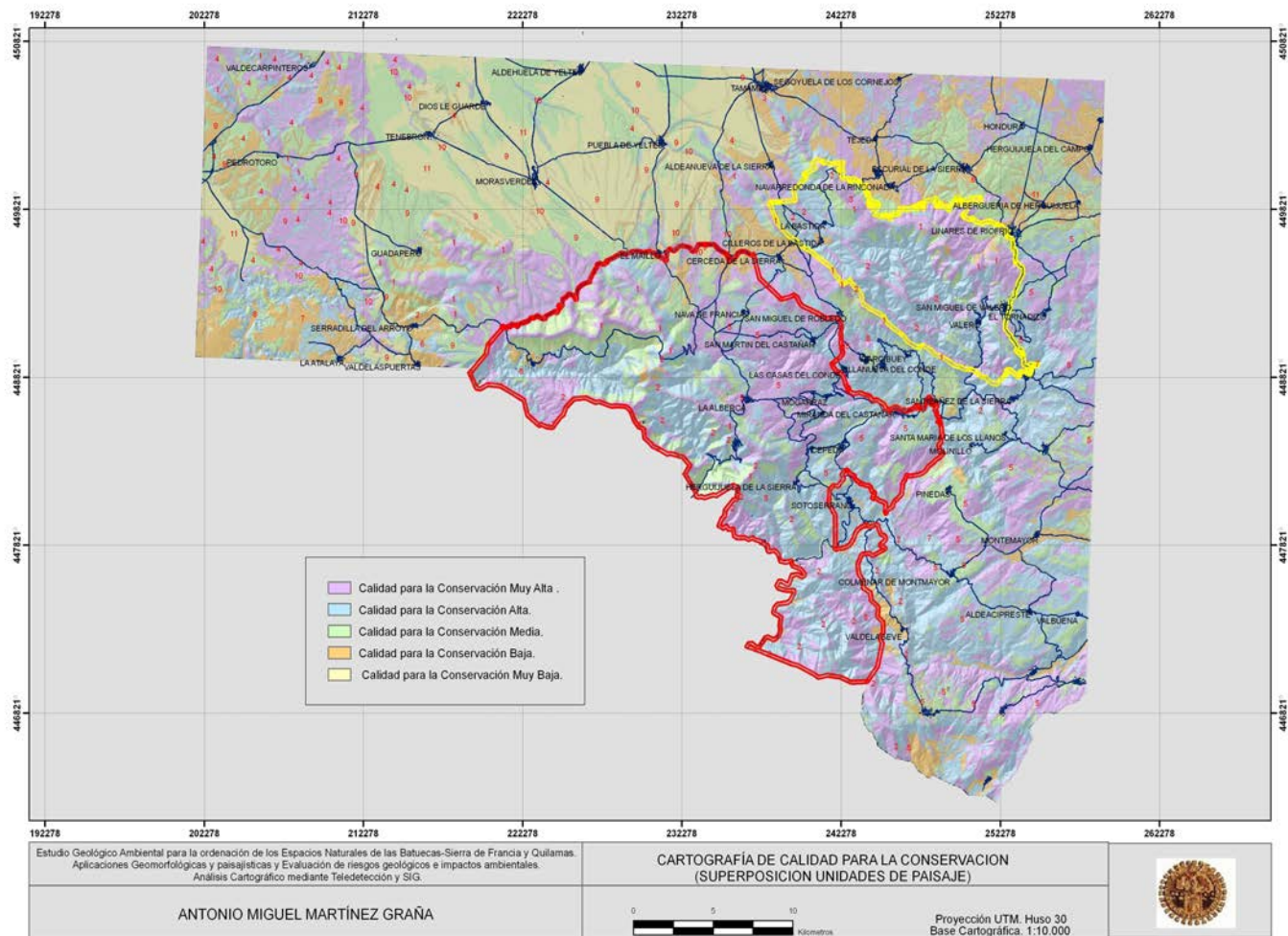


Figura IV-15. Superposición de las Unidades de Paisaje en la Cartografía de Calidad para la Conservación.

Las Limitaciones que presenta un territorio desde el punto de vista de la planificación y ordenación, son las que imponen la presencia de los diferentes riesgos naturales asociados (cartografía Integral de Riesgos) y la diferente cartografía específica interpretativa sobre diferentes afecciones antropicas (Cartografía de Vulnerabilidad a los Residuos Sólidos Urbanos -R.S.U.-, Cartografía de Vulnerabilidad de los Acuíferos, Cartografía de Calidad de Aguas Superficiales -contaminación- y Cartografía de Impactos Ambientales). Para el análisis de las limitaciones del sector de estudio, se ha tenido en cuenta la cartografía Integral de Riesgos, superponiéndole las 11 unidades ambientales de paisaje. (Figura IV-16). El resto de las cartografías limitadoras se tienen en cuenta en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental (ver apartado IV₂), a la hora de establecer la valoración de la importancia del impacto, según la ubicación y características de cada tipo de proyecto o actividad a implantar. Finalmente, superponiendo la cartografía de calidad para la Conservación y la Integral de Riesgos, obtenemos la Cartografía de Recomendaciones y Limitaciones de Uso (Figura IV-17 y Mapa 7 Anexo Cartográfico).

IV_{1.5} Resultados: Diagnostico Ambiental de los ENP “Las Batuecas-S de Francia”, “Quilamas” y zona de influencia.

El Diagnostico Ambiental de la zona de estudio constituye un chequeo del estado de las variables ambientales y culturales de la fase preoperativa como instrumento de ordenación del territorio. Este diagnostico se concretiza en el análisis del inventario y de las recomendaciones y limitaciones para cada unidad ambiental, utilizando en nuestro caso, las unidades de paisaje establecidas en los capítulos anteriores, con la finalidad de exponer estrategias territoriales, en base a la calidad y capacidad de cada unidad ambiental, proyectando incompatibilidades de uso en la fase de zonificación territorial. Este diagnostico medio-ambiental y paisajístico, permite definir con mayor detalle las estrategias de conservación y desarrollo de los Espacios

Naturales Protegidos y su evolución natural, lo que nos ayuda a realizar un diagnostico de potencialidad, o lo que es lo mismo, una optimización de la capacidad de carga del territorio, orientando las actividades que se pueden desarrollar en cada sector y marcando las directrices territoriales.

El análisis de las Recomendaciones y Limitaciones del sector de estudio permite establecer diferentes propuestas y actuaciones sostenibles, en las fases previas de ordenación territorial, así como estimar las posibles alternativas viables a nivel de P/P y/o Proyecto, teniendo en cuenta la alternativa cero (análisis del sector considerando la no realización de la actividad).

La reclasificación de las diferentes unidades territoriales en grados de protección (Tabla IV-1), de la Cartografía de Recomendaciones y de Limitaciones de Usos, genera la Cartografía de Grados de Protección del territorio en formato raster (Figura IV-18 y Figura IV-19) y vector (Mapa 8, Anexo Cartográfico, estableciendo los siguientes grados:

		Unidades Integrales de Riesgo.				
		MB	B	M	A	MA
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
U. Calidad Conservación.	MB	2	3	4	5	6
	(1)					
	B	3	4	5	6	7
	(2)					
	M	4	5	6	7	8
(3)						
A	5	6	7	8	9	
(4)						
MA	6	7	8	9	10	
(5)						

Tabla IV-1. Determinación de los grados de protección.

- Grado de Protección Muy Alto (9-10)
- Grado de Protección Alto (7-8)
- Grado de Protección Media (6)
- Grado de Protección Bajo (4-5)
- Grado de Protección Muy Bajo (2-3)

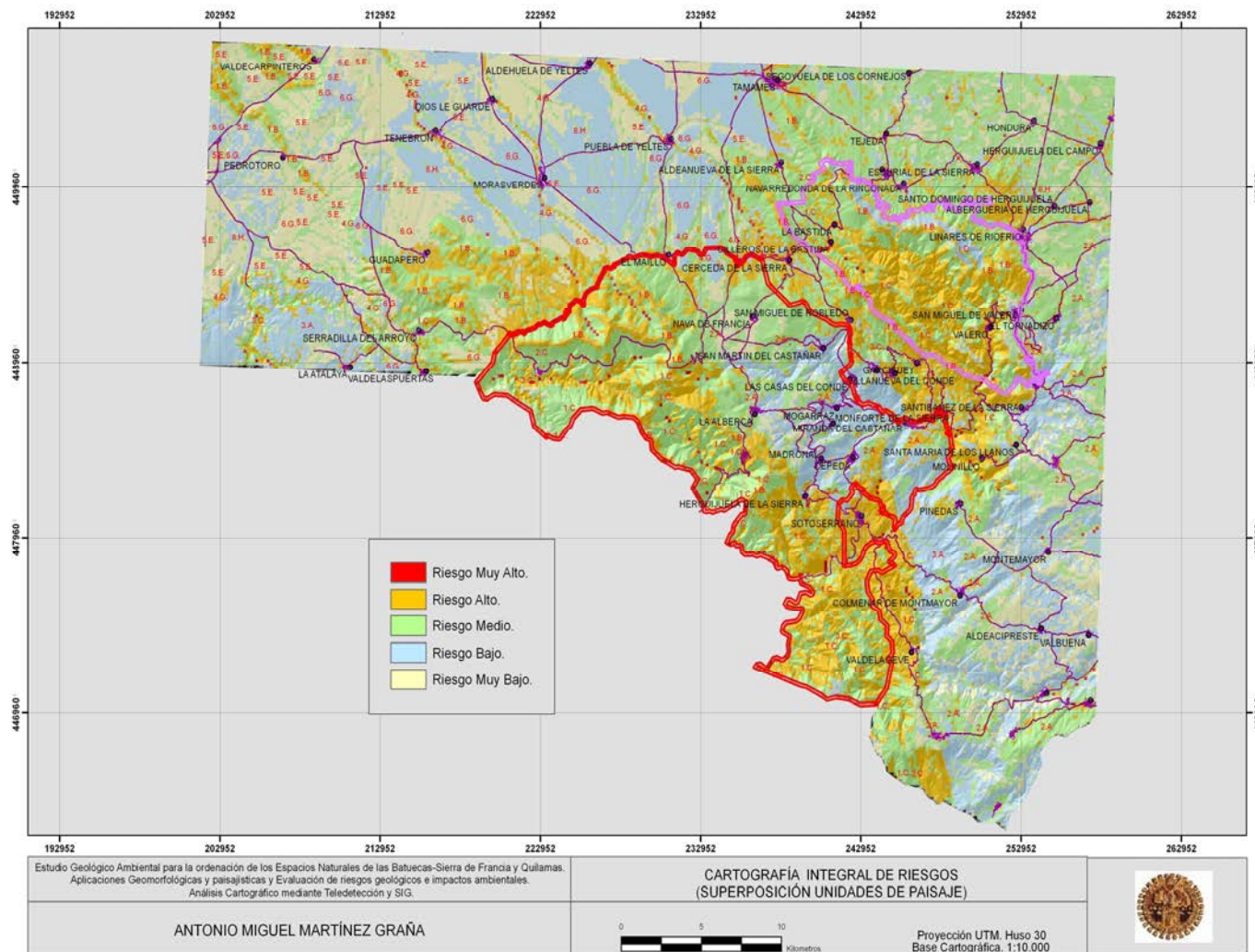


Figura IV-16. Superposición de las Unidades de Paisaje en la Cartografía Integral de Riesgos.

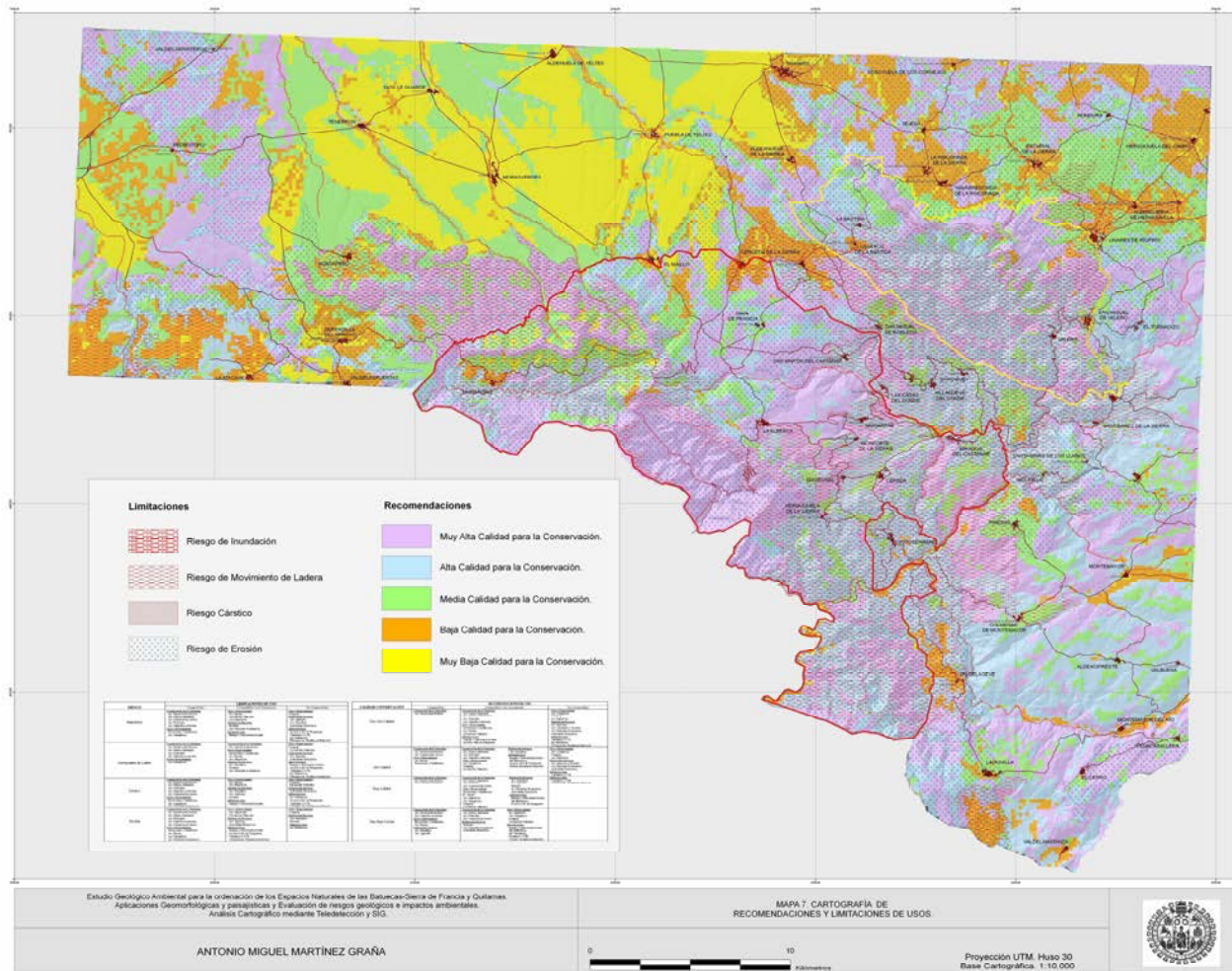


Figura IV-17. Cartografía de Recomendaciones y Limitaciones de Uso. (Mapa 7, Anexo Cartográfico).

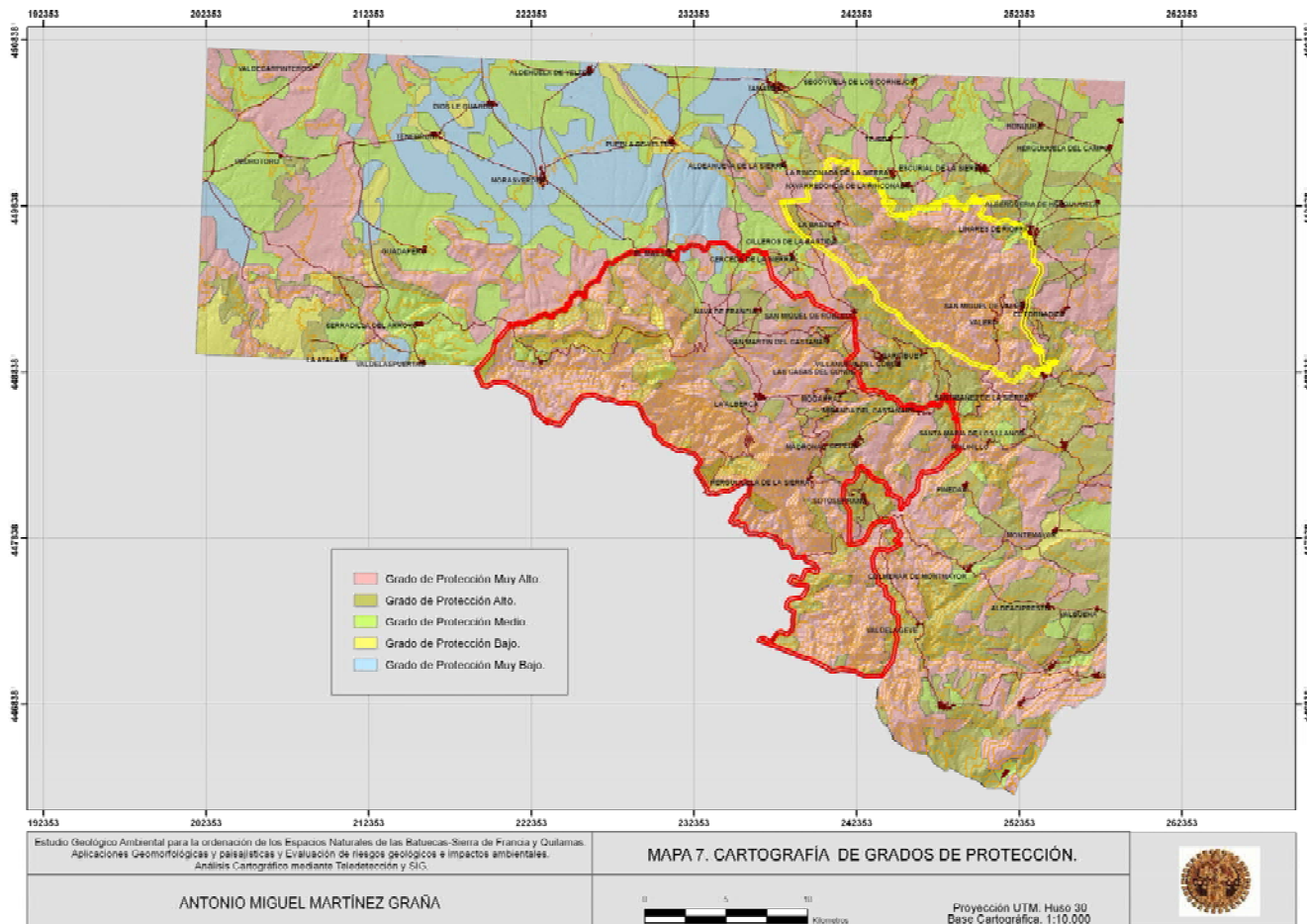


Figura IV-18. Cartografía de Grados de Protección.

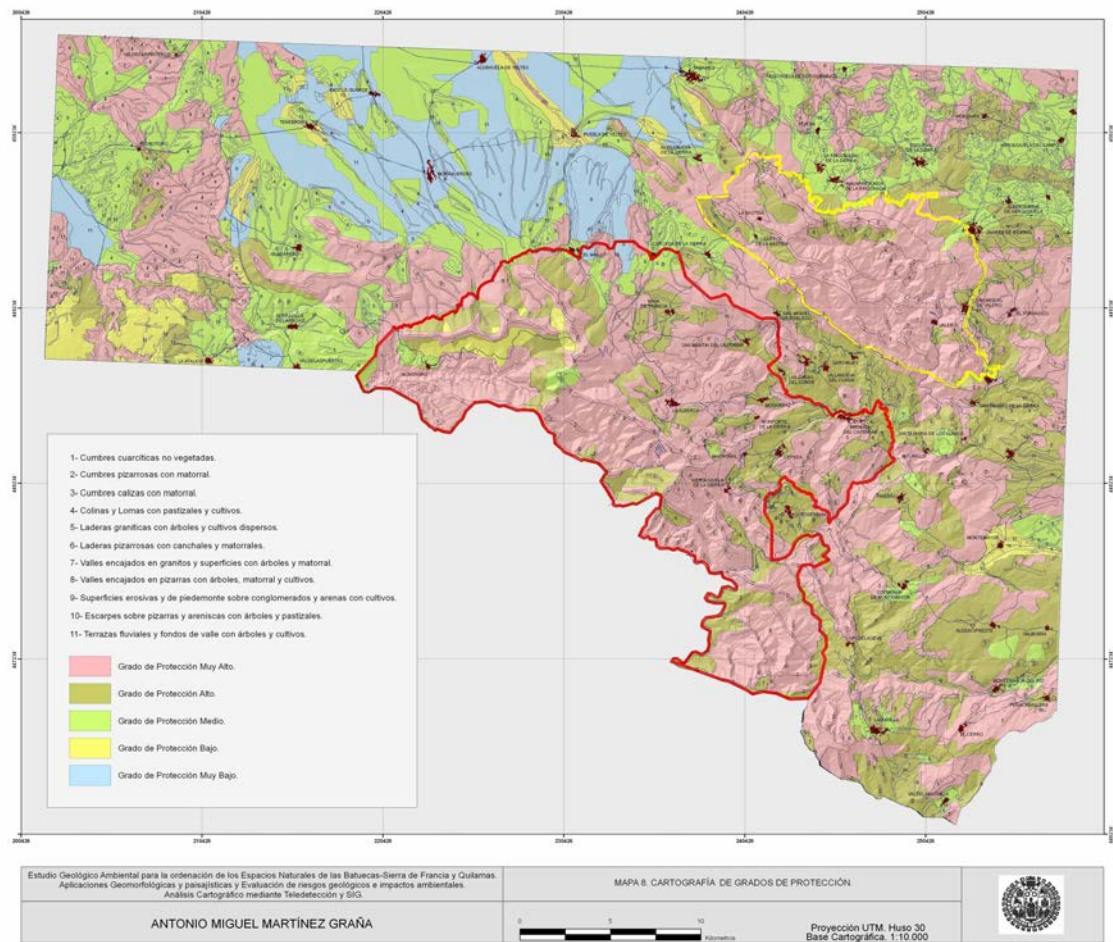


Figura IV-19. Cartografía de Grados de Protección con la distribución de las Unidades Ambientales de Paisaje. (Mapa 8, Anexo Cartográfico).

A partir de una tabla de doble entrada, denominada Matriz de Capacidad de Acogida o de Recomendaciones de usos; se establece un diagnóstico ambiental preliminar de los diferentes usos (conservación natural, ocio y esparcimiento, explotación de recursos primarios e infraestructuras) para cada una de las 11 unidades ambientales, en base a sus características naturales. (Tabla IV-2).

Las unidades ambientales de paisaje de cumbres de pizarras con matorrales (1) y de cumbres cuarcíticas sin vegetación (2); presentan una muy alta y alta calidad de conservación y una alta-muy alta probabilidad de riesgos naturales, por lo que sus usos compatibles principales son de conservación, pudiendo haber sectores con un uso restringido y mediante permiso especial, y en general el resto de usos están prohibidos y no se pueden poner en estas zonas, y en el caso de extrema necesidad (por ejemplo infraestructuras) deberán pasar previamente por el procedimiento de EIA.

La unidad de cumbres y crestas calizas con matorrales (3), presenta una muy alta calidad para la conservación y baja limitación por riesgos, lo que permite un uso potencial del medio físico mayor al de las unidades anteriores, aunque algunos usos se encuentren restringidos a determinados sectores (espacios libres de recreo) o al análisis de estudios de detalle (actividades cinegéticas, forestales...). Algunas actividades están prohibidas (vertederos y Centros de Tratamiento de Residuos -CTR-...) o sometidas a EIA (actividades extractivas).

La unidad de colinas y lomas sobre areniscas con pastizales muy desarrollados y cultivos (4), presenta una calidad para la conservación de media a muy alta, y muy bajo grado de protección por riesgos, lo cual permite un amplio desarrollo de actividades, aunque algunas necesiten permiso especial (camping, actividades cinegéticas...) o se encuentren sujetas a normativa específica y/ estudios de detalle.

La unidad de laderas graníticas con formaciones vegetales arbóreas y con pastizales y cultivos dispersos (5), presenta una alta-muy alta calidad para la

conservación y las limitaciones por riesgos hacen que el grado de protección sea medio-alto. Son asumibles la mayoría de las actividades antrópicas, aunque la circulación de vehículos quede restringida en determinadas zonas. Tanto la explotación de recursos como las infraestructuras son viables en base al análisis de un estudio previo.

La unidad de laderas sobre pizarras y esquistos con árboles en la base y matorral y coluviones en la parte media alta (6), presenta similares características a la anterior, pudiendo existir actividades extractivas condicionadas a las características de cada proyecto y a su ubicación.

La unidad de valles fluviales encajados sobre granitos con superficies erosivas con árboles dispersos y matorrales (7) presentan una calidad para la conservación baja y muy baja-baja limitaciones por riesgos. En cambio la unidad de valles encajados en pizarras con grupos de árboles, matorral y cultivos dispersos (8), presenta una alta-muy alta calidad para la conservación y media-muy alta limitación por riesgos. Ambas unidades condicionan determinadas actividades (extractivas) e infraestructuras, siendo asumibles las actividades de ocio y esparcimiento así como las de mejora natural, aunque el resto de actividades sean permitidas o bien en sectores concretos.

La unidad de superficies sobre conglomerados y areniscas con cultivos y bosques asociados puntuales (9), presenta una calidad para la conservación muy baja - media y unas limitaciones por riesgo de grado muy bajo-bajo. Presentan amplios sectores sin limitaciones de uso (actividades agrícolas, ganaderas...), y únicamente presentan restricciones en determinados proyectos donde se deba analizar previamente la incidencia ambiental mediante estudios específicos.

La unidad de escarpe sobre pizarras, areniscas y conglomerados con árboles dispersos y pastizales (10), presenta calidad de conservación media – alta y limitaciones medias por riesgos.

USOS ACTUALES O POTENCIALES DEL MEDIO FISICO																									
			Conservación de la Naturaleza					Ocio y Esparcimiento					Explotación de Recursos Primarios						Infraestructuras						
Unidades Ambientales de Paisaje	Recomendaciones (CC)	Limitaciones (IR)	Preservación estricta	Conservación Activa	Mejora Ambiental	Act. Científico-Culturales	Act. Forestal Ambiental	Excursiones y Senderismo	Espacios libres de Recreio	Camping	Act. Cinegéticas.	Act. Deportivas.	Circulación Vehículos	Recolección	Actividades Agrícolas	Actividades Ganaderas	Pastoreo.	Act. Forestal Económica	Act. Extractivas.	Vertederos y CTR.	Saneamiento y Depuración (IH)	Energía y Telecomunicaciones.	Accesos e Inf. de Transporte.	Urbaniz Residencial /Industrial	
1	MA	A-MA	1	--	1 ₁	PE	PE	1 ₁	RE	3	3	3	RE ₁	---	---	---	---	---	3	3	---	EIA	RE ₂	3	
2	A	A-MA	1	2 ₄	1 ₁	PE	2 ₁	1	1	2 ₁	2 ₁	3	2 ₅	---	---	2 ₁	---	---	3	3	2 ₁	2 ₄	2 ₁	NR ₄	
3	MA	B	1	---	1 ₁	SL	2 ₃	2 ₁	2 ₁	2 ₃	2 ₄	PE	RE ₁	---	NR	2 ₃	2 ₁	2 ₄	EIA	3	2 ₂	EIA	RE	3	
4	M-MA	MB	1	2 ₁	2 ₁	1	2 ₅	SL	1	PE	PE	PE	2	2 ₆	SL	SL	SL	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₅	2 ₅	2 ₁	2 ₄	
5	A-MA	M-A	1 ₁	2 ₁	2 ₁	1	2 ₁	SL	2 ₁	PE	PE	2 ₁	RE	2	2	2	2	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2	
6	M-A	M-MA	1 ₁	2 ₁	2 ₁	1	2 ₁	RE	2 ₁	---	PE	2 ₁	2 ₁	2 ₆	---	---	---	NR	C	RE	2 ₄	NR	2 ₄	NR	
7	B	MB-B	1 ₁	2 ₁	2	1	2 ₁	1	2 ₁	2 ₁	2 ₄	2 ₄	2 ₁	2 ₆	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₄	C	2 ₁	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₄	
8	A-MA	M-MA	1 ₁	2 ₁	2 ₁	1	1	1	1	2 ₁	2 ₄	2 ₄	2 ₁	2 ₆	2	2	2	2 ₄	2 ₁	C	C	2 ₄	2 ₅	2 ₄	
9	MB-M	MB-B	---	---	2	1	1	1	1	RE	RE	1	RE	1	SL	SL	SL	SL	EIA	EIA	2 ₄	EIA	2 ₄	2 ₄	
10	M-A	M	1	---	---	PE	C	3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2 ₁	3	3	NR	NR	2 ₁	NR	
11	MB	B-MA	---	---	2 ₁	SL	1	1	RE	EIA	RE	RE	2 ₅	1	RE	RE	1	1	EIA	EIA	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₁	
Condicio- nantes	PN Y EN		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	LIC		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	ZEPA y ZH		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla IV-2. Matriz de Capacidad de Acogida.

Levenda:

1. Aceptable.
2. Admisible: SL (Sin Limitaciones), EIA (Sometido a EIA), RE (Restringido), PE (Mediante Permiso Especial), NR (No Recomendable), C (Condicionado).
3. No Aceptable: P (Prohibido), -- (No Corresponde).

Recomendaciones y Limitaciones: MA (Muy Alto), A (Alto), M (Medio), B (Bajo) y MB (Muy Bajo).

Condicionantes:

UAP. Unidades Ambientales de Paisaje.

PN Parque Natural.

EN. Espacio Natural.

LIC. Lugar de Interés Comunitario.

ZEPA. Zonas de Especial Protección para las Aves.

ZH. Zonas Húmedas.

Subíndices:

1: Exclusivamente donde corresponda.

2. Salvo en sistemas de urgencias.

3. Sujeto a legislación competente en la materia.

4. Sujeto a estudio previo.

5. Previa constatación de la necesidad.

6. En cultivos preexistentes.

Acrónimos: CTR. Centro de Tratamiento de Residuos.

IH. Infraestructuras Hidráulicas.

Unidades Ambientales de Paisaje:

1- Cumbres de pizarras con matorrales.

2-Cumbres cuarcíticas sin vegetación.

3- Cumbres y crestas calizas con matorrales

4- Colinas y Lomas sobre areniscas con pastizales muy desarrollados y cultivos.

5- Laderas graníticas con formaciones vegetales arbóreas y con pastizales y cultivos dispersos.

6- Laderas sobre pizarras y esquistos con árboles en la base y matorral y coluviones en la parte media alta.

7- Valles fluviales encajados sobre granitos con superficies erosivas con árboles dispersos y matorrales.

8- Valles encajados en pizarras con grupos de árboles, matorral y cultivos dispersos.

9- Superficies sobre conglomerados y areniscas con cultivos y bosques asociados puntuales.

10- Escarpe sobre pizarras, areniscas y conglomerados con árboles dispersos y pastizales.

11- Terrazas fluviales y aluviones de fondos de valle con grupos dispersos y cultivos.

Se corresponde con sectores del territorio con características no favorables para gran parte de las actividades humanas, bien por su elevada pendiente o bien por su incidencia en procesos activos o de contaminación de sectores adyacentes, por lo que o no se recomiendan o no corresponden.

Por último, la unidad de terrazas fluviales y aluviones de fondos de valle con grupos dispersos y cultivos (11), presenta una calidad para la conservación muy baja y unas limitaciones por riesgos entre baja y muy alta (zonas inundables cercanas al cauce). La mayoría de actividades son compatibles, aunque para determinadas infraestructuras (depuradores, red de abastecimiento...) en fase de anteproyecto debe analizarse la incidencia ambiental, sobre el recurso hídrico.

En general, teniendo en cuenta las matrices de capacidad de acogida, desde el punto de vista de la calidad ambiental, la ordenación se ajusta a las condiciones naturales existentes y favorece la protección de los sectores de mayor calidad para la conservación, determinando unos usos compatibles con su vocación potencial (asentamientos agrícolas y ganaderos, urbanos...), favoreciendo la integración y restauración paisajística y revegetación natural.

Desde el punto de vista de las limitaciones de usos del territorio, los diferentes usos se distribuyen por sectores según el grado de riesgo, compatibilizando dicho riesgo mediante una serie de medidas protectoras, correctoras y/o compensatorias.

La alta calidad del paisaje y de los componentes ambientales de los espacios naturales de Las Batuecas-S de Francia Y Quilamas, condiciona la anterior distribución de usos, categorizando los usos del suelo en base a la protección y conservación de los valores ambientales. Por ello, se establecen a nivel estratégico una serie de medidas que aminoran los efectos de las actuaciones antrópicas. Las medidas preventivas se incorporan al documento de planeamiento, siendo más eficaces que las medidas correctoras ya que se materializan en el propio proceso de

selección de alternativas, en fase de anteproyecto (planificación de tráfico rodado, rehabilitación zonas urbanizadas, tipología y dimensiones de instalaciones y construcciones...). Las medidas correctoras constituyen nuevas acciones que paliar o atenúan los efectos negativos del planeamiento territorial. Las medidas compensatorias, "compensan" efectos negativos inevitables de algunas actividades con otras determinaciones de efectos positivos (recuperación de labores agrícolas y cultivos tradicionales en zonas degradadas...).

Las medidas a tener en cuenta en nuestro sector de estudio, con respecto a los factores abióticos son:

En cuanto a los factores geológicos y geomorfológicos, evitar la formación de desmontes y taludes adaptando las construcciones a la pendiente existente, recubriendo los taludes con el mismo material superficial existente; y evitar la construcción de bancales en zonas no necesarias. Con respecto al suelo, establecer medidas de control de los fertilizantes, enmiendas o encalados, teniendo en cuenta la cartografía de vulnerabilidad de acuíferos; se potenciará la mejora de la estructura de los suelos (abonos orgánicos, roturación de cultivos según curvas de nivel) y control de la erosión (barreras, disminución de cárcavas, mantenimiento de cultivos y repoblación forestal).

Con respecto a los factores bióticos: vegetación y fauna, manejo racional del ganado, protección contra incendios, protección contra el uso irracional de plaguicidas y establecimiento de planes de protección y conservación de fauna y flora.

En el medio perceptual hay que tener en cuenta, en la distribución de actividades y usos, la cartografía de calidad, fragilidad y capacidad de absorción paisajística, además de la de calidad para la conservación y la cartografía de recomendaciones y limitaciones de usos. Además se deberán adaptar las construcciones e instalaciones a las formas del medio natural, mimetizando las estructuras cuando sea posible, interponiendo pantallas vegetales para elementos no integrados en el medio.

En cuanto al patrimonio natural, geológico, biológico y perceptual; se realizarán catálogos e inventarios exhaustivos de los puntos de interés a proteger, su puesta en valor, y si fuera necesario se potenciará su restauración o rehabilitación así como campañas de educación ambiental y concienciación ciudadana sobre dicho patrimonio.

Las infraestructuras deben tener en cuenta una serie de medidas encaminadas a su integración paisajística y de mantenimiento, como es el caso en la red viaria de evitar los taludes y construcciones de muros de contención revestidos de mampuesto de piedra vista. La plantación a borde de carretera será de especies resistentes autóctonas del mismo piso de vegetación por la que pasa la traza. Para infraestructuras energéticas y de telecomunicaciones de nueva creación y/o sustitución (tendidos eléctricos, líneas de alumbrado, postes...) se efectuarán preferentemente en canalización subterránea, aunque debido a la complejidad topográfica de estos espacios naturales, el tendido aéreo no deberá disponerse perpendicularmente al terreno, ni atravesando el perfil del horizonte, teniendo en cuenta el trazado de mínimo impacto perceptual, según se describe en el apartado IV_{3.1}. La ubicación de los depósitos de las redes de abastecimiento, serán preferentemente enterrados, o bien, en caso contrario deben revestirse con piedra del lugar y no deben superar los perfiles de crestas o colinas.

Por último con respecto a las urbanizaciones y otras construcciones el diseño mantendrán un equilibrio con la altura, formas, colores y texturas circundantes, respetando la tipología arquitectónica popular. Mitigar el contraste de las construcciones antrópicas (puentes, naves...) mediante el uso de pantallas o camuflajes vegetales integrando las rectas de las construcciones. Las instalaciones ganaderas tendrán suelos impermeables que canalicen los abonos orgánicos a fosas, donde se gestionen adecuadamente estos residuos, bien en la aplicación (dosis y tipo) al suelo o en cuanto a su depuración.

La Cartografía de Recomendaciones y Limitaciones de Usos (Figura IV-17 y Mapa 7, Anexo cartográfico) muestra en su leyenda las matrices de limitaciones de usos en base a la calidad para la conservación y los riesgos, estableciendo las actividades potenciales o aptitudes de uso para cada sector.

Dada la importancia que tiene para el gestor de un espacio natural, la Cartografía de Grados de Protección y el interés que tiene también el conocimiento de la distribución del patrimonio natural (geológico, biótico y histórico-artístico-cultural), se elabora una cartografía en la que se solapan dichas capas de información denominada Cartografía de Grados de Protección y Patrimonio Natural (Figura IV-20). Para una mejor comprensión se ha simplificado el patrimonio biótico y el histórico-artístico-cultural (Mapa 9, Anexo Cartográfico), y se distribuyen las diferentes AIGs/LIGs/PIGs, mostrando con colores el interés científico y didáctico de cada uno, así como su número de identificación de ficha del inventario, nombre del lugar y valoración. Esto permite, la creación de itinerarios didácticos o científicos según el grado de interés y dificultad.

Finalmente, una cartografía de gran aplicación en la gestión y ordenación de los espacios naturales es la Cartografía de Grados de Protección con las Cartografías superpuestas de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos, ya que permite a la hora de determinar la incidencia de la ubicación de una actividad, el grado de protección de dicho sector así como su vulnerabilidad. (Figura IV-21, Mapa 10 Anexo Cartográfico).

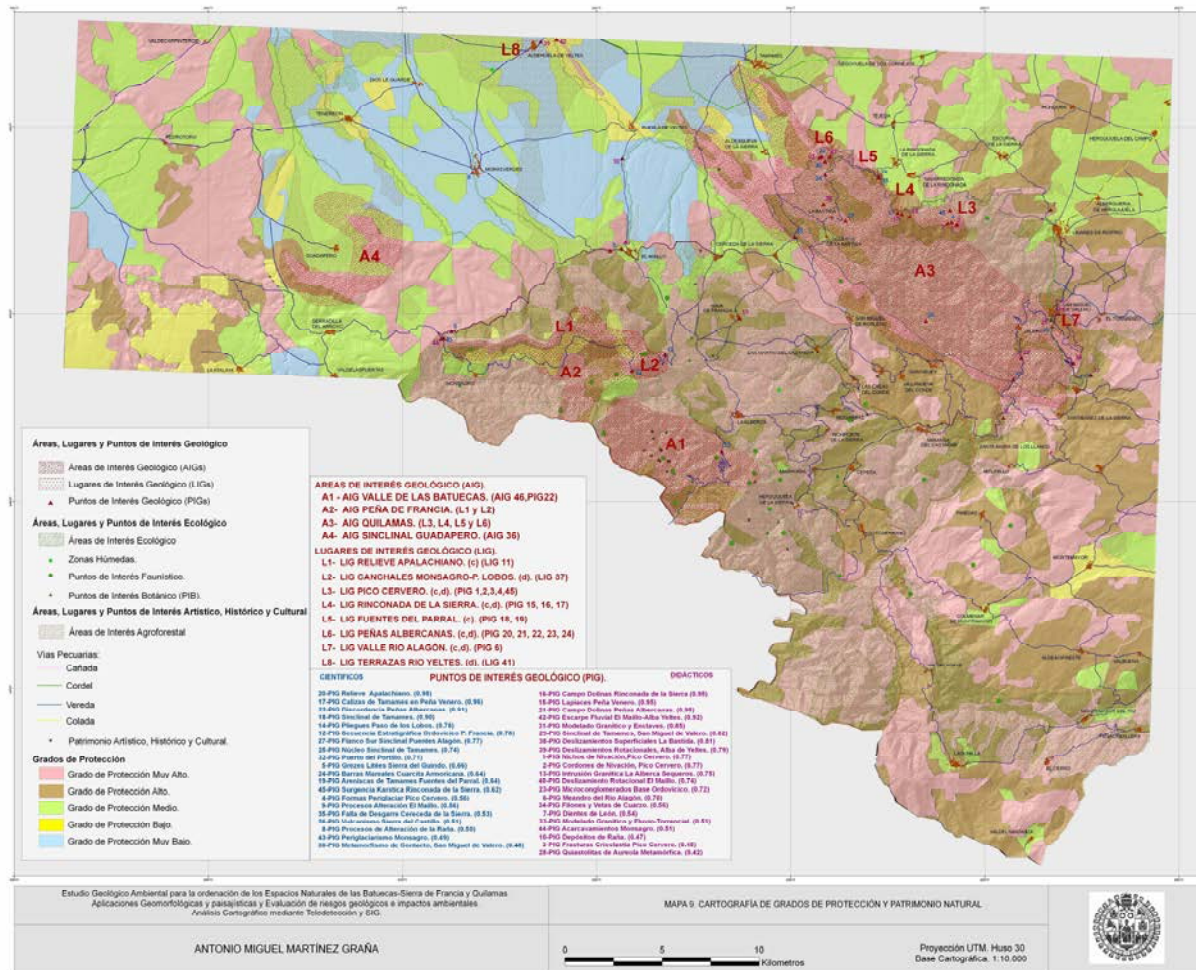


Figura IV-20. Cartografía de Grados de Protección y Patrimonio Natural. (Mapa 9, Anexo Cartográfico).

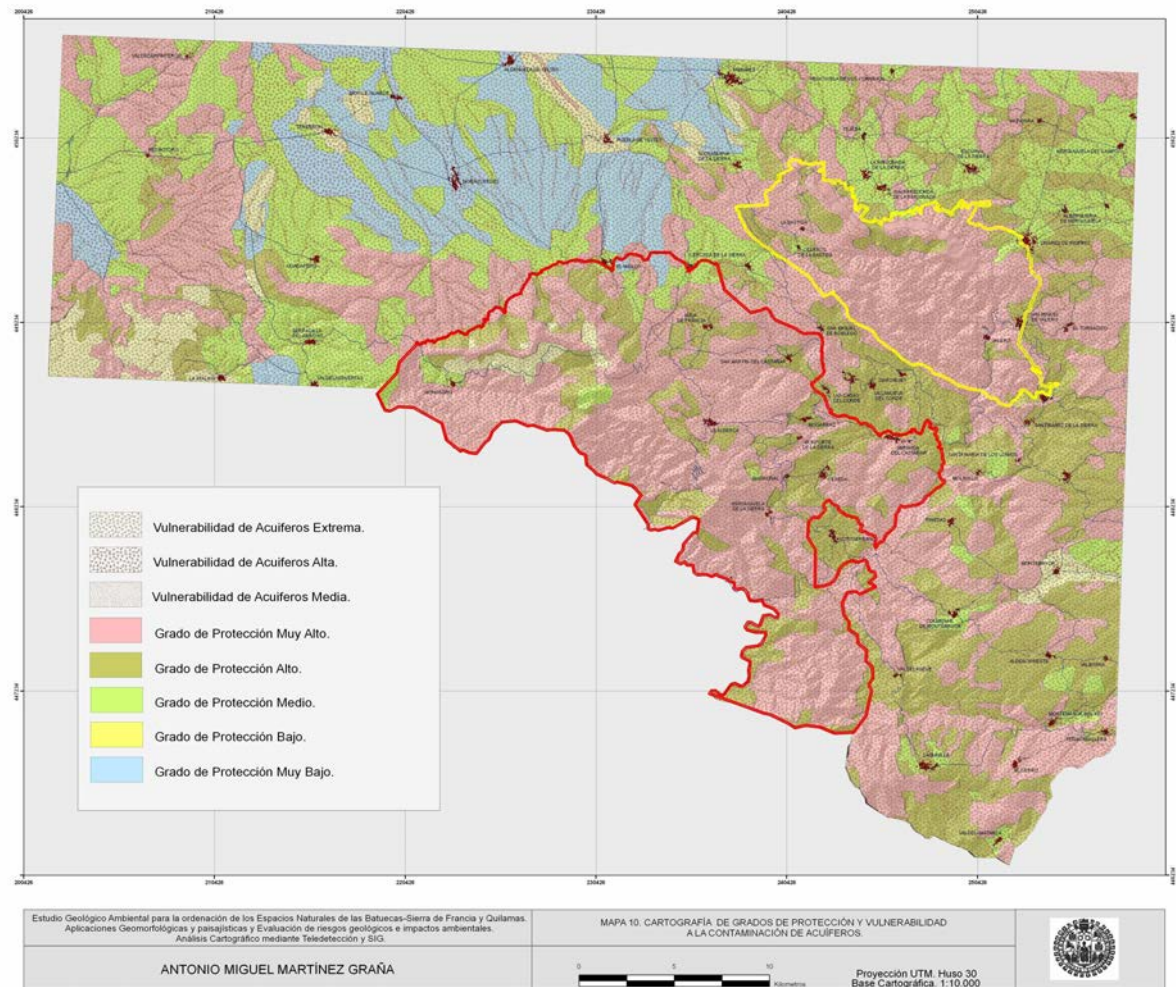


Figura IV-21. Cartografía de Grados de Protección y Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos. (Mapa 10, Anexo Cartográfico).

IV₂. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).



IV_{2.1} Introducción.

IV_{2.2} Procedimiento de EIA. Tipos de Metodologías.

IV_{2.3} Los Impactos Ambientales en los ENP de “Las Batuecas-S de Francia”, “Quilamas” y zona de influencia.

IV_{2.4} Análisis del Impacto Ambiental del Parque Eólico Sierra de la Canchera.

IV_{2.5} Resultados.

IV_{2.1} Introducción.

Con la aparición del concepto “Desarrollo Sostenible”, se observa la necesidad de incorporar la variable ambiental en la toma de decisiones, de forma que la conservación del medio ambiente mediante la protección ambiental, constituya un elemento básico frente al desarrollo de las necesidades crecientes en la actividad humana, asegurando la conservación de los recursos naturales, desde el punto de vista técnico, socio-económico y ambiental. Este desarrollo sostenible integra el crecimiento económico con la protección de los recursos. Surge en este contexto la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), como una herramienta de prevención durante la planificación, diseño e implementación de los diferentes proyectos o actividades en el medio natural.

La EIA constituye un conjunto de análisis que permiten estimar los efectos de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente. Este análisis permite anticiparse a los futuros impactos ambientales negativos y positivos de las actuaciones humanas, permitiendo seleccionar las alternativas más beneficiosas y de menor impacto.

La primera referencia legislativa al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental se da en EEUU en 1969, a través de la NEPA (National Environment Policy Act). Recientemente en Europa, la Directiva 85/337/CEE (DOCE 175, 1985), de 27 junio de 1985, evalúa las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Posteriormente la Directiva 97/11/CE del Consejo (DOCE 73,1997), de 3 de marzo, modifica la 85/337/CEE, de forma que amplía el listado de actividades que deben someterse a EIA.

La entrada de España en la Unión Europea en 1996 provoca la adaptación de su legislación en materia medioambiental a las Directivas Comunitarias, estableciendo el R.D. Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (BOE 155, 1986), y el Real Decreto 1131

/1988, de 30 de Septiembre, (BOE 239, 1988) por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986. La Ley 6/2001 de EIA (BOE 111, 2001), de 8 Mayo, modifica el R.D.1302/1986; y la Ley 27/2006 (BOE 171, 2006), de 18 de julio, regula los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente, permitiendo la adecuación de la normativa básica de evaluación de impacto ambiental a la Directiva 2003/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (DOCE 156, 2003), de 26 de mayo, por la que se establecen medidas para la participación del público y el acceso a la justicia, de las Directivas 85/337/CEE (DOCE 175, 1985) y la Directiva 96/61/CE del Consejo (DOCE 257, 2006) relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Actualmente el Real Decreto Legislativo 1/2008 (BOE 23, 2008), de 11 de enero, aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental, y la Ley 11/2003 de Prevención Ambiental en Castilla y León (BOCYL 71, 2003), modificada por la Ley 8/2007 (BOCYL 210, 2007), donde se establecen los procedimientos de EIA.

La EIA constituye un procedimiento administrativo, que pasa por una serie de fases, con un enfoque multidisciplinar que mejore la comprensión entre los aspectos naturales, sociales, económicos y políticos. La sostenibilidad del procedimiento de EIA, permite garantizar la calidad de vida de los habitantes del entorno del proyecto, asegurar un continuo acceso a los recursos naturales y evitar daños permanentes en el medio ambiente, de forma que satisfaga las necesidades del presente, evitando comprometer las posibilidades de las futuras generaciones y su derecho a satisfacer sus propias necesidades.

IV_{2.2} Procedimiento de EIA. Tipos de Metodologías.

El procedimiento de EIA (Figura IV-22a), pasa necesariamente por: identificar, predecir, interpretar, prevenir y comunicar el impacto de un determinado proyecto.

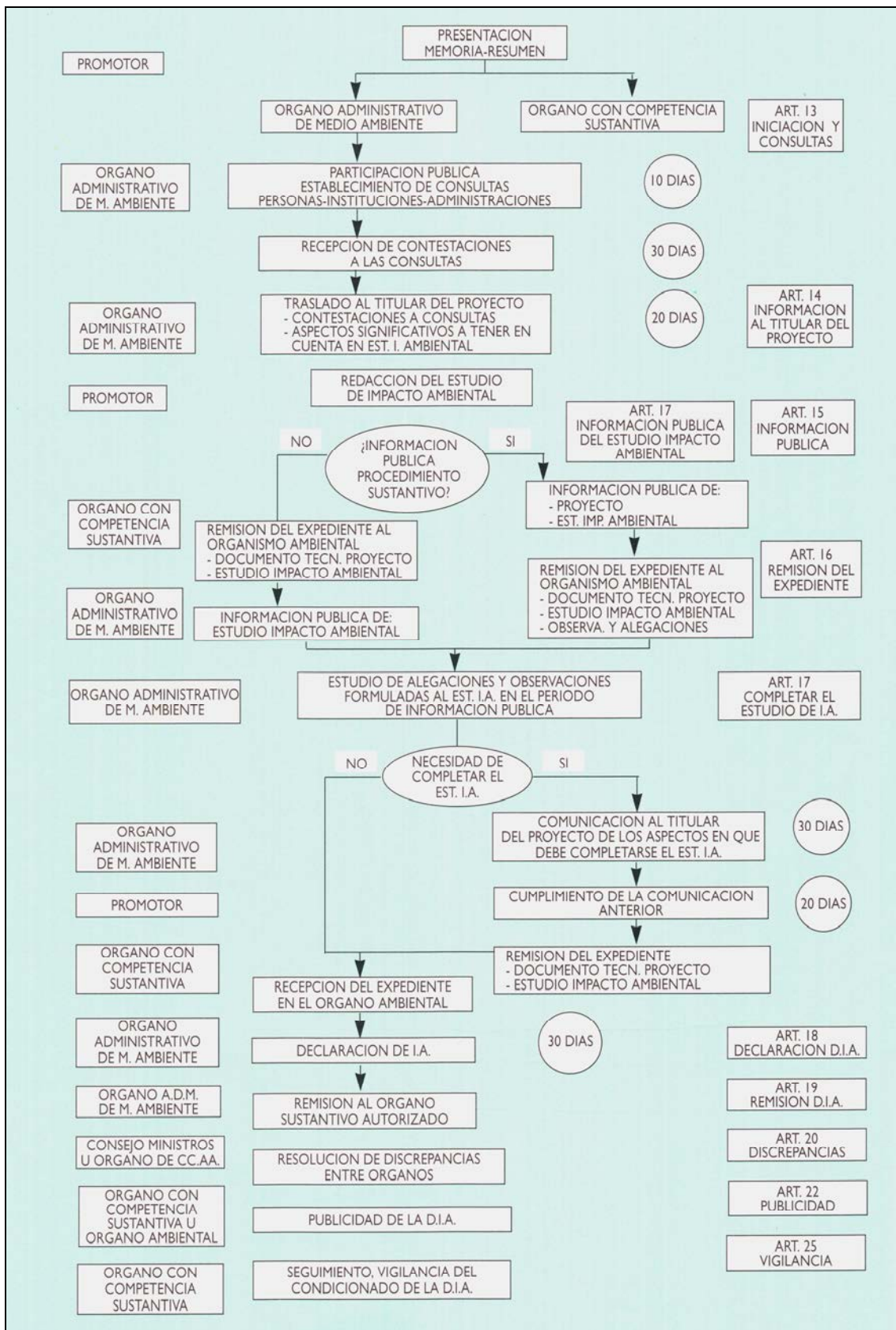


Figura IV-22a. Esquema del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

El procedimiento administrativo de EIA, se apoya en la realización de un estudio técnico, denominado Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), integrado en un Proceso de Participación Pública y en el criterio del equipo multidisciplinar de técnicos que asesoran al organismo ambiental, y que desemboca en un pronunciamiento de este organismo sobre la viabilidad del proyecto a los “sólo efectos ambientales”, mediante la denominada Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

Podemos definir “Impacto Ambiental” (IA) como la alteración que introduce en el medio la ejecución de un proyecto, expresada por la diferencia entre el cambio producido en el medio, o de alguno de los factores que lo constituyen sin y con proyecto. Este impacto ambiental implica una modificación de las características de dicho medio, modificación de sus valores o meritos de conservación y valoración de dichas modificaciones para la salud y bienestar humano.

Este procedimiento administrativo, según el grado de afección previsto puede seguir varios caminos según los cuales el grado de análisis de los impactos es más o menos detallado.

La EIA es un proceso de análisis más o menos largo y complejo, encaminado a que los agentes implicados formen un juicio previo, lo más objetivo posible sobre los efectos ambientales de una actividad humana prevista (proyecto) y sobre las posibilidades de evitarlos, reducirlos a niveles aceptables o compensarlos. Por ello, se aplica en fase de anteproyecto y no a proyectos realizados o en fase de explotación, constituyendo un instrumento de prevención.

El contenido y alcance de la EIA y en concreto del EsIA (Figura IV-22b) es el siguiente:

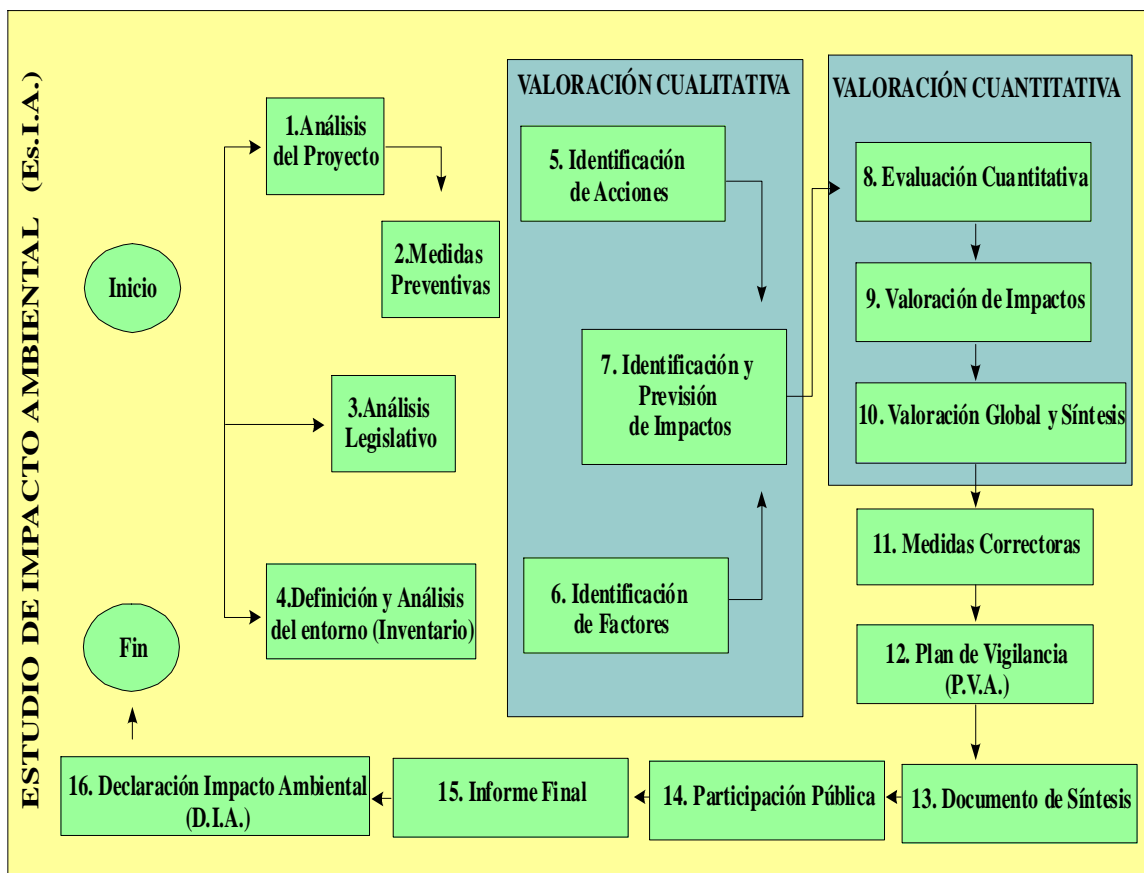


Figura IV-22b. Etapas del EsIA, dentro del procedimiento de EIA. (Modificada de Duarte, 2000).

Análisis y Descripción del Proyecto (1). Se analiza en este apartado la situación del proyecto en el contexto (grado de cumplimiento de la legislación vigente sobre espacios protegidos, vertidos, etc., adaptación del proyecto a los planes y directrices locales, regionales, nacionales y europeas, localización geográfica, etc.); teniendo en cuenta la descripción física del proyecto (tecnologías ecológicas, insumos - agua, energía, materias primas- su relación con la zona, productos y emisiones, maquinaria, mano de obra, etc.), identificando las acciones susceptibles de provocar impactos (mediante fases -construcción, explotación o funcionamiento y abandono-restauración) y establecimiento de las medidas correctoras potenciales en fase de anteproyecto, a partir de los objetivos del proyecto y sus alternativas (posibles construcciones, plantas de tratamiento, ubicación de infraestructuras, etc.).

Medidas Preventivas y Alternativas (2). Se realiza un examen de las alternativas técnicas y, económicas, ambientalmente viables y se justifica una de ellas, estableciendo ya medidas de prevención en algunos procesos y acciones del proyecto.

Análisis legislativo (3). Se analizan las diferentes normativas (local, sectorial, municipal, provincial, nacional y europea) por factores (paisaje, suelo, agua, residuos, etc.).

Definición y análisis del entorno (4). En este apartado en primer lugar se define el entorno del proyecto, entendido éste como el área espacial que interacciona con el proyecto en términos de entradas (recursos, mano de obra, espacio, etc.) y de salidas (productos, efluentes, empleo, etc.) y por ello, constituye el radio de acción generador de condicionantes y receptor de efectos, así como predictor de oportunidades según las características del medio.

Estas características se evalúan con el análisis del inventario ambiental del sector de ubicación y del radio de afección del proyecto, describiendo las interacciones ambientales claves. Se describe el entorno mediante un análisis del medio abiótico (clima, geomorfología, litología, hidrología,

edafología y procesos activos), medio biótico (fauna y vegetación), medio perceptual (paisaje) y medio socioeconómico (infraestructuras, empleo, patrimonio cultural...). A partir del estudio de este inventario, se determina el ámbito geográfico del entorno del proyecto, correspondiendo a la extensión de las interacciones. Este estudio se realiza teniendo en cuenta las interacciones antes del proyecto (usos actuales), delimitando espacialmente (cartografía temática) el inventario y estimando las condiciones del entorno con el proyecto en funcionamiento.

Identificación de Acciones (5). En esta etapa se diferencian los distintos elementos del proyecto o partes en las que se puede desmembrar (fases de construcción, explotación o funcionamiento y abandono-restauración) para detectar mejor las acciones que provocan impactos. Estas acciones se determinan, en la medida de lo posible, cuantitativamente estableciendo su magnitud (superficie afectada, volumen de residuos, etc.), el flujo (caudal de vertidos, flujo de vehículos, personas, etc.), las coordenadas de la localización espacial y el momento en que se produce cada acción.

Para la identificación de estas acciones se pueden utilizar diversos instrumentos (listas de chequeo, consulta a paneles de expertos -método delphi-, escenarios comparados, matrices generales de relación causa-efecto, matrices de interacción, etc.). Las acciones seleccionadas deben ser significativas, independientes (para evitar duplicidad), ajustarse a la realidad del proyecto y siempre que sea posible, medibles o cuantificables.

Identificación de Factores (6). A partir del inventario ambiental y su cartografía temática asociada, se establecen los diferentes elementos naturales y su caracterización espacial. De esta forma, se determinan los factores del proyecto susceptibles de ser afectados, por ejemplo: cauces cercanos a balsas de lixiviados, puntos de patrimonio geológico cercanos a áreas de extracción, etc.

Valoración Cualitativa: Identificación y Previsión de Impactos (7). Tal como hemos visto en los puntos anteriores, a partir del análisis de la descripción del proyecto

técnico (punto 1) y del inventario ambiental (punto 4), se determinan por un lado las acciones del proyecto (punto 5) que son susceptibles de provocar impactos, y por otro lado los factores del proyecto susceptibles de ser afectados (punto 6). Mediante una matriz de doble entrada se cruzan estas acciones y factores para establecer los efectos positivos o negativos (impactos), estableciendo la influencia (impactos simples, primarios, secundarios, directos, indirectos, etc.) desde que se genera la acción hasta que llega su influencia al medio natural y al hombre. En este apartado se establecen los valores cualitativos de cada cruce determinando el grado de afección, importancia e incidencia de cada impacto negativo, a partir de una serie de atributos (intensidad, persistencia, reversibilidad...). En la valoración cualitativa, no se dispone de una unidad de medida, por esta razón cuando se dispone de criterios objetivos de valoración se emplean escalas de proporcionalidad y cuando no, para eliminar la subjetividad, se recurre a la estimación de un panel de expertos.

Valoración Cuantitativa de Impactos (8-9-10). En base a los diferentes impactos valorados cualitativamente (punto 7) se establece una valoración cuantitativa ponderada de los cruces de mayor importancia, denominados “banderas rojas”, estableciendo su valoración cuantitativa mediante una métrica convencional (m^2 , ppm, %, etc.). Posteriormente se procede a su valoración global y síntesis o enjuiciamiento final, para lo cual se utilizan funciones de transformación que permitan transformar unidades inconmensurables a unidades conmensurables de calidad ambiental, que reflejan la magnitud del impacto.

En las funciones de transformación se tienen en cuenta, como en cualquier diagnóstico, una descripción del estado inicial (estado cero), una interpretación de este estado a la luz de las causas históricas que lo han propiciado, una predicción de su evolución “sin” proyecto (SP) y una valoración ambiental de la situación actual y de su evolución en situación “con” proyecto (CP). En ocasiones se acompaña a este diagnóstico un análisis de la aceptación

y/o conflictividad social generada por el anteproyecto.

En ocasiones, se realizan diagnósticos ambientales sobre la influencia de determinados proyectos sobre un factor concreto, por ejemplo, un diagnóstico ambiental previo a la autorización ambiental por parte de un Ayuntamiento sobre la incidencia de la ubicación de una explotación ganadera sobre la calidad del agua de un cauce cercano a la actividad, realizándose en fase de anteproyecto y siendo vinculante. Para ello se analizan, ponderan y valoran las diferentes acciones sobre un solo factor, es decir, se analiza y realiza el sumatorio de una sola fila o factor de la matriz de impactos.

Finalmente indicar que la normativa de EIA establece la obligatoriedad de la valoración cuantitativa a proyectos cuya incidencia medioambiental es notable (EsIA ordinarios) y tan sólo la valoración cualitativa a aquellos proyectos con incidencia media-baja (EsIA simplificados).

Medidas Correctoras: Medidas Preventivas, Correctoras y/o Compensatorias (11). En este apartado se establecen las posibles medidas preventivas, algunas de las cuales se han desarrollado en la fase de anteproyecto y otras en la viabilidad de las alternativas. Los impactos generados por acciones del proyecto, que no se eliminan con medidas protectoras o preventivas, pueden anularse o sustituirse por otras acciones (cambios en maquinaria, procesos, etc.). En el caso de que la acción no se pueda eliminar ni sustituir, se establecen una serie de medidas correctoras que atenúen el impacto por debajo de un determinado umbral, a partir del cual no es asumible; y además se toman una serie de medidas dirigidas a compensar los efectos generados (medidas compensatorias, proyectos de restauración, etc.).

Mediante ese apartado se introducen una serie de medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias tanto en el medio como en la actuación o proyecto, con el fin de corregir o compensar los efectos negativos, incrementar los efectos positivos o bien aprovechar mejor las oportunidades que brinda el medio (cartografía temática) para la localización y funcionamiento del

proyecto y de sus partes. Las medidas correctoras se pueden dirigir a:

1. La causa del impacto, en cuyo caso se incorporan al proyecto; para paliar efectos, actuando sobre el medio como “medidas curativas”.

2. Diferentes fases del desarrollo del proyecto, en cuyo caso se pueden aplicar en el propio diseño, en la fase de construcción de la obra o en la fase de funcionamiento.

Es conveniente por lo tanto, diferenciar en este apartado, entre:

1. Medidas dirigidas a mejorar el diseño, la ejecución y el funcionamiento de la actuación.

2. Medidas dirigidas a aumentar la capacidad receptiva o de “resiliencia” del medio.

3. Medidas dirigidas a compensar impactos inevitables.

Plan de Vigilancia (12). Se establece un plan que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias, así como los umbrales de los diferentes efectos a tener en cuenta en las mediciones, ensayos, etc. En este apartado se determinan las diferentes administraciones competentes en cada materia susceptible de ser afectada por el proyecto, por ejemplo en la fase de construcción la aparición de restos arqueológicos, paleontológicos, avifauna accidentada, etc.; supone la paralización y aviso a la Consejería de Cultura, Consejería de Educación, Servicio de Patrimonio Natural, SEPRONA, etc.

Los objetivos del Plan de Vigilancia Ambiental (PVA), son que la actividad se realice según proyecto y determinaciones de la DIA, determinar la eficacia de las medidas de protección y determinar la exactitud y corrección de la EIA realizada.

El órgano medioambiental podrá supervisar y comprobar el grado de cumplimiento de la EIA, y el órgano sustantivo el del proyecto técnico. En el supuesto de no haber cumplido las determinaciones indicadas por dichos órganos se podrá paralizar la actividad.

Documento de Síntesis, Participación Pública, Informe Final y DIA (13-14-15-16). Una vez concluido el EsIA, se realiza un resumen denominado “documento de síntesis” -13-, que incluye las conclusiones de la viabilidad de las actuaciones, el examen y elección de las alternativas planteadas, los impactos principales y probables que requieren mayor seguimiento, y los que no pueden evitarse así como las medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias y el PVA en las fases de construcción y explotación. La elaboración de este documento se realizará en términos asequibles a la comprensión general, pues se expondrá al público (participación pública -14-). En este documento se indicarán las dificultades informativas o técnicas que se han tenido en la elaboración del EsIA, especificando su origen y causa. La extensión de este documento de síntesis no superará las 25 páginas.

El objetivo final de toda EIA es informar a la administración pública y a la sociedad en general del coste ambiental de un proyecto determinado. La exposición pública del EsIA puede generar una serie de alegaciones, que deben indicarse en el procedimiento y resolverse según el caso. Finalmente, el órgano ambiental informa favorable o desfavorablemente (informe final -15-), a efectos ambientales, sobre la idoneidad de llevara cabo el proyecto o actividad, mediante la Declaración de Impacto Ambiental, publicándose en el boletín oficial correspondiente.

Tipos de Metodologías.

Existen gran variedad de métodos desarrollados y utilizados en el proceso de EIA. Ante la gran diversidad de clasificaciones propuestas (Esteban Bolea, 1999a y b; Canter, 1996; Leopold et al, 1971; Gómez Orea, 1999; Batelle Columbus, 1972), a continuación se agrupan los diferentes métodos según sus características propias.

Métodos Evaluativos de Primer Nivel, que identifican, predicen y describen los impactos, sin llegar a tener en cuenta alternativas. Algunos de estos métodos más utilizados en la EIA son:

- ◆ Listas de revisión, listas de chequeo o listas de referencia. Constituyen listados de acciones y factores característicos para cada tipología de proyecto. Pueden ser simples (factores y acciones), descriptivas (indican efectos sobre el medio), de verificación y escala (son listas descriptivas pero con una escala subjetiva de valoración de los efectos), o listas de verificación, escala y ponderación (son iguales a las anteriores pero con ponderación de los factores en las escalas de valoración).
- ◆ Diagramas de redes. Constituye un diagrama gráfico donde se resaltan las interacciones entre componentes ambientales, estableciendo su relación causa-efecto. Este grupo de métodos definen las conexiones o relaciones entre acciones proyectadas e impactos resultantes. Pueden ser de varios tipos: árboles de impactos, diagramas causa-efecto, diagrama de consecuencias.

Métodos Evaluativos de Segundo Nivel, los cuales ya tienen en cuenta la selección de alternativas y la valoración de impactos, existiendo dos categorías según el grado de complejidad:

1. De 1° Grado: tienen en cuenta la toma de selección de alternativas y valoran cualitativamente y cuantitativamente los impactos. Los métodos más utilizados de este grupo son:

- La matriz de Impactos, siendo una de las más utilizadas la matriz de Leopold (Leopold et al, 1971) elaborada para el servicio geológico de EEUU. Constituyen matrices de doble entrada donde se cruzan los factores y las acciones de un proyecto, estableciendo la importancia y magnitud de los impactos. (Figura IV-23). Un tipo de matriz es la llamada: Matriz de Interacción entre Componentes -MIC-, donde las matrices se transforman en matrices matemáticas numéricas de filas por columnas, multiplicándose y generando matrices de 1ª, 2ª... generación o orden, que muestran los efectos primarios, secundarios, etc.
- Métodos basados en Sistemas Cartográficos. Uno de los más conocidos y utilizados es el método de

las transparencias, de Mc. Harg. Es un método que superpone sobre el área de estudio capas temáticas de información, transparencias, una para cada factor del medio (litología, geomorfología, vegetación, etc.). Cada transparencia presenta códigos de color cuya graduación muestra la mayor o menor magnitud del impacto en cada factor, identificado por su color.

Actualmente el avance de las técnicas SIG permite cruzar eficazmente la información cartográfica espacial, para definir el grado de afección de diferentes proyectos y acciones en el medio natural, resultando un método preventivo al poder generar modelos de elevación digital útiles en el cálculo de volúmenes, ubicación de estructuras, cálculo de pendientes, etc. Además se puede alimentar el sistema de información digital mediante el procesado y tratamiento de imágenes de satélite multitemporales, especialmente útiles para el PVA. Hay otros métodos similares como son el método de Tricart para sistemas dinámicos donde el inventario ambiental se encamina hacia procesos activos (deslizamientos, desprendimientos, etc.), el método de Falqué, más dedicado al análisis ecológico, o el método Galletta, que aprovecha las operaciones de simulación para comparar la calidad inicial del medio natural y la diferencia, mediante cartografía digital, estableciendo el impacto real de cada alternativa.

2. De 2° Grado: constituyen métodos que caracterizan y profundizan más en la ponderación de los impactos, teniendo en cuenta la capacidad de acogida del territorio. Establecen la valoración del impacto neto a partir del grado de impacto, definido por la importancia y la magnitud del efecto y cuantificando la diferencia entre la situación sin proyecto y con proyecto. Los más destacados son:

- El método de Batelle-Columbus. Cuantifica el impacto global de un proyecto o actividad a partir de indicadores ponderados para cada factor afectado, estableciendo las diferencias ambientales entre el estado

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	
A.1 TIERRA	
a. Recursos minerales	d. Geomorfología
b. Material de construcción	e. Campos magnéticos y radiactividad de fondo
c. Suelos	f. Factores físicos singulares
A.2 AGUA	
a. Superficiales	e. Temperatura
b. Mannas	f. Recarga
c. Subterráneas	g. Nieve, hielos y heladas
d. Calidad	
A.3 ATMÓSFERA	
a. Calidad (gases, partículas)	c. Temperatura
b. Clima (micro, macro)	
A.4 PROCESOS	
a. Inundaciones	e. Sorción (intercambio de iones, complejos)
b. Erosión	f. Compactación y asentamientos
c. Deposition (sedimentación y precipitación)	g. Estabilidad
d. Solución	h. Sismología (terremotos)
	i. Movimientos de aire
B. CONDICIONES BIOLÓGICAS	
B.1 FLORA	
a. Árboles	f. Plantas acuáticas
b. Arbustos	g. Especies en peligro
c. Hierbas	h. Barreras, obstáculos
d. Cosechas	i. Corredores
e. Microflora	
B.2 FAUNA	
a. Aves	f. Microfauna
b. Animales terrestres, incluso reptiles	g. Especies en peligro
c. Peces y mariscos	h. Barreras
d. Organismos bentónicos	i. Corredores
e. Insectos	
C. FACTORES CULTURALES	
C.1 USOS DEL TERRITORIO	
a. Espacios abiertos y salvajes	f. Zona residencial
b. Zonas húmedas	g. Zona comercial
c. Silvicultura	h. Zona industrial
d. Pastos	i. Minas y canteras
e. Agricultura	
C.2 RECREATIVOS	
a. Caza	e. Camping
b. Pesca	f. Excursión
c. Navegación	g. Zonas de recreo
d. Zona de baño	
C.3 ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	
a. Vistas panorámicas y paisajes	f. Parques y reservas
b. Naturaleza	g. Monumentos
c. Espacios abiertos	h. Especies o ecosistemas especiales
d. Paisajes	i. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
e. Agentes físicos singulares	j. Desarmonías
C.4 NIVEL CULTURAL	
a. Modelos culturales (estilos de vida)	c. Empleo
b. Salud y seguridad	d. Densidad de población
C.5 SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA	
a. Estructuras	d. Disposición de residuos
b. Red de transportes (movimiento, accesos)	e. Barreras
c. Red de servicios	f. Corredores
D. RELACIONES ECOLÓGICAS	
a. Salinización de recursos hidráulicos	e. Salinización de suelos
b. Eutrofización	f. Invasión de maleza
c. Vectores, insectos y enfermedades	g. Otros
d. Cadenas alimentarias	
E. OTROS	

A. MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN:	
a) Introducción de flora y fauna exótica	g) Control del río y modificación del flujo
b) Controles biológicos	h) Canalización
c) Modificación del hábitat	i) Riego
d) Alteración de la cubierta terrestre	j) Modificación del clima
e) Alteración de la hidrología	k) Incendios
f) Alteración del drenaje	l) Superficie o pavimento
	m) Ruido y vibraciones
B. TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN:	
a) Urbanización	k) Revestimiento de canales
b) Emplazamientos industriales y edificio	l) Canales
c) Aeropuertos	m) Presas y embalses
d) Autopistas y puentes	n) Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales marítimas
e) Carreteras y caminos	o) Estructuras en alta mar
f) Vías férreas	p) Estructuras recreacionales
g) Cables y elevadores	q) Voladuras y perforaciones
h) Líneas de transmisión, oleoductos y corredores	r) Desmontes y rellenos
i) Barreras incluyendo vallados	s) Túneles y estructuras subterráneas
j) Dragados y alineado de canales	
C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS:	
a) Voladuras y perforaciones	e) Dragados
b) Excavaciones superficiales	f) Explotación forestal
c) Excavaciones subterráneas	g) Pesca comercial y caza
d) Perforación de pozos y transporte de fluidos	
D. PROCESOS:	
a) Agricultura	h) Industria química
b) Ganaderías y pastoreo	i) Industria textil
c) Piensos	j) Automóviles y aeroplanos
d) Industrias lácteas	k) Refinerías de petróleo
e) Generación energía eléctrica	l) Alimentación
f) Minería	m) Herrerías (explotación de maderas)
g) Metalurgia	n) Celulosa y papel
	o) Almacenamiento de productos
E. ALTERACIONES DEL TERRENO:	
a) Control de la erosión, cultivo en terrazas o bancales	d) Paisaje
b) Sellado de minas y control de residuos	e) Dragado de puertos
c) Rehabilitación de minas a cielo abierto	f) Aterramientos y drenajes
F. RECURSOS RENOVABLES:	
a) Repoblación forestal	c) Recarga aguas subterráneas
b) Gestión y control vida natural	d) Fertilización
	e) Reciclado de residuos
G. CAMBIOS EN TRÁFICO:	
a) Ferrocarril	g) Deportes náuticos
b) Automóvil	h) Caminos
c) Camiones	i) Telecables, telecabinas, etc.
d) Barcos	j) Comunicaciones
e) Aviones	k) Oleoductos
f) Tráfico fluvial	
H. SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	
a) Vertidos en mar abierto	h) Vertido de aguas de refrigeración
b) Vertedero	i) Vertido de residuos urbanos
c) Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros	j) Vertido de efluentes líquidos
d) Almacenamiento subterráneo	k) Balsas de estabilización y oxidación
e) Disposición de chatarra	l) Tanques y fosas sépticas, comerciales y domésticas
f) Derrames en pozos de petróleo	m) Emisión de corrientes residuales a la atmósfera
g) Disposición en pozos profundos	n) Lubricantes o aceites usados
I. TRATAMIENTO QUÍMICO:	
a) Fertilización	c) Estabilización química del suelo
b) Descongelación química de autopistas, etc.	d) Control de maleza y vegetación terrestre
	e) Pesticidas
J. ACCIDENTES:	
a) Explosiones	c) Fallos de funcionamiento
b) Escapes y fugas	
K. OTROS:	
a)...	..b).

Figura IV-23. Lista de Factores (izquierda) y acciones (derecha) de la Matriz de Leopold. (García Leyton, 2004).

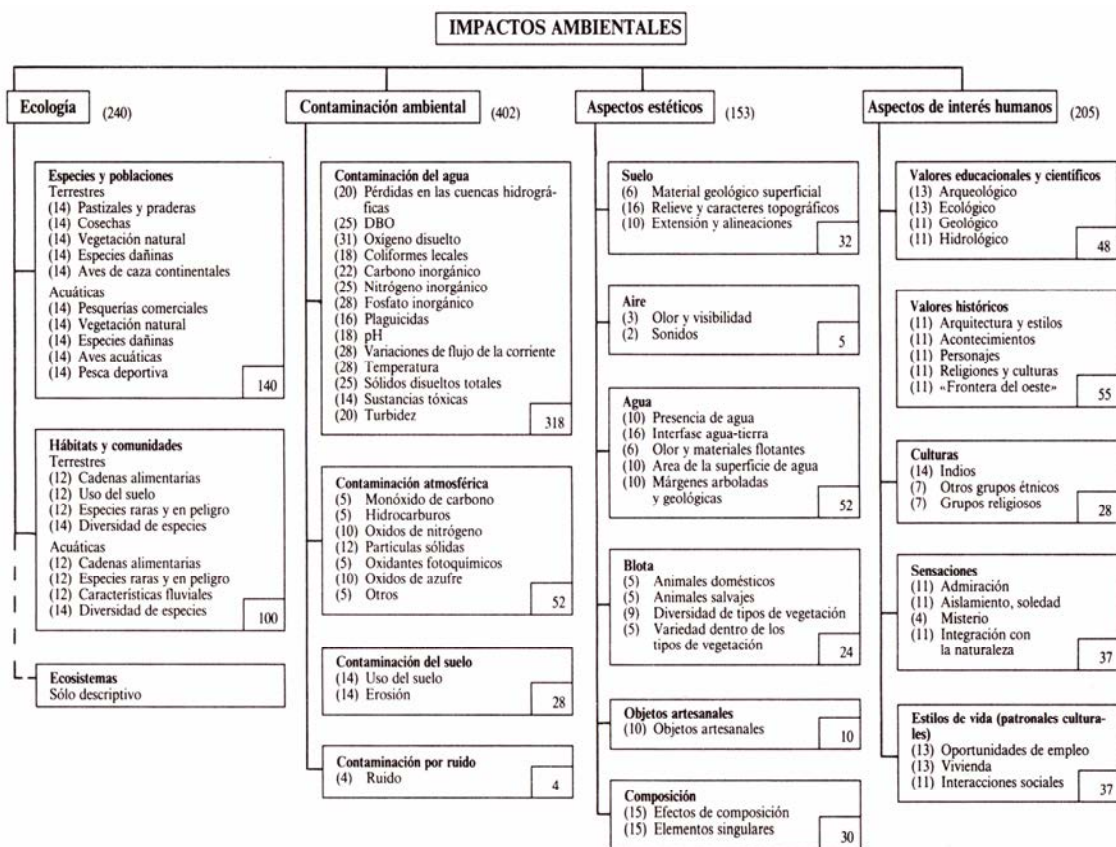


Figura IV-24. Sistema de Evaluación Ambiental de Batelle-Columbus mostrando los parámetros y su ponderación. (Conesa Fernández, 1997).

inicial y final, sin proyecto y con proyecto, en base a funciones de transformación, determinando la calidad ambiental y el valor del impacto neto. (Figura IV-24).

- Índices agregados de impacto. Constituye una variante del método anterior, donde se valoran las unidades ambientales según cada indicador, pero al no ser homogéneas, se utiliza un factor de homogenización para relacionar las magnitudes entre indicadores y así determinar el peso de cada indicador.
- Análisis energético. Constituye un método que valora el grado de afección de un proyecto en términos de energía, siendo ésta un factor limitante de cualquier actuación humana. Determina las consecuencias energéticas de cada alternativa en términos de ganancias o pérdidas.

La metodología utilizada en nuestro análisis es diversa. En primer lugar se elab-

boran listas de chequeo para cada proyecto, identificando los impactos mediante matrices de doble entrada, cruzando los factores del medio con las acciones del proyecto susceptibles de provocar impactos.

En segundo lugar, las alternativas y descripción de la importancia y magnitud de los impactos se han analizado mediante métodos cartográficos de superposición de transparencias, ya que al tener toda la información cartográfica digitalizada nos permite fácilmente superponer las diferentes capas. Esta metodología ha sido particularmente útil para el análisis de la actitud del territorio para los diversos usos, en base a la matriz de compatibilidad y al Mapa de Calidad para la Conservación y utilizando el método de Batelle-Columbus, valorando cuantitativamente algunos parámetros mediante funciones de transformación, a partir del análisis de la situación con proyecto (CP) y sin proyecto (SP).

IV_{2.3} Los Impactos Ambientales en los ENP de “Las Batuecas-S de Francia”, “Quilamas” y zona de influencia.

El análisis de los impactos en la zona de estudio se ha realizado en una serie de fases. En la primera se ha identificado mediante trabajo de campo, las diferentes actividades y actuaciones antrópicas.

En este trabajo de campo se han realizado reportajes fotográficos de los diferentes sectores de estudio, se identifican procesos activos, y valoran cualitativamente la calidad paisajística. Para el trabajo de campo se ha elaborado una ficha de campo o lista de chequeo (Figura IV-25).

Posteriormente, se ha procedido a elaborar a nivel general, la cartografía de identificación de actividades susceptibles de provocar impactos ambientales, denominada por algunos autores “de riesgos

tecnológicos”, clasificándolos en puntuales, lineales y zonales o areales. (Figura IV-26).

La cartografía de identificación de actividades antrópicas susceptibles de provocar impactos, muestra actividades agrícolas (cultivos) y ganaderas en la periferia de los espacios naturales de Las Batuecas y Quilamas, gran número de canteras inactivas, parcialmente restauradas algunas y otras en estado de abandono, en el espacio natural de Quilamas, fundamentalmente de calizas, y en Las Batuecas-S. de Francia, de granito, cuarcita armoricana y pizarras-esquistos. Actualmente no hay ninguna activa dentro de dichos espacios.

Un elemento que provoca impacto paisajístico son los tendidos eléctricos en el espacio de Las Batuecas, mientras que en Quilamas no afecta ya que su trazado bordea el límite este del espacio natural.

Ficha	Fuente Información:	Nombre Lugar/Pueblo.
Punto	Guardia Civil	
Coordenadas UTM.	Administración	
Mapa Topográfico Nº:	Otros.	
Aguas: ETAP. EDAR. Pozos/Sondeos/Manantiales. Zonas Inundables. Contaminación: Química (color, espuma...) Física (T°...) Biológica (Eutrofización...)	Suelos: Tipología (% arena/arcilla/grava). Contaminantes: (Purines, aceites, escorias...) Erosión. Otros.	Paisaje: Visibilidad (Cuenca Visual). Calidad Visual (pais. Degradados...) Fragilidad. Distancias Núcleos urbanos.
Residuos: Vertederos Controlados. Vertederos Incontrolados. Acopios varios/Escombreras. Zonas Incineración Residuos.	Relieve: Morfología (valle, ladera...) Otros.	Empresas: InLA. EsLA. AMA. SGMA.
Geología: Sustrato Litológico. Fracturación / Diaclasado. Permeabilidad. Compactación/Cementación.	Energías renovables: Parques eólicos. Placas Solares. Minitranciales Hidráulicas. Otros.	
Socioeconómico: Nº Habitantes. Toponimias habitual/ Cementerios.		
Recursos Minerales: Canteras Activas/Minas. Canteras Abandonadas. Graveras. Otros.		
Ing. Civil: Infra. lineales: Tendidos eléctricos/ Abastecimiento Aguas./ Dep. Agua. Carreteras/Pistas Forestales/Est. Eski. Gasoductos. Ferrocarril. Otros.		
Patrimonio Cultural: Edificaciones (Castillos...) Puentes (romanos...) Otros.		
Industrias: Situación. Tipología: Agrarias. Madereras. Químicas. Textiles. Cárnicas.		
Recursos Bioticos: Repoblaciones Forestales. Incendios/ Sup. Afectada. Estación anual aprox. Cortafuegos. Cotos de Caza/Pesca. Tipología de Cultivos.		
Puntos Singulares: Lugares de Interés Natural. Áreas Recreativas. Actividades recreo. Miradores/ Campings.		
Vertidos: Tipología (industriales, pesticidas, aceites...).		
Atmósfera: Ruido/ Olores/polvo...		
Riesgos: Desprendimientos. Deslizamientos. Otros.		
Vegetación: Densidad/Diversidad. Endemismos.		
Fauna: Especies/Diversidad. Abundancia/Conocidas.		
		CROQUIS SITUACION
FECHA.	Nº FOTOGRAFÍAS	
TRAYECTO RECORRIDO.		

Figura IV-25. Lista de Chequeo para trabajo de campo.

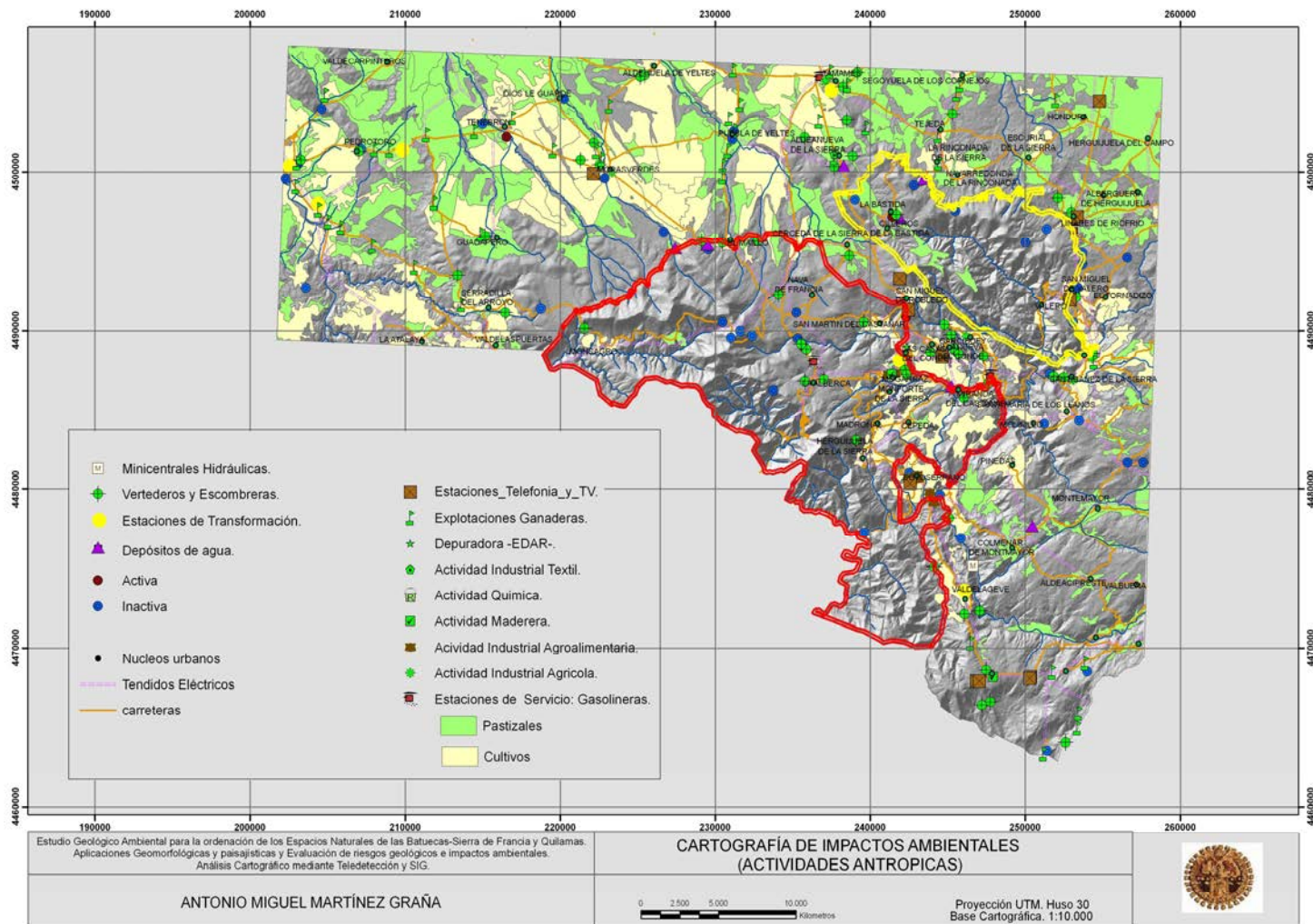


Figura IV-26. Cartografía de Identificación de Impactos Ambientales.

Uno de los mayores impactos ambientales generados es la abundante presencia de escombreras y vertederos (Figura IV- 27 fotos izq. y centro), dispersos por toda la zona de estudio, incluyendo el interior de los espacios naturales. Otra afección sobre el paisaje, muy dispersa pero importante a nivel puntual, es la presencia de estaciones de repetición y TV, de transformación eléctrica y torretas de telefonía móvil. (Figura IV- 27 foto dcha.).

Las explotaciones ganaderas se distribuyen cercanas a las carreteras, algunas a una distancia prudencial de los cascos urbanos y otras demasiado cercanas lo que no evita molestias en la población (olores, ruidos...). (Figura IV- 28 foto centro).

Las actividades industriales (madereras, textiles, agroalimentarias -fabricas de piensos, mataderos...-) y ganaderas se concentran en el interior o en la periferia de los cascos urbanos con acopios de residuos orgánicos, con infraestructuras lineales (Figura IV- 28 fotos izq. y dcha.).

En base a esta identificación se han definido los impactos, generando la Cartografía de Caracterización de Impactos Ambientales (Figura IV-29), Esta cartografía determina el grado de afección y los factores afectados. Dado que los impactos pueden afectar al patrimonio y originar riesgos, se ha señalado también el patrimonio natural y cultural observado y los procesos activos. Esta cartografía valora cualitativamente la incidencia de las diferentes actividades sobre los factores del medio, así como su grado de afección o magnitud de dicha afección.

Los factores afectados por los diferentes residuos industriales, son el agua, el suelo y la atmósfera, al influir en la calidad del aire (olores, ruidos y polvo...). La presencia de algunos vertederos controlados como el de Tamames, favorece la minimización de gran parte de residuos inertes, mediante incineración con recuperación energética, por el aprovechamiento del metano y el proceso de cogeneración.

La deforestación es en algunos sectores, un factor a tener en cuenta; debido a la merma que produce en la capacidad del suelo para retener el agua y favorecer las escorrentías superficiales y los graves procesos erosivos. Este impacto afecta al suelo y vegetación, aunque su extensión es pequeña. Las actividades industriales (madereras, gasolineras, textiles, talleres mecánicos...) constituyen pequeños productores de residuos peligrosos que si no se realiza una recogida selectiva o la impermeabilización del vertedero donde se depositen, los lixiviados generados pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas y los suelos.

La minería es una actividad que en su conjunto genera gran cantidad de impactos sobre el entorno en el que se desarrolla. Las actividades extractivas, presentan afección al entorno atmosférico por sus emisiones de partículas en suspensión (polvo) y ruidos de la propia actividad extractiva (retro-excavadoras, camiones de gran tonelaje, explosivos...). Además genera un gran volumen de Residuos Sólidos Industriales (RSI). Estos residuos comprenden: sedimentos para recubrimientos, estériles de mina, restos de instalaciones en desuso, escombreras y diques estériles. Estos acopios de materiales, modifican el entorno, cuando los volúmenes de extracción son importantes; como la minería romana de El Cabaco. La modificación perceptual puede ser una alteración grave, ya que se generan formas topográficas nuevas (existencia de huecos de extracción), perfilados del terreno antrópicos.

Los lixiviados de las plantas de tratamientos y balsas de decantación son un impacto a tener en cuenta ya que su tratamiento y gestión va directamente relacionada con la calidad de las aguas cercanas. Existen graveras dispersas en Morasverdes con presencia de huecos y residuos abandonados sin restaurar, también en las cercanías de Tamames, instalaciones abandonadas en las cercanías de La Alberca, Dios Le Guarde (Figura IV-30) próximas a la laguna de San Marcos. Las actividades extractivas afectan a la geomorfología, agua, suelo, paisaje y atmósfera.



Figura IV-27. Vertedero de Tamames, parcialmente sellado y actualmente en funcionamiento (Izq). Algunas zonas húmedas se degradan por el vertido incontrolado de basuras y escombros, tal como ocurre en Aldehuela de Yeltes (centro). Las torretas de telefonía móvil (Dcha) causan un gran impacto, en superficies sin apantallamiento vegetal (Tamames).



Figura IV-28. Algunas instalaciones industriales generan vertidos que van directamente a las aguas superficiales, como se aprecia en este vertido directo al cauce de un arroyo en el casco urbano de Morasverdes (Izq). Procesos de nitrificación, erosión y ausencia de vegetación en el suelo de una explotación porcina cercana a Tamames, obsérvese la fosa de purines sin impermeabilizar (centro). Infraestructuras lineales (caminos, cortafuegos) y torretas, postes y desbroces que dañan el paisaje, como se aprecia en Tamames (Dcha.).

Estudio Geológico Ambiental para la ordenación de los Espacios Naturales de Las Batuecas-S. De Francia y Quilamas.
 Aplicaciones geomorfológicas y paisajísticas y Evaluación de riesgos geológico e impactos ambientales.
 Análisis cartográfico mediante Teledetección y SIG.

MAPA DE CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES
**E.N.
 Batuecas - S. Francia
 y Quilamas.**

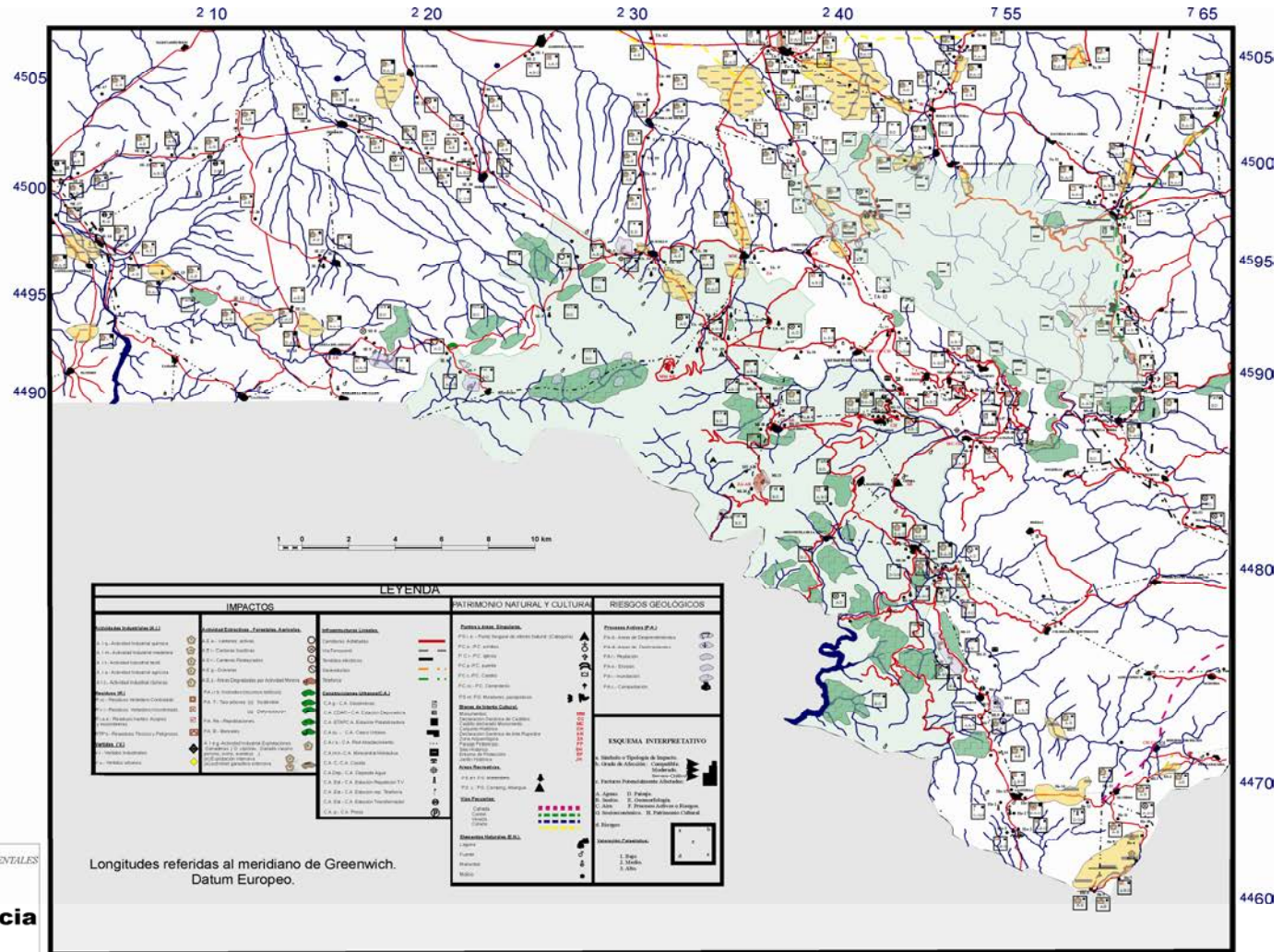


Figura IV-29. Cartografía de Caracterización de Impactos Ambientales.



Figura IV-30. El abandono de instalaciones extractivas (Izq.) y acopios de escombreras y otros residuos (Dcha.), degradan el entorno natural. Dios les Guarde.

Por otra parte, las infraestructuras civiles (carreteras, tendidos eléctricos, etc.), suelen presentar una geometría lineal, cuyos trazados destacan al proyectarlo sobre el terreno sinuoso y de distribución irregular, generando un efecto negativo paisajístico, debido al trazado rectilíneo; y un efecto barrera al fragmentar excesivamente el hábitat del medio biótico (mortalidad por atropello, aislamiento...). La minimización de estos efectos negativos pasa por analizar en fase de anteproyecto la incidencia visual, a partir de las cartografías de calidad del paisaje, fragilidad paisajística y capacidad de absorción (ver apartado II₈ Paisaje).

Igualmente la simulación de trazados de mínimo impacto, constituye una forma de prevenir el impacto, adaptando la infraestructura al entorno natural (ver apartado IV_{3.1}), sobre todo si tenemos en cuenta que algunas infraestructuras como los tendidos eléctricos, de baja, media y alta tensión; generan un impacto en el campo visual por la altura que presentan, que hace que medidas de corrección como los apantallamientos vegetales, no puedan minimizar su alteración sobre el entorno. Además generan una alta electrocución de aves. Preferiblemente las conducciones (canalizaciones hídricas) y los tendidos eléctricos y telefónicos deben ir soterrados. Las pistas, cortafuegos y caminos constituyen un medio para conservar el patrimonio natural siendo medidas preventivas de incendios (Figura IV- 31 foto Izq.), pero su número y

distribución deben ser asumibles y estar integradas.

En nuestra zona de estudio, las carreteras, constituyen una red necesaria y no muy densa; y los tendidos eléctricos en las zonas de mayor orografía están muy “mimetizados” siendo destacables en el piedemonte, sobre todo los trazados de alta tensión. (Figura IV- 31 fotos centro y dcha.).

Las actividades agrícolas están permitidas en los espacios naturales siempre que sean sostenibles, ya que constituyen un medio de vida para la población asentada en la zona rural. Impulsan el empleo en el medio rural, donde la despoblación es importante (consecuencia de la falta de empleo), y se mejora la calidad de vida. Los impactos más relevantes en estas actividades son la utilización de sustancias contaminantes. Otro impacto a tener en cuenta en las actividades agrícolas de nuestro sector, son los restos de maquinaria de hierro de grandes dimensiones (Figura IV- foto 32 izq.), los cuales se abandonan en puntos que posteriormente se convierten en vertederos incontrolados de residuos de otra tipología (Figura IV- 32 fotos centro y Dcha.). Los materiales contumaces (plásticos y cartones), acopios de tierras, etc., que proceden de las labores agrícolas, y no se gestionan adecuadamente pueden alterar el medio físico. Los factores afectados por actividades agrícolas, son los suelos y las aguas.



Figura IV-31. Los cortafuegos provocan un impacto paisajístico (Izq). Sotoserrano. Vertederos de residuos peligrosos (RP), susceptibles de provocar lixiviados, obsérvese el cableado aéreo sobre los residuos voluminosos. Tamames (centro). Tendidos eléctricos con tala que minimiza el impacto visual (Dcha.).



Figura IV-32. El utillaje agrícola se presenta en algunas zonas abandonado en el entorno, como en Rinconada de la Sierra (Izq). Las prácticas ganaderas extensivas, aprovechan las lagunas como abrevaderos naturales generando eutrofización (centro). Vertedero incontrolado en las proximidades de la carretera. San Esteban de la Sierra (Dcha.).

La ganadería, de porcino, ovino, vacuno...; es muy numerosa y dispersa. La Ley 8/1991 (BOCYL 68, 1991), de 10 de mayo, de Espacios Naturales de la Comunidad de Castilla y León, establece en su artículo 34 que los usos o actividades agrícolas, ganaderos y forestales, están permitidos siempre que sean compatibles con la protección del espacio natural, es decir, que la carga orgánica que aportan al medio sea asumible. Constituye la actividad económica principal en el desarrollo rural de los asentamientos humanos de estos espacios naturales y entorno adyacente (Morasverdes, Tenebrón, Pedrotoro, Sotoserrano, etc.). Las explotaciones ganaderas de la periferia de estos espacios naturales, generan residuos orgánicos (purines) que pueden reutilizarse para uso agrícola como corrector o enmienda del suelo. La dosis de aplicación será la contemplada en el código de buenas prácticas agrarias, teniendo en cuenta las características edáficas de cada sector, impidiendo la nitrificación del suelo por dosis excesivas. La afección de las explotaciones ganaderas es sobre el factor suelo, por su probable contaminación por purines o efectos erosivos, y factor agua (superficial y subterránea). Una medida preventiva eficaz es evitar este tipo de instalaciones en zonas vulnerables en base a cartografía temática (cartografía de vulnerabilidad de acuíferos en apartado de hidrología e hidrogeología).

Los olores generados por los propios procesos de manejo y equipamiento de la explotación o bien por los tratamientos a los residuos generados. A estos efectos, las distancias a los núcleos de población y la orientación de naves con respecto a los vientos dominantes, son medidas a tener en cuenta en fase de funcionamiento, teniendo en cuenta la Cartografía de Caracterización de Impactos (Figura IV-33).

El desarrollo sostenible desde el punto de vista energético, presenta una gran potencialidad productiva en energías renovables de tipo eólico, hidráulico y solar. El aumento del uso de energías alternativas, energías “limpias” y la menor dependencia de los carburantes fósiles, altamente contaminantes.. No obstante su presencia puede generar afecciones diferentes, sobre el paisaje, los recursos patrimoniales, etc., con lo que deben analizarse en detalle las posibles alternativas de ubicación; teniendo en cuenta los condicionantes naturales y posteriormente los económicos. Hay algunas minicentrales hidráulicas (San Martín del Castañar), donde los efectos más notables sobre el medio ambiente son las fluctuaciones bruscas del nivel de las aguas, la variación de las condiciones hidráulicas, el arrastre y sedimentación de finos para las migraciones piscícolas y por último el mantenimiento del caudal mínimo ecológico del río. Para minimizar estos impactos debe tenerse en cuenta un análisis detallado de caudales, parada de actividad en épocas de afección al caudal ecológico y tener en cuenta los procesos de sedimentación analizando previamente la geomorfología fluvial.

La *energía solar*, en la zona de estudio presenta un desarrollo mucho menor. La energía solar media de la zona es de 3.3-4.4 Kw/m²/día, con lo cual se utilizan básicamente para generar energía térmica (agua caliente) o para obtener energía fotovoltaica (energía eléctrica). Las instalaciones existentes en la zona de estudio, utilizan este tipo de energía mediante paneles son viviendas, algunos colegios y camping; así como hoteles, albergues y polideportivos. Recientemente se han implantado varios huertos solares en las proximidades del Espacio natural de Quilamas, concretamente en las cercanías de Linares de Riofrío, lo cual genera una afección perceptual puntual.

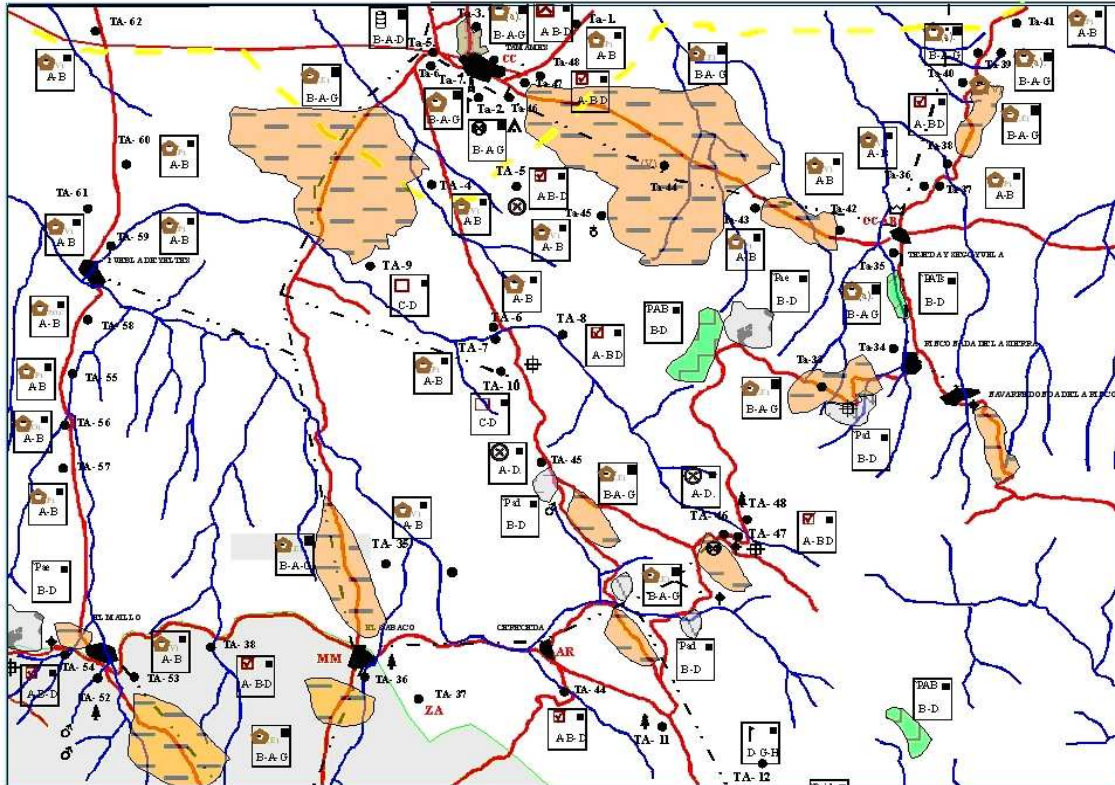


Figura IV-33. Detalle del sector de Tamames en la Cartografía de Caracterización de Impactos y Leyenda, donde se observa la incidencia de actividades ganaderas. (Ver leyenda en Figura IV-29)

IV_{2.4} Análisis del Impacto Ambiental del Parque Eólico Sierra de la Canchera”.

En este apartado se va a evaluar el impacto de la instalación de un parque eólico en la Sierra de la Canchera dentro de la zona de estudio. La metodología que vamos a seguir consiste en primer lugar en describir el proyecto técnico analizando las acciones de la actividad que tienen incidencia en el medio. Posteriormente se procede a identificar los impactos mediante una matriz de doble entrada (cruce causa-efecto) determinando los cruces a tener en cuenta. (Figura IV-34). Finalmente, se procederá a la valoración cualitativa (incidencia o importancia y magnitud) de los efectos relevantes, valorando cuantitativamente los factores abióticos realizados en este trabajo, cuando el efecto generado es importante (Ayala Carcedo, 1991, Ayala Carcedo y col., 1996, Conesa, 1997, Gómez Orea, 1998, Esteban Bolea, 1984). Estos impactos finales se agrupan en varias categorías: severo-críticos, modera-

dos y/o compatibles, estableciendo una serie de medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias y su plan de vigilancia ambiental.

FACTORES DEL MEDIO	ACCIONES DE LA ACTIVIDAD					
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
F ₁						
F ₂						
F ₃						
F ₄						

Figura IV-34. Matriz de doble entrada (acción x factor).

Este análisis de Impacto Ambiental, tiene por objeto exponer los posibles impactos derivados de la transformación o cambio de uso de suelo rústico en suelo urbanizable con el fin de convertirlo en parque eólico. El parque eólico se sitúa en el término municipal de Monsagro en la provincia de Salamanca con el límite de la provincia de Cáceres, en la Sierra de la Canchera.

El parque eólico representa un beneficio para el tejido industrial del municipio, pero la construcción de estas infraestructuras trae consigo impactos sobre la calidad en el Paisaje y generación de efectos propios de dicha actividad. Por todo ello se deben de regular y analizar las implicaciones que llevan consigo, estas actividades, haciendo un estudio de sus efectos, así como dando soluciones en las afecciones generadas.

El desarrollo sostenible trata de que seamos capaces de explotar los recursos naturales por debajo de su tasa de renovación, utilizar el territorio de acuerdo con la capacidad de acogida, e incorporaremos materiales al medio por debajo de su capacidad de asimilación y que su uso suponga los mínimos impactos, así se estará haciendo un uso ambientalmente integrado del medio sin tener que frenar el desarrollo económico.

Dentro de la obtención de energías las energías renovables cumplen estos requisitos y la eólica, por su gran desarrollo, sus costes y su carácter limpio e inagotable, tiene un alto potencial de aplicación, como recurso energético, en aquellas áreas que cuentan con viento que de viabilidad técnica.

La Junta de Castilla y León, establece como zonas de desarrollo eólico la Sierra de La Canchera en la Sierra de la Peña de Francia y las Sierras de Béjar y Candelario, quedando excluidas la Peña de Francia y la Sierra de Gata. Este Plan eólico establece un dictamen medioambiental favorable, para una alternativa sostenible (instalación de parques eólicos hasta 60 MW), en las Sierras de Candelario - Bejar (2 parques, 15 MW); y en la Sierra de La Canchera en la Peña de Francia (4 áreas, 30MW).

La posible implantación del Parque Eólico sería en la Sierra de la Canchera en el término municipal de Monsagro, sobre la cuerda elegida de 1320 m. con dirección NE-SW y altitud media 1.272 m, donde se instalarán 12 aerogeneradores, nos lleva a realizar un análisis de impactos con el fin de evaluar su viabilidad.

Los efectos medioambientales a destacar, en un parque eólico (aerogeneradores e instalaciones, viales y tendidos eléctricos) son la alteración paisajística; los procesos

de erosión y la mortalidad de avifauna. La minimización de impactos pasa por evitar rutas migratorias, análisis geomorfológico-hidrologico-pluviométrico, así como la variación de formas, colores y disposición de los molinos. Otro efecto es el ruido, tanto aerodinámico (movimiento de palas) como mecánico (procedente del generador).

Descripción del proyecto.

En este apartado se resumen y describen los procesos e instalaciones necesarias, que puedan tener incidencia ambiental en la ejecución del parque eólico.

El parque eólico previsto presenta las características básicas siguientes:

Potencia nominal del Parque: 10,2 MW

Distribución de la potencia: 12 aerogeneradores de 850 kW

Accesos: longitud total de 1.590 m de camino, de los cuales 1.010 m son de camino existente modificado.

Evacuación: Mediante línea de 20 kv enterrada por zanja paralela al camino de acceso al parque hasta Subestación.

Subestación: Situada en el punto de entronque previsto con la línea de 132 kv existente.

La relación de transformación será de 20/132 kv y la capacidad de 11 MW.

El Parque Eólico Sierra de La Canchera contará con una potencia instalada máxima de 10,2 MW, proporcionada por 12 aerogeneradores de 850 kW de potencia nominal situados en la cuerda de la Sierra de la Canchera. Los aerogeneradores se encuentran separados entre sí, dentro de la misma alineación, de 110 a 150 m según la orientación de la línea a los vientos dominantes. Se encontrarán unidos entre sí por un camino o vial interior, así como por una línea eléctrica de media tensión enterrada en una zanja que discurrirá paralela al anterior camino.

La evacuación de la energía producida por los aerogeneradores tendrá lugar a través de la anterior línea enterrada de media tensión, 20 kv, que se prolongará paralela al camino de acceso al parque hasta alcanzar la subestación de transformación situada al lado de la línea aérea existente de 132 kv.

La superficie de terreno ocupada por un aerogenerador, además de la zapata de anclaje (10x10 m), será la correspondiente a la plataforma (15 m de radio con centro en el aerogenerador) necesaria para montaje y mantenimiento del parque. Esta plataforma, tras recubrir las zapatas, se realiza con el propio terreno existente: nivelado y compactado. Solo queda visible al lado del aerogenerador la tapa de la arqueta eléctrica de registro de 0'8 m de diámetro.

El parque eólico proyectado constará de las siguientes partes:

1. Aerogeneradores:

- 12 aerogeneradores marca Gamesa o similar modelo G-52. Sus características principales son las siguientes:
- Aerogenerador G-52/850 de potencia nominal de 850 kW

- Altura de buje de 55 m.
- Rotor tripala $\varnothing = 52$ m. (Área de barrido = 2.124 m²)
- Longitud de pala = 25,3 m.
- Torre metálica troncocónica modular de 3 secciones, con diámetro inf.=3,3m.
- Regulación de paso variable.
- Generador asíncrono doblemente alimentado.
- Tensión de salida 690 V, trifásico 50 Hz, 4 polos.
- Clase de protección IP 54
- Transformador incluido en la propia torre
- Sistema de orientación activo
- Nivel de ruido menor de 100 dB.
- Compensación de energía reactiva.

Las características generales de los aerogeneradores son:

El aerogenerador está constituido por una turbina, un multiplicador, un generador eléctrico y otros elementos de control situados en lo alto de una torre cónica de acero de 55 m. de altura. En el interior de la torre, en la base, se incluye un centro de transformación de baja tensión a 20 kv. La torre está cimentada sobre una zapata de hormigón armado.

El aerogenerador tienen el rotor situado a barlovento, con un diámetro de 52 m. Se están imponiendo las máquinas de paso variable controlado por un microprocesador, regulación electrónica de la potencia de salida, sistema activo de orientación y generadores asíncronos de doble alimentación.

El rotor está constituido por tres palas aerodinámicas y construidas con materiales aligerados tipo resinas Epoxy, fibra de vidrio, y un buje central de fundición protegido por una cubierta de fibra de vidrio.

La regulación de potencia viene determinada por el paso variable de las palas y por la regulación de la velocidad del generador controlado por un microprocesador.

El buje se une al multiplicador a través del eje principal preparados para absorber los esfuerzos axial y radial del rotor.

Desde el multiplicador, a través del eje de alta velocidad, se acciona el generador con una velocidad de 900 a 1.750 r.p.m. y una frecuencia de 50 Hz. Además del freno aerodinámico "Pitch", se incorporan otros sistemas de frenado, en general mecánicos, que mediante un disco hidráulico fijado al eje de alta velocidad, se utiliza como freno de emergencia.

El bastidor de la góndola, compuesto por piezas atornilladas construidas con perfiles y chapas de acero, se apoya sobre una corona de orientación evitando que los esfuerzos transmitidos por el rotor ocasionen tensiones excesivas sobre los engranajes del sistema de orientación. El peso total de la góndola, incluyendo los equipos que contiene, ronda las 22 Tn.

La torre metálica tubular troncocónica de acero, metalizada y pintada. Con una altura de 55 m. de altura, diámetro de la base entre 3 y 4 m., y de 2 m el de coronación, el peso total de la torre es de unas 56 Tn. La torre dispondrá de los rigidizadores mecánicos necesarios para soportar de forma fiable las peores condiciones de viento en el emplazamiento, así como de los accesos al interior de la misma para realizar las

funciones de mantenimiento en la góndola del aerogenerador.

Respecto a su aspecto exterior, estará pintado en un solo color normalizado RAL 7035 o similar que minimice el impacto visual y estético del mismo, disponiendo de una protección frente a la corrosión Clase 4 de acuerdo con ISO 9223 y 9224.

En el interior de la torre se dispone una escalera para acceder a la góndola, equipada con dispositivos de seguridad y plataformas de descanso y protección. Cuenta, también, con elementos de paso y fijación del cableado eléctrico e instalación auxiliar de iluminación. En la parte inferior tiene una puerta de acceso. La torre es izada en dos o tres tramos, que se unen mediante bridas interiores.

La unidad de control y potencia monitoriza y controla todas las funciones críticas del aerogenerador a fin de optimizar, en todo momento, el funcionamiento del aerogenerador en toda la gama de velocidades.

2. Obra civil necesaria. Para la colocación de los aerogeneradores se necesitan las siguientes obras:

- Camino de acceso a pie de las torres, mínimo 4 m de ancho.
- Plataformas para ubicación de grúas, de 15 m de diámetro.
- Cimentación de los apoyos con zapatas en las que quedan embutidos los pernos de anclaje. Estas zapatas tendrán dimensiones aproximadas de 10 x 10 x 3m, superficie que será cubierta por las tierras vegetales retiradas.

3.Montaje. El aerogenerador se transporta a pie de apoyo como un conjunto de piezas dispuestas para su ensamblaje, del modo que se detalla a continuación:

- Se levanta la torre por tramos embridados.
- Se completa el montaje de la góndola a pie de torre.
- Se colocan los accesorios de la torre (escalera, plataformas, seguridad, etc.)
- Se iza la góndola hasta situarla sobre el collarín superior de la torre.
- Se eleva el rotor completo y se fija el buje de] rotor al eje principal de la góndola.
- Se conectan los mecanismos y se realiza el tendido de cables.
- Se coloca la unidad de control y se conectan los cables de potencia y de control de la góndola, quedando el aerogenerador dispuesto para su conexión a la red.

4.Red Eléctrica de Media Tensión. Dentro de la torre de cada aerogenerador se instalará un centro de transformación (CT) que elevará el voltaje de baja tensión (450-690 v) a 20 kv. Cada transformador se unirá a la red de Media Tensión mediante cables de potencia instalados directamente en zanjas enterradas, convenientemente señalizadas.

Transporta la energía producida por los aerogeneradores desde los C.T. de las turbinas a la subestación principal de 132 kv. Estará formada por un tendido subterráneo de conductores unipolares tipo DHZ1 12/20 kV directamente dispuestos sobre el fondo de las zanjas. Los conductores se alojarán en zanjas de 1,10 m de profundidad y 0,70 m de anchura mínima. Los cruzamientos por viales se realizarán a

través de canalizaciones entubadas de PVC recubiertas de hormigón y a una profundidad mínima de 1 m. Se dispondrán arquetas de control (75 x 75 cm.) para el paso de los cables de control cada 100 m aproximadamente, a lo largo de toda la canalización.

Las zanjas, en las que se ubicará tanto la línea de media tensión como la canalización de control, discurrirán paralelamente a los caminos de internos del parque. Se rellenan en su base con 35 cm de arenas y luego con zahorra y tierras de excavación seleccionadas compactadas manual y mecánicamente. Al término de la fase de construcción, las zanjas serán revegetadas, quedando únicamente visibles en superficie las tapas de hormigón de las arquetas de control.

Estas líneas enterradas se unirán en tres racimos de 4 aerogeneradores en 3 centros. Y éstos a su vez, se comunicarán con la subestación a través de una línea única minimizando de esta manera la relación coste/perdidas de carga.

Los cables de la red estarán instalados en conductos de al menos 200 mm de diámetro a través de los cimientos, hasta llegar a la sección de conexión en la parte inferior de la torre. Los cables de la red dispondrán de sensores adecuados.

Los cruzamientos por viales se realizarán a través de canalizaciones entubadas de PVC recubiertas de hormigón y a una profundidad mínima de 1 m. Se dispondrán arquetas de registro cada 100 m, aproximadamente.

Se dispondrá de una malla de tierra que se realizará con cable desnudo y que enlazará los sistemas de puesta a tierra de los Centros de Transformación de cada aerogenerador, las Subestaciones Secundarias y la Subestación Transformadora Principal. El cable de tierra irá enterrado acompañando a los cables de potencia.

5. Subestación transformadora y edificio de control. El parque dispondrá de una Subestación Transformadora Principal con una posición de transformador, para el cambio de tensión de 20 a 132 kv. Todos los elementos de la subestación se ubicarán en un recinto vallado en el que se situará, además de la caseta de la subestación, un edificio cerrado que albergará las celdas de Media Tensión, y los equipos de control, protección, comunicación, servicios auxiliares en baja tensión, etc., necesarios para el correcto funcionamiento de la subestación.

La subestación estará dotada de una red de tierra, estructuras metálicas, transformadores de servicios auxiliares, seccionadores, autoválvulas, transformadores de media y protección, interruptor, transformador de potencia, cuadro de medida - control protección, equipo de corriente continua, alumbrado, enclavamientos, cierre y obra civil requerida. El edificio adosado a la subestación transformadora será la única edificación existente en el parque, y constará de una sola planta que se distribuirá de manera funcional para el control de la propia subestación y del parque. El edificio se construirá según la costumbre arquitectónica de la zona: piedra en paredes y cubierta con teja árabe.

6. Entronque a Línea de Alta Tensión. Como la subestación de transformación se sitúa en las proximidades de la línea de 132 kv existente; no será

necesaria la ejecución de ninguna otra línea aérea para evacuar la energía producida. La evacuación se ha previsto siguiendo las directrices marcadas en el Plan Eólico de Castilla y León. Se adoptarán sistemas de protección de la avifauna instalando cadenas de sustentación de vidrio y suspensión del conductor central, respetando las separaciones a masas reglamentarias. Estos sistemas representan la práctica habitual en materia de protección de aves.

7. Viales exteriores e interiores. Los exteriores describirán en el apartado parte de alternativas y los interiores constituyen un camino de 1.450 m, que discurrirá por la parte alta de la cuerda descrita para dar acceso a cada uno de los aerogeneradores. Sus características serán similares a las descritas para los accesos externos (4 m. de plataforma).

El propio terreno, será suficiente como subbase para construir sobre él un firme suficiente para realizar el trazado que une los aerogeneradores de una misma línea y para unir las distintas líneas de cada sector entre sí y con el acceso principal.

8. Otros servicios e instalaciones previstas. Aparte de los caminos o recorridos interiores existentes, los servicios previstos para el correcto funcionamiento del parque son los siguientes:

En la subestación y edificio de control se dispondrá de un sistema de alumbrado exterior (proyectores sobre báculos) y otro interior (fluorescentes en techo)

En cada aerogenerador se dispone de baliza aeronáutica situada sobre la góndola y de alumbrado interior para acceso y mantenimiento.

La instalación se podrá explotar también en régimen desasistido, por lo que se dotará al parque con un sistema de telecontrol, que se encargará de recoger y enviar todas las señales de la instalación.

Evidentemente la subestación, edificio y aerogeneradores contarán con sistemas de seguridad, contra incendios, pararrayos, etc.

La evacuación de aguas residuales se realizará a fosa séptica química, la que será periódicamente recogida.

9. Repercusiones de la actividad. El gasto de inversión será alrededor de 8.717.074 €. El empleo de ingeniería y montaje de 35 personas, durante 12 meses y 5 personas para el mantenimiento del parque.

Suelo. Cuenta con 139 ha de derechos de uso y se ocuparán unos 50 Ha. Todas las propiedades afectadas por el Parque Eólico son propiedad de la empresa promotora. El desbroce afectará a zona de asentamiento de aerogeneradores en una superficie de 15 m de diámetro y caminos en una anchura de 4 en los nuevos y un ensanchamiento de 2 m los ya trazados. Esto supone aproximadamente 11.921 m² (1,2 ha) alguna de ellas sin suelo y sin cobertura vegetal, la mayoría es matorral y muy pocos ejemplares de árboles (localizándose a los lados de los caminos y red de evacuación).

El movimiento de tierras afectará a la superficie de caminos, aerogeneradores y línea de media tensión en profundidad variable (0,3, 1,80 y 1,60 m), y a pequeñas construcciones (5%); siendo un total de aproximadamente 6.822 m³. Un 25% de terreno no presenta suelo y el resto tiene una

profundidad media de 25 cm, por tanto, calculamos unos 2235 m³. Se vallará únicamente la subestación.

Ruidos y Vibraciones. Los niveles sonoros que no deben sobrepasarse en zonas residenciales se fijan en 55 dB de día y 45 de noche. El nivel de ruido producido por estos supone un incremento sobre el nivel de ruido del viento variable en función de la velocidad de éste, que puede ser de unos 5 dB a 5-8 m/seg. y apenas perceptible con velocidades de viento superiores a 12 m/seg. Se desprende que, en el caso más desfavorable (es decir con viento de unos 8 m/seg. y en la dirección del viento) el incremento de ruido es de 5 dB a pie de las torres y llega a desaparecer a una distancia de 200 m considerando los 500 m como afección aerodinámica. Dadas las características de la instalación se comprende que no hay problema de vibraciones.

Emisiones a la Atmósfera. Las características de estas instalaciones implican que no haya ningún tipo de emisiones gaseosas a la atmósfera. Cabe señalar, en cambio, que los 2.373 kWh por aerogenerador, producidos en este Parque Eólico dejarán de producirse en alguna central térmica, con lo que se evita la contaminación atmosférica que estos producirían y que puede estimarse en 1 Kg. de CO₂ por kWh generado que arroja unos 2.373.000 kg al año por aerogenerador (con los beneficios para el efecto invernadero) a parte de la no contribución a la formación de lluvias ácidas. Evitando a su vez la producción por cada Tn de combustible fósil no consumido en una central que produjera esa energía eléctrica (Ejemplo fuel-oil) 0,66 Kg de CO, 0,13 Kg de Compuestos Orgánicos Volátiles COV, 13,2 Kg de NO_x, 1,04 Kg de partículas sólidas y 19,9 Kg de SO₂.

Vertido de Aguas Residuales. Se originan a partir del aseo de operarios y se recogen en fosa séptica química que se vaciará periódicamente. La actividad está limpia de producción de vertidos contaminados.

Eliminación de Residuos tóxicos y peligrosos. El generador se dispone de un reductor cuyo funcionamiento requiere 125 litros de aceite mineral. El aceite se renueva cada 12/15 meses. Suponiendo una renovación anual y el total de 12 aerogeneradores del parque, el volumen anual es de 1.500 litros/año que se retiran por el personal de mantenimiento del Parque y se entregan a un gestor autorizado para su eliminación.

Eliminación de Residuos sólidos. Se producen muy pocos residuos sólidos, lo normal de un mantenimiento y la presencia de pocas personas en la zona. Una de las grandes aportaciones de la energía eólica es ser un proceso de obtención de energía sin producción de Residuos.

Alternativas del proyecto.

Para la consideración de un emplazamiento como adecuado para la implantación del parque se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

Caminos y accesos. Se han manejado dos alternativas:

1. Acceso por camino agrícola, en deshuso y estrechez que obliga a un desbroce

más fuerte de formaciones vegetales boscosas con pendientes medias a altas.

2. Acceso por camino agrícola con desbroce de pastizales y matorrales con pendientes por debajo del 10%

Teniendo en cuenta estas condicionantes se ha optado por la segunda alternativa.

Dicho camino tendrá 1.590 m de longitud desde su arranque hasta el primer aerogenerador a partir del cual se considerará como vial interior, describiéndose en el correspondiente apartado. De los 1.590 m totales de acceso, 1.010 m corresponden a un camino ya existente que sería necesario adaptar a las características posteriormente definidas; y los 580 m restantes corresponderían a un camino de nueva ejecución que ascendería por la ladera oeste hasta alcanzar el primer aerogenerador. Las características básicas del camino de acceso al parque son las siguientes:

Ancho de calzada: 4 m.

Pendiente lateral de drenaje: 2%

Pendiente máxima: 10%

Sistema de Drenaje: Cunetas laterales.

Materiales: Zahorra artificial compactada (sin asfaltar).

Patrimonio Natural. Al ser un área con importante Patrimonio Natural, la presencia de construcciones, edificaciones y elementos de interés geológico, biológico e histórico-cultural, así como el carácter emblemático de un determinado espacio natural, deben ser aspectos a contemplar al objeto de evitar una alteración y pérdida de calidad significativa del entorno.

Este proyecto se localiza en una zona protegida dentro del ENP de Las Batuecas-S. de Francia naturalizada, no obstante el sector es viable técnicamente y ambientalmente ya que según el dictamen ambiental del Plan Eólico de Castilla y León se localiza en zona de sensibilidad ambiental baja.

Vegetación. La presencia de vegetación arbórea de cierto porte provoca el frenado del viento y formación de turbulencias que repercuten negativamente en el rendimiento de los aerogeneradores, lo cual supondría o la utilización de máquinas de gran altura o la tala de arbolado en cierta superficie de terreno. Estas acciones conllevarían en sí mismas impactos paisajísticos y efectos de

desequilibrio ecológico en el bosque afectado. Teniendo en cuenta estas consideraciones se han desestimado los emplazamientos en que existen áreas boscosas autóctonas que pudieran resultar afectadas, tanto por el parque en sí, como por los accesos. En algunos casos este criterio supone la desestimación completa de un emplazamiento y en otros la reducción a las áreas despejadas. La definición del parque se ha realizado teniendo en cuenta esta limitación. Todas las alineaciones de los aerogeneradores se encuentran en terrenos despejados.

Avifauna. Al plantear la construcción de parques eólicos uno de los problemas ambientales que resulta obligado considerar es la incidencia sobre la avifauna, tanto la propia de la zona como la migratoria, a causa de los posibles efectos negativos que podrían ocasionarse por colisiones y alteraciones de comportamiento (accidentes en general). Este tema resulta especialmente difícil de prever, dadas las pocas experiencias existentes y lo arriesgado de su extrapolación. Como criterio general puede decirse que los casos en que ha habido accidentes son muy limitados y cuantitativamente poco importantes viéndose la capacidad de adaptación de las mismas a las nuevas circunstancias sin sufrir un gran número de accidentes. La realidad de esta afección deberá analizarse cuidadosamente durante la fase de explotación, tal como se indica, más adelante, en el Plan de Vigilancia y Control.

Afección paisajista. Dado que los parques eólicos se proyectan, normalmente, en sierras o puntos altos y que los aerogeneradores son de grandes dimensiones resultan visibles (con apreciaciones muy diferentes y subjetivas) desde grandes distancias, sin que sea posible enmascararlos de forma global.

Identificación de Impactos.

A partir del análisis de la descripción del proyecto y del inventario ambiental elaborado en el apartado de análisis regional y riesgos geológicos, establecemos por fases de la actividad, las acciones impactantes y los factores afectados.

Acciones Impactantes

Fase de construcción:

Desbroce y despeje.
Excavaciones
Movimiento de tierras.
Manejo de sustancias contaminantes.
Tráfico de vehículos.
Montaje

Fase explotación

Iluminación.
Presencia y funcionamiento.
Tráfico de vehículos.

Fase de abandono

Desmontaje.
Manejo de sustancias contaminantes.
Tráfico de vehículos.
Restauración.
Estructuras preexistentes.

La afección aerodinámica es de 500 m. El ámbito de referencia del medio abiótico es el espacio directamente utilizado y el perceptual en un radio de 20 km.

Factores susceptibles de ser impactados.

- A. Atmósfera
 - A.1. Calidad: polvo, gases, ruido....
- B. Geología
 - B.1. Geomorfología.
 - B.2. Tectónica.
 - B.3. Litología.
- C. Hidrología
 - C.1. Calidad: superficial, subterránea.
 - C.2. Drenaje, efecto barrera. ...
- D. Suelos
 - D.1. Ocupación de suelo y degradación del suelo
- E. Paisaje. Alteraciones:
 - E.1. Vistas panorámicas.
 - E.2. Naturalidad y singularidad.
- F. Zonas de interés: Espacio Natural Protegido.
 - F.1. Patrimonio Natural.
- G. Procesos
 - G.1. Geológicos
 - G.1.1. Riesgos Mov. de Ladera.
 - G.1.2. Riesgos Erosivos.
 - G.1.3. Riesgos Geotécnicos.

Conocidas las acciones del proyecto susceptibles de generar impactos, y las características medioambientales del emplazamiento, se puede proceder a valorar el impacto de la ampliación de la instalación proyectada, que representa las conclusiones del análisis del proyecto en el emplazamiento concreto.

A partir de los resultados obtenidos en la caracterización de alteraciones se puede proceder a una primera clasificación de los impactos en diferentes categorías:

- Impactos poco significativos: *residuales* o *despreciables*. Son aquellos en los que el factor afectado sufre una alteración mínima o prácticamente nula. Su escasa relevancia permite excluirlos del proceso de valoración e ignorarlos en el conjunto de la evaluación.
- Impactos *significativos*. Son aquellos en los que el factor afectado sufre una alteración apreciable.

- Impactos *importantes*. Se refieren a los impactos significativos de mayor relevancia. Afectan a factores ambientales clave para la calidad ambiental del ámbito afectado.
- Impactos *especiales*. Son los de tal relevancia y significación que su tratamiento homogéneo con los demás podría enmascarar su papel preponderante en la toma de decisiones consecuente con la Evaluación del Impacto Ambiental de la actuación. No se ha detectado ningún impacto de estas características en el presente estudio.

Cruzando las acciones del proyecto y los factores del medio obtenemos la matriz de identificación de impactos (Figura IV-35 a 38).

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS			Fase de construcción						Fase de explotación				Fase de abandono				
AEROGENERADORES			Deserocce	Excavación Desmonte	Mov. Tierras	Manejo Sust. Contaminantes	Tráfico Vehículos	Montaje	Iluminación	Presencia y Infraestructuras	Tráfico Vehículos	Evacuación Eléctrica	Desmontaje	Manejo Sust. Contaminantes	Tráfico Vehículos	Restauración	Estructuras permanentes
Medio	Factor	Efectos															
Abiótico	Atmósfera	Ruido/polvo.	0	X	X	-	X	-	-	X	0	-	-	-	X	-	-
		Gases/Olores.	0	X	X	-	X	-	0	-	0	-	-	-	X	-	-
	Geología	Litología y Tectónica.	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
		Geomorfología	-	X	X	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	X/+	-
	Hidrología	Superficial	Calidad	-	0	0	-	0	-	-	-	-	-	-	0	X/+	-
		Subterránea	Calidad	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-
	Edafología	Calidad Agrológica Contaminación de suelos Usos del suelo	0	0	X	0	X	-	-	-	-	0	-	X	0	+	-
	Procesos Geológicos	Erosión/geotécnicos/desliza.	X	X	X	-	X	-	-	0	0	-	-	-	X	X/+	0
	Patrimonio Natural	Zonas singulares	0	X	X	-	0	-	X	X	-	X	-	-	-	+	0
Perceptual	Paisaje	Efecto Visual	X	-	X	-	X	-	X	X	X	-	-	-	X	+	X

Figura IV-35. Matriz de Identificación del Parque Eólico para los aerogeneradores. Leyenda: (0) Poco Importante, (x) Importante, (-) Nulo, (+) positivo.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS			Fase de construcción					Fase de explotación				Fase de abandono						
CAMINOS Y ACCESOS			Desceceo	Excavación Desmonte	Mov. Tierras	Manejo Sust. Contaminantes	Tráfico Vehículos	Montaje	Iluminación	Presencia y Infraestructuras	Tráfico Vehículos	Evacuación Eléctrica	Desmontaje	Manejo Sust. Contaminantes	Tráfico Vehículos	Restauración	Estructuras permanentes	
Medio	Factor	Efectos																
Abiótico	Atmósfera	Ruido/polvo.	X	X	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	
		Gases/Olores.	X	X	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
	Geología	Litología y Tectónica.	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Geomorfología	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hidrología	Superficial	Calidad	-	0	0	-	0	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-
		Subterránea	Calidad	0	X	X	0	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-
	Edafología	Calidad Agrológica Contaminación de suelos Usos del suelo	X	X	X	0	X	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-
	Procesos Geológicos	Erosión/geotecnicos/desliza.	X	X	X	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-
	Patrimonio Natural	Zonas singulares	0	X	0	-	0	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-
Perceptual	Paisaje	Efecto Visual	0	-	X	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	

Figura IV-36. Matriz de Identificación del Parque Eólico para caminos y accesos. Leyenda: (0) Poco Importante, (x) Importante, (-) Nulo, (+) positivo.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS			Fase de construcción						Fase de explotación				Fase de abandono				
EDIFICACIONES			Deserocce	Excavación Desmonte	Mov. Tierras	Manejo Sust. Contaminantes	Tráfico Vehículos	Montaje	Iluminación	Presencia y Infraestructuras	Tráfico Vehículos	Evacuación Eléctrica	Desmontaje	Manejo Sust. Contaminantes	Tráfico Vehículos	Restauración	Estructuras permanentes
Medio	Factor	Efectos															
Abiótico	Atmósfera	Ruido/polvo.	0	X	0	-	X	0	-	-	-	-	0	-	X	-	-
		Gases/Olores.	-	X	X	-	-	-	0	0	-	-	-	-	X	-	-
	Geología	Litología y Tectónica.	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Geomorfología	X	X	X	-	0	0	-	0	-	X	-	0	0	+	-
	Hidrología	Superficial	Calidad	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Subterránea	Calidad	-	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-
	Edafología	Calidad Agrológica Contaminación de suelos Usos del suelo	0	0	X	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Procesos Geológicos	Erosión/geotecnicos/desliza.	0	X	X	-	0	-	-	0	-	-	-	-	X	+	-
	Patrimonio Natural	Zonas singulares	X	X	X	-	0	-	0	0	-	X	-	-	-	+	X
Perceptual	Paisaje	Efecto Visual	0	X	X	-	X	X	X	-	-	-	-	0	+	X	

Figura IV-37. Matriz de Identificación del Parque Eólico para las edificaciones. Leyenda: (0) Poco Importante, (x) Importante, (-) Nulo, (+) positivo.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS			Fase de construcción						Fase de explotación				Fase de abandono				
INFRAESTRUCTURAS ELECTRICAS			Deserocce	Excavación Desmonte	Mov. Tierras	Manejo Sust. Contaminantes	Tráfico Vehículos	Montaje	Iluminación	Presencia y Infraestructuras	Tráfico Vehículos	Evacuación Eléctrica	Desmontaje	Manejo Sust. Contaminantes	Tráfico Vehículos	Restauración	Estructuras permanentes
Medio	Factor	Efectos															
Abiótico	Atmósfera	Ruido/polvo.	0	0	0	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
		Gases/Olores.	0	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
	Geología	Litología y Tectónica.	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Geomorfología	-	0	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
	Hidrología	Superficial	Calidad	0	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Subterránea	Calidad	0	0	-	0	0	-	-	-	-	-	0	0	-	-
	Edafología	Calidad Agrológica Contaminación de suelos Usos del suelo	0	0	X	0	X	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-
	Procesos Geológicos	Erosión/geotécnicos/desliza.	0	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Patrimonio Natural	Zonas singulares	-	-	0	-	0	-	-	-	-	X	-	-	0	-	-	
Perceptual	Paisaje	Efecto Visual	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	0-	-	-

Figura IV-38. Matriz de Identificación del Parque Eólico por infraestructuras eléctricas. Leyenda: (0) Poco Importante, (x) Importante, (-) Nulo, (+) positivo.

Descripción de Impactos.

A continuación se describen y caracterizan los impactos identificados, en el medio abiótico y en el medio perceptual, a partir de las matrices de identificación de impactos (Figura IV-35, 36, 37 y 38).

Atmósfera: Calidad x excavación, Calidad x movimiento de tierras, Calidad x tráfico de vehículos, Calidad x desbroce.

Contaminación por polvo. Durante la fase de construcción se producirán movimientos de tierras, excavaciones y el transporte de las mismas en camiones, emitiendo un conjunto de partículas sólidas denominadas comúnmente "polvo"

A la hora de realizar caminos y las canalizaciones se abrirán cunetas y zanjas, las cuales producen igualmente la emisión de partículas en suspensión a la atmósfera, generando molestias a la población, paisaje y vegetación adyacente de forma temporal.

El tráfico generado por los camiones y maquinas de extracción en la fase de construcción, al igual que en la fase de explotación los vehículos de mantenimiento producirán un exceso de polvo, en una zona no acostumbrada a ello, con lo que el medio adyacente se ve alterado potencialmente en la construcción, aunque es asumible (intentándolo aminorar con las medidas correctoras y preventivas oportunas) en la fase de funcionamiento.

Comentar que el espacio es muy abierto debido a la alta pendiente de la superficie emergida y esto hace que la afección sea asumible. Los movimientos de tierra serán menos importantes si se aprovechan los caminos existentes donde no hay viales, el afloramiento rocoso evita polvo ya que es muy escaso el suelo existente.

Contaminación por gases. Durante la fase de construcción la diversa maquinaria a utilizar produce una serie de afecciones a la atmósfera, generadas en la propia actividad de los vehículos e instrumental utilizado: retroexcavadoras, martillos neumáticos, etc. Uno de los impactos es el emitido por los tubos de escape de los automóviles, como producto de la mezcla, o de los componentes de la mayoría de la maquinaria; estamos hablando del Monóxido de Carbono, cuyos efectos sobre la

salud y fauna es la deficiencia de oxígeno que provoca en la sangre, dolores de cabeza, perdida de control muscular pero son de muy poca importancia.

Además durante la fase de construcción hay un pequeño aumento de los niveles de emisión de partículas, metales pesados y NO₂, H y SO₂. Además en esta fase los niveles de ruidos se incrementan de forma puntual. En fase de funcionamiento, teniendo en cuenta que muchas de las instalaciones son a cielo abierto la aireación será muy buena. Estas pequeñas cantidades son residuales e insignificativas.

Una vez generado el parque eólico la emisión de gases es inexistente, exceptuando puntualmente algún vehículo que llegue a la zona, pero de pequeñísima intensidad.

Estas emisiones estarán siempre dentro de los límites admitidos, en cumplimiento de la normativa vigente.

Nivel sonoro: Nivel sonoro x excavación, Nivel sonoro x movimiento de tierras, Nivel sonoro x tráfico de vehículos, Nivel sonoro x presencia y funcionamiento, Nivel sonoro x desbroce.

Disminución del Confort sonoro. Ruido. El origen del ruido en los aerogeneradores se debe a factores de tipo mecánico producidos por el tipo de multiplicador y generador, el ventilador del generador y la calidad de los mecanizados; y factores de tipo aerodinámico producidos por la velocidad de giro del rotor, el material del que están fabricadas las palas, el espacio existente entre el larguero de las palas y su superficie aerodinámica, la velocidad del viento y la turbulencia del mismo.

Un aerogenerador produce un ruido similar al de cualquier otro equipamiento industrial de la misma potencia. El efecto nocivo se debe a que mientras los equipos convencionales se encuentran normalmente encerrados en edificios o compartimentos especialmente pensados para minimizar su nivel sonoro, los aerogeneradores deben trabajar al aire libre y cuentan con el elemento transmisor que es el propio viento.

La frecuencia suele encontrarse entre 200 Hz hasta 2 KHz con una intensidad baja y continua.

La experiencia conseguida en nuestro país, respecto a las instalaciones existentes, permite señalar lo siguiente:

1. En las poblaciones cercanas no se prevé ningún incremento importante del ruido.

2. En el interior de las instalaciones el nivel de ruido observado es menor al existente en cualquier instalación industrial de igual potencia.

3. Se han detectado reacciones de sorpresa en algunos animales silvestres e incluso en animales domésticos al iniciarse tanto el movimiento de los rotores de las máquinas como por el ruido producido. Sin embargo estas reacciones han desaparecido en muy pocas horas, acostumbrándose los animales muy pronto a la nueva situación.

El ruido se considera como un sonido no deseado y desagradable. Las actividades de puesta en marcha de la pavimentación del Parque eólico, supone una serie de ruidos los cuales aunque importantes su frecuencia es alta y son temporales.

A nivel humano, un ruido es audible a 2.10⁻⁴ microbar, correspondiéndole un nivel de presión sonora de 0 dB. Para la fauna, el umbral es menor. Un sonido comienza a ser molesto cuando su nivel de presión sonora supera 60 dB y según la O.M.S. es peligroso a partir de 89-90 dB y doloroso a partir de 130 dB.

El impacto del parque eólico, en cuanto al ruido es de importancia en cuanto al tiempo de funcionamiento, la tecnología utilizada en el proyecto ya estudiada y contrastada orienta hacia unos niveles por debajo del umbral exigido en zonas urbanas y a 200 m de cada aerogenerador, que es muy asumible pero que debe contrastarse la veracidad una vez que el parque este en funcionamiento. Durante la construcción las excavaciones y el tráfico de maquinaria pesada, produce unas alteraciones en el entorno significativas, ya que el ruido generado y las vibraciones son intensos, de gran frecuencia pero de poca duración. La maquinaria que produce ruido, consiste en la mayoría de las herramientas neumáticas y explosiones, que presentan niveles sonoros

elevados, las cuales además de ruidos producen vibraciones, lo cual afecta al sustrato sin consolidar. Se debe controlar que estos estén en los márgenes admisibles por ley.

Los efectos sobre los animales, está comprobado ya que para analizar los efectos sobre los humanos se experimenta con animales, indicando las respuestas al impacto y sus alteraciones. En el peor de los casos la fauna le resulta molesto el ruido y se retira de la zona perturbada hacia zonas tranquilas, generando una pequeña alteración en el comportamiento por otro lado muy temporal.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, y la zona a ubicar el Parque eólico, la altura del punto de emisión en este caso deberá ser la de mayor difusión, aunque estamos en una zona de gran amplitud. La topografía de la zona, muy abierta facilita la dispersión y eliminación de las emisiones de la fase de construcción y de la pavimentación del parque. Los factores climáticos son propicios, ya que no se dan inversiones térmicas por la geomorfología existente, ni variaciones térmicas extremas. En cuanto a las masas vegetales en este entorno existen espacios verdes en laderas y valle que impiden la difusión.

Geología: Litología-Geomorfología x excavación, Litología-Geomorfología x movimiento de tierras, Litología-Geomorfología x estructuras permanentes.

Las alteraciones en el medio geológico y geomorfológico son el aumento de la inestabilidad de laderas por las obras de construcción de las instalaciones. Este margen esta regularizado, y la variación topográfica por la creación de estructuras en la zona seleccionada; si analizamos la cartografía de dominios geomorfológicos este sector se encuentra en un dominio de gran valor y singularidad: cumbres y cuerdas, afectando también otras acciones del proyecto (viales, etc.) al dominio de laderas (coluvionadas y no coluvionadas) que rodean esta cumbre. (Figura IV-39).

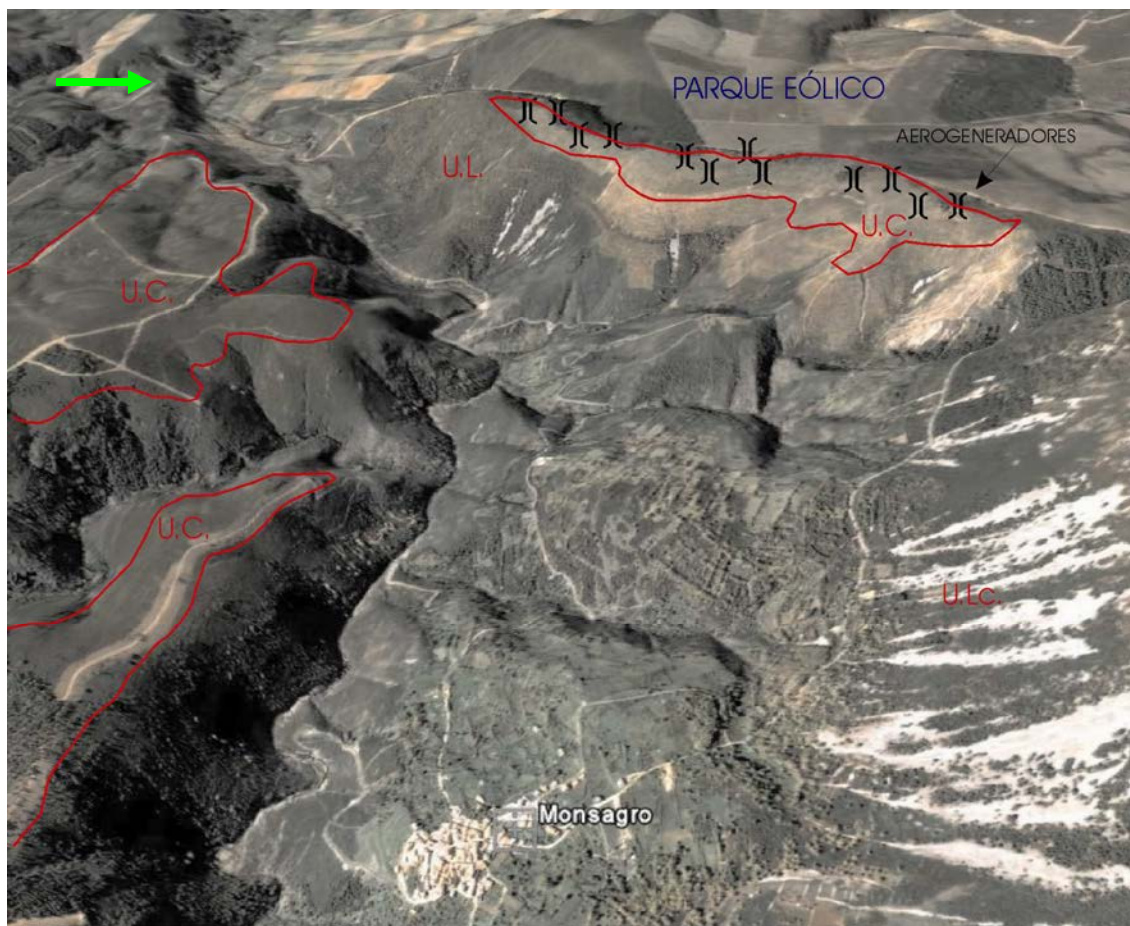


Figura IV-39. En el modelo digital se observan las características geomorfológicas de la Sierra de la Canchera y la posición de los aerogeneradores (tramas verticales de color negro). U.C (Unidad de Cumbres y Crestas), U.L. (Unidad de Laderas) y U.Lc (Unidad de Laderas Coluvionadas). (Flecha verde: Norte).

La cartografía litológica indica que este sector presenta depósitos superficiales (coluviones) recubriendo parte de las laderas y un sustrato de pizarras, esquistos, grauvacas y areniscas en las laderas con cuarcitas en las cumbres.

El perfil topográfico queda alterado por la instalación de los aerogeneradores y edificaciones, muy diferente al perfil natural, ya que las cementaciones regularizan y allanan las formas naturales, imprimiendo una horizontalización en algunos sectores del perfil natural.

Como las formas son elevadas y las pendientes altas, y pensando que se hacen en zonas llanas de cumbre, se asume el impacto de las cementaciones, no obstante los aerogeneradores y las edificaciones de altura impactan en la geomorfología, forma y naturalidad de la zona, con lo cual se seguirán unas medidas correctoras, que tengan en cuenta la minimización de este

impacto y favorezca la integración; para lo cual deben desarrollarse criterios constructivos que tengan en cuenta criterios cromáticos, morfológicos, etc.

En la fase de construcción, para las obras de creación de infraestructuras, se generan impactos por movimientos de tierra, construcción de zanjas, para canalizaciones diversas (drenajes, cableado, etc.); acopios de tierra vegetal retirada, acopios de tierra fértil a utilizar para la revegetación y restauración inicial de las obras y de zonas de ubicación de cementeras y otros usos del suelo temporales para las obras de creación de infraestructuras. Los viales propios son reducidos y se encuentran dentro de las obras ya contempladas en infraestructuras.

La zona donde se va a ubicar el parque eólico, presenta una naturalidad singular desde el punto de vista geomorfológico, ya que el modelado generado presenta interés

científico-didáctico, debido a la diversidad de formas y elementos geomorfológicos que configuran un paisaje escarpado con coluviones y canchales, generados a partir de la degradación de crestones con unas extremas condiciones ambientales. Los aerogeneradores se ubican a una distancia prudencial evitando las formas representativas, y evitando áreas de interés.

Hidrología: Calidad y contaminación del Agua., Hidrología x restauración, x excavación, Hidrología x movimiento de tierras, Hidrología x tráfico de vehículos, x restauración, Hidrología x drenaje por efecto barrera x superficie: pavimentación, Hidrología x drenaje efecto barrera, Hidrología x construcciones y equipamiento.

La degradación de las aguas tiene unos límites a partir de los cuales el daño es irreparable y de esto depende la capacidad de admisión del vertido por parte del curso receptor -río Agadón-, en el sentido que pueda asimilar las sustancias nocivas presentes en esta tipología de vertido.

En la cartografía de calidad de aguas superficiales, este curso de agua muestra una calidad buena, y su pérdida de calidad a causa del parque eólico puede ser debida al efecto de los materiales sólidos (sólidos en suspensión) existentes en las obras de creación de infraestructuras y sus movimientos. Esta alteración física del agua, se puede incrementar en épocas lluviosas, provoca que deba comenzarse la construcción en épocas climáticas benignas, debido a que el agua actúa de agente de transporte de los materiales que se encuentran a su paso.

La presencia de materias sólidas en el agua tanto en disolución como en suspensión le confiere a ésta un grado de turbidez que en ocasiones puede impedir el paso de la luz a determinadas profundidades con los desequilibrios ecológicos que ello produce además de influir negativamente en las condiciones de vida de diferentes organismos fluviales.

La mayoría de los vertidos por las actividades de pavimentación y creación de infraestructuras pueden presentar los elementos relacionados con estas actuaciones que son:

Compuestos inorgánicos tóxicos como As, F; metales pesados. Se desarrollan en actuaciones de utillaje de infraestructuras con utilización de estructuras metálicas: farolas, centros de diversificación de corriente, etc. Son altamente tóxicos tanto para la fauna como para el hombre. Las concentraciones son mínimas ya que la mayoría de estos utensilios llegan a la zona acabados o las modificaciones de ubicación y asentamiento son puntuales y temporalmente muy cortas. Las pinturas, señalizaciones y otros materiales de uso en el acondicionamiento son también importantes en este apartado. Deben tomarse las medidas correctoras adecuadas para impedir que estos elementos o subproductos lleguen a los arroyos por arrastre.

Vertidos con sustancias sólidas en suspensión generados por grandes avenidas de agua que ayudadas por el efecto impermeable de la pavimentación genera el arrasamiento de partes de suelo, llevando en su seno sedimentos muy diversos hacia el curso de agua adyacente, favorecido por las altas pendientes en la zona de arroyada. Durante la fase de construcción la contaminación de los cursos de agua puede proceder del vertido de aceites lubricantes de excavadoras y camiones, así como por la utilización de otros productos tales como pinturas, disolventes, etc., que deben ser recogidas perfectamente.

Indicar finalmente que el vertido en este estudio de impacto, teniendo en cuenta las instalaciones y generación de infraestructuras tienen mucha relación en cuanto a tipología y calidad, con los residuos generados por las actuaciones, que en este caso las materias primas y restos asociados en el lugar: arcillas, cementos, yeso, vidrio, abrasivos, plásticos, disolventes, papel y cartones, que en nuestro proyecto son de escasa magnitud.

No existen aguas subterráneas en la cumbre ya que los materiales constituyen niveles acuíferos. Puntualmente se puede generar una circulación a favor de fracturas. En la fase de construcción al no estar pavimentado, estos líquidos se infiltran en el terreno granular generado por la alteración del sustrato, pero cuya potencia es muy pequeña existiendo en algunos puntos afloramientos del sustrato. Por lo tanto la inexistencia de un acuífero importante es

clara, podría ubicarse en zonas próximas un acuífero local y puntual por alteración diferencial profunda del sustrato lo cual únicamente provocaría una recirculación de este nivel hídrico colgado a favor de aguas de arroyada y arroyos cercanos, sin existir conexión entre las zonas.

Efecto barrera y falta de recarga por infraestructuras. El efecto barrera debido a la construcción de pavimentación de edificios, aerogeneradores y otras instalaciones, que impidan la infiltración y orienten al flujo hídrico hacia el cauce fluvial, originando cambios en los flujos de caudales, pudiendo favorecer el arrastre de sedimentos aguas abajo. Otro efecto negativo que provoca el efecto barrera es el impedimento de la infiltración epidérmica que aunque el perfil edáfico a filtrar es pequeño o inexistente en este sustrato granítico, la pavimentación de la zona hace que los procesos de infiltración sean nulos, aunque esta acción es sumamente reducida.

Se estima que este impacto es compatible ya que la superficie afectada es de pequeñas dimensiones y puntual y las cementaciones muy reducidas al ser las zonas de accesos construidas en tierra.

Edafología: Ocupación y degradación del suelo, Suelos x movimiento de tierras, Suelos x tráfico de vehículos, Suelos x manejo de sustancias contaminantes, Suelos x desbroce, Suelos x excavación, Ocupación del suelo x pavimentación y construcciones, Degradación suelo x desbroce y despeje, Degradación suelo x maquinaria en funcionamiento y tráfico, Degradación suelo x generación de escombros y otros residuos.

La cartografía de asociaciones de suelos indica que los suelos que tenemos en este sector son leptosoles líticos y umbricos en la cumbre pasando a cambisoles eutricos en la ladera alta-media, desarrollando luvisoles en la parte baja.

Las alteraciones en el apartado de suelos en general se pueden considerar por la destrucción directa del suelo la compactación y consecuente aumento de erosión, y finalmente la disminución de la calidad edáfica por aumento de elementos contaminantes orgánicos o inorgánicos. Aunque la ocupación es de 50 ha la

directamente ocupada por estructuras es poco mas de 1 Ha.

La contaminación del suelo con la consiguiente pérdida de capacidad agrológica puede proceder, de la fase de construcción, el vertido de aceites lubricantes de los motores de la maquinaria empleada, así como el vertido de pinturas y disolventes orgánicos, puede provocar la alteración de las características y composición de los suelos, inutilizándolos. La superficie que puede resultar contaminada se reduce únicamente al área donde se realice el mantenimiento de la maquinaria y donde queden depositados los envases de pinturas y disolventes.

También puede ocurrir durante la construcción del Parque Eólico (por una mala gestión), que se generen una gran cantidad de residuos de embalajes y productos de procesos varios. Estos residuos vertidos indiscriminadamente pueden dar origen a la formación de un vertedero incontrolado en las proximidades del parque eólico, con la consiguiente contaminación de los suelos por el vertido de productos tóxicos, contaminación de las aguas por el arrastre de estas sustancias hacia cursos de agua cercanos, etc.

Indicar finalmente, que la calidad agrológica del suelo, es baja, en estas zonas de elevada altitud. La zona donde se ubica el Parque eólico, presenta una capa edáfica de muy poco espesor. Es importante tener en cuenta la posible pérdida de suelo que puede provocar el movimiento de tierras. De las 6.822 m³ que se prevé remover posiblemente 2.235 m³ sean de suelo. Es una cantidad importante con cierto valor que debe evitar perderse y poder utilizarlo en la restauración de la zona. Esto solo supondría con un buen mantenimiento la pérdida parcial de fertilidad y será considera un impacto asumible.

Procesos geológicos: Riesgos x desbroce/ excavación y desmonte/ movimientos de tierras, Riesgos x tránsito de vehículos, Riesgos x restauración, Riesgos x presencia infraestructuras.

La cartografía integral de riesgos utilizada clasifica a esta zona como de alto riesgo al presentar movimientos de ladera, erosión hídrica y geotécnicos.

Los Riesgos por Movimientos de Ladera, fundamentalmente deslizamientos y reptaciones, se producen al inestabilizar mediante la obra civil las formaciones superficiales de las laderas coluvionadas, las cuales van reptando o por procesos de hielo-deshielo sufren desplazamientos a favor de pendiente.

El Riesgo de Erosión se produce cuando el sustrato alterado y no movilizado, es vulnerable a la erosión pluvial. No obstante, estas zonas meteorizadas son muy favorables para la instalación de una cubierta vegetal, que lo proteja de posibles riesgos erosivos, ya que al existir zonas de afloramiento del sustrato, la impermeabilidad y efecto “patinaje” que provoca sobre el agua origina una mayor concentración y por lo tanto fuerza de arranque a zonas bajas con mayor vegetación que estabilice el sedimento. En la cartografía de dominios fisiognómicos se aprecia la existencia de formaciones arbóreas en las laderas medias y bajas, y en las partes altas y cumbres, matorral (Figura IV-40).

Los sectores donde el nivel de alteración presenta poco espesor y no están vegetados; son los de mayor riesgo de ser “lavados” por el agente erosivo pluvial. Si consideramos la alta pluviometría existente en la zona, podríamos intuir que al ser elevado el índice de agresividad pluvial, tal como se desprende del apartado climático, según la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE), el riesgo es grave e importante como muestra la cartografía de riesgos de erosión de esta zona.

El factor de permeabilidad, es poco importante en este entorno, debido a la existencia de un perfil de alteración edáfico, poco desarrollado. Se prevén drenajes a lo largo de accesos y reducir al máximo las zonas de actuación y excavación con lo que este impacto quedaría atajado. Como consecuencia de la pavimentación el sustrato y las características edáficas se modifican completamente al generar una barrera física separando los medios atmosférico y edáfico.

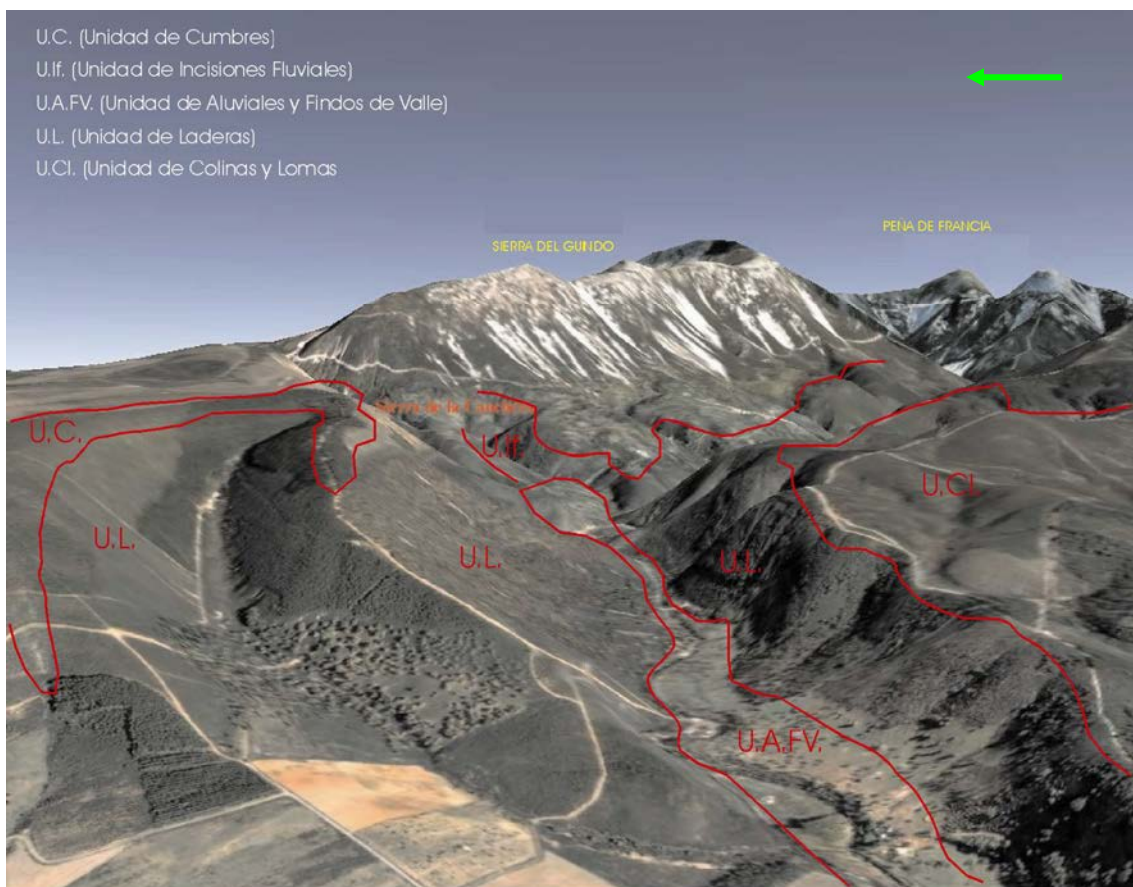


Figura IV-40. Disposición de la vegetación y dominios geomorfológicos en la Sierra de la Canchera. (Flecha verde: Norte).

Riesgos Geotécnicos. Los aerogeneradores deben elevarse sobre una cimentación apropiada; la cual debe ser proyectada en función de las características del suelo y sustrato existente, para así conocer las capacidades de carga que pueden soportar dichos materiales, y evitar procesos inducidos por el desigual reparto de cargas portantes de la estructura a instalar, aunque al asentarse en un sustrato rígido las capacidades de carga, tal como indica la cartografía geotécnica, es alta. Además de las edificaciones y otras instalaciones, los accesos deben ser tenidos en cuenta para proceder a su compactación o analizados en función de los pesos efectivos que van a recibir por el tránsito de la maquinaria. Se debe realizar un informe geotécnico, en el cual se indiquen y recomienden las cimentaciones aptas para estas instalaciones a fin de evitar posibles efectos de deslizamientos, procesos de compactación diferencial, generación de huecos, asentamientos; todo lo cual puede producir otros impactos indirectos que modifican y condicionan el entorno natural adyacente al proyecto.

Los procesos geológicos generados a partir de la actividad, son de tipo: erosión hídrica en épocas activas de arroyada, sobre la cobertura edáfica, a la vez que se encaja la red fluvial en las diferentes fracturas siguiendo un patrón tectónico, tal como se aprecia en la cartografía de lineamientos y fracturas. Los procesos de índole geomorfológica, son de gran interés ya que las pendientes en la zona las formaciones de coluviones y canchales y la escasa vegetación puede favorecer los procesos de deslizamientos y reptación, lo cual clasifica este sector en la cartografía de peligrosidad geotécnica como desfavorable.

Paisaje. Paisaje x desbroce, Paisaje x movimiento de tierras, Paisaje x tráfico de vehículos, Paisaje x iluminación, Paisaje x presencia y funcionamiento, Paisaje x excavación, Paisaje x montaje, Paisaje x estructuras permanentes.

Analizando la cartografía elaborada en el apartado de paisaje, observamos que la cartografía de calidad paisajística muestra

los sectores de cumbres con valores de calidad muy alta y alta, quedando las laderas con valores medios. Si analizamos la cartografía de fragilidad paisajística observamos que este sector presenta una fragilidad media-baja en el sector de cumbres y baja en las partes bajas de la ladera. En base a estos dos parámetros, calidad y fragilidad, la cartografía de capacidad de absorción muestra que este sector presenta una muy baja capacidad de absorción en la cumbre, o lo que es lo mismo, que el impacto es importante y la zona muy vulnerable a nivel paisajístico (Figura IV-41). En cambio los sectores de ladera presentan baja capacidad de absorción quedando en el valle próximo una capacidad de absorción alta-muy alta. Teniendo en cuenta lo anterior, esta zona no se considera apta para esta actividad desde el punto de vista perceptual.

Analizando las características perceptuales del entorno vamos a describir las posibles afecciones de este proyecto en el paisaje. En cuanto a la pérdida de calidad visual y de naturalidad escénica, el impacto visual y la degradación paisajística esta producida por las alteraciones al paisaje que pueden resumirse en los siguientes puntos:

A partir de los trabajos de campo, los cuales se pueden sintetizar en las fotografías y cartografías de paisaje, se estima que el impacto visual será significativo, y poco aminorable con medidas correctoras. Este impacto visual será significativo, debido a que la visibilidad es alta (la cuenca visual afecta a al valle del Agadón) y no enmascarable. La intrusión visual de la zona del parque se minimiza con la presencia del impacto de la infraestructura lineal y de carretera adyacente paralelas a nuestro parque, debido a la presencia de núcleos de población y zonas de afluencia de personas (de forma permanente será visto desde Monsagro, Peña de Francia, etc.). Es una zona de alta visibilidad (con bastante asiduidad humana y turismo rural) dentro del ENP de Las Batuecas S de Francia, lo cual genera un impacto de gran importancia.

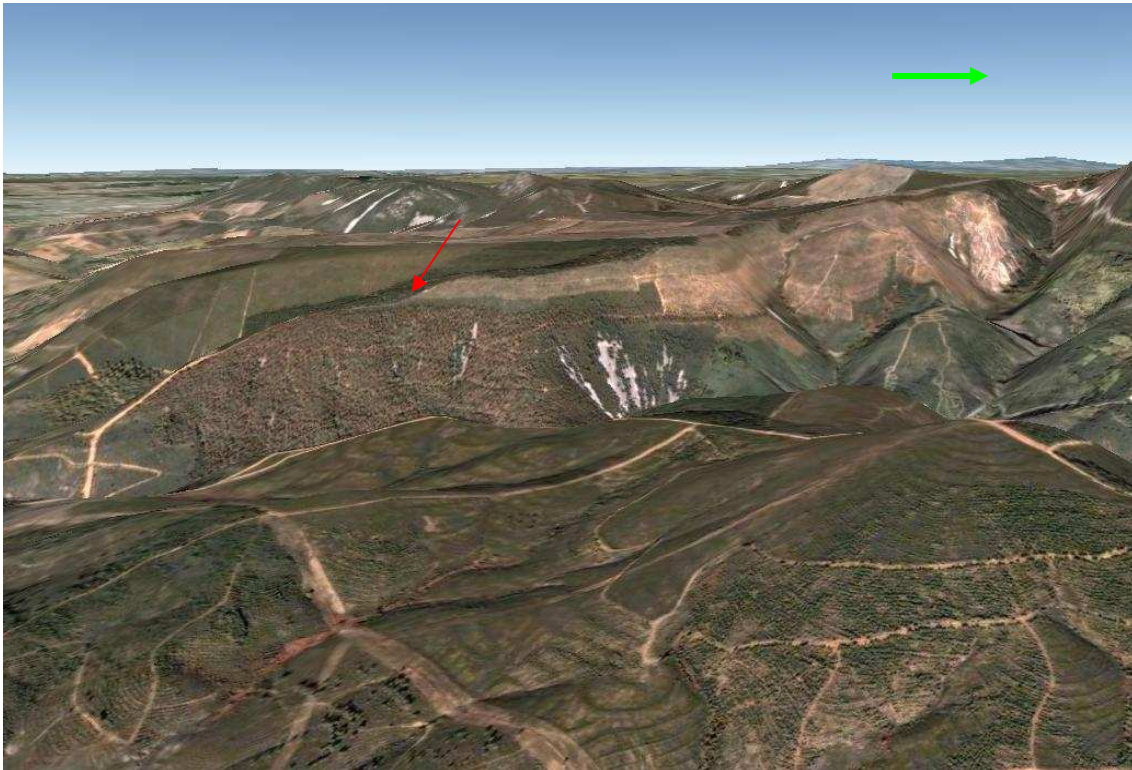


Figura IV-41. La Unidad de Cumbres de la Sierra de la Canchera (Flecha roja), presenta, a nivel paisajístico, muy baja capacidad de absorción. (Flecha verde: Norte).

Hay que indicar que la existencia a media ladera de la línea eléctrica de evacuación, genera un impacto visual sinérgico al del propio parque eólico el cual se sitúa en cumbres y apantallado por la propia orografía. Estos tendidos son elementos que por sus características distorsionan linealmente al no encontrarse integrados en el entorno y romper las unidades vegetales, al ser aéreos. Tener en cuenta que, las estructuras metálicas impactan mucho en el entorno ambiental, con lo cual se toman las medidas oportunas para no utilizar material reflectante y darle un cromatismo acorde con el entorno.

Los elementos característicos de una instalación eólica que producen este tipo de impacto son:

- Aerogeneradores
- Edificaciones
- Líneas eléctricas
- Los accesos a la instalación.

Los aerogeneradores suelen minimizar su impacto mediante colores y formas atractivas. La edificación se posiciona en una zona no muy visible a cierta distancia, sirviéndose de la orografía existente y em-

pleando el cromatismo más adecuado para asemejarse a los elementos de la zona de implantación.

Las líneas eléctricas aéreas, en general, al ser enterradas no impactan. Los accesos minimizan su impacto evitando al máximo posible el movimiento de tierras necesario, recuperando inmediatamente la cobertura vegetal afectada y autorizándose el paso solo al personal de explotación de las instalaciones.

Los viales no se van a desarrollar en el frente de sierra, zona de mayor pendiente y visibilidad, sino que se desarrollarán hasta media ladera y serán lineales al parque eólico, utilizando los ya existentes, con el apantallamiento vegetal natural que presentan, es decir, van subiendo por las zonas de menor pendiente y menor intrusión visual.

Los ángulos de visualización y el impacto pueden establecerse en tres niveles:

Primer nivel, dentro de la instalación o colindante con ésta, con un gran impacto.

Segundo nivel o intermedio, en el que la topografía suele minimizar el impacto hasta hacerlo leve.

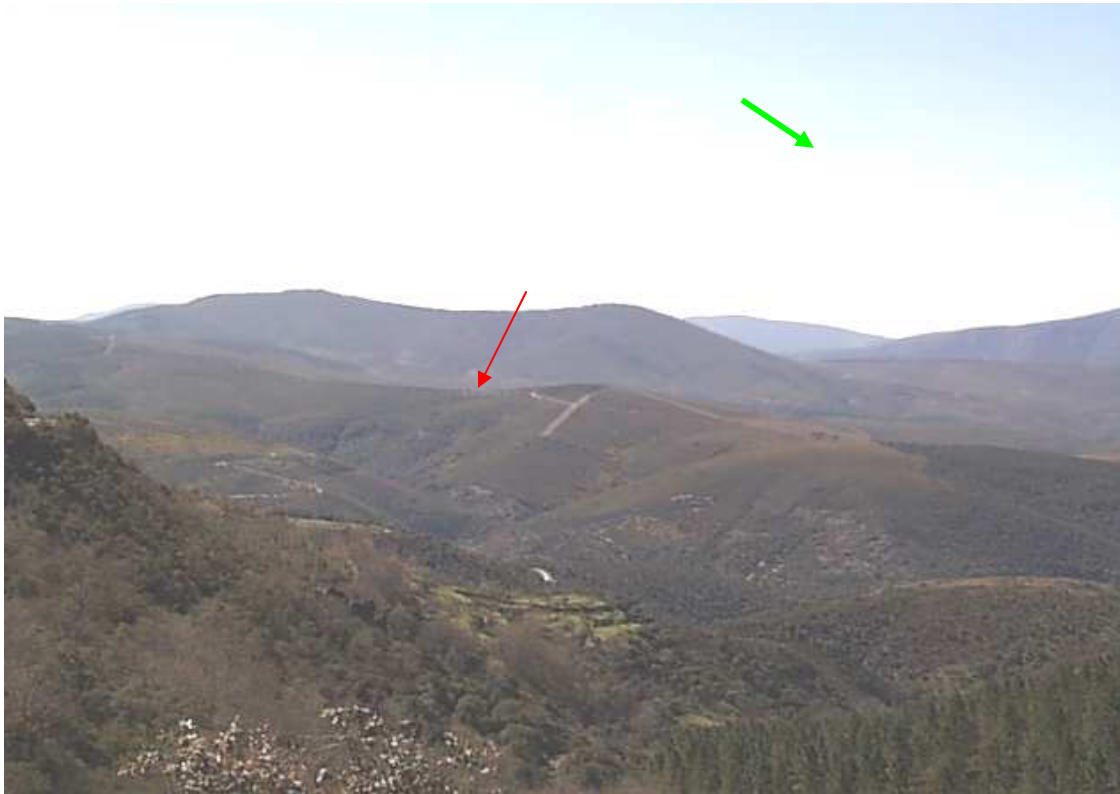


Figura IV-42. Panorámica desde Serradilla del Llano de la Sierra de la Canchera (Flecha roja), los impactos quedarían atenuados por la distancia. (Flecha verde: Norte).

Tercer nivel, a partir de varios kilómetros de la instalación, en el que el impacto depende muy directamente de la orientación de visualización del observador. Desde el sector norte, a partir de cierta distancia se reduce la visualización del Parque Eólico. (Figura IV-42).

Hay que tener en cuenta el aumento de la sobrecarga espacial, originada por la densidad de la ocupación. Como es lógico, al aumentar el coeficiente de ocupación del suelo, aumenta la sobrecarga espacial. Las zonas vegetadas dispersas por la periferia, disminuyen la sensación de aglomeración puntual de infraestructuras, eliminando el enmascaramiento litológico y vegetal dicha presión espacial del parque eólico.

A continuación se muestran las valoraciones cualitativas de incidencia o importancia y magnitud de los impactos, junto con el resto de cruces de los factores bióticos y socioeconómicos.

Caracterización de Impactos y Valoración Cualitativa.

La valoración cualitativa de la importancia o incidencia y la magnitud de los impactos, se realiza por medio de una serie de atributos para llegar a un valor final de impacto para cada efecto, que sumados genera el impacto final global de la actividad sobre el entorno.

Importancia o Incidencia (I). A partir de la matriz de impactos (cruce causa-efecto) se procede a la caracterización de las alteraciones en términos de atributos determinantes de la forma y grado de la incidencia del impacto, estos atributos son: signo (+/-), efecto (EF), acumulación (AC), periodicidad (PI), duración o persistencia (PER) y reversibilidad de la alteración (REV).

Signo (+/-): el impacto producido puede considerarse un beneficio (+), perjudicial para el medio (-) o previsible, pero difícil de calificar sin estudios de detalle.

Efecto (EF): se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser Indirecto (1) o Directo (3).

Acumulación (AC): Incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Simple (1), acumulativo (3).

Periodicidad (PI): Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente, de forma impredecible en el tiempo o constante en el tiempo. La manifestación puede ser discontinua (1), periódica (2) o continua (3).

Persistencia (PER): Se refiere al tiempo que se espera que permanezca el efecto desde su aparición. Puede expresarse en unidades de tiempo, generalmente años, y suele considerarse que es temporal si lo hace entre uno y diez años, y permanente si supera los diez años. El impacto puede considerarse como fugaz (1), temporal (2) o permanente (3), a partir del momento en que aparece la acción.

Reversibilidad (REV): Se refiere a la posibilidad de volver al estado inicial o estado cero del factor afectado por si sólo una vez que deja de actuar la acción sobre el medio, y en caso de que sea posible, al intervalo de tiempo que se tardaría en lograrlo. Si es menos de un año se considera corto plazo (1); entre uno y diez años medio plazo (2); y si se superan los diez años o es imposible reconstruir el factor se considera a largo plazo (3).

Se ha utilizado una puntuación de 1 a 3 para valorar estos atributos y calcular en función de ellos la incidencia o importancia, entendiendo como tal, la trascendencia de la acción sobre el factor alterado. Su cálculo, estandarizado entre 0 y 1, se basa en una función lineal, consistente en una suma ponderada de las puntuaciones asignadas a los atributos:

$$I = EF + AC + PI + PER + REV/15$$

La estandarización entre 0 y 1 se hace obteniendo el valor que proporciona dicha función para el impacto de que se trate, y

dividiendo el resultado entre los valores máximos.

Magnitud (M). Para valorar la magnitud establecemos los atributos que cuantifican la magnitud de la afección y el ámbito de influencia de la actividad. Estos atributos son: intensidad (I), extensión (EX), momento (MO), sinergia (SI) y recuperabilidad (REC).

Intensidad (I): grado de destrucción de cada impacto sobre el medio. Puede ser bajo (1), medio (2), o alto cuando el impacto afecta a todo el entorno (3).

Extensión (Ex): se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto). Ésta puede considerarse puntual (1), si la acción produce un efecto localizable; parcial (2) situación intermedia entre la situación anterior y posterior, o extensa (3), si el efecto no se puede ubicar dentro del entorno del proyecto.

Momento (Mo) en que se produce el impacto: alude al tiempo que transcurre desde la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Éste puede ser a largo plazo (1), a corto plazo (2) o inmediato (3).

Sinergia (SI): contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La presencia simultánea de varios agentes o acciones supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de incidencias individuales. Puede ser simple (1), sinérgico (2) y muy sinérgico (3).

Recuperabilidad (REC): describe la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado, como consecuencia del proyecto, es decir, es la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación por medio de la intervención humana. Puede ser inmediato (1), medio plazo (2), y irrecuperable (3).

Se utiliza en general, una puntuación de 1 a 3 para valorar estos atributos y calcular en función de ellos la magnitud. Su cálculo se realiza, teniendo en cuenta que un parque eólico genera impactos negativos, donde la intensidad y extensión cobran más notoriedad que el resto de factores (momento, sinergia y recuperabilidad) por lo que se

aplican unos coeficientes numéricos, según presente el atributo mayor o menor magnitud en el medio. Así, la intensidad la multiplicamos por 3 (dada el efecto negativo en un entorno de gran calidad y singularidad) y la extensión por 2 (dado su posición altitudinal y cuenca visual), resultando la siguiente función lineal:

$$MA: 3I+2EX+MO+SI+REC/15$$

La valoración final -VF-(Figura IV-43) del impacto global de la actividad sobre el medio, se realiza en base a la tabla de enjuiciamiento, y se obtiene multiplicando los dos parámetros anteriores (incidencia o importancia y magnitud) por el peso. El peso ó importancia de los factores ambientales representa la contribución de cada uno ellos a la calidad ambiental. Los pesos se establecen repartiendo 100 puntos entre los factores ambientales del proyecto (abiótico: 40, biótico: 25, perceptual: 20, socioeconómico: 15). En nuestro caso analizamos solamente los factores abióticos y perceptuales, con lo que el peso total es 60). El cálculo se fundamenta en los siguientes conceptos:

- Incidencia (I): Importancia o grado de severidad del efecto, que se valora según atributos.
- Magnitud (M): Cantidad o calidad del efecto producido, que se ha valorado cualitativamente.
- Peso (P): Contribución relativa de cada uno de los impactos a la calidad ambiental.
- Valor Final (VF): Unidades de impacto ambiental afectadas.

$$VF: Magnitud \times Incidencia \times Peso.$$

Se señalan igualmente los efectos positivos sin valorarlos, ya que no representan agresiones al medio natural.

A partir de la valoración final, los impactos generados por el proyecto se agrupan según la necesidad de corrección en:

Impactos compatibles: no precisan medidas correctoras de ningún tipo.

Impactos moderados: su recuperación no precisa medidas correctoras intensivas ya que las condiciones iniciales se logran a corto plazo.

Impactos severos: su recuperación exige medidas correctoras o protectoras, y suponen una recuperación a largo plazo.

Impactos críticos: magnitud superior al umbral aceptable. Supone la pérdida permanente de calidad de condiciones ambientales sin posible recuperación.

Los impactos positivos son:

- Una mejora económica del pueblo por ingresos en forma de salarios, impuestos, venta de productos agrícolas.
- Una mejora del trabajo por la creación de puestos directos e indirectos.
- Asentamiento de población en el pueblo.
- Posibilidad de mejorar la calidad agrológica de los suelos, al proceder en las tareas de acondicionamiento a realizar aportes de nutrientes naturales y materia orgánica, generando enmiendas que favorezcan el desarrollo de los suelos y la instalación de la vegetación.

	SIGNO	EFECTO	ACUMULACION	PERIODICIDAD	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	INCIDENCIA	INTENSIDAD	EXTENSION	MOMENTO	SINERGIA	RECUPERABILIDAD	MAGNITUD
CONTAMINACION POLVO	-	3	1	1	2	1	0.53	2	2	2	1	2	0.60
CONTAMINACION GASES	-	3	1	1	2	2	0.60	1	1	1	1	1	0.33
CONTAMINACION RUIDOS	-	3	1	1	2	1	0.53	2	1	1	1	1	0.40
GEOMORFOLOGÍA TERRENO	-	3	3	1	3	2	0.80	2	1	2	1	1	0.46
AGUAS CALIDAD	-	1	3	2	3	2	0.73	2	1	2	1	3	0.60
EFECTO BARRERA Y DRENAJE	-	3	1	2	3	2	0.73	2	3	2	1	3	0.73
SUELO DEGRADACION Y OCUPACION	-/+	3	3	2	3	1	0.80	3	3	2	1	3	0.80
PROCESOS GEOLOGICOS	-/+	3	3	2	3	1	0.80	3	3	2	2	2	0.80
PAISAJE	-	3	3	3	1	1	0.73	1	3	3	3	2	0.80
PATRIMONIO NATURAL	-	3	1	3	3	3	0.86	3	2	3	3	3	0.93

INCIDENCIA:

EFECTO: Indirecto (1) y Directo (3).

ACUMULACION: Simple (1) y Acumulativo (3).

PERIODICIDAD: Discontinua (1), Periódico (2) y Continuo (3).

PERSISTENCIA: Fugaz (1), Temporal (2) y Permanente (3).

REVERSIBILIDAD: A Corto Plazo (1), Largo Plazo (2) e Imposible (3).

MAGNITUD:

INTENSIDAD: Baja (1), Media (2) y Alta (3).

EXTENSION: Puntual (1), Parcial (2) y Extenso (3).

MOMENTO: A Largo Plazo (1), Corto Plazo (2) e Inmediato (3).

SINERGIA: Simple (1), Sinérgico (2) y Muy Sinérgico (3).

RECUPERABILIDAD: Inmediata (1), Medio Plazo (2) e Irrecuperable (3).

Figura IV-43. Matriz de Caracterización del Parque Eólico, obteniendo la incidencia y magnitud de los impactos.

La valoración final (se realiza teniendo en cuenta los valores de la incidencia y magnitud, valorados de 0-1 cada uno, y se multiplica por el peso de cada parámetro. Este peso se calcula en base al porcentaje total del peso del medio abiótico (40) y medio perceptual (20), siendo 60 (40+20), siendo el peso para cada impacto de 0-10, repartiendo la puntuación según la notoriedad de cada elemento natural afectado por el proyecto. En este caso la Geomorfología, el Paisaje y el Patrimonio Natural son importantes, valorándose respectivamente el peso con 9 puntos sobre 10, quedando el resto de impactos con una

menor cuantía. La suma de todos los pesos ponderados (columna Peso) es de 60 (Medio Abiótico + Medio Perceptual). (Figura IV-44).

Multiplicando la incidencia por la magnitud y el peso, obtenemos la valoración final del impacto. Para el enjuiciamiento se agrupan, tal como establece la normativa ambiental los impactos en Compatibles, Moderados, Severos y Críticos. En nuestro caso los impactos con valor inferior a 1, son compatibles; entre 1-3 son moderados, entre 3 y 5 son severos y mayores a 5 son críticos.

IMPACTO	INCIDENCIA	MAGNITUD	PESO	VALORACION FINAL.	ENJUICIAMIENTO
CONTAMINACION POLVO	0.53	0.60	6	1.90	Moderado
CONTAMINACION GASES	0.60	0.33	5	0.99	Compatible
CONTAMINACION RUIDOS	0.53	0.40	6	1.27	Moderado
GEOMORFOLOGÍA TERRENO	0.80	0.46	9	3.31	Severo
AGUAS CALIDAD	0.73	0.60	5	2.19	Moderado
EFFECTO BARRERA Y DRENAJE	0.73	0.73	3	1.59	Moderado
SUELO DEGRADACION Y OCUPACION	0.80	0.80	4	2.56	Moderado
PROCESOS GEOLOGICOS	0.80	0.80	4	2.56	Moderado
PAISAJE	0.73	0.80	9	5.25	Crítico
PATRIMONIO NATURAL	0.86	0.93	9	7.19	Crítico

Figura IV-44. Matriz de Enjuiciamiento del Impacto: Compatible: (0-1), Moderado (1-3), Severo (3-5) y Crítico (> 5)

Valoración Cuantitativa.

En este apartado vamos a realizar una valoración cuantitativa para estimar mejor el impacto generado sobre los factores abióticos más importantes, analizados en este trabajo: geomorfología, paisaje, patrimonio y riesgos.

En primer lugar establecemos la ubicación del proyecto en la cartografía de recomendaciones y limitaciones de usos, elaborada en la EAE, obteniendo el valor de cada factor mediante el método de superposición cartográfica. Se ha ponderado y realizado el cálculo algebraico directamente con las cartografías “raster”, obteniendo los

diferentes valores de los indicadores de impacto de las funciones de transformación., a partir del valor digital de los píxeles del sector.

A partir de la cartografía de Grados de Protección (Figura IV-45), se aprecia que se ubica en el ENP de Las Batuecas-Sierra de

Francia, en su límite Oeste, correspondiente a un sector con grado de protección muy alto-alto, lo cual implica una situación no sostenible ambientalmente, teniendo en cuenta la metodología seguida a lo largo de este trabajo.

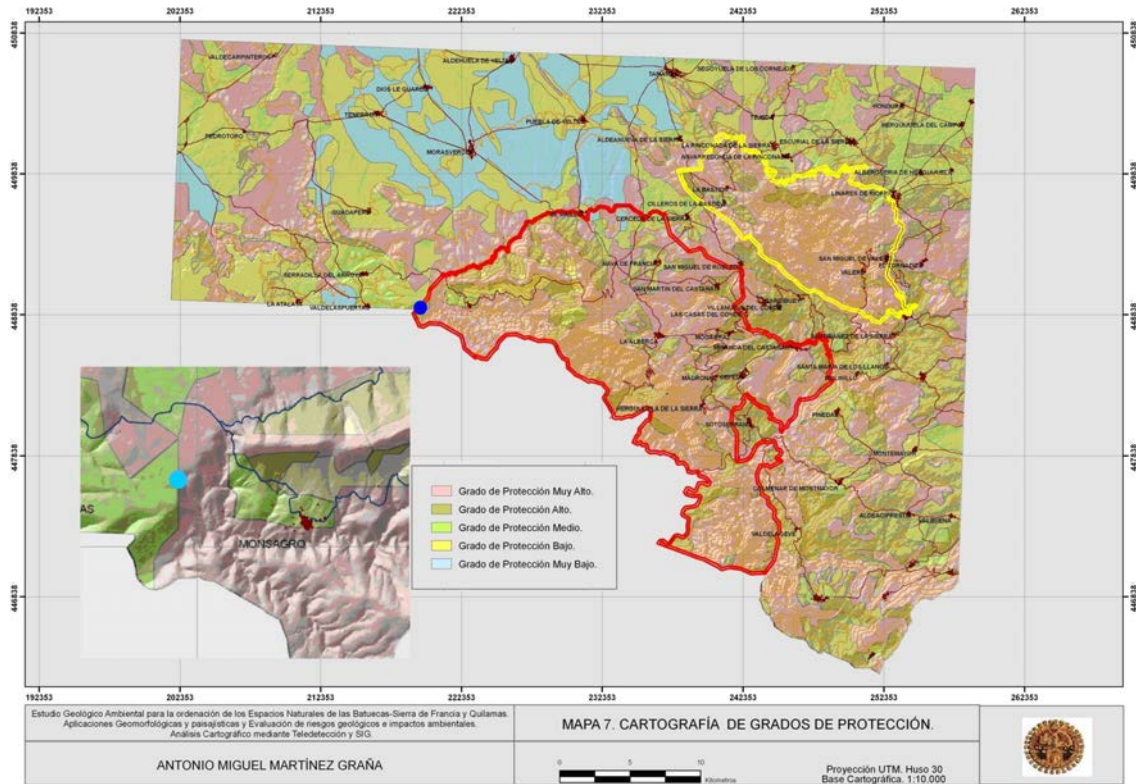


Figura IV-45. Cartografía del Grado de Protección con la ubicación del Parque Eólico (punto azul).

A continuación se establecen las diferentes funciones de transformación que determinan la calidad ambiental, a partir de la valoración de los diferentes indicadores de cada factor analizado, teniendo en cuenta las situaciones de “Sin Proyecto” (SP) y “Con Proyecto” (CP). Estas funciones de transformación expresan, por lo tanto, la relación entre la magnitud, en unidades inconmensurables y la calidad ambiental (0-1); para cada factor ambiental analizado.

Con estas funciones de transformación pasamos de unidades inconmensurables o no comparables representadas por los indicadores de cada parámetro a unidades conmensurables o comparables de calidad ambiental, donde el valor 1 es el más favorable y el 0 el menos favorable, quedando

comprendidos los valores intermedios de calidad ambiental cuantitativamente.

Estas funciones de transformación son funciones gráficas que pueden ser lineales o curvas, positivas o negativas, pueden tener un máximo o mínimo intermedio, o bien presenta otro tipo de formas (en escalera, discontinuas, etc.).

Los impactos valorados cuantitativamente mediante funciones de transformación, son las seleccionadas por su mayor valoración cualitativa y son: la geomorfología del terreno (severo), el patrimonio y paisaje (críticos) y por último hemos tenido en cuenta los procesos geológicos o riesgos (moderado). Cuando la pérdida en calidad ambiental o impacto neto (diferencia entre el valor del indicador en situación con proyecto y sin proyecto) es igual o superior

a 0.3 se considera un impacto severo-critico.

Geomorfología del Terreno.

La función de transformación constituye una función sinuosa, donde la calidad ambiental se magnifica en los extremos y se ralentiza con los valores intermedios. Función curva con pendiente positiva, ya que al constituir un factor positivo el geomorfológico, la presencia de dominios de alto valor mejora la calidad ambiental. Esta función muestra que con magnitud o índice geomorfológico bajo, la calidad ambiental es baja, pero a medida que aumentamos el valor del índice geomorfológico la calidad crece progresivamente. Los valores de calidad ambiental crecen rápidamente con ligeras por ejemplo, sinuosidades del terreno, llegando a un punto en el que la calidad ambiental es intermedia manteniéndose constante hasta que ascienda rápidamente con la presencia de formas o dominios geomorfológicos de mayor relevancia (sierras, cumbres, etc.).

Este Índice Geomorfológico (IG) tiene en cuenta tres parámetros: La modificación del relieve, la variación de las pendientes y el grado de afección a los diferentes dominios geomorfológicos. El primer parámetro se estima en base a la variación de la sinuosidad del relieve a escala “micro”. Las pendientes, escala “mega” se valoran según el porcentaje de variación y finalmente se ponderan los dominios geomorfológicos. Estas tres cartografías se encuentran en el apartado II₈ de paisaje. Los valores de cada parámetro van de 1 a 5.

En la situación de sin proyecto este sector presenta, a partir del análisis cartográfico una sinuosidad del relieve alta (valor 4), la cual es menor debido a la instalación del parque eólico, es decir con proyecto (valor 1). En cuanto a las pendientes sin proyecto son altas (valor 4) y con proyecto, la explanación a realizar para colocar la cimentación de los báculos de los aerogeneradores genera movimientos de tierras que muestran pendientes medias-bajas (valor 3). Finalmente la afección a dominios geomorfológicos de gran valor (cuerdas y crestas), indica que el sector sin proyecto presenta alto valor geomorfológico (valor 5), y con proyecto la pérdida

de naturalidad y singularidad es notable (valor 1).

Parque Eólico S. Canchera:

$$IG_{SP} = 4 + 4 + 5 = 13 \text{ (86,66\%)}$$

$$IG_{CP} = 1 + 3 + 1 = 5 \text{ (33,33\%)}$$



$$VF = 0,92 - 0,48 = 0,44$$

El valor obtenido (0.44) confirma que la valoración cualitativa (valor 3.31) esta de acuerdo (Figura IV-44), ya que al sobrepasar el impacto neto el valor 0.3 se considera impacto severo o critico.

Paisaje.

La función de transformación presenta forma curva con pendiente positiva, de forma que los índices paisajísticos bajos generan baja calidad ambiental, en cambio, los índices paisajísticos altos muestran una alta calidad ambiental en el entorno de estudio.

El Índice Paisajístico (IP), se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$IP = \text{Calidad Paisajística} + \text{Fragilidad Paisajística}$$

La calidad paisajística y la fragilidad se evalúan de 1 a 5 según tengan muy baja (1), baja (2), media (3), alta (4) y muy alta (5) calidad y/o fragilidad paisajística, valores que se implementan en los diferentes mapas, reclasificando sus valores y estableciendo las operaciones algebraicas correspondientes. Finalmente se obtiene el valor del píxel de ubicación del proyecto a evaluar a partir de la cartografía. La Escala del indicador ambiental es de 0-100, por lo

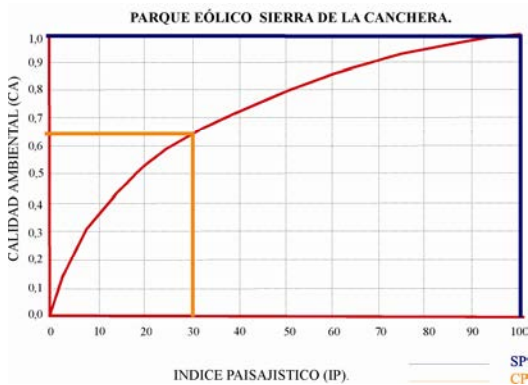
que se obtienen los valores finales en %, a partir de su correspondencia con el valor máximo al 100%, por ejemplo, en el IP, el valor máximo es de 10 (5 de calidad + 5 de fragilidad), que se corresponde con el 100%.

Se observa que el valor de estos pixeles en la cartografía de calidad paisajística es muy alta (valor 5) para la situación sin proyecto, en el caso de instalar el Parque Eólico, dicha calidad disminuirá notablemente por la presencia de instalaciones antrópicas y modificaciones del entorno (valor 2). Además este sector muestra en la cartografía de fragilidad muy alta fragilidad (valor 5) sin proyecto, en cambio la presencia del Parque Eólico generaría un descenso de la fragilidad al presentar carga espacial antropica, disminuyendo la fragilidad del entorno (valor 1). Se entiende que una mayor fragilidad muestra una predisposición a la no instalación de actividades antropicas por su poca capacidad de acogida o resiliencia del impacto.

Parque Eólico S. Canchera:

$$IP_{SP} = 5 + 5 = 10 \text{ (100\%)}$$

$$IP_{CP} = 2 + 1 = 3 \text{ (30\%)}$$



$$VF = 1.00 - 0.65 = 0.35$$

El valor obtenido (0.35) confirma al igual que en el caso del índice geomorfológico, un impacto severo o crítico, confirmando que la valoración cualitativa (5.25) de dicho parámetro está de acuerdo. (Figura IV-44).

Patrimonio Natural.

La función de transformación es lineal, inversa, con pendiente negativa de forma que la calidad ambiental es proporcional a la magnitud del indicador, de forma que la calidad ambiental es alta en zonas de gran valor patrimonial o índices de patrimonio natural bajo (alto grado de conservación y/o bajo grado de alteración).

El Índice de Patrimonio Natural (IPN), que engloba la geodiversidad, se pondera a partir de la cartografía de patrimonio natural, considerando en el caso de afectar a un área, lugar o punto de interés geológico, los valores establecidos en las correspondientes fichas de patrimonio. Los parámetros considerados son: el grado de conservación y/o destrucción del lugar (1 muy conservados, 4 muy deteriorados), la distancia a los puntos de interés (1 gran distancia, 4 menor distancia) y los núcleos de población y por último el coeficiente de interés del patrimonio afectado (puntos de gran interés 1, y de poco interés 4). La función de transformación tiene en cuenta que el deterioro o degradación del patrimonio merma la calidad ambiental del medio.

De forma similar a los otros índices, se valora la posible alteración al Patrimonio Natural, de forma que sin proyecto el sector muestra poca alteración o buen estado de conservación ya que no hay viales ni actividad antrópica (valor 2), con proyecto la alteración del entorno aumenta (valor 4). En cuanto a la distancia a zonas antropicas, siendo alta esta distancia sin proyecto (valor 1) y con proyecto es baja o nula ya que la influencia antropica llega hasta la misma cumbre, por medio de viales, etc. (valor 4). Finalmente se valora sin proyecto un alto interés y singularidad de estos dominios de cumbres (valor 2), generando la degradación del lugar la construcción y presencia del proyecto (valor 4).

Parque Eólico S. Canchera:

$$IP_{SP} = 2 + 1 + 2 = 5 \text{ (33 \%)}$$

$$IP_{CP} = 4 + 4 + 4 = 12 \text{ (80\%)}$$



$$VF = 0.70 - 0.20 = 0.50$$

La valoración cuantitativa muestra un impacto final de 0.50, lo cual muestra un impacto crítico, al igual que mostraba la valoración cualitativa de 7.19.

Procesos Geológicos.

La función de transformación que presentan los procesos geológicos es curva con pendiente negativa, estableciendo los sectores de alta calidad ambiental en las zonas donde no existen riesgos geológicos, y en cambio, las zonas de menor calidad ambiental se corresponden con las zonas de mayor presencia de procesos o riesgos geológicos. En el sector intermedio se genera una función lineal delimitando situaciones en las que el índice de riesgos es constante o similar.

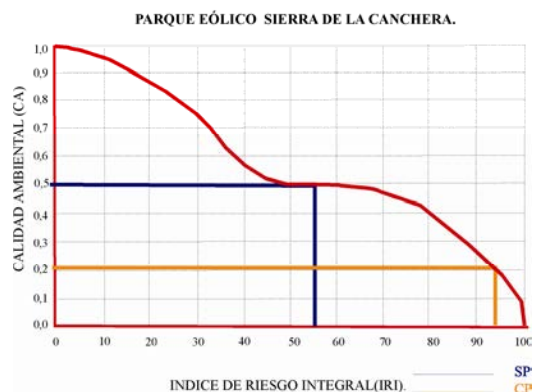
El Índice de Riesgos Integral (IRI), se obtiene a partir de las cinco cartografías de riesgos realizadas en el presente estudio. Por un lado la cartografía de riesgos erosivos –hídrica y eólica- y movimientos de ladera. Ambos tipos de riesgos se ponderan con valores de 1 a 5, de riesgo muy bajo (1) hasta riesgo muy alto (5). Se tiene en cuenta también, la cartografía de riesgos cársticos, geotécnico y de inundación, con valores de riesgo nulo (1), medio (2) y alto (3); o bien para inundaciones con periodos de retorno de 500 años (1), los de 100 años (2) y los periodos de retorno menores a 50 años y el cauce (3).

La mayoría de los riesgos se incrementan con la presencia de las instalaciones, siendo inexistentes en fase de sin proyecto al no existir afección a la población ni a bienes humanos.

Parque Eólico S. Canchera:

$$IRI_{SP} = 3 + 3 + 1 + 3 + 1 = 11 \text{ (57,89\%)}$$

$$IRI_{CP} = 5 + 5 + 1 + 5 + 2 = 18 \text{ (94,73\%)}$$



$$VF = 0.51 - 0.21 = 0.30.$$

La valoración final de los procesos geológicos o riesgos muestra un valor de 0.30, lo cual permite establecer un impacto severo, frente al impacto moderado de la valoración cualitativa (2,56).

Si comparamos la valoración cualitativa y cuantitativa observamos que la valoración cuantitativa, basada en el método cartográfico mostrado a lo largo de este trabajo, presenta un grado de fiabilidad mayor que la valoración cualitativa.

El impacto severo-crítico, es difícil de corregir, pudiendo determinar la no viabilidad del proyecto al no ser asumible, generando una Declaración de Impacto Ambiental desfavorable, a efectos medioambientales, sobre dicho factor analizado. El análisis de impacto ambiental del parque eólico, se observa que no es compatible con el entorno natural que presupone el proyecto, con respecto a los factores abióticos y perceptual. Su valoración cualitativa y cuantitativa, realizada en base a la cartografía permite establecer una afección negativa de gran importancia, siendo la viabilidad ambiental severo-crítica, en esta zona, aun teniendo en cuenta las medidas correctoras y/o compensatorias.

Medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias.

Las medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias se establecen para que

los diferentes impactos (moderados y severo-críticos) pasen a ser compatibles, o bien los severo-críticos pasen a moderados.

Los objetivos fundamentales de crear las oportunas medidas preventivas y correctoras son atenuar o eliminar los impactos esperados. Se recomienda la aplicación de todas y cada una de ellas, en caso de declaración de impacto ambiental favorable, para que las principales implicaciones medioambientales del Parque Eólico se reduzcan.

Las medidas preventivas y correctoras que estimamos necesarias implantar, van encaminadas a minimizar el posible deterioro de suelos y de los riesgos erosivos, potenciando el mantenimiento de la cubierta vegetal.

Fase de Proyecto.

La localización del Parque Eólico tiene en cuenta el Plan Eólico de Castilla y León, No obstante, deben tenerse en consideración en esta fase de proyecto el potenciar lo siguiente:

Los caminos deben utilizarse siempre que se pueda, los ya existentes y más cercanos haciendo por ellos el mayor recorrido posible. Deben tener cunetas perimetrales, evitar pendientes fuertes superiores al 10%, sin terraplenes ni cambios bruscos de desnivel. Además deben evitarse trazados completamente rectos. El trazado de las pistas de acceso, o utilización y acondicionado de las ya existentes, no deben afectar a bosquetes arbolados.

Las edificaciones estarán enmascaradas en zonas llanas y fuera del foco visual, y la línea de evacuación de electricidad será lo más reducida posible y soterrada para evitar el efecto perceptual del cableado.

Fase de Construcción.

Geología, Geomorfología y Edafología.

El principal objetivo será la recuperación de la vegetación natural y de los suelos que rodean al emplazamiento del Parque Eólico y evitar erosiones que se puedan originar en dichas zonas. Las medidas correctoras que se deben tomar son:

Construcciones de surcos de drenaje que impidan la formación de cárcavas y barrancos que podrían hacer reptar a la cimentación y con ella edificios y

aerogeneradores, en los límites de caminos y accesos. Los sistemas de drenaje, escurrientías, etc., afectados por las obras de infraestructura, remodelación y construcción de accesos, anejas al parque, deberán restaurarse o restituirse adecuadamente.

Se garantizará que las obras, movimientos de maquinaria y tierras se reduzcan a los mínimos imprescindibles, produciéndose únicamente en zonas directamente afectadas y se realicen en épocas de menor persistencia del impacto.

Se delimitarán estrictamente las zonas de trabajo en el interior de las parcelas afectadas, minimizando la afectación de suelo y cubierta vegetal por movimiento de tierras.

La capa vegetal procedente de la apertura de vías o ampliación de las existentes, excavaciones para cimentación de los aerogeneradores, aperturas de zanjas y demás movimientos de tierras; se retirarán de forma selectiva para ser utilizada en la restauración de las áreas degradadas, estacionamientos, conducciones y vertedero de estériles

Revegetación de las zonas alteradas mediante especies autóctonas o mediante el fomento de cultivos protectores, buscando el estado inicial. Cubrir con tierra vegetal las plataformas que sustentan los aerogeneradores y las líneas de evacuación eléctrica soterradas para permitir la revegetación de esas áreas.

Gestión y tratamiento adecuado de los volúmenes de materiales estériles. Se recomienda la recogida y utilización de estériles procedentes de la excavación para el relleno de viales, terraplenes, etc. El resto se verterá en una zona adecuada debidamente controlada y posteriormente recuperada y revegetada al término de las obras.

Evitar acumulaciones masivas de tierras en cada fase de construcción. Es igualmente importante la prevención de riesgos naturales por deslizamientos debidos a los asentamientos de las construcciones evitando zonas de fracturas con desplazamientos.

Para las escombreras temporales se deberá prever su localización, tratamiento a realizar, forma y características finales de los residuos acumulados durante la obra. Se aconseja su ubicación en la zona que

posteriormente ocupará la subestación por no ocupar nuevo terreno y ser llana.

Se realizará una gestión adecuada de aceites y residuos de la maquinaria, con entrega a gestor autorizado. Los suelos contaminados se retirarán y llevarán a vertedero controlado.

Aire. Durante la fase de construcción debido en los movimientos de tierras, se debe evitar que se produzca contaminación atmosférica por acción de las partículas de polvo, con la implementación de una serie de medidas preventivas y correctoras como riego, utilización de mecanismos aspiradores en las maquinarias y procesos de machaqueo, molienda y mezclas.

Las principales acciones que dan lugar a la alteración de la calidad del aire, son las excavaciones, transporte y descarga de camiones que ocasionan emisiones de polvo y contaminantes.

En el plan de obras para la extracción, y movimiento de materiales que aplicará la empresa constructora tendrá en cuenta:

- Entoldado de camiones que circulen desde el exterior, para evitar estas emisiones y humedecer pistas de acceso.
- Límites de velocidad de vehículos y maquinaria.
- Centralización de las actividades de obra en determinados entornos.
- Retirada de materiales de desecho y construcción, una vez finalizada la obra.

Hidrología. Se garantizará la no afección a recursos de agua, superficial o subterránea, por vertidos contaminantes que pudieran producirse accidentalmente durante la fase de construcción. Con este fin se establecerán las medidas adecuadas que garanticen un correcto drenaje y recogida de los diversos tipos de sustancias.

Algunas medidas correctoras que se deben tener en cuenta sobre la calidad de las aguas son:

Evitar la afección sobre éstas, como consecuencia del lavado de áridos para hormigón, necesario para la construcción civil del parque eólico, evitando así la contaminación del suelo y aguas superficiales, y en definitiva, los ríos y arroyos próximos donde irán a parar esos lixiviados. Las actividades de este tipo se llevaran a cabo en la industrias de abastecimiento de hormigones y cementos quedando prohibido llevarlas a cabo en la zona de parque.

Suprimir la comunicación directa entre el posible foco contaminante de la obra del Parque Eólico (canteras, graveras, escombreras...) y de arroyos presentes en la zona, aunque en la zona los flujos hídricos más cercanos están al menos a 2 Km de distancia. Entre ellos debe existir un drenaje, en cunetas de caminos o accesos.

Las aguas residuales de las edificaciones de control se llevaran a una fosa séptica y será retirada periódicamente o se reutilizarán para riego. No se utilizarán productos inhibidores de la depuración natural del agua.

No se realizará vertido de cualquier tipo en especial productos tóxicos (aceites, pinturas, etc.), debiendo proceder a su recogida en contenedor específico y recuperación, entregando los aceites y residuos a gestor autorizado.

Ruido. Se debe realizar un mantenimiento de los niveles de ruidos para que sea mínima la repercusión sobre el medio natural. Las estrategias de lucha contra el ruido como medidas correctoras podrían ser:

Búsqueda de rutas alternativas para el tráfico de obra, dentro de los municipios que dan acceso al parque, a fin de evitar las molestias a la población.

Cumplimiento de las directrices de trabajo (Seguridad Laboral e Higiene en el Trabajo) referente al incremento de presión sonora debido a la utilización de maquinaria pesada.

Estricto cumplimiento de los límites de velocidad por los vehículos, no superando velocidades superiores a 30 km/h en los caminos rurales.

Comprobación que la maquinaria esta al día en cuanto a las revisiones.

Limitación y reducción del ruido a 200 m de los focos emisores de 50 db durante el día y 45 db por la noche, debiendo llevar un control de ello.

Paisaje. La actuación incontrolada sobre esta zona, puede vulnerar su fragilidad visual. Con el objeto de disminuir los efectos negativos de los impactos más significativos y lograr una integración paisajística de la obra en su entorno, se tendrá en cuenta lo siguiente:

Los taludes y terraplenes deben ser cóncavos o mixtos pues son menos erosionables, las pendientes deben ser menores 30° para que permitan un asentamiento vegetal correcto, con drenajes mediante cunetas inferiores en el talud o en el terraplén, revegetaciones según la exposición (solana o umbría), e integrar en la revegetación afloramientos rocosos en disposición no geométrica, parecida a la actual y se han de evitar los límites de plantaciones perpendiculares o paralelas a las curvas de nivel.

Las obras de edificación deben ser diseñadas, teniendo en cuenta una serie de normas para evitar el impacto paisajístico que pudieran causar, y son las siguientes:

Medidas de Diseño: se adaptarán a las formas del medio, se realizan estructuras que provoquen el mínimo corte visual, escondiendo las estructuras en la topografía del medio (cementaciones, anclado de aerogeneradores en la ladera cubriéndose el báculo con la cumbre), no resaltar estructuras con un componente arquitectónico importante, respetar la tipología constructiva del entorno, y tonos similares al del terreno (litología).

Medidas sobre las Formas: adaptarse a las características geomorfológicas, como taludes tendidos en superficies onduladas y rugosas.

Medidas sobre la Textura y Color: la vegetación natural para cubrir terraplenes, eliminar posibles colores discordantes no en cambio pequeños contrastes. En los accesos se utilizarán materiales de excavación y materiales de la zona para que su coloración y textura se integren en el entorno.

Medidas sobre la Visibilidad: colocar plantaciones arbustivas en isletas y desviaciones de los caminos para resaltar entradas y salidas.

Las acciones de restauración y recuperación ambiental se simultanearán con las actuaciones finales propias del montaje de las infraestructuras.

Durante la obra se tendrá especial cuidado con el abandono de materiales de obra, y se prestará atención a los embalajes y plásticos de las torres por su susceptibilidad de dispersión en el emplazamiento, además de efectos visuales negativos que puedan generar.

Las torres o aerogeneradores serán cromáticamente parecidas al terreno o vegetación. Se podrán pintar las bases de las mismas para camuflarlas en el paisaje con los colores dominantes en la zona que son verdes y ocres como alternativa.

El edificio de la subestación deberá ubicarse en el área de menor incidencia visual y se construirá con materiales y acabados propios de la zona (paredes en piedra y tejado en teja curva).

Patrimonio. En caso de presencia de yacimientos paleontológicos y/o arqueológicos, o bien elementos geológicos de interés, deberán tenerse en cuenta las siguientes prescripciones:

Deberá realizarse un balizado de los elementos geológicos y arqueológicos a conservar, previo a cualquier inicio de obra.

Se estudiará como alternativa el posible traslado de algún aerogenerador o vial interior pocos metros hacia la ladera.

Deberá realizarse un control y seguimiento de los movimientos de terrenos: ubicación de los aerogeneradores, zanjas de enlace, ubicación de la subestación, caminos y líneas de evacuación.

Estos controles deberán realizarse contando con los permisos correspondientes y dirigidos por Técnico competente (arqueólogo provincial, técnicos de la administración competente, etc.).

Fase de Funcionamiento.

Ruidos. Verificación y comprobación del nivel de presión sonora (45 y 50 db). Si el aumento de dB(A) resulta significativo, o superior al previsto en las especificaciones técnicas de los aparatos, se harán revisiones de los mecanismos para resolver problemas.

Aceptación social. Campaña de información y sensibilización ambiental sobre la generación de energía renovable con sus posibilidades y beneficios a la población. La empresa facilitará las instalaciones del parque como punto de de vigilancia en la logística contra incendios.

Se contará con asistencia técnica en materia de medio ambiente durante la fase de construcción coordinada con el Servicio Territorial de Medio Ambiente para el seguimiento de las medidas correctoras y de cualquier tipo de incidencia.

Se dotará a los viales de acceso al Parque, de sistemas de control bien por barreras o elementos similares que impidan la libre circulación a vehículos o a personal ajeno tanto al control y/o mantenimiento del parque como a la administración medioambiental, que serán los únicos que dispondrán de las llaves o sistemas de apertura de los mismos.

Fase de Abandono.

Retirada de todas las estructuras del proyecto y una pequeña restauración de suelo y vegetación. Para garantizar el desmantelamiento y retirada de los equipos y de toda la infraestructura, incluidas las cimentaciones, al final de su vida útil o cuando el sistema de producción de energía deje de ser operativo o rentable y/o, durante un periodo de dos años, se paralice su funcionamiento o producción, se presentará presupuesto valorado de este coste y constituirá una garantía para su futura ejecución.

Programa de Vigilancia Ambiental.

Para analizar en las diferentes fases (construcción, funcionamiento y abandono-restauración) la oportunidad y eficacia de las diferentes medidas de mitigación de los

impactos se establece un Plan de Vigilancia Ambiental.

Este Plan de Vigilancia Ambiental, debe comprender tres objetivos:

- Seguimiento directo de los trabajos para que se ajusten al plan de trabajo, evaluándose las implicaciones ambientales de cualquier modificación.
- Determinación de las afecciones reales y variaciones con respecto a lo valorado.
- Vigilancia del cumplimiento de las prescripciones de protección del medio natural previstas en las medidas correctoras antes citadas, mediante una serie de controles (Figura IV-46).

La ejecución de este Plan de Vigilancia Ambiental se corresponde cronológicamente con el siguiente desarrollo:

Instalación de una vigilancia.

Recogida de datos, almacenamiento y clasificación con la periodicidad acordada.

Interpretación de la información recogida de las medidas correctoras adecuadas. Se deben identificar las tendencias del impacto y evaluarlas para de esta manera comprobar la eficacia de las medidas correctoras.

Controles	Periodicidad
Medidas de ruido	Semestral
Informe de evolución de obras	Semestral durante las obras
Plan de restauración	Final de obras
Recogida de incidencias	Semanal
Erosión y estabilidad	Anual
Evolución de la restauración	Anual
Aceptación social	Anual
Evolución visual y paisajística.	Anual
Informe medioambiental	Semestral
Desmantelamiento	Final de actividad

Figura IV-46. Tabla de controles y periodicidad del Plan de Vigilancia Ambiental.

Se elaborarán informes periódicos en los que se señalen los niveles de impacto generados por el plan parcial y la eficacia de las medidas correctoras, el grado de acierto del estudio de Impacto Ambiental, así como su perfeccionamiento y adaptación del Programa de Vigilancia Ambiental en función de los resultados obtenidos.

Deberá existir un técnico especializado que supervise las obras que emitirá informe semestral en fase de obras y funcionamiento.

El seguimiento y vigilancia del cumplimiento de lo establecido corresponde a los órganos competentes en esa materia, facultados por el otorgamiento de la autorización del proyecto, en este caso el

Servicio Territorial de Industria, Comercio y Turismo, sin perjuicio de la inspección que tiene atribuida la Consejería de Medio Ambiente como órgano ambiental, que podrá recabar de aquellos, información al respecto, así como efectuar las comprobaciones necesarias en orden a verificar el cumplimiento del ordenamiento ambiental.

El desarrollo de un sistema de verificación sería como sigue:

Fase de Construcción y Funcionamiento.

Calidad atmosférica: Comprobación periódica del buen funcionamiento de la maquinaria y de los niveles de emisión de contaminantes.

Estado de cumplimiento de las obras en cuanto a trazados, patrimonio natural (geológico y biótico) y cumplimiento de las medidas tomadas.

Delimitación de zona afectada por obras.

Se desarrollaran los siguientes controles:

Aguas: Cambios de aceite y manejo de otras sustancias realizados en sitios al efecto y sin provocar derrames.

Instalaciones de drenaje provisionales. Pasos de maquinaria. Red viaria: Verificar si se produce algún tipo de degradación en las carreteras por el tránsito de maquinaria pesada.

Erosión: Observar si se producen fenómenos de arrastre, corrimientos de tierra, o cárcavas. Derrumbes producidos en las excavaciones. Retirada y correcta ubicación posterior de la tierra vegetal.

Verificar que se realizan riegos de las pistas y plazas de maniobras de vehículos para evitar la producción de polvo.

Contaminación acústica: Comprobación regular de la maquinaria.

Paisaje: Durante la fase de obras, se produce un efecto transitorio sobre el mismo, pero es recomendable hacer una serie de fotografías panorámicas durante el desarrollo de las obras: Fases de desbroce, excavación y montaje. Fotografías, efectuadas en días de buena visibilidad, desde los enclaves fundamentales de la cuenca visual. Análisis de la integración paisajística conforme avanza la revegetación.

IV₃. Aplicaciones Geoambientales en la Gestión de Espacios Naturales.



IV_{3.1} Cálculo de trazados de mínimo impacto paisajístico.

IV_{3.2} Geología Ambiental aplicada a la gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y a la planificación territorial del ENP Las Batuecas-S de Francia.

IV_{3.2.1} Introducción.

IV_{3.2.2} Problemática del Espacio Natural Protegido (ENP) de “Las Batuecas-S de Francia”.

IV_{3.2.3} Metodología.

IV_{3.2.4} Resultados.

IV_{3.2.5} Plan de Restauración de los puntos de vertido.

Anexos:

Anexo IV_{3.2.1}. Caracterización de puntos de vertido.

Anexo IV_{3.2.2}. Ficha Inventario de cada punto de vertido.

Anexo IV_{3.2.3}. Medidas de restauración de cada punto de vertido.

IV_{3.2} Cálculo de trazados de mínimo impacto paisajístico.

El análisis del trazado de las vías de comunicación (carreteras, rutas de senderismo, caminos agrícolas, cortafuegos...) e infraestructuras energéticas (tendidos eléctricos, canalizaciones de abastecimiento y saneamiento, parques eólicos...) presentan vital importancia en los espacios naturales protegidos, ya que deben planificarse de forma que la ruta seleccionada presente un impacto paisajístico mínimo. Por ello, a partir del proceso analítico seguido en la valoración del paisaje (calidad y fragilidad), podemos establecer el trazado de mínima valoración paisajística, de forma que su impacto sea el más bajo posible, desde

cualquier punto de partida y llegada del territorio.

En primer lugar, calculamos la cartografía raster final de Evaluación del Paisaje, mediante la suma de las cartografías de calidad y fragilidad del paisaje. Al entender que presentan la misma importancia, no se realiza una suma ponderada. La cartografía resultante se presenta en formato "grid" y la denominamos cartografía de Evaluación del Paisaje, mostrando en escala de verdes, los sectores de mayor valor paisajístico (verde oscuro) y de menor valor (verde amarillento). (Figura IV_{3.1-1}).

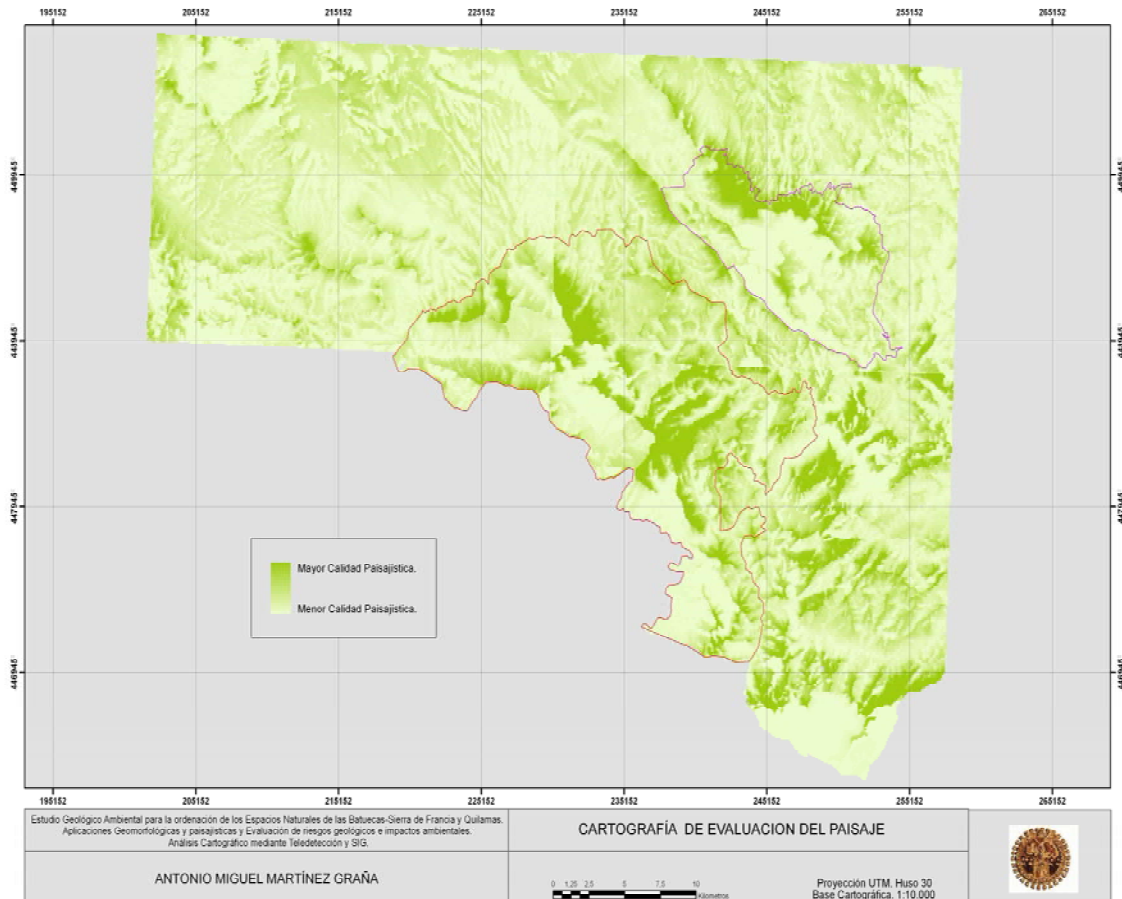


Figura IV_{3.1-1}. Cartografía de Evaluación del Paisaje.

Para este estudio se han seleccionado dos trazados de similares distancias, observando la distinta afección paisajística entre ambas, según su trazado. Las rutas son entre las localidades de Herguijuela del Campo-La Alberca y Tenebrón-La Alberca. (ver Figura IV_{3.1-6}).

En primer lugar se analiza el trazado de la ruta entre las localidades de Herguijuela del Campo, como punto de partida en el sector NE y La Alberca como punto de llegada, en el SO. El cálculo se realizará,

mediante técnicas SIG, aplicando el análisis espacial de distancias, y teniendo en cuenta la ruta de menor coste desde el punto de vista de valoración perceptual. En el proceso de cálculo debemos establecer dos cartografías intermedias que son:

1. Cartografía de Direcciones de Retorno, que define en cada celda la dirección a seguir (siguiente celda a la que debe pasar) para alcanzar el punto de llegada con el mínimo coste paisajístico posible. (Figura IV_{3.1-2}).

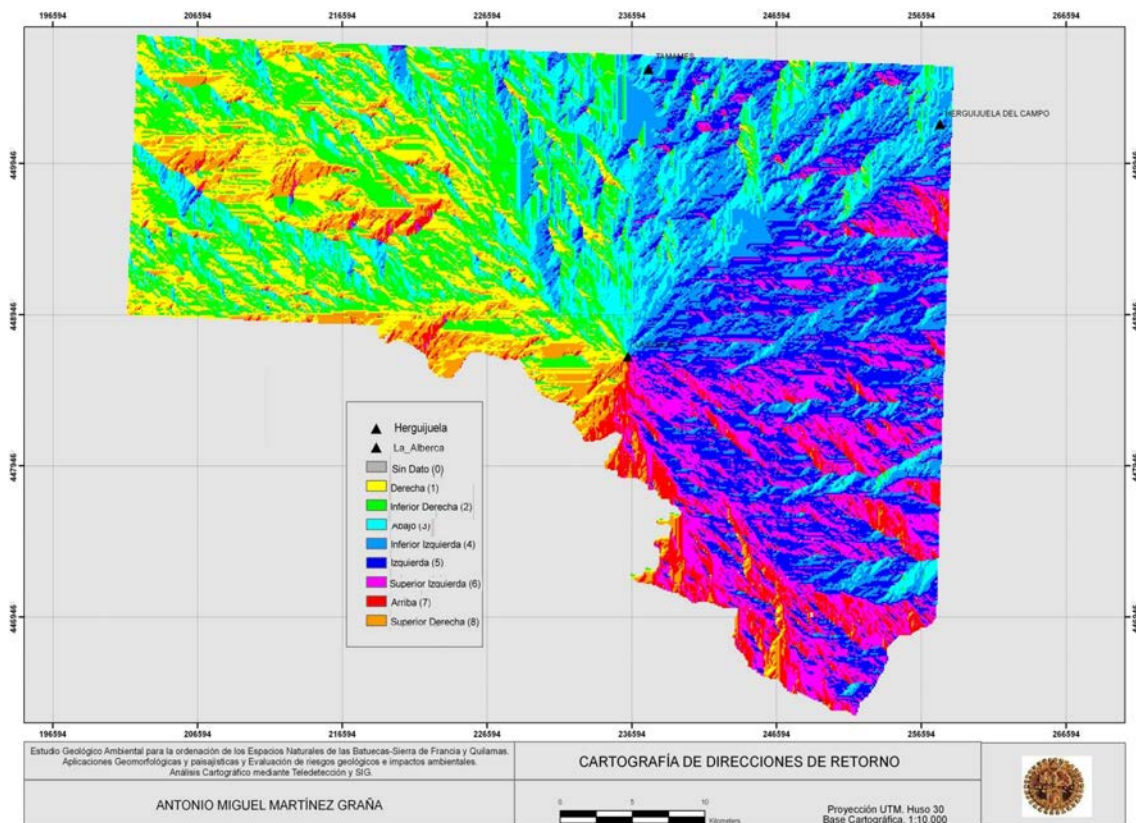


Figura IV_{3.1-2}. Cartografía de Direcciones de Retorno.

2. Cartografía de Costes Acumulados, que permite conocer para cada celda el coste acumulado de la misma al punto de llegada, siguiendo la ruta del mínimo coste entre ambos. (Figura IV_{3.1-3}).

Una vez realizado el análisis de los costes paisajísticos al punto de llegada, establecemos la ruta del mínimo coste desde el punto de salida, para lo cual como ejemplo hemos elegido la localidad de Herguijuela del Campo, en el extremo NE de la zona de estudio. Este proceso tiene en

cuenta las cartografías de dirección de retorno y de costes acumulados calculadas anteriormente. Mediante operaciones de análisis espacial, con técnicas SIG, se traza la ruta final. (Figura IV_{3.1-4}).

Para cada transecto del trazado, dado que estamos trabajando con formato raster, se pueden mostrar los valores paisajísticos de cada píxel, observando aquellos sectores de mayor incidencia, pudiendo realizar modificaciones de trazado en dichos sectores.

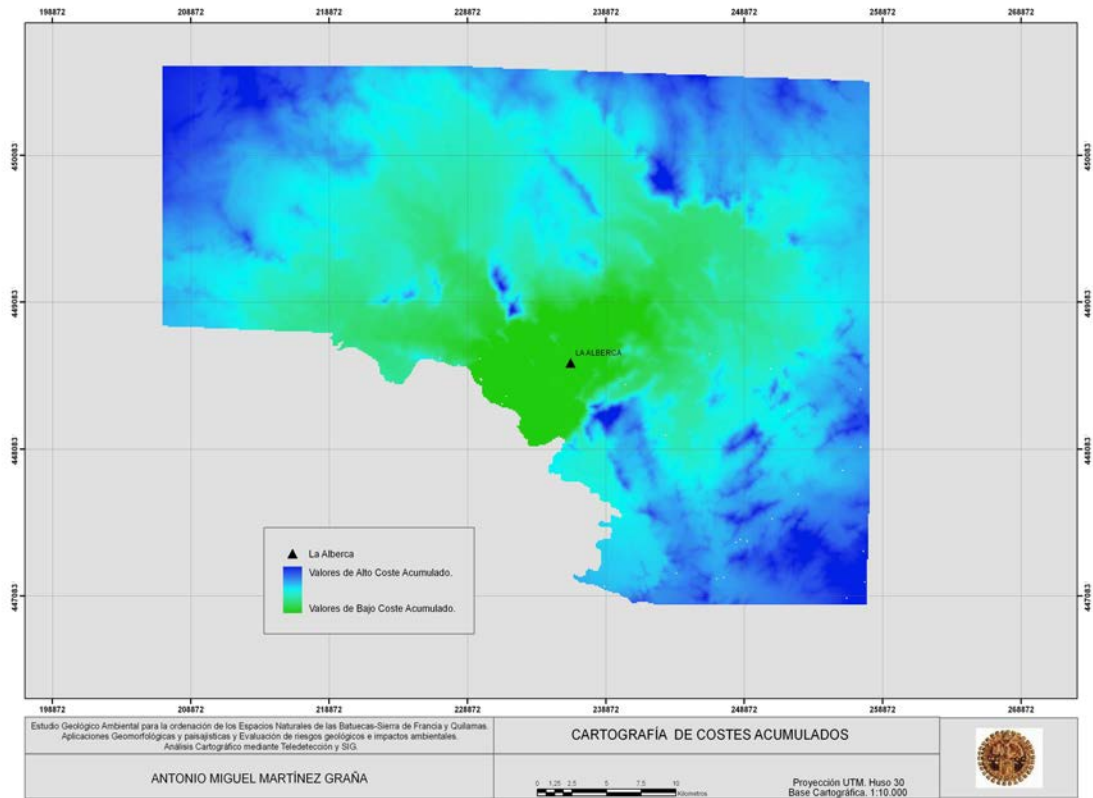


Figura IV_{3,1}-3. Cartografía de Costes Acumulados.

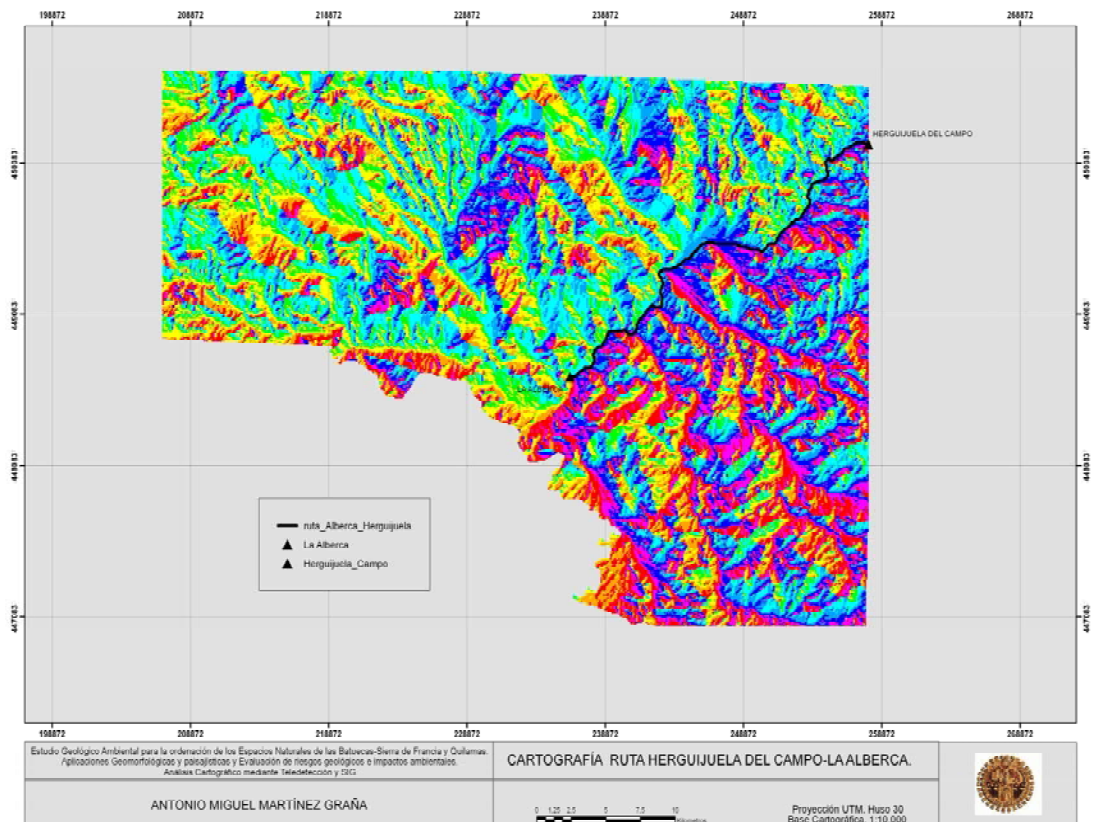


Figura IV_{3,1}-4. Cartografía de la ruta propuesta entre Herguijuela del Campo y La Alberca. La leyenda de los diferentes colores se corresponde con la de la figura IV_{3,1}-2

En los píxeles del trazado de la ruta elaborada, se observa con colores azules los píxeles de mayor valor paisajístico, dentro de los espacios naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia, y Quilamas (Figura IV_{3.1-5}) y colores claros verdes y amarillentos para los sectores de menor calidad paisajística. En Las Batuecas-Sierra de Francia, los valores son mayores en las proximidades de La Alberca y al comienzo del espacio natural, mientras que en Quilamas se aprecia como los sectores de mayor relieve constituyen las zonas de mayor valor perceptual. Esta ruta esta superpuesta sobre la cartografía de evaluación del paisaje (Figura IV_{3.1-1}), la cual presenta color verde oliva en los sectores de mayor calidad paisajística y color verde amarillento en los de menor

calidad, permitiendo analizar trazados alternativos en los sectores de mayor impacto visual de la ruta (color azul del trazado) de forma sencilla y eficaz. (Figura IV_{3.1-5}). Según lo expuesto, se puede indicar que este método es muy útil para la selección de alternativas entre varios trazados propuestos en un estudio de impacto ambiental o bien, para valorar cuantitativamente el impacto paisajístico y ubicar medidas correctoras. La valoración cuantitativa del impacto se puede realizar calculando la ruta de menor coste paisajístico, para lo que se procede a sumar los valores de los píxeles del trazado de cada ruta mediante algoritmos estadísticos de los SIG, eligiendo como alternativa sostenible la ruta de menor valor, al ser la que incide menos en el paisaje, y por lo tanto la que genera menor impacto.

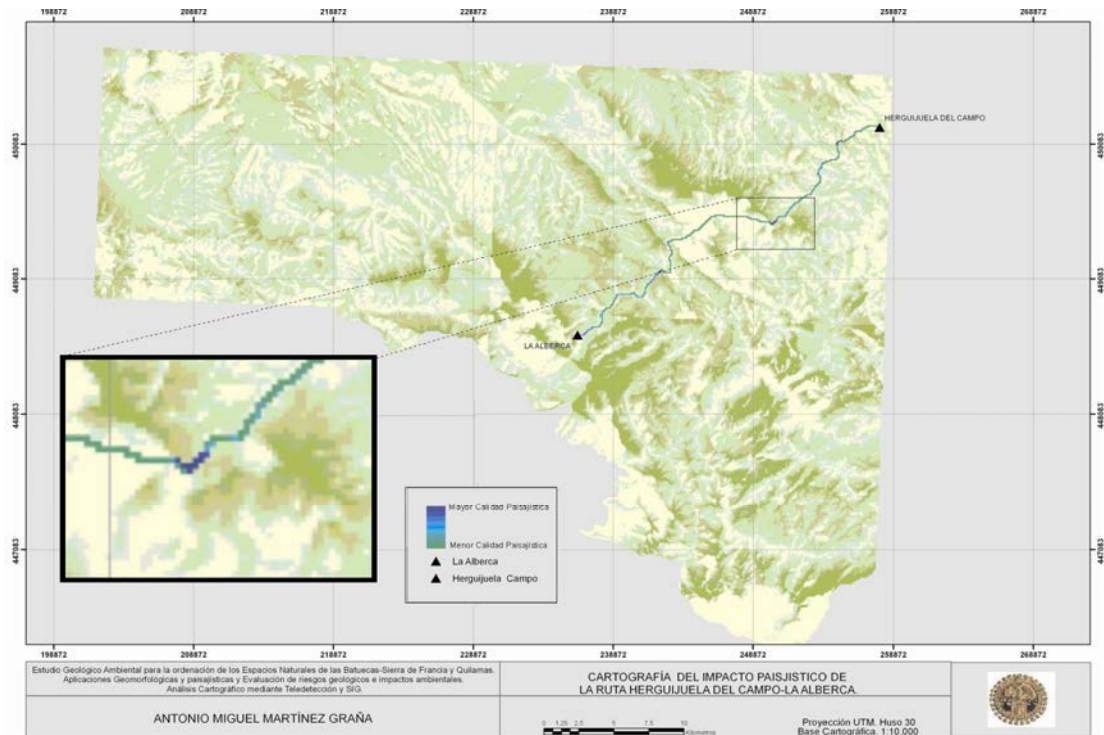


Figura IV_{3.1-5}. Cartografía de Impacto Paisajístico del trazado Herguajuela-La Alberca.

Un ejemplo de esto, podría consistir en la evaluación de la alternativa paisajísticamente más sostenible, del trazado de una línea de alta tensión, desde las localidades de Herguajuela del Campo y Tenebrón hasta la localidad de La Alberca (26 km de distancia aproximada en cada trazado). Realizando el procedimiento descrito anteriormente, obtenemos los dos trazados, valorados estadísticamente,

teniendo un impacto cuantitativo para el trazado de Herguajuela del Campo-La Alberca de 40365, mientras que el trazado Tenebrón-La Alberca es de 34255, siendo por lo tanto más asumible, al presentar menor impacto. Este valor del impacto es el resultado de la media del sumatorio de los valores de paisaje de todos los píxeles por los que pasan los trazados propuestos. (Figura IV_{3.1-6}).

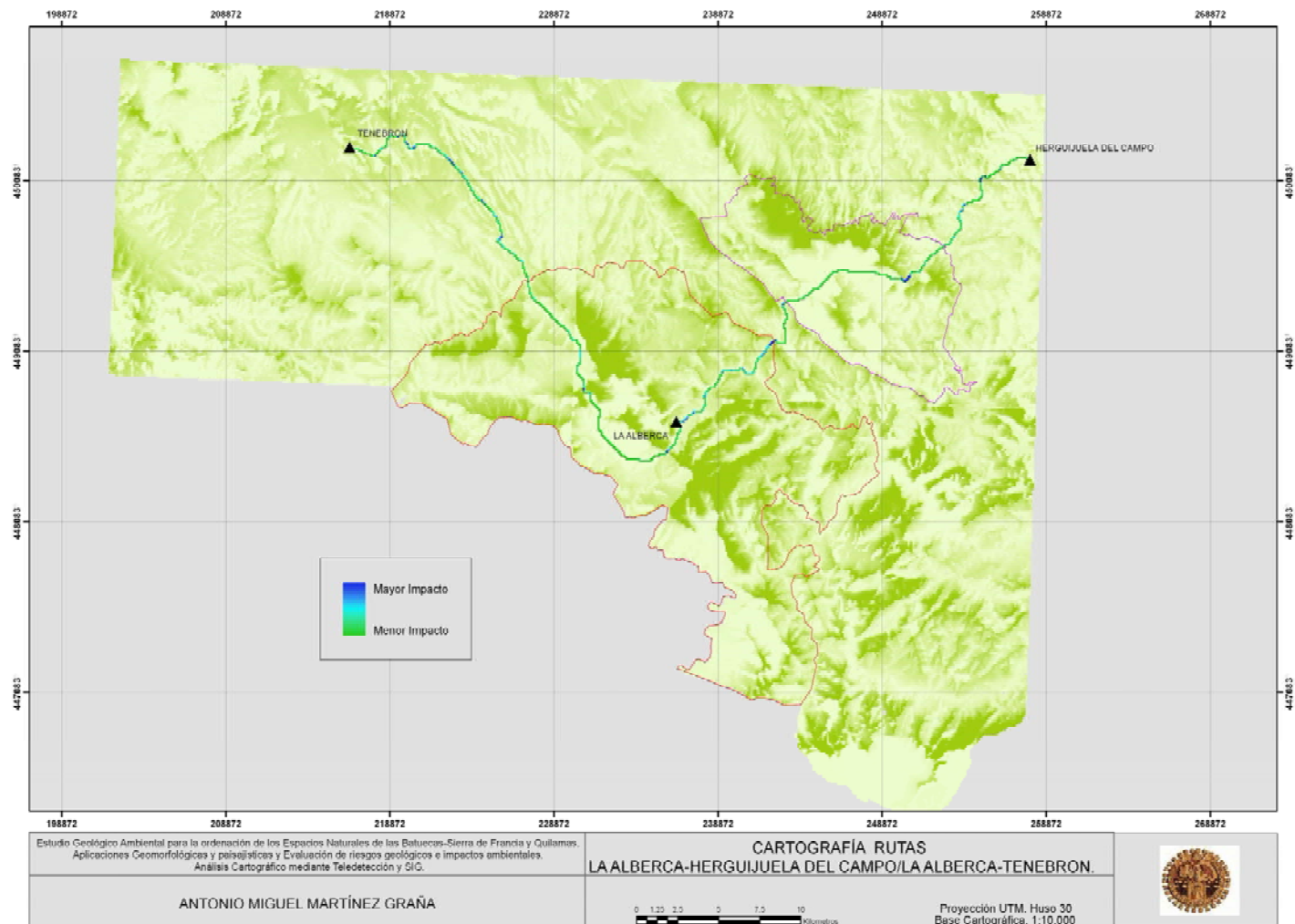


Figura IV_{3,1}-6. Cartografía de Impacto Paisajístico del trazado Herguijuela del Campo-La Alberca/ La Alberca-Tenebrón. (Los colores de la leyenda se refieren solamente a los trazados).

IV_{3.2} Geología Ambiental aplicada a la gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y a la planificación territorial del ENP Las Batuecas-S de Francia.

IV_{3.2.1} Introducción.

El hombre desde sus orígenes, ha generado materiales de desecho, propios de su actividad. Con la llegada de la “Epoca Industrial”, estos desechos o “basuras” se han incrementado y concentrado en zonas urbanas e industriales, zonas que cada vez más se han ampliado debido a la constante migración de zonas rurales a las grandes ciudades. La solución histórica inicial ha sido la de situarlos fuera de las ciudades. Actualmente el aumento creciente de la población unido al aumento de la calidad de vida, que conlleva la incorporación al ciclo de consumo de elementos no biodegradables, ha aumentado la producción en volumen y peso de estos desechos, hasta el punto de potenciar un deterioro ambiental importante: generación de lixiviados, contaminación de suelos y aguas, aterramiento de cauces fluviales, deslizamientos en laderas, generación de olores y focos infecciosos, alteraciones paisajísticas... (Ulloa, 1993). Finalmente dada la escasez de recursos naturales, con enormes costes energéticos y ambientales en la gestión y tratamiento de los desechos se desarrollan metodologías para minimizar, reutilizar y reciclar estos residuos, con el fin de mejorar la ecoeficiencia mediante la potencialidad económica y social de su valorización (Williams, 1998).

Una correcta y adecuada gestión y tratamiento de residuos, pasa por establecer una ubicación ambiental sostenible de los vertederos controlados donde se depositarán, gestionarán y tratarán dichos residuos.

La geología ambiental analiza este problema desde el punto de vista del desarrollo sostenible, estableciendo los mejores emplazamientos teniendo en cuenta la capacidad de resiliencia o acogida que brinda el territorio evitando así el deterioro ambiental sanitario que suelen generar los acopios incontrolados de residuos. No hay que olvidar que el emplazamiento temporal

o final de estos residuos es la creación de vertederos controlados en el propio entorno geológico, con sus singularidades (fracturación, litología, permeabilidad, ripabilidad...).

Por todo lo anteriormente expuesto, la ubicación, control y tratamiento de los residuos sólidos, así como la planificación territorial racional con los recursos que brinda el medio natural; constituye uno de los aspectos prioritarios en la administración pública, potenciando estudios ambientales en zonas protegidas o no, a partir de los factores que inciden sobre el medio ambiente, analizándose estos factores desde el prisma de la geología ambiental aplicada. (Martínez-Graña et al, 2006b).

IV_{3.2.2} Problemática del Espacio Natural Protegido (ENP) de “Las Batuecas-S de Francia”.

España es uno de los países europeos, en los que se utiliza la eliminación de residuos mediante vertedero, -regulada por la Directiva 1999/31/CE -(DOCE 182, 1999) frente a otras tecnologías menos agresivas basadas en técnicas de minimización, reducción en fuente y reciclado; y a pesar de ello aún existen un gran número de vertederos incontrolados, por lo que el Real decreto 1481/01 (BOE 25, 2002), que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, establece la necesidad de elaboración de un proyecto técnico previo a la autorización del vertedero, para conocer la viabilidad medioambiental del terreno a ubicar dicho depósito. Para ello considera necesario el análisis geológico e hidrogeológico del emplazamiento (art. 8.1), estableciendo igualmente medidas de protección, para impedir el riesgo potencial de los lixiviados en aguas y suelos, condicionando la ubicación de cada vertedero (de residuos inertes, no peligrosos o peligrosos) a posibles parámetros geológicos geomorfológicos y geotécnicos (permeabilidad, morfología del terreno, ripabilidad, estabilidad...).

En los últimos años la gestión de los residuos que se generan en el ámbito territorial del espacio Natural Protegido de Las Batuecas - S. Francia, presenta graves deficiencias, al incrementarse el número de vertederos incontrolados en la periferia de los cascos urbanos que integran este espacio natural. Estos residuos se distribuyen de forma discontinua en los márgenes de las carreteras, en parcelas puntuales o incluso en zonas vegetadas y cercanas a cauces fluviales. La ubicación sostenible de estos puntos negros o de las infraestructuras para el tratamiento de dichos residuos, es difícil dada las figuras de protección que tiene el Espacio Natural: Espacio Natural Protegido, Reserva Regional de Caza, Refugio de Fauna y Conjunto Histórico Artístico.

Debemos tener en cuenta igualmente que la mayoría de las poblaciones que integran dicho espacio natural se pueden

considerar aisladas, si analizamos su población y extensión municipal; con lo que en cada municipio existen una o varias superficies de terreno destinadas para el vertido de los residuos, de forma incontrolada. (Figura IV.3.2-1).

Los residuos más abundantes son los conocidos con el nombre genérico de escombros y agrupan toda una serie de desechos, como son la basura doméstica o residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de construcción y demolición (RCDs) y por último residuos voluminosos (RV). En menor cantidad pero no importancia encontramos algunos residuos peligrosos aislados (RP). A partir de la tipología de residuos podemos clasificar los vertederos ilegales de la zona de estudio en dos clases: vertederos de inertes y vertederos de residuos no peligrosos. Estos vertidos son puntuales, dispersos y en la mayoría de los casos constituyen la escombrera municipal.

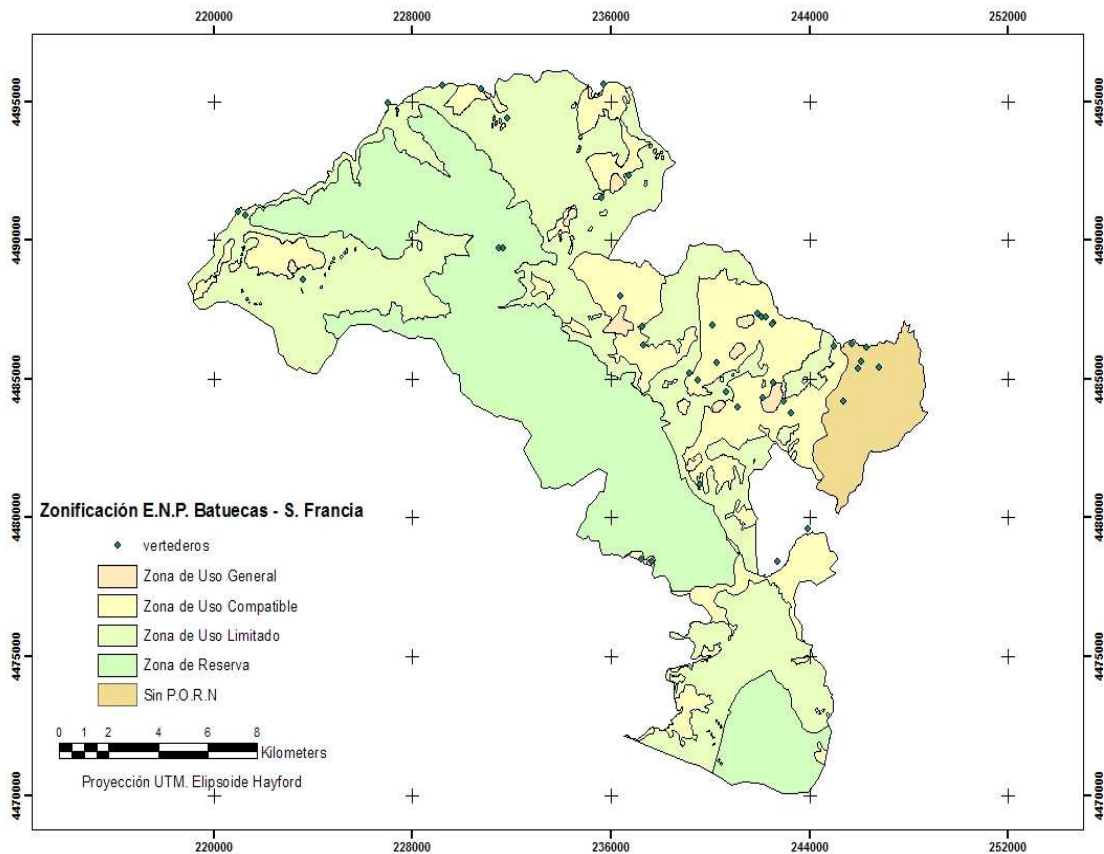


Figura. IV.3.2-1. Distribución de los puntos de vertido incontrolado con respecto a la zonificación ambiental del parque “Las Batuecas - S. Francia”, en el año 2003.

La distribución en el ENP de “Las Batuecas – Sierra de Francia” de puntos de vertido incontrolados ilegales, han producido un deterioro paisajístico, destruyendo la vegetación en algunos casos, provocando incendios y generando núcleos potenciales de contaminación de suelos y aguas superficiales y subterráneas, incidiendo en un deterioro de la calidad ambiental, de los habitantes que viven en un entorno natural privilegiado. (Anexo IV_{3.2.1}. Caracterización de puntos de vertido).

Para evitar estas afecciones, se propone una solución viable, basada en Cartografía Geoambiental, elaborada mediante la implantación de un centro de tratamiento de residuos que gestione y trate la totalidad de los residuos de los municipios que se ubican dentro del ENP, y en la zona de influencia. Este estudio ha sido elaborado para la Consejería de Medioambiente en el año 2004.

IV_{3.2.3} Metodología.

La Geología Ambiental aplicada, optimiza la interacción entre el medio geológico y el medio humano, asegurando un desarrollo sostenible dentro del ENP de “Las Batuecas – Sierra de Francia”, por ello uno de los ámbitos de estudio lo constituye el análisis de la vulnerabilidad del medio natural, favoreciendo la ordenación, conservación y gestión territorial.

Es evidente la incompatibilidad de dichos vertederos, o bien por el planeamiento o por la inviabilidad de los emplazamientos que no cumplen las condiciones geológicas e hidrogeológicas exigibles. Además la mayoría no se encuentran vallados, no presentan control de accesos, control sobre la cantidad y calidad de los residuos, ni tampoco un plan de explotación y restauración.

Teniendo en cuenta la extensión del Espacio Natural de Batuecas - Sierra de Francia, y la variedad de actividades que en él se desarrollan, se procede inicialmente al estudio, a nivel municipal, de la población y su distribución, partiendo de que la población es la generadora principal de los puntos negros o vertidos incontrolados,

siendo su distribución pieza clave a la hora de plantear la investigación. De este modo, se organizaron varias campañas de campo dedicadas a la localización y análisis de detalle de cada emplazamiento con vertido (superficie, sustrato, distancias a casco urbano, etc.).

Una vez que se obtiene toda la información puntual, se realiza una síntesis de las condiciones del emplazamiento y se introducen en fichas-resumen de las características de cada uno de los vertederos. (Anexo IV_{3.2.2}. Ficha Inventario de cada punto de vertido).

La distribución de los puntos de acumulación de residuos en el Espacio Natural de Las Batuecas -Sierra de Francia, muestra que los vertidos son eminentemente sólidos urbanos y escombreras de la propia actividad antrópica en los núcleos de población cercanos. (Tabla IV_{3.2-1} y Figura IV_{3.2-2}). Se muestran más dispersos y casi inexistentes en las áreas de reserva, mientras que en sectores de uso general son más abundantes y concentrados en la periferia de los núcleos urbanos, y los que se alejan a cierta distancia del casco urbano, se encuentran en zonas de uso limitado, siendo de menor entidad y cantidad.

Se comienza con el inventario de los vertederos incontrolados y controlados (sin estudios previos) del E.N.P., en relación con la zonificación ambiental del espacio natural ya que se tiene que excluir la zona de reserva.

En un primer momento se realiza una cartografía geoambiental, utilizando técnicas SIG (ArcGis v.9), que se obtiene a partir de los siguientes mapas de variables:

Variable Litológica: Basada en la distribución de la litología de los diferentes sectores del ENP (Martínez-Graña et al. 2004). Se consideran las diferentes características a tener en cuenta para la ubicación de un vertedero controlado: sustrato rocoso, estructura (fracturas y diaclasas), formaciones superficiales (textura, compactación), etc.

Municipio	Nº Ficha
La Alberca	1-2-3-39
El Cabaco	4-5-32-40.
Cepeda	6-7-13-35-36.
Herguijuela de la Sierra	8-9-31
El Maillo	10-11-34.
Madroñal	12.
Miranda del Castañar	14-15-16-30-33-37-42
Mogarraz	17-18-19-20-21-38.
Monforte de la Sierra	22-23
Monsagro	24-25- 41
Nava de Francia	26-27.
Sotoserrano	28-29.

Tabla IV_{3.2}-1. Distribución del número y ficha tipo de vertederos según termino municipal.

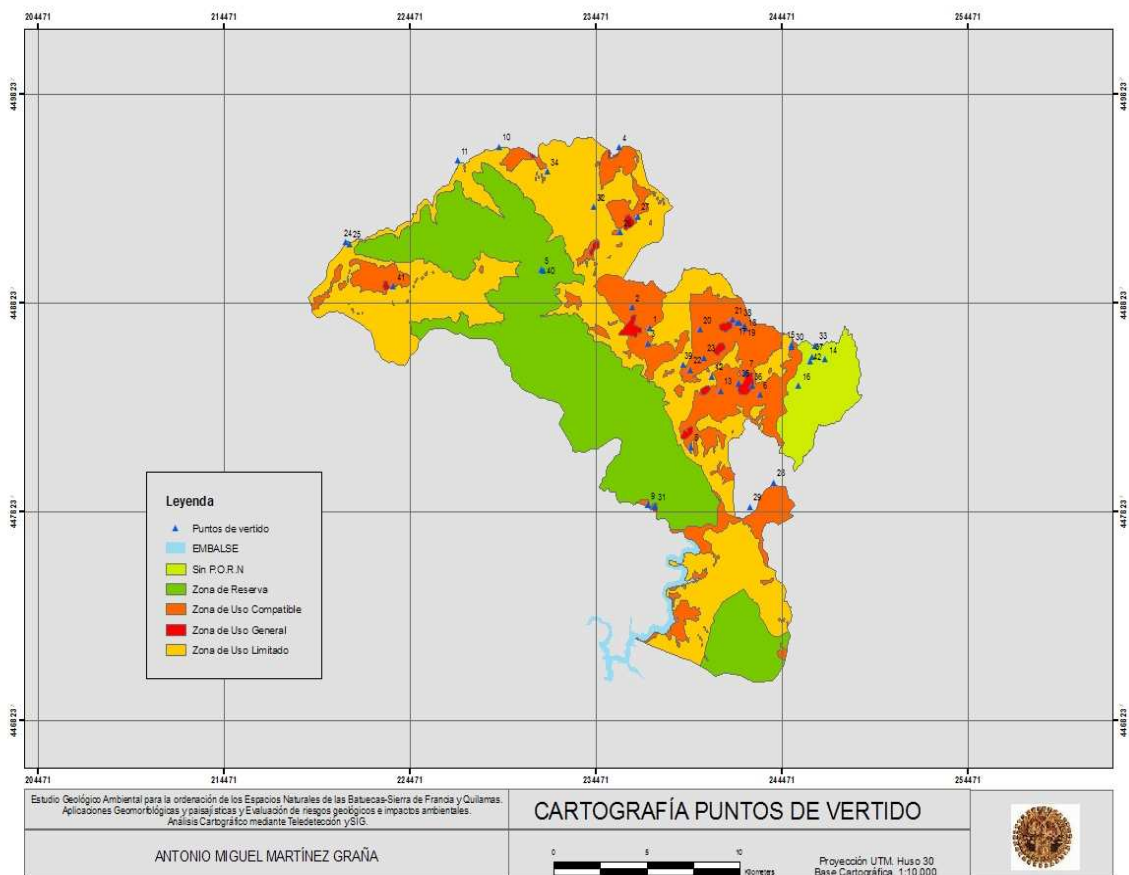


Figura. IV_{3.2}-2. Distribución de puntos de vertido con el número de punto y de ficha.

Variable Hidrológica e Hidrogeológica: se analizan las características hidrogeológicas teniendo en cuenta el tipo de permeabilidad (K), en base a la porosidad (intergranular y fisural), solubilidad y fracturación (Martínez-Graña et al. 2004; Sanz et al. 2005). Se ha tenido en cuenta también, los valores límite de la normativa aplicable a emplazamientos de residuos: Vertederos para residuos no peligrosos: K menor o igual a 1×10^{-9} m/s; y Vertederos para residuos inertes: K menor o igual a 1×10^{-7} m/s.

Variable Geomorfológica: nos permite conocer las características morfológicas que afectan al sustrato, las formaciones superficiales y los grados de pendiente a tener en cuenta para su emplazamiento (Graña et al. 2003). Esta cartografía nos ayudará a identificar los procesos activos (riesgos) que permiten establecer las áreas con peligrosidad para el emplazamiento del vertedero controlado o centro de tratamiento de residuos.

Variable Climática: Las precipitaciones favorecen la formación de lixiviados, susceptibles de contaminar aguas y suelos. La Cartografía utilizada es la de Agresividad Pluvial (Martínez-Graña et al. 2004) realizada en base al Índice de Fournier modificado (Fm). (Martínez-Graña et al, 2006a), Esta cartografía nos ayuda a evaluar el efecto de la lluvia sobre el vertedero y su incidencia en la restauración (revegetación de taludes).

Variable Geotécnica: una correcta planificación en la fase de explotación y restauración de un vertedero pasa por analizar los materiales de préstamo existentes en la zona a utilizar en dichas tareas. Por ello es necesario conocer la ripabilidad de los materiales para la posibilidad de su recubrimiento o bien para poder generar un vaso para conseguir una vida útil más prolongada (Gómez Díaz & Camoyan Perez, 1993). Esta variable se ha obtenido en base a las características litológicas.

IV.3.2.4 Resultados.

Una vez conocida la distribución de variables, con las características reseñadas,

cruzamos las cartografías mediante SIG y establecemos cartografías de aptitud, según las cualidades necesarias para la ubicación. Las características geoambientales adecuadas son: rocas compactas (no fracturadas ni diaclasadas, no permeables e insolubles), y dentro de las no coherentes (no impermeables), ripables, con pendientes muy bajas o nulas (superficies), sin formaciones superficiales ni alteraciones significativas y afectadas por una pluviosidad lo más baja o moderada posible. Finalmente, lo que obtenemos es la Cartografía de Vulnerabilidad al vertido de Residuos Sólidos Urbanos (R.S.U.) (Figura. IV.3.2-3). En esta cartografía, se distribuyen los sectores favorables a priori, para emplazar un vertedero controlado, los sectores desfavorables, y por último, los sectores que pueden ser favorables con estudios de detalle (E.D.), como por ejemplo en las zonas graníticas, conocer el espesor del saprolito y su grado de alteración. A partir de estos parámetros geológicos ambientales, obtenemos las zonas con mayor acogida territorial para este tipo de actividad antrópica (vertedero) actualmente ubicados en las proximidades de los cascos urbanos. El paso siguiente es cuantificar la producción de residuos por cada núcleo de población, para ello utilizamos el número de habitantes y una estimación de 640 Kg/ Hab/año, cantidad resultante de realizar la media entre datos aportados por la Estrategia Regional de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de Castilla y León 2000-2010, aprobada por decreto 74/2002 (BOCYL 220, 2002) y el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (RCDs) 2001-2006. (BOE 102, 2005) (Figura. IV.3.2-4).

La ubicación más viable desde el punto de vista técnico y económico se obtiene con operaciones de Buffer con SIG (Gómez, 2004), generando el centro de gravedad óptimo para este ENP, a partir de las características geológico-ambientales y las recomendaciones de distancias del Plan Nacional de Residuos (25 Km), quedando en un radio de 10 Km la mayoría de las poblaciones susceptibles de gestionar en este centro sus residuos y con una vida útil de 10-15 años. (Figura IV.3.2-5).

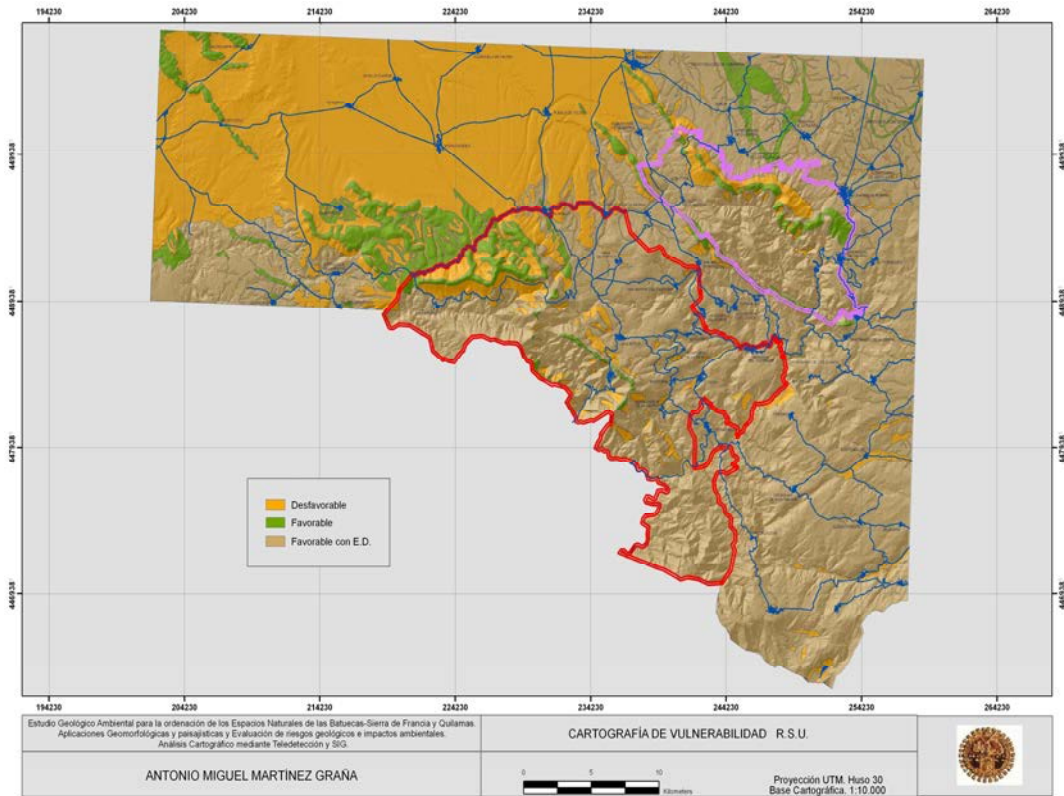


Figura. IV_{3,2-3}. Producción de Residuos estimada en cada punto de vertido incontrolado.

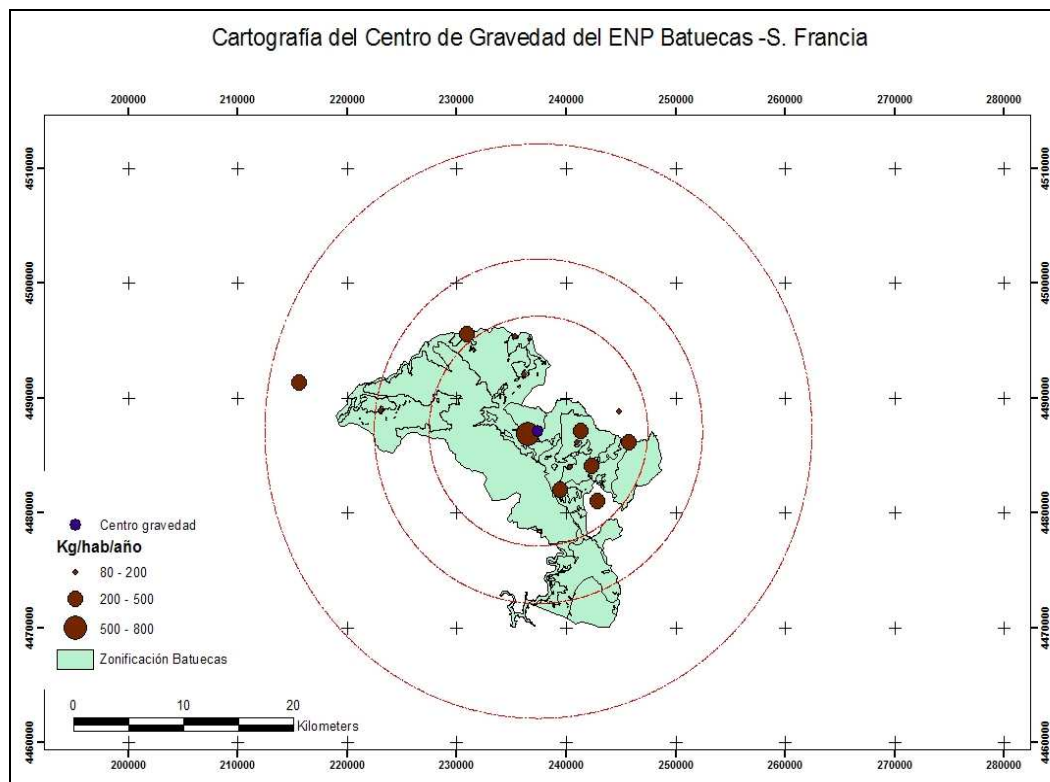


Figura. IV_{3,2-4}. Producción de Residuos estimada en cada punto de vertido incontrolado.

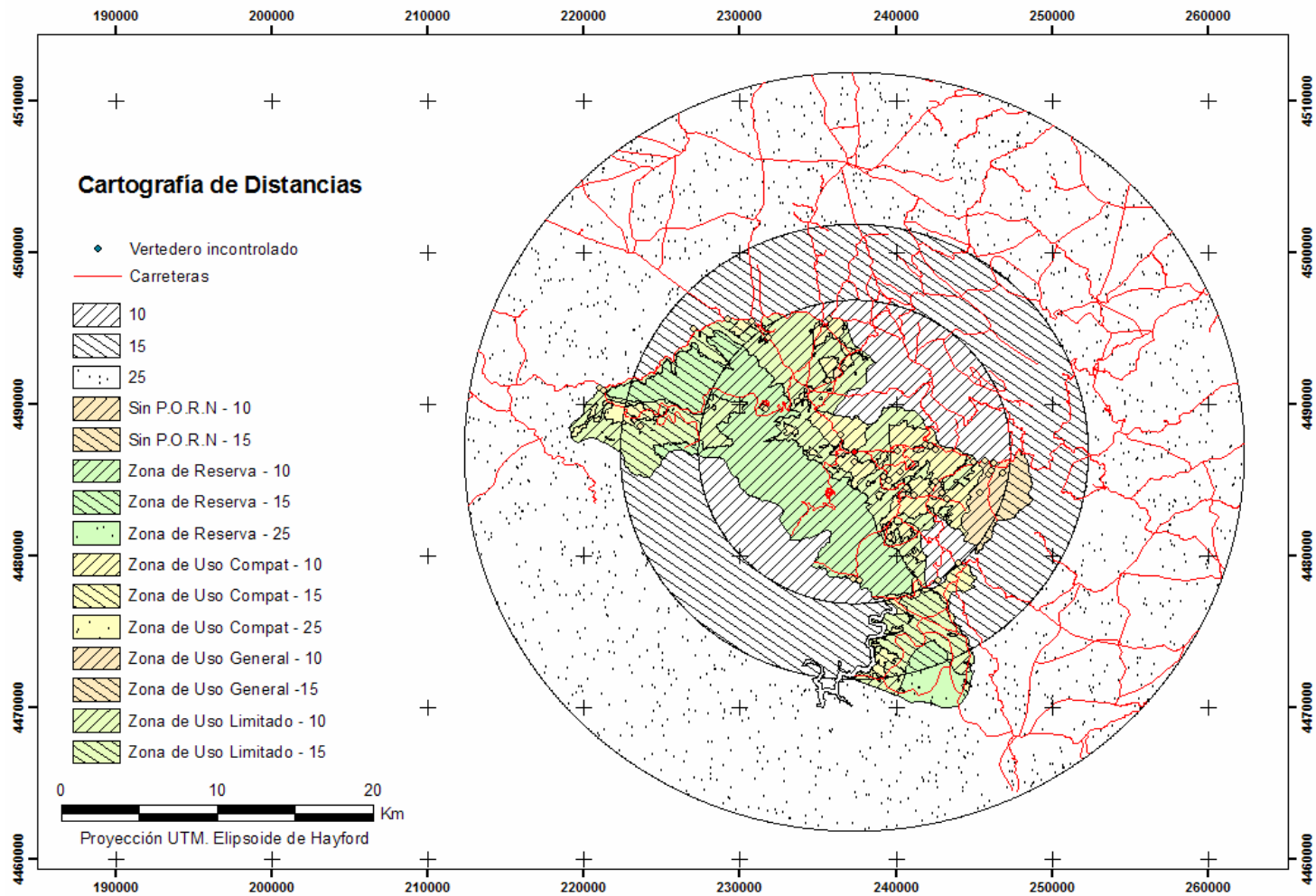


Figura. IV_{3.2-5}. Cartografía de Distancias.

El emplazamiento obtenido esta situado al este de La Alberca (aproximadamente a 1 kilómetro) es una zona favorable (Figura IV.3.2-6 y Figura IV.3.2-7) con estudios de detalle (E.D.), dentro del mapa de Vulnerabilidad RSU; resultante a partir de los cruces de los diferentes parámetros geoambientales utilizados. Por lo tanto para que fuese viable ambientalmente se tendrían que hacer estudios específicos del área situada alrededor del centro de gravedad, con el fin evitar problemas de alteraciones o fracturación del sustrato y seleccionar zonas con la mínima pendiente

posible, etc. En este caso, analizando la posición del centro de gravedad, se observa que la zona no es apta para su ubicación (son desfavorables algunas de las variables geoambientales), al estar situado al lado de un cauce fluvial, en pendiente, en dirección de los vientos dominantes del NO, etc.; por lo que se propone un área nueva (que cumple la mayoría de los requisitos) cercana al centro de gravedad, al SE de la Alberca, a una distancia similar, al sur del actual vertedero municipal, donde serían necesarios nuevos estudios específicos para evitar zonas alteradas y/o fracturadas.

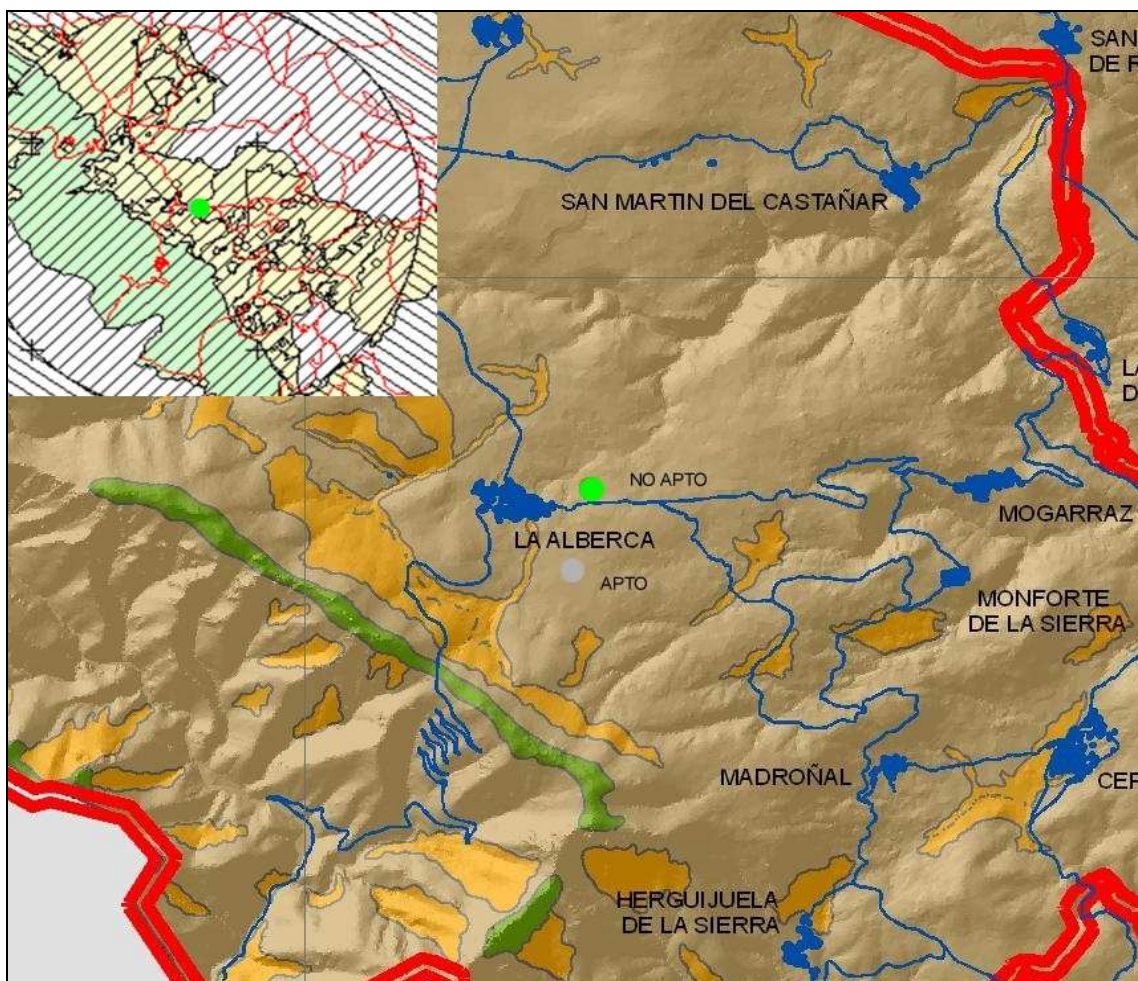


Figura. IV.3.2-6. Localización del centro de gravedad (color verde) según cartografía de distancias, y sobre la cartografía de vulnerabilidad. Ubicación propuesta en el SE de La Alberca (color gris). (Ver leyendas en Figura. IV.3.2-3 y Figura. IV.3.2-5)

En el caso de que este nuevo estudio geológico-ambiental fuese desfavorable, la alternativa sería desplazarlo hacia el sur y situarlo en sustrato pizarroso: zonas favorables. Otra alternativa, dado que es

una zona favorable con estudios de detalle (E.D.); podría ser el acondicionamiento del área seleccionada en segundo lugar, mediante barreras geológicas artificiales que aislen los residuos del entorno natural.

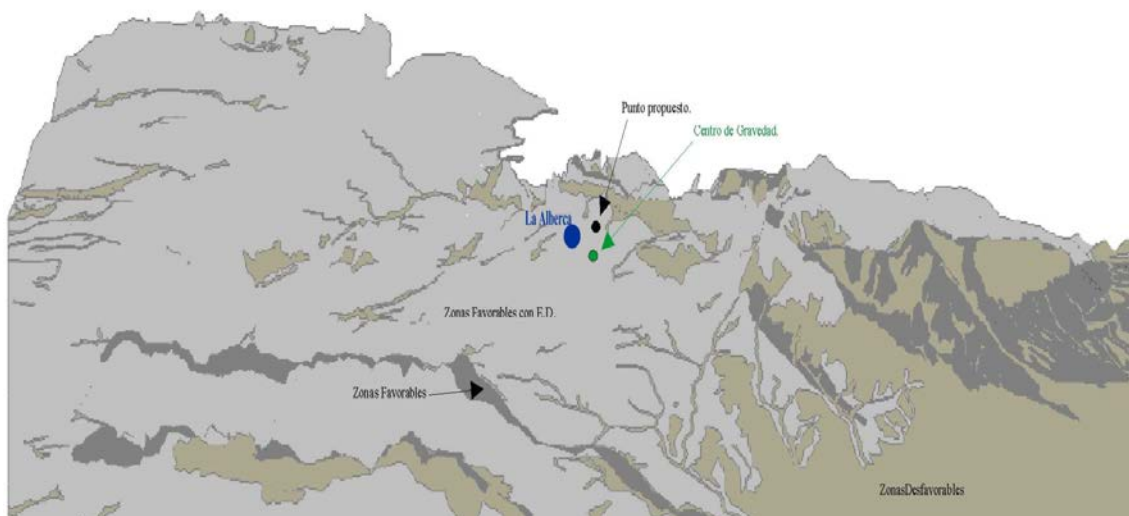


Figura. IV_{3.2-7}. Modelización 3D del centro de gravedad (color verde) y zona propuesta (color negro).

IV_{3.2.5} Plan de Restauración de los puntos de vertido.

Se han identificado 42 puntos negros a recuperar de los cuales 4 se adaptan a centros de transferencia y al resto se les dará otro tipo de tratamiento.

Para restaurar estos puntos necesitamos un nuevo punto de vertido, que se busca mediante el centro de gravedad (según distancias y cantidad de residuos potencialmente generados), en base a la cartografía geoambiental, el cual ha quedado determinado en el apartado anterior.

Tras el inventario de los puntos de acumulación de residuos (vertederos, y escombreras) en los diferentes municipios del Parque Natural Las Batuecas – Sierra de Francia, se han analizado las necesidades y deficiencias observadas en cada sector (Anexo IV 3.2-3. Medidas de restauración de cada punto de vertido), identificado cinco tipos de vertederos.

Las tipologías de vertederos según el enfoque de intervención son:

Tipo 1: *Vertederos N° 3, 13, 27, 32, 37,42.*

Se trata de vertidos realizados en terrenos ya perfilados y compactados con taludes estabilizados, muchas veces ya parcialmente restauradas. Para rehabilitar estos puntos de vertido se procederá a una

retirada de los residuos y una posterior revegetación para su armonización con el entorno y ocultar así su uso anterior.

La retirada del vertedero se realizará mediante carga en camión que transportará los residuos hacia alguno de los cuatro centros de transferencia. La revegetación se iniciará con el extendido de tierra vegetal fértil que facilite la instalación de la replantación arbustiva y herbácea posterior. Tras un laboreo con motocultor a una profundidad de 10 cm, se procederá a la plantación de arbustos con una densidad de 1,5 plantas por metro cuadrado y a la siembra manual a voleo de especies herbáceas que consigan cubrir el 100% de la superficie. Por último, se realizará un rastrillado y un primer riego. Con la limpieza y señalización de la zona se dará por concluida la restauración de los vertederos de tipo 1.

Tipo 2: *Vertederos N° 4, 15, 26, 36.*

Como en el caso anterior, se trata de vertederos localizados en terrenos de topografía estructuralmente estable, pero que están parcialmente revegetados.

Su restauración consiste, como en las de tipo 1, en una retirada de los elementos allí depositados y en una revegetación del lugar, esta vez más suave que en el caso anterior, que permita reintegrarlo plena-

mente en el paisaje. La retirada de escombros se hará como en el caso anterior.

Igualmente, la revegetación empieza por cubrir con tierra vegetal fértil y laboreo similar al caso anterior, procediendo a la plantación de arbustos con menor densidad que en el caso anterior, 0,5 plantas por metro cuadrado, y la siembra manual a voleo de especies herbáceas en el 20% de la superficie. También por último, se rastrilla y riega. Con la limpieza y señalización de la zona se dará por concluida la restauración de los vertederos de tipo 2.

Tipo 3: *Vertederos N° 6, 7, 9, 16, 23, 35, 38, 41.*

Se trata de vertidos realizados en terrenos sin perfilar ni compactar, pero que no requieren una protección especial de taludes.

La rehabilitación de estos puntos de vertido consiste en una retirada de los residuos, una remodelación del terreno previa a la instalación de una cobertura vegetal que enmascare el uso anterior y proporcione estabilidad. La retirada hacia los centros de transferencia se realizará como en otros casos mediante carga de un camión.

La remodelación de la zona consiste, básicamente, tras su despeje, en un perfilado procedente del movimiento de tierra y su posterior compactación. También se procederá a un acabado y refinado de taludes.

En la revegetación, como en los casos anteriores, se procede al recubrimiento con tierra vegetal fértil, a un laboreo, y a la plantación de arbustos con una densidad de 1,5 plantas por metro cuadrado y a la siembra manual a voleo de especies herbáceas que consigan cubrir el 100% de la superficie. Por último, rastrillado y primer riego, limpieza y señalización concluyendo la restauración de los vertederos de tipo 3.

Tipo 4: *Vertederos N° 1, 20, 22, 30, 33, 39.*

Se trata de vertederos situados en terrenos sin remodelar y con taludes inestables. Para su restauración se procederá a una retirada de los escombros y

despeje de la zona. Posteriormente, el terreno será perfilado y compactado y sus taludes protegidos. Finalmente se revegetará el terreno como medida de recuperación y protección del paisaje.

La rehabilitación se inicia, como en todos los casos, por la retirada de los escombros hacia los centros de transferencia con camión. Una vez despejada la zona, los movimientos de tierra consisten en un perfilado del terreno, su posterior compactación y un acabado y refinado de taludes. En función del grado de protección que requieran los taludes, se realizará una actuación distinta. En efecto, la mayor estabilización se consigue con el establecimiento de una escollera de piedras sueltas, de peso mínimo de 500 kg. Si la protección necesitada es menor, bastará con un encachado de piedras, y como en los tipos anteriores, se realizará una revegetación, seguida de la limpieza y señalización.

Tipo 5: *Vertederos N° 2, 5, 8, 10, 12, 17, 18, 19, 21, 25, 28, 31, 34, 40.*

Al igual que anteriormente se trata de vertederos localizadas en terrenos sin perfilar, ni compactar y con taludes que requieren protección.

Las actuaciones para su restauración serán iguales a las del caso anterior salvo que no se revegetará. Se retirará escombros y despejará el lugar. Posteriormente, se remodelará el terreno y reforzarán los taludes. Finalmente, en lugar de instalar una cobertura vegetal, se acondicionará el terreno para su uso público. Como siempre, se empieza por retirar los escombros hacia los centros de transferencia con camión grúa y despejar el terreno. Se remoldará el terreno perfilando, compactando y refinando taludes que habrá, además, que estabilizar.

Como planteado anteriormente, para el refuerzo de los taludes, se puede construir una escollera de piedras sueltas, de peso mínimo de 500 kg o establecer un encachado de piedras, consiguiendo con la primera opción mayor protección. Aquí se introduce una novedad en la restauración de estos vertederos. En efecto, tendrán alguna dotación que permita su uso público. En el

caso de los vertederos nº 2, 31 y 40 se construirá un mirador en su lugar, un aparcamiento en los nº 8 y 18 y una combinación de ambos para los nº 5 y 25. En casos como los nº 17 y 21 se propone establecer un aparcamiento con zona de descanso. Finalmente, para utilizar el terreno que ocuparan los vertederos nº 10, 12, 19, 28 y 34, se ubicará una zona de ocio, con juegos para niños, mesas para juegos, bancos etc. Con la limpieza y señalización de la zona se dará por concluida la restauración de los vertederos de tipo 5.

Zonas de Transferencia: *Vertederos N° 11, 14, 24, 29.*

Se eligen como zonas de transferencia de residuos unos vertederos donde los vertidos han sido realizados en terrenos sin perfilar ni compactar que no requieren protección de taludes.

La rehabilitación de estos puntos en zona de transferencia consiste en una retirada de los residuos y una remodelación del terreno previa al vallado de la zona que se dotará además de tres contenedores. Los residuos se llevarán al vertedero de La Alberca mediante carga de un camión. Para la remodelación del lugar, se procederá como en los vertederos de tipo 3, realizando un perfilado y compactación del terreno, seguido de un acabado y refino de taludes.

El vallado consistirá en un cerramiento con malla plastificada de dos metros de altura. Estará equipado con tres contenedores de 15 m³ de capacidad, para depositar allí los residuos procedentes de otros vertederos. Con la limpieza y señalización de la zona se dará por concluida la restauración de las zonas de transferencia.

Vertedero de Nueva Construcción.

El vertedero de nueva construcción, será el que recoja los residuos generados a partir del momento de restauración del resto de vertederos. Lo recogerá bien de forma directa o bien de las cuatro zonas de transferencias mediante camión y varios contenedores en cada planta de transferencia.

Las actuaciones que supone este vertedero empiezan por el desbroce y limpieza de la zona. A continuación, se realizará una excavación donde se descargarán los residuos. Se procederá, entonces, al extendido y compactación de los escombros. Se trata de hacer un perfilado topográfico del terreno, moviendo escombros hasta alcanzar el perfil final decidido. Posteriormente, se realiza la impermeabilización de la superficie del vertedero con arcillas de regulación.

Para asegurar el drenaje, se abrirá una zanja perimetral de anclaje con tubería drenante y otra zanja para la recogida de lixiviados. Estos se almacenarán en un tanque de lixiviados, que se construirá hormigonado, impermeabilizado. Constará de su pozo de válvulas y conducciones. También se preparará perimetralmente una red de recogida y canalización de pluviales para evitar la entrada de estos a la zona de residuos inertes, y un cerramiento perimetral de dos metros de altura y puerta de entrada corredera.

El sellado parcial estará dotado de pantallas vegetales para la integración paisajística del vertedero. La implantación de cubierta vegetal, se iniciará con el extendido de tierra vegetal fértil. A continuación, se procederá a la plantación de árboles y arbustos autóctonos y a la siembra manual a voleo de especies herbáceas que consigan cubrir el 100% de la superficie. Por último, se realizará un rastrillado y un primer riego.

IV.4. Resultados del Análisis Ambiental.

Evaluación Ambiental Estratégica.

A partir del análisis cartográfico realizado para la Evaluación Ambiental Estratégica, se obtiene en primer lugar, como cartografía fundamental para la gestión de los Espacios Naturales, la cartografía de Calidad para la Conservación. Esta cartografía delimita las zonas que presentan una mayor calidad ambiental por presencia de aspectos relevantes o elementos singulares, que le confiere un valor para su conservación. Esta valoración tiene en cuenta cinco parámetros ponderados (geomorfología, paisaje, vegetación, litología y fauna).

Posteriormente se realiza la Cartografía de Limitaciones de Usos del Suelo, en base a las restricciones que imponen los diferentes grados de riesgos. Se tienen en cuenta cinco tipos: erosión hídrica y eólica, inundaciones, movimientos del terreno, riesgos carsticos y geotécnicos (éstos últimos aunque se tienen en cuenta no se representan en la cartografía). Esta cartografía es la Cartografía Integral de Riesgos.

A partir de la superposición de la Cartografía de Calidad para la Conservación y el Mapa Integral de Riesgos, se obtiene la Cartografía de Recomendaciones y Limitaciones de Uso. El diagnóstico ambiental de la zona de estudio, muestra las recomendaciones y limitaciones de las diferentes unidades ambientales del sector de estudio.

Vamos a utilizar las Unidades de Paisaje como elemento geomorfológico básico para la descripción:

Las Unidades Ambientales de muy alta y alta calidad de conservación y una alta-muy alta probabilidad de riesgos naturales, son las definidas por las cumbres de pizarras con matorrales y cumbres cuarcíticas sin vegetación; presentando un uso muy restringido. La Unidad de Cumbres y Crestas calizas con matorrales, presenta muy alta calidad para la conservación, donde algunos usos se encuentren restrin-

gidos a determinados sectores o al análisis de estudios de detalle.

La Unidad de Colinas y Lomas sobre areniscas con pastizales muy desarrollados y cultivos, presenta una calidad para la conservación de media a muy alta, y muy bajo grado de protección por riesgos, permitiendo un amplio desarrollo de actividades. La Unidad de Laderas graníticas con formaciones vegetales arbóreas y con pastizales y cultivos dispersos, presenta alta-muy alta calidad para la conservación y las limitaciones por riesgos hacen que el grado de protección sea medio-alto, siendo asumibles la mayoría de las actividades antrópicas, al igual que ocurre con la unidad de laderas sobre pizarras y esquistos con árboles en la base y matorral y coluviones en la parte media alta.

La Unidad de Valles Fluviales encajados sobre granitos con superficies erosivas con árboles dispersos y matorrales presenta una calidad baja y muy baja para la conservación, y bajas limitaciones por riesgos. En cambio la Unidad de Valles encajados en pizarras con grupos de árboles, matorral y cultivos dispersos, presenta alta-muy alta calidad para la conservación y media-muy alta limitación por riesgos.

La Unidad de Superficies sobre conglomerados y areniscas con cultivos y bosques asociados puntuales, presenta una calidad para la conservación muy baja - media y unas limitaciones por riesgo de grado muy bajo-bajo. La Unidad de Escarpes sobre pizarras, areniscas y conglomerados con árboles dispersos y pastizales, presenta calidad de conservación media-alta y limitaciones medias por riesgos. La Unidad de Terrazas Fluviales y Aluviales de fondos de valle con árboles y cultivos dispersos, presenta una calidad para la conservación muy baja y unas limitaciones por riesgos entre baja y muy alta.

Teniendo en cuenta estas recomendaciones y limitaciones se realiza una matriz de capacidad de acogida, con las diferentes actividades antropicas (conservación natural, ocio y esparcimiento, explotación de recursos primarios, infraestructuras, etc.) y su compatibilidad de uso para cada unidad ambiental.

Otra cartografía elaborada, y de gran utilidad para la gestión de los espacios naturales, sobre todo en el análisis de alternativas, es la Cartografía de Grados de Protección. Esta cartografía establece la necesidad de protección de cada unidad, representando su susceptibilidad a ser degradada. Las unidades con muy alta y alta calidad para la conservación, y con riesgos naturales, serán las de mayor necesidad de conservación, protección y regeneración. Estas unidades con mayor grado de protección se corresponden con las de mayor categoría de calidad para la conservación (cumbres y cuerdas, laderas, etc.) y las de menor grado son los sectores de calidad baja y muy baja, y sin aparentes riesgos (terrazas, superficies, etc.). Esta cartografía permite a los gestores correspondientes saber a simple vista que zonas necesitan una mayor protección o son sectores de mínima intervención humana.

Evaluación de Impacto Ambiental.

Se realiza una cartografía de identificación de impactos ambientales, que muestra la distribución de las diferentes actividades antropicas susceptibles de generar impactos. Esta cartografía presenta gran número de actividades extractivas (canteras y graveras), algunas activas, pero la mayoría inactivas y sin restaurar, vertederos y escombreras tanto en el interior como en el exterior de los espacios naturales y actividades industriales agrícolas y ganaderas de forma dispersa.

De forma más concreta se distribuyen algunas actividades que generan impactos puntuales pero de gran influencia paisajística como son las estaciones de telefonía, tendidos eléctricos, estaciones de transformación, gasolineras, etc.

Hay actividades que están perfectamente integradas en el entorno siendo el grado de afección nulo, como son los depósitos de agua, depuradoras, minicentrales hidráulicas, etc.

El análisis de las diferentes actividades y las diferentes cartografías temáticas realizadas en el análisis regional (cartografía litológica, geomorfológica, de suelos, de calidad de aguas superficiales, de vulnerabilidad de acuíferos, de paisaje, etc.), nos han permitido realizar una caracterización cualitativa de los impactos de las diferentes actividades antropicas (Cartografía de Impactos Ambientales) en el entorno natural, describiendo e indicando los factores del medio afectados por cada actividad, los riesgos presentes y una valoración de la incidencia paisajística de dicha actividad en el entorno cercano, estimando el grado de afección, incidencia o importancia de cada actividad. Estos resultados han permitido elaborar la Cartografía de Caracterización de Impactos Ambientales.

Para mostrar el grado de utilidad de la cartografía realizada en el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, se analiza y valora cualitativa y cuantitativamente, el impacto generado por la ubicación de un parque eólico en la Sierra de la Canchera, en el ENP de Las Batuecas-Sierra de Francia. A partir de la descripción abreviada del proyecto, se establecen una serie de alternativas viables desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, identificando mediante matrices de doble entrada, los impactos generados por las acciones del proyecto, sobre los factores abióticos más importantes (geología, geomorfología, hidrología, edafología, riesgos geológicos, paisaje patrimonio geológico, y clima). Posteriormente, se caracterizan estos impactos con una serie de atributos (persistencia, intensidad, momento, sinergia, etc.) obteniendo los valores de importancia y magnitud del impacto.

En este apartado se presenta una metodología para la valoración cuantitativa de algunos efectos generados por el Parque Eólico, sobre algunos factores (geomorfología, procesos activos o riesgos, paisaje y patrimonio) mediante funciones de transformación que valoran la pérdida de calidad ambiental de la zona (impacto ambiental) mediante el valor de indicadores ambientales (índice paisajístico, índice geomorfológico, etc.).

El resultado del análisis ambiental de la instalación del parque eólico presenta importantes afecciones en el paisaje tanto por la presencia de los aerogeneradores como por la construcción de los viales necesarios para su construcción y mantenimiento. Por fases del proyecto, la de construcción presenta una mayor incidencia y magnitud ambiental, que las de funcionamiento y abandono de la actividad.

La valoración cuantitativa estima un impacto severo-critico, por lo que, aun estableciendo medidas preventivas, correctoras y/o compensatorias, y un plan de vigilancia ambiental, la viabilidad de esta actividad en este sector es desfavorable con los criterios y valoraciones realizadas, no siendo recomendable su ubicación en dicha zona.

Aplicaciones Geoambientales en la Gestión de Espacios Naturales.

Se presentan los resultados de dos procedimientos de planificación, donde la geología ambiental aplicada en base a las cartografías obtenidas son herramientas imprescindibles para la ordenación territorial.

El primer procedimiento muestra los resultados del calculo del trazado de una infraestructura (tendido eléctrico, carretera, ruta de senderismo, etc.) por la ruta de mínimo impacto paisajístico, mediante técnicas SIG. Para ello hemos calculado dos rutas de distancia similar (aproximadamente 26 kilómetros) con un punto de llegada en común, La Alberca. Los puntos de partida son las localidades de Herguijuela del Campo y Tenebrón.

En este procedimiento se elabora la Cartografía de Evaluación del Paisaje, que es la suma de la de calidad y fragilidad paisajística, a partir de la cual se traza las dos rutas y se valora el impacto acumulado o coste ambiental de cada una de ellas, mostrando un mayor impacto la ruta de Herguijuela que la de Tenebrón. Se obtienen igualmente las cartografías de direcciones de retorno y costes acumulados que permiten conocer la ubicación de los sectores de mayor impacto para poder modificar parcialmente el trazado en dichos

puntos, en una fase de anteproyecto o en el procedimiento de EAE y EIA.

El segundo procedimiento, surge por la problemática ambiental e impactos inducidos que generan el gran número de vertederos y escombreras existentes, tal como indica la cartografía de impactos ambientales elaborada, en el Espacio Natural de Las Batuecas y Sierra de Francia. Por ello, en base al análisis de una serie de variables (litología, hidrogeología, geomorfología, climatología y geotécnica) se establece el centro de gravedad, al SE de La Alberca. Este centro de gravedad es el lugar idóneo para crear un centro de tratamiento de residuos -CTR-, al cual llevar los residuos de los municipios de la Sierra de Francia y zonas anexas. El cálculo, mediante técnicas SIG, tiene en cuenta la población, el volumen de residuos sólidos urbanos de cada municipio y las distancias al futuro CTR. A pesar de que este punto (centro de gravedad) es el económicamente rentable, tenemos que tener en cuenta que la proximidad al núcleo de población, puede hacer que sea inviable ambientalmente por el impacto paisajístico u otros impactos asociados a la actividad (maquinaria de transporte, ruidos, polvo, etc.).

Se presenta una cartografía con la distribución de los puntos de vertido incontrolado en el ENP de Las Batuecas-Sierra de Francia, su relación con el centro de gravedad, la zonificación ambiental de dicho espacio y el volumen de residuos en Kg/Ha/año. Igualmente se obtiene una cartografía de distancias de los diferentes municipios y el centro de gravedad.

Se señalan 42 vertederos o puntos negros, analizados individualmente mediante fichas inventario, en las que se describen e identifican los impactos más importantes. Se propone un Plan de Restauración de todos ellos, estableciendo 4 de ellos como zonas de transferencia, donde se acumularán los residuos previamente a su traslado al CTR, establecido según la cartografía geoambiental.

La naturaleza de los residuos son sólidos urbanos y escombreras (residuos de construcción y demolición -RCDs-). La distribución de los vertederos es muy dispersa, y no hay ninguno en la zona de reserva del espacio natural, ya que se suelen concentrarse en la periferia de los núcleos urbanos. No obstante, existen algunas escombreras de gran afección en sectores de gran importancia por su patrimonio geológico (Peña de Francia, La Bastida, Sierra de Quilamas, etc.).

PARTE V.

RESULTADOS FINALES Y APORTACIONES.

Análisis Regional (Cartográfico).

Se han realizado una serie de cartografías geoambientales a escalas: 1/50.000, 1/100.000 y 1/200.000, aplicadas a la gestión de los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas. De estas cartografías, aquellas que se han elaborado específicamente para este trabajo, las consideramos como uno de los resultados más relevantes del estudio.

A. Las Cartografías Temáticas realizadas o reelaboradas, que caracterizan el entorno del área de trabajo son:

1. Cartografías Climáticas. Reelaboración de los mapas de isohietas, isotermas, ETP, isoxeras, y la cartografía de la clasificación climática de Thornthwaite para la zona de estudio, junto con los balances de P/ETP, climodiagramas y los índices de aridez de Martone y Termopluviométrico de Dantin-Revenga. Los datos climáticos representados en los diagramas de Peltier, Wilson y Chorley permiten relacionar los diferentes sectores climáticos con los procesos geomorfológicos, observando que los procesos dominantes son de forma importante, la erosión pluvial, y de forma moderada, los movimientos de masas, acción del viento y meteorización química, y consecuentemente son estos los que han sido aplicados en la interpretación de los riesgos de erosión (hídrica y eólica), de inundación, de movimientos de ladera y geotécnicos.
2. Cartografía de Dominios Litológicos, que se ha obtenido simplificando la cartografía geológica del Plan MAGNA, y utilizado como una de las capas base para las cartografías sintéticas e interpretativas. Como mapa complementario se ha obtenido la Cartografía de Lineamientos y Fracturas del sector de estudio, utilizada principalmente para el análisis de deslizamientos (Cartografía de Peligrosidad).
3. Cartografía de Unidades Geomorfológicas, la cual se ha simplificado en la Cartografía de Dominios Geomorfológicos. Esta cartografía temática es esencial para este estudio, utilizándose

en todo el desarrollo cartográfico posterior. Igualmente se ha realizado un análisis de las unidades morfoestructurales, de los dominios geomorfológicos y de la evolución morfo-genética y cronológica del sector de estudio.

4. Cartografías de Pendientes, Vertientes y Orientaciones del área de estudio (reelaboración y adaptación); son complementarias en el análisis geomorfológico y se han utilizado para las cartografías de riesgos.
5. Cartografía Edafológica (reelaboración y adaptación), describiendo las diferentes asociaciones de suelos, así como su agrupación en la Cartografía de Suelos Dominantes. Esta cartografía se ha utilizado para el análisis de riesgos de erosión (hídrica y eólica), inundación y movimientos de ladera. Asimismo se han establecido toposecuencias generales del área de estudio.
6. Cartografía Hidrológica, en base a la distribución de los cursos de agua, fuentes, lagunas y embalses. Esta cartografía se ha utilizado para la Cartografía de Calidad de las Aguas Superficiales, la del Paisaje, y para los Riesgos de Erosión Hídrica y de Inundaciones.
7. Cartografía Hidrogeológica, (reelaboración y adaptación), basada en las diferentes litologías, obtenidas del mapa geológico, y de las características de los parámetros hidráulicos. Permite determinar la vulnerabilidad de los diferentes acuíferos al emplazamiento de residuos.
8. Cartografía de Vegetación, (reelaboración y adaptación), utilizando las clases de vegetación en función de su estructura (densidad, estratificación), diversidad, etc.; la cual se simplifica en la Cartografía de Dominios Fisiognómicos. Esta cartografía se ha utilizado para el análisis del Paisaje, para la Calidad para la Conservación y para los Riesgos de Erosión Hídrica, Inundación y Movimientos de Ladera.
9. Cartografía de Patrimonio Natural, en la que se clasifica el Patrimonio Geológico en: Áreas, Lugares y Puntos de Interés Geológico; al que se le añade el Patrimonio Biológico y el Patrimonio Artístico-Histórico-Cultural. El Patrimonio

Natural de los Espacios Naturales de Las Batuecas- Sierra de Francia y Quilamas, esta constituido, además de por sus recursos paisajístico y biótico (biodiversidad), por un patrimonio geológico constatado por 4 Áreas de Interés Geológico (Peña de Francia., Valle de Las Batuecas, Quilamas y Sinclinal de Guadapero), 8 Lugares de Interés Geológico y 41 Puntos de Interés Geológico (científicos y didácticos) inventariados.

Para identificar y seleccionar los diferentes A/L/P de interés geológico se procedió a realizar consultas a diferentes expertos en la zona y de distintas especialidades geológicas. Además se analizaron los estudios y publicaciones existentes en cada uno de los sectores identificados. La valoración se realizó de forma indirecta o paramétrica, a partir de la siguiente fórmula: $V_{PIG} = \frac{Es (2Q+PU)}{27}$, que tiene en cuenta criterios de estado de conservación (Es), calidad del punto de interés (Q) y potencialidad de uso (PU). Analizando diversos métodos se procedió a modificar el de Rivas et al. 1997, al primar los criterios geomorfológicos, adaptándola a nuestra zona de estudio y modificándola para que su ponderación resulte entre 0 y 1, pudiendo utilizarse como indicador directo a la hora de valorar cuantitativamente el impacto sobre el patrimonio geológico en una Función de Transformación en el procedimiento de EIA.

Esta valoración de los diferentes A/L/P, de interés geológico se ha llevado a una ficha descriptiva, donde se observa que muchos de los puntos presentan un alto valor didáctico, aunque a nivel científico sean poco relevantes dentro del contexto geológico nacional, por ello se han diferenciado los de interés científico de los didácticos, ordenándolos por valor de importancia. No obstante, los de interés científico pueden presentar valores medios-altos por su singularidad a nivel provincial.

La valoración de las diferentes fichas, muestra que predominan valores entre 0.5 y 1, estando el rango general entre 0-1, lo cual muestra la importancia del patrimonio geológico, siendo predominantes los puntos de interés geomorfológico, aunque también hay PIGs paleontológicos, estratigráficos, estructurales, mineralógicos y petrológicos.

B. Las Cartografías Sintéticas que se han realizado, representan unidades homogéneas (comportamiento uniforme, con una misma respuesta ante un determinado uso). Se han elaborado mediante la superposición de las cartografías temáticas, mediante técnicas SIG, que permiten manipular, transformar, reclasificar y analizar, diferentes variables de las cartografías temáticas para obtener cartografías sintéticas y/o interpretativas, obteniendo las siguientes:

1. Cartografía de Unidades Homogéneas, a partir de las Cartografías Litológicas y de Dominios Geomorfológicos.
2. Cartografía de Unidades Ambientales, integrando en la Cartografía de Unidades Homogéneas, la Cartografía Hidrológica y la Cartografía de Dominios Fisiog-nómicos.
3. Cartografía de Unidades de Paisaje, mediante la reclasificación de la Cartografía de Unidades Ambientales y teniendo en cuenta la Cartografía de Patrimonio Natural. La Cartografía de Unidades de Paisaje, realizada en base a unidades naturales homogéneas, define 11 Unidades de Paisaje, reconocibles en el terreno, que son: Cumbres cuarcíticas no vegetadas, Cumbres pizarrosas con matorral, Cumbres calizas con matorral, Colinas y Lomas con pastizales y cultivos, Laderas graníticas con árboles y cultivos dispersos, Laderas pizarrosas con canchales y matorrales, Valles encajados en granitos y superficies con árboles y matorral, Valles encajados en pizarras con árboles, matorral y cultivos, Superficies de Piedemonte sobre areniscas con cultivos, Escarpes sobre pizarras y areniscas con árboles y pastizales y Terrazas Fluviales y Fondos de Valle con árboles y cultivos.

La metodología seguida en nuestro análisis del paisaje, es de dos tipos: En primer lugar se han seguido métodos directos, que nos han permitido describir los diferentes paisajes geomorfológicos a partir de sus características visuales (forma, línea, escala, cromatismo, etc.), con observación directa en campo, a partir de fotografías, modelizaciones en 3D, así como estableciendo puntos de observación y panorámicas, teniendo en cuenta sectores de interés paisajístico-turístico.

En segundo lugar, se ha realizado una valoración indirecta, aplicando un modelo cartográfico, para lo cual se han valorando los diferentes componentes del paisaje, dando prioridad a los dominios geomorfológicos y al patrimonio geológico. Este modelo cartográfico se realiza en dos fases: la primera determinando la calidad paisajística (intrínseca y extrínseca) y la segunda analizando la fragilidad paisajística (intrínseca y extrínseca), obteniendo así las siguientes cartografías:

4. Cartografía de Calidad Paisajística, valorando su calidad intrínseca: geomorfología (dominios geomorfológicos, pendientes y sinuosidad del terreno), litología, hidrología, relieves litoestructurales singulares y vegetación (agrupación vegetal, diversidad, densidad y estratificación); y su calidad extrínseca (núcleos urbanos y patrimonio natural). El resultado de la cartografía de Calidad Paisajística se obtiene sumando la calidad intrínseca multiplicada por "0.6" y la extrínseca multiplicada por "0.4", dando más peso a los componentes intrínsecos, que a los extrínsecos, aunque en la bibliografía clásica la ponderación es más contrastada (0.8 calidad intrínseca y 0.2 la calidad extrínseca),

Presentan Muy Alta Calidad Paisajística, el Valle de Las Batuecas englobando sus divisorias, el espacio natural de Quilamas, las cumbres de la Sierra de Francia, algunos sectores asociados a escarpes (Valdecarpintero-Serradilla del Arroyo) y del Oeste y Sur de la zona de estudio, (alrededores de Valdelageve y Sotoserrano) y sectores dispersos del interior del espacio natural de Las Batuecas-S. de Francia (Mogarráz, Miranda del Castañar).

Alrededor de los sectores de Muy Alta calidad, se ubican los de Alta Calidad (Pinedas). En el norte, se distribuye por las localidades de Dios Les Guarde, Hondura, etc. Al oeste se localiza en las cercanías de Pastores y Guadapero.

La Calidad Media es limitante con los sectores anteriores de Alta y Muy Alta calidad, distribuyéndose por el centro y sureste (Nava de Francia, Santibáñez de la Sierra, El Tornadizo). Los sectores con Calidad Baja, se distri-

buyen por la parte norte central (Moraverdes, Sur de Tenebrón y Aldehuela de Yeltes, etc.), quedando entre estos sectores las zonas de Calidad Muy Baja, en el noroeste (Segoyuela de los Cornejos, Tejeda, etc.) y este de Valdela-puertas.

La integración en la cartografía de calidad paisajística de los relieves litoestructurales más singulares y del patrimonio geológico en la cartografía de calidad extrínseca, genera una cartografía paisajística más precisa y rigurosa.

El resultado cartográfico de la Calidad Paisajística, en general muestra que las zonas de muy alta calidad, coinciden con los sectores de alto valor geológico.

5. Cartografía de Fragilidad Paisajística. Se calcula a partir de la fragilidad intrínseca: geomorfología (pendientes y orientaciones), área de las diferentes unidades de paisaje y vegetación (densidad, estratificación, superficie de unidades vegetales y sinuosidad); y la fragilidad extrínseca: accesibilidad y visibilidad a zonas de alta frecuentación humana. En este caso, para el cálculo de la Cartografía de Fragilidad Paisajística, se han sumado la fragilidad intrínseca multiplicada por "0.6" y la fragilidad extrínseca multiplicada por "0.4".

La Cartografía de Fragilidad, o capacidad de respuesta del entorno natural o vulnerabilidad ante determinadas actuaciones humanas, muestra sectores de Fragilidad Muy Alta en zonas de muy alta calidad (dominios de cumbres y crestas), con capacidad de acogida muy baja al incidir las posibles actividades en una zona perceptual muy amplia (Sierra de Francia, Quilamas y las Sierras de La Alberca y de Herguijuela de la Sierra). La Fragilidad Alta, comprende las partes altas de las laderas y zonas dispersas alrededor de sectores de Muy Alta fragilidad (oeste Santibáñez de la Sierra, Molinillo, Pinedas, flanco sur del sinclinal de Guadapero). La Fragilidad Media, se distribuye por el centro y suroeste de la zona, (Sierra Mayor, Sierra de Tamames y resaltes topográficos del sector entresierras -San Miguel de Robledo, San Martín del Castañar, La Alberca, Madroñal, etc.-.

Por último, los sectores de Fragilidad Baja y Muy Baja, se encuentran en amplias zonas del norte (dominios de superficies y piedemontes), que suelen presentar portes arbóreos o actividades humanas dispersas que dan capacidades de acogida mayores, disminuyendo su fragilidad. El Valle de las Batuecas, Valle de Quilamas, Valle del Agadón, Serradilla del Arroyo, etc., o bien presentan elementos naturales o cuencas visuales muy reducidas o cerradas que disminuyen la intrusión visual y la afección paisajística a zonas adyacentes, lo cual genera una fragilidad menor, como ocurre en el dominio de valles encajados del valle de Quilamas. Otros sectores con fragilidad Muy Baja, son Valdecarpinteros, Tamames, Herguijuela del Campo, etc.

6. Cartografía de Capacidad de Absorción. La capacidad de absorción se corresponde con el concepto opuesto al de fragilidad visual. Esta cartografía es de gran interés, al delimitar las zonas de máxima y/o mínima intervención antropica. En la zona de estudio, los sectores de mayor patrimonio geológico se distribuyen por zonas de mínima intervención antropica, y los sectores de menor visibilidad (menor fragilidad) sin componentes singulares (menor calidad) coinciden con los de máxima intervención.

La capacidad de absorción muestra sectores de Muy Alta y Alta capacidad de absorción o mínima conservación, se corresponden con zonas donde las intervenciones antropicas generarían poca incidencia perceptual, por lo que son sectores de posible intervención humana. (alrededores de Valdecarpinteros, Morasverdes, sur de Aldehuela del Yeltes y norte de El Maillo), sectores al pie del talud del escarpe (El Maillo-Aldehuela de Yeltes), la localidad de Puebla de Yeltes, por el encajamiento fluvial, sectores de la hoja cartográfica de Hervás (por la sinuosidad del terreno y la cobertera vegetal), y en valles profundos y encajados en sus sectores más internos (Valle del río Quilamas, Valle de las Batuecas), los cuales aunque tienen alta calidad paisajística como se observa en el mapa de calidad, presentan baja fragilidad al ser cuencas visuales cerradas, y

por lo tanto zonas con muy alta capacidad de absorción. La capacidad Media se distribuye por las laderas bajas de algunos valles (Agadón, Alagón, Las Batuecas, Cuerpo de Hombre y Quilamas) o de forma dispersa (Oeste de Pedrotoro, este de Santo Domingo de Herguijuela). Los sectores de Muy Baja y Baja capacidad de absorción, o bien de mayor necesidad de conservación ya que su modificación generaría importantes modificaciones paisajísticas, se concentran con mayor extensión en el interior de los espacios naturales, de Las Batuecas-Sierra de Francia (cumbres y laderas altas de la Sierra de Francia, Sierra de La Canchera, ambos flancos del sinclinal de Guadapero, Puerto del Portillo, Peña de Francia, Madroñal, Miranda del Castañar, Cepeda, etc.) y Quilamas (Sierra Mayor, Sierra de Tamames, Pico Cervero, Linares de Riofrío, San Esteban de la Sierra, San Miguel de Valero, etc.). También de forma dispersa se distribuyen entre La Alberca y San Miguel de Robledo, Las Casas del Conde, Nava de Francia, etc, ya que son zonas que focalizan desde zonas próximas, más elevadas (Sierra de Francia, Sierra Mayor, etc.) las actividades potenciales que se desarrollen. Por último, destacar en la zona sur, sectores con Muy Baja incidencia en las localidades de Pinedas, Cepeda, Aldeacipreste y Valbuena.

7. Cartografía de Calidad para la Conservación, que se obtiene mediante la ponderación de las cartografías de dominios geomorfológicos, calidad paisajística, vegetación, litología y fauna. Se utilizarán en el apartado de Análisis Ambiental para el procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica.

C. Las Cartografías Interpretativas, se han elaborado en base a cualidades o aspectos ambientales de interés. Estas cartografías se describen en los apartados de Análisis de Riesgos y Análisis Ambiental, por lo que a continuación sólo se indican los principales grupos:

1. Cartografías de Riesgos Geológicos, realizándose las Cartografías de Riesgo de Erosión de Suelos (Hídrica y Eólica), Riesgo por Inundaciones, Movimientos

- del Terreno, Riesgo Geotécnico. Estas cartografías permiten determinar las Limitaciones de Usos, y a partir de las tres primeras se realiza la Cartografía Integral de Riesgos.
2. Cartografías Hidrológicas específicas: de Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación, y Cartografías de Calidad de Aguas Superficiales.
 3. Cartografía de Vulnerabilidad a los Residuos Sólidos Urbanos. Se utiliza para la orientación del emplazamiento de vertederos.
 4. Cartografía de Identificación de Impactos Ambientales, representando las áreas de afección antrópica, y Cartografía de Caracterización de Impactos estableciendo prioridades en la restauración-recuperación.
 5. Cartografía de Recomendaciones y Limitaciones de Usos del Suelo, a partir de la superposición de la Cartografía de Calidad para la Conservación y la Cartografía Integral de Riesgos.
 6. Cartografía de Grados de Protección, realizada en base a la reclasificación de la Cartografía de Calidad para la Conservación y la Cartografía Integral de Riesgos. Se obtienen cartografías derivadas por superposición, como la Cartografía de Grados de Protección y Patrimonio Natural y la Cartografía de Grados de Protección y Vulnerabilidad.

Análisis de Riesgos.

La metodología utilizada para el análisis del riesgo de erosión hídrica, la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos -USLE- ($A=R \times K \times L \times S \times C \times P$), se ha validado mediante la superposición de las diferentes formas erosivas analizadas en campo (surcos, cárcavas, barrancos, etc.) y en imágenes de satélite, observando su coincidencia con los sectores cartografiados como de riesgo alto y muy alto. No obstante, es de gran importancia la adaptación de cada parámetro utilizado en la ecuación a nuestra zona, para poder establecer la puesta en marcha de prácticas de conservación de suelos (bancales, prácticas de roturación, reforestación, etc.).

El análisis pormenorizado del índice de agresividad climática (Factor R) en nuestra zona, indica que el Índice de Fournier modi-

ficado -Fm- es el que mejores resultados ofrece, al ser corroborado con las cartografías climáticas condicionadas por las características topográficas.

Para la cartografía del parámetro erodibilidad (Factor K), se han utilizado dos metodologías en paralelo, una dando prioridad a los suelos y otra a las características litológicas del sustrato, obteniendo mayor precisión aquella en la que tienen en cuenta parámetros edáficos, al presentar un análisis más detallado (analítico y textural).

El parámetro de vegetación (Factor C), muestra un alto grado de incertidumbre, ya que no estaba actualizada la cartografía existente, por lo que ha sido necesaria la realización de una cartografía detallada, a escala 1/50.000, y campañas de campo que permitieron determinar diferentes parámetros (espesor de materia orgánica, densidad arbórea, etc.). Se contrasta dicha cartografía con la cartografía de índices de vegetación obtenida con imágenes de satélite, mostrando que para una primera aproximación las técnicas de teledetección permitían obtener cartografías válidas muy mejoradas con respecto a las cartografías no actualizadas, ayudando en el proceso la utilización de la cartografía de usos del suelo del proyecto Corine.

La valoración cuantitativa del grado de erosión se contrastó mediante cinco estaciones experimentales con clavos y agujas de erosión, y medidas directas de formas erosivas en diferentes puntos sobre distintos sustratos, obteniendo una mayor erosionabilidad sobre terrenos detríticos (2-4 cm/año), seguido de graníticos (1-2 cm/año) y pizarrosos (< 1cm/año).

Los riesgos de erosión hídrica calculados a partir de las cartografías de erosión actual, mediante la ecuación universal de pérdida de suelo -USLE- se definen como graves (> 2.67 mm/año) e importantes (2.67 - 1.3 mm/año); en las zonas altas de las sierras, debido a la topografía escarpada, pendientes elevadas, precipitaciones abundantes y escasa cobertura vegetal. Se observan riesgos graves en las Sierras Del Guindo, La Alberca, Del Castillo y Sierra de Tamames-Quilamas, siendo importante en los sectores de Cepeda, noroeste de Colmenar de Montemayor, etc. El riesgo de erosión hídrica ligera (1.3-0.3 mm/año) se distribuye en las zonas entre ambas sierras y

estribaciones de los relieves, como San Martín del Castañar, Garcibuey, San Miguel de Robledo y sector Este de la zona de estudio, como El Tornadizo, Norte de Aldeacipreste, San Esteban de la Sierra, etc. El riesgo débil (< 0.3 mm/año) en los piedemontes ya fuera de los espacios naturales, como Morasverdes, Aldehuela de Yeltes, Segoyuela de los Cornejos, Herguijuela del Campo, Pedrotoro, etc.

La cartografía del riesgo de erosión eólica, se obtiene mediante técnicas cartográficas sumando la cartografía de erosionabilidad general (textural y analítica a partir de los análisis de los suelos delimitados en la cartografía edáfica) y la cartografía del índice de erosión eólica (basada en los índices de protección evaluados a partir de la cartografía de vegetación), teniendo en cuenta el índice del viento del sector de estudio.

Para mejorar el procedimiento se concluye la conveniencia de delimitar las áreas de deflación, no solo por las pendientes generales y su extensión superficial, sino por el tipo de formación superficial existente (terrazas, abanicos, glacis, piedemontes, coluviones, etc.) y la pendiente media de cada una. El riesgo de erosión eólica, es menos importante que el de erosión hídrica, quedando restringido a zonas de deflación muy llanas (Morasverdes, Tenebrón, etc.) y de escasa o nula vegetación (La Bastida, Cilleros, etc.), o en sectores con índice de erodibilidad eólica muy alto por presentar elevada erodibilidad textural y analítica (Cereceda de la Sierra, Montemayor, etc.). Los riesgos de erosión eólica son poco importantes frente a los de erosión hídrica.

La metodología utilizada en el análisis de los riesgos de inundación tiene en cuenta tres métodos de análisis: la modelización hidrológico-hidráulica, la predicción espacial (geomorfológico) y la predicción temporal (histórica); frente a la clásica metodología que sólo tiene en cuenta el método hidrológico-hidráulico. La combinación de los tres métodos facilita la planificación racional de las llanuras de inundación permitiendo establecer medidas no estructurales de menor coste que las estructurales.

El análisis del riesgo de inundación, aplicando los métodos: histórico, hidrológico-hidráulico y geomorfológico, nos ha permitido conocer los caudales de retorno de 10, 50, 100 y 500 años y su proyección sobre el modelo

digital del terreno, determinando con gran fiabilidad el área inundable para cada periodo, así como las Cartografías de Isobatas e Isotacas.

Las condiciones de contorno del cauce, a partir de la base topográfica a escala 1/10.000, no presentan suficiente detalle para definir el avance de la lámina de agua en el cauce y llanura de inundación, por lo se ha hecho necesario el levantamiento de perfiles transversales a escalas 1/2000, en sectores con inundaciones históricas, o con características geomorfológicas singulares (capturas de meandros, estrechamiento de cauces, etc.). Esto nos ha permitido delimitar y zonificar los grados de riesgo por inundación, superponiendo las cartografías de los diferentes sectores inundables, según los diferentes periodos de retorno calculados (10, 50, 100 y 500), sobre la ortofoto georeferenciada con las poblaciones cercanas a cauces, en los márgenes de los ríos Yeltes (Alba de Yeltes, Aldehuela de Yeltes y Puebla de Yeltes), Gavilanes (Sancti-Spiritus, Bocacara) y Morasverdes (Dios Le Guarde y Morasverdes).

Se han realizado las cartografías de Isobatas e Isotacas para delimitar el riesgo por profundidad y velocidad de la corriente en el interior del cauce de avenidas ordinarias y extraordinarias, tal como dispone la nueva Directiva de inundaciones de reciente aplicación: Directiva 2007 (DOCE 288, 2007), al incidir en la importancia de, no sólo el cálculo del perímetro mojado de cada periodo de retorno, sino también la delimitación de las vías de intenso desagüe, determinando la peligrosidad para las personas, tanto por velocidad de la corriente (>1m/seg.) como por su profundidad (>0,5 m.). Actualmente esta legislación esta transpuesta a nivel nacional mediante el Real Decreto 9/2008 (BOE 14, 2008).

Finalmente se han validado los resultados de la Cartografía del Riesgo de Inundación en las diferentes localidades (Sancti-Spiritus, Morasverdes, Aldehuela de Yeltes, Puebla de Yeltes, etc.) al presentar actualmente medidas estructurales -muros de retención, canalizaciones...-, que corroboran el riesgo deducido por nuestra metodología, comprobando la eficacia de cada estructura (altura de diques, sectores con edificaciones, etc.), y a la vez confirman, no sólo la calidad de los datos

calculados (caudales de diseño, umbral de escorrentía, intensidades, condiciones de contorno, etc.) sino también las cartografías realizadas para el procedimiento (Cartografía de Isoyetas para cada Periodo de Retorno, Cartografía del Umbral de Escorrentía, etc.).

Con respecto a los riesgos por movimientos de ladera, se ha elaborado, en primer lugar la Cartografía de Susceptibilidad, determinando la potencialidad por los factores pasivos de nuestro sector de estudio. Esta metodología cartográfica utiliza la cartografía geomorfológica (pendientes, tipo de vertiente, orientaciones, distribución litológica y dominios geomorfológicos), la cartografía de unidades hidrogeológicas y la cartografía de vegetación.

En segundo lugar se elabora la Cartografía de Peligrosidad, que tiene en cuenta los factores activos, siguiendo un procedimiento cartográfico que utiliza la cartografía de sismicidad (severidad geológica -sismicidad histórica, peligrosidad sísmica y actividad geotectónica-), la cartografía de población anual, y la cartografía del riesgo de catástrofe (zonas inestables e infraestructuras-), la cartografía textural (asociaciones de suelos), cartografía geomecánica, cartografía de lineamientos y fracturación, cartografía de precipitaciones máximas diarias y la cartografía de erosión. Finalmente se suma a la cartografía de susceptibilidad, la cartografía de peligrosidad.

Por último se elaboran las Cartografías de Vulnerabilidad (social, estructural, cultural, económica y medioambiental) y Cartografía de Exposición (grado de afección) que sumadas a la de Peligrosidad (que ya contiene la susceptibilidad al riesgo), dan lugar a la Cartografía del Riesgo por Movimientos de Ladera.

Se ha realizado para el Riesgo por Movimiento de Ladera, el procedimiento completo de la Cartografía de Riesgo, entendida como el análisis de la Susceptibilidad, Peligrosidad, Vulnerabilidad y Exposición. Además se concluye que presenta una gran fiabilidad al validarse las Cartografías de Susceptibilidad y Peligrosidad mediante la superposición del Mapa Inventario de los diferentes tipos de movimientos de ladera (deslizamientos rotacionales, reptaciones, canchales, etc.). Los movimientos inventariados se distribuyen en sectores de susceptibilidad y/o peligrosidad

muy alta o alta (Monsagro, Sierra de Francia, Pinedas, La Bastida, etc.).

Se ha observado la necesidad de que algunos parámetros se valoren en campo previamente a su ponderación cartográfica, como, por ejemplo, la calidad geomecánica de los diferentes afloramientos rocosos.

Los riesgos cársticos se distribuyen de forma desigual, por los diferentes afloramientos carbonatados, por lo que ha sido necesario un trabajo de reconocimiento de campo, donde se determinó el grado de alteración y la presencia de formas que indiquen riesgos de hundimiento (dolinas, uvalas, etc.), estableciendo zonas de alto riesgo en sectores donde hay asentamientos de población o actividad antropica, como ocurre en la parte suroeste de la localidad de Tamames, Peña Venero, etc.

Los riesgos geotécnicos quedan establecidos en la Cartografía de Peligrosidad Geotécnica, atendiendo a las condiciones constructivas que muestran los problemas-tipo de cada sector según las características litológicas, geomorfológicas, hidrológicas y geotécnicas.

Los sectores con condiciones constructivas desfavorables, se distribuyen por la Sierra de Francia y el Espacio Natural de las Quilamas, donde presentan problemas de crioclasticidad e inestabilidad. También se presentan zonas desfavorables en el sector noreste, en terrenos inundables (ríos Morasverdes, Tenebrilla y Yeltes), debido a problemas hidrológicos y geotécnicos. Los sectores con condiciones Constructivas aceptables, se distribuyen por el oeste y noroeste de la zona de estudio (Tenebrón, Pedrotoro, etc.), al igual que el sur (Valbuena, Monte-mayor, etc.) y sector interno de entresierras (Miranda del Castañar, Madroñal, Las Casas del Conde, etc.). Estas zonas presentan gran capacidad de carga, aunque puntualmente puedan existir problemas geomorfológicos e hidrológicos (encharcamientos). Por último, los sectores con condiciones constructivas favorables, se localizan en la zona norte, entre Puebla de Yeltes y Tamames, y en la zona este (alrededores de Serradilla del Llano, La Atalaya, etc.). Estos sectores son estables con asientos inmediatos asumibles y, gran capacidad de carga; donde los problemas hidrológicos y geomorfológicos son compatibles con los usos más frecuentes del territorio.

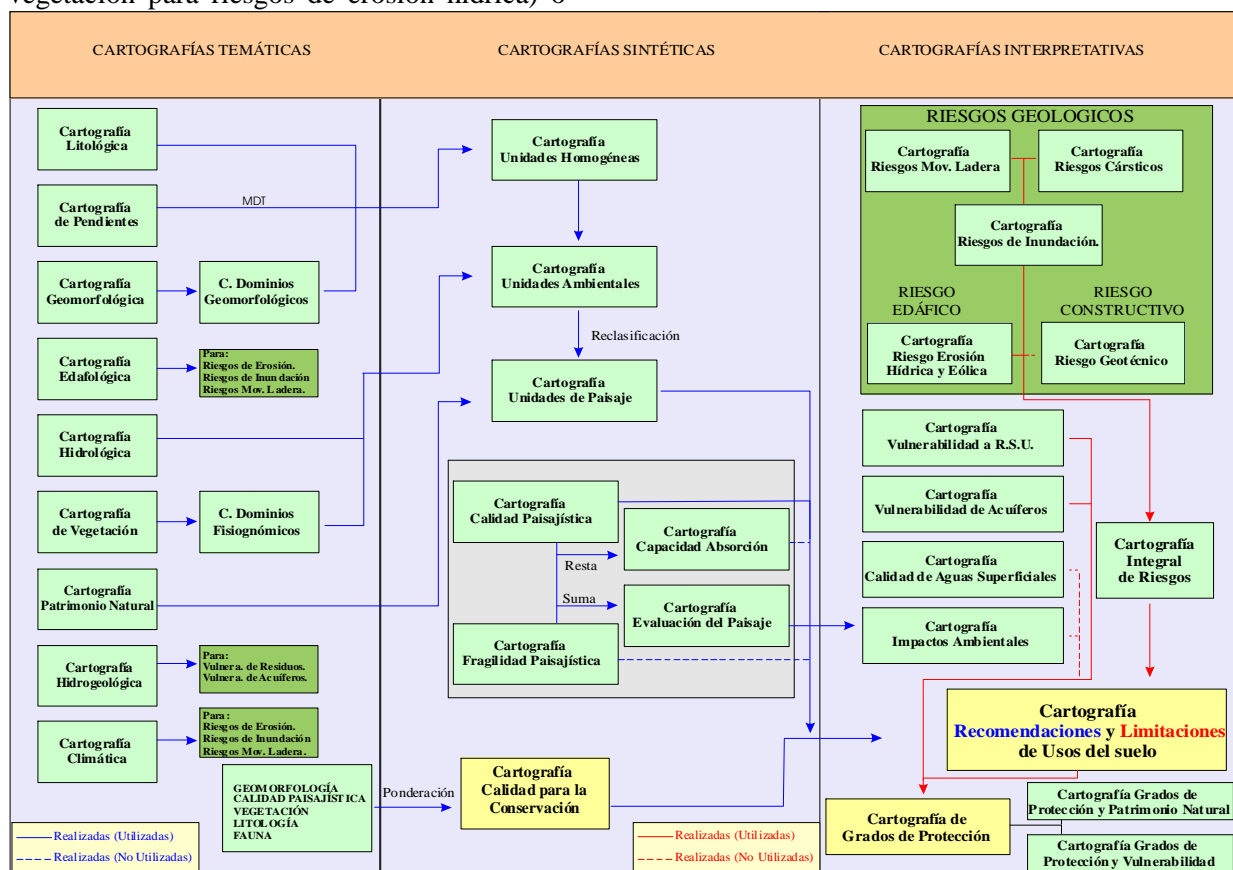
La Cartografía Integral de Riesgos elaborada, superpone, los riesgos de inundación, de movimientos de ladera, el riesgo cárstico, el riesgo erosivo (hídrico y eólico), y el riesgo por encharcamiento. Esta cartografía, constituye un resultado en si misma, al ser una medida no estructural, (prevención del riesgo, mitigando el número de víctimas y evitando costes sociales y económicos), y una herramienta para la planificación y gestión sostenible de los Espacios Naturales.

Para alguna de estas cartografías temáticas se han utilizado técnicas de Teledetección que permiten un completo análisis espacial multi-temporal, determinando la evolución de los diferentes usos del suelo (formas de erosión, manchas de vegetación, etc.). Este análisis de fotografías aéreas e imágenes de satélite nos ha permitido de forma eficaz elaborar cartografías de contraste o comparación (cartografía de vegetación para riesgos de erosión hídrica) o

cartografías finales (cartografía de lineamientos para riesgos de deslizamientos).

Análisis Ambiental.

La metodología cartográfica desarrollada para el procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica -EAE-, integra cartografías que se han tenido en cuenta en la planificación territorial de los Espacios Naturales, (Análisis Cartográfico Regional, Inventario y Riesgos), cubriendo las actuales exigencias legislativas al implementar el análisis de riesgos naturales en la ordenación y planificación urbanística, estableciendo los diferentes usos del suelo (urbano, industrial, etc.). El procedimiento cartográfico general, realizado en este trabajo y que se muestra a continuación, representa una metodología cartográfica específica para la gestión de los Espacios Naturales Protegidos, y la Planificación y Ordenación del Territorio.



La EAE que se ha desarrollado para los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas, potencia un desarrollo urbano y territorial sostenible, donde los Riesgos Geológicos, plasmados a través de las Cartografías elaboradas, se incorporan de

forma integrada con las Recomendaciones de Usos, establecidas a partir de la calidad para la conservación, mediante el análisis cartográfico de los recursos (Paisaje, Patrimonio, etc.).

La realización de la Cartografía de Recomendaciones y Limitaciones de Usos, constituye una herramienta eficaz para el gestor de los Parques Naturales, en la planificación y futura gestión de las diferentes actividades humanas, mostrando en la propia leyenda las actividades: compatibles, compatibles con estudios previos y no compatibles, obtenida de la matriz de acogida elaborada en la parte del Análisis Ambiental.

Analizando este mapa, a partir de las unidades Ambientales de Paisaje, se aprecia que las Unidades de Cumbres de pizarras con matorrales y de Cumbres cuarcíticas sin vegetación; presentan muy alta y alta calidad de conservación y alta-muy alta probabilidad de riesgos naturales, por lo que su uso compatible principal sería de conservación, pudiendo haber sectores con un uso restringido, mediante permiso especial. En el caso de extrema necesidad (por ejemplo infraestructuras) deberán pasar previamente por el procedimiento de EIA.

En cambio, la Unidad de Cumbres y Crestas calizas con matorrales, que presenta muy alta calidad para la conservación y baja limitación por riesgos, permitiría un uso potencial del medio físico mayor al de las unidades anteriores, aunque algunos usos se encuentren restringidos a determinados sectores (espacios libres de recreo) o al análisis de estudios de detalle (actividades cinegéticas, forestales...). Algunas actividades están prohibidas (vertederos y Centros de Tratamiento de Residuos -CTR-...) o sometidas a EIA (actividades extractivas).

La Unidad de Colinas y Lomas sobre areniscas con pastizales muy desarrollados y cultivos, presenta una calidad para la conservación de media a muy alta, y muy bajo grado de protección por riesgos, lo cual permite un amplio desarrollo de actividades, aunque algunas necesiten permiso especial (camping, actividades cinegéticas...) o se encuentren sujetas a normativa específica y estudios de detalle. En cambio, la Unidad de Laderas graníticas con formaciones vegetales arbóreas y con pastizales y cultivos dispersos, presenta una alta-muy alta calidad para la conservación y las limitaciones por riesgos hacen que el grado de protección sea medio-alto. Son asumibles la mayoría de las actividades antrópicas, aunque la circulación

de vehículos quede restringida en determinadas zonas. Tanto la explotación de recursos como las infraestructuras son viables en base al análisis de un estudio previo. La Unidad de Laderas sobre pizarras y esquistos con árboles en la base y matorral y coluviones en la parte media alta, presenta similares características a la anterior, pudiendo existir actividades extractivas condicionadas a las características de cada proyecto y a su ubicación.

La Unidad de Valles Fluviales encajados sobre granitos con superficies erosivas con árboles dispersos y matorrales presentan una calidad para la conservación baja y muy bajas-bajas limitaciones por riesgos. En cambio la unidad de Valles Encajados en pizarras con grupos de árboles, matorral y cultivos dispersos, presenta una alta-muy alta calidad para la conservación y media-muy alta limitación por riesgos. Ambas unidades condicionan determinadas actividades (extractivas) e infraestructuras, siendo asumibles las actividades de ocio y esparcimiento así como las de mejora natural, aunque el resto de actividades estén permitidas o bien en sectores concretos. La Unidad de Superficies sobre conglomerados y areniscas con cultivos y bosques asociados puntuales, presenta una calidad para la conservación muy baja-media y unas limitaciones por riesgo de grado muy bajo-bajo. Presentan amplios sectores sin limitaciones de uso (actividades agrícolas, ganaderas...), y únicamente presentan restricciones en determinados proyectos donde se deba analizar previamente la incidencia ambiental mediante estudios específicos.

La Unidad de Escarpe sobre pizarras, areniscas y conglomerados con árboles dispersos y pastizales, presenta calidad de conservación media-alta y limitaciones medias por riesgos. Se corresponde con sectores del territorio con características no favorables para gran parte de las actividades humanas, bien por su elevada pendiente o bien por su incidencia en procesos activos o de contaminación de sectores adyacentes, por lo que o no se recomiendan o no corresponden.

Por último, la Unidad de Terrazas Fluviales y Fondos de Valle con árboles y cultivos, presenta una calidad para la conservación muy baja y unas limitaciones por riesgos entre baja y muy alta (zonas inundables cercanas al cauce). La mayoría de actividades son compa-

tibles, excepto en la llanura de inundación de los ríos, aunque para determinadas infraestructuras (depuradores, red de abastecimiento...) en fase de anteproyecto debe analizarse la incidencia ambiental, sobre el recurso hídrico.

A partir del Mapa de Recomendaciones y Limitaciones de Uso, se ha realizado la Cartografía de Grados de Protección, que constituye una cartografía derivada de la de Limitaciones y Recomendaciones de Usos, en la que se simplifican los diferentes sectores clasificándolos en áreas de mayor o menor protección y/o intervención humana. Las áreas de mayor protección y por tanto de menor intervención humana (instalación de actividades) constituyen las zonas de mayor calidad de conservación y/o de mayor riesgo geológico. Para una primera aproximación en la planificación ambiental es de gran utilidad, y en el caso de que fuese necesario analizar varias alternativas de ubicación de una actividad en sectores de grado de protección medio, tendríamos que analizar la cartografía de Recomendaciones y Limitaciones de Usos para saber la problemática ambiental que presenta (calidad para la conservación o limitaciones por riesgos) para poder establecer medidas correctoras y/o estructurales que minimicen el riesgo o la afección a la calidad para la conservación. En nuestro caso, como se aprecia en esta cartografía los dos Espacios Naturales, Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas se encuentran dentro de los grados de protección muy alto y alto, con pequeñas excepciones en Monsagro, al Sur de El Maillo y Cereceda de la Sierra, al norte del valle de Las Batuecas y al suroeste de Linares, con grado de protección medio, existiendo solamente pequeñas manchas de grado de protección bajo al norte y noroeste de Linares.

A esta cartografía, dada su aplicación directa en la gestión de los Espacios Naturales Protegidos, se le ha superpuesto el Patrimonio Natural, obteniendo una nueva cartografía de Grados de Protección y Patrimonio Natural, específica para la conservación en base a los grados de protección y la valoración de su Patrimonio. La valoración del Patrimonio Geológico, nos permite considerar a la geodiversidad como parte activa a conservar en la planificación de usos en estos Espacios Naturales, mediante la elaboración de esta última cartografía, a escala 1/ 50.000, donde se distri-

buye el Patrimonio sobre los diferentes grados de protección, con la finalidad de delimitar al gestor las zonas de mayor afección al Patrimonio Natural.

Por otra parte, a la cartografía de Grados de Protección se le ha superpuesto el mapa de Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos, que nos permite conocer las áreas más vulnerables a la contaminación, observando en nuestra zona sectores con vulnerabilidad extrema en sustratos carbonatados con procesos de disolución, como algunos sectores de Las Quilamas y la localidad de Tamames, o bien vulnerabilidad alta, sobre materiales cuaternarios, por el grado de porosidad e infiltración que presentan, como Morasverdes, Tenebrón, Dios Le Guarde, etc. Otra aplicación de éste mapa ha servido para el análisis del emplazamiento de Residuos Sólidos Urbanos -RSU-, sobre los diferentes sectores de protección, pudiendo establecer, por ejemplo, dentro de una área de bajo grado de protección la viabilidad de ubicar una actividad que potencialmente pueda afectar a los acuíferos o generar problemas por emplazar un vertedero. Por ello se ha superpuesto al Mapa de Grados de Protección, por una parte el Mapa de Vulnerabilidad de Acuíferos a la Contaminación, que nos permite conocer las áreas más expuestas a la contaminación por los lixiviados generados por determinadas actividades humanas, como las áreas carbonatadas de Quilamas y Tamames con vulnerabilidad extrema, y por otra, las áreas detríticas Cuaternarias con vulnerabilidad alta, como son los aluviales y las llanuras de inundación de los principales ríos (Yeltes, Gavilanes, Morasverdes, etc.).

Asimismo la Cartografía de Orientación al vertido de RSU, obtenido a partir de las variables litológica, hidrológica e hidrogeológica, geomorfológica, climática y geotécnica, que muestra los sectores desfavorables y favorables con estudios de detalle, permite conocer la vulnerabilidad u orientación al vertido de RSU. No obstante, como se ha elaborado solamente para el Espacio Natural de Las Batuecas S. de Francia, y se ha observado que hay gran coincidencia con la delimitación del Mapa de Vulnerabilidad de Acuíferos, para que el mapa sea más sencillo, no se ha superpuesto, aunque se muestra en el correspondiente apartado de aplicaciones ambientales.

La última parte de este Análisis Ambiental, consiste en un análisis de la Evaluación de Impactos Ambientales, a partir de la Cartografía de Identificación y Caracterización de Impactos Ambientales en los Espacios Naturales Protegidos, observando el grado de desarrollo de las diferentes actividades antropicas en la zona de estudio. La cartografía de Identificación de Impactos, tanto puntuales, lineales como areales, muestra que en el sector de trabajo, presenta actividades agrícolas (cultivos) y ganaderas alrededor de los Espacios Naturales y gran número de canteras inactivas, escombreras y vertederos en el interior y exterior de los Espacios Naturales. Otra afección dispersa y puntual, es la presencia de estaciones de repetición y TV, de transformación eléctrica y torretas de telefonía móvil. Además se distribuyen de forma aislada actividades industriales (madereras, textiles, agroalimentarias) y ganaderas, con infraestructuras lineales (carreteras, tendidos eléctricos, etc.).

En base a esta identificación se ha caracterizado el impacto, generando la cartografía de Caracterización de Impactos que valora cualitativamente el grado de afección y los factores afectados, mostrando importancia la deforestación por tala no sostenible y/o incendios que afectan al factor suelo, facilitando los riesgos de erosión hídrica, las actividades industriales (madereras, gasolineras, textiles, talleres mecánicos...) que con sus residuos y emisiones afectan a las aguas superficiales, subterráneas, atmósfera y suelos, los vertederos afectan al paisaje y a la calidad ambiental de suelos y aguas, la minería que afecta a la geomorfología, calidad atmosférica, paisaje y por sus residuos a suelos y aguas.

La cartografía desarrollada, facilita y mejora la valoración cuantitativa empírica de los impactos. Para ello se han elaborado funciones de transformación aplicadas a los Dominios Geomorfológicos, Paisaje, Patrimonio Natural y Riesgos, con sus respectivos indicadores ambientales.

Como aplicación práctica, se ha realizado un análisis del Impacto Ambiental generado por la instalación de un Parque Eólico en la Sierra de La Canchera, aplicando la metodología cartográfica desarrollada en este trabajo para la valoración cualitativa (ponderando atributos que caracterizan el impacto) y cuantitativa. Una aportación novedosa es la

elaboración de 4 índices de impacto -índice geomorfológico, índice paisajístico, índice de patrimonio e índice de riesgo integral-, y sus funciones de transformación asociadas, que facilita y mejora la valoración cuantitativa empírica del grado de impacto en unidades de calidad ambiental, de forma que sean comparables los impactos a la hora de jerarquizar su afección.

Se muestran los resultados de la valoración cualitativa y cuantitativa del impacto, mostrando semejanzas, aunque el grado de precisión aconseja y valida el método cartográfico desarrollado y la aplicación de los índices de impactos elaborados en este trabajo. Dicho estudio desaconseja esa ubicación, por los impactos generados sobre la geomorfología, paisaje, patrimonio y la influencia de procesos activos, aún siendo considerado favorable este sector, por parte de la Administración, mediante el Dictamen Ambiental del Plan Eólico Provincial.

Las cartografías elaboradas permiten disponer de mapas de fácil aplicación y gran utilidad en diferentes campos, prueba de ello es su aplicación en el cálculo de trazados de infraestructuras lineales, útiles en la elaboración de itinerarios con el mínimo impacto paisajístico, lo que favorece la elaboración de diferentes rutas (senderismo, cicloturismo, a caballo, etc.) con un efecto mínimo sobre el Espacio Natural, y en la gestión de los residuos, tal como se han desarrollado en este trabajo.

Finalmente la creación de una base de datos temática digitalizada de los Espacios Naturales de Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas., constituye un resultado que facilita y mejora el análisis territorial, permitiendo integrar dicha información en análisis multidisciplinares a corto plazo.

PARTE VI.

BIBLIOGRAFÍA.



PARTE I.

- Becker-Platten JD; Lutting, G; Meine KH. (1979). Geoscientific Maps for Planning. Natural Resources Forum, vol 3. 167-177.
- Bonham-Carter, G.F. (1996). Geographic Information System for Geoscientists. Modelling with GIS. Tarrytown .N.Y. Pergamon Elsevier Science Ltd. Computer Methods in the Geosciences, vol 13. 398 pp.
- Cendrero A. (1980). Geoscientific mapping for integrated landuse planning in the Santander Region, Spain; its application for developing countries. IUGS-UNESCO. Seminar on Geoscientific in the third world. Lomé. 25 pp.
- Cendrero, A., y col. (1986): Mapa Geocientífico de la Provincia de Valencia, Ed. Diputación Provincial de Valencia, 3 Tomos, Valencia.
- Cendrero, A.; Sánchez, J.; Antolin, C.; Arnal, S., Díaz, J., Martínez, V.; Moñino, M.; Nogales, I.; Pérez-Chacón, E.; Ríos, C.; Romero, A.; Suárez, C. (1990): Geoscientific Maps for Planning in semiarid regions: Valencia and Gran Canaria, Spain, Engineering Geology, 29. 291-319.
- Christian, C.S. & Stewart, G.A. (1968): Methodology of integrated survey, Aerial. Surveys and Integrated Studies, proc. of the Toulouse conf, Unesco, 1: 233-280.
- CMP (2004). Open Standas for the Practice of Conservation. The Conservation Measures Partnership.
- EUROPAC-España (2008). Planificar para gestionar los espacios naturales protegidos. Fundación Fernando González Bernáldez. Madrid.
- European Commission JRC (2002). Corine Land Cover Update 2000.
- Ferguson HF. (1974). Geologic Mapping for Environmental Purposes. Geol. Soc. América. Eng. Geol. Case Histories. Nº 10. 40 pp.
- Gustavsson Marcus; Kolstrup Else; Seijmonsbergen Arie. (2006). A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. Geomorphology 77. 90-111.
- Lutting, G. & Pfeiffer, D. (1974): The map of the potential of the natural environment. A new method of geoscientific research for land-use and regional planning, N. Arch. F.Nds., 23 (1). 3-13.
- Lutting, G. (1978). Geoscientific Maps of the Environment as an essential tool in planning. Geologie en Mijnbouw. Vol 57 (4). 527-532.
- Martínez-Graña, A.M.; Goy, J.L.; Zazo, C. (2007). Análisis of water erosion using GIS and Remote Sensing for the management of protected natural environments in the south of the province of Salamanca (Spain). Progress in Gully Erosion Research.IV International Symposium on Gully Erosion. 84-85.
- Martínez-Graña, A.M.; Sanchez, N.; Goy, J.L.; Zazo, C.; Baile, L.; Corteza, J. (2005). Cartografía del riesgo de erosión del ENP Las Batuecas-S de Francia y Quilamas (Salamanca, España), mediante técnicas de teledetección y SIG. II Simposio Nacional de Control de la Degradación de Suelos. 819-823.
- O'Neill, E. (2007). Conservations audits: auditing the conservaion process. Lessons Learned, 2003-2007. The Conservation Measures Partnership.
- Panizza, M. & Piacente, S. (2003). Geomorfología culturale. Pitagora. Ed. Bologna, 360 pp.
- Recondo, C; Menéndez, C; García, P; González; R; Sáez, E. (2000). Estudio de las zonas propuestas a sufrir deslizamientos en los concejos de Oviedo y Mieres (Asturias) a partir de una imagen Landsat TM y de un modelo Digital de elevaciones. Revista de Teledetección 14. 1-10.
- Reynard, E. & Pralong, J. (2004). Paysages geomorphologiques. Travaux et Recherches, nº 27. Institut de Géographie. Université de Laussane, 258 pp.

Santos Ganges, L.; Martín Duque, J.F.; Díez Herrero A. (2006). Aspectos geomorfológicos en las Directrices de Ordenación Territorial de Segovia y Entorno (DOTSE). IX Reunión Nacional de Geomorfología. Santiago de Compostela.

Toutin, Th (2004). Geometric Processing of Remote Sensing Images: Models, Algorithms and Methods (review paper). *International Journal of Remote Sensing*, 25 (10). 1893-1924.

Trilla, J. (1981). Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. 1º Curso de Ordenación Territorial ETSI Agrónomos. Lérida.

Wischmeier W.H. (1959) A rainfall erosion index for a Universal Soil Loss Equation. *Proceeding Soil Scientific Society of America* 23. Madison, Wis. 246-249.

Webs Consultadas.

www.conservationmeasures.org/CMP/Library.
www.jcyl.es/espaciosnaturales.

PARTE II.

II₁. Clima.

Chorley, R.J.; Schumm, S, A.; Sudgen, D.E.(1985). *Geomorphology*. Methuen & Co Ed. New Cork.

De Luis Calabuig, E. (1992). "Bioclima". En: *El Libro de las Dehesas Salmantinas* (Coord. J. M. Gómez Gutiérrez). Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Servicio de Educación Ambiental. Serie B. 125-178.

Elías del Castillo, F.; Giménez Ortiz, R. (1965). *Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España*. Mapa Agronómico Nacional. Dirección General de Agricultura.

Elías Castillo, F. & Ruiz Beltrán, L. (1979). *Precipitaciones máximas en España*. Estimaciones basadas en métodos estadísticos. ICONA. Monografía 21. Vol. 1 (textos), Vol. 2 (mapas)

Gutiérrez Elorza, M. (2001). *Geomorfología Climática*. Ed Omega. Barcelona.

Gutierrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología* Ed. Pearson . Prentice Hall. 898 pp.

Martínez-Graña, A.M.; Goy, J.L; Mateos J.; Zazo, C.; Sanz, J.M.; Cruz, R.; Forteza, J.(2006). 'Evaluación mediante SIG de la agresividad pluvial en los Espacios Naturales Protegidos del sur de Salamanca: Rebollar, Batuecas-S. Francia y Candelario-Gredos. *Rev. Edafología* (aceptada, en prensa).

Mateos, J. & Goy, J.L. (2006). *Cartografía Ambiental: Trazado de Mapas Climáticos desde Bases de Datos Textuales*. M+A. *Revista Electrónica de Medioambiente*. Nº1. 55-69.

Peltier, L. (1950). The geographical cycle in periglacial regions. *Ann Assoc. Aner. Geogr.* nº 40. 214-236.

Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a national clasification of climate. *Geogr. Rev.* 38. 55-94.

Walter, H. & Lieth, H. (1960). *Klima-diagramm Weltatlag*. Fischer Verlag. Jena.

Wilson, L. (1968). Morphogenetic classification. *Enciclopedia of Geomorphology* (R.W. Fairbridge). Reinhold. New Cork. 717-731.

Wilson, L. (1969). Les relations entre les processus géomorphologiques et le climat moderne comme méthode de Paléoclimatologie. *Revue de Géographie Physique et de Geologie Dynamique*. Vol. XI, Fasc. 3. 303-314.

II₂. Geología.

Alonso Gavilán, G. & Cantano, M. (1987). *La Formación areniscas de Ciudad Rodrigo*. Ejemplo de sedimentación controlada por paleorelieves (Eoceno, Fosa de Ciudad Rodrigo). *Studia Geol. Salmanticensia* XXIV. 247-258.

Bea, F. (1976). Anomalía geoquímica de los granitoides calcoalcalinos hercínicos del área Cáceres-Salamanca-Zamora (España). *Implicaciones petrogenéticas*. *Studia Geológica*, XI. 25-73.

- Cantano, M. (1997). Evolución morfodinámica del sector suroccidental de la Cuenca de Ciudad Rodrigo, Salamanca. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Experimentales Universidad de Huelva. 277 pp.
- Cantano, M. & Molina, E. (1999). La Cuenca de Ciudad Rodrigo y sus bordes. En: "La evolución del relieve en zócalos antiguos: procesos, formaciones superficiales y sedimentos asociados" (Edit. Molina Ballesteros, E., Sánchez del Corral Jiménez, A. & Pol Mendez, C.). *Studia Geologica Salmanticensis*, Volumen Especial VII. 121-135.
- Carballeira, J., Corrales, I., Pol, C. (1980). Características del Ordovícico inferior en las Unidades de Tamames-Sierra de Francia (Salamanca-Cáceres). IX Congreso Regional de Sedimentología. Guía de sesiones de campo. 25-47.
- Díez Balda, M. A. (1980). La sucesión estratigráfica del Complejo Esquisto Grauváquico al sur de Salamanca. *Estudios Geológicos*, 36. 131-138.
- Díez Balda, M. A. (1986). El Complejo Esquisto Grauváquico, las series Paleozoicas y la estructura Hercínica al S de Salamanca. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. 162 pp.
- Jordá Pardo, J.F. (1983). Evolución morfogenética de la vertiente NO de la Sierra de Francia y su relación con la fosa de Ciudad Rodrigo. *Revista Provincial de Estudios* 8. 129-173.
- Julivert, M.; Fontbote, J.M.; Ribeiro, D.; Conde, L. (1974). Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares. E. 1/1.000.000. Servicio de Publicaciones ITGE.
- Lotze, F. (1945). Zur gliederung der Varisziden der Iberischen Messeta. *Geotekt. Fösch*, 6. 78-92.
- Macaya, J. (1981). Estudio geológico estructural de la Sierra de Francia (provincias de Salamanca y Cáceres). *Cuadernos de Geol. Ibérica* 7. Madrid. 567-576.
- Martín Herrero, D.; Ugidos Meana, J. M.; Nozal Martín, F.; Pardo Alonso, M. V. (1990). Cartografía geológica y memoria explicativa de la hoja nº 527 (Tamames), a escala 1:50.000. Plan MAGNA. ITGE. Madrid.
- Robles Casas, R. & Álvarez Nava, H. (1988). Los materiales Precámbrico-Cámbricos del Domo de Las Hurdes; existencia de tres series sedimentarias separadas por discordancia. SO de Salamanca (Zona Centro-Ibérica). Congreso Geológico de España. Sociedad Geológica de España, Vol. 1. 185-188.
- Rodríguez Alonso, M. D. (1982). Contribución al conocimiento del CEG en el sector occidental del Sistema Central Español (Las Hurdes y Sierra de Gata). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Univ. de Salamanca. Inédita. 174 pp.
- Rodríguez Alonso, M. D. & Bascones Alvira, L. (1990a). Cartografía geológica a escala 1:50.000 y memoria explicativa de la hoja nº 526 (Serradilla del Arroyo). Plan MAGNA, ITGE. Madrid.
- Rodríguez Alonso, M. D. & Bascones Alvira, L. (1990b). Cartografía geológica y memoria explicativa de la hoja nº 551 (Martiago) a escala 1:50.000. Plan MAGNA, ITGE. Madrid.
- Ugidos, J. M. (1973). Estudio petrológico del área Béjar-Plasencia. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca. Inédita.
- Ugidos, J. M.; Rodríguez Alonso, M. D.; Albert Colomert, V.; Martín Herrero, D. (1990). Cartografía geológica y memoria explicativa de la hoja nº 552 (Miranda del Castañar) a escala 1:50.000. Plan MAGNA, ITGE. Madrid.
- Ugidos, J. M.; Rodríguez Alonso, M. D.; Martín Herrero, D.; Bascones Alvira, L. (1988). Cartografía geológica y memoria explicativa de la hoja nº 575 (Hervás), a escala 1:50.000. Plan MAGNA, ITGE. Madrid.
- Valladares, I. & Corrales, I. (1980). Las series carbonatadas del Cámbrico inferior de Salamanca. IX Congreso Nacional de Sedimentología, Guía de sesiones de campo. 15-25.

II₃. Geomorfología.

- Cantano, M. (1997). Evolución morfodinámica del sector suroccidental de la Cuenca de Ciudad Rodrigo, Salamanca. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Experimentales Universidad de Huelva. 277 pp.
- Cantano, M. & Molina, E. (1999). La Cuenca de Ciudad Rodrigo y sus bordes. En: "La evolución del relieve en zócalos antiguos: procesos, formaciones superficiales y sedimentos asociados" (Edit. Molina Ballesteros, E., Sánchez del Corral Jiménez, A. & Pol Mendez, C.). *Studia Geologica Salmantica*, Volumen Especial VII. 121-135.
- Jordá, J. (1983). Evolución morfotectónica de la vertiente NO de la Sierra de Francia y su relación con la fosa de Ciudad Rodrigo. Salamanca, *Revista Provincial de Estudios*, 8. 129-186.
- Martín Serrano, A. (1988). Sobre la posición de la raña en el contexto morfodinámico de la meseta. *Planteamientos antiguos y tendencias actuales. Boletín Geológico y Minero*, 99 (6). 585-870.
- Martín Serrano, A.; Cantano, M.; Carral, P.; Rubio, F.; Mediavilla, R. (1998). La degradación cuaternaria del piedemonte del Río Yeltes (Salamanca). *Cuaternario y Geomorfología*. 12 (1-2), 5-17.
- Molina, E. (1991). Geomorfología y geoquímica del paisaje. Dos ejemplos en el interior de la Meseta Ibérica. *Acta Salmantica*, Universidad de Salamanca, Biblioteca de Ciencias. 72-156.

II₄. Edafología.

- Aguilar, J.; Martínez, A.; Roca, A. (1996). Evaluación y manejo de suelos. Univ. Granada.
- Albadalejo, J.; Stocking, M. A.; Díaz, E. (1990). Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas. *Cons. Sup. Investig. Científicas*. Murcia.

BOE 15 (2005). Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. 1833-1843.

- Egido-Rodríguez, J.A.; Gallardo-Lancho, J.F.; García Rodríguez, A. (1979). Suelos Forestales de la Región Centro-Oeste de España. I. Características químicas y fisicoquímicas. *Anu. Cent. Edafol. Biol. Apl. Salamanca*. Volumen V. 179-196.
- FAO. (1980). Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma.
- Forteza Bonnin, J. et al (1987). Mapa de suelos de Castilla y León. Escala 1/400.000. Consejería de Fomento. Junta de Castilla y León.
- Forteza Bonnin, J.; Prat Pérez, L.; Cuadrado Sánchez, S. (1973). Suelos de la comarca de Sierra de Francia (Salamanca). Características químicas y físicas. *An. Edad. Agrobiol.* 32. 573-592.
- García Rodríguez, A.; Forteza-Bonnin, J.; Lorenzo-Martín, L.F. (1979a). Estudio de la fertilidad de los suelos de tres comarcas de la cuenca del Duero. *Anu. Cent. Edafol. Biol. Apl. Salamanca*. Volumen V. 213-230.
- García Rodríguez, A.; Forteza-Bonnin, J.; Prat-Pérez, L.; Gallardo-Lancho, J.; Lorenzo-Martín, L.F. (1979b). Suelos. En *Estudio Integrado y multidisciplinario de la dehesa salmantina. I Estudio Fisiográfico Descriptivo. 3º fase Salamanca-Jaca*. 65-100.
- García Rodríguez, A.; Forteza-Bonnin, J.; Sánchez Camazano, M^a; Prat Pérez, L.; Lorenzo-Martín, L.F.; Ledesma García, M. (1977). Suelos sobre sedimentos postmesozoicos de la zona Yeltes-Huebra (Salamanca). *Anu. CEBAS*. N° 3. 107-140.
- García Rodríguez, M.P.; Forteza-Bonnin, J.; Lorenzo-Martín, L.F. (1989). Estudio edafogenético en suelos de rañas. Distribución de hierro y aluminio. *Anu. Cent. Edafol. Biol. Apl. Salamanca*. Tomo XLVIII. n° 5-12. 557-573.

Goy, J.L. (1994) Relaciones Geomorfología-Suelos-Formaciones Superficiales: Aplicaciones en los estudios edáficos, neotectónicos y medioambientales. XXVIII Curso de Geología Práctica. Teruel. 213-225 pp.

Ibáñez Martí J.J.; López La Fuente A.; Ibáñez Martí M.C. (2005). La pérdida y transformación acelerada de la edafosfera: sellado, tecnosuelos y urbisuelos. En libro Ponencias II Simposio Nacional de Control de la Degradación de Suelos (CDS). Ed. Jiménez Ballesta. y Álvarez González. 151-174.

Webs consultadas:

<http://ec.europa.eu/environment/soil/index.htm>

II₅. Hidrología Superficial y Subterránea.

Cubillo, F. (1986). Situación actual de la calidad de las aguas en los ríos de la Comunidad de Madrid (Enero 1986). Comunidad de Madrid. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Recursos Hidráulicos.

De Bustamante, I. (1989). Aspectos metodológicos en estudios de calidad del agua. Henares, Rev. Geol. 3. 25-36.

De Bustamante, I.; Sanz, J.; Goy, J.L.; González-Hernández, F.M.; Encabo J.L.; Mateos, J. (2002). Estudio de la calidad de las aguas superficiales en los espacios naturales del sur de las provincias de Salamanca y Ávila. Aplicaciones del índice ISQUA. Geogaceta, 31. 115-118.

Foster, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; Delia, M.; Paris, M. (2003). Protección de la Calidad del Agua Subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Banco Mundial. Washington DC.

II₆. Vegetación.

García Rodríguez, J.A. (1992). Las comunidades vegetales. Aspectos descriptivos y generales. En: El libro de las Dehesas Salmantinas. 2ª parte: Vegetación. Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente y O.T. 209-239.

Rico Hernández, E. (1992). Flora vascular de la Dehesa Salmantina. En: El libro de las Dehesas Salmantinas. 2ª parte: Vegetación. Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente y O.T. 181-208.

Rivas Martínez, S. & Penas, A. (2003). Atlas y Manual de los Hábitats de España. Dirección General de Biodiversidad. Madrid.

II₇. Fauna.

Amores, F. (1975). *Neomys anomalus*: Nueva localidad en el Suroeste de España. Doñana, Acta Vertebrata, 2 (2). 285-286.

Atlas y Libro Rojo de las aves reproductoras de España. (2004). Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad española de ornitología (2ª impresión), Madrid.

BOE 74 (1989). Ley 4/1989, de 27 de Marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la flora y fauna silvestres.

BOE 82 (1990). Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, por el que se regula el catálogo nacional de especies amenazadas. 9468 - 9471.

Buckley A. & Alcobenas, M. (2004). Salamandra. Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. En: Pleguezuelso, J. M.; Márquez, R.; Lizana, M. (Eds.). Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión). Madrid. 55-57.

Cramp, S. & Simmons, K. E. L. (2006). DVD interactivo. The Birds of the Western Palearctic. Oxford University Press, Oxford.

- Del Moral, J. C. & De la Puente, J. (2005). Buitre negro-Aegyptius monachus. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Carrascal, I. M., Salvador, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- DOCE 103, (1979). Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres. 1-18.
- DOCE 206, (1992). Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. 1-32 p.
- Lizana, M.; Ciudad, M. J.; Guerrero, F.; Pérez Mellado, V.; Martín-Sánchez, R. (1991). Nuevos datos sobre la distribución de los anfibios y reptiles en el Macizo Central de la Sierra de Gredos. Revista Española de Herpetología, 6. 61-80.
- Lizana, M., K.J. Morales, J. Gutiérrez, C.; Del Arco A. y Montero, M. (1999). Salamanca. Pp.117-119. En: J. Ruiz-Olmo y M. Delibes (eds). La nutria en España ante el horizonte del año 2000. SECEM. Barcelona-Sevilla-Málaga.
- Marco, A. (2004). Lacerta schreiberi. Pp: 233-235. En: Pleguezuelos, J. M.; Márquez, R.; Lizana, M. (Eds.). Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión), Madrid.
- Márquez, R. (2004). Hyla Arborea. Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. En: Pleguezuelso, J. M.; Márquez, R.; Lizana, M. (Eds.). Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión), Madrid 587. 114-116.
- Martínez Solano, I. (2004). Discoglossus galganoi. Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. En: Pleguezuelso, J. M.; Márquez, R.; Lizana, M. (Eds.). Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión), Madrid. 85-87.
- Morales, J.; Lizana, M.; Acera, F. (2004). Ecología trófica de la nutria paleártica *Lutra lutra* en el Río Francia (Cuenca del tajo, Salamanca). Galemys, 16 (2). 57-77.
- Moreno, S. (2002). Lirón careto *Eliomys quercinus* (Linnaeus, 1766). Galemys 14.
- Nores, C. (1993). Desmán Ibérico *Galemys pyrenaicus geoffroy*, 1811. Boletín Secem, 2. 4-6.
- Ordiz, A. & Llana, L. (2004). Situación del lince ibérico *Lynx pardinus* en la Sierra de Gata y alrededores. Galemys 16. 15-23.
- Palomo, J. & Gisbert, J.C.(2007). Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos terrestres de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad española para la conservación y estudio de los mamíferos (2ª impresión), Madrid
- Palomo, L.J.; Gisbert, J.; Blanco, J.C. (2007). Atlas y Libro Rojo de los mamíferos terrestres de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos. Madrid.
- Pérez-Mellado, V. (1983). La herpetofauna de Salamanca: un análisis biogeográfico y ecológico. Salamanca, Rev. Prov. Est., 9-10. 9-78
- Peris, S; Reyes, E.; Hernández, L. (1999) Atlas de mamíferos silvestres de la provincia de Salamanca. Diputación de Salamanca.
- Pertoldi, C. et al. (2006). Morphological consequences of range fragmentation and population decline on the endangered Iberian Lynx (*Lynx pardinus*). Journal of Zoology. 268. 73-86.
- Real, R et al. (2003). Tipificación corológica de los micromamíferos ibéricos en relación con Europa y África. Graellsia, 59 (2-3). 287-298.
- Rodríguez, A. (2004). Lince ibérico -*Lynx pardinus*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Carrascal, L. M., Salvador, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

- Ruiz-Olmo, J. (2007). Nutria - *Lutra lutra*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Carrascal, L. M., Salvador, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Salvador, A. (1985). Guía de campo de los anfibios y reptiles de la Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias. León.7
- Santiago Cano A. (2004). Cigüeña Negra-*Ciconia nigra*. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Carrascal, L. M., Salvador, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Tejedo, M. & Reques, R. (2004). Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. En: Pleguezuelso, J. M.; Márquez, R.; Lizana, M. (Eds.). Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión), Madrid 94-96.
- BOE 31 (2008). Instrumento de ratificación del Convenio Europeo del Paisaje. 6259-6263.
- Bolós, M. (1992). Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, Métodos y Aplicaciones. Ed. Masson. Barcelona.
- CEMAT (2006) 14. Conferencia Europea de Ministros responsables de la ordenación del territorio -CEMAT-.Strasbourg.
- Cifuentes, P. (1979): La Calidad Visual de Unidades Territoriales. Aplicación al Valle del Río Tiétar. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ing. de Montes. Universidad Politécnica, Madrid.
- CM/Rec (2008)/3. Recomendación del Comité de Ministros a los Estados miembro sobre las orientaciones para la aplicación del Convenio Europeo del Paisaje. 3 pp.
- Corraliza, J.A. (1993). Reacciones psicológicas a la estimulación escénica. Ecosistemas, 6.4 pp.

Webs consultadas:

<http://www.vertebradosibericos.org/>

II. Paisaje.

- Abad Soria, J & García Quiroga, F. (2006). Análisis y valoración del paisaje en las Sierras de la Paramera y la Serrota (Ávila). M+A Revista electrónica de Medio Ambiente 1. 97-119.
- Aguiló, M. y col. (2000). Guía metodológica para la elaboración de estudios del medio físico. Secretaria General del Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.
- Baundry, J. & Burel, F. (2002) Ecología del Paisaje: concepto, métodos y aplicaciones. Mundi-Prensa. Madrid.
- Bertrand, G. (1968). Paysage et Géographie Physique globales. Esquisse methodologique. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. T. XXXIX. Toulouse.
- BLM (1980) Visual simulation techniques.17 pp.
- Díaz Pineda, F. y col. (1973). Terrestrial Ecosystems adjacent to Large Reservoirs. Internat. Comm on Large Dams, XI Congress. 2 pp.
- DOCE 175 (1985). Directiva 85/337/CE del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. 40 - 48.
- DOGC 4407 (2006). Ley 8/2005, de 8 de junio, de protección, gestión y ordenación del paisaje, y se regulan los estudios e informes de impacto e integración paisajística. Diario Oficial de la Generalitat de Catalunya. 17625-17628.
- DOGC 4723, (2006). Decreto 343/2006, de 19 de septiembre, por el que se desarrolla la Ley 8/2005, de 8 de junio, de protección, gestión y ordenación del paisaje, y se regulan los estudios e informes de impacto e integración paisajística.
- Dunn, M. (1974). Landscape Evaluation Techniques: An appraisal and review of the literature. Centre of Urban and Regional Studies, University of Birmingham.

- Escribano y col. (1987). El Paisaje. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.
- García-Quintana, A.; Martín-Duque, J.F.; González-Martín, J.A.; García-Hidalgo, J.F.; Pedraza, J.; Herranz, P.; Rincón, R.; Estévez, H. (2005): Geology and rural landscapes in Central Spain (Guadalajara, Castilla-La Mancha). *Environmental Geology*, 47 (6).782-794.
- Gómez Orea, D. (1985). El espacio rural en la ordenación del territorio. Instituto de Estudios Agrarios, Pesqueros y Alimentarios. Madrid.
- González Bernáldez, F. (1981). Ecología y Paisaje. Blume. Madrid. 250 pp.
- González Echevarría, R. (2000). La Fotografía elemento para el análisis y la simulación del paisaje forestal. Tesis Doctoral. Inédita.
- Litton. R. B. (1974). Water and Landscape: An aesthetic overview of the role of water in the landscape. Water Information Center. New York.
- Litton, R.B. (1982). Visual Assessment of Natural Landscapes. *Environmental Aesthetics: Essays in Interpretation*, en: Western Geographical Series, 20. 97-115.
- Mancebo Quintana, S; García Montero, L.G.; Casermeiro Martínez, M.A.; Otero Pastor, I.; Espulga. A.P.; Navarra, M. (2005). Modelo Preliminar de la Calidad Natural de España. Escala 1: 500.000. III Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Pamplona. España.
- Mancebo Quintana, S.; Ortega Pérez, E.; Martín Ramos, B.; Otero Pastor, I. (2007). Nuevo modelo de cartografía de calidad ambiental de España para su uso en evaluaciones de impacto: Biodiversidad. IV Congreso Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, Madrid.
- Martínez Vega J; Martín, MP.; Romero Calkerrada. (2003). Valoración del paisaje en la zona de especial protección de aves carrizales y sotos de Aranjuez (Comunidad de Madrid). *Rev Geofocus* nº 3. 1-21.
- Otero Pastor, I.; Casermeiro Martínez, M.A.; Ezquerro Canalejo, A.; Esparcia Mariño, P. (2007). Landscape evaluation: Comparison of evaluation methods in a region of Spain. *Journal of Environmental Management* 85. 204-214.
- Otero Pastor, I.; Mancebo Quintana, S.; Ortega Pérez, E. (2006). El paisaje como elemento en la Evaluación Ambiental Estratégica de planes de infraestructuras. Cartografía de la calidad del paisaje de España. I congreso Paisaje e Infraestructuras. Sevilla.
- PNCTA (1996). Plan Nacional de Cartografía Temática Ambiental. Análisis y Desarrollo Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. Documento Técnico. 87 pp.
- Ramos, A. y col. (1976). Visual Landscape Evolution. A grid technique. *Landscape Planning*, 3. 67-88.
- Tetlow, R.J., & Sheppard, S.R.J. (1979). Visual unit analysis: A descriptive approach to landscape assessment. National Landscape. USDA Forest Service, General Technical Report PSN-35. Nevada.
- Yeomans W. C. (1986) Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment. John Wiley and sons, New York.

Webs consultadas:

- <http://www.coe.int/ConventionEuropeenneDUPaysage>
- <http://topografia.montes.upm.es>
- <http://juntadeandalucia.es/obraspublicasytransporte>.

II, Patrimonio.

- BOE 107 (1975). Ley 15/1975 de 2 de mayo de 1975 de Espacios Naturales Protegidos. 9419-9421.
- BOE 10 (1979). Ley 73/1978, de 26 de Diciembre, de creación del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.
- BOE 155 (1985). Ley 16/1985 de Patrimonio Histórico Español. 20342-20352.

- BOE 74 (1989). Ley 4/1989 de 27 de marzo, de conservación de los espacios naturales y de la flora y fauna silvestres. 8262-8269.
- BOE 71 (1995). Ley 3/1995, de Vías Pecuarias. 9206-9211.
- BOE 71 (2000). Declaración del Canchal de las Cabras Pintadas. Valle de Las Batuecas.
- BOE 303 (2001). Real Decreto 1378/2001, donde se regulan las actividades geológicas y paleontológicas que deben ser gestionadas y ejecutadas por titulados en geología.
- BOE 280 (2003). Ley 44/2003 de Montes. 41422-41442.
- BOE 102 (2006). Ley 9/2006 (BOE 102, 2006), de 28 de abril, sobre la evaluación de determinados planes y programas en el medio ambiente. 16820-16830.
- BOE 102 (2006). Ley 10/2006, de 28 de abril, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes. 16830-16839.
- BOE 81 (2007). Ley 5/2007 de 3 de abril, de la Red de Parques Nacionales. 14639-14644.
- BOE 299 (2007). Ley 42/2007 de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. 51275-51327.
- BOE 299 (2007). Ley 45/2007 de 13 de diciembre, para el desarrollo urbano, y el medio rural un desarrollo sostenible. 51339-51349.
- BOE 23 (2008). Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre la evaluación de determinados planes y programas en el medio ambiente. 16820-16830.
- BOE 15 (2009). Ley 16/2008, de 18 de diciembre, por la que se amplía el Parque Natural de las Batuecas-Sierra de Francia (Salamanca).
- BOCYL 33 (1985). Decreto 37/1985, de 11 de abril, por el que se establece la Normativa de Excavaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la Comunidad de Castilla y León.
- BOCYL 101 (1991). Ley 8/1991 de Espacios Naturales de Castilla y León.
- BOCYL 3 (1992). Ley 6/1992, de 18 de diciembre, de Protección de los Ecosistemas Acuáticos y de Regulación de la Pesca en Castilla y León.
- BOCYL 102 (1998). Decreto 94/1998 de 14 de mayo sobre incorporación de nuevos espacios al Plan de Espacios Naturales Protegidos. Decreto 297/1999, de 18 de noviembre, de atribución de competencias de la Junta de Castilla y León al Consejero de Medio Ambiente y de desconcentración de otras en sus Órganos Directivos Centrales y en los Delegados Territoriales de la Junta de Castilla y León.
- BOCYL 227 (1999). Decreto 297/1999, de 18 de noviembre, que atribuye las competencias a la consejería de Medio Ambiente, de las masas de agua que quedan protegidas por veda para la pesca, tanto algunos cauces fluviales, como zonas húmedas catalogadas.
- BOCYL 249 (2000). Ley 8/2000 por la que se amplía los municipios de Miranda del Castañar y San Martín del Castañar al Espacio Natural Protegido de Las Batuecas. 26327-26328.
- BOCYL 17 (2000). Información pública sobre el expediente de declaración del Valle de Las Batuecas, en La Alberca (Salamanca), como Bien de Interés Cultural con categoría de Sitio Histórico. p. 1024.
- BOCYL 139 (2002). Ley 12/2002 de Patrimonio Cultural de Castilla y León.
- BOCYL 100 (2003). Decreto 63/2003, de 22 de mayo, por el que se regula el Catálogo de Especímenes Vegetales de singular relevancia de Castilla y León y se establece su régimen de protección.
- BOCYL 195 (2003). Decreto 114/2003, de 2 de octubre, por el que se aprueba el Plan de Recuperación del Águila Imperial Ibérica y se dictan medidas para su protección en la Comunidad de Castilla y León.
- BOCYL 119 (2007). Decreto 63/2007 que crea el Catálogo de Flora Protegida de Castilla y León y la figura de protección denominada Microreserva de Flora.

- BOCYL 120 (2008). Ley 3/2008 de Directrices Esenciales de Ordenación del Territorio de Castilla y León.
- Braga, J.C. (2004). Propuesta de Estrategia Andaluza de Conservación de la Geodiversidad. Consejería de Medio Ambiente. Universidad de Granada. Unión Europea. 103 pp.
- Bruschi, V.M. (2007). Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad. Tesis Doctoral. Univ. Cantabria. Inédita. 263 pp.
- Carballeira, J & Corrales, I. (1997). La Serie Ordovícica de la Peña de Francia (Salamanca). VIII Congreso de Sedimentología. Oviedo-León.
- Carcavilla Urqui, L.; López Martínez, J; Durán Valsero, J.J. (2007). Patrimonio Geológico y Geodiversidad: Investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Cuadernos del Museo Geominero nº 7. IGME. 360 pp.
- Cendrero A.; Diaz de Teran, J.R.; Saiz, J. (1976). A technique for the definition of environmental geological units and for estimating their environmental value. *Landscape Planning* 3. 35-66.
- Comino, J. & Gilbert, R.O. (2004). Impactos y amenazas, existentes o previsibles, sobre los espacios de interés geológico de Cataluña y recomendaciones para su conservación. Departamento de Medio Ambiente y Vivienda. Generalitat de Cataluña. Inédito.
- DOCE 103, (1979). Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres. (DOCE núm. L 103, de 25 de abril de 1979). 1-18.
- DOCE 206, (1992). Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. (DOCE núm. L 206, de 22 de julio de 1992).1-32.
- Eder, W. (1999). UNESCO GEOPARKS. A new initiative for protection and sustainable development of the Earth's heritage. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*. 353-358.
- Flawn P.T. (1970). *Environmental Geology. Conservation, landuse planning and resource management*. Harper and Row. New York.
- Gallego E. & García-Cortes. A. (1996). Patrimonio Geológico y áreas naturales protegidas. *Geogaceta* 19. 202-206.
- García Cortes, A.; Baretino, D.; Gallego, E. (2000). Inventario y catalogación del Patrimonio Geológico Español. Revisión histórica y propuestas de futuro. En: *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. ITGE.
- Gray, M. (2003). *Geodiversity. Valuing and conserving a biotic nature*. Wiley. 434 pp.
- Hackett, J.E. (1967). *Geology and Physical Planning*. En: *Water, Geology and the Future*. Indiana University, Water Resources Centre. 83-89.
- Hose T.A. (1997). *Geotourism. Selling the Herat to Europe*. In: *Engineering Geology and the Environment* (PG Marinis, G.C. Jousis, G.C. Tsiambaos y G.C. Stournaras Eds). Balkema. Róterdam. 2955-2960.
- Junta de Castilla y León (2000). *Catalogo de los montes de utilidad pública de la provincia de Salamanca*. Consejería de Medio Ambiente. Dirección General del Medio Natural. Servicio de Ordenación de Eco-sistemas Forestales. 198 pp
- Nieto, L.M. (2001). Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*. Vol 112. Nº 2. 3-12.
- Palacios Suárez Valgrande, J. (2002). Geodiversidad y riqueza patrimonial de Castilla y León. *Tierra & Tecnología* nº 24. 47-56.

- Panizza, M.; Bertolani M.; Carton, A.; Solmi, M. (1983). Principali evidenze geomorfologiche della provincial de Midena. Relazioni sullo statu dell'ambiente nella provincia di Modena. Provincia di Modena. Assessorato alla Difusa del Suelo e de'llAmbiente. 185-193.
- Pemberton, M. (2001). Conserving Geodiversity: the case of geoparks. Division of Earth Sciences, UNESCO. Paris.
- Reynard, E. (2002). Report of meeting of the working group "Geomorphological Sites".
- Rivas, V.; Rix, K.; Francés, E.; Cendrero, A.; Brunsdén D. (1997). Geomorphological indicators for environmental impact assessment: consumable and nonconsumable geomorphological resources. *Geomorphology*. 169-182.
- UNESCO. (2004). Operational Guideline for National Geoparks seeking UNESCO's assistance. Global UNESCO Network of Geoparks. Paris.
- Wimbledon, W.A.P.; Ischenko, A.A.; Gerasimenko, N.P.; Karis, L.O.; Suominen, V.; Johansson, C.E.; Frden C. (2000). Proyecto Geosites, una iniciativa de la Unión Intrenacional de las Ciencias Geológicas (IUGS). La ciencia respaldada por la conservación. En: Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión (D. Baretino, W.A.P; Wimbledon y E. Gallego). IGME. 73-100.
- Fichas Patrimonio Geológico.**
- Carballeira Cueto, J; Corrales, I; Pol, C. (1980). Características del ordovícico inferior en las unidades de Tamames-Sierra de Francia (Salamanca-Cáceres). Guía de Sesiones de Campo nº 2. IX Congreso Nacional de Sedimentología. Universidad de Salamanca. 25-47.
- Díez Balda, M.A. (1986). El Complejo Esquisto Grauváquico, las series Paleozoicas y la Estructura Hercínica al sur de Salamanca. Ed. Universidad de Salamanca. Tesis doctoral. 162 pp.
- Gutiérrez Elorza, M. (2008). Geomorfología. Ed Pearson. Prentice Hall. 898 pp.
- Gutiérrez-Alonso, G., Murphy, J.B.; Fernández-Suárez, J.; Hamilton, M.A. (2008). Rifting along the northern Gondwana margin and the evolution of the Rheic Ocean: A Devonian age for the El Castillo volcanic rocks (Salamanca, Central Iberian Zone), *Tectonophysics*. Vol 461. 157-165.
- IGME (2005). Geociencias, Recursos y Patrimonio Geológicos. Marcos A. Lamolda Ed. Serie Geología y Geofísica nº 3. 210 pp.
- ITGE (2000). El Patrimonio Geológico. Serie Ingeniería Geoambiental. Secretaria General de la Energía y Recursos Minerales. MICYT.
- Jordá, J. (1983). Evolución morfogenética de la vertiente NO de la Sierra de Francia y su relación con al fosa de Ciudad Rodrigo (Salamanca). *Revista Provincial de Estudios*, 8. 129-186.
- Martín Serrano, A., Cantano, M; Carral, P; Rubio, F; Mediavilla, R. (1998). La degradación Cuaternaria del piedemonte del río Yeltes (Salamanca). *Cuaternario y Geomorfología* 12 (1-2). 5-17.
- Martínez Graña A.M., Goy, J.L; Zazo, C. (2007). Analysis of water erosion using SIG and Remote Sensing for the management of protected natural environments in the south of the province of Salamanca (Spain). IV International Symposium on Gully Erosion. 84-85.
- Molina Ballesteros, E. & Cantano Martín, M. (2002). Study of weathering processes developed on old piedmont surfaces in Western Spain: new contributions to the interpretation of the "Raña" profiles. *Geomorphology* 42. 279-292.
- Pedraza Gilsanz, J. (1996). Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones. Ed Rueda. 414 pp.
- Pérez García, P.P.; Rodríguez Alonso, M.D. y Alonso Gavilán, G. (1995). Sedimentología de la Unidad Superior en el área de Monsagro (Neoproterozoico-Cámbrico inferior, Salamanca, España). Libro de Comunicaciones a la XIII Reunión de Geología del Oeste Peninsular, Salamanca, España. 140-141.

Rodríguez Alonso, M.D.; Díez Balda, M.A.; Perejón, A.; Pieren, A.; Liñán, E.; López Díaz, F.; Moreno, F.; Gámez Vitaned, J.A.; González Lodeiro, F.; Martínez Poyatos, D.; Vegas, R. (2004). La secuencia litoestratigráfica del Neoproterozoico-Cámbrico Inferior. Dominio del Complejo Esquisto-grauváquico, in: Vera J.A. ed., Geología de España, SGE - IGME (SGE, IGME), Madrid. 78-81.

Rodríguez Alonso, M.D. (1985). El Complejo Esquisto-Grauváquico y el Paleozoico en el Centro-Oeste español: Acta Salmanticensis, Ciencias, Spain, Ed. Universidad de Salamanca. 174 pp.

Rodríguez Alonso, M. D. & Bascones Alvira, L. (1990). Cartografía geológica y memoria explicativa de la hoja nº 526 (Serradilla del Arroyo) a escala 1:50.000. Plan MAGNA, ITGE. Madrid.

Sánchez-Palencia, F.J., (2007). Arqueominería de Castilla y León. Minería prehistórica y de época romana; en La Minería en Castilla y León. Junta de Castilla y León.

Sánchez-Palencia, F.J. & Ruiz del Árbol, M. (2000): "Estructuras agrarias y explotación minera en Lusitania nororiental: la Zona Arqueológica de Las Cavenes (El Cabaco, Salamanca)", en Sociedad y Cultura en Lusitania Romana. IV (J.-G. Gorges y T. Nogales, coords.) Mérida, Junta de Extremadura. 343-358

Yenes, M.; Álvarez, F.; Gutiérrez-Alonso, G. (1999). Granite emplacement in orogenic compressional conditions: the La Alberca-Bejar granitic area (Spanish Central System, Variscan Iberian Belt). Journal of Structural Geology nº 21. 1419-1440.

Web consultadas.

www.igme.es/geoconservación/geosites.html
<http://wcm.coe.int/viewDoc.jsp?id>
<http://whc.unesco.org/en/guidelines>.

PARTE III.

III₁. Introducción.

Ayala-Carcedo, F. J. (2000): «La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población», en Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 30 (monográfico sobre «Riesgos Naturales»), Madrid. 37-49.

Benito, G. (2005). Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático: Riesgos de crecidas fluviales. En: Evaluación pre-liminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Informe Proyecto ECCE. MMA. 527-548.

Corominas, J. (2005). Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático: Riesgos de inestabilidad de laderas. En: Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. Informe Proyecto ECCE. MMA. 549-579.

DOCE 327 (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. 69 pp.

Garzón Heydt, M.G. (1987). Los riesgos geológicos. En III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Valencia. 87-95.

Sancho Marcén C. (1997). Los Mapas de Riesgo. En: Cartografía Básica y Aplicada. Ed. J.L. Peña Monné. 183-201.

Web consultadas.

www.europa.eu.int
www.ine.es.

III₂. Riesgos de Erosión Hídrica y Eólica.

Almorox, J.; De Antonio R. Saa; Díaz M^a C.; Gascó J.M. (1994). Métodos de la estimación hídrica. Editorial Agrícola Española. S.A. Madrid.

Arnoldus H.M. (1980). An approximation of the rainfall factor in the USLE. En De Boodt, M. And Gabriels, D eds. Assessment of erosion. 127-132.

- Bergsma, E. (1980). Method of a reconnaissance survey of erosion hazard near Me-rida, Spain. In: M.DeBoodt and D.Gabriels (Editors), Assessment of soil erosion. John Wiley & sons, Chichester. 55-66.
- BOE 189 (1985). Ley 29/1985 de Aguas. 26791-26817.
- BOE 275 (2000). Real Decreto 1415/2000, de 21 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Medio Ambiente. 26202-26202.
- Bolline A. (1980). Splash measurements in the fields. In Boodt & Gabriels Eds. Assessments of erosion. 441-453.
- Dantin, J. & Revenga, A. (1940) Las líneas isóxeras de España según los índices termo-pluviométricos. Estudios Geográficos. 35-91.
- De Gregory K.J. & Walling D.E. (1973). Drainage Basin form and process. Edward Arnold eds. 315-324.
- De Luis, M.; González-Hidalgo, J.C.; Raventós, J.; Sánchez, J.R.; Cortina, J. (1997). Distribución Espacial de la concentración y agresividad de la lluvia en el territorio de la comunidad valenciana en Cuaternario y Geomorfología 11 (3-4). 33-44.
- European Commission (2002). Corine Land Cover Update 2000.
- European Soil Bureau-Scientific Committee. (2000). Una base de datos georeferenciada de suelos para Europa. Manual de procedimientos v. 1.1. European Soil Bureau-Scientific Committee, European Commission, Joint Research Centre, SAI-ESB, Italy. 74 pp.
- Fournier F. (1960). Climat et erosion. Ed Presses Universitaires de France. París.
- Gilley. J.S. & Finker. (1985). Slope length and surface residue influences on runoff and erosion. Trans. ASAE 39. 148-152.
- Gisbert Blanquer, J.M.; Ibáñez Asensio, G.; Andrés Aznar, A.; Marqués Mateu, A (2001). Estudio comparativo de diferentes métodos de cálculo del factor "LS" para la estimación de pérdidas de suelo por erosión hídrica. Edafología Vol. 8. 57-66.
- González Hidalgo, J. C. (1996). Los índices de agresividad de la lluvia y su aplicación en la valoración de la erosión del suelo. Cuadernos Técnicos de la SEG 10, Sociedad Española de Geomorfología, Geofoma Ediciones, Logroño. 37 pp.
- Graña A.M.; Goy J.L.; Cruz R, Forteza J., Zazo C.; Barrera I. (2004a). Cartografía del Riesgo de Erosión Hídrica mediante SIG en los Espacios Naturales de Candelario-Gredos (Salamanca-Ávila). En I Congreso Ibérico da Ciencia do Solo. Bragança. Portugal. p. 177.
- Graña A.M.; Goy J.L.; Forteza J.; Zazo C.; Barrera I.; González-Hernández, F.M. (2003). Riesgo de pérdida de suelo en los Espacios Naturales de Batuecas-S. Francia y Quilamas (Salamanca-España). Aplicación cartográfica mediante SIG. En Perspectivas de la Degradación del Suelo. I Simposio Nacional sobre Control de la Erosión y Degradación del Suelo. (CEDS). Ed. Bienes, R. & Marqués, M.J. 593-596.
- Graña A.M.; Goy J.L.; Mateos J.; Zazo C.; Sanz J.; Cruz R.; Forteza J. (2004b). Evaluación mediante SIG de la agresividad pluvial en los Espacios Naturales del sur de Salamanca: Rebollar, Las Batuecas-Sierra de Francia y Candelario-Gredos. En I Congreso Ibérico da Ciencia do Solo. Bragança. Portugal. p.164.
- Hudson, N. (1971). Soil Conservation. Ed. B.T. Batsford Limited. 320 pp.
- Hudson, N. (1982) Conservación del suelo. Editorial Reverté. 335 pp.
- ICONA (1990). Mapas de Estados Erosivos. Cuenca Hidrográfica del Duero. 96 pp.
- INM (1988). Mapa Eólico Nacional. E: 1/1000.000. Instituto Nacional Meteorología.
- ITGE (1990) Erosión Potencial y Actual en Navarra. Instituto del Suelo y Concentración Parcelaria de Navarra.
- Kinnell. (1983). The influence of flow discharge on sediment concnirations in raindrop induced flow transport. Ausl. J. Soil Res 26. 575-582.

- Lal, R. (1976). No tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria. *Soil Sci.Soc. Amer. Proc.* 40. 762-768.
- López Bermúdez, F. (2003). Erosionando la erosión. Herramientas para evaluar la pérdida de suelo. En *Perspectivas de la degradación del suelo. I Simposio Nacional sobre Control de la Erosión y Degradación del Suelo.* (CEDS). Ed. Bienes, R. & Marqués, M.J. 93-108.
- Martínez-Graña, A.M.; Goy, J.L.; Picón, I.; Zazo, C.; Cruz, R. (2008). Análisis Cartográfico del riesgo de erosión hídrica y eólica en los Espacios Naturales de "Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas (Sistema Central, Salamanca, España)". *Trabajos de Geomorfología en España, 2006-2008. X Reunión Nacional de Geomorfología.* Cádiz. 443-446.
- Martínez-Graña, A.M.; Sánchez, N.; Goy, J.L.; Zazo, C.; Baile, L.; Forteza, J. (2005). Cartografía del riesgo de erosión del E.N.P. "Las Batuecas-Sierra de Francia y Quilamas (salamanca, España)" mediante técnicas de Teledetección y SIG. En *Comunicaciones II Simposio Nacional de Control de la Degradación de Suelos (CDS).* Ed. Jiménez Ballesta, R. & Álvarez González, A.M. 819-823.
- Meyer, L. & Wischmeier W. (1969). Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. *Trans. ASAE.* Vol. 12(6). 754-758.
- Morgan, R.P.C. (1997). *Erosión y Conservación de Suelos.* Editorial Mundi-Prensa.
- Morgan, R.P.C. & Kirkby, M.J. (1984). *Erosión de Suelos.* Editorial Limusa. Madrid. 368 pp.
- Oliver, J. E. (1980). Monthly precipitation distribution: A comparative index. *Professional Geographer,* 32 (3). 300-309.
- Pando Moreno, M.; Gutiérrez Gutiérrez, M.; Maldonado Hernández, A.; Palacio Prieto, J.L.; Estrada Castellón A.E. (2003). Comparación de métodos en la estimación de erosión hídrica. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía* nº 51. UNAM. 23-36.
- Quirantes Puertas, J. (1991). Métodos para el estudio de la erosión eólica. *Estación Experimental del Zaidín (C.S.I.C.) Geformas Ediciones.* 26 pp.
- Renard, K.G. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). USDA.
- Richtie, J.C; Spraberry, J.A.; McHenry, J.R. (1974). Estimating soil erosion from the redistribution of fallout 137Cs. *Soil America Proceedings.* nº 38. 137-139.
- Sierra C.; Quirantes J.; Lozano J. (1991). Uso del suelo y erodibilidad eólica (Depresión Guadix-Baza). In "Soil Erosión Studies in Spain". *Geofoma Ediciones.*
- Tragsa. (2003). *La Ingeniería en los Procesos de Desertificación.* Mundi Prensa. 1045 pp.
- Williams, J. R. & Berndt, H.D. (1976) Determining the universal soil loss equation length-slope factor for watersheds. In: *Erosion and solid matter transport in inland waters.* 217-225.
- Wischmeier W.H. & Smith D.D. (1965). Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland, East of the Rocky Mountains. *Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation.* ARS. USDA. *Agriculture Handbook.* nº 282. 47 pp.
- Wischmeier W. H. & Smith D.D (1978) Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning, , U. S. D. A. *Agriculture Handbook* nº 537, Washington D.C. 58 pp.
- Wischmeier W.H. (1959) A rainfall erosion index for a Universal Soil Loss Equation. *Proceeding Soil Scientific Society of America* 23, Madison, Wis. 246-249.

Wischmeier W.H. (1974) New developments in estimating water erosion. 29th Annual Meeting of the Soil Conservation Society of America. Ankeney, Iowa. 179-186.

Webs consultadas.

<http://www.geog.buffalo.edu/~rensch/geowepp/>
<http://bioengr.ag.utk.edu/rusle2..>
<http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/inventarios/ines.> www.mapya.es. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
www.ine.es. Instituto Nacional de Estadística.
www.iucn.org. Unión Mundial para la Naturaleza.
www.unep.org. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
<http://ec.europa.eu/environment/soil/index.htm>.
<http://eussoils.jrc.it/>.
www.rlc.fao.org/proyecto/139jpn/document/apunteev

III₃. Riesgos de Inundación.

BOE 176 (2001). Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. 26791-26817.

BOE 161 (2001). Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional. 24228-24250.

BOE 14 (2008). Real Decreto 9/2008 por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el RD 849/1986. 3141-3149.

Chorley, R.J.; Schumm, S.A.; Sudgen, D.E. (1984). *Geomorphology*. Methuen, Londres y Nueva York. 605 pp.

Chow, V.T. Maidment, D.R.; Mays, L.W. (1988). *Applied hydrology*. Mc-Graw-Hill. New York.

CNPC. (1984) Comisión Técnica de INEN-daciones. Estudio de las inundaciones históricas. Madrid.

DGPC (1995) Proyecto de Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones.

Díez Herrero, A. (2005). *Geomorfología e Hidrología fluvial del río Alberche. Modelos y SIG para la gestión de riberas*. Tesis Doctorales UCM, Ciencias Exactas y de la Naturaleza, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 587 pp.

DOCE 288 (2007). Directiva 2007/60 del Parlamento Europeo de 23 de octubre de 2007 relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación. 27-34.

Elías, F. (1963). *Precipitaciones máximas en España. Régimen de Intensidades y Frecuencias*. Ministerio de Agricultura. Dirección General de Agricultura. Servicio de Conservación de Suelos. Madrid. 267 pp.

Estrela, T. (1992,a). *Metodologías y recomendaciones para la evaluación de recursos hídricos*. Centro de Estudios Hidrográficos, CEDEX. Madrid.

Estrela, T. (1992,b). *Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos*. Centro de Estudios Hidrográficos, CEDEX. Madrid.

Ferrer, F.J. (1993). *Recomendaciones para el cálculo hidrométrico de avenidas*. Centro de Estudios de experimentación de obras públicas. Monografías del MOPU. 76 pp.

Ferrer, M. (2003). *Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva: perfiles de suelos y teledetección*. CEDEX, 346 pp.

Ferrer, M.; Rodríguez, J.; Estrela, T. (1995). *Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica*. Ingeniería del Agua, vol. 2 (4). 43-58.

Francés, F & Benito, J. (1995). *La modelación distribuida con pocos parámetros de las crecidas*. Ingeniería del Agua, 2 (4). 7-24.

IGME. (2004). *Pérdidas por terremotos e inundaciones en España durante el periodo 1987-2001 y su estimación para los próximos 30 años (2004-2033)*. Ed. Consorcio de compensación de seguros, Madrid, 126 pp.

- IGME. (2006a). Jornadas Técnicas sobre Cartografía de Peligrosidad de Inundaciones. Experiencias Técnicas. Madrid. 47. pp.
- IGME. (2006b). Mapas de Peligrosidad de Avenidas e Inundaciones. Métodos, Experiencias y Aplicación. Serie Medio Ambiente. Riesgos Geológicos nº 7. Madrid. 230 pp.
- Joly, F. (1988). La Cartografía. Ed. Oikos-Tau. Barcelona.
- Martínez-Graña, A.M; Goy, J.L.; Zazo, C.; Picón, I.; Sánchez, N. (2006). Análisis del riesgo de inundación en la cuenca del río Yeltes (Salamanca, España). Jornadas Técnicas sobre cartografía de peligrosidad de inundaciones. INUN-MAP 2006, Experiencias Técnicas. IGME. 127 pp.
- MOPU (1990). Instrucción 5.2-I.C., Drenaje superficial. Dirección General de Carreteras. Colección Textos de la DGC, 37. 84 pp.
- Morales Rodríguez, C.& Ortega Villazán, M.T. (2002). Las inundaciones en Castilla y León. Ería, nº 59. 305-332.
- SCS (1972). Soil Conservation Service. Natural Engineering hand book, Secc 4. U.S.Department of Agriculture. Washington, D.C.
- Témez J.R. (1991). Generalización y mejora del método racional. Dirección General de carreteras de España. Madrid.
- Témez, J.R. (1987). Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Dirección General De Carreteras. MOPU.
- Tragsatec (2003). La Ingeniería en los Procesos de Desertificación. Ed. Mundi-Prensa. 1045 pp.
- UNDRO (1991). Mitigation Natural Disaster: Phenomena, Effects and Action a manual for policy makers and planners. Geneva. Office of the UN disaster Relief Coordinator.
- [http://hispagua.cedex.es/documentacion/Libro Blanco del Agua.](http://hispagua.cedex.es/documentacion/Libro Blanco del Agua)
- <http://natural-hazards.jrc.it/floods/Preparedness/>
- <http://remer1.proteccioncivil.org/cnih/general.htm>
- <http://www.hec.usace.army.mil/hec-ras/manual>
- [http://web.usal.es/~javisan/hidro.](http://web.usal.es/~javisan/hidro)
- [http://www.chduero.es.](http://www.chduero.es)
- <http://www.chsegura.es/chs/planificacionydma/plan hidrologiconacional/>
- [http://www.cosis.net/members/journals/df/volumes.php?j_id=11.](http://www.cosis.net/members/journals/df/volumes.php?j_id=11)
- <http://www.dhi-es.com/software/HIDRICO/mikeshestudio.htm>
- <http://www.euroasion.org/>
- <http://www.floodrisk2008.net/>
- [http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras.](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras)
- [http://www.mma.es.](http://www.mma.es) Ministerio de Medio Ambiente.
- [http://www.mma.es/oecc/impactos.htm.](http://www.mma.es/oecc/impactos.htm)
- <http://www.nrcs.usda.gov/>
- <http://www.proteccioncivil.org/>
- [http://www.riada.es.](http://www.riada.es)
- www.dendrogeomorfologia.info
- [http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.](http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc)
- http://www.mma.es/portal/secciones/acm/agua_s_continent_zonas_asoc/prevencion_inundaciones/cartografia_inundables/index.htm

III₄. Riesgos por Movimientos del Terreno.

- Barton N, Lien, R.and Lunde, J. (1974) Engenieering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mechanics. Vol 61. 189-236.
- Bieniawski, Z.T. (1989). Engineering classification of jointed rock masses. Trans. South. Afr. Inst. of Civ. Eng. Vol 15. 355-344.
- Bonachea Pico, J. (2006). Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. 301 pp.

Webs consultadas.

<http://hercules.cedex.es/Chac>
<http://hispagua.cedex.es/>

- Cano, M.; Tomás, R.; Delgado, J.; Cañaveras, J.C.; Estévez, A.; Pina, J.A. (2004). Aplicación del SMR para la evaluación de la estabilidad de taludes rocosos mediante un sistema de información geográfica. En Medio Ambiente, Recursos y Riesgos Naturales: Análisis mediante tecnología SIG y Teledetección. AGE. 55-68.
- Castellanos Abella, E.A. & Van Westen, C.J. (2008). Qualitative landslide susceptibility assessment by multicriteria analysis: A case study from San Antonio del Sur, Guantánamo, Cuba. *Geomorphology* 94. 453-466.
- Copons, R.; Mases, M.; González, M.; Villaplana, J.M. (2004). El Mapa Geomorfológico de Andorra en formato digital: posible fuente de datos para el análisis de la peligrosidad de deslizamientos. *Actas VIII Reunión Nacional de Geomorfología*. Benito & Díez Herrero (eds). 315-321.
- Corominas, J (2006). El clima y sus consecuencias sobre la actividad de los movimientos de ladera en España. *Rev Cuaternario & Geomorfología* nº 20 (3-4). 89-113.
- Corominas, J. & Moya, J. (1999) Reconstructing recent landslide activity in relation to rainfall in the Llobregat River Basin, Eastern Pyrenees, Spain. *Geomorphology*, 30 (1-2). 79-93.
- Cortés Gracia, A. L. & Maestro González, A. (1998). Los deslizamientos de la Sierra de Sant Just: seguimiento del fenómeno y cartografía de peligrosidad y riesgo. Instituto de estudios turolenses. Diputación Provincial de Teruel. 79 pp.
- Delgado, J.; Peláez, J.A.; Tomás, R.; Estévez, A.; López Casado, C.; Doménech, C.; Cuenca, A. (2006). Evaluación de la susceptibilidad de las laderas a sufrir inestabilidades inducidas por terremotos. Aplicación a la cuenca de drenaje del río Serpis (Provincia de Alicante). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 19, (3-4). 197-217.
- Felcísimo, A.M. (1994). Modelos Digitales del Terreno. Introducción y Aplicaciones a las Ciencias Ambientales. Oviedo. Pentalfa Eds.
- Fernández del Castillo, T.; Irigaray, C.; Hamdouni R.; Chacón J. (2004). Las pendientes naturales en macizos rocosos del sur de la provincia de Granada. En *Territorio y Medio Ambiente: Métodos cuantitativos y técnicas de información geográfica*. Ed: Conesa García & Martínez Guevara. AGE. 39-53.
- Ferrer, M. (1988). Deslizamientos, desprendimientos, flujos y avalanchas. En: *Riesgos Geológicos. Serie Geología Ambiental*. IGME. Madrid. 175-192.
- González de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería geológica*. Ed. Prentice Hall. 715 pp.
- González De Vallejo, L.I. & Skipp, B.O. (1981), A General Procedure for Regional Seismotectonic Mapping for Engineering Purposes. *Bol. Inter. Assoc. Eng. Geology*. 21 pp.
- González Moradas, M; González Nicieza, C.; Lima de Montes, Y. (2000). Obtención del mapa de susceptibilidad a los deslizamientos con técnicas SIG. *Ingeniería Civil*, nº 119. Madrid. 13-20.
- Gutiérrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología* Ed. Pearson. Prentice Hall. 898 pp.
- IGME. (2004). Pérdidas por terremotos e inundaciones en España durante el periodo 1987-2001 y su estimación para los próximos 30 años (2004-2033). Ed. Consorcio de compensación de seguros, Madrid. 126 pp.
- Irigaray, C. & Chacón, J. (1996), Previsión espacial de movimientos de ladera y riesgos asociados mediante SIG. En *Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el Medio Ambiente*. Ed: Laín Huerta. ITGE.-Ministerio de Medio Ambiente. 113-123.
- Irigaray, C.; Fernández, R.; Hamdouni, R.; Chacón, J. (2004). Análisis y validación de la susceptibilidad a los movimientos de ladera. *Actas VIII Reunión Nacional de Geomorfología*. Benito & Díez Herrero (Eds.). 324-333.
- ITGE (1999). *Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el Medio Ambiente*. Ed: Laín Huerta. ITGE.-Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 227 pp.

- Lastra, J.; Marquínez, J.; Menéndez, R. (2004). Utilización de las precipitaciones en la modelización de la peligrosidad por inestabilidad de superficies. Actas VIII Reunión Nacional de Geomorfología. Benito & Díez Herrero (Eds). 335-345.
- Menéndez Duarte, R.; Marquínez, J.; Lastra J. (2004). Indicador de susceptibilidad a los desprendimientos de roca en escarpes naturales: análisis a escala regional en Asturias. Actas VIII Reunión Nacional de Geomorfología. Benito & Díez Herrero (Eds). 355-364.
- Pedraza Gilsanz, J. (1996). Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones. Ed Rueda. 414 pp.
- Saaty, T.L. (1990). Multicriteria decision Making-The Analytic Hierarchy Process. Volume I, AHP Series. McGrawHill. New York.
- Selby, M.J. (1982). Hillslope materials and processes. 2ª Edición. Oxford University Press. Oxford. 264 pp.
- UNDRO (1987). Oficina del coordinador de las Naciones Unidas para el socorro en casos de desastres. Manejo de emergencias por movimientos del terreno. 83 pp.
- Echevarria Caballero, M.R & Peña Pinto, J.L. (1978). La Cartografía Geotécnica en España. *Tecniterrae*, 25. 19-24.
- Graña, A.M.; Goy J.L., Forteza, J.; Zazo C., Barrera, I.; González-Hernández, F.M. (2003). Riesgo de pérdida de suelo en los Espacios Naturales de Batuecas-S. Francia y Quilamas (Salamanca-España). Aplicación cartográfica mediante SIG. I Simposio Nacional sobre Control de la Erosión y Degradación del Suelo. Madrid. 593-596.
- IGME (1976). Mapa Geotécnico General de Salamanca. Ministerio de Industria. 33 pp.
- ITGE (1991a). Mapa Geotécnico y de peligrosidad natural de la ciudad de León y su aglomeración urbana. E: 1/ 25.000 y 1/5.000.
- ITGE (1991b). Mapa Geotécnico de Ordenación Territorial y Urbana de la subregión de Madrid: Torrelaguna. E: 1/ 100.000.
- López Santiago, F y col. (1991). Mapa Geotécnico y de Peligrosidad Natural de la ciudad de León y su aglomeración urbana. ITGE. 64 pp.
- Martínez-Graña, A.; Goy, J.L.; Zazo, C. (2004a). Peligrosidad natural en el Espacio Natural Protegido de Las Batuecas-S. de Francia, Quilamas y su entorno (Salamanca). *Análisis Integrado de los factores de riesgo*. *Geogaceta* 36. 71-74.

Webs Consultadas

- www.esri.com/software/arcgis/extensions/geostatistical.html
- <http://www.etsimo.uniovi.es/feli>

III.5. Riesgos Geotécnicos.

- Abad, J. & Peña Pinto, J.L. (1975) Metodología de la cartografía geotécnica a E 1: 200.000 en España. *Mapa Geotécnico General*. *Tecniterrae*, 3. 44-54.
- BOE, 244 (2002). R.D. Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación. 35898-35967.
- Matula, M.; Dearman, W.R.; Golodkovskaja, G.A.; Pahl, A.; Radbruch-Hall, D.; Sanejouand, R. (1979) Classification of rocks and soils for Engineering Geological mapping. Part I: Rock and soil materials". *Bulletin of the International Association of Engineering geology*, 19. 364-371.
- Martínez Graña; Goy J.L., Zazo C.; González-Hernández, F.M, De Bustamante I.; Monterrubio S. (2004b). Caracterización Geotécnica de los Espacios Naturales de Las Batuecas-S. de Francia y Quilamas. *Cartografía básica para la ordenación del territorio*. *Geogaceta*, 36. 67-70.

Peña Pinto, JL: (1977). Los Mapas Geotécnicos. *Tecniterrae*, 18. 46-63.

PARTE IV.

IV₁. Evaluación Ambiental Estratégica.

BOCYL 236 (1998). Ley 10/1998 de Ordenación del Territorio.

BOCYL 241 (2006). Ley 14/2006 que modifica el art. 4 de la Ley 10/1998 de Ordenación del Territorio en lo referente al patrimonio cultural de la Comunidad.

BOCYL 135 (2009). Decreto 45/2009, de 9 de julio, por el que se modifica el Decreto 22/2004, de 29 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Urbanismo de Castilla y León. 22471-22502.

BOE 155 (1986). Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental. 23733-23735.

BOE 157 (2002). Ley 16/2002 de prevención y control integrados de la contaminación, - IPPC-. 23910-23927.

BOE 102 (2006). Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre la evaluación de determinados planes y programas en el medio ambiente. 16820-16830.

BOE 128 (2007). Ley 8/2007, de 29 de mayo, del suelo. 23266- 23284.

BOE 154 (2008). RD 2/2008 del texto refundido de la Ley del Suelo. 28482-28504.

BOE 243 (2008). Ley 4/2008, 15 septiembre, de Medidas sobre Urbanismo y Suelo. 40416-40436.

Briassoulis, H. (1989). Theoretical Orientations in Environmental Planning: An Inquiry into Alternative Approaches. *Environmental Management* Vol 13. 4. 381-392.

Cendrero, A.; Díaz de Terán, J.R.; Sáiz, J. (1976). A technique for the definition of environmental geologic units and for evaluating their environmental value. *Landscape planning*, 3. 35-66.

Cendrero y col. (1987). Application of the geocientific map set approach to a volcanic environment, Island of Gran Canary, Canary Islands. *International Symposium on Geomorphology and Environmental Managements*. University of Allahabad.

Cendrero, A. (1990). La Cartografía Medioambiental. IV Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Vol. Síntesis. 23-52.

Cendrero, A.; Sánchez, J.; Antolín, C.; Arnal, S.; Díaz, J.; Martínez, V.; Moñino, M.; Nogales, I.; Pérez-Chacón, E.; Ríos, C.; Romero, A.; Suárez, C. (1990). Geoscientific maps for planning in semiarid regions: Valencia and Grand Canaria, Spain. *Engineering Geology*, 29. 291-319.

Cocks, K.D.; Ive, J.R.; Davis, J.R.; Baird, I.A. (1983). SIRO-PLAN and LUPLAN: an Australian approach to land use planning. The SIRO-PLAN land use planning method. *Environmental and Planning B* 10. 331-345.

Cristian, C.S. & Stewart, G.A. (1952). Summary of General report on Survey of Katherine-Darwin Region, 1946 (CSIRO, Australia). *Land Research Series*, 1. 24 pp.

Cuyás Palazón, M.M. (2006). *Urbanismo Ambiental y Evaluación Estratégica*. Tesis Doctoral. Univ. Girona.

DOCE 175 (1985). Directiva 85/337/CE del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. 40-48.

DOCE 73 (1997). Directiva 97/11/CE del Consejo de 3 de marzo de 1997 por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. 5-15.

DOCE 197 (2001). Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo, de evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. 30-37.

- DOCE 156 (2003). Directiva 2003/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, por la que se establecen medidas para la participación del público en la elaboración de determinados planes y programas relacionados con el medio ambiente y por la que se modifican, en lo que se refiere a la participación del público y el acceso a la justicia, las Directivas 85/337/CEE y 96/61/CE del Consejo. DOCE L 156, de 25.06.2003. 17-24.
- DOCE 288 (2007). Directiva 2007/60/CE de Evaluación y Gestión de los Riesgos de Inundación. 27-34.
- Escribano, M.M.; Frutos, M.; Iglesias, E.; Mataix, C.; Torrecilla, I. (1989). El Paisaje. Unidades temáticas ambientales de la Dirección General del Medio Ambiente. MOPU. Madrid.
- Godfrey, A.E. (1977). A Physiographic approach to land use planning. *Environmental Geology*. Vol 2, 1. 43-50.
- Gómez Orea, D. y col. (1975) Plan Especial de protección del medio físico de la provincia de Madrid. Comisión de PLaneamiento y COordinación (CO-PLACO) del área metropolitana de Madrid.
- Gómez Orea, D. (2007). Evaluación Ambiental Estratégica. Ed. MP. 366 pp.
- IGME (1982). Mapa Geocientífico del Medio Natural a E: 1/100.000. Provincia de Almería. Tomos I y II. Madrid.
- Sánchez Díaz, J.; Cendrero, A.; Nieto, M.; Obarti, J.; Garay, P.; Boluda, R.; Pons, V. (1986). Mapa Geocientífico de la Provincia de Valencia. Diputación Provincial de Valencia. Tomo 2. 350 pp.
- Sánchez Díaz, J y col. (1995). Cartografía del Potencial del Medio Natural de Gran Canaria. Cabildo Insular de Gran Canaria. 165 pp.
- IV₂. Evaluación de Impacto Ambiental.**
- Ayala Carcedo (1991). Curso de Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales. ITGE.
- Ayala Carcedo y col. (1996). Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. ITGE. 359 pp.
- Batelle-Columbus Laboratories (1972) Environmental Evaluation Sistem for Water Resource Planing. Bureau of Reclamation U.S. Department of the Interior. Columbus, Ohio.
- BOCYL 210 (2007). Ley 8/2007, que modifica la Ley 11/2003 de Prevención Ambiental en Castilla y León.
- BOCYL 68 (1991). Ley 8/1991, de 10 de mayo, de Espacios Naturales de la Comunidad de Castilla y León.
- BOCYL 71 (2003). Ley 11/2003 de Prevención Ambiental de Castilla y León. 25 pp.
- BOE 111 (2001). Ley 6/2001 de EIA, de 8 Mayo, que modifica el R.D.1302/1986. 16607-16616.
- BOE 155 (1986). R.D. Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- BOE 171 (2006). Ley 27/2006, de 18 de julio, que regula los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente. 27109-27123.
- BOE 23 (2008). Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, que aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental. 4986-5000.
- BOE 239 (1988). Real decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución del real decreto legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental. 28911-28916.
- Canter, L. (1996). Environmental Impact Assessment. Mc-Graw-Hill. 841 pp.
- Conesa Fernández-Vitoria, V. (1997). Guía metodológica para la elaboración del impacto ambiental. Ed. Mundi - Prensa. Madrid. 412 pp.

DOCE 175 (1985). Directiva 85/337/CE del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. 40-48.

DOCE 73 (1997). Directiva 97/11/CE del Consejo de 3 de marzo de 1997 por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. 5-15.

DOCE 156 (2003). Directiva 2003/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo, por la que se establecen medidas para la participación del público y el acceso a la justicia.

DOCE 257 (2006). Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. 1-23.

Duarte OG. (2000). Técnicas Difusas en la Evaluación de Impacto Ambiental. Tesis Doctoral Inédita. 277 pp.

Esteban Bolea, M.T. (1984). Evaluación e Impacto Ambiental. Ed. Mapfre. Madrid. 130 pp.

Esteban Bolea, M.T. (1999a). Bases Conceptuales, Legislación y Metodologías. Master en Evaluación de Impacto Ambiental. Instituto de Investigaciones Ecológicas. 2ª Edición. Málaga, España. Vol. 1. 141 pp.

Esteban Bolea, M.T. (1999b). Metodologías para la elaboración de las evaluaciones de impacto ambiental. Master en Evaluación de Impacto Ambiental. Instituto de Investigaciones Ecológicas. 2ª Edición. Málaga, España. Vol. 3. 398 pp.

García Leyton. L.A. (2004). Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales. Tesis Doctoral. 285 pp.

Gómez Orea, D. (1998). Evaluación del Impacto Ambiental. Ed. Agrícola Española, 3ª edición. Madrid. 258 pp.

Gómez Orea, D. (1999). Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial Agrícola Española SA. España. 702 pp.

Leopold, L.B; Clarke, F.E.; Hanshaw, B.B. & Balsey, J.R.(1971). A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological Survey Circular 645. Washington. 13 pp.

Webs Consultadas

<http://www.egs.uct.ac.za/docs/canter/eiacover.html>
<http://europa.eu.int/comm/environment/eia/report.es.pdf>.

IV.3. Aplicaciones Geoambientales.

BOE 25 (2002). Real decreto 1481/01, que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. 3507-3521.

BOE 102 (2005). Plan Nacional de residuos de construcción y demolición (RCDs) 2001-2006.

BOCYL 220 (2002). Estrategia Regional de residuos sólidos urbanos (RSU) de Castilla y León 2000-2010.

DOCE 182 (1999). Directiva del Consejo, de 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos.

Gómez Delgado, M. (2004). Sistemas de Información Geográfica (SIG) y localización de instalaciones y equipamientos. Editorial RAMA. Madrid. Coord. Bosque Sendra, & Moreno Jiménez. 306-333.

Gómez Díaz, J.M. & Camoyán Pérez A. (1993). Tratamiento de Aguas Residuales, Basuras y Escombros en el ámbito rural. Serie técnica nº 6. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Editorial Agrícola Española. Tragsatec. 295-315.

Graña, A.M.; Goy, J.L.; Forteza, J; Zazo, C; Barrera, I; González, F.M (2003). Control de la Erosión y Degradación del Suelo. Ed. Bienes & Marqués. 593-596.

Martínez-Graña, A.; Goy, J.L.; Zazo, C.; González, F.; Bustamante, I.; Monterrubio, S. (2004). Caracterización Geotécnica de los Espacios Naturales de Las Batuecas-S de Francia y Quilamas. Cartografía básica para la ordenación del territorio. Geogaceta, 36. 67-70.

Martínez-Graña, A.; Goy, J.L.; Mateos, J.; Zazo, C.; Sanz, J.; Cruz, R.; Forteza, J.L. (2006a). Evaluación mediante SIG de la agresividad pluvial en los Espacios Naturales Protegidos del Sur de Salamanca: Rebollar, Batuecas-S de Francia y Candelario-Gredos. Edafología (en prensa).

Martínez-Graña, A.; Goy, J.L.; Zazo, C.; Picón, I.; De Bustamante, I. (2006b). Cartografía geoambiental aplicada a la gestión de residuos del Espacio Natural Protegido "Las Batuecas-S de Francia (Salamanca, España). Geogaceta, 40. 311-314.

Sanz, J. M^a; De Bustamante, I.; Goy, J.L., Mateos J (2005) En: Agua, Minería y Medio Ambiente. Libro Homenaje al prof. D. Rafael Fernández Rubio. IGME 869 pp.

Ulloa Santamaría, J. J. (1993). Tratamiento de Aguas Residuales, Basuras y Escombros en el ámbito rural. Serie técnica nº 6. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Editorial Agrícola Española. Tragsatec. 316-367.

Williams, P. (1998). Waste Treatment and Disposal. Ed. John Wiley & Sons. England. 420 pp.

Acrónimos.

C.H.A.C. Calculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas.

CEDEX. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.

CNPC. Comisión Nacional de Protección Civil.

D.P.H. Dominio Público Hidráulico.

DGOH. Dirección General de Obras Hidráulicas.

DGPC. Dirección General e Protección Civil.

DMA. Directiva Marco del Agua: Directiva 2000/60/CEE.

GPS. Global Positioning System.

HEC-RAS. Hydrologic Engineering Center - River Analysis System.

IGME. Instituto Geológico y Minero de España.

JCyL. Junta de Castilla y León.

MDE. Modelo Digital de Elevación.

MDT. Modelo Digital del Terreno.

MMA/MIMAM. Ministerio de Medio Ambiente.

MOPU. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

R.D.L. Real Decreto Legislativo.

SAIH. Sistema Automático de Información Hidrológica.

SAIH. Sistema Automático de Información Hidrológica.

TIN. Triangulated Irregular Network.