



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

**ANÁLISIS GEOAMBIENTAL APLICADO A LA EVALUACIÓN
ESTRATÉGICA DE LA CIUDAD DE SALAMANCA Y ALREDEDORES.
CARTOGRAFÍAS TEMÁTICAS MEDIANTE SIG.**

Marco Criado Nicolás

Tesis Doctoral

2020



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**
Departamento de Geología

**ANÁLISIS GEOAMBIENTAL APLICADO A LA EVALUACIÓN
ESTRATÉGICA DE LA CIUDAD DE SALAMANCA Y ALREDEDORES.
CARTOGRAFÍAS TEMÁTICAS MEDIANTE SIG.**

Marco Criado Nicolás

Tesis Doctoral

2020



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

Dpto. de Geología - Área de Geodinámica Externa

**ANÁLISIS GEOAMBIENTAL APLICADO A LA EVALUACIÓN
ESTRATÉGICA DE LA CIUDAD DE SALAMANCA Y ALREDEDORES.
CARTOGRAFÍAS TEMÁTICAS MEDIANTE SIG.**

Memoria presentada por **Marco Criado Nicolás** para optar al **grado de Doctor en Geología** por la **Universidad de Salamanca**.

Directores de la tesis:

Dr. D. Antonio Miguel Martínez Graña
Profesor Titular de Geodinámica Externa
Facultad de Ciencias
Universidad de Salamanca

Dr. D. Fernando Santos Francés
Catedrático de Edafología y Química Agrícola
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales
Universidad de Salamanca

Los Doctores **D. Antonio Miguel Martínez Graña** y **D. Fernando Santos Francés**,

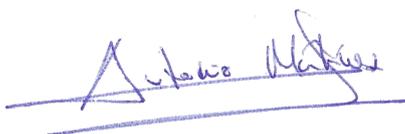
CERTIFICAN que:

Marco Criado Nicolás ha realizado en el programa de Doctorado del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca, y bajo nuestra supervisión, el trabajo para optar al Grado de Doctor en Geología titulado:

"Análisis geoambiental aplicado a la evaluación estratégica de la ciudad de Salamanca y alrededores. Cartografías temáticas mediante SIG."

autorizando expresamente su lectura y defensa. Y para que conste, firman el presente documento en Salamanca, junio de 2020.

Los Directores:



Fdo.: Antonio M. Martínez Graña



Fdo.: Fernando Santos Francés

El doctorando:



Fdo.: Marco Criado Nicolás

AGRADECIMIENTOS

No podía empezar estas líneas sin hacer mención especial a mis directores de tesis, currentes incansables y buenos conocedores del negocio. Gracias a ambos por vuestros conocimientos y tiempo dedicado en guiarme. Al todoterreno Antonio, que siempre supo sacarme un hueco en su apretadísima agenda, y cómo no al veterano Fernando, compañero de fatigas en cuantiosísimas jornadas, y que los que te conocemos bien sabemos que hasta el final has mantenido un compromiso y espíritu de trabajo difícilmente igualable. Gracias de corazón a ambos, por todo.

No podría olvidarme tampoco del resto de compañeros de la Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales, compañeros del día a día, gracias por vuestra ayuda y consejos, diversos y siempre bien aceptados. Mención especial para los compañeros del Área de Edafología, José Antonio y Pilar, especialmente ésta última por sus atenciones en todo momento, y por sus consejos y conocimientos particularmente en el día a día del laboratorio. También a los compañeros del Departamento de Geología que en mayor o menor medida me echaron un cable, especialmente Mariano con la geotecnia y macizos rocosos, y Javier con la hidrología. También debo de acordarme de Cipriano, por su ayuda y atenciones con la vegetación. Gracias a todos.

A todos mis amigos y compañeros de doctorado y de facultad, que de alguna manera u otra me habéis ayudado en este tiempo. Gracias.

A mi familia, por ayudarme de una manera u otra en este largo camino. Aunque no os lo haya parecido, siempre sois una gran motivación y ayuda para seguir. Para mis padres, Jesús y Sonia, mi hermana, Eva, y mi sobrina, Leire, una estrella siempre en mi camino. Mi compañera de viaje, Miriam, buena conocedora del trabajo que dejo atrás. Especialmente, va por vosotros. Me acuerdo también de mis abuelos, Manolo, Puri, Rufi y Nati, gracias por preocuparos de mí, seguro que estaréis orgullosos... y yo de teneros. Para mis tíos y primos, y demás familiares. También para mi otra familia, la de Fuentesauco. A todos vosotros, familia, gracias.

Para todos mis amigos, que siempre estuvieron y están, por los ratos de ocio y desconexión en mil faenas. Para mi gente de Santis, no hay mejor remedio para seguir que volver a casa a coger impulso. Por vuestra ayuda e interés en mi día a día. Gracias.

En definitiva, gracias a todos aquellos que me habéis ayudado directa o indirectamente en este capítulo de mi vida que con estas líneas toca a su fin. Con vosotros en el próximo... nada puede ir mal.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos del trabajo.....	2
1.2. Estructura general del trabajo	2
1.3. Localización geográfica del área de estudio.....	3
1.4. Medio físico y ordenación territorial	5
1.5. Legislación aplicable a la ordenación territorial.....	6
1.6. Herramientas para la planificación territorial: SIG y teledetección	8
2. METODOLOGÍA Y MATERIALES EMPLEADOS	11
2.1. Metodología general del trabajo	11
2.2. Metodología empleada en la caracterización del medio físico.....	11
2.3. Metodología seguida en el análisis de riesgos geológicos	17
2.4. Proceso metodológico relativo a las evaluaciones ambientales	18
2.5. Síntesis de materiales empleados	18
3. INVENTARIO AMBIENTAL	19
3.1 Climatología	19
3.1.1. Introducción y recopilación de datos meteorológicos históricos.....	19
3.1.2. Estudio de los parámetros climáticos	21
3.1.3. Determinación climática de la zona de estudio	27
3.2 Geología	30
3.2.1. Introducción	30
3.2.2. Análisis Estratigráfico	31
3.2.3. Historia geológica y evolución geodinámica.....	41
3.2.4. Petrología: rocas filonianas y metamorfismo	43
3.3 Geomorfología.....	43
3.3.1. Introducción	43
3.3.2. Unidades morfoestructurales	44
3.3.3. Análisis del modelado.....	45
3.4 Vegetación.....	56
3.4.1. Introducción	56
3.4.2. Biogeografía y bioclimatología de la zona de estudio.....	56
3.4.3. Series de Vegetación y comunidades vegetales.....	57
3.4.4. Hábitats de Interés Comunitario (Directiva 92/43/CEE).....	60
3.5 Edafología.....	66
3.5.1. Introducción	66
3.5.2. Caracterización de los suelos de la zona de estudio	69
3.5.3. Valoración de los suelos e importancia en la planificación territorial.....	81

3.6 Hidrología.....	88
3.6.1. Hidrología superficial.....	88
3.6.2. Hidrología subterránea.....	91
3.7 Paisaje.....	98
3.7.1. Introducción.....	98
3.7.2. Determinación y análisis de las unidades paisajísticas.....	99
3.7.3. Valoración de la calidad paisajística.....	116
3.7.4. Valoración de la fragilidad paisajística.....	127
3.7.5. Necesidad de protección del paisaje.....	136
3.8 Medio socioeconómico.....	139
3.8.1. Introducción y alcance.....	139
3.8.2. Análisis demográfico.....	140
3.8.3. Análisis del sistema territorial.....	149
3.8.4. Análisis del sistema económico.....	150
3.9 Patrimonio.....	156
3.9.1. Patrimonio geológico.....	156
3.9.2. Patrimonio biológico.....	167
3.9.3. Patrimonio Ecológico.....	170
3.9.4. Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural.....	172
4. RIESGOS GEOLÓGICOS.....	180
4.1. Introducción.....	180
4.2. Riesgos de inundación.....	182
4.2.1. Introducción.....	182
4.2.2. Inundaciones históricas en Salamanca.....	184
4.2.3. Método Hidrológico-Hidráulico.....	187
4.2.4. Resultados del Método Hidrológico-Hidráulico.....	201
4.2.5. Riesgo de inundación en Salamanca.....	207
4.3. Riesgos geotécnicos y de desprendimiento.....	216
4.3.1. Introducción.....	216
4.3.2. Caracterización geotécnica y condiciones constructivas.....	217
4.3.3. Riesgos por desprendimientos y calidad del macizo rocoso.....	221
5. APLICACIONES CARTOGRÁFICAS EN LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA.....	231
5.1. Cartografía de calidad de suelos.....	231
5.1.1. Análisis factorial de las propiedades de la sección control 0-100 cm.....	236
5.1.2. Análisis factorial de las propiedades del horizonte superficial (0-25 cm).....	238
5.1.3. Validación de los índices de calidad.....	239
5.1.4. Comparativa de los índices de calidad.....	240
5.1.5. Índices de calidad y distribución vertical de las propiedades del suelo.....	241
5.1.6. Calidad del suelo y uso de la tierra.....	245

5.2. Cartografía aplicada a la expansión urbana sostenible de Salamanca y alfoz.....	245
5.2.1. Análisis multitemporal de los cambios en las coberturas del suelo.....	247
5.2.2. Análisis multicriterio: identificación de las áreas restrictivas	248
5.2.3. Análisis de la sostenibilidad de la expansión urbana.....	249
5.2.4. Consideraciones y conclusiones acerca de la metodología propuesta.....	255
6. EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA	257
6.1 Introducción.....	257
6.1.1. Evolución normativa y legislación aplicable	257
6.1.2. Procedimiento administrativo de evaluación ambiental estratégica	259
6.2 Recomendaciones y limitaciones: unidades ambientales territoriales.....	262
6.2.1. Recomendaciones de protección y no ocupación del territorio	262
6.2.2. Limitaciones derivadas de riesgos naturales.....	273
6.2.3. Unidades ambientales homogéneas: diagnóstico de su potencialidad y síntesis de la problemática existente en el escenario actual	274
6.3 Planificación territorial sostenible	281
6.3.1. Objetivos estratégicos de planificación	283
6.3.2. Capacidad de acogida y usos del territorio	285
6.3.3. Impactos ambientales.....	300
7. CONCLUSIONES	304
8. REFERENCIAS	307
9. ANEXOS	
Anexo 1. Localización y descripción de los perfiles edáficos.....	2
Anexo 2. Caracterización de las zonas de interés geoambiental	35
Anexo 3. Caracterización de las zonas con riesgos de desprendimiento	51
Anexo 4. Fichas de las unidades ambientales territoriales	62

1. INTRODUCCIÓN

Desde antaño, la impronta humana sobre el medio ha sido evidente. A pesar de que, en nuestros más lejanos inicios, la incidencia ambiental era mínima, con un impacto meramente trófico, pronto, nuestra capacidad permitió desarrollar útiles que mejoraron la capacidad de obtención de recursos del medio. Asentarse en un lugar adecuado era más fácil, maxime tras la domesticación de animales que dio origen a la ganadería, y a la capacidad de labrar tierras y obtener nuevos productos. La incidencia ambiental comenzaba a ser más notoria: deforestaciones, fuegos... Las civilizaciones comenzaban a asentarse, provocando el auge del comercio y conflictos bélicos que alimentaron el consumo de recursos, potenciándose la deforestación y la minería. Hoy en día, el desarrollo tecnológico nos permite la gestión de prácticamente cualquier coyuntura. El resultado, la supremacía especista del ser humano sobre el resto de especies y el medio.

Actualmente, instalados en una coyuntura socioeconómica consumista bajo el mandato capitalista, que con sus intereses y estrategias geopolíticas esclavizan a unos gobernantes entregados, incapaces de fijar objetivos ambiciosos no cortoplacistas, no parece vislumbrarse una solución sostenible a nuestro modelo económico, poniendo en serio peligro diversos pilares de nuestra sociedad, desde la propia convivencia y seguridad, hasta la protección ambiental. Es indiscutible los niveles de bienestar que parte de la población ha alcanzado en las últimas décadas, pero, ¿hasta dónde hemos de llegar? O lo que es lo mismo, ¿cuándo debemos detenernos?; y lo más difícil de predecir, ¿será suficiente? ¿Qué precio vamos a pagar? El dilema es sencillo, y es si nuestro modelo de desarrollo ha de seguir girando en torno a la economía o debe centrarse más en los condicionantes físicos, ambientales y sociales. La elección de las bases de nuestro modelo de desarrollo es la pieza angular de la problemática. Ante esto, parte de la sociedad viene reclamando desde hace décadas mayor consideración del medio ambiente y de su problemática en la política y toma de decisiones, sentimiento que además, recientemente, parece haberse polarizado más que nunca, en otra artimaña más del tablero geopolítico en el que ciertos países se están desvinculando de sus compromisos ambientales en detrimento de su crecimiento económico a cualquier coste.

Llegado este momento y, acerca de la sostenibilidad ambiental, no sabemos si apreciar el vaso medio lleno, o medio vacío. Por un lado, poderosos gobiernos están tirando por la borda el esfuerzo con el que multitud de objetivos ambientales se habían ido consiguiendo. Además, la legislación sigue siendo laxa en general, o bien no se llega a aplicar correctamente. Es por ello que la sostenibilidad ambiental y el compromiso de las instituciones hacia ella parece estar más en entredicho que nunca. Vaso medio vacío. En contraposición, está la gran demanda de parte de la sociedad por un modelo más justo y respetuoso, que ha provocado la promulgación de gran cantidad de legislación ambiental. Desistir en la lucha sería arruinar todo el trabajo. Vaso medio lleno.

También, parece evidente la necesidad de mejorar los procedimientos de planificación territorial, y a veces los propios procedimientos de evaluación ambiental, pues cada vez son más frecuentes las catástrofes naturales. Es cierto que la creciente variabilidad climática, con fenómenos cada vez más extremos, es una componente muy importante en este aumento, y la adaptabilidad de los procesos y modelos socioeconómicos al cambio climático debe ser una realidad, pero sería un error achacar todos estos daños a los fenómenos extremos y no tener en consideración la componente de responsabilidad que una mala planificación urbana pueda tener en estos.

Por ello, esta Tesis Doctoral pretende demostrar la necesidad de emplear unas prácticas adecuadas en nuestras acciones y decisiones que integren los aspectos ambientales y socioeconómicos determinantes en las etapas de planificación y decisión, que nos permitan, como mínimo, aspirar a mantener el estado de nuestro entorno, y si es posible, mejorarlo, a la vez que se contribuye a garantizar la seguridad y bienestar a la población en un contexto de variabilidad climática.

1.1. Objetivos del trabajo.

Ante la problemática expuesta, el objetivo general del trabajo es, a través de una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), planificar y ordenar la zona de estudio según la capacidad de acogida del territorio para albergar los usos y actividades, teniendo siempre presentes en la toma de decisiones los diferentes criterios ponderables, particularmente el ambiental. Otros objetivos son:

- Elaborar, a partir del estudio del medio físico y socioeconómico de la zona, cartografía de calidad ambiental en la que se representen las zonas más valiosas desde el punto de vista medioambiental.
- Realizar cartografía de limitaciones y usos que establezca las zonas con riesgos para la ubicación o desarrollo de distintas actividades, elaborada a partir del análisis de los riesgos geológicos que pueden producirse en Salamanca y alfoz.
- Crear una geodatabase digital que aglutine toda la información temática georreferenciada de la zona de estudio, para que su manejo, lectura e interpretación sea más sencilla.
- Contrastar y validar el binomio “desarrollo sostenible-planificación territorial” a través de la Evaluación Estratégica Ambiental.
- Generar una serie de medidas no estructurales y ponerlas a disposición de los gestores y de la Administración, para que la usen como una herramienta para la toma de decisiones relacionadas con el proceso de planificación.

1.2. Estructura general del trabajo.

La Tesis Doctoral se ha organizado en nueve bloques que abordan temáticas diferenciadas, si bien el núcleo de este trabajo está constituido por el estudio del medio físico y de los riesgos geológicos y por la EAE aplicada a a ordenación del territorio:

- **Bloque 1: Introducción.** Constituye la base de partida de esta memoria. Además de explicarse la estructuración del trabajo, se expone la problemática actual derivada de la inadecuada gestión del medio y de los recursos naturales efectuada en el pasado, que ha servido de inspiración para realizar esta Tesis, recalcando además el papel fundamental que desempeñan la planificación y ordenación territorial a la hora de conseguir una buena gestión del suelo y de los recursos, así como la importancia que tiene un buen diagnóstico del medio físico y de los principales riesgos geológicos existentes para conseguir esta correcta gestión. También se realiza el encuadre del área en el que se desarrolla el trabajo y se presentan y exponen las principales herramientas existentes empleadas en la planificación territorial.

- **Bloque 2: Metodología y materiales empleados.** Se expone brevemente el procedimiento metodológico general efectuado en el análisis de cada bloque y apartado. También se enumeran los materiales empleados en este trabajo.
- **Bloque 3: Inventario ambiental.** Se realiza el análisis y caracterización del medio físico de la zona de estudio (geología, clima, edafología, paisaje, vegetación, geomorfología, hidrología, medio socioeconómico y patrimonio natural y cultural) que servirá como base para la determinación de las posibles incidencias ambientales que la planificación territorial pudiera tener sobre el medio. En primer lugar, se realiza una campaña de campo y se procede a la toma de datos o muestras, cuando procede, para su posterior análisis. Además, se confecciona mediante el SIG la correspondiente cartografía digital.
- **Bloque 4: Riesgos geológicos.** Se analizan los riesgos geológicos (inundación, desprendimientos y geotecnia) que pueden ocurrir en el área de estudio.
- **Bloque 5: Aplicaciones cartográficas en la evaluación ambiental estratégica.** Se presentan metodologías para la elaboración de cartografía que puedan ser empleada en toma de decisiones y en la EAE.
- **Bloque 6: Evaluación ambiental estratégica.** A partir de la información y cartografía recopilada se efectúa la planificación territorial.
- **Bloque 7: Conclusiones.** Se recapitulan los principales resultados (Bloques 3, 4, 5 y 6) y aportaciones del trabajo, dando lugar a las conclusiones obtenidas.
- **Bloque 8: Referencias.** Se enuncia la bibliografía empleada y consultada en el desarrollo de esta Tesis en una única lista, ordenada alfabéticamente.
- **Bloque 9: Anexos.** En este apartado se incluyen documentos que complementan diversos apartados de esta Tesis Doctoral.

1.3. Localización geográfica del área de estudio.

El área de estudio consta de un polígono de 16.9 por 17.2 km de lado, abarcando un área de 290 km² en cuyo centro se ubica la ciudad de Salamanca, y en su entorno los municipios de Santa Marta de Tormes, Carbajosa de la Sagrada, Pelabravo, Calvarrasa de Arriba, Arapiles, Aldeatejada, Doñinos de Salamanca, Carrascal de Barregas, Florida de Liébana, Villamayor de Armuña, Villares de la Reina, Aldesaseca de la Armuña, Castellanos de Moriscos, Monterrubio de Armuña, San Cristóbal de la Cuesta, Moriscos y Cabrerizos, incluyéndose en esta área terrenos municipales de otras localidades, pero cuyo casco urbano no se encuentra incluido, como Miranda de Azán, Barbadillo, Castellanos de Villiquera y La Vellés. Geográficamente, el sector estudiado se localiza al noreste de la provincia de Salamanca. Regionalmente, se extiende por el sector suroccidental de Castilla y León, Comunidad Autónoma a la que pertenece. A nivel nacional, podríamos encuadrar el área de estudio en el sector centrooccidental peninsular (Fig. 1). Topográficamente, el sector abarca la mitad norte y extremo sur de las hojas 1:50.000 del Mapa Topográfico Nacional nº 478 y 452, respectivamente.

MAPA DE LOCALIZACIÓN DEL SECTOR DE ESTUDIO

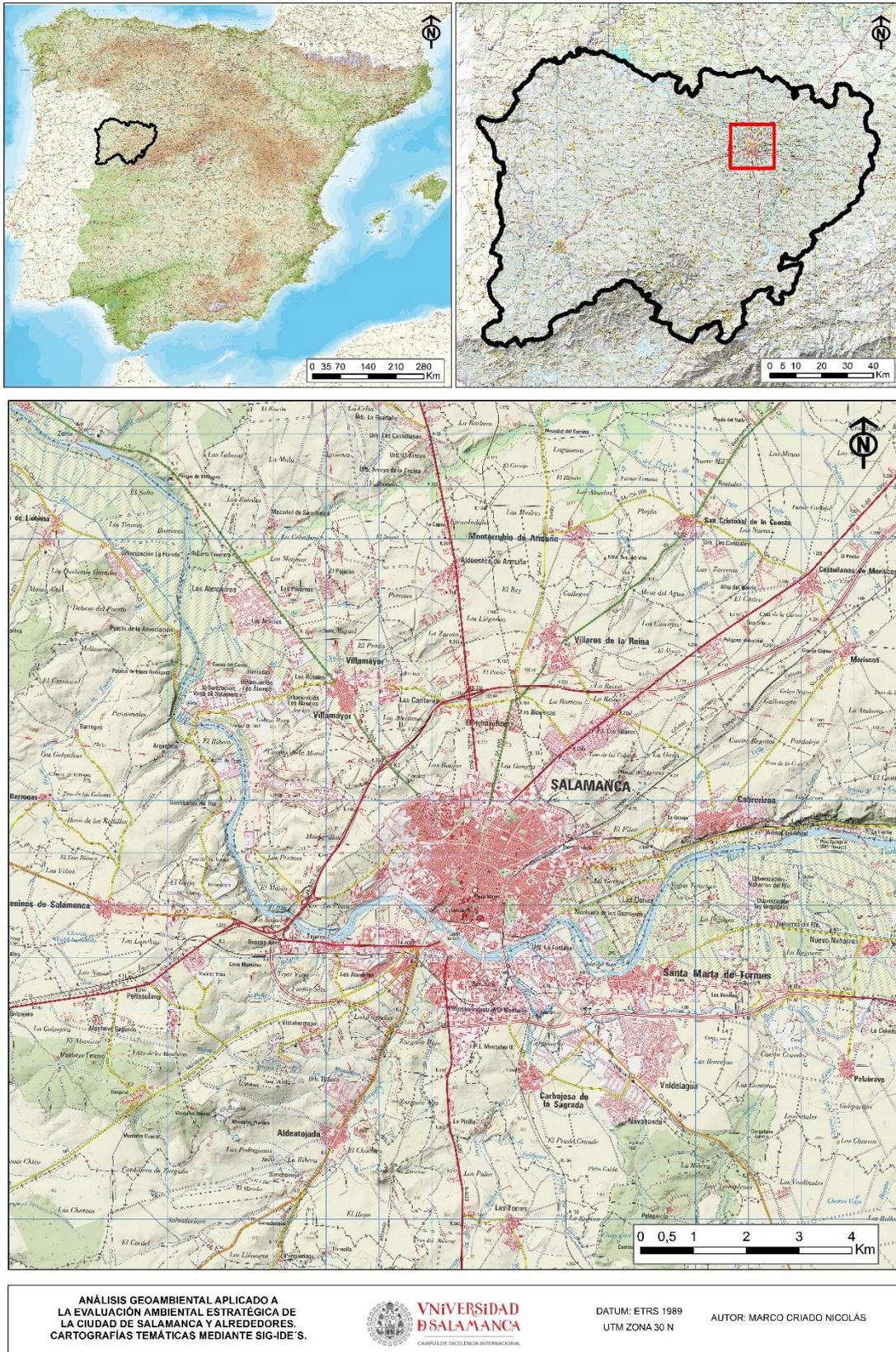


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

1.4. Medio físico y ordenación territorial.

El origen de la ordenación territorial se debe al intento del ser humano por conseguir una estructura espacial adecuada que permita alcanzar un desarrollo óptimo y respetuoso, esto es, integrar correctamente la planificación socioeconómica en el medio físico. Podría considerarse, por tanto, como la proyección en el espacio de las diferentes políticas efectuadas (ambiental, social, cultural, económica...). Por ello, la relación entre el medio físico y las actuaciones antrópicas es determinante sobre la organización del espacio geográfico, llegando en muchos casos la configuración territorial y divisiones administrativas a fundamentarse en las bases establecidas por el medio físico. Debido a la influencia del medio físico sobre la sociedad, la ordenación territorial es fundamental para prevenir y/o corregir problemas ligados a las características del medio y garantizar la calidad de vida de la población. No obstante, existen conflictos paradigmáticos recurrentes en la planificación, y que se basan en conflictos de intereses entre conservación y desarrollo, interés público o privado, interés local o regional o competencia entre sectores conflictivos. Por ello, se originan en la ordenación territorial problemas relativos a superposición desordenada de recursos, impactos ecológicos y/o paisajísticos originados por una inadecuada localización, derroche de recursos naturales, desequilibrios territoriales, localización inadecuada que no estima los riesgos naturales, incoherencia entre asignación de usos y descoordinación administrativa. A pesar de esta problemática, la ordenación territorial busca alcanzar un desarrollo equilibrado entre regiones, uso racional de territorio y recursos, coordinación administrativa y mejora de la calidad de vida de la población (Consejo de Europa, 1983; Scheid & Hildenbrand, 1996; Ramos et al., 2005).

En relación con el proceso metodológico seguido en la ordenación territorial, el cual debe ser multidisciplinar, funcional, independiente, prospectivo y democrático, se identifican tres fases principales: diagnóstico territorial (análisis de la situación actual), planificación (definición de objetivos y generación de alternativas) y gestión (ejecución, seguimiento y control de las acciones de planificación). El análisis territorial viene definido primordialmente por el conocimiento del medio físico, esto es, de las características naturales y procesos socioeconómicos y ecológicos más determinantes y con implicaciones territoriales. Además, debe tenerse en cuenta la configuración espacial de los asentamientos, la utilización del suelo y las proyecciones, de tal manera que se interprete la evolución histórica del sistema y la probable evolución si no se efectuara planificación. Respecto a la planificación territorial, consiste en elaborar propuestas de ordenación, evaluarlas y seleccionar la más adecuada. Habitualmente, se realiza conjuntamente con el análisis territorial para poseer mayor número de elementos de juicio en la selección de los instrumentos de planificación a través de los cuales se ejecuta la ordenación: políticas, planes, programas y proyectos. Por último, la fase de gestión se rige por unas normas de ejecución de la planificación y la asignación de responsabilidades, complementándose el proceso con un programa de actuaciones y el diseño de indicadores capaces de identificar las desviaciones respecto a los objetivos marcados (Gómez-Orea, 1994).

El proceso de ordenación se articula, frecuentemente, entre diferentes rangos institucionales, en los que las directrices se transmiten en forma de cascada. En España, las competencias en materia de ordenación territorial, junto con vivienda y urbanismo, están transferidas a las Comunidades Autónomas tras la aprobación de la Constitución. Así, la legislación básica la dicta el Estado de acuerdo a las directrices y documentos

Europeos relacionados con la materia, y posteriormente la Comunidad Autónoma en cuestión la desarrolla y concreta con los instrumentos de planificación, hasta alcanzar la ordenación regional, comarcal y local. Existe también otra legislación sectorial que debido a su transversalidad con la ordenación territorial tiene incidencia en el marco normativo (Quintana-López & Casares-Marcos, 2014).

En definitiva, las acciones de planificación y ordenación son aquellas que regirán la distribución de los usos del suelo y de las actividades. El conocimiento pormenorizado del medio, así como su integración y toma en consideración en las etapas de decisión, es indispensable para conseguir resultados satisfactorios en estas actividades.

1.5. Legislación aplicable a la ordenación territorial.

Las demandas de la sociedad y la necesidad de regular las diferentes actividades económicas con repercusiones en el medio ambiente provocaron una progresiva promulgación de normativa de corte ambiental que actualmente constituye una rama del Derecho: el Derecho Ambiental. Esta legislación se ocupa de preservar y proteger el medio ambiente y, en definitiva, de lograr un equilibrio y desarrollo sostenible que no comprometa a las futuras generaciones. Por tanto, se trata de instrumentos indispensables para la correcta gestión del medio, y su conocimiento es clave para abordar cualquier problemática y gestión ambiental y territorial (Gómez-Orea, 2007).

España, tradicionalmente se mantuvo a la cola en esta legislación respecto a países de su entorno. No fue hasta la entrada en la Unión Europea cuando se produjo un significativo aumento en estas normativas, lo que también se vio favorecido por la coyuntura reformista y de modernización de la transición. Incluso el artículo 45 de la Constitución Española hace referencia al derecho de disfrutar de un medio ambiente adecuado, así como al deber de conservarlo en adecuadas condiciones, además del deber por parte de los poderes públicos de controlar su racional explotación “con el fin de proteger y mejorar la calidad de la vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva” (Quintana-López & Casares-Marcos, 2014).

Actualmente, la legislación ambiental es diversa debido a la elevada cantidad de materias implicadas, lo que se potencia en función de los diferentes rangos en los que se articula (legislación comunitaria, estatal, autonómica y local, amén de otros tratados y convenios de carácter internacional) (Fernández de Gatta, 2010). A continuación, se recoge la principal legislación ambiental existente por materia (Tabla 1).

Área	Normativa
Calidad del aire	Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa
	Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera
	Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire
Aguas	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
	Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas
	Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de

	calidad ambiental.
Ruido	Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental
	Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido
	Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental
	Ley 5/2009, de 4 de junio, del Ruido de Castilla y León
Residuos y Suelos	Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados
	Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y suelos contaminados
Ordenación territorial	Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley del Suelo.
	Ley 3/2010, de 26 de marzo, de modificación de la Ley 10/1998, de 5 de diciembre, de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Castilla y León
	Ley 3/2008, de 17 de junio, de aprobación de las Directrices Esenciales de Ordenación del Territorio de Castilla y León
	Ley 14/2006, de 4 de diciembre, de modificación de la Ley 10/1998, de 5 de diciembre, de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Castilla y León
	Ley 10/1998, de 5 de diciembre, de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Castilla y León
Evaluación ambiental	Directiva 2014/52/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014 por la que se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente
	Directiva 2011/92/UE del Parlamento y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente
	Directiva 2001/42/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a la evaluación ambiental de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente
	Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental
	Decreto Legislativo 1/2015, de 12 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León.(BOCyL, 13 de noviembre de 2015)
	Convenio sobre evaluación del impacto en el medio ambiente en un contexto transfronterizo, hecho en Espoo, en 1991
	Protocolo sobre Evaluación Estratégica del Medio Ambiente de la Convención sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo, firmado en Kiev en 2003
	Protocolo de Actuación entre el Gobierno del Reino de España y el Gobierno de la República Portuguesa de aplicación en las Evaluaciones Ambientales de Planes, Programas y Proyectos con efectos transfronterizos, de 2008
Patrimonio natural	Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 relativa a la conservación de las aves silvestres (Directiva Aves)
	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 (Directiva Hábitats)
	Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, modificada por la Ley 33/2015, de 21 de septiembre
	Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino
	Ley 43/2003 de Montes, de 21 de noviembre, modificada por la Ley 21/2015, de 20 de julio.
	Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales
	Real Decreto 435/2004, de 12 de marzo, por el que se regula el Inventario nacional de zonas húmedas.
	Convenios internacionales: CITES, Barcelona, Berna, Bonn, Diversidad

	Biológica, OSPAR, Ramsar y de lucha contra desertificación.
	Decreto 57/2015, de 10 de septiembre, por el que se declaran las zonas especiales de conservación y las zonas de especial protección para las aves, y se regula la planificación básica de gestión y conservación de la Red Natura 2000 en la Comunidad de Castilla y León.
	Ley 4/2015, de 24 de marzo, del Patrimonio Natural de Castilla y León.
Patrimonio cultural	Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español
	Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español
	Ley 12/2002, de 11 de julio, de Patrimonio Cultural de Castilla y León
	Ley 8/2004 de 22 de diciembre, de modificación de la Ley 12/2002, de 11 de julio del Patrimonio Cultural de Castilla y León
Paisaje	Convenio Europeo del Paisaje (Florenca, 20/10/2000)
Otras	Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación
	Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible
	Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias
	Convenio de Aarhus

Tabla 1. Resumen de la legislación ambiental más destacada por materias.

1.6. Herramientas para la planificación territorial: SIG y teledetección.

La evolución tecnológica permitió el desarrollo de nuevas técnicas y disciplinas en prácticamente la totalidad de campos experimentales. En el caso de la planificación territorial, gestión ambiental y ordenación de recursos, las dos principales técnicas que revolucionaron el campo fueron los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la teledetección, siendo actualmente herramientas indispensables y muy útiles al abordar la problemática de estas disciplinas (Higgs, 2008; Martínez-Graña et al., 2011; Criado et al., 2017; Criado et al., 2020), y que son empleadas ambas en este trabajo.

En origen, surgen como tecnologías independientes, pero rápidamente, en los años 70, debido a su complementariedad, comenzaron a emplearse simultáneamente. La teledetección pretendía, inicialmente, la recopilación de información ambiental, mientras que el objetivo del SIG era almacenar, procesar y analizar información espacial (Chuvieco, 2015). En origen, la relación se basó en el uso de variables cartográficas que complementarían el análisis de imágenes (Strahler et al., 1978), pero ya en los años 80, especialmente tras difundirse las primeras imágenes Landsat, la teledetección pasó a ser considerada como una fuente de suministro de datos de los SIG, relación análoga a la actual, lo que se refleja en que muchos SIG han incorporado módulos de análisis e interpretación de imágenes de satélite que han desplazado a la mayoría de antiguos programas basados exclusivamente en teledetección. Esta convergencia se vio potenciada por: su uso en entornos de trabajo similares, sirviendo a profesionales con un perfil similar (especialmente de orientación medioambiental y territorial); por poseer unos requerimientos de software y hardware análogos; emplear como datos la información espacial georreferenciada; y responder a unas demandas investigadoras comunes (análisis de errores, estructura y acceso a los datos, desarrollo informático, metodología de interpretación...) (Chuvieco, 2015). No obstante, pueden existir limitaciones en su uso debido al coste de datos, su resolución (tanto espacial como espectral) o actualización de los mismos (Star et al., 1991). Por tanto, los SIG y la teledetección son herramientas que complementarias que permiten la recopilación de información espacial y su almacenamiento, visualización, análisis y gestión.

En los últimos años, se han desarrollado ampliamente otras tecnologías muy ligadas a ambas disciplinas, y que pueden encuadrarse todas ellas dentro de las Tecnologías de la Información Geográfica. Es el caso, por ejemplo, de la técnica LIDAR, que aumenta la resolución de los datos y mejora la modelación 3D; la técnica RADAR, que permite salvar algunas limitaciones de la teledetección tradicional como la nubosidad, así como penetrar en la vegetación o las primeras capas del suelo; el BIG-DATA y las bases de datos, que procesan, gestionan, y hacen accesible toda la cuantiosa información que se procesa; o el empleo de VANTS (vehículos aéreos no tripulados, como los drones) para obtener información espacial precisa de un área concreta (Cigna, 2018; Jiménez & Mulero-Pazmany, 2019).

Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los Sistemas de Información Geográfica aglutinan a conjunto de programas informáticos cuyo fin es almacenar, analizar, visualizar y procesar información geográfica georreferenciada. Su evolución ha sido notable, y hoy en día son una herramienta importante en la toma de decisiones y gestión de recursos debido a las múltiples oportunidades que ofrece si la información es adecuadamente gestionada, siendo empleados en múltiples campos como la ingeniería civil, estudios socioeconómicos, ordenación y planificación territorial, evaluaciones ambientales o estudios geofísicos y geomineros (Burrough & Mcdonell, 1998).

Una de las mayores potencialidades de los SIG es su capacidad de permitir visualizar los datos gráficamente, además de permitir la creación de representaciones y modelos reales de un entorno territorial a partir del procesamiento y combinación de la información existente o creada. Esto permite la creación de diferente tipo de cartografía y de mapas con gran diversidad temática y multitud de diseños (Pucha-Cofrep, 2017).

En esta Tesis, el SIG empleado ha sido ArcGIS 10.5 Desktop, desarrollado por la compañía ESRI, y aglutina diferentes módulos: ArcCatalog (gestión y visualización de información cartográfica y base de datos en un directorio), ArcAdministrator (permite configuración del SIG), ArcMap (permite la visualización y manipulación de la información cartográfica en 2D y su exportación como mapa), ArcToolbox (conjunto de herramientas destinadas al procesamiento de datos espaciales y análisis cartográfico), ArcScene (permite visualizar la información en 3D e interactuar de tal modo que se generan escenas con perspectiva) y ArcGlobe (la cartografía es representada tridimensionalmente sobre el globo terrestre). Además, se requirió la instalación de licencias adicionales (Spatial Analyst y 3D Analyst) que permitieran acceder a un mayor número de herramientas de análisis cartográfico.

Teledetección.

También conocida como “Remote Sensing”, es una técnica que permite detectar a distancia (desde satélites, aviones, etc.) registros (información) de la superficie terrestre. Estos registros dependen de la interacción energética (absorción, reflexión y emisión) existente entre los elementos constituyentes de la superficie terrestre y el sensor receptor, lo que puede variar según la longitud de onda, la orientación de los elementos respecto al foco de luz, de la intensidad de la radiación incidente o de las características de estos elementos, especialmente su absorción (Scanvic, 1989). Por tanto, en sistema de teledetección encontramos como elementos: fuente de energía (es el origen de la

radiación electromagnética que nutre el proceso, y puede ser activa, si el propio sistema de teledetección la produce, o pasiva, si este aporte es externo al sistema, generalmente actuando el sol como foco emisor); cubierta terrestre (recibe la luz de la fuente de energía y la absorbe y/o emite y/o refleja según sus características físicas); sistema sensor (capta la energía procedente del elemento de interés y la codifica, guarda y envía al sistema receptor); y sistema receptor (que recibe la información, la graba en formato adecuado y la distribuye tras realizar las oportunas correcciones). Además de estos componentes básicos, encontramos a los usuarios de la información, que bien puede ser un intérprete que convierta los datos en información temática de interés que sea fácil de tratar y evaluar, o un usuario final que analiza o simplemente observa los resultados obtenidos de la interpretación de los datos ([Pérez-Gutiérrez & Muñoz-Nieto, 2003](#)).

La teledetección, como cualquier técnica aplicada, es muy dependiente del desarrollo tecnológico del momento. Así, desde que en 1859 Gaspar Félix de Tournachon obtuviera desde un globo las primeras fotografías aéreas, la disciplina ha cambiado y evolucionado radicalmente, encontrando en la actualidad gran cantidad de datos debido a la diversidad de sensores, misiones espaciales de observación... que producen un auge de la investigación y aplicaciones operativas. La diversidad de aplicaciones en múltiples campos -riesgos geológicos, cartografía, análisis multitemporales, estimación y predicción de modelos, control de procesos, análisis de coberturas... ([Casanova & Sanz-Justo, 1997](#); [Castaño-Fernández & Quintanilla-Rodenas, 1999](#))- es gracias a las ventajas que la detección a distancia ofrece frente a otros métodos de observación: proporciona información exhaustiva de toda la superficie terrestre en condiciones comparables (carácter global), lo que según [Foody & Curran \(1994\)](#) es imprescindible para entender fenómenos globales; perspectiva panorámica que permite detectar grandes espacios; observación multiescala y no destructiva; cobertura repetitiva debido a los periódicos ciclos de observación, que permitirá realizar estudios multitemporales; transmisión inmediata y formato digital, que permiten rápido procesamiento y envío de la información; y proporciona información sobre regiones no visibles del espectro.

En contraposición, la mayor limitación de los sistemas de teledetección es que exclusivamente nos permiten estudiar aquellos factores que producen alteraciones en el modo en que un elemento de la superficie terrestre refleje o emita energía, o bien cambie la posición del elemento, es decir, es necesario que la variable estudiada tenga repercusión en el espectro energético del elemento. Otra limitación es que la teledetección, en general, permite obtener información de la superficie del elemento analizado, perdiendo sensibilidad el análisis cuando se evalúan capas inferiores, cuando esto es posible. Además, los análisis que precisan de mayores resoluciones espaciales han estado bastante limitados hasta el desarrollo de los satélites de alta resolución, pues debido a las propias características del sistema la resolución espacial, espectral o temporal suponían ciertas restricciones. Por último, la existencia de nubes provoca limitaciones en la observación ([Chuvieco, 2015](#)).

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES EMPLEADOS

Como se ha comentado, es de vital importancia para garantizar la estabilidad y sostenibilidad del modelo social actual que se produzca una ordenada y correcta gestión de los recursos. Es conveniente realizar planificaciones del territorio a diferentes escalas con el objetivo de alcanzar la mayor eficiencia posible en la implementación de equipamientos e infraestructuras que permitan a la población el acceso a todos los servicios, así como una distribución inteligente de los usos del suelo. De realizar actualmente esta correcta gestión y planificación dependerá la sostenibilidad del sistema a largo plazo. Esta planificación debe abordar, además, todos los riesgos geológicos a los que la población pudiera estar expuesta en los diferentes asentamientos. Por ello, se pretende establecer un marco de trabajo que desarrolle una metodología de planificación territorial y asignación de usos del suelo adecuada, justa y que garantice la protección del medio y de las personas, así como la explotación eficiente y sostenible de los recursos. En este apartado se describirán brevemente la metodología general del trabajo y los pasos seguidos en el estudio de los diferentes componentes del medio físico, en la caracterización de los riesgos geológicos estudiados y en la planificación territorial.

2.1. Metodología general del trabajo.

Partiendo de un primer bloque introductorio en el que se establece la problemática actual y las líneas y objetivos generales del trabajo, y de un segundo bloque metodológico, se llega a una de las partes centrales de este trabajo. En el Bloque 3 se lleva a cabo un diagnóstico del medio físico que permita caracterizar al mismo, identificando los principales impactos y problemas existentes, los recursos naturales disponibles o los elementos de mayor valor ambiental. A partir de esto, se podrá elaborar la cartografía de calidad ambiental y todas aquellas que posteriormente sirvan para la planificación territorial. En el Bloque 4, se analizan los riesgos geológicos con mayor potencial de aparición en el área estudiada delimitándose las zonas de peligro, que actuarán como factor limitante para la asignación de determinadas tipologías de uso del suelo. Además, en el Bloque 5 se elabora diferente cartografía que también será de aplicación en la planificación. Entonces, de los bloques dos y tres se obtendrán diferente información y cartografías que resultará determinante en la Evaluación Ambiental (cartografía de recomendaciones, de limitaciones, de calidad...), que conforma el bloque cuarto, y que consta de la Evaluación Ambiental Estratégica de Salamanca y alrededores. Finalmente, los resultados y cartografías finales se recopilarán en el apartado quinto, junto con las conclusiones, cerrando los bloques de Bibliografía y Anexos esta memoria de la Tesis Doctoral.

2.2. Metodología empleada en la caracterización del medio físico.

En este apartado se caracteriza el proceso metodológico general seguido en el estudio y descripción de cada uno de los diferentes componentes del medio físico, si bien en ocasiones se realizan aclaraciones durante el desarrollo del capítulo específico a cada uno de los factores.

Clima.

La caracterización climática es importante, pues es un componente que tiene incidencia sobre otros elementos del medio. Su caracterización se basa en la determinación de distintos parámetros, para lo cual se examinan datos climáticos de diferentes estaciones meteorológicas en series temporales largas, siempre superiores a 20 años. A partir de estos parámetros, se procede a la clasificación climática del sector.

Las variables climáticas estudiadas han sido: temperatura, precipitación y evapotranspiración, así como el balance hídrico, tanto mensual como estacional y anual (valores promedio). Estos datos fueron obtenidos del Visor SIGA, perteneciente al MAPAMA (Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente). Además, se consulta bibliografía relacionada con la zona, y se elabora una pequeña caracterización de otras variables climáticas. También es utilizada la bibliografía para obtener distintos índices climáticos que permitan la clasificación de la zona. Por último, a partir de información geográfica (datos ráster) existentes en la red se elabora cartografía climática de la zona de estudio.

Geología.

La litología existente en la zona de estudio debe ser correctamente determinada, ya que es la base para el desarrollo de los suelos o la vegetación, además de tener influencia sobre otros parámetros como geomorfología, hidrología, paisaje o geotecnia. Para su caracterización se ha llevado a cabo:

- **Consulta de bibliografía relacionada:** En primer lugar se estudia la geología según la descripción contenida en la serie Magna (Escala 1:50000) del IGME (Instituto Geológico y Minero de España) y se contrasta con información geológica detallada de la zona de estudio, contenida en trabajo y Tesis Doctorales realizadas en el entorno.
- **Trabajo de campo:** Tras examinar la documentación se realizan salidas al campo para cotejar y contrastar la misma. Durante el trabajo de campo, además de la identificación y localización de las litologías, se procede a la toma de fotografías de las mismas con el objetivo de una mejor caracterización.
- **Realización de la memoria geológica y cartografía:** a partir de la bibliografía estudiada, se elabora el informe geológico descriptivo de las distintas litologías que aparecen en el sector. La información principal de referencia es la contenida en la Tesis de [Alonso-Gavilán](#) (1981) al comprobarse que es la que mejor describe y clasifica las distintas unidades geológicas, especialmente en el ámbito estratigráfico, muy importante en el sector de estudio. Finalmente, se realiza la cartografía geológica de Salamanca y alrededores, tomando como referencia lo expuesto por citado autor.

Geomorfología.

A pesar de su gran importancia en la configuración espacial del entorno, la geomorfología ha sido una disciplina poco reconocida, por lo que no existe tanta

bibliografía como en otros casos. Por ello, este componente requiere un estudio más a fondo a fin de caracterizar bien el área de estudio. Se realizó:

- **Búsqueda de información relacionada:** La documentación relativa a este factor en el entorno de Salamanca es muy escasa, siendo los aportes mínimos.
- **Fotointerpretación y estudio de imágenes aéreas:** Para alcanzar un mejor conocimiento de la distribución de los relieves y formas, se realiza un primer análisis del modelado del terreno con fotointerpretación.
- **Campaña de campo:** Se recorre el sector de estudio para identificar sobre el terreno las formas observadas, además de identificar otras nuevas o precisar la extensión de las anteriores, tomándose información y fotografías de las mismas.
- **Descripción del modelado y realización de cartografía:** Se realiza la descripción de las formas del terreno de acuerdo a lo observado, y se digitalizan las mismas mediante el SIG para concretar la extensión de las mismas, creándose por último el mapa geomorfológico de la zona estudiada.

Vegetación.

Se identifican mediante imagen aérea las manchas de vegetación natural existentes en el sector de estudio. Posteriormente, se recurre a información bibliográfica específica de la zona, y a entrevistar a investigadores expertos en flora y vegetación, para caracterizar las especies existentes, y los Hábitats de la Directiva que pudieran existir. Tras recopilar esta información, muy precisa y detallada, se realiza una campaña de campo en la que se verifica la presencia, o no, de los Hábitats en el sector de estudio, delimitándose su distribución geográfica. Tras esto, se elabora una memoria descriptiva de la vegetación natural y seminatural existente, así como los Hábitats identificados, y que debido a su valor, y tal como marca la Directiva, deben de ser dotados de protección para su mejor conservación. Todo ello se presenta en el mapa de vegetación.

Edafología.

Para el estudio de los suelos de la ciudad de Salamanca y alrededores, así como para la confección de la correspondiente cartografía digital, se han seguido una serie de pasos:

- **Análisis de documentación existente.** Se recopiló información relacionada con los suelos en Tesis Doctorales, publicaciones, trabajos, cartografía... que sirvió para la caracterización general los mismos ([García-Marcos, 1994](#)).
- **Estudio de los factores formadores.** Es importante conocer el comportamiento de estos factores en la zona de estudio a fin de predecir cómo pueden variar los suelos en función de su combinación.
- **Determinación de diferentes unidades litológicas y fisiográficas.** La tipología que un suelo va a adquirir depende principalmente de las características de la roca madre (litología) y de la posición fisiográfica en la que se encuentre. Para determinar las unidades litológicas y fisiográficas homogéneas se superponen los mapas de Geología y Geomorfología elaborados.

- **Campaña de campo.** Se realizaron salidas al campo para observar la diversidad edáfica, principalmente en época estival para que los suelos no se encuentren saturados de agua. Se realizan observaciones a los distintos suelos en las zonas donde se aprecian mejor (cortes de carretera, excavaciones, afloramientos rocosos...), utilizando la barrena en las zonas donde son difícilmente observables, y se toma nota de sus características en las fichas de campo, de acuerdo con el método de la [FAO \(1977\)](#), permitiendo así una fácil y sencilla caracterización de los suelos. Además, en esta campaña de campo, se seleccionan y se recogen muestras de los suelos más representativos de la zona de estudio, para ser analizados en el laboratorio distintos parámetros de interés.
- **Realización del trabajo de laboratorio.** En el laboratorio se analizan los siguientes parámetros de los perfiles seleccionados como suelos más representativos. Estos datos servirán para conocer más a fondo las características de los tipos de suelos existentes y para determinar su capacidad agrológica.
 - Análisis granulométrico: la fracción arena (>0.05 mm) se determinó por tamización en seco, mientras que la fracción limo y arcilla (<0.05 mm) se hizo mediante sedimentación con el método de la Pipeta Robinson ([USDA, 1996](#)). Previamente las muestras fueron tratadas con agua oxigenada al 6% para eliminar la materia orgánica y con hexametáfosfato sódico para su dispersión.
 - Carbono orgánico: se empleó dicromato potásico para la oxidación en húmedo de la misma, y posteriormente el ión cromo liberado fue valorado con sulfato ferroso amónico ([Walkley & Black, 1934](#)).
 - Retención de agua: se realizó mediante el método de la Membrana Richards ([Richards, 1947](#)) a 1/3 y 15 atmósferas sobre la tierra fina de la muestra (tamizada por una malla de 2 mm).
 - Bases extraíbles: se utilizó el método de la [USDA \(1996\)](#) en la que se lixivió el suelo con una solución de acetato amónico 1N a pH 7. Tras esto, mediante fotometría de llama y por absorción atómica, se determinan el sodio y el potasio, y el calcio y el magnesio, respectivamente.
 - Capacidad de cambio de cationes: se emplearon dos métodos, en función del contenido en carbonatos. En ausencia o mínima presencia de estos, se extraen las bases del suelo mediante lixiviado con acetato amónico a pH 7, eliminando el exceso de este con alcohol etílico y se desplaza el amonio absorbido con una solución de NaCl, valorándose el amonio mediante destilación. Si los carbonatos son elevados, se emplea para saturar el complejo de cambio acetato sódico 1 N, determinándose el sodio absorbido, que previamente es desplazado con acetato amónico 1 N a pH 7, por fotometría de llama ([USDA, 1996](#)).
 - Conductividad: se preparó la pasta de suelo saturado ([Richards, 1970](#)), midiéndose sobre los extractos con el conductímetro “Crison 522”.
 - pH: se midió la pasta de saturación preparada para la determinación de la conductividad mediante un pH-metro “Crison 414” con electrodo “Ingold”.

- Contenido en CaCO₃ equivalente: Los carbonatos totales se determinaron con el calcímetro de Bernard ([USDA, 1996](#)).
- Densidad aparente y coeficiente de extensibilidad lineal (COLE): los análisis se realizaron sobre terrones de suelo utilizando la Membrana de Richards y como agente impermeabilizante resina vinílica (Sarán), según el método que aconseja el Soil Conservation Service ([USDA, 1996](#)). En un pequeño número de casos la textura arenosa y/o estructura suelta de los suelos, o la abundancia de fragmentos rocosos en el perfil hizo imposible la toma de muestra o la conservación de los terrones del horizonte, por lo que no pudo efectuarse la determinación de estos parámetros directamente. En estos casos se calculó la densidad aparente a un tercio de atmósfera, las retenciones de agua a un tercio y a quince atmósferas y el COLE mediante las ecuaciones de regresión múltiple obtenidas por [Barahona & Santos \(1981\)](#).
- **Confección del mapa edafológico de Salamanca y alrededores.** A partir de las unidades homogéneas delimitadas, se establecen los tipos y asociaciones de suelos que se desarrollan en ellas según lo observado en la campaña de campo y tras el análisis de las muestras recogidas, y se elabora el mapa de suelos.
- **Determinación de la capacidad agrológica de los suelos.** Tomando como referencia el trabajo de [Klingebiel & Montgomery \(1961\)](#), se determina la calidad de los suelos de acuerdo a su capacidad agrológica (estructuradas en 8 clases), para lo cual se analizan diferentes parámetros relacionados con el clima y las propiedades de los suelos. Finalmente, se reclasifican los distintos tipos y asociaciones de suelos y se origina el mapa de calidad de los suelos.

Hidrología.

La caracterización hidrológica de Salamanca y alrededores se divide según se trate de aguas superficiales o subterráneas. Para el estudio de las masas de agua superficiales, se realiza un encaje del sector de estudio en relación con las cuencas y subcuencas hidrográficas existentes, en base a información de la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD). Mediante técnicas SIG, se realiza la red de drenaje del sector y se identifican los cursos más importantes, complementándose el análisis con mapas y fotografías ilustrativas. Respecto a la caracterización de la hidrología subterránea, se estudian las unidades geológicas según su comportamiento hidrogeológico, determinándose su permeabilidad y capacidad protectora hacia los acuíferos.

Paisaje.

El estudio del paisaje se divide en cuatro bloques ([Martínez-Graña et al., 2017](#)):

- **Determinación de las unidades paisajísticas.** Se identifican las unidades de paisaje principales y características del sector mediante el cruce de cartografía geológica, geomorfológica y de vegetación con técnicas SIG que conforman las unidades de paisaje homogéneas que son identificadas en campo y descritas.

- **Análisis de la Calidad Paisajística.** Se estudia la calidad tanto intrínseca como extrínseca del paisaje para la determinación global de la misma. Para ello, se tienen en cuenta múltiples factores, los cuales han sido cartografiados, y a partir de técnicas SIG de reclasificación sus componentes internos son ponderados según su contribución a la calidad del paisaje.
- **Estudio de la Fragilidad Paisajística.** Se sigue un procedimiento análogo al de la calidad, con procesamientos SIG de cartografía, que evalúa la fragilidad intrínseca y extrínseca, de las que finalmente se obtiene la fragilidad “global”.
- **Determinación de la capacidad de absorción. Necesidad de protección del paisaje.** A partir de la cartografía de calidad y fragilidad del paisaje, mediante técnicas SIG se delimitan las zonas del área estudiada según su capacidad de albergar actividades que provoquen un impacto sobre el paisaje.

Medio socioeconómico.

Se analizan los sistemas territorial, social y económico. Para caracterizar el sistema territorial se elabora cartografía temática con los límites administrativos municipales y con la red de infraestructuras existente. En relación con las características de la población, se realiza un estudio demográfico con datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE) mostrándose: evolución demográfica de la población y población actual por sexos y municipios (1842-2015), movimientos naturales de la población (1996-2015), movimientos migratorios (2008-2015), estructura poblacional (distribución por edades) y distribución de la población (densidad de población). Respecto al análisis del medio económico, se realiza un estudio de la ocupación de la población por municipios, diferenciándose distintos grupos de actividades, tras lo que se analiza el tipo de actividad de la población ocupada y se indican los sectores de actividad. Finalmente, se zonifican el sector según los usos del suelo como reflejo del sistema socioeconómico mediante información del programa CORINE-Land Cover.

Patrimonio.

- **Patrimonio Geológico.** A partir de las campañas de campo y bibliografía, se identifican los componentes del Patrimonio Geológico, que se clasifican en áreas, lugares o puntos de interés geológico. Tras esto, son caracterizados según sus principales rasgos geológicos, recursos que poseen, etc., todo lo cual es incluido en una ficha característica. Además, a partir de la metodología del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) se valoran estos elementos según su valor científico, turístico y didáctico, determinándose también la susceptibilidad que muestran a la degradación, así como el riesgo de degradación y necesidad de protección ([García-Cortés et al., 2014](#)).
- **Patrimonio Natural y Biológico.** Se identifican las áreas protegidas por alguna figura de protección, para lo cual se consulta bibliografía y bases de datos relacionadas. Respecto al Patrimonio Biológico, se recopilan las principales especies faunísticas a partir de inventarios existentes.
- **Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural.** A través de normativa vigente y bibliografía se identifican los elementos del Patrimonio Histórico, Artístico y

Cultural (Bienes de Interés Cultural, yacimientos arqueológicos y vías pecuarias), realizándose cartografía representativa de los mismos.

2.3. Metodología seguida en el análisis de riesgos geológicos.

Riesgos de inundación.

En primer lugar, se identifican los cursos de agua sobre los cuales se realizarán los estudios de inundación, además de realizar una recapitulación de los principales fenómenos de avenida de los que se tiene constancia. Tras esto, comienza el estudio hidrológico-hidráulico a través del cual se determina la extensión que ocuparía la lámina de agua, su altura máxima y su velocidad para eventos de diferente magnitud (periodos de retorno de 5, 50, 100 y 500 años).

- **Estudio Hidrológico:** se pretende estimar el caudal que pueden alcanzar los cursos de agua según el tiempo de retorno, empleándose dos metodologías. Para el Tormes, se toman como base los caudales máximos instantáneos anuales registrados en la estación de aforo de Salamanca y se emplean como métodos de estimación los de Gumbel y SQRT-ET Max. Sin embargo, los tributarios del Tormes no cuentan con estación de aforo, por lo que sus caudales de diseño deben simularse y estimarse, para lo cual se usó la Norma 5.2 IC. Complementariamente, se realiza un seguimiento de un periodo de fuertes lluvias sobre la cuenca del Tormes, en el que se refleja la evolución del caudal y el efecto regulador que sobre éste ejerce el embalse de Santa Teresa.
- **Estudio Hidráulico:** en esta parte se modelizan los cauces de los distintos cursos de agua analizados a través del SIG. Posteriormente, esta geometría de la red de drenaje es implementada en el Programa HEC-RAS, junto con los caudales de diseño obtenidos en el estudio hidrológico. El programa simula la avenida y obtenemos la altura, velocidad y extensión de la lámina de agua.

Posteriormente, a partir de la información generada por HEC-RAS, se elabora la cartografía de inundaciones para cada periodo de retorno (extensión, altura y velocidad de la lámina de agua), a partir de la cual se desarrolla una metodología que permite la estimación del riesgo de inundación en ambientes urbanos mediante la estimación de la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad (Criado et al., 2019a, 2019b).

Riesgos geotécnicos y de desprendimiento.

Para el estudio de la geotecnia se identifican las unidades geotécnicas que conforman el sector de estudio, se delimita su extensión, y se enuncian sus principales características y limitaciones de acuerdo a la información del mapa geotécnico de España (IGME, 1975). Para determinar los riesgos por desprendimientos, se identifican mediante análisis de pendientes los macizos susceptibles de provocar desprendimientos. Luego, se estudia la calidad de estos macizos tomando como base el estudio de Nespereira (2007). Finalmente, la caída de bloques es comprobada en campo, determinándose el riesgo final.

2.4. Proceso metodológico de evaluación ambiental estratégica.

A partir de la información del inventario ambiental, se procede a través de un análisis multicriterio (AMC) mediante el método de las Jerarquías Analíticas a la estimación de la calidad ambiental del área de estudio y a la confección del mapa de recomendaciones. Por otro lado, la cartografía obtenida del análisis de los riesgos geológicos se aglutina en la cartografía integral de riesgos, a partir de la cual, y ponderando los distintos riesgos según su impronta, se estiman las limitaciones en cada lugar sector. Posteriormente, la cartografía de recomendaciones y la de limitaciones constituyen el mapa de recomendaciones y limitaciones. Dicha cartografía es superpuesta a la de las unidades ambientales homogéneas tras lo que se realiza un diagnóstico de cada unidad según sean sus méritos de conservación, protección de determinados elementos del medio, limitaciones derivadas de riesgos, usos actuales, fortalezas, debilidades, etc. Tras esto, se procede a realizar un diagnóstico de la situación del territorio, a partir de la cual se formula el modelo objetivo que se quiere alcanzar mediante la planificación, estableciéndose los diferentes objetivos estratégicos para ello. Posteriormente, en base a los objetivos se produce la asignación de los nuevos usos del suelo de acuerdo a la capacidad de acogida de cada unidad territorial. Se establecen, además, una serie de medidas que ayuden a la consecución de los objetivos estratégicos planteados. Finalmente, se realiza una breve descripción de los impactos que se generarán si se llegaran a desarrollar las actividades propuestas, y las diferentes medidas ambientales y de control que pudieran efectuarse en relación a cada uno de estos impactos.

2.5. Síntesis de materiales empleados.

- **Ordenadores y equipos informáticos:** se usó hardware y software informático convencional: ordenador (Fujitsu “Esprimo”), sistema operativo Windows 7, memorias y discos duros, procesador de texto, hojas de cálculo, visor de documentos y programas de edición de imágenes: Corel-Draw.
- **Sistemas de Información Geográfica:** se ha empleado el Software ArcGIS de ESRI v. 10.4 y v.10.5, uso mediante licencia.
- **Recursos electrónicos en red:** información geográfica digital, infraestructuras de datos espaciales, servidores cartográficos, servidores de imágenes satelitales, acceso a bibliografía y bases de datos, gestión de documentación...
- **Material del laboratorio de cartografía y SIG:** geodatabase de cartografía e imágenes aéreas, GPS y láser triangular para el cálculo de distancias y alturas.
- **Libros y documentación relacionada con la temática de estudio.**
- **Material de laboratorio:** tamices, horno, placa calefactora, balanzas, vidrio de reloj, papel de filtro, cucharillas, mecheros, matraces, pipetas, buretas, embudos, fiola, frascos, tubo condensador, probetas, peras de decantación, vasos de precipitado, crisoles, pinzas, escobillas, Erlenmeyer, tablas Munsell, agua destilada, reactivos, espectrofotómetro, ph-metro, y en general, material necesario para analizar los parámetros edáficos.

3. INVENTARIO AMBIENTAL

El conocimiento pormenorizado del medio, sus componentes y sus funciones, así como las interacciones entre todos los elementos del mismo, es fundamental para afrontar con garantías una EAE y una planificación territorial. Componer un inventario ambiental robusto y completo es un trabajo arduo y laborioso, pero de él va a depender en buena medida la correcta integración de los objetivos ambientales en la evaluación, así como poder diagnosticar y delimitar correctamente los impactos que pudieran producirse.

Este tercer bloque que compone la Tesis Doctoral aborda el análisis del medio que conforma el sector de estudio, constituyendo un inventario ambiental de la zona. El inventario se compone principalmente del estudio de los diferentes elementos que constituyen el medio físico (clima, geología, geomorfología, edafología, vegetación, hidrología, paisaje y patrimonio natural), si bien también se analizan diferentes aspectos socioeconómicos que permiten una mejor comprensión de la dinámica e interacciones del binomio medio ambiente-sociedad.

3.1. Climatología.

3.1.1. Introducción y recopilación de datos meteorológicos históricos.

La localización geográfica de un lugar y la distribución de los componentes abióticos y bióticos que lo componen, determinarán principalmente las características climáticas del mismo (Montserrat, 1976). El área de estudio, debido a su pequeña extensión y monótona orografía presenta unas características climáticas homogéneas. No obstante, es interesante realizar una caracterización climática de la zona para interpretar el efecto que el clima tiene sobre los diferentes componentes del medio, especialmente en el marco actual relacionado con el cambio climático (Foley, 2010).

En el análisis climático se emplearon registros meteorológicos históricos proporcionados por estaciones meteorológicas. A pesar de la existencia de una notable cantidad de estaciones en la zona, únicamente se emplearon para el análisis aquellas que proporcionaron, como mínimo, valores de precipitación y temperatura para una serie de al menos 20 años consecutivos: Salamanca-Observatorio (2870), Matacán (2867), Azud de Villagonzalo (2855), Barbadillo (2873I), Salamanca “IberDuero” (2870A) y Moriscos “Plagas” (2869A). Los datos meteorológicos de las estaciones termopluviométricas seleccionadas para el análisis climático (Tabla 2), obtenidos del Visor SIGA (SIGA, 2016) muestran que únicamente la mitad de las estaciones seleccionadas se ubica dentro del área de estudio (Moriscos, Observatorio Salamanca y Salamanca “IberDuero”), por lo que con el objetivo de tener una mayor cantidad de datos, se optó por tomar en consideración los datos de estaciones termopluviométricas del entorno, ya que estas poseen unas condiciones climáticas prácticamente idénticas a las anteriores debido a que presentan una cota de altura similar entre ellas (entre los 782 y 843 msnm) y a la pequeña distancia existente entre estas estaciones y la zona de estudio (la estación más alejada se encuentra a 22 km de Salamanca). En relación a la cartografía climática, se obtuvo de la geodatabase *WorldClim*, y fue procesada y tratada en formato ráster por el SIG (World Clim, 2016; Fick & Hijmans, 2017).

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	Prim	Vera	Otoñ	Invie
t (°C)	3.8	5.5	7.8	9.8	13.6	18.1	21.1	20.6	17.4	12.4	7.2	4.4	11.8	10.4	20	12.3	4.6
P (mm)	36	31.6	23.9	35.7	42.5	32.3	16.6	10.1	32.5	43.2	44.3	35.4	383.9	102	58.9	120	103
ETP (mm)	9.7	15.2	29.7	42.6	72.7	104.7	129	117.1	82.5	49.6	21.7	11.3	685.7	145	350.8	153.8	36.2
P-ETP	26.3	16.4	-5.8	-6.9	-30.2	-72.4	-112.4	-107	-50	-6.4	22.6	24.1	-301.8	-43	-290.9	-33.8	66.8
Estación de Matacán (790 msnm). Período de observaciones: 1961-2003.																	
t	3.9	5.5	7.8	9.6	13.6	18.2	21.5	21.3	18.2	13.1	7.6	4.5	12.1	10.3	20.3	13	4.6
P	38.1	32	25.6	37	43.9	27.7	16.1	8.3	29.8	41.6	43.8	37.5	381.4	106.6	52.1	115.2	107.5
ETP	9.7	14.7	28.9	40.4	70.9	104.4	131.4	121	86.6	52.2	22.6	11.1	693.8	140.2	356.8	161.4	35.4
P-ETP	28.4	17.3	-3.3	-3.4	-27	-76.7	-115.3	-112.7	-56.8	-10.6	21.2	26.4	-312.4	-33.6	-304.7	-46.2	72.1
Estación Azud Villagonzalo (800 msnm). Período de observaciones: 1961-2003.																	
t	4.5	5.8	7.7	9.8	13.6	17.9	21.2	20.8	17.8	12.7	7.4	4.4	12	10.4	20	12.7	4.9
P	44.8	50.9	38.3	38	43.8	38.7	15.2	11.3	37.8	44.2	49.1	43.1	455.1	120.1	65.2	131.1	138.8
ETP	11.6	16.1	28.6	42.3	71.6	103	129.5	117.7	85	51	22	11.1	689.6	142.6	350.3	158	38.8
P-ETP	33.2	34.8	9.7	-4.3	-27.8	-64.3	-114.3	-106.4	-47.2	-6.8	27.1	32	-234.5	-22.5	-285.1	-26.9	100
Estación Observatorio Salamanca (782 msnm). Período de observaciones: Prec: 1961-1985; Temp: 1961-1983.																	
t	3.4	5.2	7.6	8.9	12.6	17.5	20.6	20.6	17.3	12	7.1	4.9	11.5	9.7	19.6	12.1	4.5
P	44.2	42	26.3	46.5	54.9	31.7	17	14.2	35.1	53	55.9	56.1	476.9	127.7	62.8	144.1	142.3
ETP	9	15.1	29.8	39.1	67.4	101.3	126.4	117.3	83.4	48.7	22.3	13.4	673.1	136.2	345	154.4	37.5
P-ETP	35.2	26.9	-3.5	7.4	-12.5	-69.6	-109.4	-103.1	-48.3	4.3	33.6	42.7	-196.2	-8.5	-282.2	-10.3	104.8
Estación Barbadillo (830 msnm). Período de observaciones: 1976-2003.																	
t	3.6	5.1	7	10	13.7	18.7	22.4	21.6	18.6	13.4	7.4	3.8	12.1	10.3	20.9	13.1	4.2
P	43.4	41.1	30.9	37.3	47.2	32.7	14.4	9.7	36.3	44.2	48.7	38.8	424.8	115.4	56.7	129.3	123.3
ETP	8.5	13.1	24.6	42.3	71.3	107.5	137.7	123.2	89	53.4	21.3	8.6	700.3	138.2	368.4	163.7	30.2
P-ETP	34.9	28	6.3	-5	-24.1	-74.8	-123.3	-113.1	-52.7	-9.2	27.4	30.2	275.5	-22.8	-311.7	-34.4	93.1
Estación "IberDuero" Salamanca (797 msnm). Período de observaciones: Prec: 1961-2001; Temp: 1962-1985.																	
t	3	4.7	7.5	8.4	12.2	17.1	20.5	20.4	17.2	11.9	7	4.2	11.2	9.4	19.3	12	4
P	33.6	29.5	24.7	41.8	47.6	30.6	14.8	9	34.7	50.8	45.3	52.3	414.7	114	54.4	130.8	115.4
ETP	8.1	13.9	29.9	37.5	66	99.8	126	116.9	83.7	49.1	22.4	11.6	664.9	133.4	342.7	155.2	33.6
P-ETP	25.5	15.6	-5.2	4.3	-18.4	-69.2	-111.2	-107.9	-49	1.7	22.9	40.7	-250.2	-19.4	-288.3	-24.4	81.8
Estación Moriscos "Plagas" (843 msnm). Período de observaciones: 1978-2003.																	

Tabla 2. Registros meteorológicos empleados en el análisis climático de la zona de estudio.

3.1.2. Estudio de los parámetros climáticos.

Análisis de las temperaturas.

Las temperaturas medias anuales observadas oscilan entre los 11.2 °C de Moriscos (situada claramente a más altitud que el resto) y los 12.1 °C que presentan las estaciones de Villagonzalo y Salamanca “IberDuero”, por lo que se puede decir que la temperatura anual media de la zona de estudio ronda los 11.8 °C, si bien se aprecian diferencias entre puntos con diferente cota (Fig. 2). La oscilación térmica se determinó observándose la diferencia entre las temperaturas medias mensuales del mes más caluroso (Julio mayoritariamente, con temperatura media alrededor de 21°C) y más frío (enero normalmente, aunque en algunos casos es diciembre, con temperaturas medias en torno a 3-4 °C), oscilando esta diferencia, en general, sobre los 17 °C. En relación con el periodo frío, se compone del conjunto de meses con riesgo de heladas, determinado mediante el criterio de L. Emberger (temperaturas medias de las mínimas inferiores a 7°C) (Emberger, 1966). De manera general, el periodo frío en la zona de estudio es de 8 meses. Por otro lado, se determinó la duración del periodo cálido a partir de los meses cuyas temperaturas medias máximas superan los 30°C, y se observó que únicamente en la estación de Salamanca IberDuero se rebasa esta temperatura durante julio y agosto. No obstante, en el resto de estaciones oscila entre los 29-30 °C, por lo que no hay un claro periodo cálido en la zona de estudio, aunque si está cerca de poder ser considerado como tal en julio y agosto. Por tanto, el sector se caracteriza por inviernos largos y fríos, con amplio periodo de heladas (octubre-mayo) y veranos cortos y relativamente frescos.

Análisis de las precipitaciones.

Las precipitaciones anuales medias varían entre los 476.9 mm de Barbadillo y los 381.4 mm de Villagonzalo, apreciándose una mayor precipitación en las estaciones más occidentales, expuestas en mayor medida a los frentes atlánticos, si bien, de manera general, se puede afirmar que las precipitaciones son escasas, con una media que rondaría entre los 380-440 mm/anuales (Fig. 3). Con esto, las precipitaciones definirían un clima semiárido de precipitaciones ligeras, según la clasificación climática de Blair (Strahler, 1974). Respecto a la distribución de las lluvias, estas se concentran durante el periodo de invierno, momento en el que suele existir exceso de agua que se almacena en los suelos formando reservas de agua. A medida que se acerca el verano, las precipitaciones bajan hasta prácticamente desaparecer, lo que unido a las altas temperaturas hace que aumente la evapotranspiración, apareciendo un periodo seco o árido, constituido por los meses en los que la suma de la precipitación y la reserva de agua en el suelo es menor al valor de la evapotranspiración. En el área de estudio, el periodo árido dura entre 3-4 meses, correspondiéndose principalmente con el verano.

Análisis de la evapotranspiración (ETP).

Para realizar el cálculo del régimen de humedad, un factor a tener en cuenta, además de la pluviometría, es la evapotranspiración o pérdida de la humedad de suelo hacia la atmósfera, ya sea por evaporación directa del agua o por transpiración en los seres vivos. Los valores de ETP obtenidos fueron calculados según el método de Thornthwaite (Thornthwaite, 1957), basado en la temperatura media mensual y la latitud del lugar en cuestión. Se observan valores de ETP que oscilan entre los 664.9

mm de Moriscos y los 700.3 mm de Salamanca IberDuero, correspondiéndose las mayores pérdidas en los meses de julio y agosto, superando los 100 mm, en contraste con las pérdidas inferiores a 20 mm en los meses de invierno.

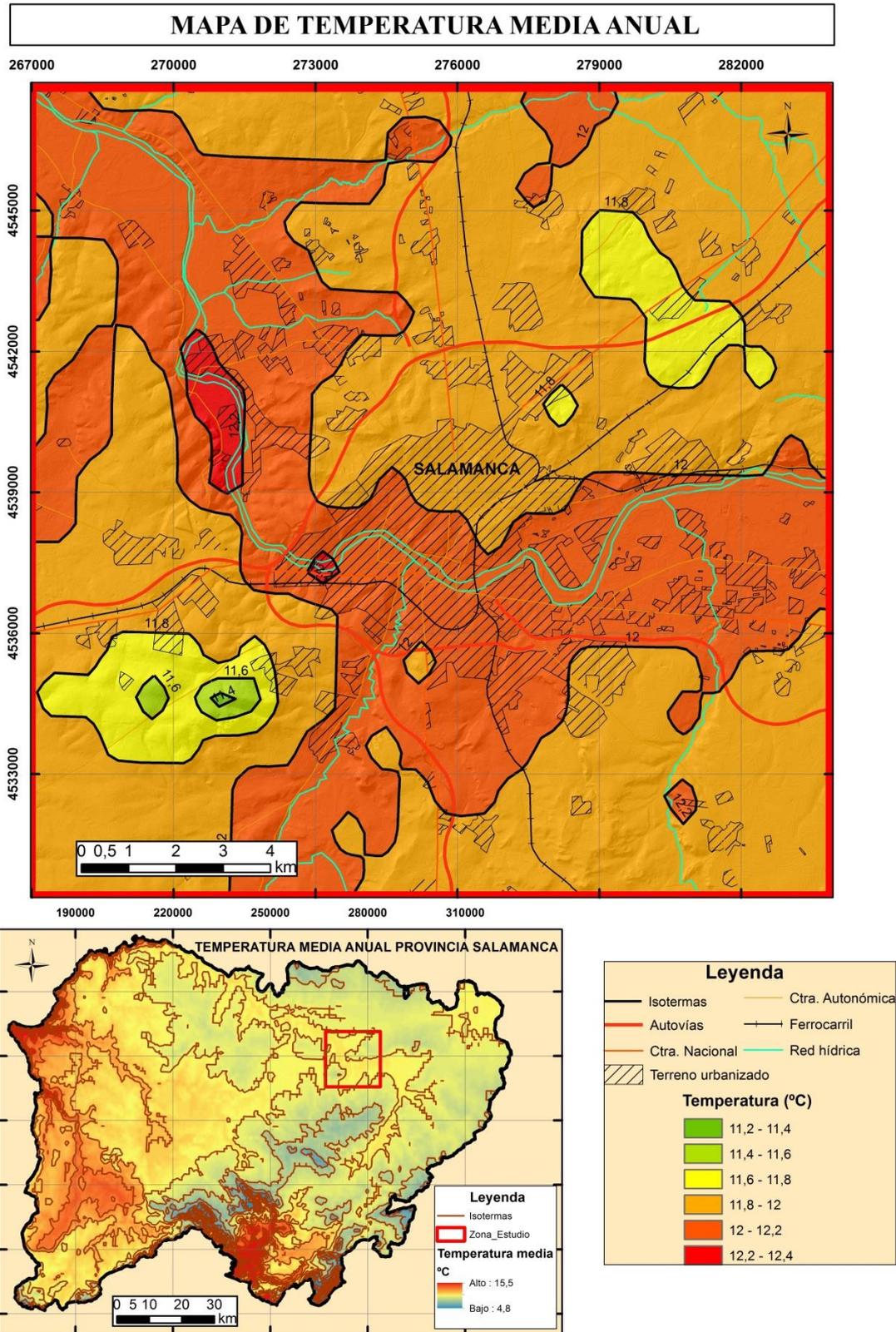


Figura 2. Mapa de las temperaturas medias anuales de la zona de estudio y de la provincia de Salamanca.

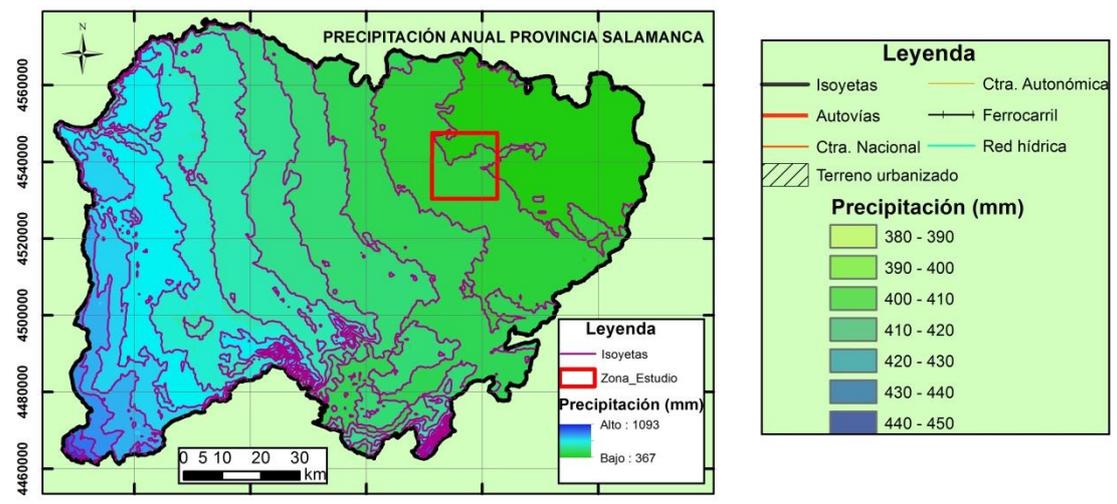
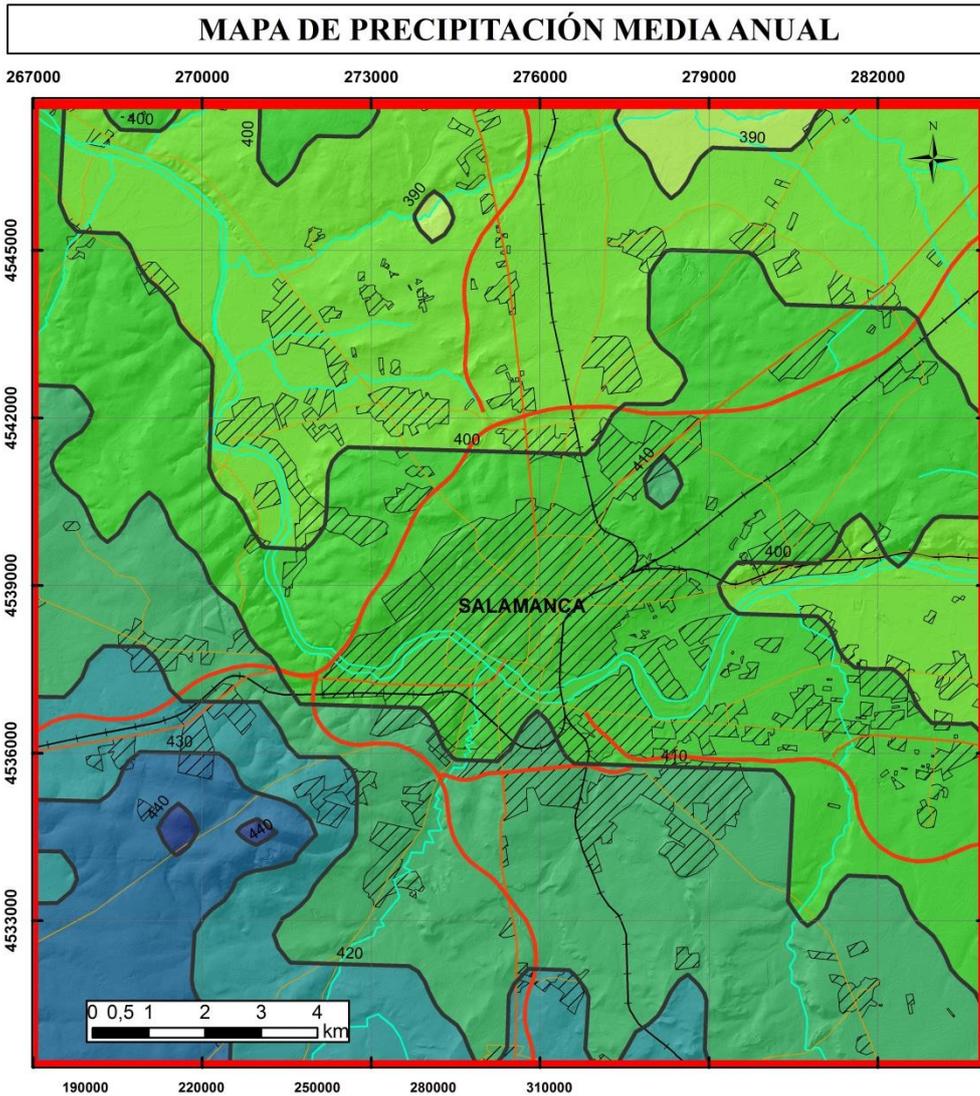


Figura 3. Mapa de precipitaciones medias anuales de la zona de estudio y de la provincia de Salamanca.

Otros parámetros de interés.

Con el objetivo de caracterizar mejor la zona de estudio, se procede a un pequeño análisis de ciertos parámetros de interés, tomando como referencia el libro

“Consideraciones sobre el clima de Matacán (Salamanca)” (Sánchez et al., 1997), que analiza el clima de la zona y los registros meteorológicos durante el periodo 1945-1994.

- **Humedad:** es la cantidad de vapor de agua contenido por unidad de volumen atmosférico. La humedad relativa media anual es del 69% registrándose en los años más extremos medias de 74% y 64%. Los meses de mayor y menor humedad relativa de la serie se alcanzaron el 93% y el 40 %, respectivamente. No obstante, analizando los datos de la serie, los autores denotan un descenso de humedad hacia el final del periodo (6%). Respecto a la humedad en las diferentes fases del día esta es del 87, 56 y 62 % para las 7, 13 y 18 horas, respectivamente. En relación con esto, se encuentra el punto de rocío, que como media anual suele formarse a los 6.9 °C, si bien varía estacionalmente, desde los 11.4 °C de máxima en julio, hasta los 1.9°C de enero.
- **Presión:** es el peso que ejerce, en todas las direcciones y por unidad de superficie, la columna de aire existente sobre la superficie terrestre. La presión media anual es de 694.9 mm (926.5 hPa.), presentando los extremos presiones de 696.7 y 693.2 mm. En relación a las presiones máximas y mínimas absolutas, sus valores son 711.2 y 662.0 mm., respectivamente.
- **Días de lluvia, nieve, tormenta, granizo, rocío y escarcha:** respecto a los días de lluvia, su promedio anual es de 94 (se superan los 0.1 mm) si bien los días de lluvia insignificante ($P < 0.1$ mm) son otros 39 días. Los días de nieve son poco frecuentes (9). Las tormentas suelen aparecer en 15 ocasiones al año, principalmente en época estival. El granizo presenta una media anual de 3 días, por las 15 del rocío y las 39 ocasiones para la escarcha.
- **Nubosidad:** es la cantidad de nubes que cubren la bóveda terrestre. La nubosidad media anual es de 4.1/8, similar a la media terrestre (4/8). La mayor nubosidad suele darse en Diciembre (5.2/8), siendo menor en los meses cercanos al verano (Julio es el mes con menor nubosidad: 2.2/8).
- **Niebla:** es la suspensión de pequeñas gotas de agua en la atmosfera producidas por la condensación del vapor de agua de la misma. Los días de niebla al año presenta una media de 31, mayoritariamente en noviembre, diciembre y enero.
- **Viento:** es la componente horizontal del aire y está determinado por la dirección desde donde sopla y por la velocidad, de la cual depende su fuerza. La velocidad del viento viene determinada por la distancia recorrida por unidad de tiempo. La media anual diaria es de 297.7 km/día (12.4 km/h). La mayor actividad del viento se concentra en el periodo diciembre-mayo, el cual registra mayores medias diarias (14.8 km/ h es la media de febrero) que el resto del año (10.3 km/h en septiembre). La velocidad máxima y mínima registrada en un día es de, respectivamente, 60.9 y 34.5 km/h. En relación a los vientos violentos, cuya velocidad es mayor a 30 m/s, se registraron durante el periodo de estudio hasta en 65, superando en dos ocasiones los 40 m/s, límite máximo que puede detectar el anemocinemógrafo, constituyendo las mayores rachas registradas. Por último, en relación con la dirección de los vientos, la dirección W es la más frecuente (25%), seguida de la SW (20%) y de la NE (18%). La dirección más frecuente es la W, excepto en los meses de invierno (predomina la componente SW).

Climodiagramas e índices de interés.

Para realizar la clasificación climática de la zona de estudio se procedió a la elaboración de climodiagramas y al cálculo de índices de interés que posteriormente serán utilizados para la determinación del tipo de clima en función del método que se emplee para ello.

Climodiagramas.

Con el objetivo de poder contrastar o establecer similitudes climáticas entre diferentes localidades o zonas, se elaboran a partir de los valores mensuales medios de precipitación y temperatura los climodiagramas de Walter-Gausen u ombrotérmicos (Walter & Lieth, 1960) para las estaciones de Barbadillo, Salamanca Observatorio y Azud Villagonzalo, en los cuales la escala de precipitaciones es el doble que la de la temperatura, de manera que en aquellas fases en las que la curva de precipitación se encuentre por encima de la de temperaturas se considera como temporada húmeda (T.H), correspondiendo la situación análoga a la época seca (T.S) (Fig. 4).

Además, con el objetivo de realizar una aproximación para conocer cómo es el balance hídrico de los suelos, se realizaron unos diagramas en los que se representan la temperatura, precipitación y ETP de las estaciones de Matacán, “Salamanca IberDuero” y Moriscos, a cada una de las cuales se le asignó una capacidad de retención de agua de los suelos –CAD- distinta (10, 100 y 200 mm., respectivamente) con el objetivo de demostrar los cambios que se producen en el balance hídrico de unos suelos con diferentes características (distinta CAD) ante unas condiciones climáticas muy similares. Entonces, los suelos de menor espesor y desarrollo o aquellos de texturas arenosas, apenas podrán retener humedad (CAD=10 mm), mientras que los suelos, a medida que van ganando espesor y desarrollo o alcanzando texturas arcillosas, van a incrementar su almacenamiento de agua (CAD=200 mm), presentando los suelos de texturas y desarrollos intermedios valores de retención normales (CAD=100 mm).

Partiendo de un suelo seco al final de la época seca, la precipitación efectiva que cae sobre él (diferencia entre precipitación y ETP) se emplea en humectarlo hasta su capacidad de agua disponible (periodo de recarga, R). Una vez saturado el suelo, la precipitación efectiva ya no es retenida y pasa a las aguas freáticas (periodo de exceso, E). En el momento en que la ETP supera a las precipitaciones, se evapotranspiran todas las lluvias y el agua almacenada es consumida por las plantas (periodo de utilización del agua, U). Una vez consumida toda la capacidad de agua disponible del suelo, éste se considera como seco (periodo de déficit, D). Con esto, queda reflejado cómo las características de un suelo influyen en el balance hídrico del mismo, determinando la duración de los distintos periodos: 1) en suelos con poca CAD, la fase de recarga es muy corta, pasando a formar parte de las aguas subterráneas la mayor parte de la precipitación que recibe, mientras que al ser la reserva de agua tan escasa, la fase de utilización será de pocos días, de tal modo que la fase de déficit es predominante; 2) en suelos de CAD medias, la fase de recarga suele durar más tiempo, si bien va a depender de la pluviometría del lugar, acortándose el tiempo de exceso de agua e incrementándose el periodo de utilización, lo que implica el acortamiento del periodo de déficit; y 3) en suelos con elevadas CAD, el periodo de recarga es muy largo, dependiendo mucho de la pluviometría, pudiendo no llegar a saturar al suelo, lo que provocaría que no hubiera periodo de exceso, si bien al ser la reserva muy elevada el periodo de utilización va a incrementarse, acortándose el periodo de déficit (Fig. 4).

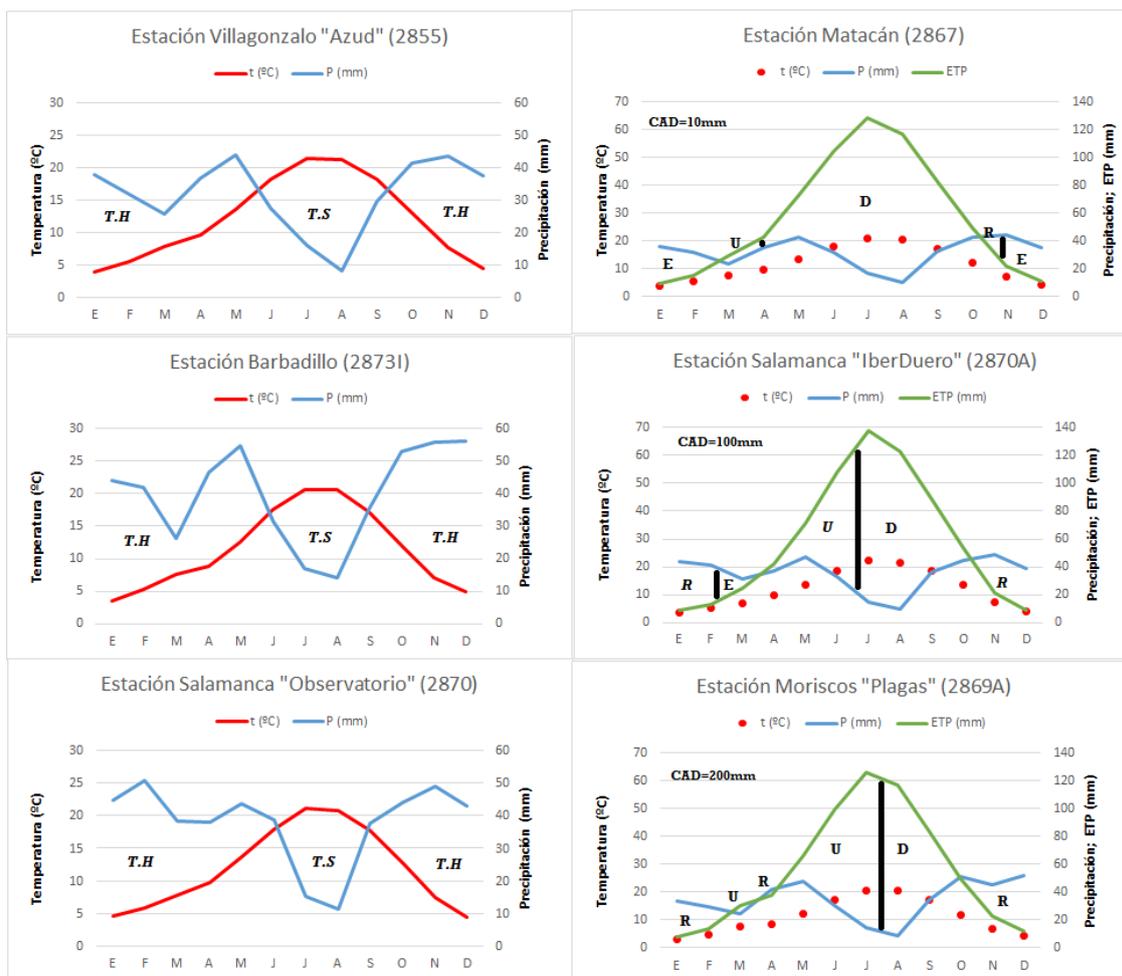


Figura 4. Izquierda: Climodiagramas de Walter-Gausen y definición de las temporadas húmedas (T.H) y secas (T.S). Derecha: Balances hídricos del suelo y diferenciación de las distintas fases que los componen para suelos con distintas capacidades de almacenamiento.

Índices de interés.

El análisis de diferentes índices de interés es necesario para la posterior caracterización climática de la zona de estudio. Para ello, se calculó para cada una de las estaciones su grado de aridez-humedad y continentalidad (Tabla 3). El grado de aridez o humedad puede obtenerse mediante diferentes índices: Martonne (De Martonne, 1926), definido por: $I_a = P / (T + 10)$, Lang (Lang, 1915): $P_f = P / T$, o bien Dantin-Revenga (Dantin y Revenga, 1941): $I_{DR} = (100 * T) / P$. Estos índices son termopluviométricos, y las temperaturas y precipitaciones a las que se refieren son las medias anuales. Por otro lado, para el cálculo del grado de continentalidad se empleó el método de Gorczynski (Gorczynski, 1920): $K = [1.7 * (A / \text{sen } L)] - 20.4$ (siendo A la oscilación térmica entre los meses más extremos y L la latitud).

	Obs. Sala	IberDuero	Matacán	Barbadillo	Moriscos	Azud	Media
P_f	37.9	35.1	32.5	41.5	37.0	31.5	35.9
I_a	20.7	19.2	17.6	22.2	19.6	17.3	19.4
I_{DR}	2.64	2.85	3.07	2.41	2.70	3.17	2.81
K	24.0	29.3	25.4	25.1	25.9	26.1	26.0

Tabla 3. Tabla con los distintos índices calculados para las respectivas estaciones.

Finalmente, se procede al cálculo de los índices necesarios para la clasificación según Thornthwaite. Se obtuvo el índice de exceso de agua: $I_E = E / ETP * 100$ (donde E es el exceso anual de agua); el índice de déficit de agua: $I_D = D / ETP * 100$ (donde D es el déficit acumulado) y por último el índice de humedad: $I_H = I_E - (0.6 * I_D)$. Previamente, se realizó un balance de agua tomando los datos de la estación Salamanca “IberDuero”, y cuyos resultados se tomaron como representativos de todo el sector de estudio para su caracterización climática según este método (Tabla 4). Sin embargo, deben establecerse una serie de hipótesis para llevar a cabo el balance: 1) Como CAD del suelo se tomaron 100 mm, si bien debe tenerse en cuenta que esta varía en gran proporción en función de las características del suelo que se trate; 2) la evapotranspiración real (ETR) será igual a la potencial en aquellos meses con exceso de humedad, sino será igual a las precipitaciones más la reserva disponible; 3) existirá déficit de humedad (D) si $ETR < ETP$; 4) habrá exceso de humedad (E) cuando al acumular agua en la reserva, ésta supere los 100 mm.; 5) el drenaje (d) se corresponde con la mitad del exceso.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
P	43.4	41.1	30.9	37.3	47.2	32.7	14.4	9.7	36.3	44.2	48.7	38.8	424.8
ETP	8.5	13.1	24.6	42.3	71.3	107.5	137.7	123.2	89	53.4	21.3	8.6	700.3
R	92.5	100	100	95	70.9	0	0	0	0	0	27.4	57.6	-
ETR	8.5	13.1	24.6	42.3	71.3	103.6	14.7	9.7	36.3	44.2	21.3	8.6	398.2
D						3.9	123.3	113.5	52.7	9.2			302.6
E		20.5	6.3										26.8
d	<0.1	10.3	8.2	4.1	2.0	1.0	0.5	0.25	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-
$I_E = 3.83 \%$													
$I_D = 43.21 \%$													
$I_H = -22.1$													

Tabla 4. Tabla del balance hídrico y parámetros de humedad para la estación Salamanca “IberDuero”, según el método Thornthwaite.

2.1.3. Determinación climática de la zona de estudio.

En primer lugar, se realiza una caracterización climática de la zona, de acuerdo con los índices estudiados (Tabla 5). En relación con los índices de aridez-humedad, se observaron unos resultados similares, catalogando todos ellos (sabidas sus diferencias a la hora de delimitar las zonas climáticas) la zona como árida (Lang) o semiárida (Dantin-Revenga y Martonne, precisando este que se aprecia una influencia mediterránea), si bien en todos los casos los valores son altos dentro de su rango (Lang: 35.9 sobre 40 o Martonne: 19.4 sobre 20), lo que se puede interpretar como un ambiente semiárido pero con precipitaciones elevadas en relación a lo que suele ser normal en estas regiones. Por otro lado, el índice de continentalidad de Gorczynski muestra una clara influencia continental en la zona, con grandes oscilaciones térmicas.

Clasificación Thornthwaite (1948).

Esta clasificación diferencia a los territorios en función de la humedad y su variación estacional, y según la eficacia térmica y su concentración estival, asignando para ello una serie de letras y siglas en función de los índices que utiliza (Tabla 6). Según esta, el sector de estudio es una zona de tipo climático semiárida (D), mesotérmica (B'_1), con un pequeño exceso de humedad (d) y con una concentración moderada de la eficacia térmica en verano (b'_3), quedando definida por la fórmula: D, B'_1 , d, b'_3 .

Valor del índice climático	Característica climática
Índice de Lang (P_f) $\rightarrow P_f = 35.9$	
$0 \leq P_f < 20$	Desierto
$20 \leq P_f < 40$	Zona árida
$40 \leq P_f < 60$	Zona húmeda de estepa y sabana
$60 \leq P_f < 100$	Zona húmeda de bosque claro
$100 \leq P_f < 160$	Zona húmeda de grandes bosques
$P_f \geq 160$	Zona perhúmeda con prados y tundras
Índice de Martonne $\rightarrow I_a = 19.4$	
$0 \leq I_a < 5$	Desierto (hiperárido)
$5 \leq I_a < 10$	Semidesierto (árido)
$10 \leq I_a < 20$	Zona semiárida de tipo mediterráneo
$20 \leq I_a < 30$	Zona subhúmeda
$30 \leq I_a < 60$	Zona húmeda
$I_a \geq 60$	Zona perhúmeda
Índice de Dantin-Revenga $\rightarrow I_{DR} = 2.81$	
$I_{DR} > 4$	Zona árida
$4 \geq I_{DR} > 2$	Zona semiárida
$I_{DR} < 2$	Zona húmeda y subhúmeda
Índice de Gorczynski $\rightarrow K = 26$	
$K < 10$	Oceánico
$K > 20$	Continental

Tabla 5. Tabla con los diferentes índices estudiados y sus clasificaciones (Basado en Urbano, 2001).

Condición	Característica climática	Simbología	
Tipo de clima: $I_H = -22.26$			
$I_H \geq 100$	Perhúmedo	A	
$100 > I_H \geq 80$	Húmedo	B_4	
$80 > I_H \geq 60$		B_3	
$60 > I_H \geq 40$		B_2	
$40 > I_H \geq 20$		B_1	
$20 > I_H \geq 0$		Subhúmedo	C_2
$0 > I_H \geq -20$	Seco-subhúmedo	C_1	
$-20 > I_H \geq -40$	Semiárido	D	
$I_H < -40$	Árido	E	
Eficacia térmica: ETP = 68.96 cm			
$ETP \geq 114$	Megatérmico	A'	
$114 > ETP \geq 99,7$	Mesotérmico	B'_4	
$99,7 > ETP \geq 85,5$		B'_3	
$85,5 > ETP \geq 71,2$		B'_2	
$71,2 > ETP \geq 57$		B'_1	
$57 > ETP \geq 42,7$	Microtérmico	C'_2	
$42,7 > ETP \geq 28,5$		C'_1	
$28,5 > ETP \geq 14,2$	Tundra	D'	
$ETP < 14,2$	Glacial	E'	
Variación estacional de humedad. Clima seco: $I_E = 1.96 \%$			
$10 > ID \geq 0$	Nulo o pequeño exceso de humedad		
$20 > ID \geq 10$	Moderado exceso de humedad	En verano	s
		En invierno	w
$ID \geq 20$	Gran exceso de humedad	En verano	s_2
		En invierno	w_2
Concentración eficacia térmica verano: $C_v = ETP_{ver} / ETP_{an} * 100 = 52.6\%$			
$C_v < 48$	Baja concentración		
$51,9 > C_v \geq 48$	Moderada concentración	b'_4	
$56,3 > C_v \geq 51,9$		b'_3	
$61,6 > C_v \geq 56,3$		b'_2	
$68 > C_v \geq 61,6$		b'_1	

$76,3 > Cv \geq 68$	Alta concentración	c'_2
$88 > Cv \geq 76,3$		c'_1
$Cv \geq 88$	Muy alta concentración	d'

Tabla 6. Tabla de caracterización climática para el método Thornthwaite (Basado en Urbano, 2001).

Clasificación de Köppen (1900).

Esta clasificación describe cada clima mediante un código de letras (3), que indican el comportamiento y distribución de la vegetación natural de acuerdo a las variaciones de temperatura y precipitación (Barry & Chorley, 1987). El sector quedaría clasificado como clima templado (C), con estación seca en verano (s) y verano cálido (b) (Tabla 7), resultando un código Csb que Köppen define como Mediterráneo de veranos frescos, caracterizado por inviernos fríos o templados y veranos secos y frescos, y con las lluvias concentradas en invierno. La vegetación natural es el bosque mediterráneo.

Condición	Característica climática	Simbología
Primera letra: grupo climático principal		
T_m mensual más fría > 18	Clima tropical húmedo	A
Criterios de P y T medias anuales	Clima seco	B
$-3 < T_m$ mensual más fría < 18	Clima templado	C
$0 > IH \geq -20$	Clima subártico	D
$-20 > IH \geq -40$	Clima polar	E
Segunda letra: subgrupo		
Abundancia de praderas	Clima de estepa	S
$P_{\text{anual}} < 400$ mm	Clima desértico (árido)	W
Sin estación seca	Húmedo	f
Estación seca en invierno	Estación seca en invierno	w
Estación seca en verano	Estación seca en verano	s
Precip. tipo monzón	Clima de bosques lluviosos (pluvilsilva)	m
T mes más cálido $> 0^\circ\text{C}$	Clima de tundra	T
T de todos los meses $< 0^\circ\text{C}$	Clima de hielo perpetuo	F
Combinación letra primera y segunda: tipo climático		
Cs	Subtropical (clima lluvioso templado) con verano seco	
Tercera letra: variación de temperatura		
T_m mes más cálido $> 22^\circ\text{C}$	Verano caluroso	a
T_m mes más cálido $< 22^\circ\text{C}$	Verano cálido	b
Menos de 4 meses con $T_m > 10^\circ\text{C}$	Verano corto y fresco	c
T_m mes más frío $< -38^\circ\text{C}$	Invierno muy frío	d
T_m anual $> 22^\circ\text{C}$	Caluroso y seco	h
T_m anual $< 22^\circ\text{C}$	Frío y seco	k

Tabla 7. Tabla de caracterización climática para el método de Köppen.

Clasificación de Papadakis (1966).

Establece la distribución climática en función de variables relevantes en cuanto a la viabilidad de los cultivos por lo que los criterios de clasificación son el tipo de invierno (rigor invernal), el tipo de verano (calor estival) y la aridez (disponibilidad de agua) y su distribución. La clasificación define un régimen térmico a partir de los tipos de verano e invierno correspondientes, y en función de la aridez se establece el régimen hídrico (Aguirre & Carral, 2009). Según Papadakis, la zona estudiada queda definida por un régimen térmico caracterizado por invierno tipo “avena fresco” (av) y un verano tipo “maíz” (M), lo que da lugar a considerar la zona como “Templado cálido” (TE). Por otro lado, el régimen hídrico se clasifica como “mediterráneo seco” (Me). Con esto, se cataloga el sector como “Mediterráneo Semiárido Continental” (León et al., 1991).

3.2. Geología.

3.2.1. Introducción

Geográficamente, la zona de estudio se sitúa mayoritariamente en la zona centro-norte de la Hoja nº478 de Salamanca (IGME, 2000a), si bien el extremo norte se extiende por la zona sur de la Hoja nº 452 de La Vellés (IGME, 2000b). Desde el punto de vista geológico, la zona se encuentra dentro del Macizo Hespérico, si bien está situada cerca del límite de este con el borde occidental de la Cuenca terciaria del Duero. Debido a esto, los materiales aflorantes pueden ser agrupados en dos conjuntos claramente diferenciados: el primero, que forma el zócalo, se compone de rocas metamórficas de origen marino pertenecientes al Macizo Hercínico; y el segundo, formado por sedimentos paleógenos, neógenos y cuaternarios de origen continental que conforman la Cuenca del Duero. Con esto, la zona queda englobada, desde el punto de vista geológico, en el centro de la Zona Galaico-Castellana de Lotze (Lotze, 1945) o en la parte centro-norte de la Zona Centro-Ibérica de Julivert (Julivert et al., 1974) (Fig. 5).

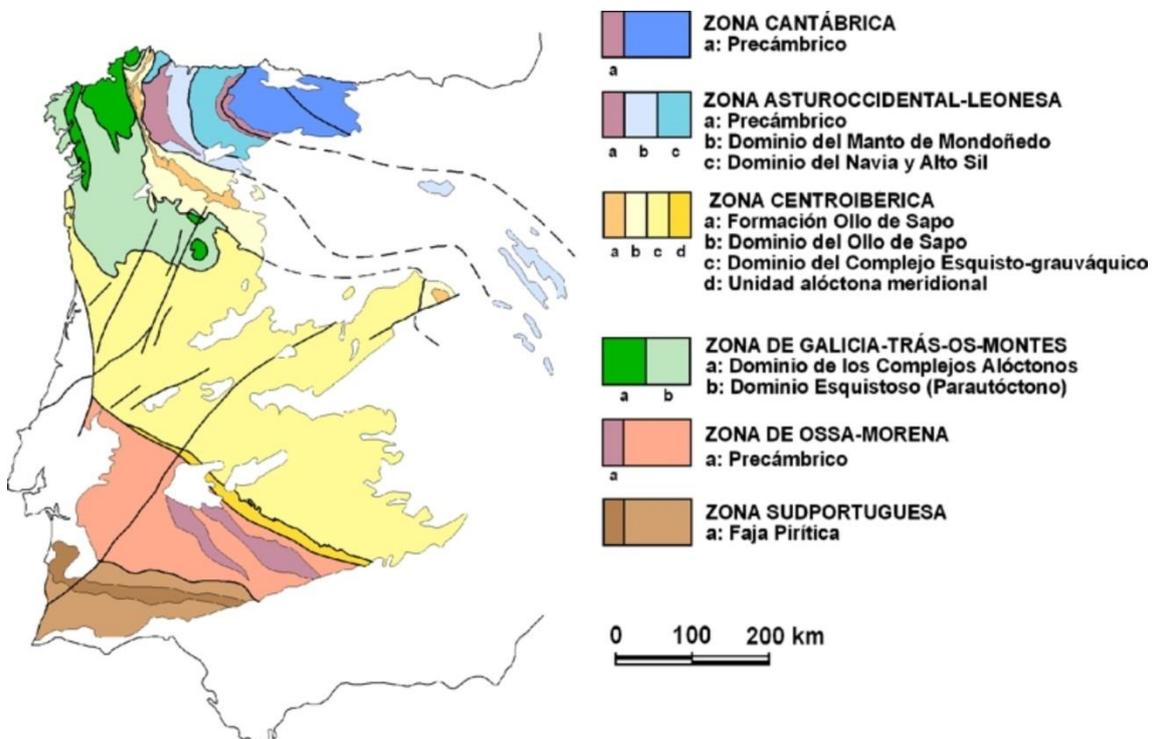


Figura 5. Mapa con la distribución del Macizo Varisco en la Península Ibérica (Vera, 2004).

La caracterización geológica de la zona de estudio, así como la síntesis de la historia geológica y la petrología, se realiza en base a la información contenida en las memorias de las hojas 452 y 478 del IGME (IGME, 2000a, 2000b). Además, para la caracterización geológica de la zona de estudio, especialmente para el caso de los materiales sedimentarios de la Cuenca del Duero, se emplean los estudios realizados en la zona por Alonso-Gavilán en su Tesis Doctoral (Alonso-Gavilán, 1981), así como otras referencias complementarias (Alonso-Gavilán, 1989; Alonso-Gavilán et al., 2004).

3.2.2. Análisis Estratigráfico

Se ha elaborado un Mapa Geológico de la zona de estudio (Fig. 6) que permitirá la incorporación y uso de la geología en posteriores análisis a lo largo de este trabajo (Alonso-Gavilán, 1981). A continuación, se describen los materiales que aparecen en la zona de estudio (IGME 2000a, 2000b).

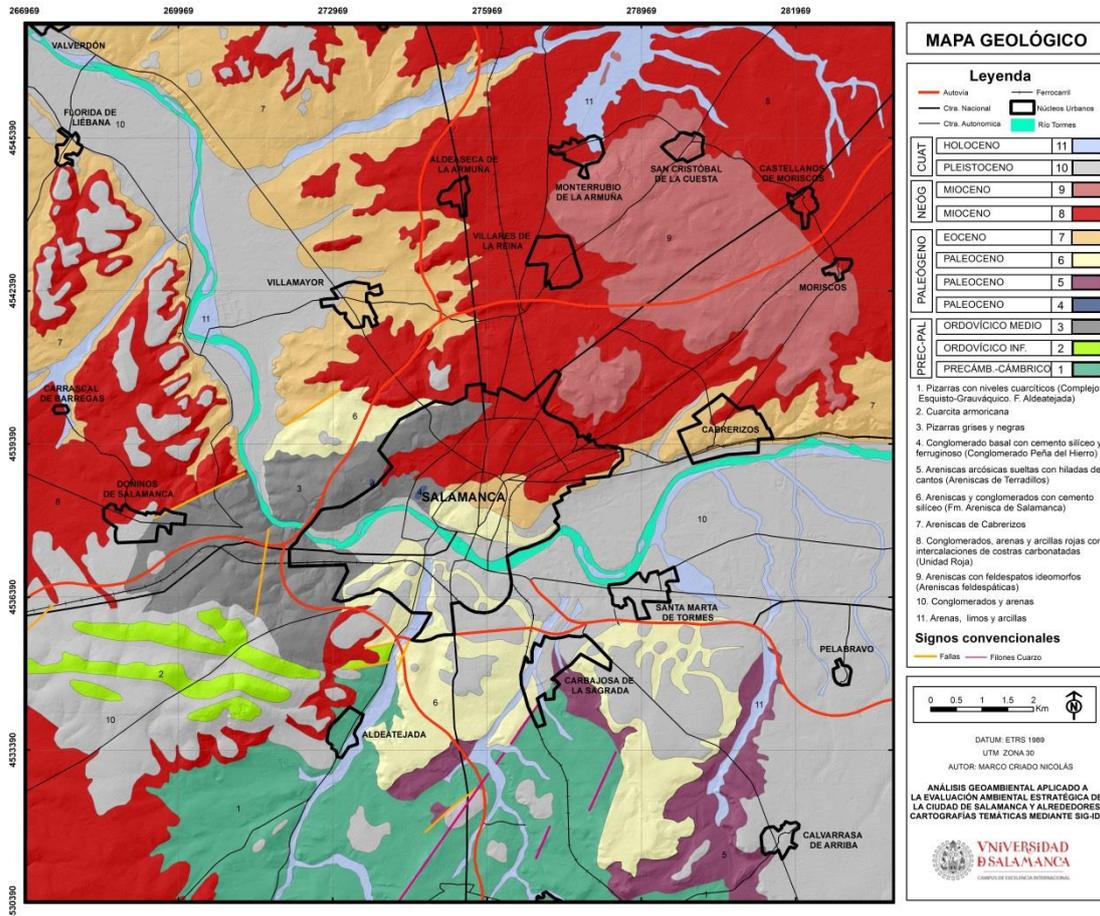


Figura 6. Mapa Geológico del sector estudiado.

Zócalo Varisco.

Precámbrico Superior - Cámbrico Inferior

Se diferencian 3 grupos litoestratigráficos para los sedimentos precámbricos-cámbricos de la mitad sur-oriental de la Zona Centroibérica (García-Casquero et al., 1988): Grupo Ibor, Grupo Domo extremeño y Grupo Valdelacasa, presente este último en la zona, agrupando en la provincia de Salamanca a cinco Formaciones: Areniscas de Tamames, Calizas de Tamames, Pizarras de Endrinal, Monterrubio y Aldeatejada, apareciendo únicamente la Fm. Aldeatejada en la zona de estudio (Díez-Balda, 1986).

- **Formación de Aldeatejada (1)**

Fue definida formalmente por Díez-Balda (1980), aunque anteriormente ya había sido introducida por Martínez-García & Nicolau (1973). Se sitúa por encima y concordante

con la Fm. Monterrubio, cuyo último tramo conglomerático, actúa como base para esta formación. Para diferenciar ambas formaciones, en la base de la Fm. Aldeatejada aparece un nivel de pelitas negras microbandeadas. En la base de esta formación aparece un nivel conglomerático y sobre él, pizarras negras microbandeadas y alteradas. El techo, es un tránsito gradual con la formación suprayacente (Fm. Arenisca de Tamames), definido por la aparición de niveles cada vez más potentes de areniscas y cuarcitas, con bioturbación, por ejemplo, en Los Montalvos. La Fm. Aldeatejada se caracteriza por la predominancia de términos limolíticos y pelítico-arenosos, a veces compactados, potentes niveles de pizarras microbandeadas y una disminución de los niveles conglomeráticos. La potencia de esta formación es de alrededor de 1600 metros. Aflora en la parte sur del área de estudio (Fig. 7). La Fm. de Aldeatejada es el único exponente de la presencia del Complejo Esquisto-Grauváquico (CEG) en el sector.



Figura 7. Pizarras de la Fm. Aldeatejada al sur del municipio.

Ordovícico

En la zona Centro-Ibérica, estos materiales son discordantes y transgresivos respecto a los materiales infrayacentes. En la provincia de Salamanca, estos materiales afloran en tres unidades estructurales: Sinclinal de Tamames-Ahigal, Sinclinal Sierra de Francia-Torralba y Sinclinal de Salamanca-Villamayor, presente en la zona suroeste del área de estudio, y asentado sobre la Fm. Aldeatejada (Grupo de Valdelacasa), si bien este contacto no es claro en esta zona debido a la presencia de sedimentos terciarios y cuaternarios que lo recubren, aunque si es visible en zonas relativamente próximas.

- **Cuarcita armoricana (2).**

Se diferencian 3 “Unidades” para los materiales del Ordovícico Inferior en la Sierra de Francia e inmediaciones (Carballeira et al, 1980), no apareciendo en la zona estudiada ni la Unidad I (basal, constituida por conglomerados y areniscas), ni la Unidad III (superior, formada por cuarcitas grises en bancos poco potentes con niveles pizarrosos subordinados), pero sí lo hace la Unidad II (zona de los Montalvos), donde afloran ortocuarcitas en facies “armoricanas” (Fig. 8). Estos afloramientos no son de grandes dimensiones, pero se observan alternancias decimétricas de areniscas con pizarras arenosas. Las ortocuarcitas, blancas, de grano fino, recrystalizadas y en ocasiones con pátinas rojizas de hierro, están estratificadas, con superficies planares netas y “ripples”.



Figura 8. Cuarcita armoricana aflorante en la cima de Los Montalvos.

- **Pizarras grises y negras (3).**

Concordantes sobre la cuarcita armoricana, aflora al oeste de la ciudad de Salamanca (zona de Los Pizarrales y de La Salud) una mancha de unos 14 km² de una serie monótona constituida principalmente por pizarras masivas grises, violáceas o negras (Fig. 9), a veces limosas y grafitosas, y afectadas por esquistosidad de segunda fase hercínica y teñidas por óxidos de hierro (pertenecientes al Llanvirn-Llandeilo - Ordovícico Medio-). La textura es blastopelítica, lepidoblástica, a veces bandeada en arcos poligonales y más rara vez lepido-granoblástica.



Figura 9. Pizarras grises y negras ordovícicas presentes en un corte de la N-620.

Los sedimentos del Paleógeno y del Neógeno (La Cuenca del Duero).

Paleoceno. La Formación detrítica de Salamanca.

Está constituido por una formación detrítica con cemento silíceo, típica del borde suroeste y oeste de la Cuenca del Duero, que se asienta discordante sobre el zócalo hercínico, y que aflora en la parte centro y sur del área de estudio. Históricamente se ha considerado a esta unidad como Cretácico terminal-Paleoceno, si bien análisis recientes

con paleomagnetismo sugieren que se trata de una formación perteneciente al Cretácico Inferior (Alonso-Gavilán, 2012). En la Fm. Salamanca se diferencian varios miembros:

- **Conglomerado basal o “Conglomerado de la Peña del Hierro” (4).**

Su presencia es anecdótica, pero al tratarse del paleógeno más antiguo conviene destacarlo. Aflora en forma de lentejones de no más de 100 metros de longitud y 6 m. de espesor en dos puntos de la ciudad de Salamanca junto a la Facultad de Farmacia y al cementerio. Se compone de un conglomerado de cantos de cuarzo y cuarcita con tamaños entre 3-4 cm de manera general, con un cemento ferruginoso que le confiere una coloración rojiza y gran compactación, y con nódulos de limonita (Fig. 10).



Figura 10. Conglomerado de la Peña del Hierro en la cueva “La Múchares” (facultad de Farmacia).

- **Areniscas de Terradillos (5).**

Ante la ausencia de la unidad anterior, forman la base del Paleógeno o del llamado “Terciario”, término éste actualmente en desuso. Afloran en la zona suroriental del área estudiada con una potencia de 15-25 m., principalmente en zonas escarpadas del sector Arapiles-Carbajosa-Aldeatejada (Fig. 11). Se componen de capas alternantes y poco compactas de gravas y arenas gruesas con abundante matriz limo-arcillosa, que presentan colores llamativos, diferenciándose en ellas un tramo basal (formado por secuencias granodecrecientes separadas entre sí por superficies erosivas, que hacia arriba se intercalan con capas masivas de areniscas e hiladas horizontales de cantos) y uno superior (formado por secuencias apretadas con ausencia de base conglomerática).



Figura 11. Afloramiento de Arenisca de Terradillos junto al municipio de Calvarrasa de Arriba.

- **Areniscas silíceas (6).**

Se trata de una serie compleja, caracterizada por el dominio de cemento silíceo (a veces limo-ferruginoso y caolinítico) que confiere a la serie gran dureza, originando resaltes morfológicos. La serie agrupa dos unidades diferenciadas: Areniscas y fangos de la Peña Celestina y Conglomerados de los Arapiles debido a su similar dureza y comportamiento morfológico, y a la escasa extensión de los conglomerados de Arapiles. Existen afloramientos al sur del Tormes en el sector Aldeatejada-Carbajosa, estando en el norte restringidos a la zona La Salud-Vega de Salamanca y al centro de la capital, donde muestra espesores de 70 m., si bien en ningún lugar presenta la serie completa debido a la intensa tectonización (Fig.12). Se componen de una sucesión de secuencias granodecrecientes (areniscas conglomeráticas blancas y beige y limos abigarrados) las cuales se repiten, con espesores de 1-2 m. y escasa continuidad. El cemento silíceo está presente en toda la serie, pero su distribución irregular hace que se diferencien capas duras y blandas. Sobre esta sucesión de unos 80 m. de potencia, aparecen 10 m. de areniscas conglomeráticas y conglomerados blanquecinos con cemento silíceo, cuya dureza ha permitido preservarlos a modo de techo de la serie en la cima de cerros.



Figura 12. Areniscas silíceas aflorantes en el escarpe de San Vicente, junto al Tormes (Salamanca).

Eoceno

- **La Formación de Cabrerizos (7).**

La Fm. Cabrerizos es la formación inferior del Mioceno, y se compone de materiales detríticos areniscosos que reposan discordantes sobre los tramos más silicificados de la Fm. Salamanca, si bien donde esta no aparece descansan sobre el zócalo. La Formación está muy extendida por el sector, si bien los afloramientos quedan restringidos a las inmediaciones de cursos de agua. No obstante, no es una formación homogénea, sino que presenta diferencias en el color, textura, cementación y estructura, dando lugar a cuatro litofacies: Torresmenudas (no presente en el sector), Almenara, Villamayor y Cabrerizos. Además, presenta un desigual buzamiento general, creando una especie de subcuenca que actuaría de nexo entre la Cuenca del Duero y la Fosa de Ciudad Rodrigo.

Litofacies de Almenara de Tormes: Afloran con potencias de 25-30 m. en el extremo noroccidental de la zona, entre Valverdón y el Arroyo de la Encina (Fig. 13), donde aflora la Arenisca de Villamayor. Se compone de areniscas arcósicas organizadas en

secuencias granodecrecientes con tamaños variables, que decrecen de oeste a este y hacia el techo, siendo sustituido de la misma manera en la matriz arcillosa (de caolín, que le confiere sus características coloraciones blancas y grises claros) el cemento silíceo por el carbonatado, perdiendo esta litofacie sus características singulares a medida que se encuentran más al este, junto a la litofacie de Villamayor.



Figura 13. Arenisca de Almenara (Fm. Cabrerizos), en un escarpe asociado al Arroyo de la Encina.

Litofacies de Villamayor. Se componen de areniscas arcósicas compactas de tamaño entre medio-grueso y fino (predominante), de colores ocres y pardos y matriz limosa, pudiendo aparecer lechos arcillosos y capas calcáreas entre ellas. Los niveles más finos, masivos y de textura equilibrada, han sido explotados tradicionalmente como piedra de cantería (en los edificios históricos de la ciudad de Salamanca), cuyo característico color dorado se debe a una pátina de oxidación que se produce al poner estas areniscas en contacto con la atmósfera (Fig.14). Aflora al oeste del sector, a ambas orillas del Tormes, con potencias de 20 m. entre el Arroyo de la Encina (transición con la litofacie Almenara) y Santibañez del Río. Al este, se alterna con la litofacie de Cabrerizos.



Figura 14. Arenisca de Villamayor (Fm. Cabrerizos).

Litofacies de Cabrerizos. Los afloramientos son observables en los escarpes (Fig. 15) del Río Tormes principalmente, siendo también visibles al este de Villamayor. Presenta

una potencia visible de 40 m., que decrece bruscamente hacia el oeste. Se compone de areniscas de secuencias granodecrecientes blanco-amarillentas y limos arenosos ocre. Las areniscas son de grano medio a grueso con cantos de cuarzo. La matriz arcillosa es escasa y el cemento, carbonatado, sólo aparece en la base de las capas. Al igual que el resto de litofacies, muestra evoluciones en la vertical y en la lateral (en la parte occidental abundan los cuerpos arenosos, separados por superficies erosivas que les dan poca continuidad, mientras que en la parte oriental las superficies erosivas pierden relieve y el tamaño de grano disminuye originando capas masivas de gran continuidad).



Figura 15. Arenisca de Cabrerizos.

Mioceno.

- **La Unidad Roja (8).**

Sobre los materiales paleógenos y neógenos, o directamente sobre el zócalo, se encuentran discordantes un conjunto de sedimentos miocénicos, los cuales abarcan grandes extensiones de la zona de estudio. En relación con la litoestratigrafía, se diferencian diferentes facies (series o unidades, con diversos nombres en función de los autores), de las cuales en el área de estudio están presentes cinco: conglomerado rojo basal, facies calcáreas, facies del Cubito, facies de Castillejo y facies de areniscas feldespáticas (Arenisca de Garcihernández); siendo en el presente estudio agrupadas las facies rojas a efectos cartográficos para un mejor manejo e interpretación de la información. La facies de las areniscas feldespáticas se representa independientemente.

El conglomerado rojo basal o conglomerado rojo de La Armuña. Tiene gran representación en La Armuña (Fig. 16), con grandes planicies labradas, apareciendo rara vez al sur del Tormes (junto a Carrascal de Barregas). Presentan espesores de 20 m. y disposición horizontal y subhorizontal. Se trata de una arenisca conglomerática o conglomerado de color rojo, con cantos de cuarzo y cuarcita, normalmente con diámetro inferior a 10 cm. y subredondeados, y algunos de pizarras y lidita más pequeños y aplanados. Son frecuentes también los cantos blandos de arenisca provenientes de la Fm. Cabrerizos, pudiendo formar conglomerados blancos. La matriz es arenosa con proporción de arcilla variable e irregular distribución de los cantos. El cemento es determinante para la coloración del conglomerado, siendo silíceo (distribución irregular en manchas) o arcilloso o carbonatado (forma películas alrededor de los cantos).

Facies carbonatadas. Intercalados en forma de lentejones en el conglomerado basal rojo, aparecen una serie de afloramientos blanquecinos, con gran cantidad de cantos, formados por costras calcáreas y margas (Fig.17). Frecuentemente se encuentran cubiertos por derrubios o directamente edafizados. Estos materiales aparecen a diferentes niveles, en cotas comprendidas entre 800-830 m., y generalmente ligados al borde occidental, aflorando al norte de Salamanca y junto a Carrascal de Barregas. Las costras calcáreas se presentan bien como una masa de carbonatos pulvulentos blancos, en los que existen cantos de arenisca y cuarzo desordenados, o bien como lentejones de areniscas blanco-rojizas con cantos de cuarzo insertados en una pasta carbonatada rojiza. La potencia no suele superar los 3 m. Existen endurecimientos (caliches) de unos 8 m. intercalados con las costras o como techo de estas.



Figura 16. Arenisca conglomerática roja aflorante en Castellanos de Villiquera.



Figura 17. A) La facies carbonatada se presenta normalmente como techo (Barrio de Garrido, Salamanca); B) Cambio de facie observable al norte de Salamanca; C) Cantos presentes en la facies carbonatada; D) Afloramiento calizo en Villares de la Reina.

Facies arenosas rojas (Facies de Castillejo). Está constituida por conglomerados (con cantos de cuarzo y cuarcita generalmente) y areniscas gruesas con cantos dispersos, que conforman una formación rojiza de aspecto monótono con una potencia de 35-40 m. El cemento (carbonatado) se distribuye muy irregularmente, llegando a desaparecer. No obstante, la matriz areno-arcillosa es muy importante y su color rojizo caracteriza a esta facie. Los materiales suelen ser masivos y poco compactos, si bien a veces forman lentejones con poca continuidad lateral. Aflora al norte de Carrascal de Barregas.

Facies arenosas rojas (Facies de El Cubito). Estos afloramientos se encuentran desde Salamanca capital hacia el suroeste, extendiéndose por el extremo suroccidental del área estudiada y entorno de Doñinos (Fig. 18). Es una facie roja oscura, arcillosa, aunque posee también arenas finas. Posee espesores máximos de 40 m. (si bien puede presentar escasos metros, ya que rellena a un paleorrelieve), presentando en las capas bajas materiales detríticos muy diversos procedentes del zócalo, siendo cada vez más arcillosas las capas a medidas que se acercan al techo. La facie se presenta generalmente como arcilla y arenas sueltas, muy blandas y masivas, a no ser que aparezcan zonas cementadas por acumulaciones de arcillas, que a su vez provocan la aparición de nódulos y manchas dispersas, siendo estas zonas de mayor dureza.



Figura 18. Arenas y arcillas rojas con material detrítico sobre pizarras ordovícicas junto a Doñinos.

- **Areniscas feldespáticas (9).**

Afloran en el cuadrante noreste de la zona estudiada, presentando potencias entre 25-50 m. en el sector Salamanca-Monterrubio-San Cristóbal de la Cuesta. Estas areniscas poseen una gran extensión en toda la zona noreste de la provincia de Salamanca, debido a que rellenan la depresión originada por la falla de Alba-Villoria. Se trata de areniscas feldespáticas de grano grueso a muy grueso, a veces conglomeráticas con abundantes cantos de cuarzo blanco, y que pueden presentar enrejados de carbonatos (Fig. 19). El color dominante es el gris claro-blanco. Como su nombre indica, la particularidad de estas areniscas es su contenido en feldespatos, que domina sobre el cuarzo.



Figura 19. Arenisca feldespática (Monterrubio de Armuña).

Cuaternario

Los materiales cuaternarios muestran una distribución ligada a la dinámica fluvial de los últimos miles de años. Existen dos tipos de agrupaciones: depósitos de conglomerados y arenas, y depósitos de arenas, limos y arcillas. Se trata en su mayoría de terrazas fluviales (a veces indeferenciadas) u otras formaciones caracterizadas por la presencia de cantos. Pertenecen al Pleistoceno los sistemas fluviales de terrazas y los depósitos que por su situación topográfica pueden considerarse contemporáneos; siendo los depósitos de las llanuras de inundación de ríos y arroyos, y los coluviones, holocenos.

- **Conglomerados y arenas (10).**

Se trata de depósitos del Pleistoceno formados por cantos y arenas principalmente (Fig. 20), ligados a la dinámica fluvial existente y que conforman los actuales sistemas de terrazas. Los depósitos predominan en el sector suroriental y cercanías del Tormes, apareciendo rara vez ligados a cursos de menor entidad (Zurguén). Con menor extensión, aparecen depósitos dominados por cantos cuarcíticos en las laderas de Los Montalvos, fruto de la erosión de la cuarcita presente en los afloramientos del macizo.



Figura 20. Depósito aluvión antiguo formados por niveles conglomeráticos y arenosos (Pelabravo).

- **Arenas, limos y arcillas (11).**

Se trata de depósitos de materiales finos (arenas, limos y arcillas) en las zonas de menor energía ligadas a los cursos de agua. La abundancia de cada fracción varía en función del área fuente de los materiales finos. Así, en los depósitos aluviales del Tormes se encuentran grandes cantidades de arenas, mientras que en zonas como la Depresión de Monterrubio estos depósitos están dominados claramente por los limos y arcillas. La distribución de estos materiales es irregular, fruto de su dependencia respecto a la red de drenaje actual y al área fuente de los materiales que los conforman (Fig. 21).



Figura 21. Depósitos aluviales de la llanura de inundación del Tormes en Valverdón.

3.2.3 Historia geológica y evolución geodinámica.

Los eventos y acontecimientos ocurridos a lo largo de la historia geológica en la zona de estudio y su entorno han determinado sus características geológicas actuales. Los materiales paleozoicos, terciarios y cuaternarios sufren procesos de deformación, que alteran su distribución y estructura, y procesos morfológicos que modelan su relieve.

En la zona de estudio se identifican dos tipos de deformación: dúctil (se forman plegamientos y aparece esquistosidad asociada a metamorfismo de tipo regional) y frágil (aparición de fallas y fracturas). Esta deformación tuvo lugar a lo largo de diferentes orogenias (Caledonia, Varisca y Alpina). Los materiales del zócalo sufrieron ambos tipos de deformación, mientras que los del terciario únicamente de tipo dúctil, no existiendo evidencias de deformación en los materiales cuaternarios. Respecto a los procesos geomorfológicos, son identificables los ocurridos en el Cuaternario.

Los materiales más antiguos (más de 500 m.a.) corresponden al Complejo Esquisto Grauváquico (CEG) del Precámbrico-Cámbrico Inferior y se relacionan con un ambiente sedimentario de abanicos submarinos profundos -turbiditas- en fase de somerización (condiciones regresivas). Superpuestos existen materiales de edad Ordovícico (entre aprox. 480-444 m.a.) constituidos por cuarcitas y pizarras grises y negras. La paleogeografía de esta época indica ambientes de plataforma detrítica en condiciones submareales. Al final del Devónico y durante el Carbonífero se forma el supercontinente Pangea y como consecuencia del choque de las placas se genera una gran cordillera u Orogéno denominado Varisco, plegando y deformando a los materiales

del fondo marino (sufren también metamorfismo regional), emergiendo dichos materiales a cotas elevadas y provocando el retroceso del mar. Además, en la zona se manifiesta una discordancia entre la Fm. Aldeatejada y la cuarcita armoricana, atribuible a una orogenia anterior, la Caledonia (fase Sárdica).

Al final del Carbonífero y hasta el Pérmico las fuerzas compresivas se fueron disipando, generando una “relajación cortical” que provoca dos familias de fracturas de direcciones: SW-NE y NW-SE (fracturas tardihercínicas). Estas fracturas son de desgarre (movimiento horizontal opuesto entre bloques) y transversales a las estructuras del plegamiento principal hercínico, generando las cuencas sedimentarias mesozoicas y cenozoicas al producir la compartimentación en bloques del basamento.

En el tránsito Mesozoico-Cenozoico, la Península Ibérica sufre una gran actividad tectónica debido a que se abre el golfo de Vizcaya y continúa la apertura-extensión del Atlántico, lo que desplaza a la placa Ibérica hacia el Este. Al comienzo del Cenozoico tiene lugar el choque entre la placa Euroasiática-Ibérica y la placa Africana-Ibérica, generando una compresión N-S que desencadena la Orogenia Alpina. Esta orogenia provoca la emersión de nuevas superficies de cumbres y reactiva fracturas Variscas, dando lugar a bloques que se hunden y elevan, produciendo un rejuvenecimiento del relieve, el cuál va erosionándose y cuyos sedimentos se depositan en zonas deprimidas conformando los sedimentos paleógenos (entre aprox. 65.5-23 m.a.). Este nuevo ciclo erosivo genera una nueva superficie de aplanamiento (Penillanura Fundamental de la Meseta), la cual se va alterando y desmantelando diferencialmente, quedando vestigios de una altura superior (como los diferentes cerros que sobresalen inmersos en la Fm Aldeatejada), y presentando una cota actual de unos 800 m. en Salamanca. Durante el Paleógeno, las tierras emergidas de la P. Ibérica eran como archipiélagos de islas con amplias plataformas carbonatadas muy someras, estando el nivel del mar a cota +100 metros por encima del nivel actual, disminuyendo a lo largo del Cenozoico al enfriarse el clima y acumularse hielo en los casquetes. La sedimentación de abanicos aluviales se desarrolló en ambiente exorreico depositándose los sedimentos que dan lugar a las areniscas paleógenas (Fm. Cabrerizos). Durante el Neógeno (23-2,6 m.a.) los relieves se desmantelan dando lugar a sistemas de abanicos aluviales conglomeráticos. El ascenso por la compresión N-S Alpina de la cordillera Cantábrica y el Sistema Central, provoca condiciones endorreicas al aislar la Cuenca del Duero de los vientos húmedos del mar, generando mayor aridez, depositándose los sedimentos Neógenos (sedimentos rojos).

Durante el Cuaternario (2,6 m.a. - Actualidad) se genera la “Raña”, constituida por depósitos abanicos aluviales sobre los depósitos neógenos, con facies conglomeráticas y arcillosas. Posteriormente, se produce una nueva etapa exorreica que vacía la Cuenca colmatada del Duero, favorecida por el retroceso fluvial de la red de drenaje Atlántica que captura a numerosos ríos y les hace cambiar su trazado, produciéndose un cambio en el sistema de sedimentación, pasándose de la superposición a encajamientos sucesivos que conforman las terrazas fluviales y llanuras aluviales asociadas a los principales ríos (Tormes), quedando definido el drenaje actual. Los valles cuaternarios presentan clara asimetría, con un margen derecho abrupto que evidencia procesos de socavación y un margen izquierdo suave en el que se manifiestan mejor las terrazas. En el Holoceno se generan depósitos de ladera (coluviones). Por último, destacan algunos sectores con depresiones de origen hidrooólico sobre las superficies anteriores con procesos de desecación por causas antrópicas (Depresión de Monterrubio).

3.2.4. Petrología: metamorfismo y rocas filonianas.

Metamorfismo

Los materiales metamórficos preordovícicos del área de estudio son, fundamentalmente, rocas pelíticoarenosas y pelíticas de grano fino pertenecientes al CEG, que fueron afectadas en grado medio-bajo a muy bajo por el metamorfismo regional varisco. Como asociaciones minerales más comunes son las que contienen: cuarzo, paligorskita, moscovita, clorita, biotita, granate y opacos. La textura suele ser granolepidoblástica de grano fino, deformada, con esquistosidad variable, determinada por la presencia de micas, principalmente de tipo crenulación, asociada a la segunda fase de la deformación hercínica, si bien puede hallarse microplegada por efecto de las deformaciones posteriores. El metamorfismo de los materiales carbonatados fue muy bajo, con escasas neoformaciones de silicatos cálcicos, y con una esquistosidad definida por el estiramiento de los cristales de calcita. Respecto a las pizarras grises y negras y a la cuarcita armoricana, están afectadas por un metamorfismo de grado bajo o muy bajo, y presentan cuarzo, moscovita, clorita, biotita y opacos, pudiendo contener cloritoide.

En resumen, las características mineralógicas, texturales-estructurales y las relaciones de blastesis-deformación, son análogas en estos casos, con grados metamórficos equivalentes y muy bajos, lo que indica que fueron afectados por el mismo evento hercínico de metamorfismo. El metamorfismo de la zona puede resumirse en una primera fase de presiones intermedias, previa o simultánea al desarrollo de la segunda fase deformativa hercínica. Debido al bajo grado de metamorfismo en la zona, es difícil desligar sus efectos con procesos de transformaciones retrometamórficas más tardías, y que pueden ser los verdaderos responsables de algunos de los fenómenos descritos.

Rocas filonianas (diques de cuarzo)

Son relativamente frecuentes, originando ligeras elevaciones en el terreno (sierros) de la penillanura de Salamanca (García de Figuerola & Parga, 1971). Presentan características constantes al estar compuestas por cuarzo lechoso, pudiendo encontrarse mineralizados, unas direcciones predominantes norteadas, y longitudes variables, de centimétricas a kilométricas, al igual que las potencias, de centimétricas a decamétricas.

3.3. Geomorfología.

3.3.1. Introducción

La orografía es bastante monótona y plana en la mayor parte de la zona de estudio, típica de la penillanura zamorano-salmantina, siendo rota por el trazado fluvial del Tormes y por sus principales tributarios. En su discurso por las inmediaciones de Salamanca, el Tormes salva un desnivel de 20 m., pasando desde los 785 msnm en las inmediaciones de Cabrerizos a los 765 msnm en Valverdón, siendo ésta la zona más deprimida del área que nos ocupa. Existen otros desniveles, pero no de gran entidad, en la parte más septentrional, donde se alcanzan cotas entre los 840 y 880 metros de altitud, bien en diferentes altiplanos (tesos y mesas) sobre depósitos eocenos del borde

sedimentario de la Cuenca del Duero, como es el caso de La Flecha (877 msnm), El Teso de Las Cabezas (867 msnm) o El Viso (863 msnm), o bien sobre repliegues pizarrosos como en Los Pizarrales (864 msnm) o en el Alto del Cementerio (843 msnm). Las mayores cotas se encuentran, sin embargo, sobre los materiales cuarcíticos del zócalo varisco, que representan un relieve residual, en Los Montalvos, donde las cumbres superan los 900 msnm, alcanzando la cota máxima los 942 msnm.

La diversidad geomorfológica de la zona está determinada por la heterogeneidad litológica (Fig. 22) y por la acción de la red de drenaje sobrepuesta a las diferentes litologías. A continuación, se presentan las unidades morfoestructurales y se analiza el modelado del sector de estudio a partir de trabajo de campo y de la información incluida en la descripción geomorfológica de la memoria del MAGNA (IGME, 2000a).



Figura 22. Diversidad de formas en un sector de la zona estudiada junto a Calvarrasa de Arriba.

3.3.2. Unidades morfoestructurales

La estructura de los materiales geológicos presentes en la zona, esto es, su naturaleza y disposición, confieren pocas diferencias orográficas significativas dentro de la zona de estudio (Fig. 23), presentándose un ambiente a priori monótono, pero que sí contiene diferentes rasgos geomorfológicos dignos de mención. A grandes rasgos, existe un claro contraste geomorfológico, diferenciándose dos dominios: el hercínico (con un subdominio particular fuertemente soldado a él, de la formación siderolítica cretácico-paleógeno) y el alpino (o de la cuenca sedimentaria, incluyendo las arterias fluviales), los cuales constituyen áreas diferenciables, pero con límites imprecisos.

Dominio varisco: la penillanura del sur de Salamanca.

La alternancia sobre el zócalo de materiales de distinta composición (cuarcitas, pizarras, conglomerados...) y su disposición estructural origina un relieve diferencial asentado sobre el fragmento de penillanura presente en la zona, desarrollándose una morfoestructura pseudo-apalachiana por todo el cuadrante suroccidental del área, con pequeñas lomas o resaltes rocosos que siguen el rumbo de la estructura que forman los metasedimentos cámbricos-precámbricos de la formación de Aldeatejada, pero con poca continuidad debido a la fragmentación alpina. Trasversas a estas lomas, aparecen otras

formadas por diques de cuarzo, como es el caso de Aguilera (867 msnm) en las inmediaciones de Carbajosa de la Sagrada. Sin embargo, el único relieve destacado de este dominio son Los Montalvos, correspondiente con un sinclinal apretado de cuarcita armoricana, que debido a su mayor dureza provoca una elevación de 100-150 m. sobre el nivel general de topografía, marcado en esta unidad por las pizarras, más erosionables que la cuarcita armoricana. Por último, especialmente en la zona sur, afloran elementos siderolíticos cretácico-paleocenos, que dan lugar a mesas y cerros testigo con escarpes y superficies estructurales destacadas (Arapil Chico y Arapil Grande). Respecto a la red fluvial que está bajo el control de la estructura varisca, es una red dispersa, con ramificaciones en cabecera, y que aglutina a los cursos de agua de segundo orden, estando los mayores cursos en el dominio alpino. Resumiendo, dentro de este dominio, se pueden diferenciar dos tipos de relieves en cuanto a su altitud: uno inferior, formado por suaves y alomadas llanuras sobre la Fm. Aldeatejada, con algunos pequeños sierros, y uno superior y más escarpado sobre las cuarcitas de Los Montalvos (Cantano, 1977; Jiménez & Arribas, 1979; Cantano & Molina, 1999; IGME 2000a).

Dominio alpino: la cuenca sedimentaria del Duero.

El dominio de los afloramientos cenozoicos que componen la cuenca se ajusta a la parte septentrional del área de estudio, si bien existen dos prolongaciones con límites difusos a través de dos cursos principales: hacia el este-sureste, el río Tormes, en una zona de planta triangular que se estrangula al encajarse el Tormes en el zócalo de la ciudad de Salamanca, en la que la topografía es inclinada y algo escalonada; y hacia el suroeste, donde la red de drenaje incide sobre los fangos y sedimentos rojos atribuidos al Mioceno inferior del extremo norte de la Fosa de Ciudad Rodrigo, provocando un sistema de terrazas escalonadas. Al norte de estas zonas, el dominio alpino es dominante, con mesas y resaltes estructurales a favor de las capas más duras generalmente debidos a procesos de carbonatación, sin olvidar los sistemas de terrazas que el Tormes ha originado sobre estos sedimentos (altas plataformas o sistemas de terrazas escalonadas). Por tanto, debido a la disposición horizontal o subhorizontal de los estratos, las diferenciaciones en el relieve se producirán en función de la dureza de los sedimentos, formándose superficies planas por erosión diferencial. Por tanto, a nivel general, el relieve es fruto de procesos erosivos y/o de deposición, originando diferentes superficies escalonadas (Cantano & Molina, 1999; IGME, 2000a; 2000 b).

2.3.3. Análisis del modelado

Como consecuencia de la actuación de los agentes geodinámicos externos sobre los diferentes materiales que conforman la superficie del terreno, se originan una serie de formas debidas tanto a la erosión de los materiales como a su deposición, y que se agrupan en sistemas morfogenéticos según el agente y el proceso que las ha originado. Estas formas sobre el terreno, denominadas como unidades geomorfológicas, se han agrupado a su vez en tres grandes bloques (interfluvios –son las zonas más altas, y separan distintos cursos de agua de los pequeños afluentes del Tormes en este tramo, dentro de la cuenca del mismo-, valles –agrupa a las formas asociadas a procesos fluviales- y superficies de enlace –que agrupa a las unidades que sirven de transición entre los anteriores medios-), atendiendo principalmente a criterios fisiográficos (Molina, 1991; Martínez-Graña, 2010).

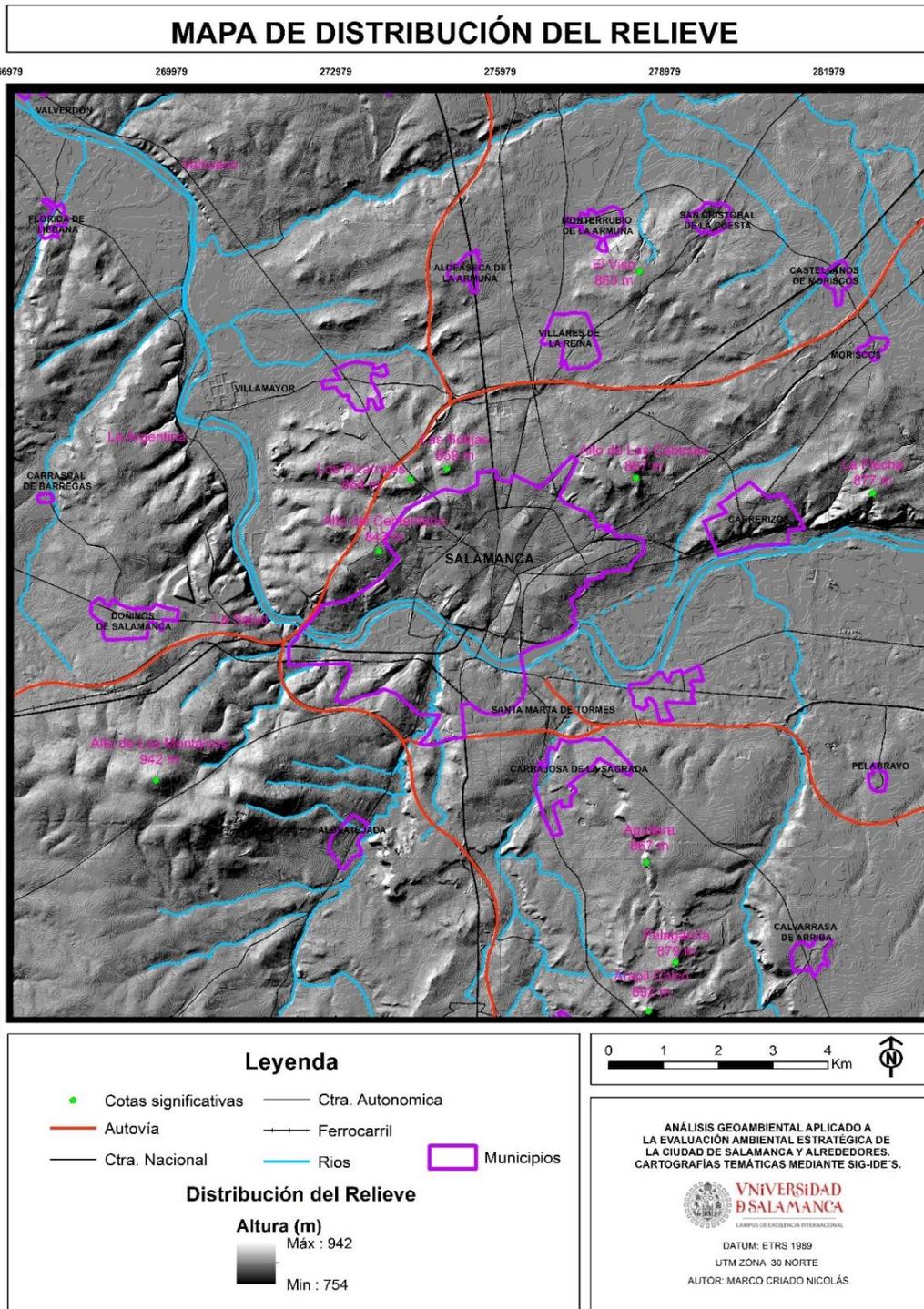


Figura 23. Mapa con la distribución del relieve en el sector estudiado.

Se han diferenciado 13 unidades geomorfológicas, identificándose el tipo de forma que constituyen (erosiva o de depósito) y el proceso o procesos por el que origina la génesis de cada unidad (estructural, fluvial, de gravedad, poligénico o fluvial-gravedad), y que aparecen expuestos en la Tabla de Unidades Geomorfológicas (Tabla 8). A continuación, se describen las diferentes unidades geomorfológicas presentes en la zona de estudio, y que han sido representadas como áreas cerradas en el mapa cartográfico correspondiente (Fig. 24).

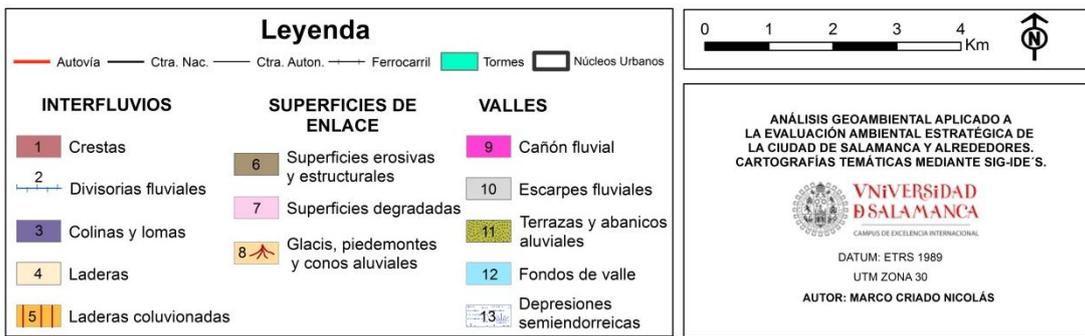


Figura 24. Mapa Geomorfológico de la zona de estudio.

Interfluvios.

Agrupación a las unidades geomorfológicas relacionadas con las formas de sierras.

Crestas (1)

Son formas erosivas típicas de los dominios morfoestructurales de las sierras, y que presentan morfogénesis estructural (García de Figuerola & Parga, 1971). En la zona son poco representativas, existiendo crestas únicamente cuarcíticas, que debido a su mayor resistencia a la erosión han quedado conservadas, constituyendo así las mayores elevaciones del sector de estudio, presentes en Los Montalvos (Fig. 25). Se presentan como bandas cuarcíticas relativamente estrechas y alargadas, a veces intersectadas por alguna arteria fluvial, en elevaciones comprendidas entre los 870 y los 940 m.



Figura 25. Crestones cuarcíticos en Los Montalvos, que originan las mayores elevaciones de la zona.

	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	MORFOGÉNESIS	TIPO FORMA	
INTERFLUVIOS	1	Crestas	Estructural	
	2	Divisoria fluvial	Fluvial	
	3	Colinas y lomas	Fluvial-gravedad	
	4	Laderas		
	5	Laderas coluvionadas	Gravedad	Depósito
SUPERFICIES DE ENLACE	6	Sup. erosivas y estructurales	Poligénica	Erosiva
	7	Superficie degradada		
	8	Piedemontes, glacis y conos	Fluvial-gravedad	Depósito
VALLES	9	Cañón fluvial	Fluvial	Erosiva
	10	Escarpe fluvial		
	11	Terrazas y abanicos alúvicos		
	12	Aluvial y fondos de valle	Fluvio-palustre	Depósito
	13	Depresiones semiendorreicas		

Tabla 8. Tabla con las Unidades Geomorfológicas identificadas, morfogénesis y tipo de forma.

Divisorias fluviales (2)

Son formas erosivas, de morfogénesis fluvial, con presencia testimonial en el área estudiada, restringiéndose al entorno del sector de Los Montalvos. Su poca entidad queda reflejada en la escasa importancia cartográfica que poseen, presentándose como bandas muy estrechas y alargadas. La incisión fluvial sobre los materiales presentes en las laderas de este macizo, y sobre las pizarras del CEG, ha modelado un conjunto de pequeñas divisorias fluviales entre las vaguadas de formas inclinadas en los arroyos de la zona, no comparables a las que se puedan desarrollar en zonas de cabecera de grandes ríos y sierras, pero que sí son identificables como tal. Presentan aristas relativamente anchas y curvadas, lo que indica una erosión poco acentuada (Fig.26).



Figura 26. Pequeña divisoria fluvial en el sector oriental del sinclinal de Los Montalvos.

Colinas y lomas (3)

Se trata de formas erosivas de morfogénesis mixta (fluvial y gravedad), que presentan formas más o menos alargadas y/o redondeadas, y se distribuyen irregularmente por el sector de estudio. Aparecen desarrolladas sobre todo tipo de materiales paleozoicos y neógenos, pero estos últimos, debido a su menor dureza, son más erosionables (Unidad Roja y Areniscas), lo que ha provocado que pocas de estas zonas se hayan preservado, apareciendo en general terrenos muy ondulados típicos de la penillanura. No obstante, sobre los materiales paleozoicos, más duros, estas formas son más frecuentes, especialmente en el sector suroccidental del área de estudio. También se manifiestan en Los Pizarrales-Salamanca (Fig. 27), en Cabrerizos, Arapiles, Villamayor o Valverdón.



Figura 27. Colina y terreno alomado en el entorno de Los Montalvos.

Laderas (4)

Son formas erosivas y de morfogénesis mixta en la que intervienen procesos ligados a la dinámica fluvial y gravitacional, y que normalmente aparecen ligados a los relieves. En el área estudiada, no existen laderas con grandes desniveles debido a la poca variedad de relieves, pero si aparecen laderas extensas, generalmente tendidas, típicas de la penillanura zamorano-salmantina, que en las zonas cercanas a las crestas cuarcíticas de Los Montalvos (Fig. 28) y a los escarpes del Tormes alcanzan mayores desniveles. En esta unidad, no se incluyen las laderas con coluviones o derrubios de ladera. Las laderas se desarrollan sobre materiales del zócalo (pizarras mayoritariamente) o sobre los materiales de la Cuenca del Duero. Son frecuentes en el sector de Los Montalvos, en las inmediaciones de los arroyos que drenan el CEG y en las inmediaciones de las superficies estructurales presentes en la comarca de La Armuña, siendo muy comunes por tanto en toda la mitad norte del área estudiada.



Figura 28. Ladera sobre arenisca situada al norte de la ciudad de Salamanca.

Laderas coluvionadas (5)

Están formadas por coluviones debido a la acción combinada del agua y de la gravedad en vertientes. Son formas de depósito y morfogénesis gravitacional, no muy significativas en la zona debido a su escasa extensión, y destacando dos morfotipos: las pedrizas sueltas (canchales), con planta triangular, dirigida hacia la cabecera de los barrancos en Los Montalvos (no cartografiados debido a su escasa extensión); y coluviones arenoso-limosos alargados y estrechos, que regulan los fuertes escarpes del Tormes sobre materiales paleógenos arcóscicos. Los principales depósitos de este tipo, son los coluviones de naturaleza arenosa ligados a dinámica gravitacional. Destacan a lo largo de la margen derecha del Tormes en las inmediaciones de Cabrerizos, situados sobre las laderas del escarpe de dicho municipio, si bien existen otros de menor entidad, como los situados en Carbajosa de la Sagrada o Florida de Liébana.

Superficies de enlace.

Son aquellas superficies inclinadas que sirven en condiciones normales de transición entre los dominios ligados a las sierras (interfluvios) y a los valles (terrazas y cauces). No obstante, en el sector estudiado, la ausencia de grandes relieves, excepto Los Montalvos, dentro del dominio varisco, hace que en los terrenos situados bajo el dominio alpino estas unidades representen las formas más antiguas y elevadas.

Superficies erosivas y estructurales (6)

Son formas de erosión de morfogénesis mixta (poligénica), que cuentan con una importante representación en la zona, especialmente en la mitad norte. Se trata de superficies planas originadas por la erosión de materiales cenozoicos blandos (superficies de erosión), o constituidas por tramos aflorantes de materiales duros (superficies estructurales), difícilmente erosionables (Fig. 29). Estas últimas son más frecuentes, desarrollándose sobre distintos materiales neógenos. Destacan estas superficies estructurales sobre materiales de la Unidad Roja (zonas donde aparecen pequeños endurecimientos de margas o caleños, normalmente asociados a perfiles de alteración rojos ligados a procesos edáficos, cuya mayor dureza permite una conservación de los mismos que originan estos resaltes planos) y sobre areniscas feldespáticas, formando grandes superficies planas (las más antiguas de La Armuña) que constituyen las cotas más elevadas de la comarca armuñesa (visibles en Villares de la Reina, San Cristóbal de la Cuesta, Monterrubio de Armuña y Castellanos de Moriscos). También existe una importante superficie sobre areniscas duras de la Fm. Salamanca (al este de Aldeatejada), y otras de menor entidad observables en Carrascal de Barregas, Los Pizarrales o Arapiles, donde existen dos superficies estructurales con forma de cerros testigo de una gran impronta en la zona: Arapil Chico y Arapil Grande.

Superficies degradadas (7)

Son formas de erosión de morfogénesis mixta (poligénica). Se trata de antiguas superficies que han sufrido los efectos de los agentes externos y se alteraron, no manifestándose en la actualidad como tal. Se caracterizan por ser superficies más o menos planas, en las que la roca se encuentra cerca de la superficie o aflorando. Aparecen en la zona sur, y sobre pizarras, principalmente en Aldeatejada, Carbajosa y de Arapiles, si bien también se manifiestan en Los Pizarrales (Fig.30).



Figura 29. A) Al fondo, superficie antigua de erosión de La Armuña; B) Superficie estructural sobre areniscas silíceas duras en Aldeatejada; C) Superficie de erosión sobre areniscas de la Fm. Salamanca en las cercanías de Los Pizarrales (Salamanca); D) Arapil Chico (Arapiles).



Figura 30. Superficie degradada sobre pizarras en la finca de Sanchoviejo (Aldeatejada).

Glacis, piedemontes y conos aluviales (8)

Se trata de formas de depósito con morfogénesis mixta (fluvial-gravedad) en el caso de los piedemontes, o morfogénesis fluvial en el caso de los glacis y conos aluviales. Se componen de capas o mantos superficiales, que dan lugar a superficies con pendientes suaves y que articulan los reducidos desniveles. Se componen principalmente de depósitos arenosos y gravas, aunque su composición varía en función del área fuente de los mismos. Aparecen estas unidades bien representadas en el sector Carbajosa-Santa Marta-Pelabravo, donde alcanzan las máximas extensiones, siendo también visibles en Florida de Liébana, Villamayor, Cabrerizos o Carrascal de Barregas (Fig. 31).



Figura 31. Piedemonte presente al norte de Carrascal de Barregas.

Valles.

Son unidades ligadas a la morfogénesis fluvial y se relacionan con la distribución de la red fluvial existente. También se incluyen aquí las formaciones endorreicas por su relación con la red hídrica (aunque carezcan de morfogénesis claramente fluvial).

Cañón fluvial (9)

Se trata de formas erosivas y morfogénesis fluvial, en las que el cauce del Tormes se encaja en las pizarras ordovícicas del zócalo debido a su acción erosiva. En la zona comprendida aguas abajo del barrio salmantino de Tejares, y hasta la altura de la depuradora de la capital, se produce un estrangulamiento del río en el que el mismo se ha encajado entre paredes pizarrosas prácticamente verticales (paraje de La Salud), que salvan desniveles que oscilan entre los 8 y los 20 m. siendo el único tramo en el que el Tormes atraviesa el basamento varisco (Fig.32).



Figura 32. Cañón fluvial en el Tormes, en el paraje “La Salud”, aguas abajo de Salamanca.

Escarpes fluviales (10)

Son formas erosivas y morfogénesis fluvial distribuidos por distintas zonas del sector siendo el mejor ejemplo el escarpe de Cabrerizos, desarrollado sobre areniscas de la Fm.

Cabrerizos (Fig. 33), que constituyen la parte superior del mismo, estando la parte inferior inmersa prácticamente en el cauce del Río Tormes. Destacan los coluviones presentes en las laderas de este escarpe, constituidos por material proveniente de las partes altas del mismo, si bien estas se han considerado una unidad distinta (laderas coluvionadas). Los escarpes fluviales se disponen cartográficamente como una banda estrecha y alargada, que se extienden junto a la margen derecha del Tormes desde la parte más oriental del sector estudiado, hasta el teso de San Vicente, ya en la capital salmantina. Además, tras su paso por Villamayor, se presentan otros dos escarpes en el Tormes, ligados a cambios de rumbo que efectúa el cauce: en la zona de la Argentina, en la que se salva un desnivel de 25 m., y en la zona del Parque de Valcuevo, en la que el desnivel es menor pero el escarpe abarca mayor extensión. Por otro lado, en el cuadrante suroriental del sector de estudio, se encuentran pequeños escarpes fluviales asociados a cursos de agua de menor entidad, que en la mayoría de los casos se presentan en el margen derecho de los mismos, debido al basculamiento de todas las sierras hacia el noreste, lo que provoca el desplazamiento de estos arroyos en esa misma dirección. Se trata de incisiones sobre el terreno, al ir los arroyos erosionando materiales de menor competencia adyacentes a materiales más resistentes que han perdurado, formando escarpes con alturas entre los 5 y 20 m., presentando resaltes con paredones verticales o tendidos. Son visibles junto a Calvarrasa de Arriba, en la zona de Pelagarcía (Aldeatejada-Carbajosa) o en Monterrubio de Armuña.



Figura 33. Escarpe fluvial, asociado al Tormes, en Cabrerizos.

Terrazas y abanicos aluviales (11)

Son formas de depósitos originadas por la acumulación de material erosionado y transportado por la acción del agua (morfogénesis fluvial). Destaca el sistema de terrazas de la margen izquierda del Tormes (Fig. 34), que ocupa la mayor parte del sector suroriental, siendo también visibles entre Doñinos y Florida de Liébana, siendo escasas en la margen derecha (presentes en Villamayor y Valverdón).

Los niveles de terrazas más altos, pertenecientes al Pleistoceno Inferior y visibles en las inmediaciones de Calvarrasa de Arriba y en Cabrerizos, son planos, con escalones medio borrados e inclinados hacia el N-NE, con una cota relativa respecto al cauce actual de +70-140 m. Bajo estas, se desarrolla otro nivel de terrazas con una cota relativa sobre el cauce de +30-70 m., pertenecientes al Pleistoceno Medio, observables en la margen izquierda del Tormes en los municipios de Pelabravo, Santa Marta y Carbajosa, que se solapan o encajan a medida que se acerca el estrechamiento del río en

la zona de Tejares (Salamanca). La continuidad de estas aparece tras el encajamiento, al norte de Doñinos. Desarrollados durante el Pleistoceno Superior, se sitúan a una cota relativa +8-30 m., los niveles más próximos a la llanura de inundación, observables en las localidades de Villamayor, Carrascal de Barregas y Florida de Liébana, los cuales presentan planos de terraza solapados, bien diferenciados por escalones, apareciendo a veces áreas mal drenadas, conos de deyección (ligados a la desembocadura de la red de cursos secundarios al valle del Tormes) y aluviones. Por último, con cotas relativas menores a 8 metros, y desarrolladas durante el Holoceno, aparecen sistemas de terrazas con escalones muy tendidos, pertenecientes a lo que sería la llanura de inundación, y que en algunos puntos abarcan importantes extensiones, como en Valverdón, Florida de Liébana, Villamayor, Salamanca y Pelabravo. La prolongación de los sistemas de terrazas hacia los cursos secundarios es poco frecuente (Goy et al., 2019).

Además, aparecen abanicos aluviales asociados a las terrazas en algunas zonas, si bien su extensión en la zona estudiada es poco significativa. Estos abanicos representan depósitos muy planos y poco inclinados, generalmente sobre terrazas fluviales, y con un radio mayor a 800 m., observables en Santa Marta de Tormes y en Florida de Liébana.



Figura 34. Terrazas altas del Tormes en el camino que une Calvarrasa y Pelabravo.

Aluviales y fondos de valle (12)

Diseminados por toda el área de estudio y relacionados con los pequeños cursos de agua que conforman la actual red de drenaje, aparecen depósitos aluviales de variable composición y escaso espesor, de formas planas y de planta alargada y estrecha, que en este trabajo se han denominado como fondos de valle (Fig. 35).

Áreas semiendorreicas (13)

Son zonas deprimidas que presentan fenómenos de retención de agua, decantaciones, desarrollo de hidromorfismo y generación de suelos. Se desarrollan en zonas de escasa pendiente, con drenaje deficiente y generalmente con encharcamiento temporal. La zona de mayor extensión e importancia se encuentra en el extremo norte del área de estudio, en las inmediaciones de Monterrubio de Armuña, si bien existen otras áreas que

presentas estas condiciones, pero no de una manera tan acusada y clara. La Depresión de Monterrubio es una zona de acumulación hídrica de unos 4 km² donde convergen una serie de pequeños arroyos que provocan su inundación temporal, creando una pequeña cuenca interior, que desapareció a mediados del siglo pasado debido al drenaje de la misma que se efectuó al abrir una zanja que comunicara la misma con el Arroyo de la Encina. Además, se encuentra colmatada por arcillas grises oscuras y negras, y posee eflorescencias salinas en superficie, nivel freático muy elevado y un microrrelieve tipo “gilgai” característico (Fig. 36).

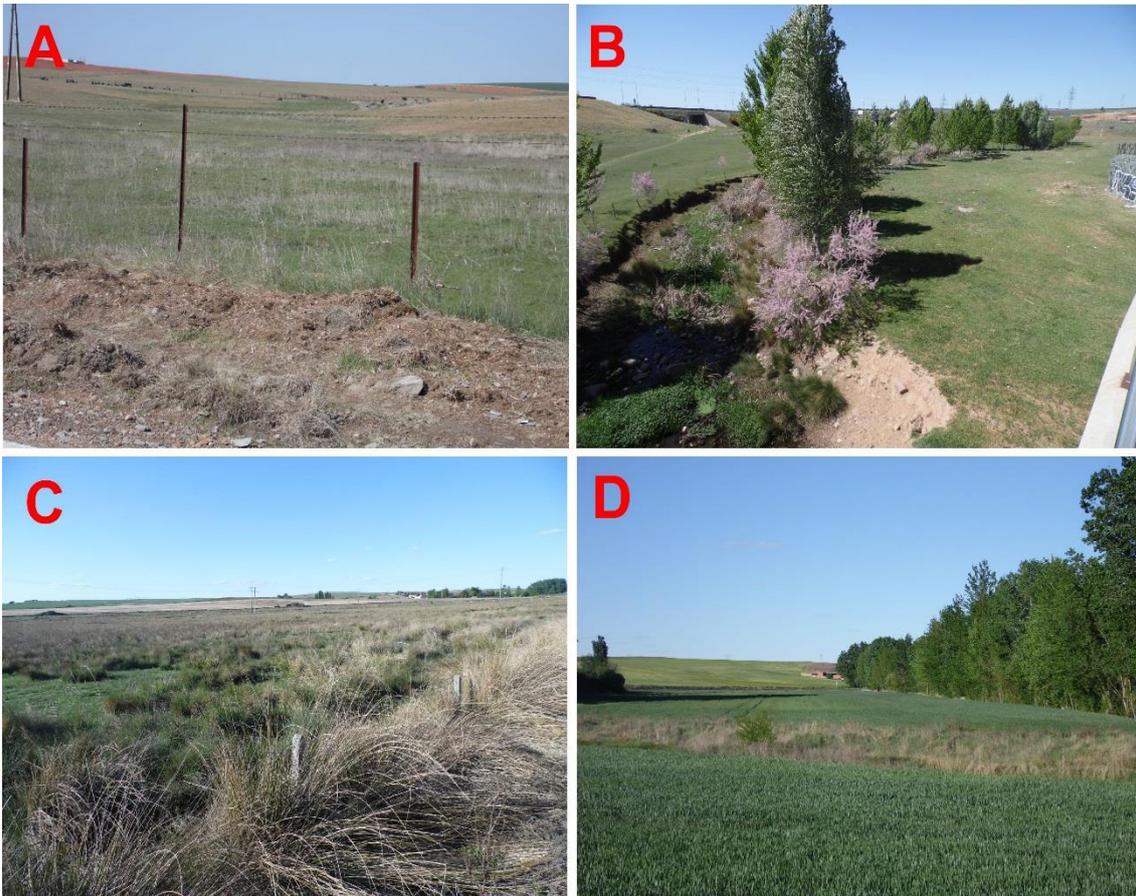


Figura 35. A) Fondo de valle de un pequeño arroyo en Aldeatejada; B) Aluvial y fondo de valle del Arroyo del Zurguén a su entrada en la ciudad de Salamanca; C) Depósitos aluviales del Arroyo de la Encina (Villamayor); D) A veces, estos depósitos aluviales son labrados (Mozodiel, Villamayor).



Figura 36. Depresión de Monterrubio, la mayor zona semiendorreica del sector de estudio.

3.4. Vegetación.

3.4.1. Introducción.

El objetivo de este apartado no persigue realizar un catálogo florístico exhaustivo de la zona, pero por [ANTHOS \(2016\)](#) sabemos las especies y subespecies presentes en el área de estudio, y que, para el municipio de Salamanca, por ejemplo, se han registrado 1021 especies y subespecies de plantas vasculares. No obstante, se pretende determinar los distintos tipos de comunidades vegetales presentes en el área de estudio, definiendo las series y asociaciones vegetales existentes en la misma, señalando los diversos factores del medio que hacen que se produzca esta variabilidad de vegetación. Así mismo, se van a identificar los diferentes tipos de Hábitats de Interés Comunitario (HIC) existentes, tanto naturales como seminaturales, definidos por la Directiva 92/43/CEE, con el objetivo de proporcionarles protección.

La gran alteración antrópica que desde hace siglos ha sufrido el medio físico de la zona de estudio, debido principalmente a la buena capacidad de acogida agrícola que poseen estos suelos, ha provocado el desmantelamiento de gran parte de la cubierta vegetal natural, por lo que en la actualidad sólo se observan pequeños reductos de la vegetación clímax de la zona, repartidos irregularmente por el entorno, preferentemente en lugares con malas aptitudes para el desarrollo agrícola (escarpes, tesos, afloramientos rocosos o cursos de agua y sus inmediaciones).

Salvador Rivas-Martínez, máximo exponente en el desarrollo e implantación del método fitosociológico para el estudio de la vegetación española, contempla tres ciencias geobotánicas, es decir, aquellas que estudian la relación entre la vegetación y el medio que las sustenta: Biogeografía, Bioclimatología y Fitosociología ([Peinado & Rivas-Martínez, 1987](#)). La Biogeografía trata la distribución de los seres vivos en la Tierra, estableciendo para ello unos territorios geográficos, cuya jerarquía es: reino, región, provincia y sector. Por otro lado, la Bioclimatología es la ciencia que estudia la relación entre los seres vivos y el clima (especialmente con los factores temperatura y precipitación), estableciendo espacios termoclimáticos (pisos bioclimáticos) que se suceden en una cliserie altitudinal o latitudinal, diferenciándose en función de aquellas fitocenosis que presentan correlaciones con determinados intervalos termoclimáticos, apareciendo en cada región biogeográfica sus particulares pisos bioclimáticos. Por último, la Fitosociología es la ciencia que estudia a las comunidades vegetales presentes en un territorio, por lo que es una ciencia esencial para describir el paisaje vegetal. Para ello emplea el método fitosociológico, compuesto por una primera etapa analítica de confección de inventarios; y una segunda fase sintética de comparación de los inventarios en la cual se elaboran distintas tablas en las que se reflejan los caracteres cuantitativos de las comunidades, especialmente la abundancia y la fidelidad, estableciéndose finalmente la tipología fitosociológica

3.4.2. Biogeografía y bioclimatología de la zona de estudio.

El siguiente esquema, basado en diversos estudios de la zona ([Navarro & Valle, 1987](#); [Valle, 2005](#)), muestra el encaje biogeográfico de la ciudad de Salamanca y alrededores, en línea a lo establecido por Rivas-Martínez ([Rivas-Martínez, 1987](#)):

- Reino Holártico.
 - Región Mediterránea.
 - Subregión Mediterránea occidental:
 - ➔ Superprovincia Mediterráneo-Iberatlántica
 - Provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa
 - Sector Salmantino
 - **Distrito Bajosalmantino**
 - ➔ Superprovincia Mediterráneo-Iberolevantina
 - Provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega
 - Sector Castellano duriense
 - **Distrito Guareño-Armuñense**

Así, la zona se encuadra en la Región Mediterránea, subregión Mediterránea Occidental, diferenciándose dos superprovincias: la Mediterráneo-Iberatlántica, en la que se encuentra el Sector Salmantino (Distrito Bajosalmantino) dentro de la provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa; y la Mediterráneo-Iberolevantina, en la que dentro de la provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega aparece el Sector Castellano duriense (Distrito Guareño-Armuñense) (Rivas-Martínez & Penas, 2003) (Fig. 37). El Distrito Bajosalmantino constituye gran parte de la zona de estudio, a excepción de la zona nororiental, donde aparece el Distrito Guareño-Armuñense. El Sector Salmantino se caracteriza por la vegetación silicícola que alberga, desarrollada sobre materiales ácidos como pizarras, cuarcitas o areniscas silíceas, mientras que el Sector Castellano Duriense se caracteriza por la aptitud basófila de la flora y vegetación que alberga, desarrollada sobre suelos calizos formados a partir de sedimentos miocénicos con carbonatos. No obstante, en algunas ocasiones aparecen a cierta distancia del límite entre ambos sectores o provincias corológicas, elementos basófilos dentro del Sector Salmantino (García-Baquero, 1996), lo que podría hacer dudar de la exactitud de los límites entre ambos sectores. Sin embargo, este fenómeno se debe a pequeños afloramientos geológicos de naturaleza basófila o carbonatados, en sustratos de marcado carácter ácido. Finalmente, desde el punto de vista bioclimático, Salamanca se encuadra en el piso supramediterráneo (Rivas-Martínez & Penas, 2003) (Fig. 38), seco y frío (Ladero et al. 1994), si bien en las cotas más bajas, ligadas al valle del Tormes, en exposiciones de solana, pueden aparecer comunidades vegetales típicas del piso mesomediterráneo.

3.4.3. Series de Vegetación y comunidades vegetales.

Para la caracterización de la vegetación de Salamanca y alrededores, se toman como referencia estudios realizados en el entorno (García-Baquero, 1996; Valle & García-Baquero, 1997; García-Baquero & Valle, 1998; Gómez, 2002; Marcos, 2010; Santos-Francés & Martínez-Graña, 2014). Estos autores emplearon para analizar la vegetación el método fitosociológico sigmatista de Zürich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1979), desarrollado por sus discípulos (Géhu & Rivas-Martínez, 1981; Rivas Martínez, 1987.).

En el entorno de Salamanca se pueden distinguir hasta 52 asociaciones vegetales, pertenecientes a 6 series de vegetación, dos de ellas climatófilas, y el resto edafohigrófilas (García-Baquero, 1996; García-Baquero & Valle, 1998), presentándose a continuación y en base a estos trabajos una caracterización de la vegetación del sector.

Series climatófilas.

Serie supramediterránea salmantina, lusitanoduriense y orensano-sanabriense, silicícola, de la encina carrasca (*Genisto hystricis-Quercus rotundifoliae* S.):

Se desarrolla sobre el Sector Salmantino, distribuyéndose principalmente al sur del Tormes y sobre materiales silíceos (cuarcitas, pizarras y areniscas silíceas). Debido al uso agrícola y principalmente ganadero de las zonas sobre las que se distribuye, aglutina a la vegetación seminatural presente en los encinares o carrascales adhesionados, típicos del Campo Charro. Por tanto, la clímax de la serie sería un encinar de *Genisto hystricis-Quercetum rotundifoliae*, con *Quercus faginea* en las zonas más húmedas (*Genisto hystricis-Quercetum rotundifoliae* subas. *quercetosum fagineae*) si bien debido al uso del suelo aparecen principalmente sus etapas de sustitución fundamentalmente empradizados de *Poa bulbosa* L. (*Festuco amplae-Poetum bulbosae*) si son pastados por ganado ovino o pastos de *Agrostio castellanae-Arrhenatheretum bulbosi* en presencia de ganadería bovina, con matorrales florísticamente empobrecidos principalmente en las etapas de abandono que contienen *Lavandula pedunculata* (Miller) Samp., *Cytisus multiflorus* (L'Hér.) Sweet y *Genista hystrix* Lange-, y aunque de una forma escasa, también se desarrollan retamares de *Cytisus scoparii-Retametum sphaerocarphae*. Además, en pequeños bodones se desarrollan las comunidades de nanoterófitos de *Myosuro-Bullardietum vaillantii*, y sobre substratos pizarrosos empobrecidos alcanzan su óptimo, tomillares de *Thymo zygidis-Plantaginetum radicatae* y lastonares xerófilos de *Centaureo ornatae-Stipetum lagascae*.

Serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega, basófila, de la encina (*Junipero thuriferae-Quercus rotundifoliae* S.):

Se extiende en forma de cuña por el Sector Castellano Duriense desde la capital salmantina hacia el norte, abarcando toda la zona noreste del área de estudio (La Armuña). Es una zona muy alterada debido al intenso laboreo de los sustratos, lo que ha provocado el desmantelamiento casi total del encinar con sabinas climácico (*Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae*), y de su primera etapa de sustitución, un retamar con aulagas (*Genisto scorpii-Retametum sphaerocarphae*), de los que apenas restan ejemplos en algún teso circundante. Bajo los encinares, en condiciones de sombra, aparece la comunidad escío-nitrófila *Galio aparines-Anthriscetum caucalidis*. La serie se completa con los salviares de *Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae* y los pastizales terofíticos de *Velezio rigidae-Asteriscetum aquatica*, los cuales pueden evolucionar a microcomunidades de *Coronopo squamati-Sclerochloetum durae* y *Spergulario-Matricarietum aurae* por pisoteo o compactación, si bien por nitrificación también pueden ser relegados por otras comunidades. Por otro lado, los cultivos tradicionales de cereales y leguminosas, posibilitan el desarrollo de las comunidades de *Ceratocephalo falcatae-Androsacetum maximae*, *Roemerio hybridae-Hypecoetum penduli* y *Centaureo cyani-Raphanetum microcarpi*, que actualmente son prácticamente inexistentes debido al uso generalizado de herbicidas en las labores agrícolas.

Vegetación edafohigrófila.

La vegetación riparia del Tormes y afluentes, si bien está bastante alterada, aún conserva cierta biodiversidad, distinguiéndose hasta cuatro series de vegetación, cuyas comunidades clímax son olmedas de apetencias basófilas, prácticamente desaparecidas

(*Aro italicum-Ulmetum minoris* S.), alisedas en depósitos aluviales arenosos (*Galio broteriani-Alnetum glutinosae* S.), choperas con grandes sauces (*Populo nigrae-Saliceto neotrichae* S.) y saucedas arbustivas (*Saliceto salvifolio-lambertiana* S.). Apenas restan comunidades forestales conservadas, únicamente algunas alisedas del Tormes con difícil acceso. Por último, existen tres tipos de juncales (los fuertemente nitrificados y pisoteados de *Mentha suaveolentis-Juncetum inflexi*, los basófilos de *Cirsium longespinosum-Holoschoenetum* y los acidófilos de *Trifolium resupinatum-Holoschoenetum*) y siete tipos de fitocenosis helofíticas: comunidad de *Typha domingensis* (Pers.) Steudel, comunidad de *Typha x provincialis* Camus, *Typha-Phragmitetum australis*, comunidad de *Iris pseudacorus* L., *Rorippa microphylli-Sparganietum erecti*, *Helosciadietum nodiflori* y *Glycerio declinatae-Eleocharitetum palustris*.

3.4.4. Hábitats de Interés Comunitario (Directiva 92/43/CEE).

La directiva 92/43/CEE relativa a la conservación de los Hábitats, en su Anexo I, relaciona los diferentes tipos de hábitats naturales merecedores de protección, así como la de la fauna y flora silvestre asociada, calificando a los más ricos y valiosos como “Prioritarios” (Escudero et al., 2008). En el área estudiada, diversos estudios (Valle & García-Baquero, 1995; Valle & Lozano, 1994) han identificado los Hábitats de la Directiva presentes (Tabla 9), los cuales se representaron cartográficamente dando lugar al Mapa de Vegetación (Fig. 39) que contiene las áreas de vegetación natural y seminatural que aún se conservan en la zona, excluyéndose las extensiones agrícolas. Estos hábitats son de un gran valor ambiental en esta área, pues suponen los últimos reductos de la vegetación originaria en un entorno con una gran incidencia antrópica. Por ello, la ordenación y planificación territorial debe tener en cuenta estas áreas de alto valor ecológico y ambiental, garantizando su protección.

Caracterización de los hábitats.

Encinares.

Constituyen la vegetación clímax del sector, siendo en su día muy extensos, pero en la actualidad se limitan a pequeños reductos en zonas protegidas por sus condiciones (zonas escarpadas, rocosas, etc). Como se ha dicho, se diferencian dos tipos de encinares: al sur (en el sector de Los Montalvos, Carrascal de Barregas, Carbajosa, Calvarrasa, Aldeatejada y Arapiles), aparece los encinares típicos del Campo Charro salmantino, sobre litología silicícola (Fig. 40), definidos por la asociación *Genisto hystricis-Quercetum rotundifoliae* (834013) y que normalmente presentan pastizales de interés (majadales y vallicares), y pueden encontrarse adhesados (531013); y desde el noreste hacia el este se inserta una cuña con los materiales basófilos, por lo que aparecen otras especies, quedando definido esta encina basófilo (Valverdón, Villamayor o Florida de Liébana) por la asociación *Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae* (834033).

TIPOS DE HÁBITATS NATURALES Y SEMINATURALES DE LA CIUDAD SALAMANCA Y ALREDEDORES.			
Hábitat	Alianza / Asociación	Denominación	Ubicación
141030	<i>Puccinellion caespitosae</i>	Praderas continentales de aguas estancadas	Las Abuelas, depresión de Monterrubio de la Armuña
141032	<i>Plantagini maritimae-Camphorosmetum monspeliacae</i>	Pastizales halófilos salinos con alcanforadas	Depresiones con materiales basófilos en la zona de Monterrubio de Armuña y alrededores
151055	<i>Parapholido incurvae-Frankenietum pulverulentae</i>	Pastizales anuales preestivales de saladares continentales manchegos	Las Abuelas, depresión de Monterrubio de la Armuña
151057	<i>Polypogono maritimi-Hordeetum marini</i>	Pastizales de espigueras y pelujos	Las Abuelas, depresión de Monterrubio de la Armuña
226011	Comunidad de <i>Ranunculus penicillatus</i>	Asociación propia de aguas corrientes oxigenadas meso-eutrofas	Aguas corrientes del Tormes a su paso por Salamanca
309094	<i>Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae</i>	Salviares y esplegares meso-supramediterráneos secos castellanos	Tesos basófilos de La Flecha y La Granja (Cabrerizos), La Moral y La Argentina (Carrascal de Barregas); arroyo Encina
433513	<i>Cytiso multiflori-Retametum sphaerocarpace</i>	Retamares con escoba blanca toledano-taganos	Laderas en la zona Peña Alta-La Salud (Salamanca)
433524	<i>Genisto scorpii-Retametum sphaerocarpace</i>	Retamar basófilo castellano duriense con aulagas	Tesos basófilos de La Flecha y La Granja (Cabrerizos), La Moral (Villamayor) y La Argentina (Carrascal de Barregas)
52204F	<i>Velezio rigidae-Asteriscetum aquatica</i>	Pastizales anuales basófilos luso-extremadurenses	Teso de La Argentina (Carrascal de Barregas), zona de La Moral (Villamayor) y escarpes en arroyo de la Encina
522052	<i>Festuco amplae-Poetum bulbosae</i>	Majadales silicícolas supramediterráneos	Muy extendidos por las inmediaciones de pequeños arroyos que discurren sobre litología silicícola
522054	<i>Trifolio ornithopodioidis-Poetum bulbosae</i>	Majadales subhalófilos	Valles y arroyos en las inmediaciones de San Cristóbal de la Cuesta y de Castellanos de Moriscos
531013	<i>Genisto hystricis-Quercetum rotundifoliae</i>	<i>Genisto hystricis-Quercetum rotundifoliae</i> dehesa	Tesos y laderas con encinar aclarado para uso ganadero
542014	<i>Cirsio longespinosi-Holoschoenetum</i>	Juncal churrero basófilo	Arroyo de la Encina
54201P	<i>Trifolio resupinati-Holoschoenetum</i>	Juncal churrero ibérico occidental	Arenal del Ángel (Cabrerizos)
551011	<i>Agrostio castellanae-Arrhenatheretum bulbosi</i>	Prado de siega noroccidental oligótrofo	Muy extendidos por las inmediaciones de pequeños arroyos que discurren sobre litología silicícola
81E022	<i>Galio broteriani-Alnetum glutinosae</i>	Alisedas supramediterráneas occidentales	Ribera del Tormes a la altura de Santa Marta y zona de la Serna-Aldehuela.
82A033	<i>Salici neotrichae-Populetum nigrae</i>	Alamedas	Poblaciones poco numerosas, alteradas y de distribución irregular a lo largo del cauce del Tormes
82A056	<i>Salicetum salviifoliae</i>	Saucedas salvifolias	Márgenes del Tormes aguas debajo de Salamanca, zonas de El Canto, Valcuevo y Valverdón.
834013	<i>Genisto hystricis-Quercetum rotundifoliae</i>	Encinar silicícola	Sector Los Montalvos (Carrascal de Barregas y Salamanca)
834033	<i>Junipero thuriferae-Quercetum rotundifoliae</i>	Encinar basófilo	Escarpes en Teso de La Argentina (Carrascal de Barregas)

Tabla 9. Tabla con los Hábitats de la Directiva identificados en el sector estudiado según [Valle & García-Baquero \(1995\)](#) y [Valle & Lozano \(1994\)](#).

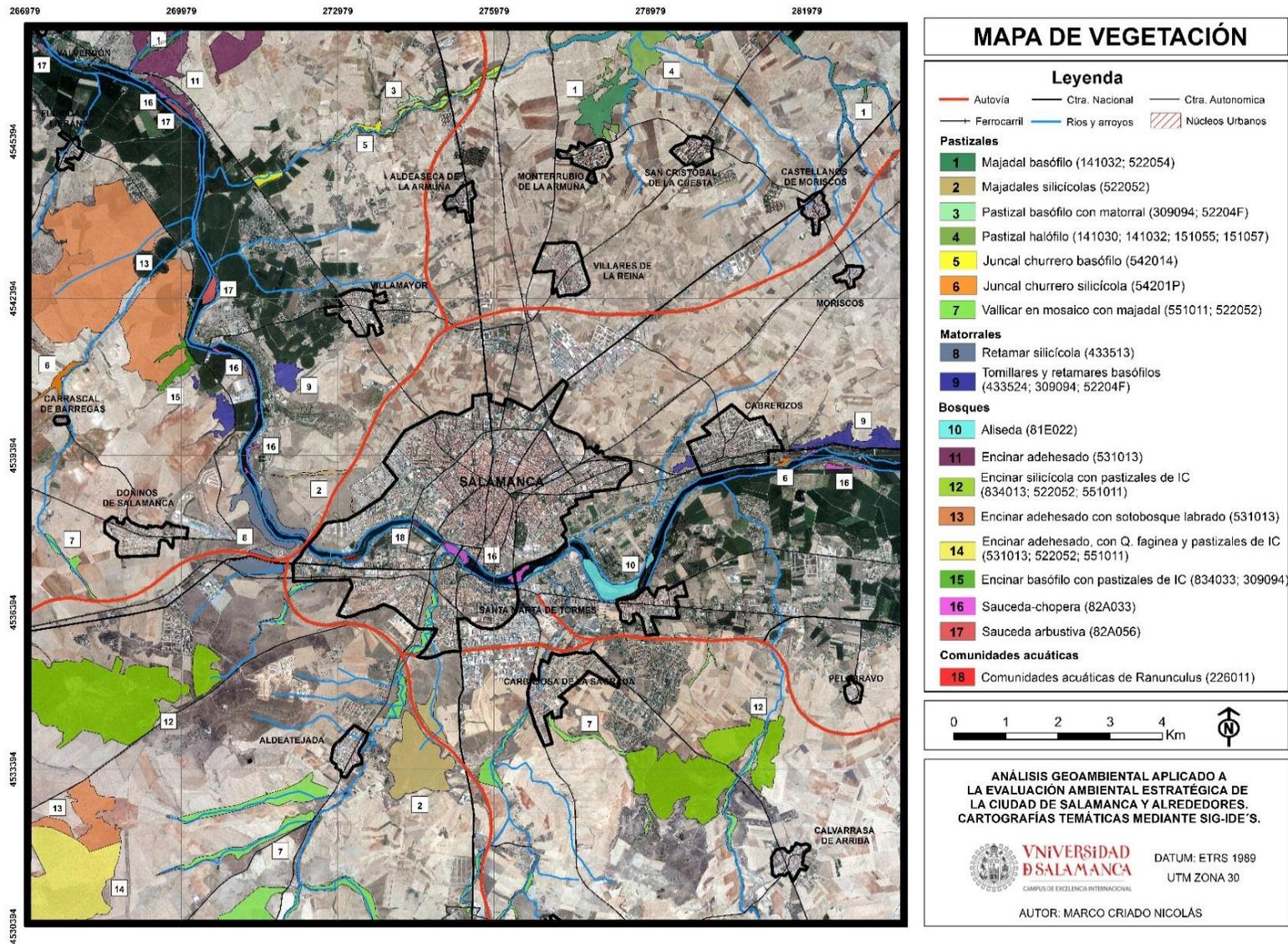


Figura 39. Mapa de Vegetación de la zona de estudio.



Figura 40. *Genisto hystricis-Quercetum rotundifoliae* (834013, Encinar silicícola).

Vegetación de Ribera.

La alteración antrópica también ha afectado a la vegetación de ribera. Ésta ha sido desmantelada en gran parte de los tributarios del Tormes, quedando pequeños reductos aislados, excepto en el caso del Zurguén que conserva parte de esta vegetación, si bien bastante alterada. Las mayores de estas masas, también alteradas, están en el Tormes. Con portes arbóreos, se identifican alisedas de la asociación *Galio broteriani-Alnetum glutinosae* (81E022) únicamente en Santa Marta, ya que éstas han sido intensamente explotadas antiguamente. La vegetación arbórea característica del Tormes la constituyen las saucedas-choperas y alamedas de *Salici neotrichae-Populetum nigrae* (82A033) en poblaciones irregulares a lo largo del cauce. Además, hay indicios de la existencia en el pasado de alamedas albares (*Rubio tinctorum-Populetum albae*, 82A034). Al estrato arbustivo pertenecen las comunidades de *Salicetum salviifoliae* (82A056), constituyendo estas saucedas arbustivas las mayores masas de este tipo de vegetación edafohigrófila. Con menor porte, y siendo frecuentes a las orillas del cauce, aparecen grandes comunidades de *Typha sp.* (carrizales o juncales), que, aunque no están considerados como HIC, tienen una gran importancia en la ecología del lugar (Fig. 41).



Figura 41. Vegetación de ribera típica del Tormes (Villamayor): A) Choperas; B) Saucedas; C) Carrizal.

Matorrales.

Al igual que en otras formaciones vegetales, en el caso de los matorrales también se distinguen dos tipos en función de su desarrollo sobre sustrato ácido o básico. Sobre las pizarras aflorantes en la zona de La Salud, al suroeste de Salamanca, y sobre suelos ácidos, se identifican retamares silicícolas (Fig. 42) definidos por *Cytiso multiflori-Retametum sphaerocarphae* (433513). Por otro lado, sobre suelos con carbonatos, básicos, como los situados en escarpes como el de Cabrerizos o La Argentina (Villamayor y Carrascal de Barregas) aparecen retamares basófilos de *Genisto scorpii-Retametum sphaerocarphae* (433524), apareciendo junto a estos salviares, espegares y tomillares de *Lino differentis-Salvietum lavandulifoliae* (309094) y pastizales basófilos definidos por *Velezio rigidae-Asteriscetum aquaticae* (52204F).



Figura 42. Retamar silicícola en el paraje de La Salud (Salamanca).

Pastizales.

El sector estudiado presenta diversidad de formaciones herbáceas de interés debido a las diferentes condiciones de acidez o salinidad. Los más abundantes son los pastos típicos del campo charro y que se presentan sobre los materiales silicícolas de la zona sur. Estos pastos aparecen ligados a los pequeños cursos de agua que se encuentran diseminados por el área estudiada, y que presentan una distribución característica en relación al gradiente de humedad existente (Fig. 43): en las zonas más bajas, por las que suele transcurrir el agua en épocas lluviosas se encuentra poblaciones de *Ranunculus peltatus*, junto a las que aparece frecuentemente *Montia fontana*. Junto a los arroyos, en zonas de considerable humedad, aparecen asociaciones de *Festuca ampla* con *Cynosurus cristatus* en las zonas más húmedas, o con *Agrostis castellana* donde la humedad es menor. A continuación, en zonas más altas y alejadas del valle, y con menor humedad, es característica la asociación *Agrostio castellanae-Arrhenatheretum bulbosi* (551011) que conforma los vallicares. Por último, en las zonas más alejadas y con menor humedad, se desarrollan los majadales de *Festuco amplae-Poetum bulbosae* (522052). Con menor representatividad, aparecen en zonas de apetencia basófila, (suelos con carbonatos), asociaciones que constituyen pastos basófilos de interés comunitario, como la de *Velezio rigidae-Asteriscetum aquaticae* (52204F).

Por último, aunque limitadas a la Depresión de Monterrubio de Armuña, aparecen diversas comunidades de apetencia halófila. Estos pastos halófilos de interés comunitario se componen de las asociaciones *Plantagini maritimae-Camphorosmetum monspeliacae* (141032) (Fig. 44), *Parapholido incurvae-Frankenietum pulverulentae* (151055), *Polypogono maritimi-Hordeetum marini* (151057) y comunidades de *Puccinellion caespitosae* (141030). En arroyos cercanos a esta zona se identifican majadales subhalófilos de *Trifolio ornithopodioidis-Poetum bulbosae* (522054).



Figura 43. Pastizales típicos ligados a pequeños cursos de agua.



Figura 44. *Plantagini maritimae-Camphorosmetum monspeliacae*, en Las Abuelas (Monterrubio).

Juncales.

En diversos fondos de valle de distintos arroyos se desarrollan praderas juncales, que, aunque de aspecto similar, tienen una diferente composición botánica, en función de la acidez del terreno en cuestión. Así, sobre materiales silicícolas, especialmente en el sector sur de la zona, se identifican diferentes juncales churreros ibéricos (54201P) definidos por la asociación *Trifolio resupinati-Holoschoenetum*, mientras que en zonas de apetencia basófila se identifica la asociación *Cirsio longespinosi-Holoschoenetum* (542014), que da lugar a los juncales churreros basófilos (Fig. 45).

Comunidades acuáticas.

A lo largo del río Tormes a su paso por el sector estudiado, especialmente en aguas someras y rápidas a su paso por Salamanca, se han identificado comunidades de *Ranunculus penicillatus* que constituyen un hábitat (226011), indicativo del buen estado de las aguas en este tramo del río (Fig. 46).



Figura 45. Pradera juncal basófila desarrollada en el fondo de valle del Arroyo de La Encina.



Figura 46. Comunidad de *Ranunculus penicillatus* del Tormes, junto al puente romano de la capital.

3.5. Edafología.

3.5.1. Introducción

El suelo constituye un recurso esencial para el sustento de la vida y para el desarrollo social y económico de la población. Sin embargo, es un recurso limitado y, a escala humana, no renovable, por lo que es necesario hacer una correcta e inteligente gestión del mismo para garantizar un desarrollo sostenible, asignando los usos del suelo en función de las características de los mismos (Consejo de Europa, 1972).

El suelo: definición y factores formadores.

Existen numerosas definiciones del concepto “suelo”, las cuales suelen basarse en diferentes aspectos relacionados con el mismo, como las relacionadas con la estructura

en capas u horizontes del suelo y su composición, con la capacidad del mismo para albergar vida y sustentar la biomasa vegetal, o con los diferentes factores formadores implicados en la formación de un suelo. Dokuchaiev, considerado padre de la edafología, define al suelo como “un ente natural, organizado e independiente, cuya morfología y génesis son el resultado de la acción conjugada de una serie de factores (roca, relieve, clima, organismos y tiempo)”. Por otro lado, Marbut lo considera como “la capa externa de la corteza terrestre, generalmente no consolidada, que varía en espesor desde unos centímetros a varios metros y que difiere del material subyacente en el color, estructura, textura, composición química, características biológicas y morfología”. Queda patente a partir de estas definiciones, que el suelo es la capa más externa de la corteza, y que por ello posee una función de acogida de actividades. También, que el suelo surge a partir de una litología madre, subyacente, en la que, a partir de diferentes procesos de formación, diferenciación, etc., englobados en el proceso de edafogénesis, se origina un ente de características distintas a las de la roca madre, determinadas por los diferentes factores formadores que intervienen en el proceso (Aguilar et al., 1996; Porta et al., 2008).

Como consecuencia de la diversidad de aspectos que juegan en la formación del suelo, va a existir una gran variedad de tipos de suelos. Estos factores formadores son: litología subyacente o roca madre (factor geológico), relieve u orografía, clima, organismos (factor biológico) y tiempo (Jordán, 2005).

Uno de los factores más determinantes en la formación y caracterización de los suelos es el factor geológico, formado por el sustrato y formaciones superficiales que se distribuyen por la zona de estudio. La variedad de litologías da lugar a suelos con diferentes características, pues cada una va a conferir distintas particularidades a los suelos que a partir de ellas se formen.

Por otro lado, en zonas con orografía accidentada, el factor geomorfológico es clave en la diferenciación de suelos, y suele condicionar al resto de factores. En Salamanca y alrededores, el relieve no es muy accidentado, con lo que este factor no va a ser tan determinante como en zonas de sierra, pero sí aparecen pequeños resaltes que presentan cierto desnivel que provoca una diferenciación en los suelos en función de en qué posición fisiográfica se desarrolle. Lo mismo sucede en las zonas donde se produce una elevación del terreno fruto del afloramiento de materiales rocosos.

Respecto a la hidrología superficial, influye en la topografía, ya que los procesos erosivos modelan la superficie. En relación con esto, es importante el factor tiempo en la diferenciación de los suelos, pues en las unidades más antiguas (raña, terrazas altas) aparecen suelos de mayor desarrollo que en las más modernas (terrazas bajas y llanura de inundación), dando lugar a cronosecuencias de suelos, típicas de zonas con factores formadores más o menos constantes en los que la aparición de diferentes suelos está determinada por la antigüedad de la superficie sobre la que se formen.

Por otro lado, el factor climático también puede jugar un papel importante en la formación de suelos. Determinadas condiciones climáticas, como las elevadas precipitaciones, pueden acelerar el proceso de alteración y meteorización de la roca madre, lo que supondrá un desarrollo más rápido y potente para el suelo, pudiendo limitar seriamente el desarrollo de este si aparecen condiciones climáticas muy severas.

Por último, en el factor biológico se pueden distinguir dos grupos principales: por un lado, la fauna, microfauna, hongos y bacterias del suelo, que se encargan principalmente de los procesos de asimilación y degradación de la materia orgánica, integrándola íntimamente con la fracción suelo; y por otro lado la vegetación, que 1) aporta al suelo gran cantidad de materia orgánica, promoviendo así el proceso de formación de humus, el cual puede acumularse en los horizontes superficiales, pudiendo llegar a formar un horizonte orgánico; y 2) con la fuerza que ejercen sus raíces pueden beneficiar la meteorización de la roca madre, acelerando el proceso de edafización. Dentro del factor biológico, se podría englobar la actividad e incidencia humana sobre los suelos, pero dado el impacto que las actividades antrópicas causan sobre el medio, se tratará como un factor independiente y de reciente incidencia si lo comparamos con el largo tiempo que necesita un suelo para formarse.

La acción humana a lo largo de los siglos en toda el área de estudio ha provocado el desmantelamiento de la práctica totalidad del encinar climácico que debería estar presente en toda esta área para de esta manera poder cultivar estas tierras. En relación con los suelos, este desmantelamiento de la cubierta vegetal y el continuo labrado de estas tierras han hecho que los suelos estén más expuestos a la erosión y que apenas posean materia orgánica (<1%), ya que la han perdido por no existir aporte de vegetación y de sus restos orgánicos, o bien por oxidación del carbono existente previamente en el suelo al labrar la tierra y dejarlo expuesto. En las zonas donde la cubierta vegetal existe, la cantidad de materia orgánica puede llegar a alcanzar el 2-4%. No obstante, las malas prácticas agrícolas tienen una mayor incidencia en el estado de los suelos, pudiendo favorecer las pérdidas de suelo por erosión (por ejemplo, al labrar a favor de pendiente). El labrado también puede provocar mezcla de horizontes si el arado o herramienta análoga es capaz de abarcar ambos horizontes, o lixiviado a horizontes inferiores de sustancias químicas aplicadas al cultivo. Por último, otras actividades antrópicas tienen incidencia en el suelo, como la construcción, que provocan el sellado irreversible del suelo, su contaminación o la compactación.

Funciones y uso sostenible del suelo.

El suelo es uno de los componentes del medio físico más importantes debido a la multitud de funciones que desempeñan. Desde el punto de vista ecológico, el suelo proporciona el hábitat a gran número de organismos y microorganismos, desempeñando un papel fundamental en la producción de biomasa (aporta los nutrientes, agua y el aire, así como el medio en el que las raíces puedan penetrar). Además, tiene una función de filtrado, amortiguación y transformación de sustancias tóxicas, gracias a los cationes básicos, minerales de las arcillas, materia orgánica... que van reteniendo a los contaminantes, impidiendo su paso a la cadena trófica o a las aguas subterráneas. Desde la perspectiva antrópica, el suelo es el medio de acogida de multitud de actividades e infraestructuras, siendo también fuente de materias primas (áridos, turba...) y de restos arqueológicos (suelo como entorno histórico) (Blum, 2005).

En la actualidad, el aumento de la población, unido a la necesidad de crear nuevas zonas para darles cabida, a la instalación de industrias y a la creación de infraestructuras y equipamientos para vertebrar el territorio, está provocando que gran cantidad de suelo sea destinado a la acogida de estas actividades (uso irreversible), especialmente en países/zonas con gran desarrollo industrial y elevada población. En contraposición, aparece la problemática de la producción de alimentos: a medida que aumenta la

población, mayor superficie de suelo es empleada con fines irreversibles, con lo que la superficie agrícola se ve cada vez más mermada (Burbano-Orjuela, 2016).

En relación con esto, debe tenerse muy en cuenta que el suelo es un recurso limitado y a escala humana, no renovable, pues el proceso de génesis es muy lento (miles de años). Esto implica la imperiosa necesidad de realizar un uso sostenible de los suelos, asignándoles un uso específico a cada tipo de suelo en función de sus características y aptitudes edáficas. Una correcta gestión de los suelos facilitará la resolución de los problemas relacionados con la rivalidad de los usos del suelo, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al bienestar de la población (Consejo de Europa, 1972).

2.5.2. Caracterización de los suelos de la zona de estudio.

Perfiles y muestras analizadas: tipos de suelos identificados.

Mediante las observaciones realizadas durante la campaña de campo, y el análisis de los perfiles seleccionados (reflejados en el Mapa Edafológico, y con sus correspondientes fichas incluidas en el Anexo 1), se han identificado los siguientes tipos de suelos:

- **Alisoles:** Alisol crómico, Alisol gléyico y Alisol háplico.
- **Calcisoles:** Calcisol hipocálcico.
- **Cambisoles:** Cambisol calcárico, Cambisol vértico, Cambisol crómico, Cambisol flúvico, Cambisol dístrico, Cambisol éútrico, Cambisol epiléptico y Cambisol gléyico.
- **Fluvisoles:** Fluvisol éútrico, Fluvisol dístrico, Fluvisol gléyico, Fluvisol arénico.
- **Gleysoles:** Gleysol éútrico.
- **Leptosoles:** Leptosol calcárico, Leptosol dístrico y Leptosol lítico.
- **Luvisoles:** Luvisol crómico, Luvisol gléyico, Luvisol háplico, Luvisol cálcico, Luvisol ródcico, Luvisol vértico, Luvisol esquelético, Luvisol dístrico y Luvisol profóndico.
- **Regosoles:** Regosol calcárico, Regosol epiléptico, Regosol éútrico y Regosol dístrico.
- **Vertisoles:** Vertisol éútrico, Vertisol crómico y Vertisol cálcico.

Relaciones generales de los suelos con la roca madre y posición fisiográfica.

La variabilidad de los suelos deriva de las múltiples combinaciones existentes entre los factores formadores, así como el grado de importancia con el que cada uno actúe. Así, en zonas con condiciones similares se desarrollarán suelos semejantes. La distribución de los tipos de suelos se localiza en el Mapa Edafológico (Fig. 47). A continuación, se describen los suelos de la zona de estudio teniendo en cuenta los factores formadores que provocan la diferenciación de los mismos, especialmente: sustrato geológico sobre el que se desarrolla el suelo y características geomorfológicas del lugar.

Suelos sobre pizarras.

Aparecen en el sector dos tipos de afloramientos pizarrosos diferentes: Fm. Aldeatejada, en la parte sur del área y las pizarras grises y negras al oeste y suroeste de la ciudad de

Salamanca. Pese a ello, sobre las pizarras se desarrollan suelos de similares características, englobándose dentro de la misma asociación. No obstante, aparecen diferenciaciones de suelos al producirse cambios en la posición fisiográfica:

- **Terreno ondulado sobre pizarras (1).**

Los dominios pizarrosos se caracterizan por las formas onduladas del terreno, que junto a la uniformidad de las pizarras, hacen que se desarrollen suelos muy similares. Las pizarras se encuentran cerca de la superficie (unos 10-25 cm), pero rara vez afloran, exceptuando proximidades a cursos de agua. Con esto, los suelos sobre este material son de escaso desarrollo, desarrollándose más en los lugares donde las pizarras sean más blandas o se encuentren más alteradas (Fig. 48). Se han observado Leptosoles éútricos y líticos sobre las pizarras más duras y Regosoles éútricos sobre las pizarras más blandas, siendo estos suelos similares y presentando una gran variación lateral. Generalmente, el epipedón ócrico de los Leptosoles es de menor desarrollo y contiene más materia orgánica (color más negro) que el de los Regosoles, siendo estos suelos utilizados como tierras de cultivo en algunos lugares. Los Cambisoles son minoritarios, apareciendo Cambisoles éútricos de escaso desarrollo en zonas con pizarras más alterables. A modo de inclusiones puede aparecer rara vez Luvisoles crómicos.

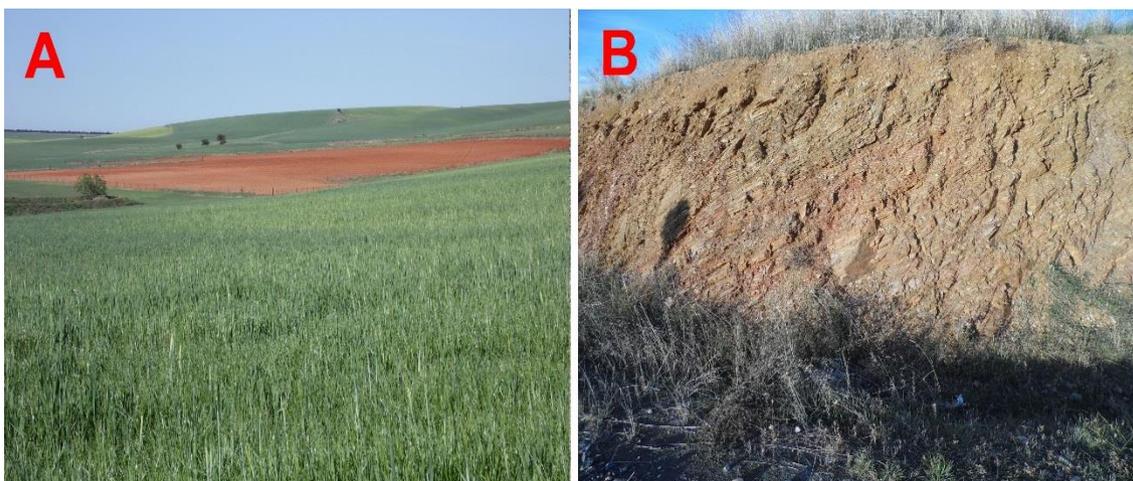


Figura 48. A) Penillanura, terreno ondulado típico sobre pizarras; B) La pizarra se encuentra normalmente cerca de la superficie, desarrollándose suelos con escaso “solum”.

- **Restos de glacia sobre pizarras (2).**

Son suelos desarrollados sobre superficies antiguas que se asientan sobre depósitos de gravas cuarcíticas de menos de un metro de espesor y que forman pequeñas planicies que coronan algunas colinas, dentro del paisaje ondulado sobre pizarras. La edafización ha sido intensa, provocando la aparición de horizontes de transición. La pedregosidad de estos suelos les ha permitido conservarse de la erosión y poder alcanzar un gran desarrollo, si bien actualmente se encuentran en regresión por la labor agrícola, desapareciendo los horizontes superficial y eluvial, y apareciendo en superficie un horizonte Ap formado, principalmente, por el horizonte argílico, de color rojo y cuyas propiedades mecánicas y consistencia no facilitan la labor agrícola (García-Marcos, 1994). Así, los suelos predominantes en estas formaciones son suelos rojos como los Luvisoles crómicos y ródicos (normalmente con discontinuidades debido a la existencia de capas de gravas alternas), observándose también Luvisoles vérticos y dístricos.

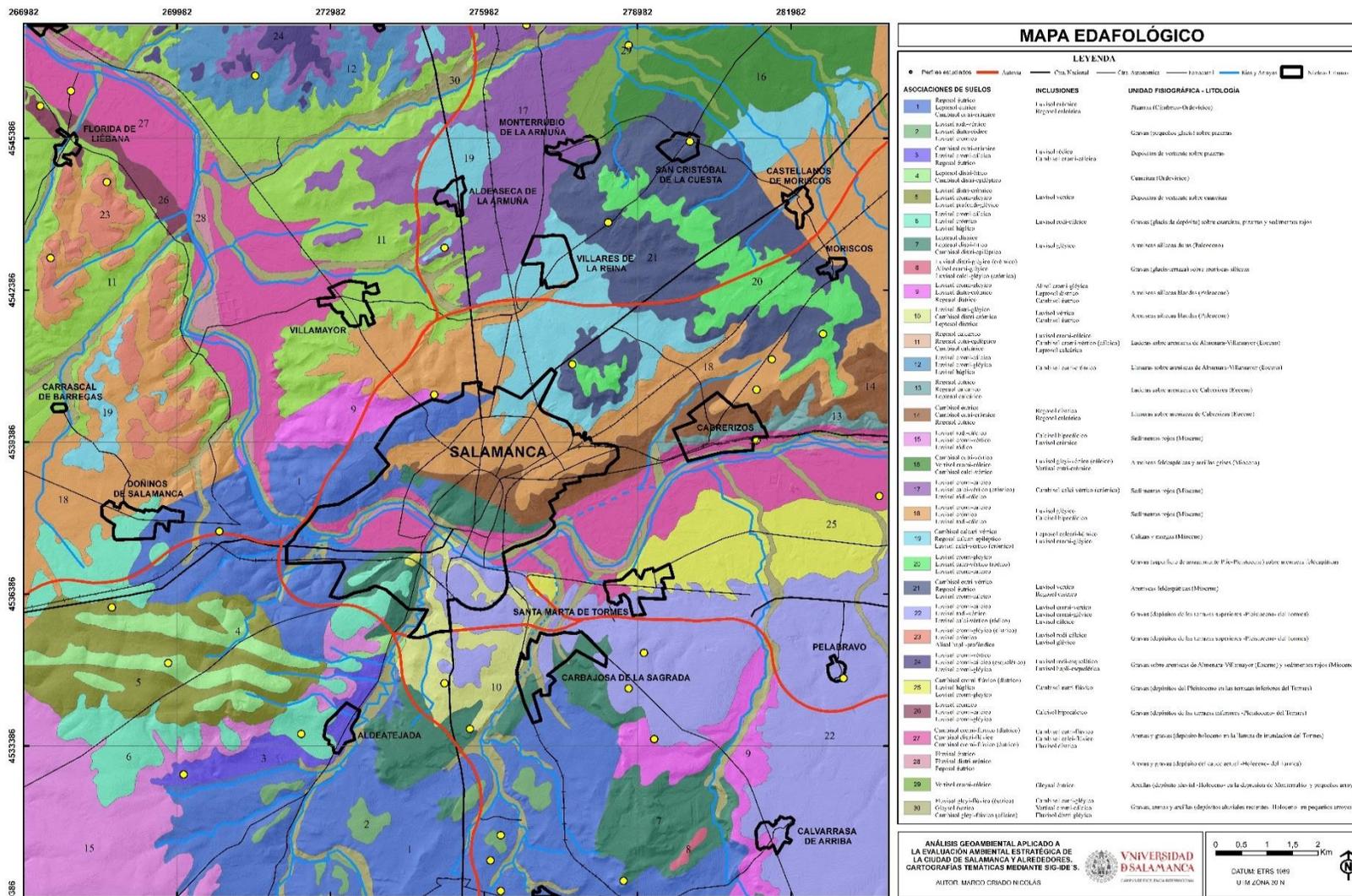


Figura 47. Mapa Edafológico de Salamanca y alrededores.

- **Depósitos de vertiente sobre pizarras (3).**

En la zona de transición entre las pizarras de la Fm. Aldeatejada y Los Montalvos, aparece en la zona del Arroyo de Sanchoviejo una asociación de suelos con Luvisoles y Cambisoles crómicos y Regosoles éutricos, formados sobre material detrítico proveniente de suelos rojos antiguos situados en las laderas de Los Montalvos.

Suelos sobre cuarcita armoricana.

La cuarcita armoricana aflora en Los Montalvos, formando un repliegue que constituye el único relieve significativo del sector de estudio y que en las laderas es cubierto por sedimentos pertenecientes a la Fosa de Ciudad Rodrigo.

- **Superficie fuertemente ondulada de Los Montalvos: Nivel de cumbres (4).**

En las partes altas abundan los afloramientos rocosos que forman estrechas alineaciones paralelas (crestas). Debido a esto, únicamente aparecen suelos de escaso desarrollo (Fig. 49A), como Leptosoles y Cambisoles, asociados con los afloramientos cuarcíticos. Los Leptosoles tienen un epipedón ócrico, con abundante materia orgánica, pero de colores claros, y que debido a la naturaleza ácida de la cuarcita (origina suelos desaturados en bases) forman Leptosoles dístricos, que como en muchos casos su espesor no supera los 10 cm., pueden ser considerados como Leptosoles lítico-dístricos. Por su parte, los Cambisoles poseen un horizonte de diagnóstico cámbico (Bw) de escaso espesor, color pardo y grado de saturación muy bajo y se encuentran en forma de bolsas, ya que no pueden formar horizontes continuos debido a la resistencia de las cuarcitas subyacentes.

- **Terreno fuertemente ondulado de Los Montalvos: Laderas sobre depósitos de vertientes (5):**

Las laderas de esta zona poseen pendientes inclinadas y moderadamente escarpadas y se caracterizan por la presencia de un depósito con un espesor de varios decímetros a ocho metros, formado por gravas, cantos y bloques, muy angulosos, de cuarcitas y pizarras, formando capas de diferente espesor y granulometría, originándose por ello suelos de gran espesor y muy pedregosos. Los suelos que aparecen sobre estos derrubios son Luvisoles crómicos principalmente, aunque también aparecen Luvisoles ródicos, Luvisoles crómico-vérticos y Luvisoles cálcicos, pudiendo aparecer algún Calcisol hipocálcico en zonas con gran acumulación de carbonato. Los Luvisoles de esta zona se caracterizan por su intenso color rojo y por la presencia de un horizonte argílico (Bt) de gran espesor, pudiendo sobrepasar los 2 metros, debido a la protección que los depósitos de vertiente proporcionan al suelo frente a los agentes erosivos (Fig. 49B).

- **Terreno ondulado de Los Montalvos: Glacis coluviales (6):**

En las zonas más bajas de las laderas, y sobre diferente litología, se depositan depósitos de cuarcitas de tamaño grava, con espesor entre 0.5 y 5 m. Es frecuente encontrar en esta unidad suelos de buen desarrollo, y que se encuentren diferenciados entre sí debido a que la parte superficial se desarrolla a partir de las gravas del glacis, y los horizontes más profundos a partir de la litología subyacente (cuarcita, pizarra, areniscas silíceas o sedimentos rojos). Dominan sobre estos glacis los Luvisoles crómicos, generalmente pedregosos y profundos, apareciendo también Luvisoles cálcicos o Luvisoles orticos.



Figura 49. A) Suelos de escaso espesor sobre los crestones cuarcíticos; B) Suelos de gran desarrollo a partir de depósitos cuarcíticos y sedimentos rojos en las laderas del macizo de Los Montalvos.

Suelos sobre areniscas silíceas o de la Fm. Salamanca.

- **Superficies llanas y laderas inclinadas sobre areniscas silíceas duras (7 y 8).**

La lenta meteorización de estas areniscas duras provoca la aparición de suelos con escaso desarrollo como Leptosoles y Regosoles. Los Leptosoles dístricos y Regosoles dístricos (debido a la naturaleza silíceo-ácida de la arenisca), a veces en fase lítica, son suelos semejantes e interrelacionados, con epipedón ócrico, colores pardos y textura franco-arenosa. Aparecen también Cambisoles dístricos (a veces crómicos y gleicos) asociados a estos suelos, con horizontes cámbicos de escaso espesor y colores y texturas variadas, y a veces, con manchas de hidromorfía. A modo de inclusión y en áreas muy restringidas aparecen suelos de mayor desarrollo, con horizontes argílicos y manchas por hidromorfía, siendo clasificados como Luvisoles gleicos si el grado de saturación es superior al 50% o como Alisoles gleicos si el grado de saturación es menor a 50. Estos suelos se manifiestan, especialmente, en el sector Carbajosa-Calvarrasa (Fig. 50A).

- **Terreno llano y suavemente inclinado sobre arenisca silíceo blanda (9 y 10).**

La escasa dureza de estas areniscas, unido a las débiles pendientes, favorecen la meteorización física y química y con ello, la formación de suelos de gran espesor y desarrollo (Luvisoles y Alisoles), frecuentemente con rasgos de hidromorfía. Los suelos predominantes son Luvisoles gleicos o crómicos, en función de si presentan o no hidromorfía. A modo de inclusiones, aparecen Alisoles gleicos o Gleysoles dístricos si los rasgos hidromórficos son muy marcados y próximos a la superficie. En los Luvisoles y Alisoles el horizonte Bt suele dividirse en dos subhorizontes, el superficial, en el que predomina la coloración rojiza sobre las decoloraciones hidromórficas; y el inferior, en el que colores amarillos, verdes y grises son dominantes. También a modo de inclusión, en zonas ligadas a cursos de agua, existen Cambisoles éutricos desarrollados sobre depósitos recientes. Esta asociación se presenta en los niveles más blandos de esta arenisca, siendo menos frecuente que la anterior, identificándose al sur de Salamanca y en el sector Carbajosa-Calvarrasa, al igual que la anterior (Fig. 50B).

Las superficies desarrolladas sobre areniscas silíceas, tanto duras como blandas, enlazan con el paisaje ondulado típico de las pizarras subyacentes a través de una serie de

pequeñas laderas inclinadas. En estas zonas aparecen asociaciones de suelos de escaso espesor y desarrollo (Regosoles dístricos en las zonas donde la arenisca es menos dura o la pendiente es menor, y Leptosoles dístricos en zonas más escarpadas o con litología más dura), siendo frecuentes también los afloramientos de areniscas silíceas duras.

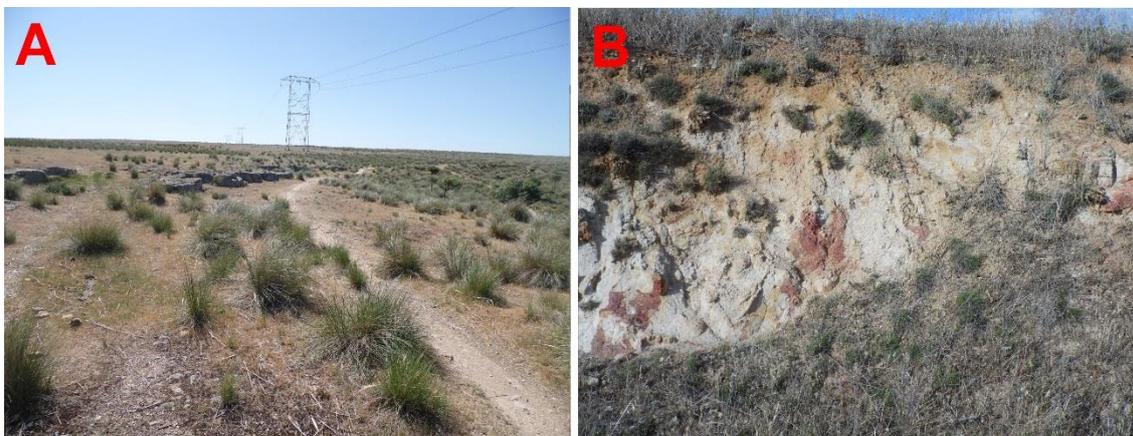


Figura 50. A) Los suelos sobre areniscas duras son muy delgados, siendo frecuentes los afloramientos rocosos. B) Suelo de moderado desarrollo sobre areniscas silíceas blandas en Carbajosa.

Suelos sobre areniscas Almenara / Villamayor / Cabrerizos.

- **Laderas inclinadas sobre las areniscas de Almenara-Villamayor (11).**

La asociación de suelos en esta unidad la conforman preferentemente Regosoles calcáreos asociados a Cambisoles éútricos, si bien también se han observado Regosoles éútricos y dístricos y Cambisoles crómicos y dístricos. Son suelos poco o nada pedregosos, con espesores variables desde los 25 cm en los Regosoles hasta los 70 cm en los Cambisoles, pudiendo presentar carbonatos en función del estrato de arenisca sobre el que se desarrolle, pues se alternan niveles con y sin carbonatos. Estos suelos son observables en amplias zonas del sector noroccidental (Fig. 51A).

- **Superficie llana y ondulada sobre areniscas de Almenara-Villamayor (12).**

La escasa pendiente de esta zona favorece la génesis de suelos, apareciendo suelos de gran espesor y desarrollo: Luvisol crómico, Luvisol cálcico y Luvisol háplico. Son suelos no pedregosos, espesos (70-200 cm de espesor de solum), sin saltos texturales bruscos, frecuentemente con cútanés de iluviación y con acumulaciones de carbonatos, preferentemente rellenando grietas y planos de estratificación de las areniscas. Esta asociación se encuentra presente en el extremo noroeste del sector.

- **Laderas inclinadas y escarpadas sobre las Areniscas de la litofacia Cabrerizos-Villamayor (13).**

Se encuentran en su máxima expresión en la localidad de Cabrerizos. Es una zona de grandes pendientes y marcado carácter erosivo, por lo que los suelos no tienen gran desarrollo. En general, predomina la asociación compuesta por Leptosoles líticos y calcáreos y Regosoles calcáreos, ambos con epipedón ócrico pardo-amarillento claro, con textura franco-arcillo-arenosa y calcáreo, con presencia de abundante carbonato secundario entre las superficies de estratificación y las grietas de la roca madre (García-

Marcos, 1994). Los suelos de mayor desarrollo son Regosoles calcáreos localizados en la base del escarpe, desarrollados sobre coluviones. En las zonas de mayor pendiente y erosión no se forma suelo, apareciendo afloramientos rocosos de arenisca (Fig. 51B).



Figura 51. A) Cambisol desarrollado sobre areniscas en zona de baja pendiente; B) En las zonas de alta pendiente, el poder erosivo es mayor que el de edafización, aflorando frecuentemente la arenisca.

- **Paisaje llano y ondulado sobre las Areniscas de Cabrerizos-Villamayor (14).**

Esta unidad fisiográfica actúa de transición entre los escarpes de la unidad anterior y los afloramientos de los sedimentos rojos cercanos, en la zona de Cabrerizos. La asociación de suelos está dominada por Cambisoles éutricos y Regosoles éutricos, de colores pardo-amarillentos y texturas franco-arenosas. En general, son suelos no calcáreos. En menor medida aparecen otros suelos, preferentemente ligados a ciertas posiciones fisiográficas. En las laderas de pequeños arroyos, existen Cambisoles con horizontes Bw de gran espesor, color rojo y cútanos de presión, clasificados como Cambisoles crómicos, si bien deben ser considerados como intergrados hacia Luvisoles cálcicos. En zonas llanas situadas en las cimas de algunas colinas, aparecen los suelos de mayor desarrollo, Luvisoles cálcicos, que rápidamente pierden el horizonte Bt al abandonar dicha superficie debido a la erosión, dando lugar a Regosoles calcáreos o éutricos.

Suelos sobre la Unidad Roja.

- **Paisaje ligeramente ondulado sobre sedimentos rojos –en la Valmuza- (15).**

Los sedimentos rojos miocénicos aflorantes en el extremo suroeste están formados por arenas arcillosas masivas, con niveles de cantos y gravas dispersos, pertenecientes a las “facies de El Cubito”. Se trata de una facies muy homogénea que origina un terreno ondulado, en lo que más llamativo es la tonalidad rojiza de los sedimentos. Con esto, existe poca diversidad edáfica, dominando los Luvisoles (crómicos, ródicos, cálcicos y vérticos). Se trata entonces de suelos profundos y de buen desarrollo, poco pedregosos, que proporcionan un buen rendimiento agrícola. Son frecuentes en las zonas inferiores del horizonte argílico, las acumulaciones de carbonatos, tanto en forma de nódulos como de manchas pulvulentas, pudiendo formar en algunos suelos horizontes de acumulación de carbonatos. En estos casos de grandes acumulaciones de carbonato, el origen no parece estar ligado a un simple lavado de estos a lo largo del perfil, sino que pudieron formarse por fluctuaciones de antiguos niveles freáticos con aguas cargadas de carbonatos (García-Marcos, 1994). Cabe destacar que en muchos suelos se observa una

intensa erosión, potenciada por las actividades antrópicas (agricultura) que hace que el actual horizonte Ap lo conforme el horizonte argílico, y en casos más extremos, que desaparezca este horizonte Bt, aflorando los horizontes de acumulación de carbonatos que originan un nuevo tipo de suelos a modo de inclusión: Calcisoles hipocálcicos.

- **Paisaje llano y ondulado sobre sedimentos rojos -La Armuña- (16, 17 y 18).**

Los sedimentos rojos, con conglomerado, areniscas y arcillas rojas, ocupan buena parte de La Armuña, en un ambiente de relieves suaves y ondulados, que forman colinas de cima redondeada y laderas poco inclinadas (Fig. 52A). Estas zonas, han sufrido una fuerte erosión debido a su altitud, a la deforestación y a las prácticas agrícolas, por lo que es frecuente observar suelos decapitados, donde el horizonte Ap lo compone un horizonte argílico (Luvisoles en regresión), un horizonte cálcico (Luvisoles cálcicos que se convierten en Calcisoles) o restos de la roca madre alterada, que forman Regosoles en las areniscas rojas. Debido a esto, existe gran cantidad de suelos, con elevada variación lateral en función de en qué posición fisiográfica nos encontremos, estando situados, de manera similar a otros casos, los más desarrollados en las zonas altas y llanas que presenten condiciones más favorables, y suelos menos desarrollados en las zonas de mayores desniveles. La asociación de suelos está formada principalmente por Luvisoles cálcicos, si bien también son frecuentes los Luvisoles vérticos (con grietas en superficie y cútanos de presión –*slickensides*-) y los Luvisoles gleicos. Completan la asociación Regosoles calcáreos y Cambisoles éutricos, cálcicos, crómicos y vérticos. Estos suelos son observables en la comarca de La Armuña y en el entorno de Doñinos.

- **Suelos sobre margas y caliches (19).**

Se diferencian dos unidades fisiográficas: una compuesta por margas pulvulentas (costras calcáreas), que dan lugar a terrenos suavemente ondulados, y otra formada dura y compacta que conforman pequeñas llanuras por diferenciación litológica (caliches), si bien desde el punto de vista edafológico no presentan grandes diferencias. Una de las zonas con mayor importancia se localiza al norte de Salamanca capital y se extiende hasta las inmediaciones de Villares de la Reina, si bien son observables en otras zonas irregularmente repartidas. Se trata de una serie de estratos calcáreos que forman un relieve ondulado en el que aparecen asociados Regosoles calcáreos y Cambisoles cálcicos y vérticos, y más minoritariamente Luvisoles cálcicos y vérticos (Fig. 52B).

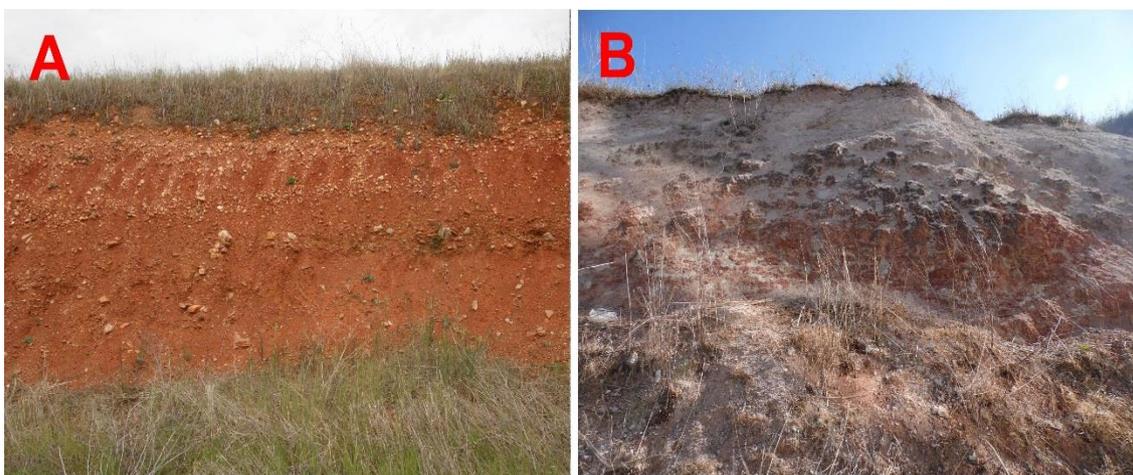


Figura 52. A) Suelos rojizos típicos de estas asociaciones debido a la presencia de óxidos de hierro (hematites); B) Los Calcisoles son frecuentes en las zonas donde aparece el material calcáreo.

Suelos sobre areniscas feldespáticas.

- **Superficie de arrasamiento sobre las areniscas feldespáticas (20).**

Las mesetas planas que conforman estas areniscas (que se corresponden con la superficie de arrasamiento), en torno a los 870 m, representan las superficies más antiguas y de mayor cota de toda La Armuña. Por ello, aparecen suelos desarrollados debido a la estabilidad de esta superficie, y al tiempo a lo largo del cual se han podido desarrollar. Son observables en las cotas altas de La Armuña, en Castellanos de Villiquera, San Cristóbal de la Cuesta o Monterrubio. El espesor de estos suelos varía en función del grado de erosión al que hayan sido sometidos (45-120 cm), especialmente a raíz de su labrado, ya que en ocasiones el horizonte superficial está mezclado con el argílico. La asociación de suelos está formada por Luvisoles de variada tipología: cálcicos, crómicos, vérticos, gleícos o háplicos; siendo en general poco pedregosos, con epipedón superficial ócrico de colores pardos y horizontes argílicos rojizos, a veces con cútanos de iluviación y carbonatos (Fig. 53A).

- **Laderas inclinadas y moderadamente escarpadas (21).**

Las laderas de las mesetas presentan suelos con menor desarrollo que los de la propia meseta, debido a las peores condiciones de edafización que existen al haber una mayor erosión de los suelos fruto de las notorias pendientes que existen (Fig. 53B). En las zonas de mayor pendiente, la estructura suelta de las areniscas, favorece la formación de formas erosivas como surcos y cárcavas (*badlands*). Sin embargo, las zonas con pendientes más suaves son mayoritarias, formando normalmente superficies cóncavas, si bien pueden aparecer superficies planas y convexas (pequeñas ondulaciones). Por ello, en estas zonas existe una asociación de suelos muy diversa. En general, se trata de suelos no pedregosos y de colores pardo amarillentos claros, que pueden manifestar procesos de empardecimiento y rubefacción. En las zonas de mayor pendiente, se desarrollan los suelos de menor espesor, clasificados como Regosoles éutricos y calcáricos. Cuando las pendientes disminuyen, estos suelos pueden desarrollarse más hasta formar Cambisoles éutricos y, a veces, vérticos, siendo los Cambisoles éutricos los suelos más representativos de esta unidad. En menor medida, y en las zonas más estables y de menor pendiente, se desarrollan Luvisoles háplicos y cálcicos, pudiendo aparecer también Vertisoles cálcicos.

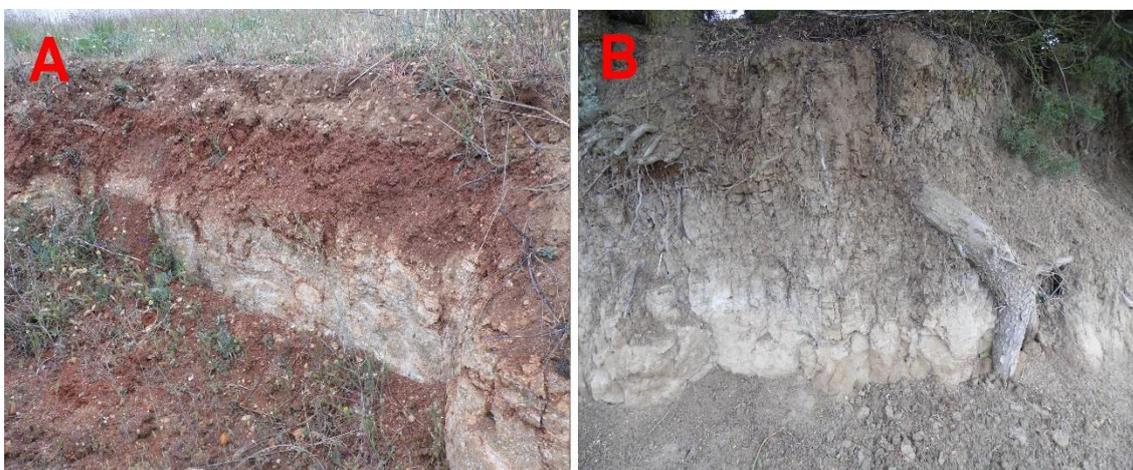


Figura 53. A) Luvisol crómico-cálcico identificado en el Polígono Industrial de Castellanos de Moriscos; B) Cambisol dístico presente en San Cristóbal de la Cuesta.

Suelos ligados a la dinámica fluvial del Río Tormes.

Se estudian los suelos que se desarrollan sobre los sedimentos que han sido depositados por el Tormes, los cuales forman diferentes unidades fisiográficas: sistema de terrazas (diferenciado en altas y bajas), llanura de inundación y cauce actual. Estas unidades se diferencian por el distinto tiempo en el que el río depositó los diferentes materiales que las forman, por lo tanto, en estas formaciones se observa una cronosecuencia de suelos, donde los suelos más desarrollados se asientan sobre los materiales más antiguos (terrazas altas), apareciendo suelos más recientes al descender hacia el cauce actual.

- **Terrazas altas del Tormes (22, 23 y 24).**

La asociación de suelos presentes en estas terrazas es muy variada y formada por suelos de gran desarrollo con horizontes de diagnóstico argílicos (Luvisoles y Alisoles), los cuales presentan diferentes características (gleicas, crómicas, vérticas, cálcicas...).

La terraza más alta se localizan los suelos de mayor espesor de solum (>130 cm) y suelen conservar el horizonte eluvial. Estos suelos (Luvisoles crómicos, gleicos, cálcicos y Alisoles háplicos) se desarrollan a partir de tres materiales diferentes: los dos más superficiales compuestos por depósitos de gravas cuarcíticas diferenciables por la aparición a partir de los 80 cm de feldespatos, y un tercero compuesto por un conglomerado rojo.

Los suelos de las terrazas inferiores a la superior poseen menor espesor debido a la mayor degradación que presentan. Frecuentemente estos suelos se encuentran labrados, lo que aumenta la erosión y la desaparición de los horizontes eluviales. En algunos casos, la erosión es tal que un Luvisol cálcico puede perder sus horizontes superficial y argílico y formar Calcisoles. En la zona de las urbanizaciones Navahonda-Valdelagua, junto a Carbajosa de la Sagrada, se localizan estas terrazas, degradadas por la erosión, lo que ha provocado la formación de un depósito delgado de cantos redondeados que une a ambas, formando un glacis-terrace. En la zona sur, esta superficie se asienta sobre areniscas silíceas duras, siendo frecuentes los afloramientos rocosos y los Leptosoles dístricos. En el resto del glacis, dominan suelos pedregosos y profundos, tales como Luvisoles vérticos, crómicos y cálcicos, existiendo en algunas zonas suelos cuyos horizontes superficiales se han desarrollado a partir del glacis, y los inferiores a partir de la arenisca subyacente.

La inferior de este conjunto de terrazas está bien expresada en la zona de Santibañez del Río, donde aparecen suelos muy similares a los de la terraza más alta, destacando un color más pardo-rojizo en el epipedón superficial de estos suelos, con Luvisoles crómicos y gleicos principalmente (Fig. 54).

- **Terrazas bajas del Tormes (25 y 26).**

Los suelos de estas terrazas presentan diferencias con respecto a los de las terrazas altas, no observándose suelos con hidromorfía (gleicos) ni con desaturación en bases (no hay Alisoles). Se denota además, una menor intensidad de los procesos edáficos, reflejados en la menor coloración roja en los horizontes argílicos y en el menor contenido de estos en arcilla. Los suelos presentes en estas terrazas son Luvisoles crómicos y cálcicos, y como inclusiones, Luvisoles vérticos. Aparecen bien representada en las inmediaciones

de Florida de Liébana, estando alteradas debido a la urbanización en la zona sur de Salamanca y en Santa Marta de Tormes. En estas zonas los suelos constituyen un intergrado hacia los Cambisoles, suelos más modernos y menos desarrollados.



Figura 54. A) Luvisol de elevado desarrollo en las terrazas altas del Tormes (Florida de Liébana); B) Depósito de cantos y gravas típico de las terrazas, a partir del cual se desarrollan estos suelos.

- **Depósitos de la llanura de inundación del Tormes (27).**

Actualmente, debido al represamiento del río Tormes (Pantano de Santa Teresa), la llanura de inundación apenas funciona como tal, por lo que a veces, ha sido considerada como una primera terraza del río. Se diferencia claramente de las terrazas por la textura de los materiales depositados (suelen ser finos) o la ausencia de pedregosidad. Esta llanura de inundación alberga grandes extensiones de regadío debido a su superficie plana y a la cercanía del río. La asociación de suelos está dominada por Cambisoles (éutricos, dístricos, crómicos y cálcicos), con los cuales aparecen asociados Luvisoles háplicos, siendo minoritarios los Gleysoles éutricos y Fluvisoles dístricos.

- **Depósitos en el cauce actual del Tormes (28).**

El Río Tormes, especialmente en los períodos de elevada pluviosidad, arrastra numerosos sedimentos que se acumulan formando depósitos, que, en el área de estudio, suelen ubicarse en los bordes del lecho, o bien constituyendo islotes en las zonas de aguas más lentas. En estas zonas, los suelos muestran una estratificación de materiales y en ellos no es observable una clara organización edáfica. La asociación de suelos se compone de Fluvisoles dístricos y, en menor medida, Fluvisoles calcáreos y éutricos.

- **Suelos de la depresión de Monterrubio de Armuña (29).**

Esta depresión está formada por un depósito de arcillas sobre los que se desarrollan suelos grisáceos que contrastan con los tonos rojizos de los suelos del entorno. Las propiedades mecánicas que las arcillas confieren a estos suelos impiden su laboreo, por lo que alberga el pastizal climácico. Edafológicamente, esta unidad es muy uniforme, con suelos muy arcillosos, no pedregosos y formados por un único epipedón ótrico, que en la mayor parte de los casos está en el límite para ser declarado como móllico. En toda la depresión, el nivel freático está alto, por lo que hay horizontes afectados temporal o permanentemente por la hidromorfía, no existiendo estructura en los suelos a partir de los 130 cm debido a la elevada humedad. Lo más característicos de estos suelos, descritos como Vertisoles cromi-cálcicos con Gleysoles calcáreos como inclusiones,

son las características morfológicas que confieren a la superficie, ya que poseen grandes y profundas grietas en la época estival. Como consecuencia de los procesos de contracción-expansión de las arcillas, relacionado con las condiciones de humedad y sequedad existentes a lo largo de las estaciones del año, se origina un microrrelieve denominado “gilgai” caracterizado por pequeñas elevaciones en la superficie fruto de la introducción hacia el interior de las grietas del perfil, de partículas de arcilla situadas en la parte superior del suelo, durante la época estival, y que al llegar la época húmeda y volver a expandirse las arcillas son expulsadas hacia arriba, formando este característico microrrelieve. Además, aparecen eflorescencias salinas en las zonas más deprimidas, que impiden el desarrollo de la vegetación típica, apareciendo “calvas” en el terreno, donde aparecen comunidades vegetales de aptitud halófila (Fig. 55).

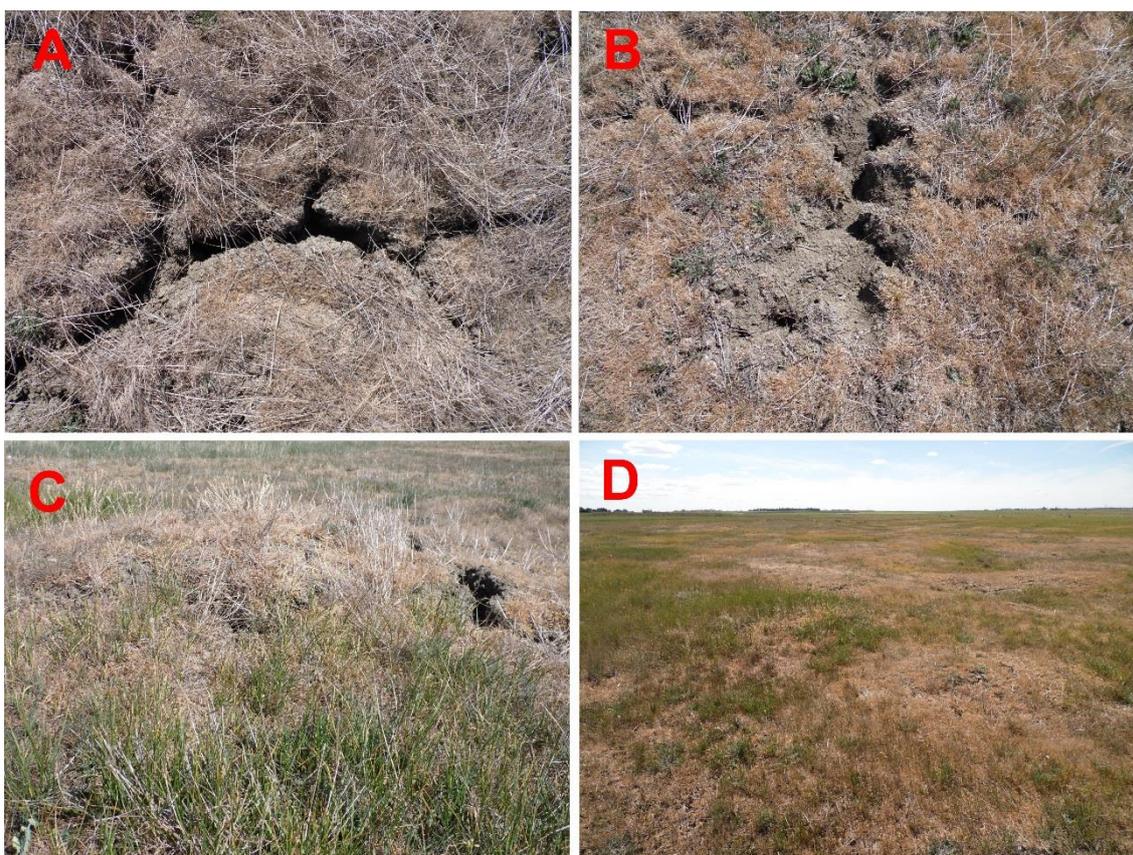


Figura 55. A) Grietas típicas de estos suelos provocadas por la contracción de las arcillas ante la falta de humedad; B) Las grietas se rellenan de material; C) Tras periodos de lluvia, se produce la expansión de las arcillas al saturarse, y al existir un “exceso” de material fruto del relleno de las grietas, se forma un abombamiento de la superficie, creándose un microrrelieve; D) Microrrelieve tipo “gilgai” característico.

Suelos ligados a pequeños cursos de agua (30).

En los fondos de valle de pequeños arroyos, pueden existir depósitos aluviales de grava, arena y arcillas en los cuales potencialmente se desarrollan gran variedad de suelos en función de las características de estos depósitos, siendo más frecuentes los de materiales finos (limo y arcilla). En estos suelos, es frecuente la existencia de rasgos de hidromorfía, ligados a altos niveles freáticos. En estas zonas la tipología de suelos predominantes son los Gleysols (Fig. 56).



Figura 56. A) Fondos de valle donde se desarrollan los Gleysoles; B) Material aluvial fino.

3.5.3. Valoración agrícola de los suelos.

La evaluación y valoración del suelo es un aspecto de gran interés debido a la creciente preocupación existente en relación a la dinámica y funciones del suelo. La sociedad, gobiernos y administradores cada vez están más concienciados en la importancia del suelo en la dinámica ecológica, por lo que su protección y correcta gestión es clave para afrontar los retos futuros. Por ello, con el objetivo de incluir y valorar en las etapas de planificación el criterio edáfico, es necesario realizar una estimación del valor de cada tipo de suelo, lo que posteriormente reflejará la capacidad de acogida de dicho suelo frente a una actividad (Montanarella et al., 2016).

Una de las principales funciones de los suelos es el desarrollo de la actividad agrícola, siendo por ello este un buen factor para poder valorar a los suelos según su capacidad para albergar dicha actividad, tomando esto especial relevancia en Salamanca y alfoz. Conservar los suelos fértiles con el objetivo de garantizar y poder producir la máxima cantidad de alimentos posibles que sustente a una población en aumento debería ser un requisito indispensable para garantizar la sostenibilidad y bienestar de la población. Por ello, se precedió a la determinación de la aptitud agrícola de los suelos mediante el método de las Clases Agrológicas.

Las Clases Agrológicas fueron desarrolladas en Estados Unidos por el Departamento de Agricultura (Klingebiel & Montgomery, 1961), y pronto fueron usadas universalmente, si bien fueron modificadas y adaptadas a cada lugar, como en España (Gallardo et al., 2001). Inicialmente, se trataba de un sistema cualitativo, pero la difícil interpretación de los términos hizo que se fuera transformando en cuantitativo. El método evalúa la capacidad de uso del suelo (como cultivo, pasto, bosque o sin uso) clasificándolo en función de sus limitaciones (factores que restringen la capacidad de producción: textura, pedregosidad, rocosidad, suelo útil, salinidad, temperatura, pluviometría...), y factores que valoran la productividad: pendiente y erosión), estableciendo 8 clases agrológicas:

- **CLASE I: Laboreo permanente intenso.** Son excelentes suelos sin limitaciones permanentes. Son profundos, fértiles, relieve plano, de fácil laboreo, no encharcados y sin riesgos de erosión y encharcamiento, admitiendo prácticamente cualquier cultivo.

- **CLASE II: Laboreo permanente moderado.** Son suelos con buenas características, pero que presentan alguna limitación (inundación temporal, riesgo erosión moderado...). Presentan fertilidades medias-altas, relieve suave y las técnicas de laboreo son de fácil aplicación, admitiendo a la mayor parte de cultivos, excepto a los sensibles a alguna de las limitaciones que presente.
- **CLASE III: Laboreo permanente limitado.** Presentan limitaciones más importantes y serios riesgos de erosión, por lo que el laboreo debe ser específico para evitarlo. Son suelos aceptables, de profundidad y fertilidad media, relieves suaves o moderados. Presentan restricciones a amplias gamas de cultivo.
- **CLASE IV: Laboreo permanente ocasional.** Presentan importantes limitaciones al laboreo, debiendo ser este muy cuidadoso. Son suelos de escaso desarrollo y fertilidad, fuertes pendientes y con importantes riesgos de erosión. Admiten una reducida gama de cultivos de secano. Buenos para pastos.
- **CLASE V: No laboreo. Uso de pastizales para el ganado.** Presentan limitaciones permanentes normalmente debidas a encharcamientos y pedregosidad, y escaso riesgo de erosión al desarrollarse en superficies planas.
- **CLASE VI: No laboreo. Uso como pastos o bosques.** Presentan limitaciones permanentes moderadas, permitiendo apenas la presencia de suelos poco desarrollados sobre fuertes pendientes, y con alto riesgo de erosión.
- **CLASE VII: No laboreo. Uso forestal.** Suelos muy someros, áridos o inundados, normalmente con fuertes pendientes y elevada erosión.
- **CLASE VIII: Sin posibilidad de explotación.**

Las clases agrológicas fueron determinadas como resultado del análisis y cuantificación de 17 propiedades de los suelos, relativas al clima, condiciones de laboreo, movimiento del agua en el suelo y condiciones en la zona de desarrollo de las plantas. Una vez que se estableció la capacidad agrológica de cada uno de los 17 parámetros estudiados en cada suelo, se determinó la clase agrológica del suelo tomando la clase más restrictiva de entre aquellas que presenten sus propiedades. Las propiedades estudiadas son:

- **Propiedades relativas al clima.**

- Pluviometría: precipitación media anual.
- Meses con actividad vegetativa: aquellos cuya precipitación media es superior a dos veces la temperatura media y con temperatura media superior a 6°C.
- Temperatura media del periodo cálido (mayo a septiembre).
- Temperatura media del periodo frío (diciembre-enero).
- Riesgo de heladas: meses con temperatura media inferior a 6°C.

- **Propiedades relativas a las condiciones de laboreo.**

- Pendiente del terreno: llanas o casi llanas, suavemente inclinadas, inclinadas, moderadamente escarpadas y escarpada.

-Rocosis: inexistente o escasa, moderadamente rocoso, rocoso, muy rocoso, extremadamente rocoso o afloramiento rocoso.

-Pedregosidad: inexistente o escasa, moderadamente pedregoso, pedregoso, muy pedregoso, excesivamente pedregoso y terreno ripioso.

- **Propiedades relativas al movimiento del agua en el suelo.**

-Drenaje: muy escasamente drenado, escasamente drenado, imperfectamente drenado, moderadamente bien drenado, bien drenado, algo excesivamente drenado y excesivamente drenado.

- **Propiedades relativas a las condiciones en la zona de desarrollo de raíces.**

-Profundidad útil del suelo (espesor del suelo, en cm, en el que pueden desarrollarse las raíces).

-Textura de la capa arable (0-30 cm. superficiales, u horizonte A).

-Almacenamiento del agua en el suelo: es la cantidad de agua que puede almacenar cada horizonte dentro de la profundidad útil o hasta los 100 cm.

-pH.

-Capacidad de intercambio catiónico (entre 30 y 50 cm).

-Conductividad eléctrica (Salinidad)

-Saturación en sodio.

-Grado de erosión: nulo, ligero, moderado o severo.

Una vez establecida la capacidad agrológica de los suelos, se realizó el mapa de clases agrológicas (Fig. 57), tomándose de referencia el mapa de suelos, asignando a cada asociación su respectiva clase agrológica acorde a los suelos presentes en ellas.

Los suelos que presentan la mejor calidad (Clase II) son aquellos situados en la vega del Tormes (Fig. 58). Son suelos profundos desarrollados sobre depósitos mayoritariamente arenosos y planos, que conforman la actual llanura de inundación del río. Son suelos no pedregosos, de aceptable desarrollo y estructura, y con buenas proporciones texturales que permiten una correcta aireación y circulación del agua. Además, presentan una buena disponibilidad de agua, lo que permite la existencia de regadío. También, se trata de los suelos más fértiles del sector, ya que en los periodos de avenidas (si bien actualmente son menos comunes debido a la regulación del caudal del Tormes mediante el embalse de Santa Teresa) en los que se inundan estos sectores, se produce un gran aporte de nutrientes que aumenta la fertilidad. Por todo ello, son los suelos más aptos para el laboreo y la producción agrícola, y debido a esto deben de preservarse en los futuros planes de ordenación. Los suelos típicos de estas zonas presentan características flúvicas, predominando los Fluvisoles, apareciendo también algunos Cambisoles.

Los suelos de la Clase III (Fig. 59) son suelos con buena fertilidad, alto desarrollo y con limitaciones leves al laboreo. La mayor parte se desarrollan sobre el material rojo, el cual localmente presenta altos contenidos de finos, lo que limita el laboreo, pero a su vez permite retener eficientemente la humedad. Se distribuyen principalmente en la comarca de La Armuña, apareciendo también en el cuadrante suroeste (sobre materiales de la Fosa de Ciudad Rodrigo), en la zona denominada como “La Armuña Chica”, y en general son conocidos como suelos rojos, estando formados generalmente por Luvisoles de, mayoritariamente, características crómicas. Además, se identifican suelos de Clase

III en zonas de terrazas bajas del sur del Tormes, en la zona este del sector. Son suelos de cierta evolución y desarrollo, bastante planos y con poca pedregosidad, además de presentar cierta disponibilidad de agua por la cercanía del Tormes. Se identifican Luvisoles háplicos generalmente, y diversos tipos de Cambisoles, especialmente con características éutricas, flúvicas y a veces gleicas, mostrándose como intergrados entre los suelos típicos de zonas fluviales y los de superficies antiguas.

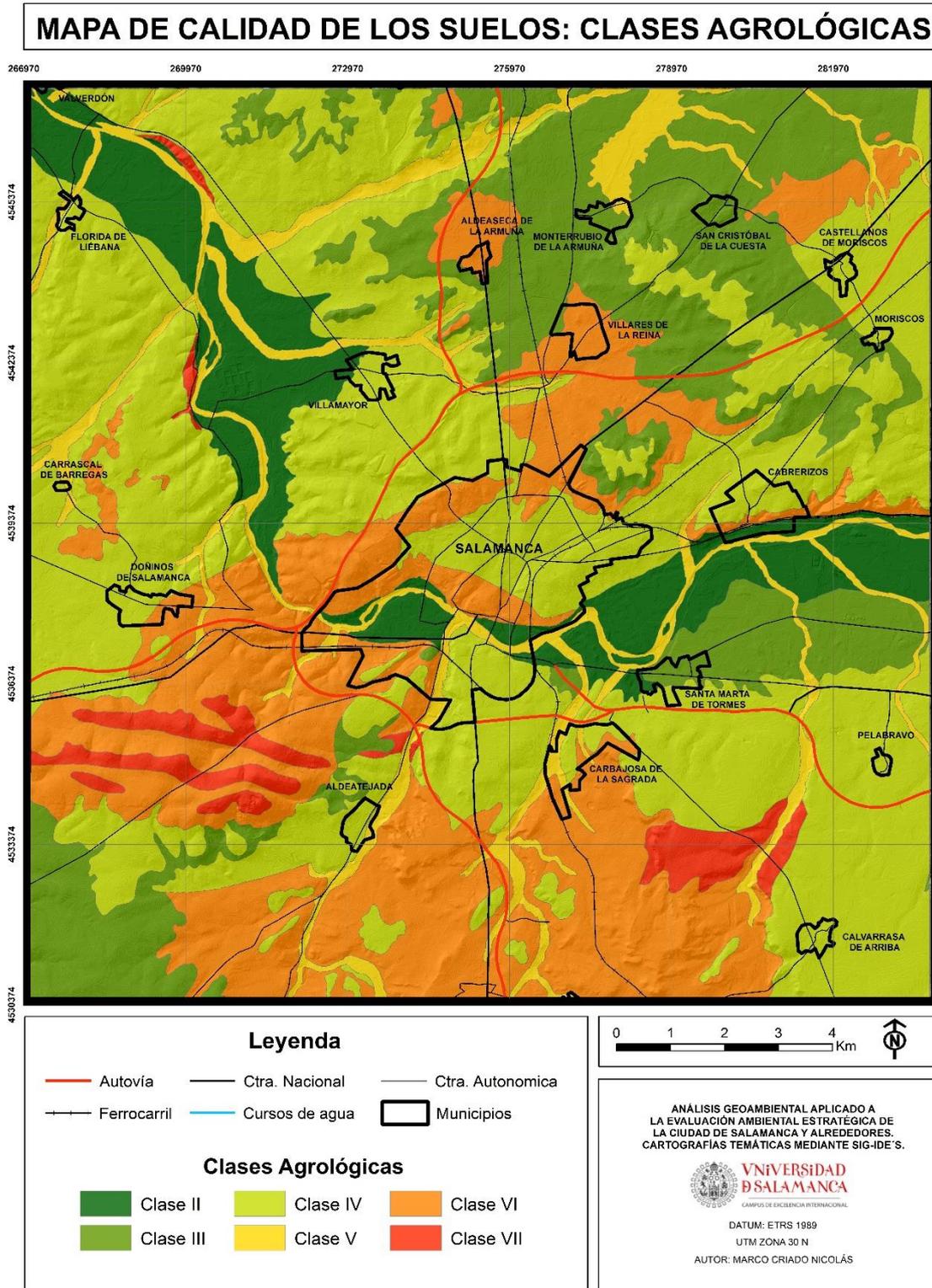


Figura 57. Mapa de Capacidad Agrológica de los suelos del sector estudiado.



Figura 58. Suelos de alta calidad agrológica (Clase II), localizados en la llanura de inundación del Tormes: A) Florida de Liébana; y B) Villamayor, donde existen gran cantidad de asentamientos humanos.



Figura 59. Suelos de aceptable calidad agrícola (Clase III) desarrollados sobre el material rojo, muy extendidos por La Armuña: A) Castellanos de Villiquera; B) Aldeaseca (Villares de la Reina al fondo).

La Clase IV aglutina a suelos que, si bien por sus características aún conservan aptitud agrícola, presentan limitaciones al laboreo. Son suelos muy extendidos por el sector, generalmente sobre depósitos de laderas, terrazas y afloramientos de areniscas. Suelen presentar cultivos de cereales en secano, con un menor rendimiento al ser menos fértiles y presentar normalmente peores características físicas y químicas que los anteriores, encontrando gran variedad de Luvisoles y Cambisoles (Fig. 60). Las limitaciones al laboreo varían en intensidad: pedregosidad (muy alta en los conglomerados de las terrazas), rocosidad (es poco frecuente) o pendiente del terreno. En algunos casos, especialmente en el sector noroeste, estas limitaciones hacen que parte de los suelos se destinen a uso forestal y de pastos (dehesas, a veces labradas).

Los suelos de la Clase V no presentan aptitudes agrícolas. Se corresponden con los suelos ligados a los fondos de valle de los arroyos (Gleysoles, caracterizados por la abundancia de materiales finos y la presencia de un nivel freático elevado, y estar en ocasiones, en temporadas de lluvias, encharcados). Además, suelen presentar poco espesor, y su extensión no es elevada. Las limitaciones al laboreo se derivan de la plasticidad en húmedo, que limita el uso de maquinaria, y del encharcamiento o exceso de humedad en épocas lluviosas que arruinaría la cosecha. Estas características hacen que presenten condiciones idóneas para el desarrollo de pastizales de calidad destinados al ganado, los cuales presentan gran diversidad en función del gradiente de humedad de los suelos (Fig. 61). Además de ligados a los pequeños arroyos, se localizan suelos de la Clase V en la Depresión de Monterrubio, con pastizales subhalófilos de gran calidad.



Figura 60. Suelos con serias limitaciones al laboreo (Clase IV): A) Alta pendiente (Cabrerizos); B) Pedregosidad en suelos sobre terrazas (Pelabravo); C) Suelos delgados (Aldeatejada); D) Pedregosidad.



Figura 61. A) Ganadería extensiva (Arroyo Encina); B) A. Zurgüén (Salamanca); C) Pastizales en la Dep. Monterrubio; D) En el fondo de valle (Clase V); sobre pizarras (Clase VI); en las laderas (Clase IV).

En la Clase VI se incluyen suelos con aptitudes agrícolas totalmente restrictivas: suelos poco desarrollados, delgados, erosionados, muy pedregosos, altas pendientes o malas condiciones químicas. Por ello, sobre estos suelos no puede desarrollarse la agricultura, y deben destinarse a pastos o bosques (Fig. 62). Son zonas adecuadas para el desarrollo y conservación de los hábitats naturales típicos de la zona, al igual que sucede en los suelos de las Clases VII y VIII. Los terrenos catalogados como clase VI son aquellos situados sobre suelos delgados en general, como los desarrollados sobre sustrato pizarroso, areniscas duras afloramientos calizos o zonas de cierta pendiente que impide la agricultura, siendo habituales en el sector centro-sur del área de estudio.

Por último, los suelos de menor calidad respecto al aprovechamiento agrícola son los de la Clase VII (no se han catalogado en el sector estudiado suelos de la Clase VIII). Son suelos cuya orografía y cercanía de la roca a la superficie impide el laboreo. Por ello, estas zonas deben ser destinadas al mantenimiento del ecosistema original, ya que son más difícilmente alterables. El uso forestal es típico en estos suelos, y en la zona estudio se observan encinares (Fig. 63): Los Montalvos, Pelagarcía, Valcuevo...



Figura 62. Suelos de la Clase VI en Aldeatejada: A) Comunidades herbáceas sobre arenisca dura; B) Pastos sobreexplotados en suelos delgados pizarrosos.

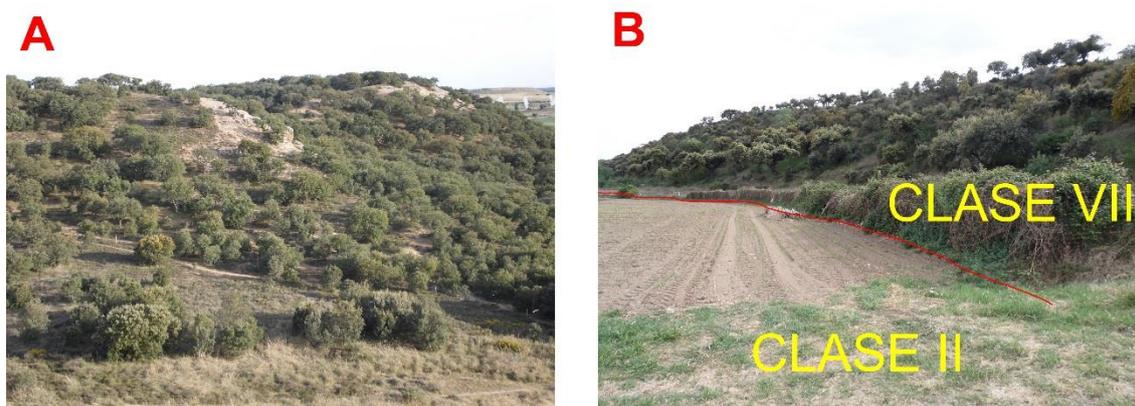


Figura 63. A) Encinar en un escarpe junto a la Urbanización Navahonda (Clase VII); B) Escarpe en La Argentina (Villamayor), que conserva el encinar. En la llanura de inundación, suelos de la Clase II.

3.6. Hidrología.

3.6.1. Hidrología superficial.

En España, la administración del agua se desarrolla mediante Organismos de Cuenca, dependientes del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) en el caso de ser cuencas intercomunitarias o de la Comunidad Autónoma en cuestión si la cuenca es intracomunitaria. Actualmente, las aguas se agrupan en demarcaciones hidrográficas, que viene a ser equivalente al concepto de cuenca hidrográfica. La zona de estudio está inmersa en la Demarcación Hidrográfica del Duero (DHD) (Fig. 64), subcuenca del Tormes, estando las aguas gestionadas por la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD). La DHD abarca una extensión de 98.073 km², de los cuales el 20% son de dominio portugués. La subcuenca del Tormes abarca una extensión de 7.109 km² repartidos a lo largo de los 149.08 km de longitud de dicha masa de agua (Aparicio, 1997; CHD, 2016).

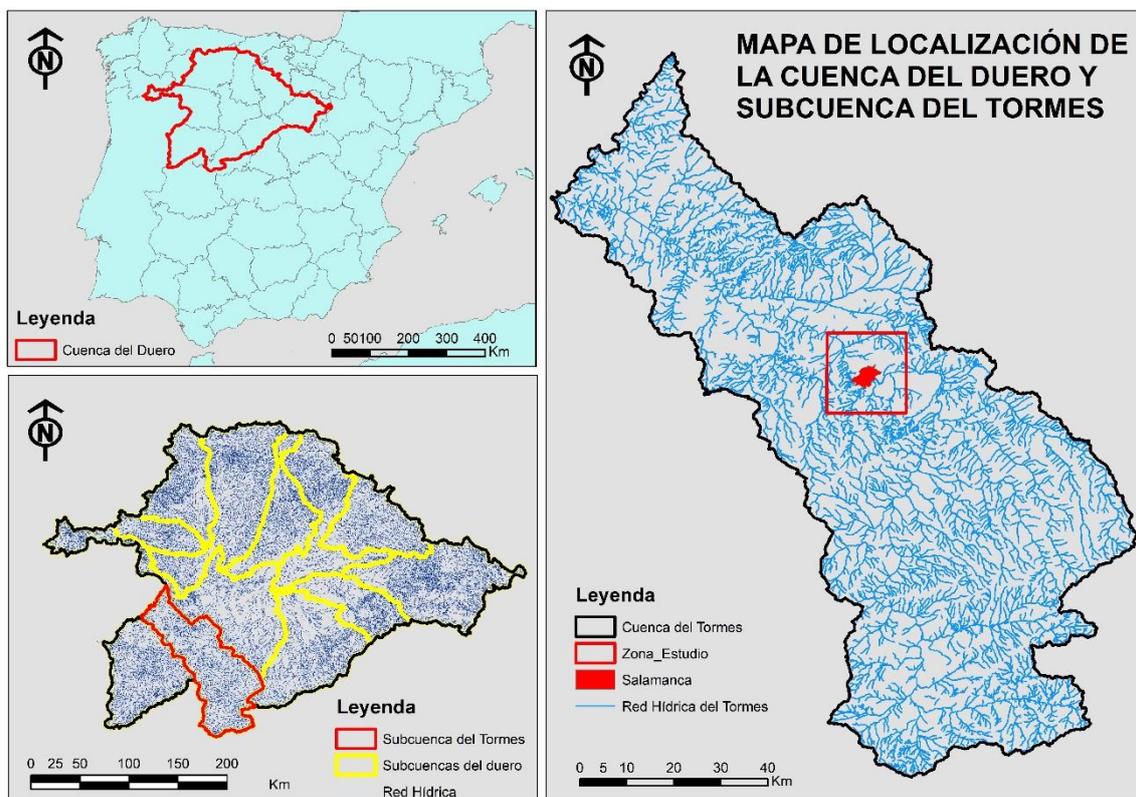


Figura 64. Demarcación Hidrográfica del Duero y subcuenca del Tormes (dcha).

La hidrología del área de estudio está caracterizada por la presencia del Río Tormes, el cual la surca por el centro de este a oeste. El Tormes puede considerarse como el eje definidor de la ciudad de Salamanca y de su entorno debido a la impronta que este tiene en la distribución de las actividades humanas, infraestructuras y en el paisaje. Además, aparecen otros cursos de agua de menor entidad, todos ellos de tributarios del Tormes, y que componen la red hídrica principal: Arroyo del Zurguén, A. de la Encina, A. de la Ribera, A. de Valhondo, A. del Valle, A. del Prado de la Vega o A. de la Fuente, entre otros (Fig. 65). Existen también otros cursos de agua escasa entidad, y que apenas albergan caudal en épocas de altas precipitaciones, siendo mayoritariamente tributarios

de los arroyos anteriormente mencionados, si bien pueden verter sus aguas directamente al Tormes en algunos casos, conformando todos ellos la red de drenaje (Fig. 66).

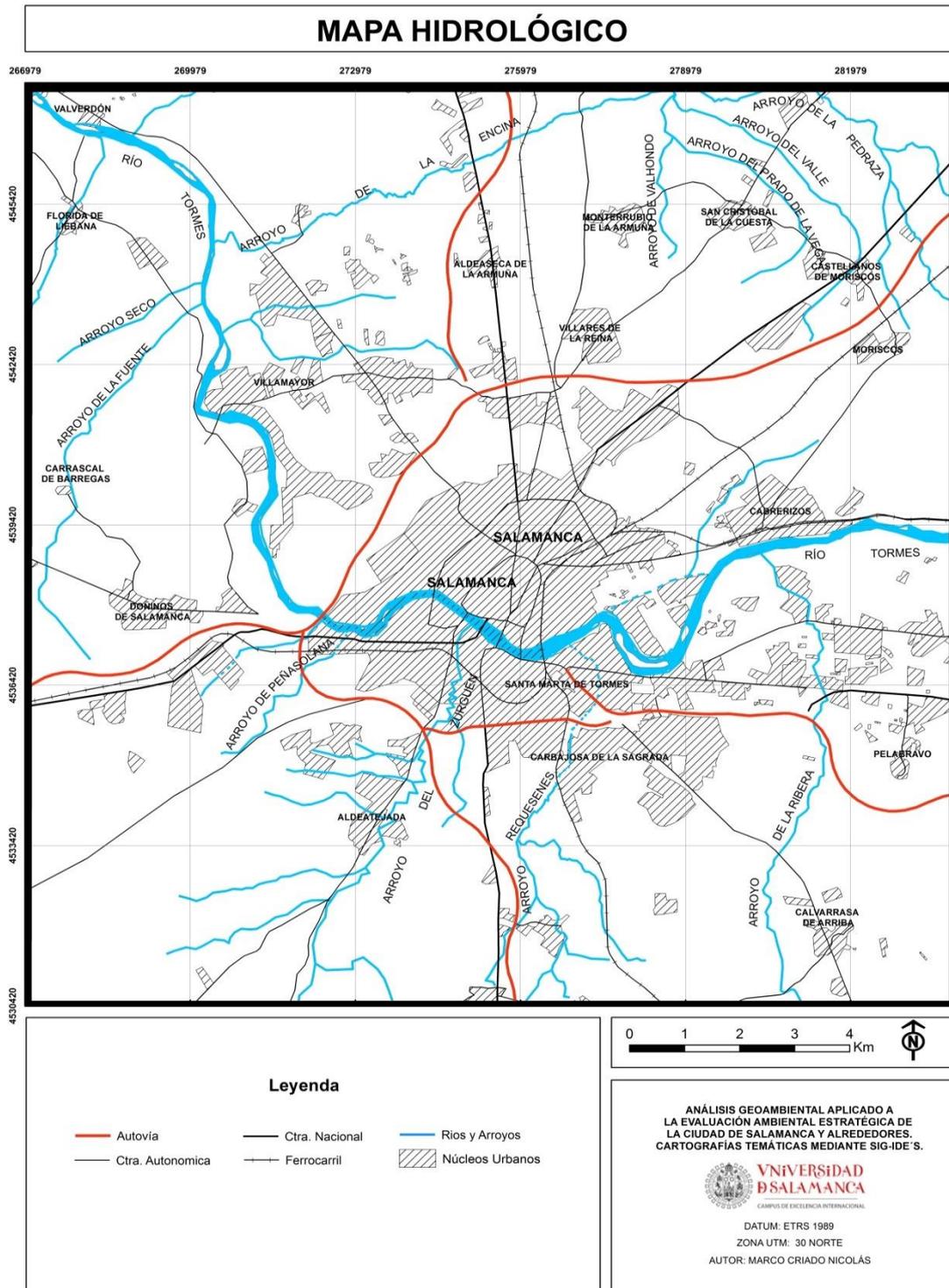


Figura 65. Mapa Hidrológico del sector de estudio.

Por otro lado, cabe mencionar las pequeñas lagunas que aparecen principalmente ligadas a explotaciones extensivas de ganado bovino, cuyo fin es proporcionar un abrevadero al ganado presente en las zonas de pasto y dehesa. En la zona norte, ligadas a pequeñas depresiones aparecen navas y lagunas naturales, si bien debido al drenaje

que sufrieron para desecarlas con el objetivo de ser empleadas como tierras de cultivo, apenas contienen agua en la época de mayores precipitaciones.

Para concluir con la caracterización hidrológica superficial se incluyen fotografías ilustrativas del Tormes (Fig. 67) y de sus tributarios (Fig. 68).

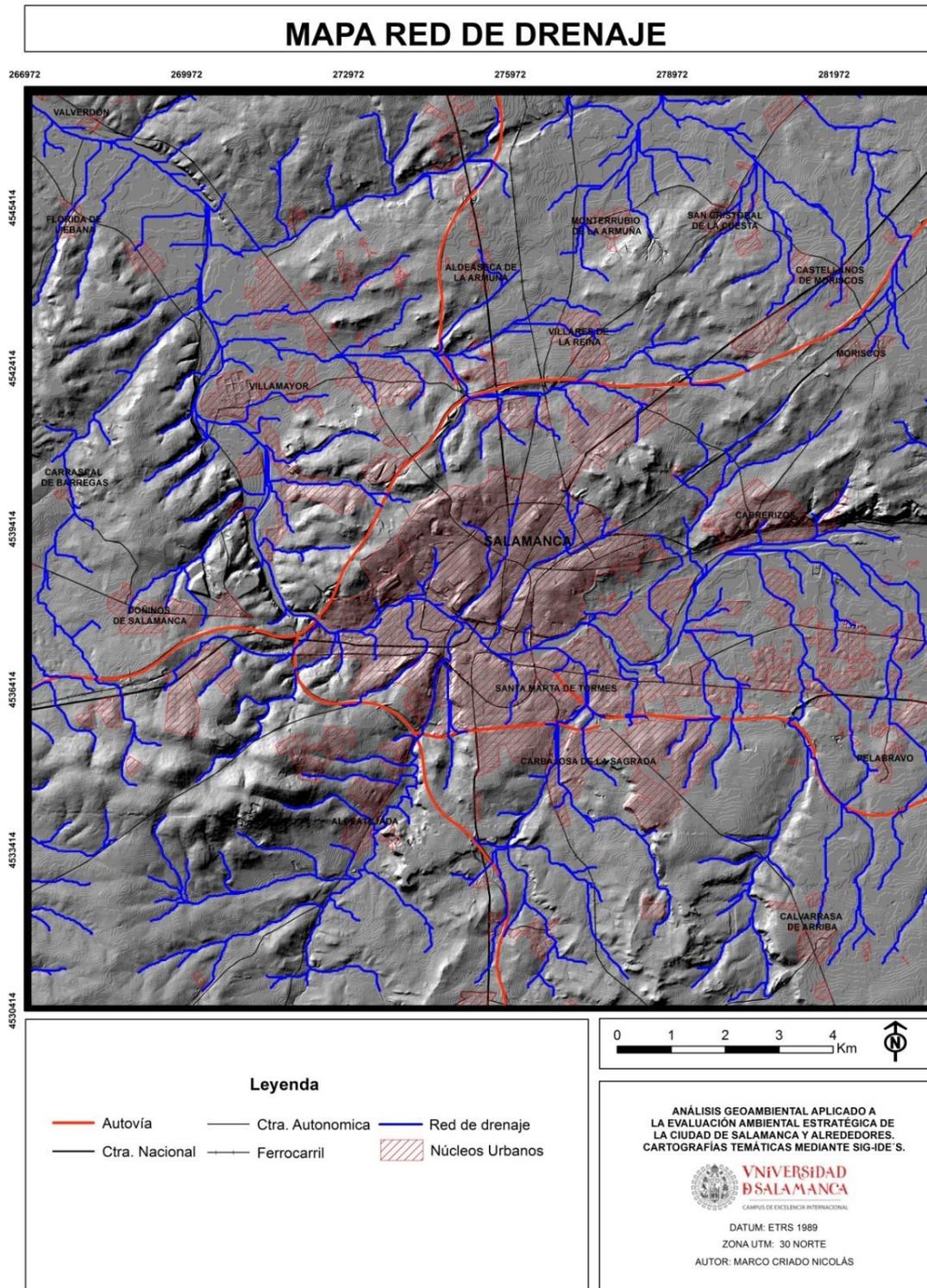


Figura 66. Red de drenaje de la zona estudiada.



Figura 67. Río Tormes: A) A su paso por la ciudad de Salamanca (puente romano); B) Las pequeñas presas y azudes son numerosos (Puente Gudino, Villamayor); C) A su llegada a Valverdón, con aguas muy tranquilas en este tramo; D) Son frecuentes en zonas urbanas las intervenciones en las orillas para acondicionarlo a un uso lúdico (Isla del Soto, Santa Marta de Tormes)



Figura 68. A) Arroyo del Zurgüén, a su entrada en Salamanca; y B) Arroyo de la Encina en Castellanos de Villiquera. Se trata de los principales tributarios del Tormes en el sector estudiado.

2.6.2. Hidrología subterránea.

Las aguas subterráneas son un bien escaso y de gran importancia para satisfacer las demandas de la sociedad, por lo que su conocimiento se hace necesario para garantizar un buen uso de las mismas. En el área de estudio, estas aguas sirven como abastecimiento a multitud de localidades, especialmente de escasa entidad, y como riego en explotaciones agrícolas de regadío. El movimiento del agua en el subsuelo está determinado principalmente por la litología existente, presentando cada tipo de material

comportamientos específicos al paso del agua. Así, se diferencian dos tipos principales de permeabilidad: permeabilidad primaria, muy relacionada con la porosidad de la roca (es decir, el porcentaje de poros que hay por unidad de volumen de roca/suelo) y especialmente con la porosidad eficaz (cantidad de poros por los que puede circular el agua al estar conectados); y permeabilidad secundaria, más ligadas a las fracturas, discontinuidades o estructuras de alteración presentes en un macizo rocoso principalmente, siendo poco habituales en materiales blandos y sueltos. Normalmente, para expresar la capacidad que un determinado material tiene para transmitir un fluido, esto es, la permeabilidad, se emplea el índice de conductividad hidráulico. Esto es de gran importancia a la hora de conocer la capacidad que tiene un suelo/roca de responder ante posibles focos contaminantes, y poder gestionar así mejor los espacios que pudieran dedicarse a actividades potencialmente contaminantes de los suelos y aguas (Custodio & Llamas, 1983; Chow et al., 1994; Sánchez; 2012).

Para el estudio de las aguas subterráneas se realizó, en primer lugar, una agrupación de las diferentes litologías en grupos de acuerdo a similitudes en su comportamiento hidrogeológico (unidades hidrogeológicas). Después, se estudió en estas formaciones: 1) la permeabilidad primaria y secundaria de los materiales, con el objetivo de conocer el comportamiento de las aguas en los mismos (Sánchez, 1985); 2) el índice de conductividad hidráulica de cada unidad; y 3) la profundidad media del nivel freático en cada una de las unidades (Nespereira, 2007), si bien puede variar localmente según drenajes, captaciones... (Sánchez, 2012). El cálculo de la conductividad hidráulica y la localización del nivel freático se obtuvo del trabajo Nespereira (2007). Para el cálculo de la conductividad hidráulica (k) dicho autor emplea para las unidades rocosas el criterio de Bell (2000) basado en la separación entre discontinuidades, y para aquellas blandas y sueltas la fórmula de Hazen [k (cm/s) = $100 \cdot D_{10}^2$ (cm)].

A continuación, se describen las unidades hidrogeológicas presentes en el área estudiada (Fig. 69), su permeabilidad, y la vulnerabilidad que presentan frente a la contaminación (Fig. 70), resumiéndose todas sus características en la Tabla 10:

Unidad metasedimentaria.

La unidad metasedimentaria se compone de los materiales del CEG de la Fm. de Aldeatejada y de las pizarras ordovícicas grises y negras. En su conjunto, es una unidad pizarrosa muy homogénea con condiciones de permeabilidad muy favorables para la protección de las aguas. Debido a que son rocas metamórficas, no presentan permeabilidad por porosidad intergranular, considerándose como impermeables. Respecto a la permeabilidad que pudieran adquirir como consecuencia de fracturas ocasionadas por efecto de alguna fuerza o tensión, por ejemplo (permeabilidad por fracturación), se considera como muy baja. Por su parte, el valor del índice de conductividad hidráulica (10^{-2} - 10^{-5} cm/s) refleja la variabilidad que puede presentar la unidad en función de sus discontinuidades, si bien en general debe considerarse como una unidad de baja permeabilidad, al ser más frecuentes valores bajos (10^{-5} cm/s). La profundidad del nivel freático en esta unidad oscila entre los 2.5 y los 8 m., siendo más frecuentes valores cercanos a 4-5 m. de profundidad. Por tanto, queda patente el carácter impermeable de las pizarrosas, lo que en caso de vertido, dotaría de gran protección a las aguas subterráneas, considerándose esta unidad de vulnerabilidad baja. No obstante, en caso de contaminación, se recomienda tomar medidas sobre las aguas superficiales, pues son las que asumirían la carga contaminante.

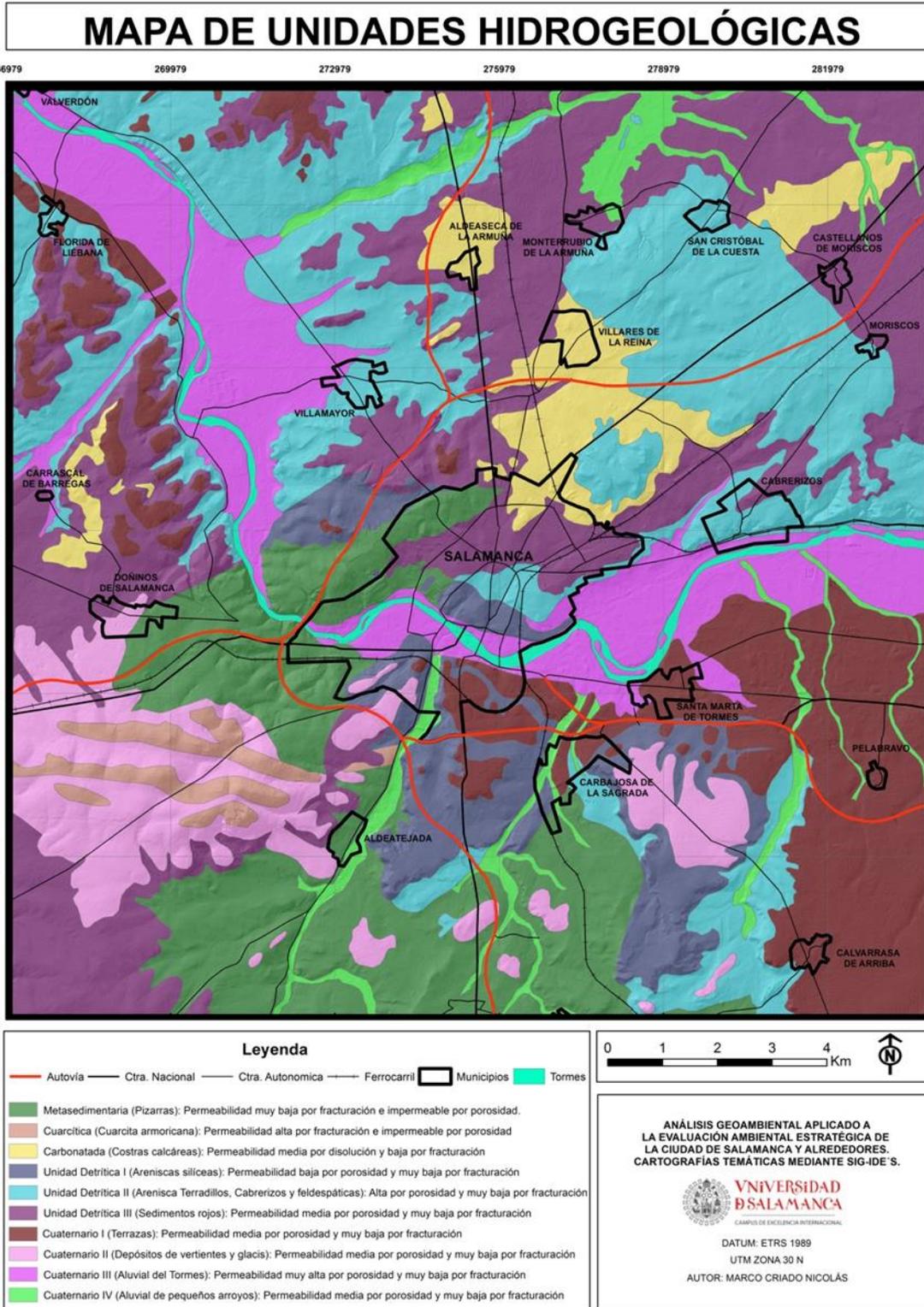


Figura 69. Unidades hidrogeológicas identificadas en el área de estudio.

Unidad Cuarcítica.

Se compone de la cuarcita armoricana presente en Los Montalvos. Es una unidad con una extensión limitada, prácticamente restringida a los afloramientos de las partes altas. Al igual que las pizarras, debido a su metamorfismo presenta una permeabilidad por porosidad intergranular nula (impermeable). No obstante, a diferencia de las pizarras,

las cuarcitas presentan mayor alteración al ser sometidas a esfuerzos, por lo que en estas es frecuente encontrar fisuras o grietas, por lo que esta unidad presenta alta permeabilidad por fracturación, pudiendo el agua circular con gran facilidad y rapidez a través de las grietas. En esta zona, pueden aparecer pequeños acuíferos ligados a los sistemas de fracturas, ya que la cuarcita se encuentra situada sobre las pizarras, que actúan como una base impermeable. Por esto, estas zonas cuarcíticas son de una alta vulnerabilidad frente a la contaminación, ya que un lixiviado tóxico podría llegar rápida y fácilmente a través de las fracturas hasta los pequeños acuíferos existentes. Al igual que sucede con las pizarras, el índice de conductividad hidráulica es variable según las discontinuidades existentes (10^{-2} - 10^{-5} cm/s), aunque deben considerarse como más vulnerables las cuarcitas, pues su fracturación es mayor, además de presentar fracturas de mayor entidad que las pizarras. Debido a la naturaleza de estas rocas, no albergan en su interior grandes volúmenes de agua, por lo que no existe un nivel freático como tal.

Unidad Carbonatada.

Engloba a las margas de diferente dureza que se alternan. La permeabilidad puede considerarse como media por disolución y baja por fracturación. Sin embargo, la escasa potencia de estas, no dota de protección a las aguas subterráneas subyacentes, por lo que estas zonas se consideran de alta vulnerabilidad al encontrarse estos niveles sobre areniscas, muy porosas, y que contienen reservas de aguas subterráneas. El valor de k puede ser muy variable en función del estado de las rocas en cada punto (10^{-2} - 10^{-9} cm/s), si bien la unidad en general puede considerarse como semipermeable. El carácter superficial de esta formación hace que no se encuentre nivel freático en ella.

Unidad Detrítica I.

Agrupar a las areniscas silíceas de la Fm. Salamanca. La particularidad de este tipo de areniscas que permite diferenciarlas del resto a rasgos hidrogeológicos es la dureza de las mismas, debido a la fuerte cementación de su matriz. Esta cementación hace que la porosidad intergranular sea sensiblemente más baja que en el resto de areniscas, aunque esto no implica que no puedan albergar depósitos subterráneos. Con esto, presenta una permeabilidad por porosidad intergranular baja, siendo la debida a la fracturación muy baja, con una k entre 10^{-2} - 10^{-5} cm/s. A pesar de esta escasa permeabilidad, son zonas con almacenes de aguas subterráneas, por lo que deben de ser consideradas, como zonas con una vulnerabilidad media frente a la contaminación, debido a que el grado de cementación puede variar en función del grado de alteración de la roca y hacer que la permeabilidad aumente. Se recomienda la realización de estudios complementarios en estas zonas. El nivel freático suele presentarse a una profundidad entre los 5-9 m.

Unidad Detrítica II.

Engloba al resto de formaciones de areniscas (Areniscas de Cabrerizos, Villamayor, Almenara, Terradillos y feldespáticas). Todas ellas comparten rasgos hidrogeológicos típicos de las areniscas: alta permeabilidad por porosidad intergranular (aunque puede variar en función del contenido en finos de la matriz) y muy baja permeabilidad por fracturación (k variable entre 10^{-2} - 10^{-4} cm/s). Son zonas muy porosas en las que el agua circula con facilidad, y que cuando estos poros se saturan, forman depósitos subterráneos. Ante la abundancia de acuíferos (con niveles freáticos entre 4-8 m.) y la facilidad de circulación de lixiviados, estas áreas se consideran de alta vulnerabilidad.

Unidad Detrítica III.

Aglutina a los niveles rojos de areniscas y conglomerados con matriz arcillosa. La abundancia de materiales finos en la matriz provoca un aumento de la ya que disminuye la permeabilidad por porosidad a niveles medios, mientras que la asociada a la fracturación es despreciable. Por tanto, en general, la vulnerabilidad de esta unidad es media, si bien puede variar localmente según el contenido de finos (por ello la conductividad hidráulica varía entre 10^{-5} - 10^{-9} cm/s). Se recomienda realizar estudios complementarios en estas áreas para determinar el impacto potencial de los vertidos sobre las reservas de agua. El nivel freático puede ser muy variable (3-15 m.) lo que puede estar relacionado con explotaciones agrícolas de regadío.

Unidad Cuaternaria I.

Se corresponde con los depósitos asociados a las terrazas del Tormes, arenas, arcillas y gravas cuya permeabilidad varía en función del contenido en finos. De manera general, puede decirse que la porosidad por fracturación no se manifiesta, y que poseen una permeabilidad intermedia-alta por porosidad ($k > 10^{-3}$ cm/s). Son zonas donde el nivel freático suele estar alto (1-3 m.), lo que indica la existencia de depósitos subterráneos. Esta abundancia de reservas de agua, junto con la variación del contenido en arcillas, hace que estas zonas sean altamente vulnerables frente a los vertidos.

Unidad Cuaternaria II.

La Unidad Cuaternaria II agrupa a los depósitos cuaternarios de las formaciones superficiales (depósitos de vertientes y glacia), con materiales diversos que provocan una difícil catalogación. La permeabilidad está establecida por la de tipo intergranular, que variará en función del contenido en finos. A grandes rasgos, se consideran como de permeabilidad media o alta ($k > 10^{-3}$). Sin embargo, la escasa potencia de estos depósitos en la mayoría de los rasgos hace necesario tener en cuenta cuál es la litología subyacente, lo que, unido a la existencia de acuíferos, hace que estas zonas sean catalogadas como zonas de alta vulnerabilidad. Debido a la diversidad de formas presentan niveles freáticos diversos, con profundidades entre 3 y 10 m.

Unidad Cuaternaria III.

Agrupar a los materiales poco consolidados de los depósitos aluviales del Tormes, generalmente de gravas y arenas. Son depósitos muy porosos, con permeabilidad muy alta ($k > 10^{-2}$ cm/s). Son zonas con niveles freáticos altos, a profundidades de 1-3 m., y existen acuíferos libres, siendo estas aguas empleadas para el regadío. Esta elevada permeabilidad hace que estas zonas sean catalogadas como muy vulnerables frente a la contaminación, ya que el lixiviado penetraría fácil y rápidamente hasta el acuífero.

Unidad Cuaternaria IV.

Se compone de los depósitos aluviales de arenas y arcillas presentes en arroyos, por lo que la distribución de la arcilla determinará su permeabilidad ($10^{-2} > k > 10^{-5}$ cm/s). Poseen altos niveles freáticos (profundidad entre 1-5 m.), y se consideran de alta

vulnerabilidad frente a la contaminación. La Depresión de Monterrubio, con niveles de arcillas de varios metros, puede considerarse de permeabilidad muy baja ($k < 10^{-9}$ cm/s).

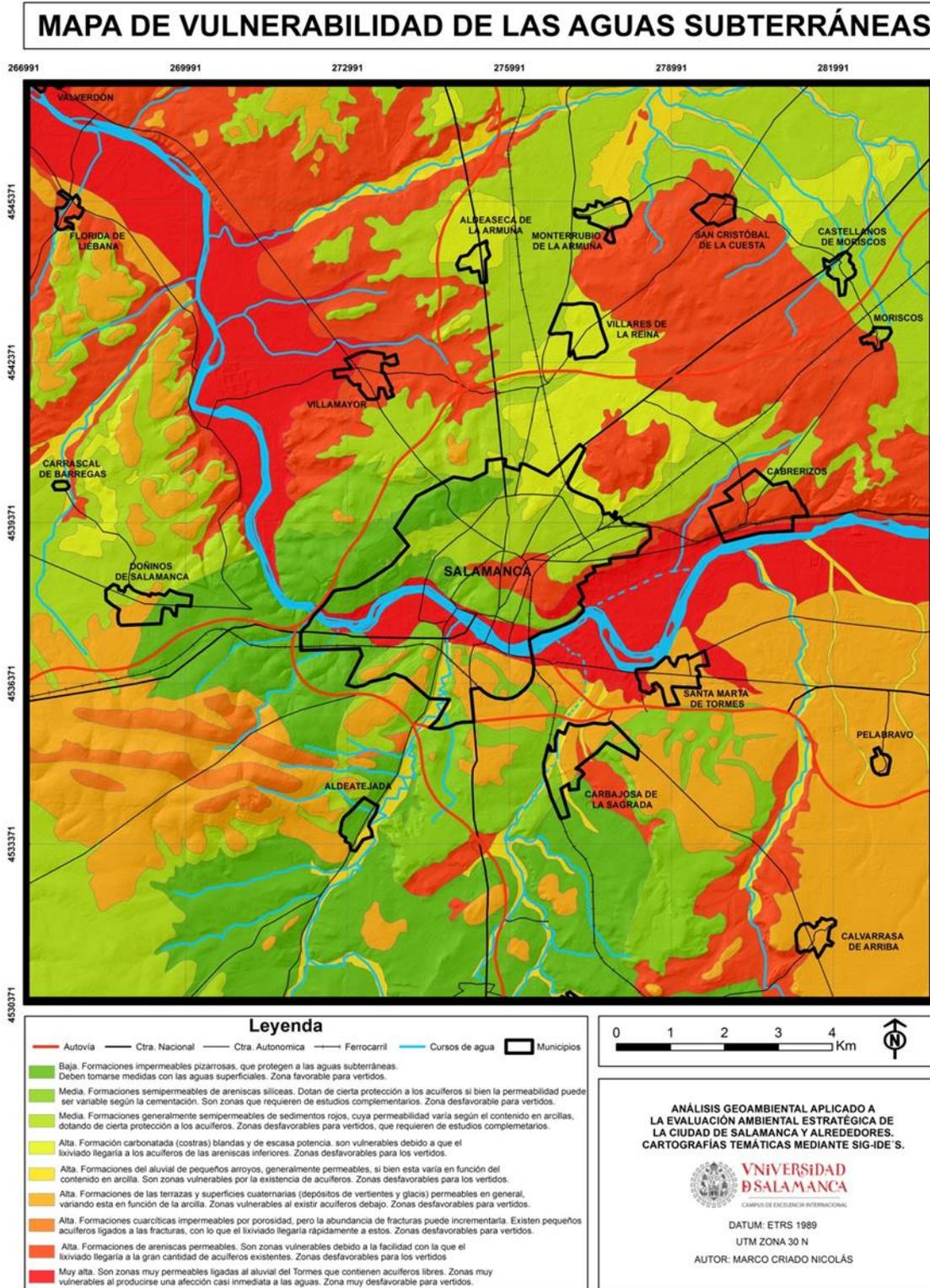


Figura 70. Mapa de vulnerabilidad de las aguas subterráneas frente a contaminantes.

UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	LITOLOGÍA	PERMEABILIDAD			VULNERABILIDAD FRENTE A CONTAMINANTES	PROFUNDIDAD MEDIA DEL NIVEL FREÁTICO	OBSERVACIONES
		Por porosidad intergranular	Por fracturación	Conductividad hidráulica (cm/s)			
Metasedimentaria	Pizarras	Impermeable	Baja	10^{-2} - 10^{-5}	Baja* *estudiar fracturación	2.5-8 m	La contaminación afectaría únicamente a aguas superficiales
Cuarcítica	Cuarcita armoricana	Impermeable	Alta	10^{-2} - 10^{-5}	Media-Alta* *estudiar fracturación	Sin datos	Afección rápida únicamente a través de la fracturación
Carbonatada	Costras calcáreas y Margas	Media (disolución)	Media	10^{-2} - 10^{-9}	Media ó Alta* *con macizo alterado	Sin datos	Zonas vulnerables al albergar acuíferos
Unidad detrítica I	Areniscas silíceas (Fm. Salamanca)	Baja	Muy baja	10^{-2} - 10^{-5}	Media	5-9 m	Afección variable en función del grado de cementación o fracturas
Unidad detrítica II	Areniscas Terradillos Ar. Fm. Cabrerizos, y Ar. feldespáticas	Alta	Muy baja	10^{-2} - 10^{-4}	Alta	4-8 m	Zonas vulnerables al albergar acuíferos
Unidad detrítica III	Sedimentos rojos	Media	Muy baja	10^{-5} - 10^{-9}	Media* *ver compactación y porcentaje de finos	3.5-15 m	Afección a las aguas superficiales y muy localmente acuíferos
Cuaternaria I	Arenas, gravas y arcillas (terrazas)	Media-Alta	Muy baja	$>10^{-3}$	Alta	1-4 m	Zonas vulnerables al albergar acuíferos
Cuaternaria II	Depósitos de vertientes y glaciares	Media-Alta	Muy baja	$>10^{-3}$	Alta	3-10 m	Zonas vulnerables al existir acuíferos
Cuaternaria III	Gravas y arenas del aluvial del Tormes	Muy alta	Muy baja	$>10^{-2}$	Muy alta	1-4 m	Afección rápida a los acuíferos libres
Cuaternaria IV	Arenas y arcillas de los depósitos aluviales de pequeños arroyos	Media	Muy baja	10^{-2} - 10^{-5} $<10^{-9}$ (En Dep. Monterrubio)	Alta Baja (En Depresión de Monterrubio)	1-5 m	Afección depende del contenido en arcillas y limos

Tabla 10. Tabla-resumen con las Unidades Hidrogeológicas del área de estudio, junto con su permeabilidad y vulnerabilidad frente a los contaminantes.

3.7. Paisaje.

3.7.1. Introducción.

Tradicionalmente han existido discrepancias en el establecimiento de una definición para el concepto de paisaje. Cuando comenzaba el interés por el estudio del recurso paisajístico, estas definiciones se relacionaban con diferentes disciplinas que abarcaban el estudio del mismo, y existían metodologías diversas en función de esto. En la actualidad, se han superado estas diferentes connotaciones y se considera al paisaje como un recurso más, con valor estético, y que es consecuencia de la manifestación de los diversos elementos bióticos, abióticos y antrópicos que componen el medio, y que, en función de su combinación, dan lugar a las diferentes tipologías de paisaje. Así, el paisaje puede entenderse como una entidad producto de la interacción entre ecología, vegetación, geología, geomorfología, hidrología, edafología, climatología, fauna y actividad antrópica, y además debe tenerse en cuenta su dinamismo debido a la continua acción de los agentes naturales y de la actividad humana, que actualmente es la que tiene mayor importancia en la alteración de los paisajes. Por tanto, es evidente que el paisaje tiene un componente tangible, perceptible de una manera multisensorial (visual, olfativa y/o auditiva) que comprendería el resultado de las interacciones ecológicas (fenosistema) y una parte intangible que comprende a las diferentes relaciones entre componentes (Bolós, 1992; Reyes et al., 1998).

Hoy en día, el paisaje ha cobrado una gran relevancia dentro del conjunto de valores ambientales que demanda la sociedad, ya que es percibido como un factor importante en la calidad de vida. Obviamente en las grandes ciudades únicamente existen paisajes urbanos, encontrando algún paisaje natural o seminatural residual en zonas ajardinadas (Wolch, 2007). Este hecho provoca que la población a la hora de elegir residencia valore positivamente zonas con una aceptable calidad paisajística. Un hecho más constatable es la búsqueda de paisajes naturales de gran valor paisajístico, hecho que promueve el turismo y supone el motor de buena parte de la economía de pequeños municipios rurales, que son las áreas de mayor naturalidad debido a que cuentan con menos equipamientos y servicios, que implica un menor desarrollo económico, por lo que el impacto sobre el medio es menor. Debe tenerse en cuenta que existen multitud de paisajes y ambientes, y que la calidad paisajística de los mismos suele mostrar dependencias con algunos de sus “factores componentes”, esto es, en algunos su atractivo estará determinado por sus formas geomorfológicas, otros por la vegetación, otros por su hidrología... Esta diversidad de paisajes, se une a la diversidad de observadores, esto es, a que cada persona hace una valoración subjetiva de cada paisaje, en función de su percepción, gustos, etc. Por ello, debe prevalecer una conservación paisajística que garantice la diversidad de los mismos (Bolós, 1992).

Todos estos aspectos hacen que el paisaje haya comenzado a ser integrado en las políticas y acciones de planificación como otro elemento del medio, y se ha instaurado una concienciación que promueve su conservación, si bien su análisis ha sido tardío en relación al del resto de componentes del medio físico debido a las discrepancias en cuanto a su interpretación y a la dificultad de estudio (Fairclough et al., 2018). Para el estudio del paisaje en las diversas acciones de gestión y planificación, como las evaluaciones ambientales, se elaboran documentos relativos a la afección paisajística, como es el caso de los catálogos de paisaje (son documentos en los que se describe y

valora el paisaje), cartas de paisaje (instrumento que fija las estrategias de actuación en materia de paisaje) o estudios de impacto e integración del paisaje (considera y valora los impactos sobre el paisaje que tendría la implantación de un proyecto o actividad y propone unos criterios adoptados para su integración), si bien este último se emplea para acciones concretas, empleándose los dos primeros en la planificación del territorio. En el caso de este estudio, se utiliza el llamado como catálogo de paisaje, empleado en los planes y proyectos de planificación, y en los que se identifican las unidades de paisaje existentes y se evalúan (calidad, fragilidad...) acompañado de su cartografía.

Para el estudio del paisaje se siguió una metodología indirecta que lo valora objetiva y cuantitativamente a partir del estudio de los componentes del medio, en detrimento de los métodos de evaluación directa, basados en la evaluación subjetiva de un observador. En primer lugar, se delimitan las unidades de paisaje. Tras ello, se analiza la calidad del paisaje mediante la calidad intrínseca y extrínseca. A continuación, se estudia la sensibilidad paisajística de los diferentes sectores del territorio ante posibles impactos, esto es, se estudia la fragilidad (tanto intrínseca como extrínseca). Finalmente, se establecen las zonas en función de la necesidad de protección que presenten, para lo cual se cruzan las cartografías de calidad y fragilidad, dando lugar a la cartografía de capacidad de absorción (Martínez-Graña et al., 2013; Martínez-Graña et al., 2017).

3.7.2. Determinación y análisis de las unidades paisajísticas.

Las unidades paisajísticas son áreas geográficas con una configuración estructural, funcional o perceptiva diferenciada, única y singular, identificada por su coherencia interna y sus diferencias respecto a otras unidades. Se determinan mediante el estudio de dos factores abióticos (geomorfología y litología) y uno biótico (vegetación). Se elabora una cartografía simplificada de estos factores agrupando a los componentes en grupos representativos, que posteriormente se cruza, originando las unidades de paisaje. Que finalmente se identifican en el campo (Martínez-Graña et al., 2013).

En el mapa geomorfológico se identifican 13 unidades, las cuales han sido agrupadas en función de su representatividad e incidencia en el paisaje, obteniéndose las unidades geomorfológicas simplificadas para paisaje (Tabla 11). Una vez establecidas estas unidades, se cartografían, dando lugar al Mapa Geomorfológico para paisaje (Fig. 71).

	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA		UNIDADES AGRUPADAS (PAISAJE)	
INTERFLUVIOS	1	Crestas	1	Crestas, colinas, lomas y divisorias fluviales
	2	Divisoria fluvial		
	3	Colinas y lomas		
	4	Laderas	2	Laderas, laderas coluvionadas, piedemontes, glacis y conos alúvicos
	5	Laderas coluvionadas		
SUPERFICIES DE ENLACE	6	Piedemontes, glacis y conos	3	Superficies estructurales, erosivas y degradadas
	7	Superficie degradada		
	8	Sup. erosivas y estructurales		
VALLES	9	Cañón fluvial	4	Escarpes y cañones fluviales
	10	Escarpe fluvial		
	11	Terrazas y abanicos alúvicos	5	Terrazas y abanicos aluviales
	12	Aluvial y fondos de valle	6	Aluviales, fondos de valle y depresiones semi-endorreicas
	13	Depresiones semiendorreicas		

Tabla 11. Unidades Geomorfológicas identificadas en la zona, agrupadas para el estudio del paisaje.

En segundo lugar, las diferentes litologías identificadas en el sector, fueron agrupadas en grupos litológicos que presentan incidencias paisajísticas similares (Tabla 12). Posteriormente se cartografiaron, generando el Mapa Litológico simplificado para el estudio del paisaje (Fig. 72).

En tercer lugar, se procede a la realización de la cartografía de las formaciones vegetales que tienen una similar incidencia en el paisaje. Primeramente, se elabora un mapa en el que se plasma la distribución de las principales unidades de vegetación existentes, tomando como referencia la información contenida en el Mapa Forestal de España. A continuación, se agrupan las diferentes unidades en función del estrato vegetal al que pertenecen (arbóreo, arbustivo, herbáceo...), dando lugar a formaciones vegetales homogéneas en cuanto a su incidencia en el paisaje (Tabla 13), que son cartografiadas mediante el SIG (Fig. 73).

	UNIDAD LITOLÓGICA		UNIDADES AGRUPADAS (PAISAJE)	
PRECÁMBRICO	1	Pizarras (CEG)	A	Pizarras
ORDOVÍCICO	2	Pizarras grises y negras		
	3	Cuarcita armoricana	B	Cuarcitas
PALEOCENO	4	Conglomerado Peña del Hierro	C	Areniscas
	5	Areniscas de Terradillos		
	6	Fm. Arenisca de Salamanca		
EOCENO	7	Fm. Arenisca de Cabrerizos		
MIOCENO	8	Areniscas feldespáticas	D	Unidad Roja
	9	Unidad Roja		
PLEISTOCENO	10	Conglomerados y arenas	E	Conglomerados y arenas
HOLOCENO	11	Arenas, limos y arcillas	F	Arenas, limos y arcillas

Tabla 12. Unidades litológicas identificadas en el área estudiada, agrupadas para el análisis paisajístico.

UNIDAD DE VEGETACIÓN		FORMACIONES HOMOGÉNEAS (PAISAJE)	
1	Encinares	FA	Formaciones arboladas
2	Dehesas		
3	Vegetación de Ribera		
4	Bosques de plantación (Choperas)		
5	Matorrales	FD	Formaciones arbustivas (Desarboladas)
6	Pastizales	PCB	Pastizales
7	Superficies agrícolas/ prados artificiales		
8	Superficies agrícolas con arbolado	FM	Formaciones mixtas con arbolado

Tabla 13. Formaciones de vegetación con incidencias similares en el paisaje.

Finalmente, tras cruzar la cartografía de geomorfología, litología y vegetación realizada para el análisis del paisaje, se obtiene la cartografía de unidades paisajísticas. Al unir la cartografía utilizada, se obtiene gran número de unidades paisajísticas, de las cuales muchas de ellas no tienen apenas extensión y representatividad, por lo que son integradas en unidades similares. Se han identificado 23 unidades paisajísticas, delimitadas en el mapa de unidades de paisaje (Fig. 74). A continuación, se describen los aspectos principales de cada una de ellas, y se identifican en el medio.

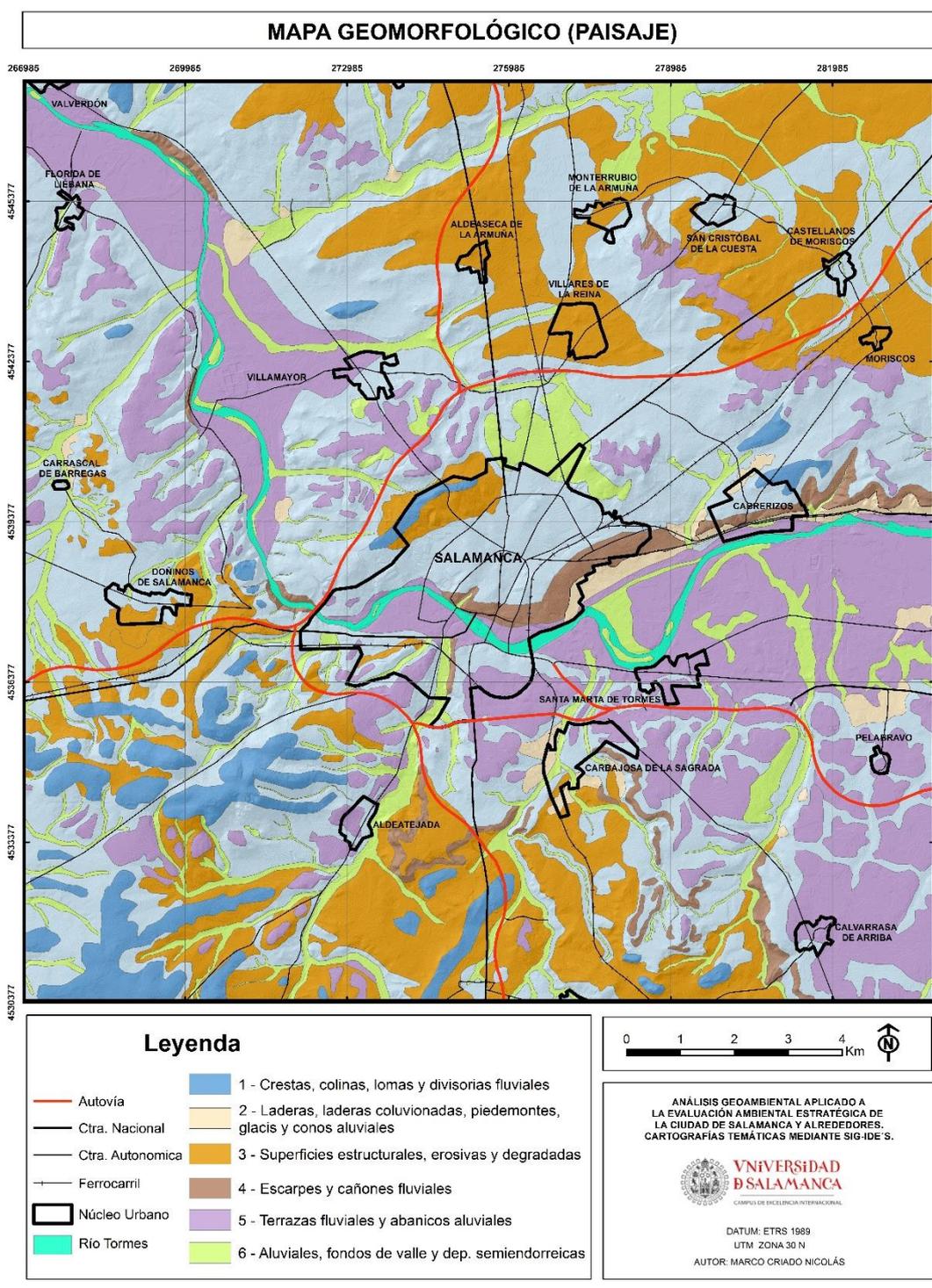


Figura 71. Mapa Geomorfológico simplificado para el estudio del paisaje.

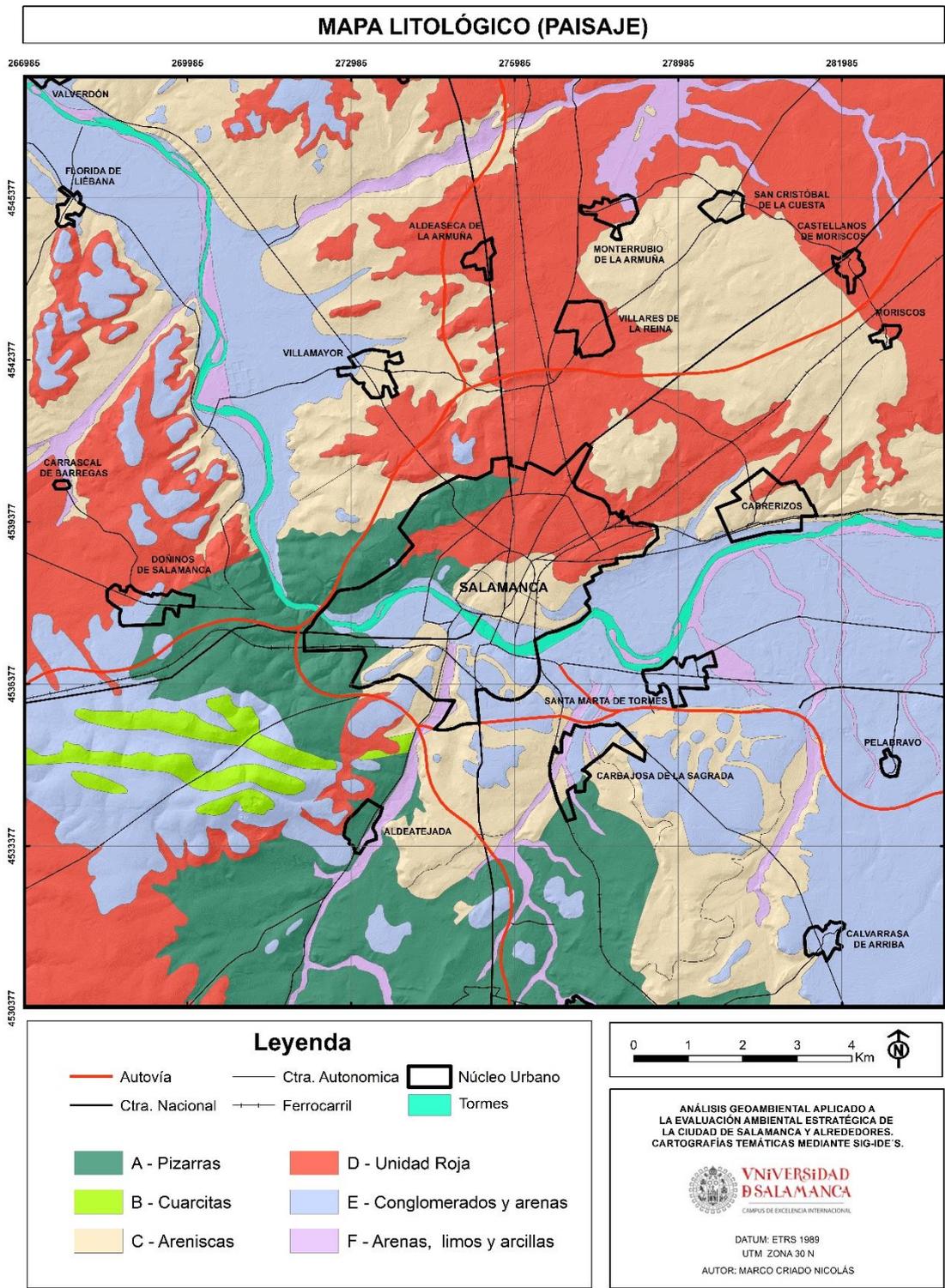


Figura 72. Mapa Litológico simplificado para paisaje.

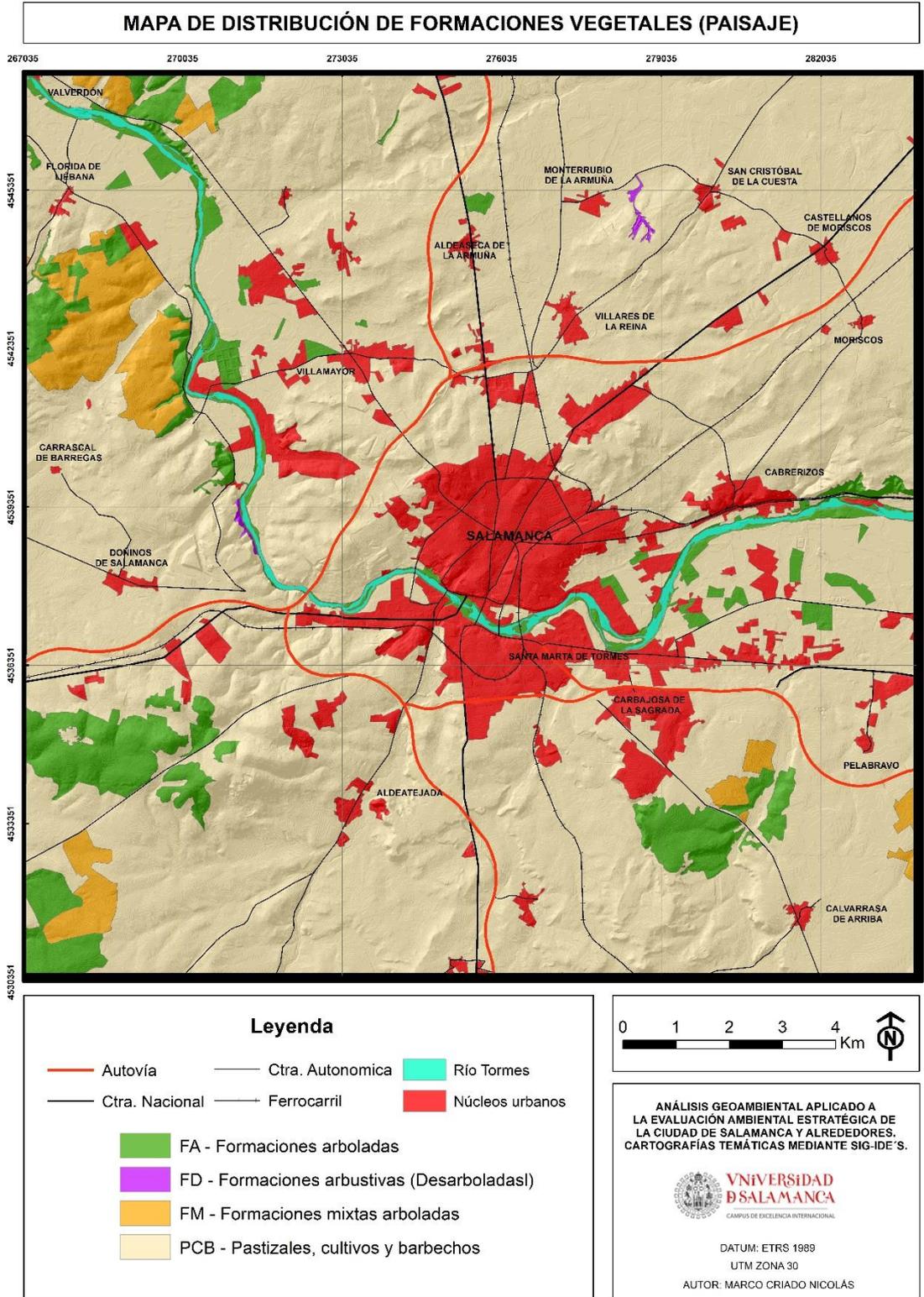
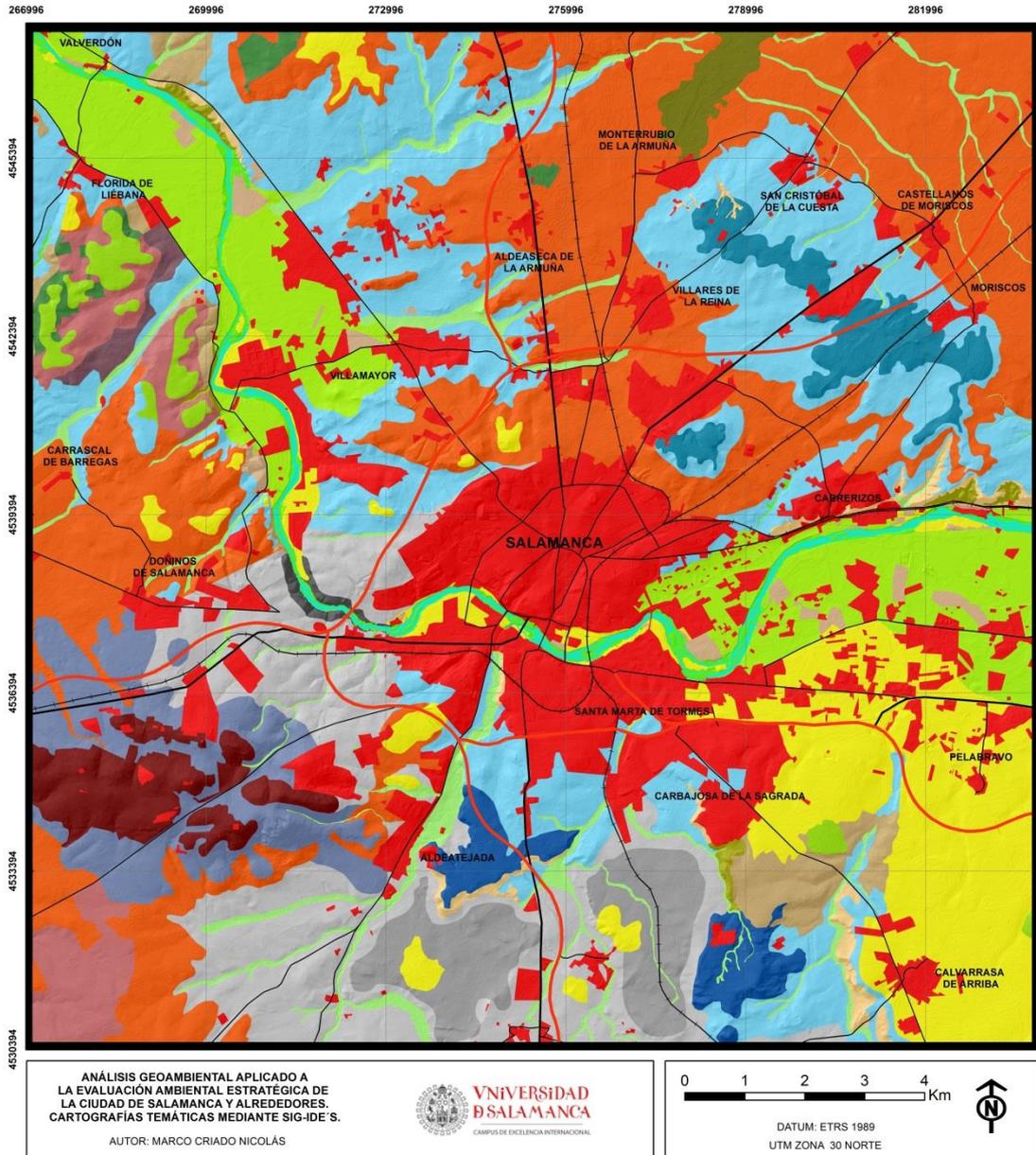


Figura 73. Mapa con la distribución de las formaciones vegetales para el estudio del paisaje.

MAPA DE UNIDADES PAISAJÍSTICAS



Legenda		Autovía	Ctra. Nacional	Ctra. Autonómica	Ferrocarril	Tormes	Áreas urbanas
1. Crestas y lomas sobre cuarcita con vegetación arbolada	12. Laderas sobre unidad roja con vegetación arbolada						
2. Superficie degradada sobre pizarras con cultivos	13. Escarpes sobre areniscas con pastizales						
3. Superficie estructural sobre arenisca con pastizales	14. Escarpes sobre areniscas con vegetación arbolada						
4. Superficie poligénica sobre arenisca con cultivos	15. Incisión fluvial sobre pizarras con pastizales						
5. Laderas sobre depósitos de vertientes con cultivos	16. Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos de regadío						
6. Laderas sobre pizarras con pastizales	17. Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos cerealistas						
7. Laderas sobre areniscas con cultivos	18. Terrazas con conglomerados y arenas y formac. mixtas cultivo-arbolado						
8. Laderas sobre unidad roja con cultivos	19. Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones arboladas						
9. Laderas sobre arenisca con formac. mixtas cultivo-arbolado	20. Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con pastizales						
10. Laderas sobre unidad roja con formac. mixtas cultivo-arbolado	21. Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con vegetación arbolada						
11. Laderas sobre arenisca con vegetación arbolada	22. Áreas semiendorreicas de limos y arcillas con pastizales						

Figura 74. Mapa de Unidades de Paisaje.

Paisajes en sectores de sierra

Unidad 1: Crestas cuarcíticas arboladas. La cuarcita armoricana confiere a Los Montalvos una orografía diferente a la de los territorios circundantes, conservando el encinar climácico y reduciendo al mínimo la agricultura, aportando a esta unidad su singularidad, vistosidad y belleza (Fig. 75). No obstante, diversas actividades humanas provocan un impacto negativo, como son la existencia de unas torretas de comunicación coronando el macizo, el Hospital Martínez Anido, una pequeña cantera y la zona destinada a prácticas militares que se extiende por todo el sector oriental del macizo.



Figura 75. Encinar desarrollado en las cotas más elevadas del crestón cuarcítico.

Paisaje en sectores de superficies.

Estas unidades se componen de superficies de diferente génesis y orografía llana. En el caso de las superficies sobre arenisca, constituyen las cotas más elevadas sobre esta litología, produciendo resaltes en el terreno con impronta en el paisaje. En el caso de las pizarras, constituyen extensiones planas fácilmente diferenciables de las laderas.

Unidad 2: Superficie degradada sobre pizarras con cultivos. Sobre las pizarras aflorantes en la mitad meridional de la zona estudiada, además del típico paisaje ondulado con pequeñas laderas predominante, se identifican sobre ellas diferentes superficies de alteración sobre las pizarras (zona de Aldeatejada) que originan grandes planicies, en las cuales se desarrollan suelos de moderado espesor aptos para el cultivo (Fig. 76).



Figura 76. Cultivos sobre superficies pizarrosas alteradas en Aldeatejada.

Unidad 3: Superficie estructural sobre areniscas con pastizales. Se encuentra sobre las areniscas duras de la Fm. Salamanca, extendiéndose junto a la margen derecha del Arroyo Zurguén desde el sur de Salamanca hasta Aldeatejada. Su génesis es producto de la dureza de la roca, que provoca la diferenciación de esta superficie a medida que los materiales aledaños son desmantelados por la erosión. Estas condiciones provocan la aparición de suelos líticos, factor limitante para las labores agrícolas, apareciendo en el pastizal climácico. La impronta de esta superficie en el entorno es evidente. También en el sureste del área de estudio aparecen otras superficies de similares características, si bien con menor influencia en el relieve, a excepción de los cerros testigos de Los Arapiles, áreas con notable impronta en el paisaje (Fig. 77).

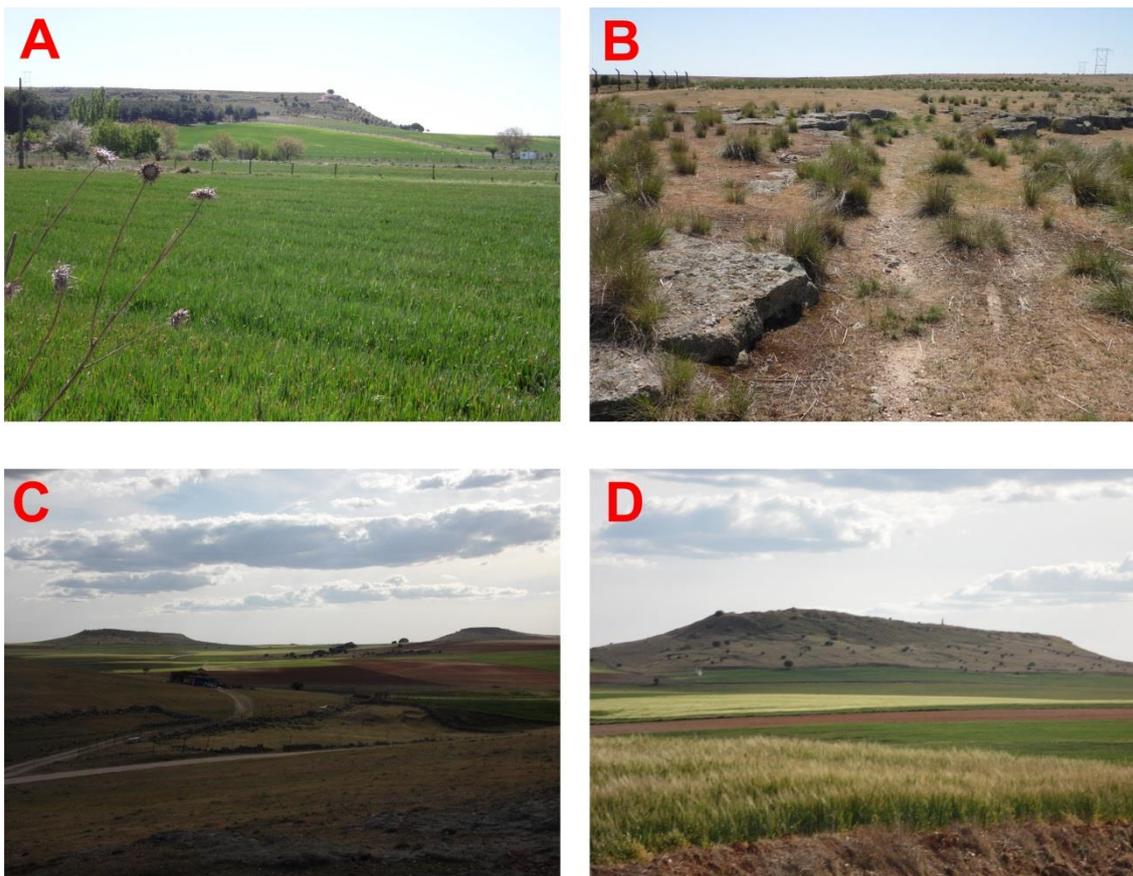


Figura 77. Superficies sobre areniscas duras: A) Superficie estructural en Aldeatejada; B) Las partes altas de estas superficies son planas (Aldeatejada); C) Al fondo, Los Arapiles; D) Arapil Grande.

Unidad 4: Superficie poligénica sobre arenisca con cultivos. En el sector noreste (Cabrerizos, Salamanca, Villares de la Reina, Monterrubio de Armuña, San Cristóbal de la Cuesta, Moriscos y Castellanos de Moriscos) aparece una gran superficie de erosión que da lugar a la superficie más antigua y elevada de La Armuña. Debido a su antigüedad y topografía plana, existen suelos profundos de condiciones favorables para el laboreo, por lo que existen cultivos de cereales, que alternan en ocasiones con barbechos fruto de la planificación agrícola. (Fig. 78).

Paisajes en sectores de ladera

En estas unidades se agrupan los paisajes desarrollados principalmente en las frecuentes laderas, y sobre otras superficies menos frecuentes: coluviones, piedemontes, glacis y conos aluviales. De manera general, se encuentran labradas, si bien algunas zonas

presentan pastizales o barbechos, y zonas labradas con arbolado. Las laderas suponen zonas de transición entre los niveles topográficamente más altos y más bajos, pero las escasas diferencias de relieve de la zona hacen que estas laderas sean poco pronunciadas, dando lugar al paisaje ondulado típico de la penillanura salmantina.



Figura 78. Superficie sobre areniscas feldespáticas, donde se alcanzan las mayores cotas en La Armuña.

Unidad 5: Laderas sobre depósitos de vertientes con cultivos. Aparece ligada al entorno de las crestas y afloramientos cuarcíticos en Los Montalvos y sirven de enlace con las superficies más bajas del entorno del macizo, siendo estas las laderas situadas a mayor altitud del sector. Se desarrollan sobre depósitos de vertientes en las partes más altas y sobre glaciares coluviales en las zonas bajas, donde las pendientes además se suavizan. Sobre estos depósitos con alta pedregosidad suelen desarrollarse suelos de gran espesor y con buena aptitud agrícola, por lo que habitualmente se encuentran labrados. A veces, estas áreas aparecen intercaladas sobre espacios de la unidad 1 (Fig. 79).



Figura 79. Laderas sobre depósitos de vertientes: A) Vista desde cotas bajas; B) Incrustadas en Unidad 1.

Unidad 6: Laderas sobre pizarras con pastizales. Aparece claramente identificada en el sector comprendido entre la ciudad de Salamanca, Aldeatejada y Los Montalvos, donde aflora sustrato pizarroso, y en las inmediaciones de la red fluvial que surca esta litología (Fig. 80). Se trata de la unidad con las laderas de mayor envergadura de la zona estudiada, especialmente aquellas que sirven de unión entre el macizo de Los Montalvos y el Tormes (suroeste de Salamanca). La naturaleza pizarrosa hace que existan suelos de escaso desarrollo que limitan la aparición de vegetación arbórea, por lo que predominan los pastizales, apareciendo pequeñas siembras residuales de cereales.



Figura 80. Cultivos cerealistas sobre laderas pizarrosas en La Salud (Salamanca).

Unidad 7: Laderas sobre areniscas con cultivos. Se trata de una unidad muy representativa del sector estudiado, excepto en el cuadrante suroeste. Aparece sobre todo tipo de arenisca, siendo más frecuentes en la parte septentrional del área sobre areniscas de la Fm. Cabrerizos, y especialmente sobre las areniscas feldespáticas, donde alcanzan su máxima entidad. En todos estos casos, estas superficies suelen estar labradas (Fig. 81), albergando cultivos cerealistas, generalmente en secano.



Figura 81. Superficies agrícolas en laderas sobre arenisca: A) Cabrerizos; B) Monterrubio de Armuña.

Unidad 8: Laderas sobre unidad roja con cultivos. Al igual que la anterior, se trata de una unidad con bastante representatividad (excepto en el cuadrante sureste), con laderas labradas de escasa entidad y tendidas, desarrolladas sobre los sedimentos rojos, que conforman un paisaje ondulado roto a veces por planicies de cierta entidad (Fig. 82). Como peculiaridad, en las épocas donde la superficie está desnuda debido a la ausencia de cubierta cerealista, el suelo provoca una impronta visual en el paisaje al aparecer tonalidades rojizas como consecuencia de la acción del arado, que remueve el suelo, haciendo aflorar las capas rojas profundas. En los lugares donde afloran los materiales margosos englobados en la Unidad Roja, se producen pequeños relieves estructurales debido a la mayor dureza que presentan estos materiales en algunos tramos respecto al resto. Estas zonas suelen estar labradas, excepto en los tramos de mayor dureza, que presentan comunidades herbáceas (pastizales).

Unidad 9: Laderas sobre arenisca con formaciones mixtas cultivo-arbolado. Se trata de una unidad similar a la 7 pero que junto a los cultivos presenta arbolado disperso. Se trata de zonas adhesionadas, constituidas por ejemplares adultos de *Quercus sp.* dispersos, desarrolladas sobre areniscas y que han sido labradas, albergando cultivos en secano. Esta unidad se encuentra en la zona de Pelagarcía y Florida de Liébana.

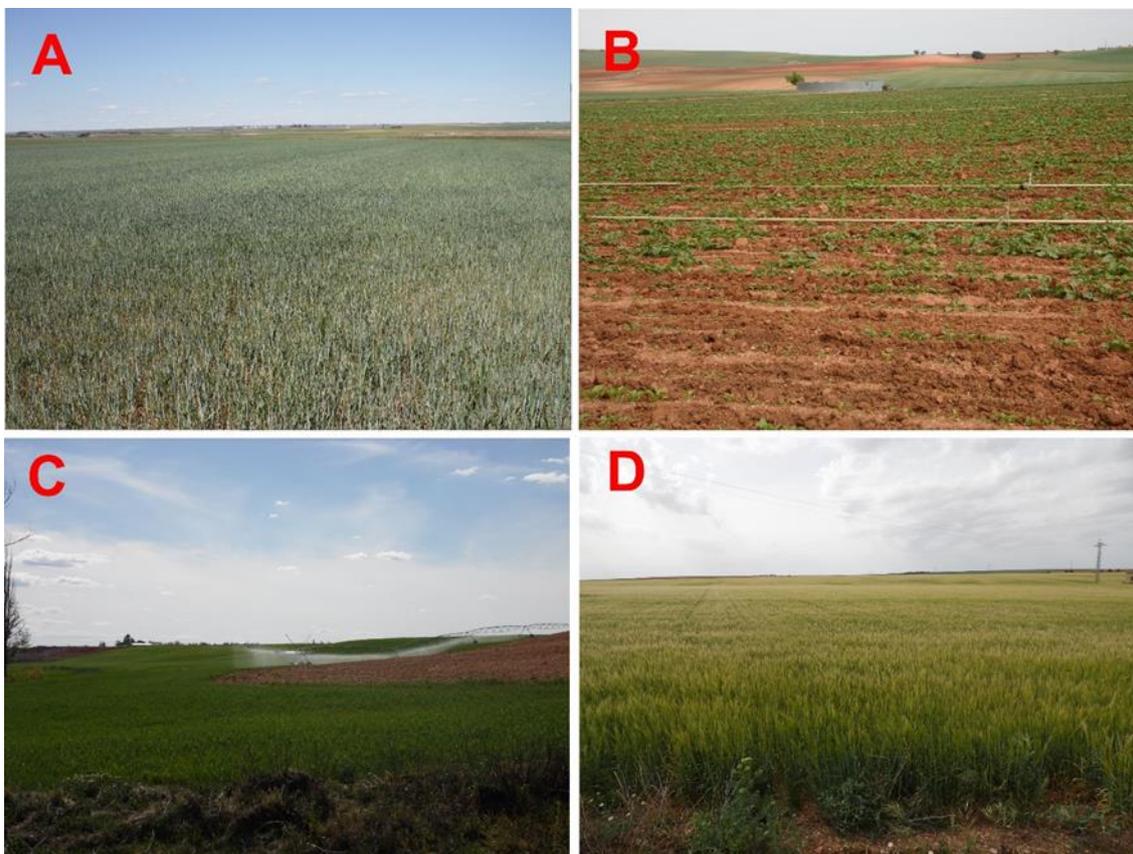


Figura 82. Cultivos desarrollados en laderas y llanuras sobre sedimentos rojos en: A) Castellanos de Villiquera; B) Carrascal de Barregas; C) Monterrubio de Armuña; D) Doñinos de Salamanca.

Unidad 10: Laderas sobre unidad roja con formaciones mixtas cultivo-arbolado. Son laderas sobre materiales de la unidad roja donde se desarrolla la agricultura en zonas adhesionadas. Aparecen en el extremo suroccidental y cuadrante noroeste (Fig. 83).



Figura 83. Formaciones mixtas cultivo-arbolado sobre la unidad roja cerca de Carrascal de Barregas.

Unidad 11: Laderas sobre arenisca con formaciones arboladas. Es una unidad con gran impronta en el paisaje ya que conservan el ecosistema climácico, el encinar, a veces adhesionado, presente en ambientes ondulados sobre areniscas (Fig. 84).

Unidad 12: Laderas sobre unidad roja con formaciones arboladas. Son los espacios ondulados de la unidad roja que conservan el encinar climácico. Se encuentran restringidos y distribuidos de forma dispersa en el sector noroccidental.



Figura 84. Formaciones arboladas (encinares de *Quercus sp.*) en laderas sobre areniscas.

Paisajes ligados a la acción erosiva del agua

Como consecuencia de la acción erosiva del agua se originan incisiones en el terreno que pueden formar notables diferencias de altura a escala local, lo que implica la aparición de escarpes que poseen una alta incidencia en el paisaje. Se han identificado tres unidades relacionadas con estos procesos que, si bien no ocupan grandes áreas, si provocan una alta incidencia paisajística.

Unidad 13: Escarpes sobre areniscas con pastizales. La acción erosiva del agua arrastra los materiales erosionables pero cuando se topa con niveles más duros, como es el caso de las areniscas con altos índices de sílice, no puede erosionarlas, y se forman los escarpes. Estos paredones verticales son muy visibles, estando además caracterizados por la aparición de tonalidades rojizas o blanquecinas. En estas zonas, con formas alargadas y estrechas, la roca suele estar aflorando, si bien en las partes altas o en parte inferior del escarpe aparecen suelos de escaso espesor en los que aparecen comunidades herbáceas. Estos escarpes aparecen ligados a pequeños arroyos en la zona comprendida entre los municipios de Calvarrasa, Aldeatejada y Carbajosa (Fig. 85); o bien a la dinámica del Tormes como es el caso del Escarpe de Cabrerizos.

Unidad 14. Escarpes sobre areniscas con vegetación arbolada. Los escarpes fluviales de esta unidad se relacionan con los anteriores en su morfogénesis. La diferencia radica en la aparición de vegetación arbolada. Se encuentra ligada a la dinámica del Tormes, siendo visibles en Cabrerizos, Carbajosa-Pelagarcía (Fig. 86) y en las zonas de Valcuevo y de La Argentina, en las inmediaciones de Villamayor. En estos casos, el Tormes fue erosionando los materiales blandos, perdurando los duros, y a partir de ahí el escarpe se fue haciendo cada vez más tendido al irse depositando materiales originarios de las zonas altas, lo que provocó la formación de suelos que permitieron la instalación de vegetación arbórea. A veces se intercalan con paredones verticales.

Unidad 15: Incisión fluvial sobre pizarras con pastizales. Esta unidad es la que menos extensión ocupa, pero que se ha decidido introducir debido a sus particulares características paisajísticas y ser una de las más visibles al estar visible en uno de los accesos a Salamanca. Se trata de un estrangulamiento del Tormes al atravesar los

materiales pizarrosos que conforman el zócalo, en el paraje de “La Salud”, al suroeste de Salamanca. El río se estrecha considerablemente, transcurriendo su cauce entre paredones pizarrosos verticales de hasta 30 metros, apareciendo vegetación de ribera en la parte inferior del paredón, dentro del cauce, mientras que en las partes altas del paredón alternan formaciones con pastizal con afloramientos rocosos (Fig. 87).

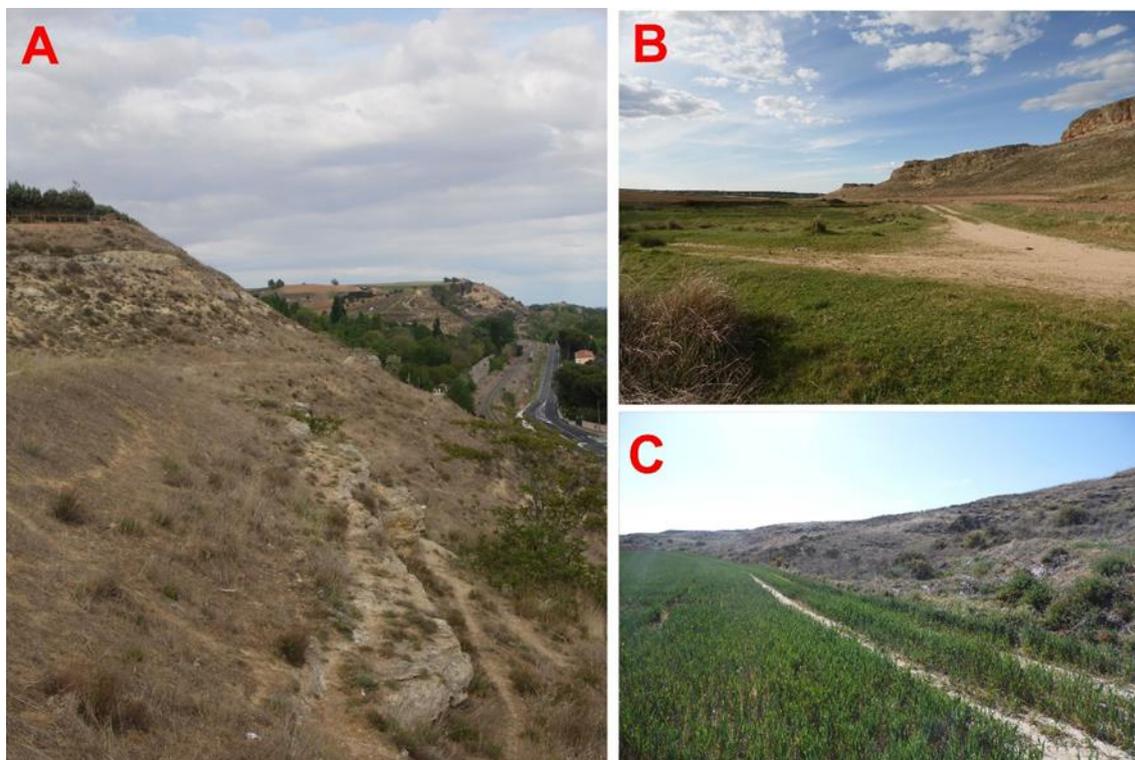


Figura 85. Escarpes fluviales con pastizales: A) En el Tormes (Cabrerizos); B) En el Arroyo de la Ribera (Calvarrasa de Arriba); C) Junto al Arroyo de la Encina, al sur de Castellanos de Villiquera.



Figura 86. Encinares desarrollados en escarpes fluviales: A) Junto a la urbanización de Navahonda (Carbajosa); B) En “El Canto” (Villamayor).

Paisajes en sectores de terrazas fluviales

A lo largo del tiempo, el Tormes fue depositando materiales que han formado un sistema de terrazas que ocupa un área considerable del sector, estando estas unidades bien representadas. De modo general, se trata de superficies planas sobre depósitos de gravas y arenas, difiriendo las unidades en la cubierta vegetal que presentan.



Figura 87. Encajamiento del Tormes en las pizarras del zócalo.

Unidad 16. Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos de regadío. Se corresponden con las terrazas inferiores del Tormes, cercanas al cauce y llanura aluvial actual, con una litología de conglomerados y arenas. Son espacios amplios y monótonos, que unidos al elevado nivel freático y profundidad de los suelos, han permitido la explotación de estas zonas para agricultura en regadío. Es habitual además la presencia de pequeñas huertas destinadas al autoconsumo, en las cuales suele haber pequeñas edificaciones destinadas a almacenar los aperos (Fig. 88).



Figura 88. A) Parcela de regadío en Villamayor; B) Huertos en Cabrerizos.

Unidad 17. Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos de secano. A diferencia de la anterior unidad, esta se encuadra generalmente en las terrazas más altas y antiguas del Tormes, caracterizadas por formas escalonadas sobre conglomerados y arenas, ocupando grandes extensiones principalmente en el cuadrante suroriental. Los suelos se encuentran en su práctica totalidad labrados debido a su moderada calidad (Fig. 89). Se han incluido en esta unidad espacios de pastizales de las terrazas inferiores del Tormes.

Unidad 18. Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones mixtas cultivo-arbolado. En este caso, las terrazas presentan junto a los cultivos cerealistas ejemplares

adultos de encina. Por tanto, se trata de una dehesa labrada sobre las terrazas. Esta unidad se localiza al norte de Carrascal de Barregas, y al sureste de Carbajosa (Fig. 90).



Figura 89. Superficies agrícolas en las terrazas del Tormes en: A) Pelabravo; B) Calvarrasa de Arriba; C) y D) Florida de Liébana.

Unidad 19. Terrazas fluviales sobre conglomerados y arenas con vegetación mixta con arbolado. Esta unidad se caracteriza por las formaciones arboladas higrófilas presentes especialmente en zonas cercanas al cauce del Tormes, del que precisan su humedad. Destacan las choperas de plantación, irregularmente distribuidas en parcelas aisladas a lo largo de la vega del Tormes (Fig. 91).



Figura 90. Cultivos agrícolas con vegetación arbolada, en terrazas situadas en Florida de Liébana.

Paisajes en zonas aluviales y fondos de valle

Como consecuencia de la acción fluvial se crean en los distintos cursos de agua fondos de valle que presentan unas características paisajísticas diferentes a las circundantes. En

estas zonas, la litología es diversa (arenas, limos, arcilla o grava, en menor medida). A grandes rasgos, se distinguen dos unidades en función de la cobertura vegetal.



Figura 91. Chopera situada junto al Tormes cerca de Valverdón.

Unidad 20. Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con pastizales. Se corresponde con los depósitos aluviales de los pequeños arroyos sobre los que se asienta vegetación herbácea, generalmente dedicados a aprovechamiento ganadero, si bien en algunas zonas han sido ocupadas para cultivos debido a que son ricos en nutrientes y la zona de pastos se limita al entorno inmediato del arroyo. A nivel paisajístico se trata de zonas planas y estrechas, más o menos sinuosas, que surcan el resto de unidades (Fig. 92).



Figura 92. A) Pastizal en un fondo de valle (Villamayor); B) Pastizales y juncales (Ay. de la Encina, Castellanos de Villiquera); C) Pastizal y cultivo (San Cristóbal de la Cuesta); D) Vallicares (Aldeatejada).

Unidad 21. Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con vegetación arbolada. Esta unidad se corresponde con las extensiones ocupadas por la vegetación de ribera que se conserva en las proximidades de los ríos y arroyos de la zona (Fig. 93). No obstante, debido a la alta incidencia humana en la zona, prácticamente solo se conserva una parte de la vegetación de ribera del río Tormes, apareciendo esporádicamente en cursos menores. Se caracteriza por las líneas formadas por la sucesión de vegetación arbórea a lo largo de los cauces, que rompen con el entorno inmediato. Esta vegetación se desarrolla en los márgenes del cauce, sobre materiales diversos depositados por el río, si bien a veces aparecen formando pequeñas islas en el centro del mismo.



Figura 93. A) Vegetación asociada al Arroyo del Zurguén antes de entrar en el municipio de Aldeatejada; B) Vegetación de ribera del Tormes en Puente Gudino (Villamayor).

Unidad 22. Áreas semiendorreicas de limos y arcillas con vegetación arbolada. Se trata un paisaje llano y monótono dominado por pastizales subhalófilos de interés restringidos a la Depresión de Monterrubio. Además, pueden observarse pequeñas irregularidades en el terreno, que dan lugar a un microrrelieve de tipo “gilgai” (Fig. 94).



Figura 94. Área semiendorreica en Monterrubio de Armuña.

Paisaje urbano

Unidad 23. Áreas semiendorreicas de limos y arcillas con pastizales. Aquellos lugares con grandes infraestructuras, dotaciones o equipamientos urbanos tienen la consideración de medio urbano. Es un medio antrópico, dominado por los asentamientos humanos (viviendas), a veces formando tejidos urbanos continuos, y otras veces más dispersos, si bien en determinadas zonas aparecen lugares con fines comerciales y económicos. La agrupación de todos estos componentes, a mayor o menor escala, origina lo que puede considerarse como “paisaje urbano” (Fig. 95).



Figura 95. Paisaje urbano (Salamanca): A) Panorámica desde Los Montalvos; B) Calle Toro.

3.7.3. Valoración de la Calidad Paisajística.

Para el estudio de la calidad del paisaje se ha seguido una metodología indirecta basada en la determinación de la calidad intrínseca y extrínseca mediante la manipulación de información geográfica (Martínez-Graña et al., 2017). Una vez obtenida la calidad paisajística, el objetivo es definir los paisajes en función de su valor, de manera que se disponga de esta información en futuras acciones de planificación territorial y de protección de los elementos más importantes del medio.

Calidad Paisajística Intrínseca.

La calidad intrínseca es el atractivo visual que se deriva de las características naturales propias de cada punto del territorio (Bolós, 1992). Para su evaluación, se ponderan cada uno de los parámetros analizados (Fig. 96), teniendo en cuenta a la hora de asignar los pesos diferentes estudios, que abarcan las preferencias paisajísticas de la población: preferencia de paisajes con topografía alta y accidentada frente a paisajes planos; de paisajes variados, en mosaico, frente a los monótonos; preferencias a la presencia de masas de agua y de vegetación con tonalidades verdes frente a la seca, así como portes arbóreos frente a los arbustivos y herbáceos.

A continuación se estudian de cada uno de los factores considerados para la determinación de la calidad paisajística a través de técnicas SIG de asignación de pesos a los diferentes polígonos en función de sus características. Posteriormente, todas estas capas serán transformadas a formato ráster para obtener el valor final de cada punto gracias al sumatorio en cada punto de sus factores (mediante álgebra de mapas).

Factor Geomorfológico.

La Geomorfología es un factor clave en el estudio del paisaje, pues las diferentes distribuciones de las unidades geomorfológicas van a condicionar fuertemente la disposición de los relieves y en definitiva, de las formas del terreno. En este caso, se tienen en cuenta para su estudio dos factores adicionales al de dominios geomorfológicos, y que guardan una fuerte relación con el mismo: la pendiente y la sinuosidad del terreno.

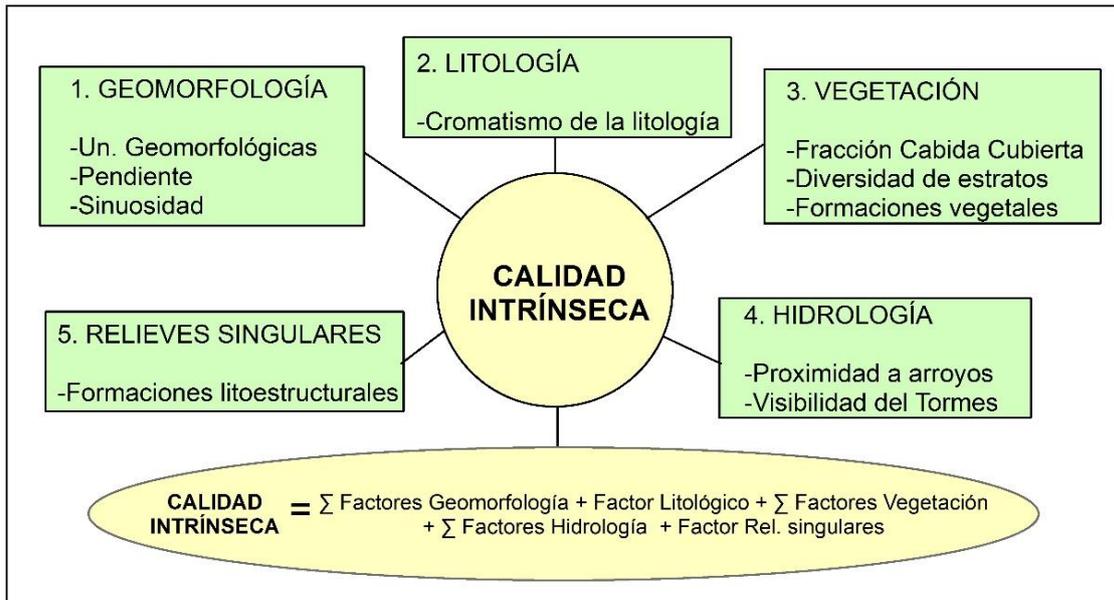


Figura 96. Esquema metodológico para el estudio de la calidad paisajística intrínseca (Basado en Martínez-Graña et al., 2017).

- Dominios Geomorfológicos.** Se procede a la asignación de pesos a cada uno de los grupos de unidades geomorfológicas agrupadas para paisaje, teniendo en cuenta que las unidades más valoradas son aquellas que van a provocar la aparición de mayores relieves frente a los relieves monótonos o con poca variación altitudinal (Tabla 14). Teniendo en cuenta esto, se asignan los pesos mediante el SIG y se elabora la cartografía de calidad intrínseca según las unidades geomorfológicas (Fig. 97). Las zonas de mayor calidad destacan en el sector sur, especialmente las zonas elevadas de Los Montalvos y las laderas escarpadas. Con una calidad media aparecen las zonas que debido a una mayor dureza han creado resaltos estructurales que dejan su impronta en el paisaje, lo que incluye a las superficies estructurales y erosivas. Con una baja calidad aparecen los depósitos coluviales, glaciares, etc. y las laderas, caracterizados por los relieves suaves, sin grandes resaltos por lo general. Con la peor calidad en este caso, aparecen las terrazas fluviales y los aluviales y fondos de valle, que debido a sus características planas no tienen apenas influencia sobre el relieve.

Agrupación Unidades Geomorfológicas	Puntuación	Calidad
Crestas, colinas, lomas y divisorias fluviales	10	Muy alta
Escarpes y cañones fluviales	9	Alta
Superficies estructurales, erosivas y degradadas	6	Media
Laderas, laderas coluvionadas, piedemontes, glaciares y conos alúvicos	4	Baja
Terrazas y abanicos aluviales	3	Muy baja
Aluviales, fondos de valle y depresiones semiendorreicas	2	Muy baja

Tabla 14. Pesos asignados a cada una de las unidades geomorfológicas.

- Pendiente.** El MDT elaborado con las curvas de nivel, es transformado a ráster, el cual es reclasificado en función de las puntuaciones asignadas a los distintos valores de pendiente (Tabla 15), asignando mayor valor a las zonas abruptas. Se elabora tras esto la cartografía de calidad intrínseca en función de la pendiente (Fig. 97B), en la que se observa que este parámetro no da gran impronta en el paisaje, pues dominan las pendientes suaves, apareciendo la máxima calidad en las zonas ligadas a los escarpes fluviales, aunque con escasa representatividad.

Pendientes	Puntuación	Calidad
>30 %	10	Muy alta
20-30 %	9	Alta
15-20%	7	Alta
10-15 %	5	Media
5-10 %	3	Baja
<5 %	1	Muy baja

Tabla 15. Ponderación y calidad adjudicada a cada uno de los intervalos de pendiente establecidos.

- Sinuosidad.** El análisis de la sinuosidad hace referencia a la disposición que toman las líneas del terreno, o lo que es lo mismo, su carácter curvo. Para ello, con técnicas SIG se determinan los polígonos resultantes entre las curvas de nivel (de 1 m.) y se calcula el perímetro y el área de los mismos. A través de un índice que relaciona a ambos parámetros ($\text{Sinuosidad} = \frac{\text{Perímetro}^2}{\text{Área}}$), se obtienen los valores de la curvatura de las líneas del terreno, que oscilan entre valores de 13 y 36000 unidades. Tras esto, se dividen estos valores en intervalos y se asignan pesos en relación con la influencia que tengan en la calidad paisajística (Tabla 16), teniendo en cuenta que los paisajes más valorados son aquellos que presentan sinuosidades bajas con formas poco abruptas y curvadas. Finalmente, se convierte la información a formato ráster y se crea el mapa de calidad intrínseca de este parámetro (Fig. 97C), donde se observa que las zonas de mayor calidad se distribuyen irregularmente, destacando en Los Montalvos, Calvarrasa, zonas altas de La Armuña, Aldeaseca y en las cercanías del Tormes aguas abajo de Villamayor. Con una calidad media se presentan amplias zonas de la mitad sur y este, y con baja calidad zonas armuñesas, correspondiéndose la peor calidad con zonas situadas en la margen sur del Tormes, en el entorno de Pelabravo, Carbajosa, Aldeatejada y Carrascal de Barregas.

Valores de Sinuosidad	Puntuación	Calidad
< 5000	8	Muy alta
5000 – 10000	6	Alta
10000 – 15000	4	Media
15000 - 25000	2	Baja
> 25000	0	Muy baja

Tabla 16. Valores y calidad asignados a cada tipo de sinuosidad.

Factor Litológico.

El efecto que el factor litológico confiere al paisaje va a estar determinado por el cromatismo de cada una de las litologías presentes, especialmente en aquellos lugares donde se produzcan afloramientos, si bien la percepción de estos colores puede verse alterada por la aparición sobre ellos de depósitos de otros materiales, o por cómo se distribuyan en el terreno. Así, se identifican distintas litologías a las que se les asigna un determinado peso en función de las gamas de colores que presenten (Tabla 17), teniendo en cuenta que los colores claros y llamativos son más valorados que los oscuros y apagados. Entonces, se reclasifican las litologías y se obtiene el mapa de calidad intrínseca según la litología (Fig. 97D), que posteriormente es convertido a ráster. La cartografía muestra que las zonas con mayor calidad son aquellas en las que aflora la unidad roja, con los colores rojos muy llamativos, y especialmente, los colores blancos ligados a los depósitos carbonatados. Con una gran incidencia en el paisaje aparecen las areniscas, que presentan diversas tonalidades en función de la formación a la que

pertenecen y que son visibles al aflorar, especialmente en escarpes. En la zona de Los Montalvos, aflora en superficie la cuarcita armoricana, bastante visible, y con colores intermedios, por lo que se ha considerado esta zona como de calidad media. En menor medida, y con coloraciones más oscuras aflora la pizarra, por lo que estas zonas se consideraron de baja calidad. Por último, los depósitos alúvicos y las terrazas presentan colores oscuros y afloran en superficie con una menor impronta visual que el resto de unidades, por lo que constituyen zonas de muy baja calidad.

Litología	Puntuación	Calidad
Unidad Roja: sedimentos rojos y costras calizas blancas	10	Muy alta
Areniscas: colores ocre, beige, amarillentos y verdosos	8	Alta
Cuarcitas: colores blancogrisáceos y rojizos	6	Media
Pizarras: tonalidades marrones y grisáceas	4	Baja
Conglomerados y arenas: colores marrones oscuros	2	Muy baja
Arenas, limos y arcillas: tonalidades marrones o grises	0	Muy baja

Tabla 17. Ponderación asignada a cada litología en función de su cromatismo y visibilidad.

Factor Relieves Singulares.

La presencia de elementos con una impronta singular en el relieve origina un aumento de la percepción visual del paisaje. Estos elementos se corresponden con relieves litoestructurales, relacionados con estructuras geológicas, como pliegues o fallas. Son zonas con alta calidad paisajística, pues focalizan la visualización del paisaje, motivo por el cual estas zonas son asignadas con el valor 10. En el área de estudio, únicamente se encuentra una formación de estas características: Los Montalvos, cuya extensión ha sido delimitada en la cartografía correspondiente (Fig. 97E).

Factor Vegetación.

El efecto de la vegetación puede ser de diversos tipos, en función, principalmente, de la estructura de la vegetación y de su composición. La estructura de la vegetación depende de cómo se distribuyan los diferentes componentes vegetales dentro de la formación a la que pertenecen, lo que viene determinado por: la densidad (analiza la cantidad de elementos por unidad de superficie) y la estratificación (estudia los estratos presentes en cada formación vegetal). Por otro lado, la composición de la vegetación se relaciona principalmente con las agrupaciones vegetales (tipos de formaciones que aparecen).

- **Densidad.** La densidad vegetal de un lugar viene determinada por la fracción de cabida cubierta (FCC) donde en función de su valor encontramos distintas formaciones vegetales, que reciben valores de calidad según sus atributos (Tabla 18). Tras esto, se elabora la cartografía de calidad (Fig. 97F), y se convierte a formato ráster. En el mapa se observa que las formaciones arboladas (encinares mejor conservados), son las zonas que presentan una mayor calidad, seguida de aquellas que presentan un arbolado más ralo, debido al aclarado de los encinares para uso agrícola y ganadero (dehesas), y que en función del arbolado que conserven, se trata de zonas de alta calidad (arbolado ralo) o de calidad media (arbolado disperso). Las zonas donde se encuentran pocos ejemplares de porte arbóreo se corresponden con monte desarbolado, dominado por matorral y pastos, siendo consideradas estas zonas de baja calidad. Por último, las zonas agrícolas y urbanas son consideradas de muy baja calidad.

FCC	Montes	Puntuación	Calidad
>40 %	Monte arbolado	8	Muy alta
10 – 40 %	Monte arbolado ralo	6	Alta
5 – 10 %	Monte arbolado disperso	4	Media
<5 %	Monte desarbolado	2	Baja
0	Terrenos urbanos/agrícolas	0	Muy baja

Tabla 18. Pesos y calidad de cada una de las formaciones vegetales según el análisis de la densidad.

- Estratificación.** Este factor hace referencia a la variedad de portes o estratos vegetales presentes en cada formación (herbáceo, arbustivo y arbóreo). Así, cuantos más portes existan, más diversidad de formas y por ello mayor calidad paisajística (Tabla 19). Se asignan los pesos a cada una de las formaciones para crear el mapa de calidad intrínseca según este factor (Fig. 97G), que a continuación se transforma a ráster. En la cartografía se observa que las zonas de mayor calidad se corresponden principalmente con los encinares y bosques existentes, principalmente en los sectores oeste y sureste, donde aparece estrato arbóreo, generalmente encina, con matorrales y pastos correspondientes a sus fases seriales. Con una calidad media se encuentran las zonas mixtas arboladas, presentes en los sectores noroeste, suroeste y sureste, caracterizadas por aparición de ejemplares dispersos de encina, con fracciones de cabida cubierta generalmente comprendidos entre 5-10 % (monte arbolado disperso) junto con los cultivos cerealistas. También pertenecen a este grupo aquellas formaciones de matorral y pastos, restringidas a zonas escarpadas, como en el Arroyo de la Encina, La Argentina o El viso. Con baja calidad aparecen las formaciones de pastos, ligadas a fondos de valle de pequeños arroyos, y los diferentes cultivos. Por último, las zonas urbanizadas se consideran con una calidad nula.

Número de estratos vegetales en cada formación	Puntuación	Calidad
3	6	Alta
2	4	Media
1	2	Baja
0	0	Nula

Tabla 19. Ponderación asignada en función de la diversidad de estratos vegetales.

- Composición.** Hace referencia a la agrupación de elementos vegetales relacionados para originar formaciones vegetales, las cuales tendrán un efecto determinado sobre el paisaje (Tabla 20). A partir de la identificación de cada tipo de formación en el mapa, y de la asignación de su valor correspondiente de calidad, se elabora la cartografía de calidad paisajística según la composición de la vegetación (Fig. 97H), donde se aprecia que los mayores índices de calidad se encuentran asociados a los bosques. Estas áreas se consideran de muy alta calidad, y se localizan en sectores como Los Montalvos, Pelagarcía o Carrascal de Barregas y Florida de Liébana, apareciendo ligadas a la dinámica fluvial, y con irregular distribución las plantaciones de chopos. Se consideran con alta calidad, las formaciones arbustivas, generalmente desarboladas, típicas de zonas escarpadas, aunque su extensión es escasa. Más comunes que estas son las formaciones mixtas arboladas, formadas por un estrato superior de porte arbolado, generalmente encina, y un estrato inferior monopolizado por los cultivos cerealistas. Estas zonas son de calidad media, y se distribuyen al sur del macizo de Los Montalvos, en Florida de Liébana, Carrascal de Barregas, Valverdón, Carbajosa de la Sagrada y Calvarrasa de Arriba. Abarcando gran parte del sector, aparecen extensiones de cultivos y pastizales, siendo

consideradas estas formaciones como de baja calidad. Los núcleos urbanos y los sectores desprovistos de vegetación se consideran sin valor paisajístico.

Tipos de formaciones	Puntuación	Calidad
Arbóreas	8	Muy alta
Arbustivas (desarboladas)	6	Alta
Mixtas arboladas	4	Media
Pastizales y cultivos	2	Baja
Núcleos urbanos y zonas desnudas	0	Nula

Tabla 20. Asignación de valores de calidad a cada una de las formaciones contempladas en el análisis.

Factor Hidrológico.

A una escala más reducida, y con una distribución variable por el entorno, aparecen las masas y cursos de agua, los cuales aportan valores añadidos de tipo visual y sonoro al contemplar el paisaje, si bien limitados a un entorno cercano, por lo que, en función de su entidad, habrá que determinar esas zonas de influencia. Por ello, se estima la zona de influencia perceptual mediante el SIG (buffer) de cada masa de agua, la cual se ha estimado en 20 m. para los arroyos, mientras que para el caso del Tormes, debido a su mayor importancia, y al tratarse del único cauce con agua de forma permanente, se realiza un análisis de su visibilidad para determinar desde qué zonas es observable. En consecuencia, se han valorado las zonas de influencia del Tormes con un valor de 5, mientras que a la de los arroyos se le ha asignado un valor de 2. Por último, se realiza la cartografía (Figura 97I) donde se ve que las zonas cercanas a los arroyos han sido consideradas de calidad media, mientras que las zonas desde donde es visible el Tormes se les ha asignado mayor calidad, y que normalmente se corresponden con zonas elevadas respecto al cauce desde las cuales se tiene una visión panorámica del mismo, si bien en algunos puntos esta influencia quizás pueda ser menor al estar bastante alejadas.

Determinación de la calidad paisajística intrínseca.

Una vez analizados los factores considerados para la determinación de este tipo de calidad, se procede a su evaluación global, que consiste en un sumatorio de los diferentes factores mediante la aplicación de la Ec. 1:

$$CPI = \sum F \text{ Geomorfología} + F \text{ Litológico} + \sum F \text{ Vegetación} + \sum F \text{ Hidrológico} + F \text{ Relieves Singulares} \quad \text{Ec. 1}$$

Como resultado se obtiene un archivo ráster con distintos valores de píxel, los cuales son reclasificados en función de la calidad paisajística, y finalmente convertido a formato vectorial, elaborándose el mapa de calidad intrínseca del paisaje (Fig. 98). Las zonas de mayor calidad intrínseca se corresponden con aquellas con elementos geomorfológicos significativos, desniveles, además de una cubierta vegetal arbolada (encinar), como en Los Montalvos, Pelagarcía, escarpes de La Argentina, Florida de Liébana y Carrascal de Barregas. Las zonas con alta calidad intrínseca poseen características similares a las anteriores y se extienden por zonas aledañas a estas, incluyendo, además, zonas al oeste de Calvarrasa de Arriba, sur de Carbajosa, este de Aldeatejada, Valverdón, así como zonas dispersos en La Armuña. Presentan calidad intermedia la gran mayoría de la comarca de La Armuña, así como zonas del sector suroeste, Arapiles, Calvarrasa de Arriba, Doñinos, Carrascal de Barregas y Florida de Liébana. Los espacios de baja calidad poseen poca espectacularidad debido a la

ausencia de vegetación arbórea, desniveles o formas. Aparecen estas áreas en Calvarrasa, Pelabravo, Carbajosa, Aldeatejada, Doñinos, Carrascal de Barregas, Villamayor y Salamanca. Con muy baja calidad aparecen zonas monótonas y poco diversas, muy ligadas a la dinámica fluvial, como los sistemas de terrazas presentes en Salamanca, Santa Marta, Carbajosa y Pelabravo, o Villamayor, apareciendo irregularmente en fondos de valle de La Armuña, Carrascal de Barregas o Aldeatejada.

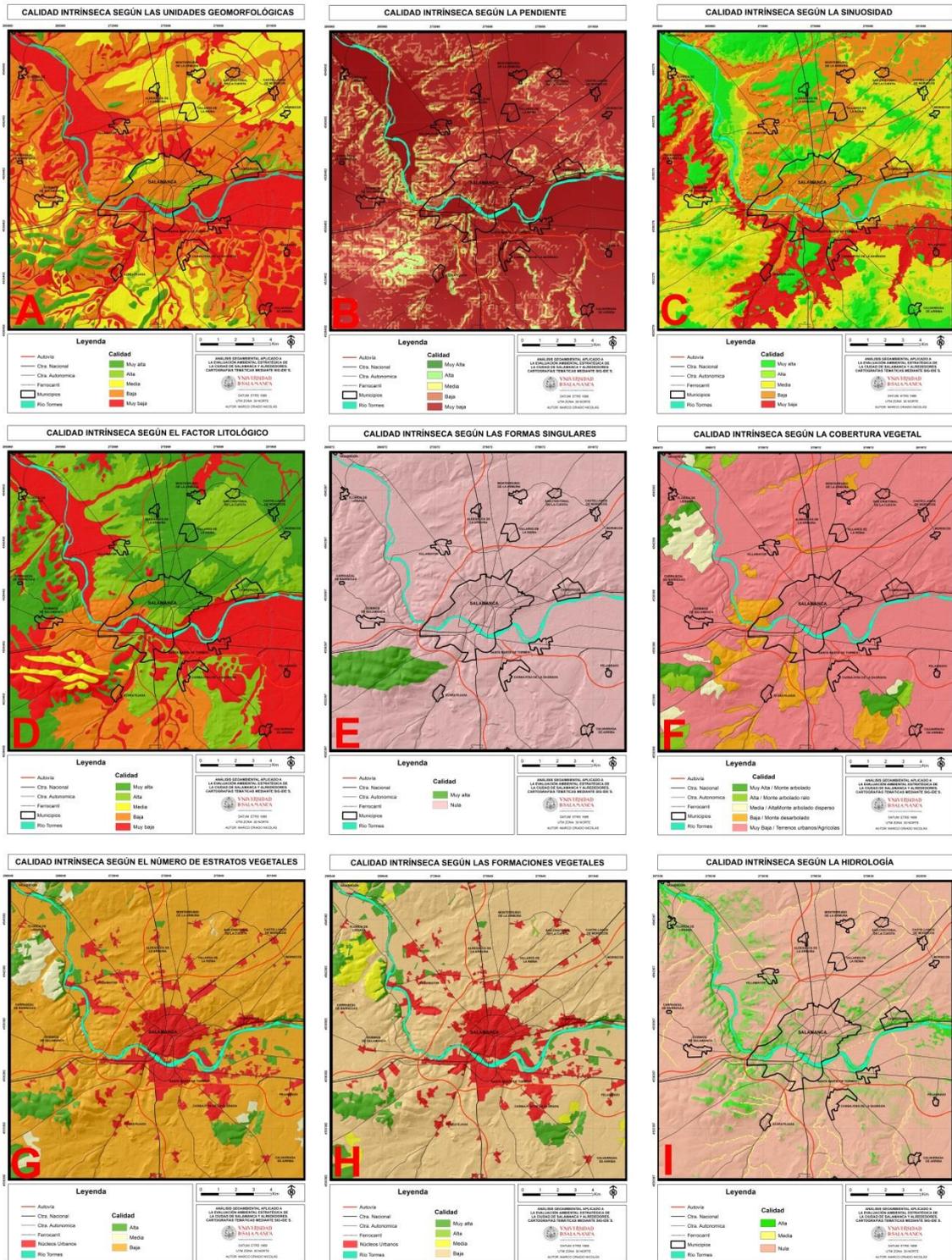


Figura 97. Mapas de los diferentes factores estudiados en el análisis de la calidad intrínseca: A) Geomorfología; B) Pendiente; C) Sinuosidad; D) Litología; E) Formaciones singulares; F) Cobertura vegetal; G) N° de estratos vegetales; H) Formaciones vegetales; I) Hidrología.

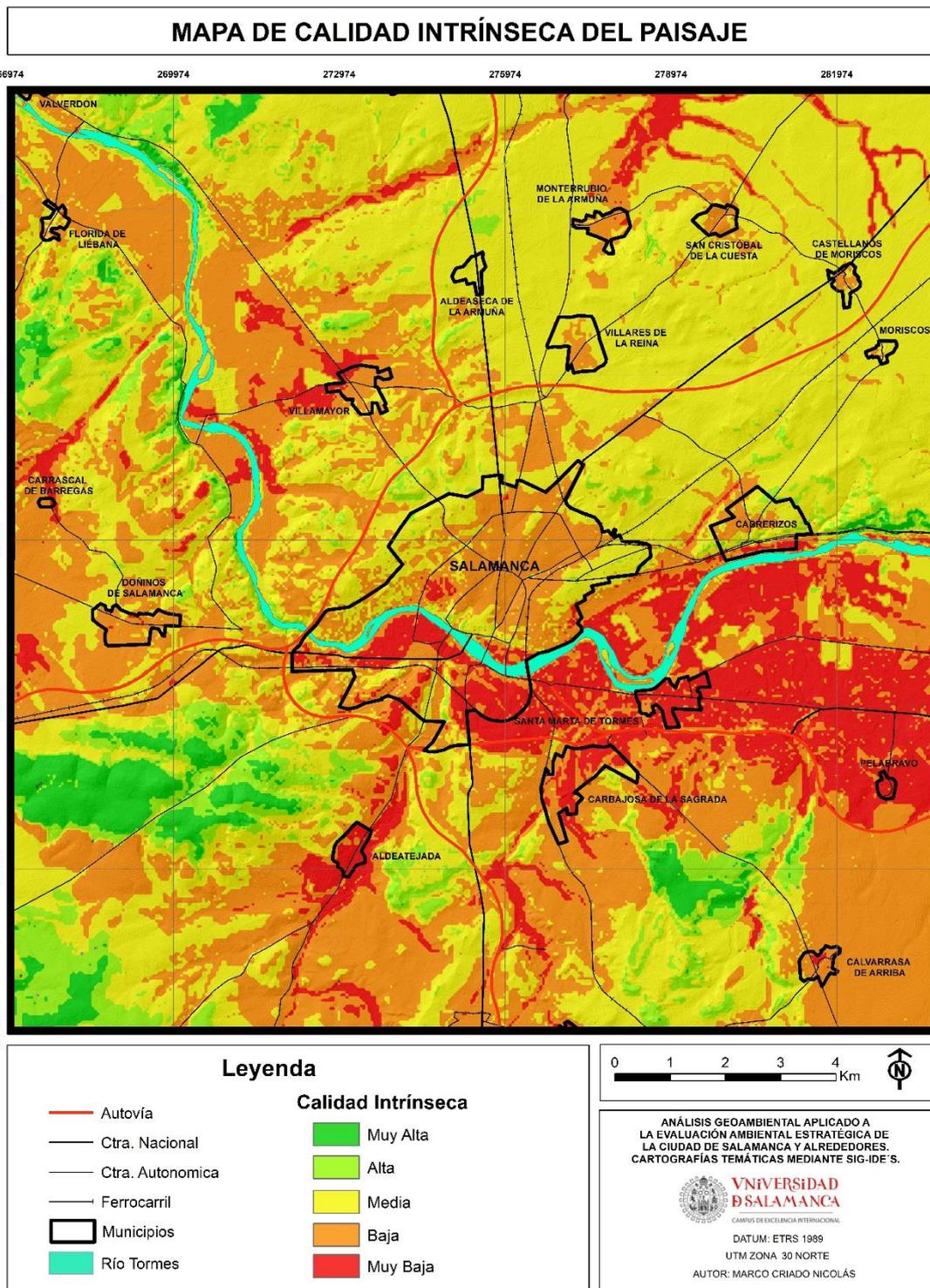


Figura 98. Mapa de calidad intrínseca del paisaje.

Calidad Paisajística Extrínseca

Diferentes componentes no abióticos también tienen su impronta en la percepción del paisaje, por lo que deben de ser evaluados. Se relacionan en la mayor parte de los casos bien con la actividad antrópica (infraestructuras), o al tránsito histórico de ganado y otros bienes (vías pecuarias); o bien con los diferentes elementos que componen el Patrimonio (se estudiarán detalladamente en el apartado 2.9).

En primer lugar se evalúa la incidencia de los asentamientos humanos sobre el paisaje, para lo cual se digitalizaron los asentamientos humanos y se estima su influencia sobre el paisaje en un radio de 300 m., dando lugar a la cartografía de calidad extrínseca de núcleos urbanos (Fig. 99A), siendo reconvertida a ráster y asignándole un valor de 2.

En relación con el Patrimonio, primeramente se analiza el geológico, por lo que una vez establecidas las zonas de importancia, estas son asignadas con un valor de 10, y transformadas a ráster, originándose el Mapa de calidad extrínseca de Patrimonio Geológico (Fig. 99B), en el cual se observan que estas zonas se corresponden con elementos geológicos importantes y singulares como Los Arapiles, escarpes de Cabrerizos y Calvarrasa, La Salud, Los Montalvos...

Por otro lado, el Patrimonio Biológico en este caso se ha delimitado con la cartografía de Hábitats, debido a que son estas zonas las que mejor mantienen las características naturales del entorno (especialmente en lo relativo a vegetación, conformando las Áreas de Interés Botánico) y en las que la fauna encuentra las mejores condiciones para vivir, motivo por el cual, además de la dificultad de delimitar zonas de mayor importancia para la fauna debido a su constante movilidad, se ha optado por equiparar a ambas. Debido a la alta incidencia antrópica en la zona, el Patrimonio Biológico es bastante limitado, principalmente en las inmediaciones de la capital y zonas agrícolas (La Armuña), como se observa en la cartografía de calidad extrínseca de patrimonio biológico (Fig. 99C), elabora a partir de los hábitats cartografiados, cuya influencia perceptual en el paisaje se ha considerado de 300 m, asignándosele un peso de 4 puntos.

El Patrimonio Ecológico abarca a las áreas de mayor riqueza e importancia ambiental, por lo que se protegen estas zonas mediante diferentes figuras establecidas por la legislación. Sin embargo, en el sector de estudio no se identifica más que un pequeño espacio protegido por la Red Natura en Valverdón. La ausencia de zonas protegidas se debe a la gran alteración del medio en esta zona. Por este motivo, este factor no se tendrá en cuenta en el análisis de la calidad paisajística extrínseca.

Por último, se analiza el Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico teniendo en cuenta las vías pecuarias y los yacimientos arqueológicos, cuyas zonas de influencia, de 100 y 300 m. respectivamente, han sido evaluadas con valor 2; y los Bienes de Interés Cultural, alrededor de los cuales se estimó un área de influencia de 100 m., asignándose a estas zonas valor 6. La cartografía de calidad extrínseca de Patrimonio Cultural (Fig. 99D) fue finalmente convertida a ráster para la evaluación final. Una vez que los diferentes parámetros han sido examinados se procede a la determinación de la calidad paisajística extrínseca (Fig. 100), mediante el cruce de la cartografía obtenida gracias al álgebra de mapas, utilizando la Ec. 2:

$$CPE = F \text{ Núcleos Urbanos} + \sum F \text{ Patrimonio} \quad \text{Ec. 2}$$

En el mapa de calidad extrínseca se aprecia que las zonas de mayor calidad (“muy alta” y “alta calidad”) se localizan en Los Montalvos, Los Arapiles, escarpes de Calvarrasa, Cabrerizos o Valcuevo y Monterrubio, La Salud, zonas anejas al cauce del Tormes y del arroyo de la Encina, e inmediaciones de la calzada romana “Ruta de la Plata”. Con “calidad media” aparecen sectores irregularmente distribuidos y que sirven de transición hacia las zonas de menor calidad, siendo más frecuentes en el noroeste (Valverdón, Florida de Liébana y Carrascal de Barregas, apareciendo también puntualmente en la

comarca armuñesa) y tercio sur (en amplias zonas de Calvarrasa y Aldeatejada). Las zonas de calidad “baja” se localizan mayoritariamente en el centro del área estudiada (Villamayor, Salamanca, Santa Marta, Villares de La Reina, Carbajosa o Pelabravo). Finalmente, las áreas de “muy baja calidad” se distribuyen principalmente en La Armuña, donde es predominante, identificándose también en Calvarrasa, Arapiles, Doñinos o Florida de Liébana, siempre ligadas a la agricultura.

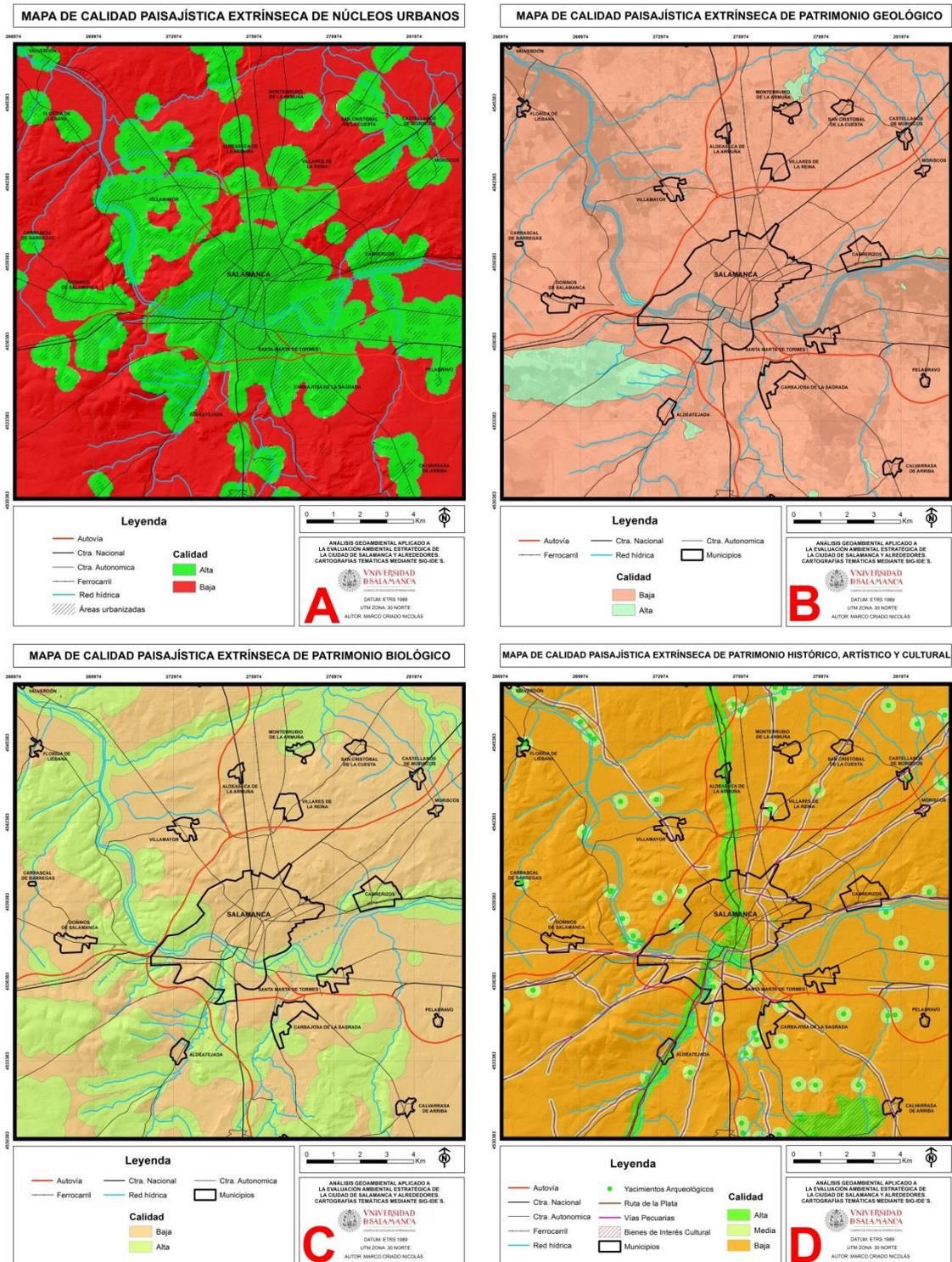


Figura 99. Parámetros estudiados en la determinación de la calidad extrínseca: A) Núcleos urbanos; B) Patrimonio Geológico; C) Patrimonio Biológico; D) Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural.

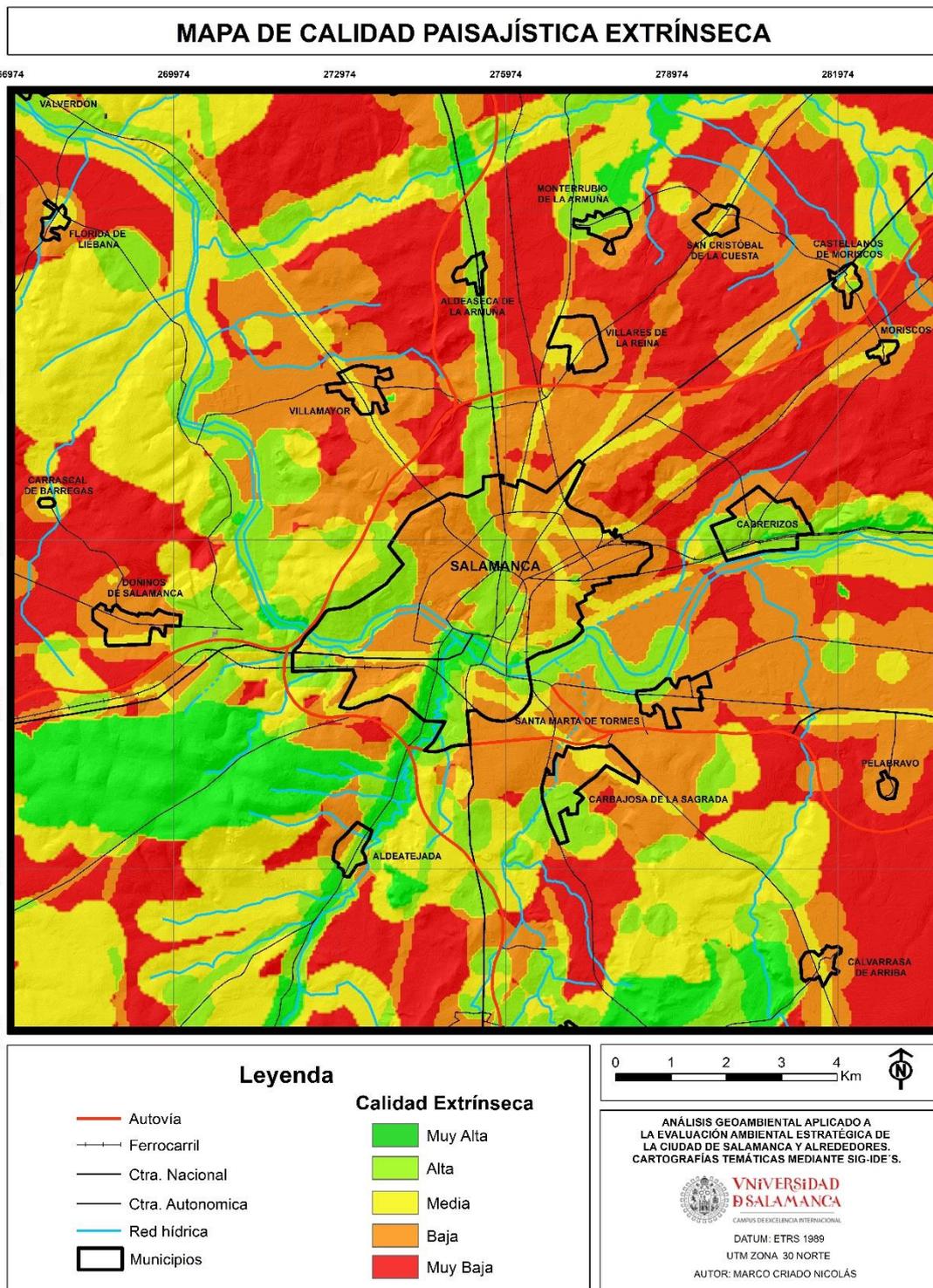


Figura 100. Mapa de calidad extrínseca del paisaje.

Determinación de la Calidad Paisajística.

La calidad del paisaje (CP) es determinada a partir de la cartografía de calidad intrínseca y extrínseca elaborada, mediante la implementación de la Ec. 3 en el SIG, que designa un mayor peso a la calidad intrínseca:

$$Calidad Paisaje (CP) = 0.6 \cdot Cal. Intrinsic + 0.4 \cdot Cal. Extrínseca \quad Ec. 3$$

En el Mapa de Calidad Paisajística resultante (Fig. 101) se clasifican los diferentes puntos del territorio en función de la calidad paisajística que presentan, esto es, en función de su atractivo perceptual.

Zonas de “Muy Alta Calidad”. Se observa que las áreas de mayor calidad paisajística se corresponden con los elementos geológicos y geomorfológicos más destacados del sector de estudio: Los Montalvos, escarpes a lo largo del Tormes y Calvarrasa, zona de Pelagarcía y Los Arapiles. Se corresponden estas zonas con los relieves más diversos y vistosos del entorno que nos ocupa.

Zonas de “Alta Calidad”. Se trata de zonas que presentan diversidad de formas y que suelen ser circundantes a las zonas de mayor calidad. Aparecen por tanto en el entorno de Los Montalvos, extremo suroeste (La Valmuza), Teso de Las Zorreras (Aldeatejada), sector Pelagarcía-Los Arapiles, Valverdón, Aldeaseca y Florida de Liébana

Zonas de “Media Calidad”. Se corresponden con una gran parte del área del sector estudiado. Ocupa mayoritariamente toda la comarca de La Armuña, si bien aparece también por el resto del sector, aunque en menor medida, como en Doñinos, Carrascal de Barregas, Florida de Liébana, Aldeatejada, Arapiles, Calvarrasa, Villamayor y Salamanca.

Zonas de “Baja Calidad”. Aparecen ligadas principalmente a la dinámica del Tormes (vega del Tormes en Villamayor o Florida de Liébana, y zonas de terrazas en Carbajosa o Calvarrasa) y también de forma más dispersa en puntos como Doñinos, Salamanca, Carrascal de Barregas o Aldeatejada, así como en pequeños arroyos de la comarca armuñesa.

Zonas de “Muy Baja Calidad”. Las áreas de peor calidad paisajística se concentran mayormente en el entorno del Tormes, especialmente aguas arriba de Salamanca, abarcando grandes extensiones de Santa Marta, Carbajosa y Pelabravo. Aparecen en menor medida también en Salamanca, Aldeatejada, Villamayor o Carrascal de Barregas.

3.7.4. Valoración de la fragilidad paisajística

La fragilidad del paisaje se relaciona con la capacidad del mismo para responder a los impactos que le afecten, de manera que las zonas más vulnerables a los acciones que se produzcan contra ellas, presentarán valores altos de fragilidad y se consideran como zonas con aspectos negativos para el paisaje, mientras que las zonas que mejor absorban los impactos serán consideradas como las más adecuadas para albergar actividades debido a que poseen mayor capacidad de respuesta al cambio (baja fragilidad). La fragilidad, puede además entenderse como un concepto complementario al del paisaje, ya que se entiende que la mejor fragilidad paisajística es aquella que absorbe los impactos sin alterar su calidad, si bien la calidad se debe a cualidades propias del medio, mientras que la fragilidad depende del tipo de actividad que se vaya a desarrollar en ese lugar (Aguiló, 1981). Para su determinación se ha estudiado la fragilidad tanto intrínseca como extrínseca, para lo cual se analizan una serie de factores y parámetros establecidos en la metodología (Martínez-Graña et al., 2017) (Fig. 102), muchos de los cuales ya fueron analizados en la determinación de la calidad, pero que en este caso pueden actuar con un sentido contrapuesto.

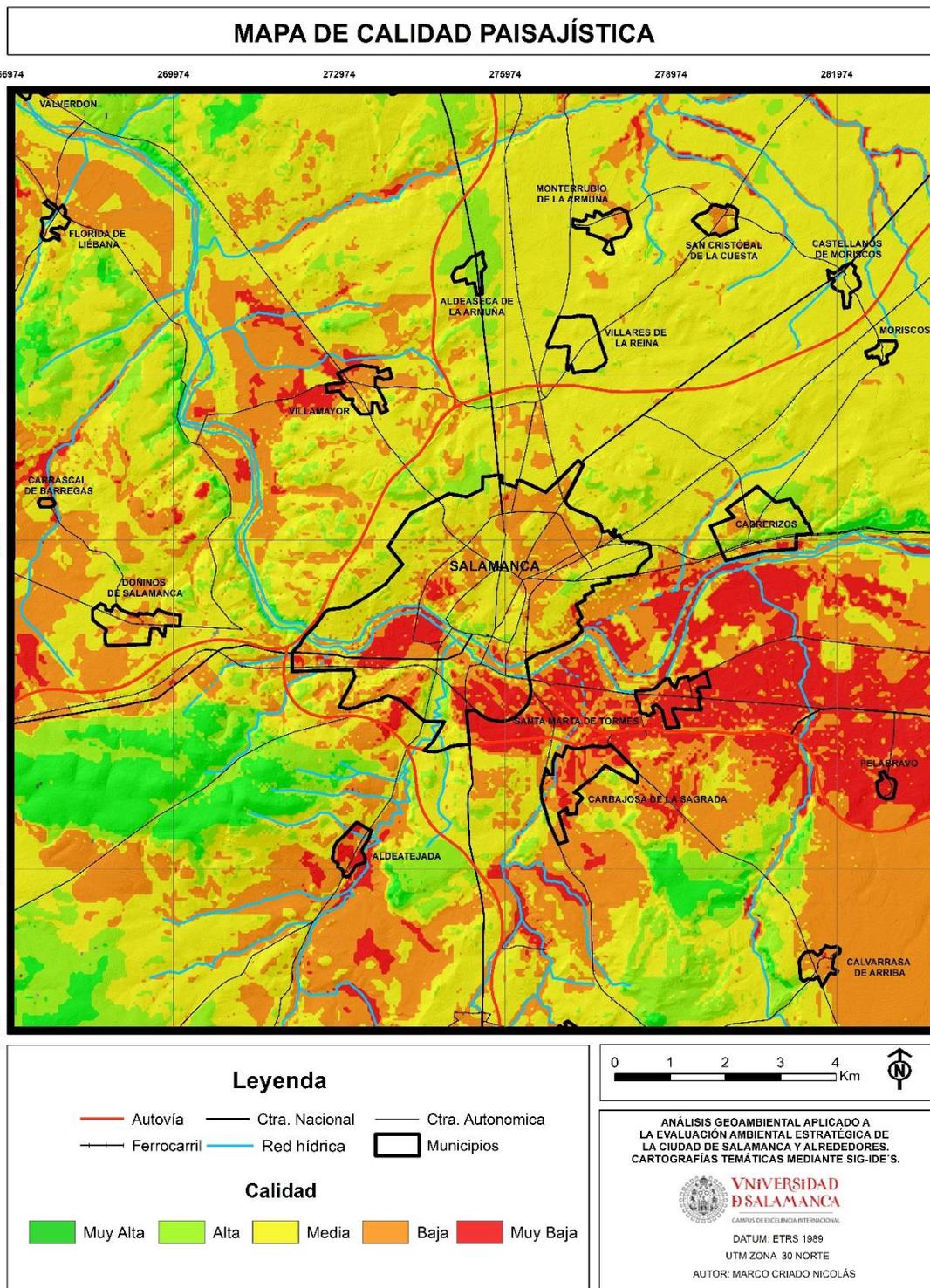


Figura 101. Mapa de calidad paisajística.

Fragilidad Paisajística Intrínseca

Factor Geomorfológico.

El factor geomorfológico se relaciona intensamente con el paisaje al ser el principal definidor de las formas del terreno. Para el caso, se analiza la pendiente y la orientación:

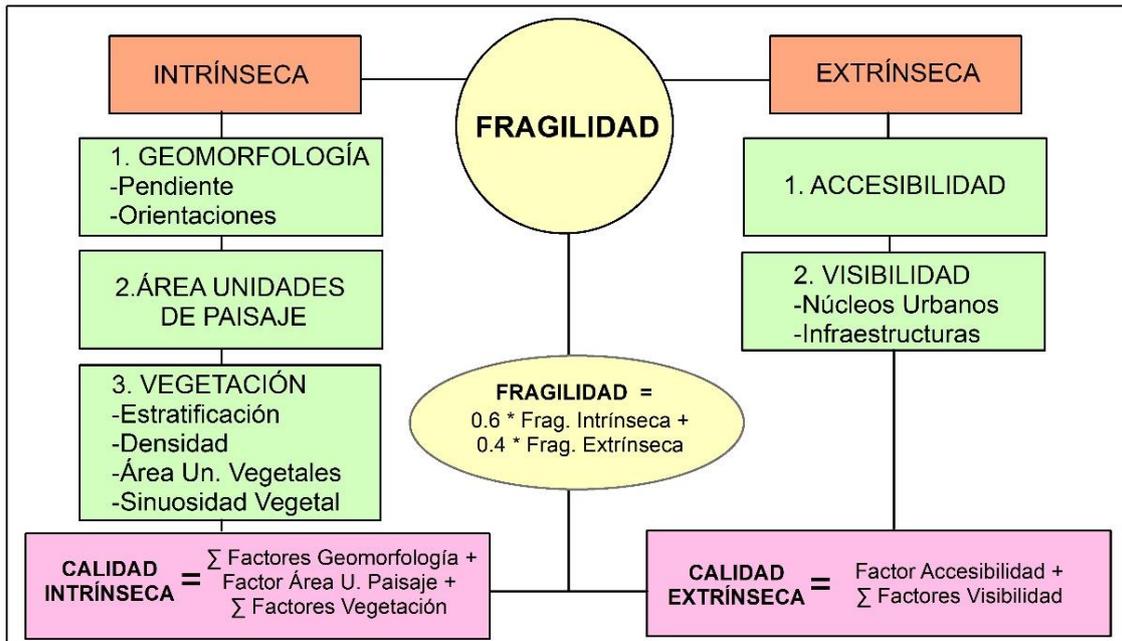


Figura 102. Esquema con la metodología seguida para el análisis de la fragilidad del paisaje (FP) (Martínez-Graña et al., 2017).

- **Pendiente.** En las zonas con elevadas pendientes, una alteración de las condiciones existentes tendrá una gran repercusión en la valoración del paisaje, por tanto, son estas zonas las más vulnerables y las que presentan mayor fragilidad. Entonces, las pendientes influyen de forma directamente proporcional tanto en la calidad como en la fragilidad del paisaje. Para la obtención de la cartografía de fragilidad paisajística por pendientes (Fig. 103A) se procede a reclasificar las distintas zonas del territorio y a asignarle valores tanto cuantitativos como cualitativos de fragilidad (Tabla 21).

Pendientes	Puntuación	Fragilidad
>30 %	8	Muy alta
20-30%	6	Alta
10-20 %	4	Media
5-10 %	2	Baja
<5 %	0	Muy baja

Tabla 21. Puntuación y fragilidad adjudicada a cada uno de los intervalos de pendiente establecidos.

- **Orientación.** La percepción de los impactos relacionados con la orientación se debe a la forma en que la luz incide sobre una superficie, que viene relacionado con la disposición espacial que tiene el mismo. Así, en función de si una superficie tiene exposición Norte (umbría), Sur (solana), Este u Oeste, presentará distintos valores de fragilidad (Tabla 22). Las zonas más frágiles serán aquellas situadas en las solanas, donde la luz incide notablemente, por lo que poseen gran iluminación. En el otro extremo se presentan las umbrías, zonas generalmente sombrías y protegidas de la exposición solar directa. Como situaciones intermedias se encuentran las exposiciones Este y Oeste, si bien las primeras reciben normalmente mayor iluminación que las segundas. Estas consideraciones son las normales, si bien debe tenerse en cuenta que las mismas varían a lo largo del año debido al movimiento terrestre de translación, estando la insolación en invierno rigurosamente restringida a solanas, mientras que en verano otras orientaciones pueden recibir también elevadas cantidades. Además,

las zonas planas, que no manifiestan orientación, son tratadas como tal. Para elaborar la cartografía, se calculan las orientaciones con el SIG a partir de un MDT, obteniéndose un ráster que es reclasificado (Fig. 103B).

Orientaciones	Puntuación	Fragilidad
Sur	8	Muy alta
Este	6	Alta
Oeste	4	Media
Norte	2	Baja
Plana	0	Muy baja

Tabla 22. Ponderación y fragilidad asignada a cada tipo de orientación.

Factor Área de las Unidades de Paisaje.

Se calcula con el SIG el área de las unidades de paisaje para, en función de esta, determinar aquellas que sean más susceptibles a las alteraciones. Las unidades menos extensas serán las que peor capacidad tendrían para absorber un impacto, presentando entonces mayor fragilidad paisajística. El mapa de fragilidad para este caso se obtuvo reclasificando las unidades de paisaje de acuerdo a su área (Tabla 23).

Unidades de Paisaje	Sup. (ha)	Valor	Fragilidad
Crestas y lomas sobre cuarcita con vegetación arbolada	555.9	4	Media
Superficie degradada sobre pizarras con cultivos	759.4	4	Media
Superficie estructural sobre arenisca con pastizales	374.6	6	Alta
Superficie poligénica sobre arenisca con cultivos	499.6	6	Alta
Laderas sobre depósitos de vertientes con cultivos	1014.6	2	Baja
Laderas sobre pizarras con pastizales	2324.5	0	Muy Baja
Laderas sobre arenisca con cultivos	4625.6	0	Muy Baja
Laderas sobre unidad roja con cultivos	6085.6	0	Muy Baja
Laderas sobre arenisca con formaciones mixtas cultivo-arbolado	100.8	6	Alta
Laderas sobre unidad roja con formaciones mixtas cultivo-arbolado	632.2	4	Media
Laderas sobre arenisca con vegetación arbolada	462.7	6	Alta
Laderas sobre unidad roja con vegetación arbolada	129.4	6	Alta
Escarpes sobre arenisca con pastizales	247.9	6	Alta
Escarpes sobre arenisca con vegetación arbolada	86.6	8	Muy alta
Incisión fluvial sobre pizarras con pastizales	50.4	8	Muy alta
Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos de regadío	1972.7	2	Baja
Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos cerealistas	2493.8	0	Muy Baja
Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones mixtas cultivo-arbolado	254.9	6	Alta
Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones arboladas	189.4	6	Alta
Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con pastizales	895.3	4	Media
Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con vegetación arbolada	214.7	6	Alta
Áreas semiendorreicas de limos y arcillas con pastizales	187.8	6	Alta
Áreas urbanas	4641.8	0	Muy Baja

Tabla 23. Unidades de Paisaje y extensión, con la fragilidad correspondiente a cada una de ellas.

Factor Vegetación.

Al igual que es necesario el estudio de la vegetación para evaluar la calidad de un paisaje, conviene analizar el estado de la vegetación para ver cómo pueden afectar alteraciones producidas sobre ella en la percepción del paisaje. Para ello se considera:

- **Densidad.** Se relaciona con la cantidad de ejemplares de porte arbóreo presentes por unidad de superficie (FCC), de manera que a mayor cubierta vegetal más facilidad para atenuar un impacto contra la vegetación, con lo que las zonas con elevada vegetación arbórea son consideradas como las menos frágiles, y viceversa. Las masas vegetales fueron clasificadas por el SIG según su FCC (Tabla 24), dando lugar al mapa de fragilidad correspondiente (Fig. 103C).

FCC	Densidad	Puntuación	Fragilidad
>40 %	Alta	1	Baja
10 – 40 %	Media	2	Media
5 – 10 %	Baja	3	Alta
<5 %	Muy baja	4	Muy alta
0	Nula (Zona urbana/agrícola)	-	-

Tabla 24. Fragilidad paisajística en función de la fracción de cabida cubierta del arbolado.

- **Estratificación.** Este parámetro hace referencia al número de estratos vegetales presentes en cada unidad de vegetación. Así, a mayor diversidad vegetal, que puede relacionarse con la variedad de estratos vegetales, menor fragilidad paisajística presentará una determinada zona, siendo las zonas más vulnerables aquellas con poca diversidad (Tabla 25). Reclasificando las unidades de vegetación definidas según su fragilidad se obtiene la cartografía de fragilidad intrínseca según la estratificación vegetal (Fig. 103D).

Número de estratos vegetales en cada formación	Puntuación	Fragilidad
3	1	Baja
2	2	Media
1	4	Alta
0 (Terrenos urbanos)	0	Nula

Tabla 25. Fragilidad paisajística según el número de estratos vegetales presente en cada formación.

- **Área de las Unidades Vegetales.** Al igual que en el caso del factor anterior (Área de las Unidades de Paisaje), se relaciona la fragilidad perceptual, en este caso de las unidades o masas de vegetación, con su tamaño, de tal manera que las unidades menos extensas son aquellas que más manifestarán un impacto, siendo por tanto las áreas de mayor fragilidad (Tabla 26). El procedimiento para realizar la cartografía es análogo a casos anteriores, y como resultado se aprecia la baja fragilidad de las unidades herbáceas (cultivos y pastos) y en menor medida, del arbolado, siendo superior en el resto (Fig. 103E).

Formaciones Vegetales	Área (Ha)	Valor	Fragilidad
Arbustivas	21.6	4	Alta
Mixtas (Cultivos y arbolado)	911.3	3	Media
Arbolado (Encinar)	1923.2	2	Baja
Cultivos, barbechos y pastos	22770.8	1	Muy Baja

Tabla 26. Tipos de formaciones vegetales y fragilidad paisajística asociada a su extensión.

- **Sinuosidad.** La sinuosidad es un parámetro empleado para el estudio de las formas de la vegetación, en este caso para saber el efecto borde de las masas vegetales, ya que la mayor fragilidad de una formación vegetal se presenta en su borde pues es donde de una manera más evidente se pueden manifestar los impactos. De la misma manera que en el caso de la calidad, la sinuosidad relaciona el perímetro de la formación vegetal al cuadrado y a su área, de manera que a mayores valores de sinuosidad (mayor tamaño del perímetro

respecto del área) más frágil será la correspondiente zona. Para la elaboración de la cartografía de fragilidad por sinuosidad (Fig. 103F) se reclasificaron las unidades de vegetación según su fragilidad (Tabla 27) y los valores asignados a cada formación fueron exportados a un ráster como en el resto de casos.

Formaciones Vegetales	Perímetro (m)	Área (Ha)	Sinuosidad	Valor	Fragilidad
Arbustivas	8165	21.6	309	1	Muy Baja
Mixtas (Cultivos y arbolado)	54409	911.3	324	2	Baja
Cultivos, barbechos y pastos	491885	22770.8	1062	3	Media
Arbolado (Encinar)	259954	1923.2	3513	4	Alta

Tabla 27. Sinuosidad de las formaciones vegetales presentes y su correspondiente fragilidad.

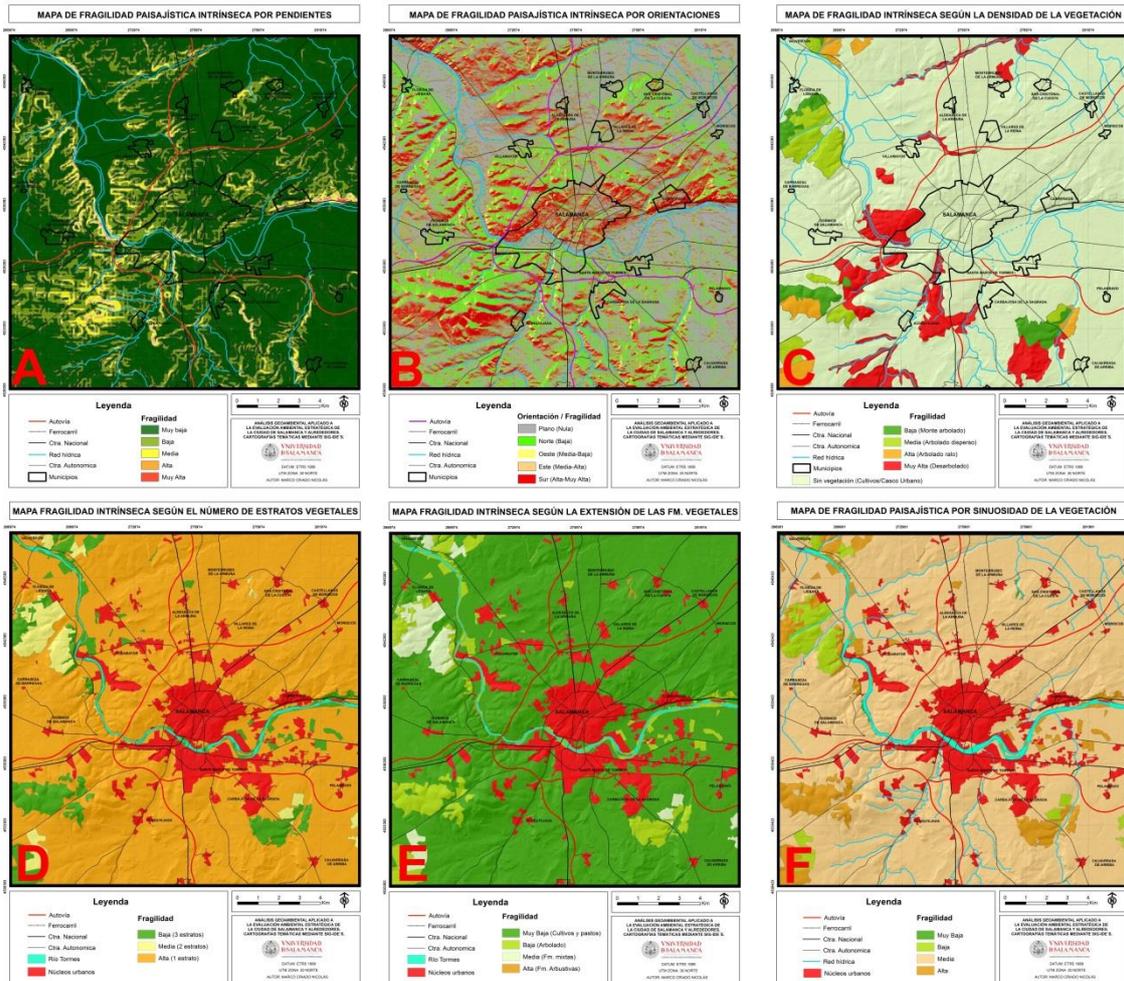


Figura 103. Ponderación de los factores estudiados para el análisis de la fragilidad intrínseca: A) Pendiente; B) Orientación; C) Densidad vegetal; D) Número de estratos; E) Superficie de las formaciones vegetales; F) Sinuosidad de la vegetación.

Determinación de la Fragilidad Intrínseca.

Una vez calculados los diferentes parámetros de los factores establecidos, se realiza un análisis global de todos ellos mediante el álgebra de mapas, obteniendo un ráster final con el sumatorio de todos ellos a partir del cual se elabora el mapa de fragilidad paisajística intrínseca (Fig. 104). Las zonas de mayor fragilidad intrínseca (muy alta y alta) se corresponden con zonas escarpadas: escarpes de Cabrerizos, Valcuevo, Calvarrasa, La Argentina y La Salud, zonas de Aldeatejada y Carrascal de Barregas, así como irregularmente en los Montalvos, Pelagarcía y comarca de La Armuña. Las zonas

de menor fragilidad (baja y muy baja) se corresponden con aquellas menos diversas, como son las zonas de terrazas y llanura aluvial del Tormes (Calvarrasa de Arriba, Pelabravo, Santa Marta, Carbajosa, Salamanca, Cabrerizos, Villamayor, Florida de Liébana y Valverdón), o zonas de La Armuña (sector de nordeste del área de estudio y zonas de Villares de la Reina Y Aldeaseca. Presentan valores intermedios espacios repartidos irregularmente por todo el sector, especialmente en la zona sur-suroeste.

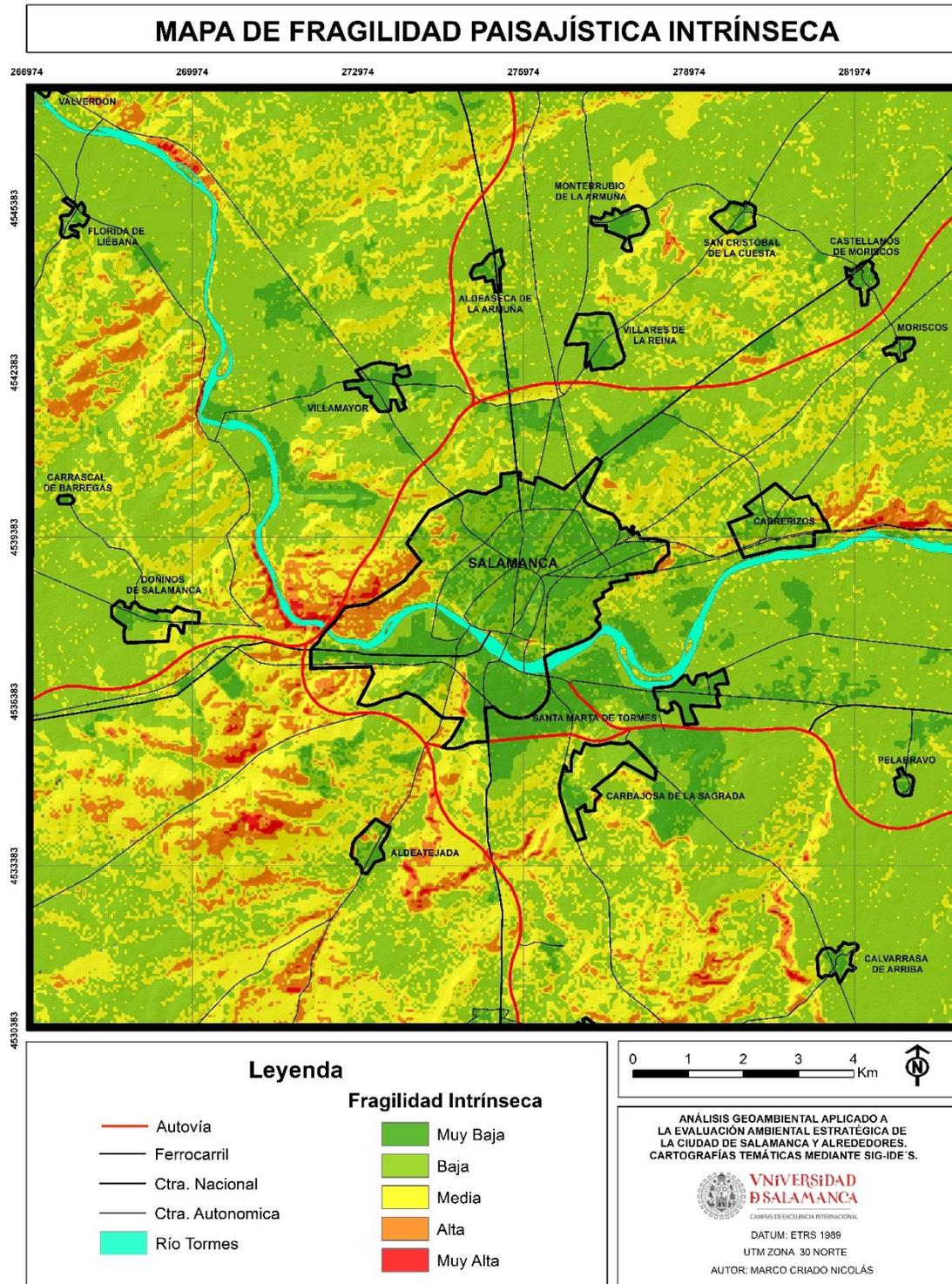


Figura 104. Mapa de fragilidad paisajística intrínseca.

Fragilidad Paisajística Extrínseca

La determinación de la fragilidad extrínseca del paisaje se realiza en base al estudio de dos factores: la accesibilidad y la visibilidad.

Por un lado, se analiza la accesibilidad a cada punto del sector en base a la cercanía de estos a los núcleos urbanos y a las infraestructuras lineales, en las que se han considerado las carreteras autonómicas y nacionales, excluyéndose las autovías ya que están valladas y su salida está restringida a puntos concretos, con lo que no se puede acceder desde ella a gran cantidad de lugares. Para ello, se ha calculado mediante el SIG un área de influencia de 500 metros alrededor de los elementos considerados, y a las áreas delimitadas por ellas, se les ha asignado un valor de fragilidad 4, esto es, son las zonas más frágiles en este sentido porque son las que permiten un mejor acceso, siendo asignadas el resto de sectores, de peor accesibilidad y menos vulnerables, con valores 0, dando lugar al mapa de fragilidad extrínseca por accesibilidad (Fig. 105A).

Por otro lado, se calcula la visibilidad del entorno desde diferentes lugares con mayor tránsito de personas, con el objetivo de identificar con el SIG mediante el cálculo de cuencas visuales, aquellos lugares del territorio en el que los impactos o alteraciones serán más visibles al estar muy expuestos, presentando estas zonas de alta visibilidad valores elevados de fragilidad (valor 4) frente a la escasa fragilidad que representan las zonas menos expuestas (valor 0). De esta forma, se determinan los espacios visibles desde las diferentes carreteras y autovías de la zona (Fig. 105B) y desde cada municipio (Fig. 105C).

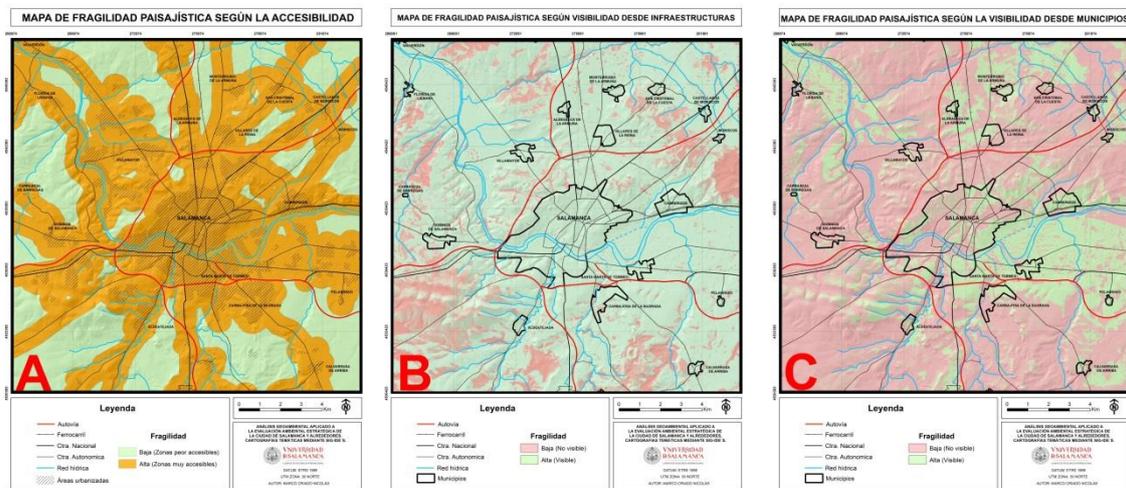


Figura 105. Ponderación de los factores analizados para determinar la fragilidad intrínseca: A) Accesibilidad; B) Visibilidad desde infraestructuras; C) Visibilidad desde núcleos urbanos.

Por último, se cruza la cartografía obtenida de accesibilidad y visibilidad y mediante álgebra de mapas se suman para calcular la fragilidad paisajística extrínseca de cada zona del sector de estudio en base a los parámetros estudiados (Fig. 106). Las zonas de menor fragilidad extrínseca se corresponden con aquellos espacios más alejados de las zonas urbanizadas y que cuenten con los peores accesos, como es el caso de Los Montalvos, Palagarcía y Carrascal de Barregas, apareciendo con menor entidad en Moriscos, Villamayor, Calvarrasa, Monterrubio, Villares de la Reina y San Cristóbal de la Cuesta. Presentan valores medios amplias zonas del centro del área de estudio, alrededor de Salamanca, tomando formas que siguen a las infraestructuras, que parten

de forma radial desde la capital. Las zonas de mayor fragilidad son aquellas con mayor población y accesos: principalmente Salamanca y vega del Tormes (Santa Marta, Carbajosa, Pelabravo y Cabrerizos), apareciendo más dispersamente en zonas de Florida de Liébana, Valverdón, Villamayor, Aldeaseca, Monterrubio, San Cristóbal de la Cuesta o Castellanos de Moriscos.

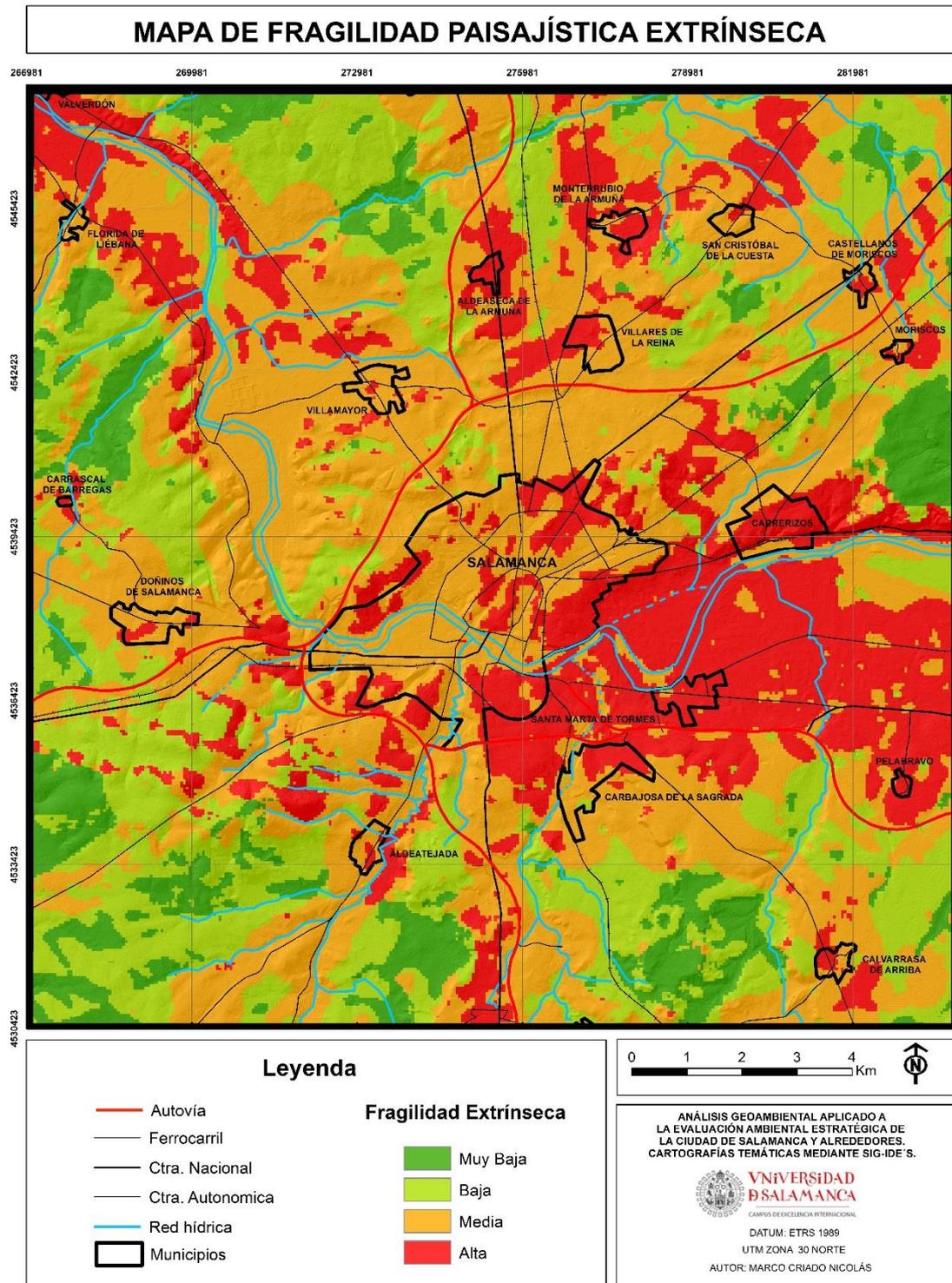


Figura 106. Mapa de fragilidad paisajística extrínseca.

Determinación de la Fragilidad Paisajística

Finalmente, la fragilidad del paisaje es obtenida a través de los resultados obtenidos de fragilidad intrínseca y extrínseca. Para ello, mediante el álgebra de mapas, se produce a la suma de la fragilidad intrínseca y extrínseca, si bien a cada una de ellas se les asigna, respectivamente, una ponderación de 0.6 y 0.4. El ráster obtenido mediante esta operación es reclasificado, obteniéndose el mapa de fragilidad paisajística (Fig. 107). La cartografía de fragilidad indica la vulnerabilidad de las distintas zonas frente a actuaciones antrópicas, así, los sectores de baja fragilidad tendrán una capacidad de respuesta frente a los impactos mayor que las de alta fragilidad.

Zonas de “Muy Alta Fragilidad”. Las zonas más frágiles se extienden por las áreas más abruptas y que generalmente cuentan con vegetación arbolada, apareciendo a su vez en estas zonas unidades de paisaje de escasa extensión, por lo que estas condiciones hacen zonas como el escarpe de Cabrerizos, Valcuevo, La Salud o La Argentina sean las zonas más frágiles, si bien también se observan como zonas de “Muy Alta Fragilidad” la zona oriental de Los Montalvos y zonas aisladas en el entorno de Salamanca y La Armuña.

Zonas de “Alta Fragilidad”. Con “Alta Fragilidad” destaca el sector situado en torno a Santa Marta-Carbajosa que se extiende a lo largo de la vega sur del Tormes, caracterizado por la alta antropización de la zona, con gran número de edificaciones e infraestructuras, así como una reducida diversidad vegetal, manifestándose esta fragilidad con una menor representatividad en zonas como Florida de Liébana, Aldeaseca, Monterrubio, San Cristóbal de la Cuesta, Villares de La Reina o Moriscos.

Zonas de “Media Fragilidad”. Con valores de “Fragilidad Media” aparecen amplias zonas del sector estudiado, especialmente en el entorno de Salamanca, y que parece estar relacionado con la accesibilidad y visibilidad desde las infraestructuras lineales.

Zonas de “Baja y Muy Baja Fragilidad”. Los espacios menos vulnerables se corresponde con las zonas más inaccesibles y que generalmente cuentan con una importante diversidad y cobertura vegetal, como es el caso de las dehesas y encinares del extremo suroeste, de Los Montalvos, del norte de Carrascal de Barregas, de Pelagarcía (Carbajosa) o de zonas de pastos (Aldeatejada) o cultivos (Calvarrasa y áreas irregularmente repartidas por La Armuña).

3.7.5. Necesidad de protección del paisaje.

En función de su calidad y de su fragilidad, un paisaje presentará una mayor o menor capacidad de respuesta frente a un impacto, lo que podría interpretarse como la capacidad de absorción del impacto por parte del paisaje. Esta lectura también puede interpretarse en sentido opuesto, y establecer a partir de esto la necesidades de protección que el paisaje presenta. Para establecer las necesidades de protección del paisaje, a cada sector estudiado se le ha asignado un tipo de clase de protección, desde la uno hasta la cinco, en función de los valores de calidad y fragilidad que presente, enfrentados en una matriz de doble entrada (Tabla 28), de manera que la clase uno representa a las zonas de mayor capacidad de absorción y, por tanto, menor necesidad de protección, mientras que la cinco representa a las zonas más susceptibles a la alteración, por lo que requieren de esfuerzos de conservación (Fig. 108).

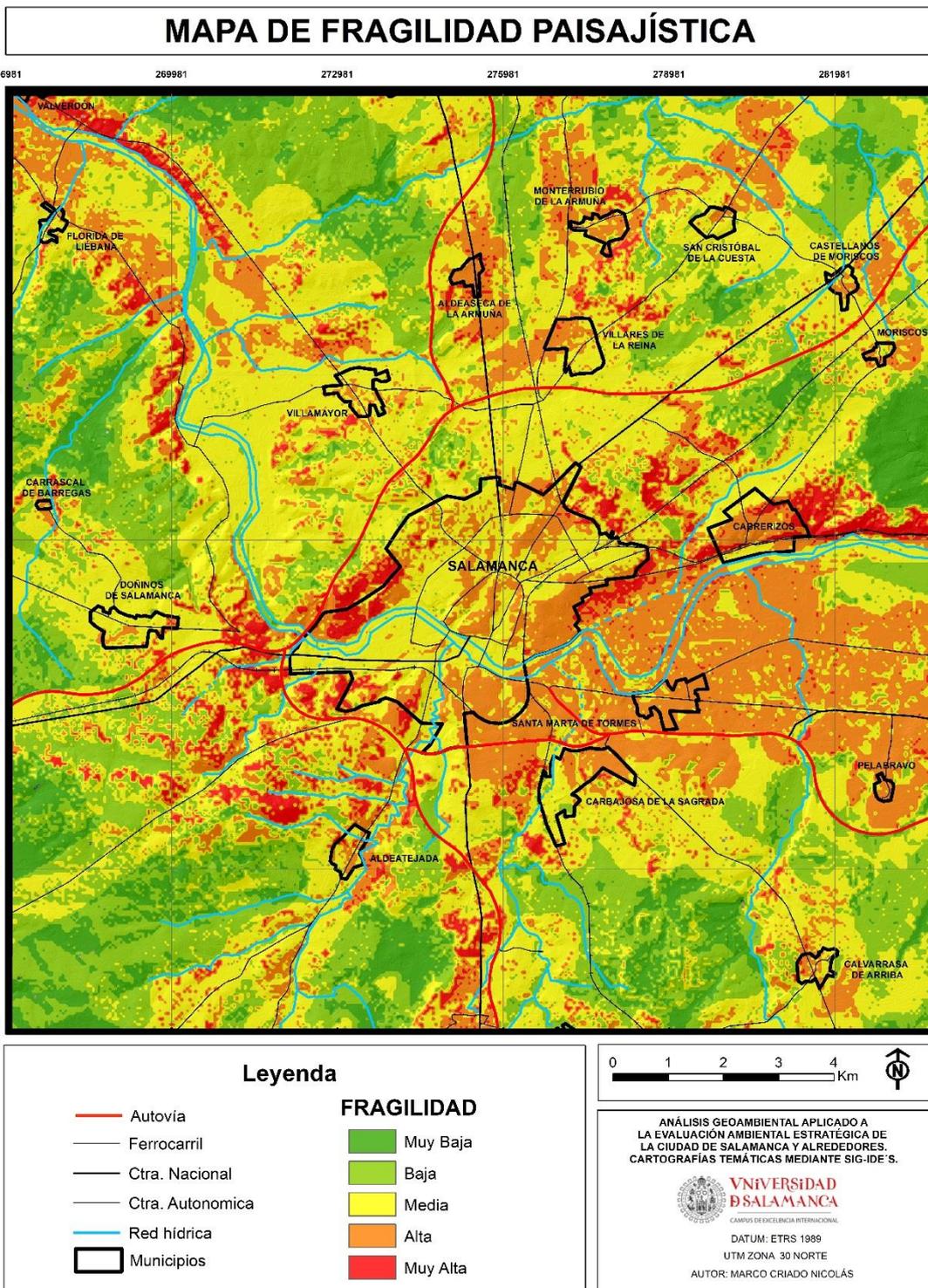


Figura 107. Mapa de fragilidad paisajística.

CLASES DE PROTECCIÓN		Calidad				
		Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Fragilidad	Muy Baja	I	I	III	IV	IV
	Baja	I	I	III	IV	IV
	Media	I	II	III	IV	V
	Alta	II	II	III	V	V
	Muy Alta	II	II	III	V	V

Tabla 28. Matriz de asignación de clases de protección al paisaje. (Basado en Ramos et al., 1976).

Las Clases I y II agrupan los paisajes menos valorados en los que la ejecución de actividades no produciría un impacto significativo (espacios de la vega y terrazas del Tormes, y Aldeatejada, Doñinos y Carrascal de Barregas). Por otro lado, las zonas más vulnerables pertenecen a la Clase IV y V, y precisan medidas de protección para conservar los paisajes más valiosos (escarpes del Tormes y Calvarrasa, Los Montalvos, o zonas de encinar: Pelagarcía, Valmuza, Florida de Liébana o Valverdón. Finalmente, gran parte del sector es Clase III (La Armuña, Salamanca, Doñinos, Carrascal de Barregas, o Arapiles), lo que indica que no requieren medidas prioritarias de protección.

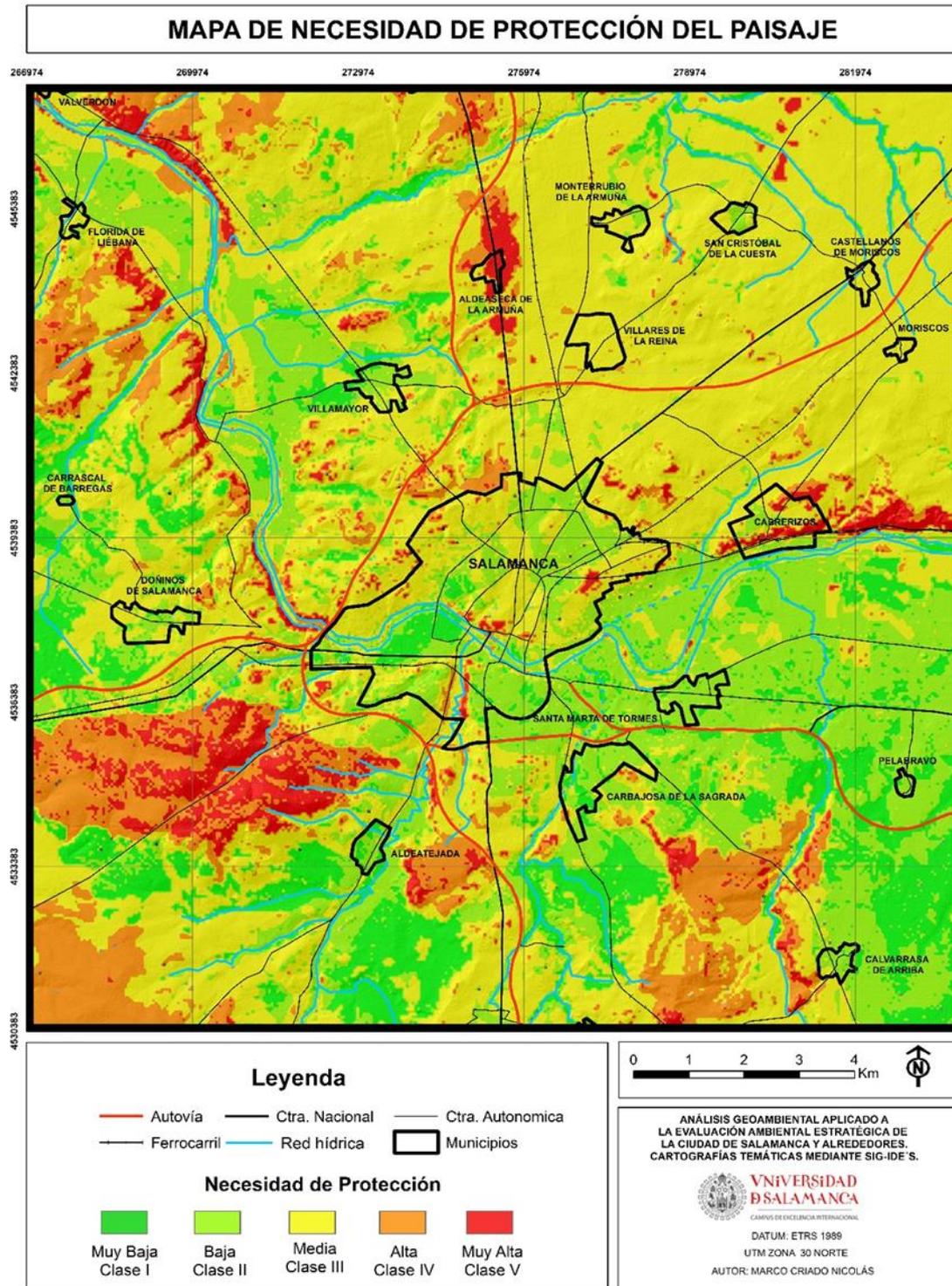


Figura 108. Mapa de Necesidad de Protección del Paisaje.

3.8. Medio Socioeconómico.

3.8.1. Introducción y alcance.

El análisis de las características de la población y de las actividades económicas de la zona de estudio resulta interesante para tener una mejor comprensión de la composición y funcionamiento de dicho sector. No obstante, este apartado no persigue realizar un exhaustivo análisis del medio socioeconómico, pues no es el objetivo de la presente Tesis, pero sí se pretende caracterizar a grandes rasgos la zona en relación con estos aspectos, analizando para ello el sistema demográfico, territorial, económico y cultural. Antes de proceder al estudio de estos factores, es interesante conocer la división administrativa de la zona, esto es, los términos municipales que la agrupan, (Fig. 109).

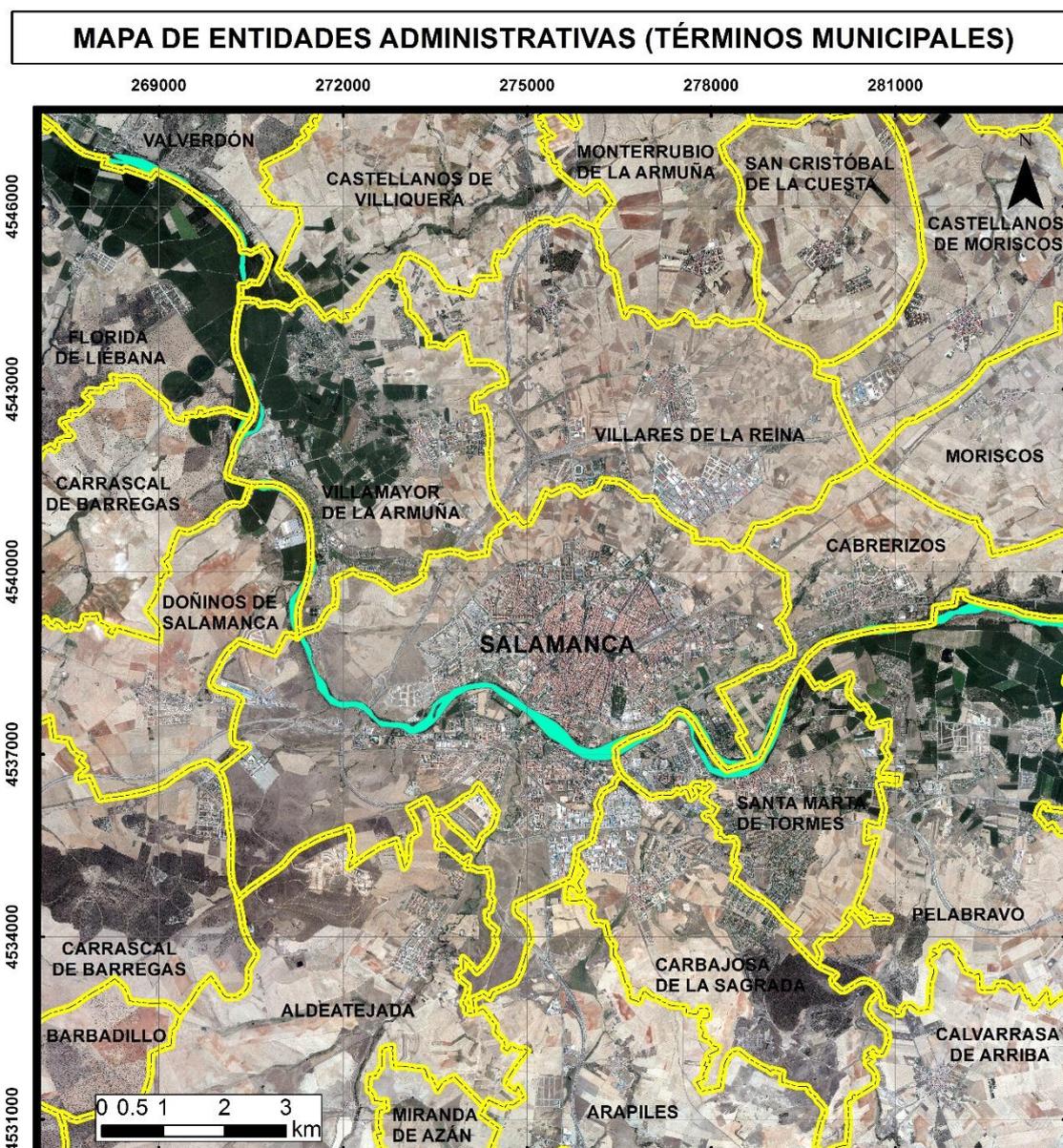


Figura 109. Mapa con los términos municipales que componen el sector de estudio.

3.8.2. Análisis demográfico.

Se han analizado las características de la población de los municipios presentes en la zona de estudio, a partir de información facilitada por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2016), si bien debe tenerse en cuenta que no todos los términos municipales que aportan territorio al área de estudio tienen núcleos de población dentro de esta (La Vellés, Barbadillo y Miranda de Azán), por lo que no se estudian.

Evolución de la población.

Se ha elaborado una tabla en la cual aparece reflejada la evolución de la población en los diferentes núcleos urbanos desde 1852 hasta 2015, además de la población total de la zona estudiada y de la de la provincia de Salamanca (Tabla 29). Se observa que el mayor núcleo de población es la capital, Salamanca, con 146.438 habitantes, seguido de Santa Marta de Tormes con 14.970 habitantes. El resto de municipios del alfoz de Salamanca oscilan entre los 4.198 habitantes de Cabrerizos y los más de 6.000 de Villamayor de la Armuña, Villares de la Reina y Carbajosa de la Sagrada. Por último, los municipios más alejados de la capital presentan poblaciones mucho menores, y que varían notablemente entre unos municipios y otros en relación a su proximidad a la capital, o a la existencia en ellos de actividades económicas secundarias y terciarias. Así, municipios relativamente cercanos a la ciudad, como Monterrubio de Armuña, Aldeatejada y Pelabravo cuentan con poblaciones notablemente superiores a los 1.000 habitantes, y otros, aunque también cercanos, pero con zonas industriales, como es el caso de Doñinos y Castellanos de Moriscos, rondan los dos mil habitantes. El resto de municipios, más alejados de la influencia de la capital, y con una economía ligada al sector primario, oscilan entre alrededor de mil habitantes de San Cristóbal de la Cuesta o Carrascal de Barregas y los menos de 300 habitantes de Florida de Liébana o Valverdón. Con todo esto, la población total de la zona de estudio es de 198.912 habitantes, que supone el 58.6% de la población total de la provincia salmantina, hecho que refleja la aglomeración de la población en torno a los mayores núcleos en detrimento de las zonas rurales, cada vez más despobladas.

Además, en la misma tabla puede observarse una evolución histórica de la población de los diferentes municipios. En relación con la ciudad de Salamanca, se aprecia una constante y notoria ganancia de población hasta finales de los años 80, donde alcanza su máximo, produciéndose una paulatina pérdida de población desde entonces. Por otro lado, las localidades del alfoz de la capital presentan ganancias de población mucho más modestas a lo largo del tiempo, incrementándose en los años 70, 80 y 90, y especialmente en los últimos 15 años, como es el caso de Carbajosa, Santa Marta, Villamayor, Villares de la Reina o Cabrerizos. Por último, el resto de municipios sufren fluctuaciones a lo largo del periodo estudiado, si bien la población actual suele corresponderse en gran parte de los casos en la mayor de las observadas, a diferencia de la evolución en otros municipios de similar entidad, pero más alejados de la ciudad de Salamanca, que ven mermar cada vez más su población. Por tanto, se podría concluir, a grandes rasgos, que la ciudad de Salamanca está perdiendo población (10.000 habitantes en 15 años) en los últimos años, y que, por el contrario, los municipios del alfoz han visto incrementada su población, si bien en desiguales proporciones debido a diferentes causas como localización, economía, conexión con la capital o servicios existentes...

Movimiento de la población.

El estudio del movimiento natural de la población es de suma importancia debido a que indica el estado de la estructura, el dinamismo o los escenarios futuros de la población de la zona. Se utilizaron datos de la evolución de tres variables demográficas (tasas de natalidad y mortalidad, e índice de crecimiento vegetativo) a lo largo del periodo 1996-2015. Las tasas de natalidad y mortalidad indican, en tantos por mil, el número de nacimientos o defunciones ocurridos en un tiempo determinado (generalmente un año), mientras que la diferencia entre ambas, viene expresada por el índice de crecimiento vegetativo (expresado en tanto por ciento) e indica la dinámica poblacional. Los valores de natalidad, mortalidad y de crecimiento vegetativo son expresados en términos absolutos relativos a cada municipio, y por año (Tabla 30).

En relación con la natalidad, se observa que esta ha evolucionado de diferente manera en el periodo estudiado. En relación con la ciudad de Salamanca, el mayor núcleo poblacional del área, y por tanto el que tendrá una mayor influencia en el movimiento poblacional, se observa que no ha variado considerablemente en el periodo estudiado, si bien en los últimos años los nacimientos parecen mantenerse bastante constantes y oscilar sobre los 1140-1200, si bien estas tasas de natalidad son las más bajas del periodo estudiado (a excepción de 1996), inferiores a los 1369, por ejemplo, del año 2008. Por otro lado, existen gran cantidad de municipios del entorno de la capital en los que los nacimientos se han incrementado considerablemente, especialmente en los municipios más cercanos, y que como ya se comentó en el apartado anterior, más población ganaron, como Carbajosa de la Sagrada, Villamayor, Villares de la Reina... Esto puede deberse a la llegada a estos municipios de gente joven debido a los mejores precios para adquirir vivienda, existencia de buenos equipamientos... No obstante, los municipios más pequeños del área de estudio, y que se encuentran más alejados de la capital, apenas muestran repuntes en la natalidad y apenas se mantiene (Calvarrasa de Arriba, Valverdón o Florida de Liébana).

Por otro lado, un fenómeno similar ocurre con las defunciones. En la ciudad de Salamanca, se denota un notable aumento de la mortalidad hacia el final del periodo estudiado debido a la gran cantidad de gente de avanzada edad, cada vez más numerosa, como se verá más adelante. En los municipios del alfoz de Salamanca, también se observan repuntes en el número de defunciones, cosa por otro lado normal debido al aumento de la población que han experimentado. Por último, los municipios alejados del área de influencia de la ciudad muestran valores muy constantes.

Por último, debido al estancamiento de los nacimientos y al aumento de las defunciones, la ciudad de Salamanca presenta un crecimiento vegetativo negativo a lo largo del periodo estudiado, más acusado al final, lo que indica una pérdida de población continua y que parece que va a mantenerse debido a la baja natalidad y envejecimiento poblacional. También pierden población, aunque de una manera más suave y constante, los municipios alejados del área de influencia de Salamanca y que debido a esto no ganaron población. Por otro lado, los municipios del alfoz presentan crecimientos vegetativos positivos al albergar a gente joven que constituyen nuevas familias, que alcanzaron su máximo en la década de los 2000.

En relación a la evolución de la población del sector, se observa un crecimiento negativo al inicio del periodo, que al inicio de los 2000 se vuelve positivo y la zona

gana población hasta el cambio de década, en la que se comienza a perder población, más acusadamente hacia el final del periodo, confirmándose la tendencia debido a la frenada del aumento de la población en los municipios del alfoz y al notable aumento de la mortalidad en la capital, y quizás debido a la situación económica poco favorable. Por su parte, el aumento de población a principios de los 2000 se debe a que el descenso de la población de Salamanca no es tan acusado y a que los municipios del alfoz logran grandes aumentos de población, quizás ayudado por la favorable coyuntura económica.

Por último, en relación a la evolución de la población en la provincia de Salamanca, se observa que esta desciende continuamente, especialmente por el envejecimiento en las zonas rurales, que implica un descenso continuo del número de habitantes de estas zonas. Esto se confirma al observar que la pérdida de población en la zona de estudio, a pesar de contener casi el 60% de la población de la provincia, apenas supone el 15% en términos de pérdida de población a nivel provincial.

Sin embargo, lo hasta aquí comentado corresponde únicamente al movimiento natural de la población, esto es, nacimientos y defunciones, sin tener en cuenta los movimientos migratorios que se producen. Las elevadas cifras de pérdida de población, especialmente experimentadas a nivel provincial, no se explican únicamente debido al envejecimiento de la población (aumento de la mortalidad) y del descenso de los nacimientos, si no que existe una componente migratoria, que afecta especialmente a las áreas rurales, abandonadas por la población debido a las escasas posibilidades que estas ofrecen. A continuación ([Tabla 31](#)), se representan los movimientos migratorios acaecidos en la provincia salmantina durante los últimos años. Se observa una marcada tendencia al abandono de la provincia en los últimos años, especialmente de gente joven y preparada en busca de nuevas oportunidades.

Si se atiende a la evolución natural de la población, se observa que, en la ciudad de Salamanca, a pesar de contar con tasas vegetativas negativas durante mucho tiempo, la pérdida de población era sostenida debido a la llegada de inmigrantes. De la misma manera puede explicarse el gran auge de determinados municipios del alfoz, que vieron aumentadas en gran medida sus poblaciones en gran parte debido a la llegada de población foránea. El flujo emigrante que recibía Salamanca y su alfoz especialmente, era relativamente considerable en la época de bonanza económica a principio de los 2000, y mayoritariamente era gente venida de otros países o de zonas rurales en busca de empleo. Sin embargo, desde el momento en que la coyuntura económica cambió, los inmigrantes dejaron de llegar y se produjo un punto de inflexión en el que había mayor emigración que inmigración, acentuándose este fenómeno en los años recientes.

Por tanto, ante este escenario de crecimiento vegetativo negativo mayoritario a nivel provincial y que afecta a la capital, del que únicamente se libran escasos municipios, principalmente ligados al alfoz de Salamanca, y ante el creciente número de personas que emigran, la población de la provincia de Salamanca está en una profunda dinámica negativa de regresión de la población, del que no se salva la ciudad de Salamanca. En el sector de estudio, como se ha comentado, se presentan las excepciones a esto a nivel provincial, con municipios con población joven que muestran una dinámica de crecimiento positiva.

MUNICIPIO	1842	1900	1930	1970	1981	1991	2001	2011	2015		
									H	M	T
ALDEATEJADA	222	289	522	743	579	516	696	1474	875	849	1724
ARAPILES ⁽¹⁾	274	606	672	554	602	488	479	608	337	307	644
CABRERIZOS	249	281	374	612	608	920	2454	4070	2115	2083	4198
CALVARRASA DE ARRIBA	357	529	610	725	648	620	662	624	326	294	620
CARBAJOSA DE LA SAGRADA	163	222	254	418	436	673	2290	6471	3399	3341	6740
CARRASCAL DE BARREGAS	163	271	295	362	260	279	522	1061	571	515	1086
CASTELLANOS DE MORISCOS	312	494	557	409	777	373	437	1903	1204	1118	2322
CASTELLANO VILLIQUERA ⁽²⁾	600	428	349	160	77	452	576	687	372	312	684
DOÑINOS DE SALAMANCA	140	456	617	612	556	643	742	1736	1027	925	1952
FLORIDA DE LIÉBANA	383	538	531	380	269	201	245	291	153	128	281
MONTERRUBIO DE ARMUÑA	139	189	201	95	68	125	630	1295	708	616	1324
MORISCOS	173	243	282	213	- ⁽²⁾	131	111	310	196	158	354
PELABRAVO	307	312	359	651	582	628	821	1039	596	530	1126
S. CRISTÓBAL DE LA CUESTA	222	374	469	314	- ⁽²⁾	243	389	988	545	472	1017
SALAMANCA	13786	25019	43953	122241	153981	162888	156368	151658	66858	79580	146438
SANTA MARTA DE TORMES	143	144	276	1626	2527	6817	12090	14876	7368	7602	14970
VALVERDÓN	216	388	509	338	293	239	282	282	145	137	282
VILLAMAYOR DE ARMUÑA ⁽⁴⁾	400	483	637	1040	938	1201	3518	6678	3486	3476	6962
VILLARES DE LA REINA	687	1008	867	950	926	1200	3081	6007	3092	3096	6188
SECTOR DE ESTUDIO	18936	31791	52334	132443	164128	178637	186393	202058	93373	105539	198912
SALAMANCA (PROVINCIA)	179656	326233	356882	380133	364305	357801	345609	350018	165379	174016	339395

Tabla 29. Tabla con la evolución demográfica y población actual y su distribución por sexos de los municipios de la zona de estudio (INE, 2016). ⁽¹⁾ Incluye a Las Torres. ⁽²⁾ Incluye a La Mata de Armuña. ⁽³⁾ Incorporado a Castellanos de Moriscos. ⁽⁴⁾ Incluye a Aldeaseca de Armuña y Mozdiel de Sanchiñigo.

Municipio	1996			2000			2004			2008			2010			2012			2014			2015		
	N	D	CV	N	D	CV	N	D	CV	N	D	CV	N	D	CV	N	D	CV	N	D	CV	N	D	CV
Aldeatejada	8	3	5	8	2	6	12	2	10	19	6	13	19	2	17	11	5	6	31	10	21	26	11	15
Arapiles	6	2	4	2	9	-7	4	2	2	6	3	3	5	5	0	13	4	9	6	7	-1	9	5	4
Cabrerizos	18	6	12	37	3	34	42	2	40	43	10	33	50	16	34	31	22	9	24	13	11	22	14	8
Calvarrasa	3	7	-4	4	8	-4	6	8	-2	1	10	-9	5	7	-2	4	7	-3	4	7	-3	5	11	-6
Carbajosa de la Sagrada	19	6	13	37	7	30	84	7	77	129	6	123	122	15	107	93	15	78	65	13	52	94	16	78
Carrascal de Barregas	7	2	5	6	3	3	3	3	0	9	5	4	15	3	12	11	4	7	14	0	14	18	0	18
Castellanos de Moriscos	4	3	1	4	2	2	6	3	3	27	3	24	42	4	38	50	3	47	60	3	57	58	2	56
Castellanos de Villiquera	4	0	4	2	4	-2	5	4	1	4	4	0	5	5	0	6	5	1	5	8	-3	4	11	-7
Doñinos	9	8	1	4	3	1	5	11	-6	18	15	3	34	11	23	40	10	30	27	7	20	27	5	22
Florida de Liébana	1	1	0	1	1	0	3	3	0	0	3	-3	1	3	-2	2	7	-5	1	0	1	0	3	-3
Monterrubio de Armuña	5	2	3	12	3	9	14	4	10	18	3	15	16	2	14	19	2	17	11	8	3	11	4	7
Moriscos	2	2	0	1	3	-2	0	0	0	0	0	0	4	1	3	3	1	2	5	1	4	5	2	3
Pelabravo	13	5	8	8	5	3	8	8	0	14	8	6	7	10	-3	7	12	-5	12	5	7	12	9	3
S. Cristóbal de la Cuesta	4	1	3	2	3	-1	13	3	10	8	0	8	17	7	10	11	0	11	12	3	9	14	4	10
Salamanca	1169	1469	-300	1329	1423	-94	1329	1465	-136	1369	1574	-205	1205	1534	-329	1164	1582	-418	1140	1588	-448	1145	1703	-558
Santa Marta de Tormes	135	64	71	113	65	48	160	62	98	174	65	109	165	95	70	145	87	58	107	90	17	119	91	28
Valverdón	1	2	-1	0	1	-1	1	0	1	1	4	-3	2	5	-3	2	0	2	1	1	0	0	0	0
Villamayor	42	38	4	44	27	17	61	24	37	96	25	71	78	32	46	78	13	65	65	18	47	63	23	40
Villares de la Reina	39	12	27	50	15	35	56	19	37	79	11	68	88	19	69	84	22	62	90	19	71	81	19	62
Zona estudio	1489	1633	-144	1662	1587	75	1812	1630	182	2015	1755	260	1880	1776	104	1774	1801	-27	1680	1801	-121	1713	1933	-230
Provincia(Sa)	2549	3685	-1136	2605	3697	-1092	2773	3651	-878	2985	3810	-825	2690	3713	-1023	2595	3914	-1319	2410	3709	-1299	2382	3973	-1591

Tabla 30. Tabla con los nacimientos, defunciones y crecimiento vegetativo de los distintos municipios que componen el área de estudio, así como del área de estudio y de la provincia, para el periodo 1996-2015 (INE, 2016).

AÑO	MIGRACIÓN INTERIOR (INTERPROVINCIAL)			MOVIMIENTOS EXTERIORES			TOTAL
	Abandonan	Llegan	Saldo	Abandonan	Llegan	Saldo	
2008	4883	4279	-604	1221	3112	1891	1287
2009	4577	4066	-511	1355	2083	728	217
2010	4814	4338	-476	1140	1920	780	304
2011	4910	3896	-1014	1372	1657	285	-729
2012	4569	3553	-1016	1457	1503	46	-970
2013	4433	3381	-1052	1638	1366	-272	-1324
2014	4602	3414	-1188	1069	1235	166	-1022
2015	4645	3186	-1459	1604	1303	-301	-1760

Tabla 31. Cifras migratorias del periodo 2008-2015 de la provincia de Salamanca (INE, 2016).

Estructura de la población.

La estructura poblacional, en su composición de acuerdo a edades y sexos, tiene una clara influencia en la demografía, ya que está relacionada con fenómenos como la natalidad, fecundidad, migración o nupcialidad, pudiendo influir también en otros aspectos relacionados con la educación, empleo, salud... La estructura de la población se representa a través de pirámides de población que muestran la distribución por sexos e intervalos de edad. Para la caracterización de la estructura de la población, se han elaborado las pirámides de población de cinco municipios en dos momentos de tiempo diferentes con el objetivo de reflejar las diferencias que se producen con el tiempo y entre diferentes municipios (Fig. 110), además de: la composición del municipio de mayor importancia (Salamanca); la estructura de los municipios que han aumentado su población (Santa Marta, Cabrerizos y Villamayor); y la estructura de los pequeños municipios poco afectados por la influencia de la capital (Calvarrasa de Arriba).

En relación a la ciudad de Salamanca se observa en ambos casos una estrecha base en relación con una zona central más ancha, lo que indica la baja natalidad y el progresivo envejecimiento, que desencadenará un decrecimiento de la población. En 1996 el grueso de la población se compone de rangos de edades entre los 20-40 años, mientras que actualmente la población dominante es la comprendida entre 40-60 años, la natalidad parece haberse estancado en niveles bajos y el número de ancianos aumenta. Con esto, se prevé una clara tendencia negativa para la población de la ciudad de Salamanca.

Una situación contraria es la que se da en los municipios del alfoz, especialmente en Carbajosa, Cabrerizos, Villamayor, Villares de la Reina o Santa Marta, aunque también a menor escala en algunos como Doñinos, Castellanos de Moriscos, Monterrubio o Aldeatejada. En estos municipios se aprecia un rejuvenecimiento de la población muy reciente: en 1996 presentan una pirámide con el grueso de población entre los 25-40 años, y con una base menos ancha, que puede inducir a una población en regresión, sin embargo, en los últimos años, estos municipios del alfoz han recibido mucha población inmigrante joven, por lo que en la actualidad la pirámide está caracterizada por el predominio de dos franjas de edad, una adulta de 35-55 años, y otra muy joven de 5-15 años, y con un porcentaje de gente anciana bajo. Con esto, se puede asegurar la buena salud de estas poblaciones y las previsiones de crecimiento en los próximos años.

Por último, los municipios más pequeños y alejados de la influencia de la capital muestran estructuras demográficas típicas del mundo rural, con una base estrecha, un grueso poblacional en la edad adulta (40-60 años), y con un porcentaje de ancianos muy alto. Con este escenario, estos municipios rurales tienen poblaciones en franca regresión

y la reversibilidad de la situación se antoja difícil ante el éxodo de la mayoría de la poca gente joven existente que busca nuevas oportunidades.



Figura 110. Pirámides poblacionales comparativas de diferentes municipios. En azul: hombres; en rojo: mujeres.

Análisis de la densidad de la población.

Otra perspectiva para el análisis demográfico de la zona es el estudio de la densidad de su población, o sea, el número de habitantes que vive en una determinada extensión del territorio. Se determinó la evolución de la densidad poblacional de cada municipio (1970-2015), así como la de todo el sector y de la provincia de Salamanca (Tabla 32).

MUNICIPIO	Superf (km ²)	1970		1991		2001		2015	
		P	D	P	D	P	D	P	D
Aldeatejada	31.51	743	23.6	516	16.4	696	22.1	1724	54.7
Arapiles	25.26	554	22.0	488	17.7	479	19.0	644	25.5
Cabrerizos	11.54	612	53.0	920	79.7	2454	212.7	4198	363.8
Calvarrasa de Arriba	25.73	725	28.2	620	24.1	662	25.7	620	28.2
Carbajosa de la Sagrada	13.71	418	30.5	673	49.1	2290	167.0	6740	491.6
Carrascal de Barregas	76.6	362	4.7	279	3.6	522	6.8	1086	14.2
Castellanos de Moriscos	13.84	409	29.6	373	27.0	437	34.2	2322	167.8
Castellanos de Villiquera	32.81	160	4.9	452	13.8	576	17.6	684	20.9
Doñinos de Salamanca	14.05	612	43.6	643	45.8	742	52.8	1952	139.0
Florida de Liébana	20.79	380	18.3	201	9.7	245	11.8	281	13.5
Monterrubio de Armuña	10.97	95	8.7	125	11.4	630	57.4	1324	120.7
Moriscos	12.08	213	17.6	131	10.8	111	9.2	354	29.3
Pelabravo	23.26	651	28.0	628	27.0	821	35.3	1126	48.4
S. Cristóbal de la Cuesta	9.92	314	31.7	243	24.5	389	39.2	1017	102.5
Salamanca	39.34	122241	3107.3	162888	4140.5	156368	3974.8	146438	3722.4
Santa Marta de Tormes	10.01	1626	162.4	6817	681.0	12090	1207.8	14970	1495.5
Valverdón	21.98	338	15.4	239	10.9	282	12.8	282	12.8
Villamayor de Armuña	16.13	1040	64.5	1201	74.5	3518	218.1	6962	431.6
Villares de la Reina	21.81	950	43.6	1200	55.0	3081	141.3	6188	283.7
Zona estudio	431.34	132443	307.1	178637	414.1	186393	432.1	198912	461.1
Provincia(Sa)	12349.1	380133	30.8	357801	29.0	345609	28.0	339395	27.5

Tabla 32. Tabla con la evolución de la densidad de población en los municipios del sector estudiado. P=Población; D=Densidad

La densidad poblacional varía en función de la extensión de cada municipio, con lo que este parámetro no puede ser considerado para el establecimiento de los municipios con mayores poblaciones, si bien sí pueden coincidir debido a una cierta homogeneidad en las extensiones del territorio de los diferentes municipios. Para una mejor comprensión de la evolución de la misma, se elaboró una composición de mapas con datos de densidades poblacionales de distintos años dentro del periodo de estudio (Fig. 111). Obviamente, la mayor densidad de población se encuentra en la capital, Salamanca, que aglutina a gran parte de la población de la zona de estudio, si bien la densidad decrece en los últimos años hasta los poco más de 3700 habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km²) debido a la pérdida de población que sufre, como ya se ha comentado. Por otro lado, cabe destacar el caso de Santa Marta de Tormes, la primera localidad del

alfoz en sufrir un rápido aumento de la población debido a la influencia de la ciudad y cuyo crecimiento se consolida al final del periodo estudiado, rodando casi los 1500 hab/km². Más recientemente, concretamente en las dos últimas décadas, parte de los municipios del alfoz comenzaron a ganar población, aumentando con ello su densidad poblacional, alcanzándose valores considerables en municipios como Villares de la Reina, Villamayor, Cabrerizos y Carbajosa, siendo el aumento más modesto en otros. Por último, los pequeños municipios más alejados de la ciudad, apenas han visto alterada su población a lo largo de los años, manteniendo la densidad constante.

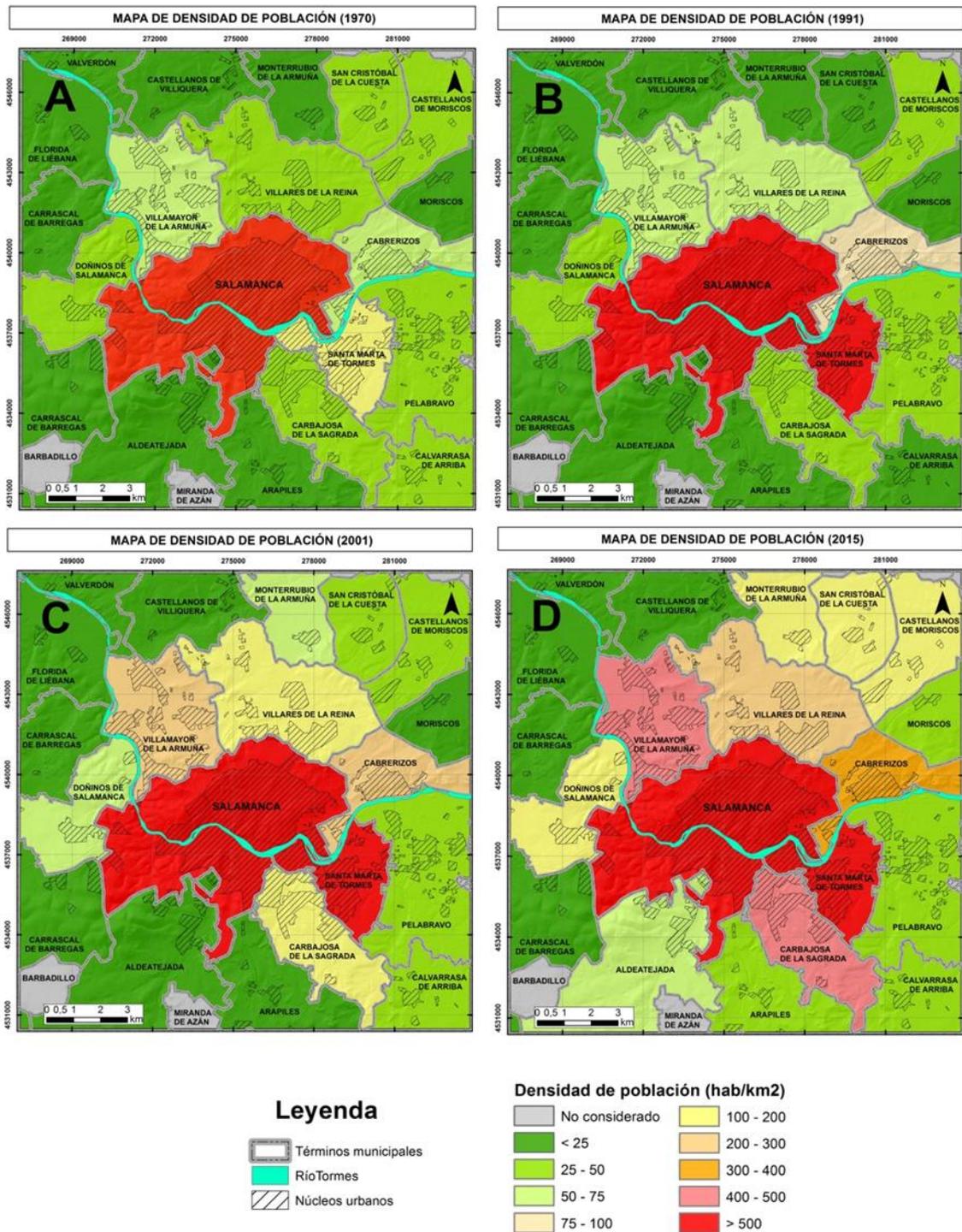


Figura 111. Variación de la densidad de población en los distintos municipios del área de estudio en el periodo 1970-2015.

En relación con la densidad poblacional del sector estudiado y de la provincia, la densidad del sector estudiado es muy superior (461 hab/km^2) a la de la provincia (27.5 hab/km^2) debido a que casi el 60 % de la población provincial reside en este sector.

El desigual reparto de la población puede desencadenar en distintas problemáticas. Un exceso de densidad puede ocasionar un deterioro de calidad de vida en las distintas urbes, pues pueden existir problemas de acceso a vivienda, de infraestructuras, colapso de servicios urbanos, carencia de empleo, alta degradación ambiental, etcétera, si bien la ciudad de Salamanca como única gran ciudad del entorno de estudio, no puede calificarse como ciudad sobrepoblada. Al contrario, las zonas rurales con bajas densidades poblacionales son poco atractivas para las inversiones empresariales, y existen problemas de rentabilidad de los servicios e infraestructuras existentes y grandes dificultades de acceso a nuevos servicios o equipamientos.

3.8.3. Análisis del sistema territorial.

Para obtener una mejor visión y conocimiento del medio socioeconómico de la zona se realiza una breve caracterización del sistema territorial, especialmente de los principales elementos que vertebran el territorio (vías de comunicación y de transporte de energía o combustible). En relación a las vías de comunicación que unen las diferentes zonas, destacan las tres autovías que convergen en la capital: A-50 que une la capital con Madrid, la A-62 o Autovía de Castilla que une Francia con Portugal y la A-66 o Autovía de la Plata que une Sevilla con Galicia, con sus respectivas carreteras de rango nacional junto a estas (N-501, N-620 y N-630, respectivamente). Posteriormente aparecen carreteras de ámbito autonómico, que unen la capital con poblaciones con cierta entidad, o bien que son carreteras con elevada ocupación, como las que unen Salamanca con Alba de Tormes (CL-510), Tamames (CL-512) o Vitigudino (CL-517). Posteriormente encontramos las carreteras de ámbito provincial, siendo principales aquellas con mayor tránsito como las que unen la capital con Ledesma (SA-300), Fuentesauco (SA-605) o Cantalpino (SA-804), siendo mayoritarias las secundarias (DSA 106, 210, 310, 504, 610 y 611). También son de gran importancia otros elementos como el ferrocarril, los tendidos eléctricos y sistemas de conducción de combustibles. En el Mapa de Infraestructuras (Fig. 112), se representan los principales elementos vertebradores del territorio: las diferentes vías de comunicación (con su respectivo orden y numeración), la red principal de tendidos eléctricos, la red de ferrocarril, el gasoducto Salamanca-Cáceres y Salamanca-Zamora, y el oleoducto Valladolid-Salamanca.

Por último, para caracterizar completamente el sistema territorial es necesario realizar un estudio de los equipamientos y servicios del mismo. En el presente apartado, no se llevará a cabo tal análisis, pues realizar un estudio pormenorizado de los equipamientos y dotaciones que los distintos municipios y Administraciones ofrecen a la sociedad estaría fuera de contexto del presente estudio. No obstante, si puntualmente, por razones de planificación o evaluación ambiental, fuese necesaria la identificación de estos, se realizaría en el epígrafe correspondiente. Entre estos equipamientos y servicios cabe distinguir: redes de abastecimiento, saneamiento y depuración de aguas, pavimentación de viales, red de alumbrado público, recogida y gestión de residuos, comunicaciones (Internet, TDT, radio, cobertura móvil...), centros sanitarios, centros escolares, edificios administrativos, centros culturales y de ocio, cementerios y espacios públicos libres, como jardines o zonas deportivas.

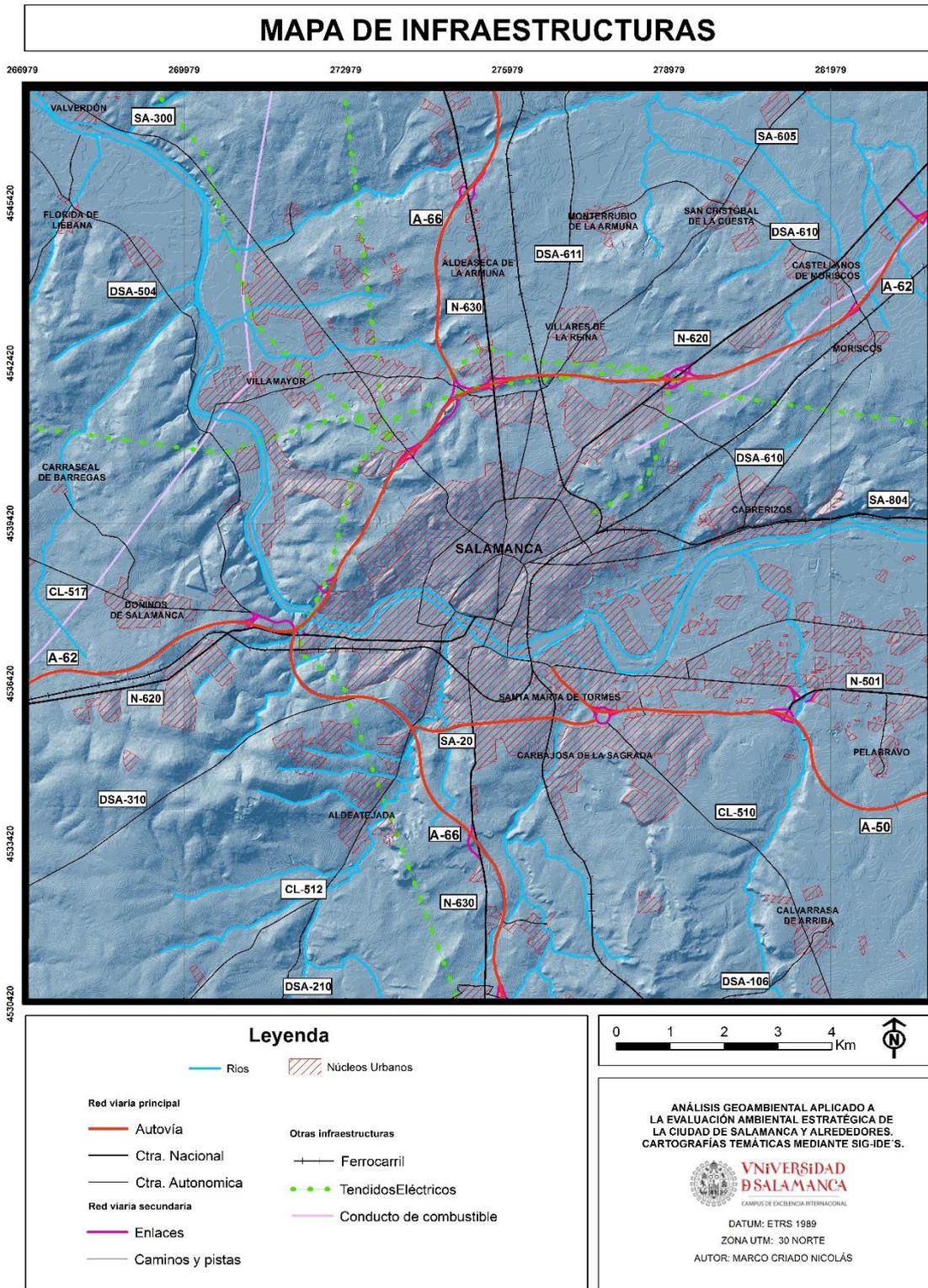


Figura 112. Mapa con las principales infraestructuras vertebradoras del territorio.

3.8.4. Análisis del sistema económico.

Para complementar los conocimientos relativos al estado de la población del sector se caracteriza la actividad económica de la población (INE, 2016). Para ello, se ha dividido a la población en grandes grupos, y por municipios, en función de su estado en relación

con la actividad económica: población ocupada (desempeña un trabajo), parada (buscan un empleo) e inactiva. Además, estos datos municipales se comparan con los arrojados para el conjunto del sector de estudio y de la provincia. Dentro de la población ocupada, se diferencia según el sector de actividad, y por su parte, a la población inactiva, en distintos grupos (pensionistas, estudiantes, incapacitados y otros). En primer lugar, se ha elaborado una tabla en la que se indica, para cada municipio, zona de estudio y provincia de Salamanca, el número de personas y porcentaje de la población, que se encuadran dentro de cada grupo de actividad estudiado (Tabla 33).

En relación con la población ocupada, se observa que los porcentajes con las personas empleadas de cada municipio varían notoriamente, oscilando entre el 35.5 % de Calvarrasa de Arriba y el 59.6% de Castellanos de Moriscos, siendo los valores más frecuentes aquellos cercanos al 40-45%. Sin embargo, la media de ocupación del sector de estudio en relación a su población total es sensiblemente más baja (39.5%), debido a la menor ocupación de la población de la ciudad de Salamanca (37.5 %) en relación con la mayoría de los municipios de su alfoz, siendo, no obstante, estos valores superiores a la media provincial (36.8%). Entonces, los menores valores de ocupación, pertenecen a la ciudad de Salamanca, y a los pequeños municipios del sector de estudio a los que apenas le llegan su influencia y que muestran poblaciones envejecidas (Calvarrasa, Florida de Liébana o Arapiles), a diferencia de los municipios con mayor porcentaje de trabajadores (Castellanos de Moriscos, Moriscos, Doñinos, Carrascal de Barregas, Carbajosa, Villamayor o Villares de la Reina), que cuentan con poblaciones más jóvenes y existencia de cierto tejido industrial asociado a los polígonos industriales, si bien la mayor empleabilidad en algunos de estos municipios también está relacionada con el hecho de que sirven de “municipios dormitorio”, en los que cierta parte de la población a pesar de residir en el municipio, desempeña su actividad laboral en un núcleo económico principal cercano (ciudad de Salamanca, en este caso).

En el lado opuesto, se encuentra la población demandante de empleo, esto es, los conocidos como desempleados o parados. Los datos de parados oscilan entre casi el 9% de Carrascal de Barregas y el más del 20 % de San Cristóbal de la Cuesta, arrojando el sector estudiado una media del 13.3 % de población parada, cifra muy similar a la de la ciudad de Salamanca (13.2%) y a la del conjunto de la provincia charra (13.6%).

Además, existe otro sector la población que debido a diferentes situaciones ni desempeña ni quiere desempeñar una actividad económica. Es la conocida como población inactiva, y forman parte de ella jubilados y pensionistas en general, estudiantes o incapacitados principalmente, si bien pueden existir otros motivos que en el presente documento se aglutinan en el mismo grupo, como puede ser, por ejemplo, desempeño de actividades del hogar.

Respecto a la población pensionista, se observa que los mayores porcentajes corresponden con los municipios de carácter más rural como Arapiles, Calvarrasa o Florida de Liébana y a la ciudad de Salamanca, que además cuentan con poblaciones envejecidas. Sin embargo, el resto de municipios muestran porcentajes claramente inferiores, no superando normalmente el 10-12%, especialmente en aquellos con poblaciones más jóvenes. Sin embargo, debido a la influencia de la capital, la media de pensionistas del sector de estudio sube hasta el 20 % de la población total, siendo a pesar de esto inferior a la media provincial (24.1%).

MUNICIPIO	TOTAL (hab)	OCUPADOS		PARADOS		INACTIVOS							
		Nº	%	Nº	%	Pensionistas		Estudiantes		Incapacitados		Otros	
						Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
ALDEATEJADA	1475	705	47.8	205	13.9	165	11.2	325	22.1	5	0.3	70	4.7
ARAPILES	610	240	39.3	60	9.8	145	23.8	100	16.4	10	1.6	50	8.1
CABRERIZOS	4050	1740	43.0	460	11.4	415	10.2	1155	28.5	40	1.0	240	5.9
CALVARRASA DE ARRIBA	605	215	35.5	110	18.2	125	20.7	90	14.9	5	0.7	55	9.0
CARBAJOSA DE LA SAGRADA	6470	3010	46.5	775	12.0	360	5.6	1815	28.1	85	1.3	430	6.5
CARRASCAL DE BARREGAS	1065	535	50.3	135	12.6	70	6.6	255	23.9	0	0.0	70	6.6
CASTELLANOS DE MORISCOS	1905	1135	59.6	240	12.6	130	6.8	320	16.8	20	1.0	60	3.2
CASTELLANOS DE VILLIQUERA	640	300	46.9	55	8.6	115	18.0	80	12.5	10	1.6	80	12.4
DOÑINOS DE SALAMANCA	1680	865	51.5	205	12.2	125	7.4	340	20.3	15	0.9	130	7.7
FLORIDA DE LIÉBANA	290	105	36.2	55	19.0	70	24.1	40	13.8	5	1.7	15	5.2
MONTEERRUBIO DE LA ARMUÑA	1295	630	48.6	185	14.3	65	5.0	365	28.2	5	0.4	45	3.5
MORISCOS	315	175	55.6	45	14.3	40	12.7	25	7.9	5	1.6	25	7.9
PELABRAVO	955	410	42.9	125	13.1	150	15.7	210	22.0	10	1.0	50	5.3
SAN CRISTÓBAL DE LA CUESTA	985	460	46.7	205	20.8	105	10.7	185	18.8	0	0.0	30	3.0
SALAMANCA	150680	56440	37.5	19820	13.2	35510	23.6	25855	17.2	1190	0.7	11865	7.8
SANTA MARTA DE TORMES	14490	6280	43.3	2125	14.7	1550	10.7	3505	24.2	80	0.6	950	6.5
VALVERDÓN	285	120	42.1	30	10.5	70	24.6	35	12.3	0	0.0	30	10.5
VILLAMAYOR DE LA ARMUÑA	6595	2985	45.3	855	13.0	580	8.8	1640	24.8	10	0.1	525	8.0
VILLARES DE LA REINA	6005	2720	45.3	910	15.2	515	8.5	1495	24.9	20	0.3	355	5.8
SECTOR DE ESTUDIO	200395	79070	39.5	26605	13.3	40305	20.1	37825	18.9	1515	0.7	15060	7.5
SALAMANCA (PROVINCIA)	346125	127430	36.8	47065	13.6	83220	24.1	56580	16.3	3490	1.0	28340	8.2

Tabla 33. Tabla de actividad de la población de los municipios del sector estudiado, área de estudio y de la provincia de Salamanca (INE, 2011).

Por otro lado, el sector que aglutina a la comunidad educativa presenta una alta parte de la población: supone el 19% de la población frente al poco más del 16 % de la media provincial. Entre municipios existen diferencias, como se comentó, relacionadas con la estructura de la población, llegando a representar este sector casi el 30% de la población en municipios como Cabrerizos, Carbajosa o Monterrubio.

Más inusual es encontrar a población que por diversas circunstancias no están capacitadas para desempeñar un trabajo, por lo que representan a un pequeño porcentaje de la población y que a veces es difícil determinar. En el área de estudio, las personas incapacitadas suponen el 0.7% de la población total, cifra similar a la media de la provincia (1%). En último lugar, se agrupan al resto de personas que por diversos factores no acceden al mercado laboral. En el área de estudio, se corresponde con el 7.5% de la población, en línea con la media de la provincia de Salamanca (8.2%).

Finalmente, para caracterizar a la población trabajadora, se ha dividido ésta en función de las principales ramas de ocupación: sector agroganadero, industria, construcción y sector servicios, y se ha determinado el porcentaje de trabajadores de cada municipio, sector y provincia empleados en cada uno (Tabla 34). El sector servicios aglutina a la mayor parte de la masa trabajadora, con una media del 84% en el sector estudiado, porcentaje sensiblemente mayor que la media provincial (73.5%), lo que demuestra una mayor concentración de servicios en la capital y alfoz. El sector industrial emplea al 7.5% de los trabajadores de la zona de estudio, frente al 10.5% de la provincia, similar a lo que ocurre con la construcción, con un 6.7% y 8.8% respectivamente. El sector agroganadero es de gran importancia en las zonas rurales, con mayores ocupaciones en estas zonas, pero que en el total del sector, debido a la elevada presencia del sector servicios, apenas emplea al 1.9% de la población, frente al 7.2% provincial.

MUNICIPIOS	TOTAL	SEC. AGRO-GANADERO		INDUSTRIA		CONSTRUCCIÓN		SERVICIOS	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
ALDEATEJADA	705	40	5.7	60	8.5	55	7.8	550	78.0
ARAPILES	240	35	14.6	25	10.4	10	4.1	175	72.9
CABRERIZOS	1740	20	1.1	125	7.2	120	6.9	1475	84.8
CALVARRASA	215	10	4.8	30	14.0	35	16.3	135	62.9
CARBAJOSA	3010	30	1.0	355	11.9	170	5.6	2450	81.5
CARRASCAL DE BARREGAS	535	20	3.7	50	9.3	35	6.5	430	80.5
CASTELLANOS DE MORISCOS	1135	30	2.6	110	9.7	55	4.9	940	82.8
CASTELLANOS DE VILLIQUERA	300	10	3.3	15	5.0	25	8.3	250	83.4
DOÑINOS	865	25	2.9	115	13.3	65	7.5	660	76.3
FLORIDA DE LIÉBANA	105	15	14.3	10	9.5	5	4.8	75	71.4
MONTERRUBIO	630	15	2.4	65	10.3	40	6.3	510	81.0
MORISCOS	175	15	8.6	15	8.6	10	5.7	135	77.1
PELABRAVO	410	20	4.9	35	8.5	65	15.9	290	70.7
SAN CRISTÓBAL	460	10	2.2	55	12.0	25	5.4	365	79.4
SALAMANCA	56440	1030	1.8	3780	6.7	3535	6.3	48090	85.2
SANTA MARTA	6280	75	1.2	545	8.7	575	9.1	5085	81.0
VALVERDÓN	120	10	8.3	25	20.8	15	12.5	70	58.4
VILLAMAYOR	2985	60	2.0	275	9.2	190	6.4	2460	82.4
VILLARES	2720	55	2.0	245	9.0	205	7.5	2215	81.5
SECTOR	79070	1530	1.9	5940	7.5	5235	6.7	66360	83.9
PROVINCIA	127430	9235	7.2	13370	10.5	11230	8.8	93595	73.5

Tabla 34. Sectores de ocupación de los trabajadores por municipio, sector y provincia (INE, 2011).

De una manera muy relacionada con la actividad económica de la población se encuentra el uso que se le da al suelo (Mapa de Uso del Suelo), pues es el soporte de gran parte de las mismas y es interesante conocer el mismo para realizar un diagnóstico ambiental y una planificación del territorio adecuada (Fig. 113).

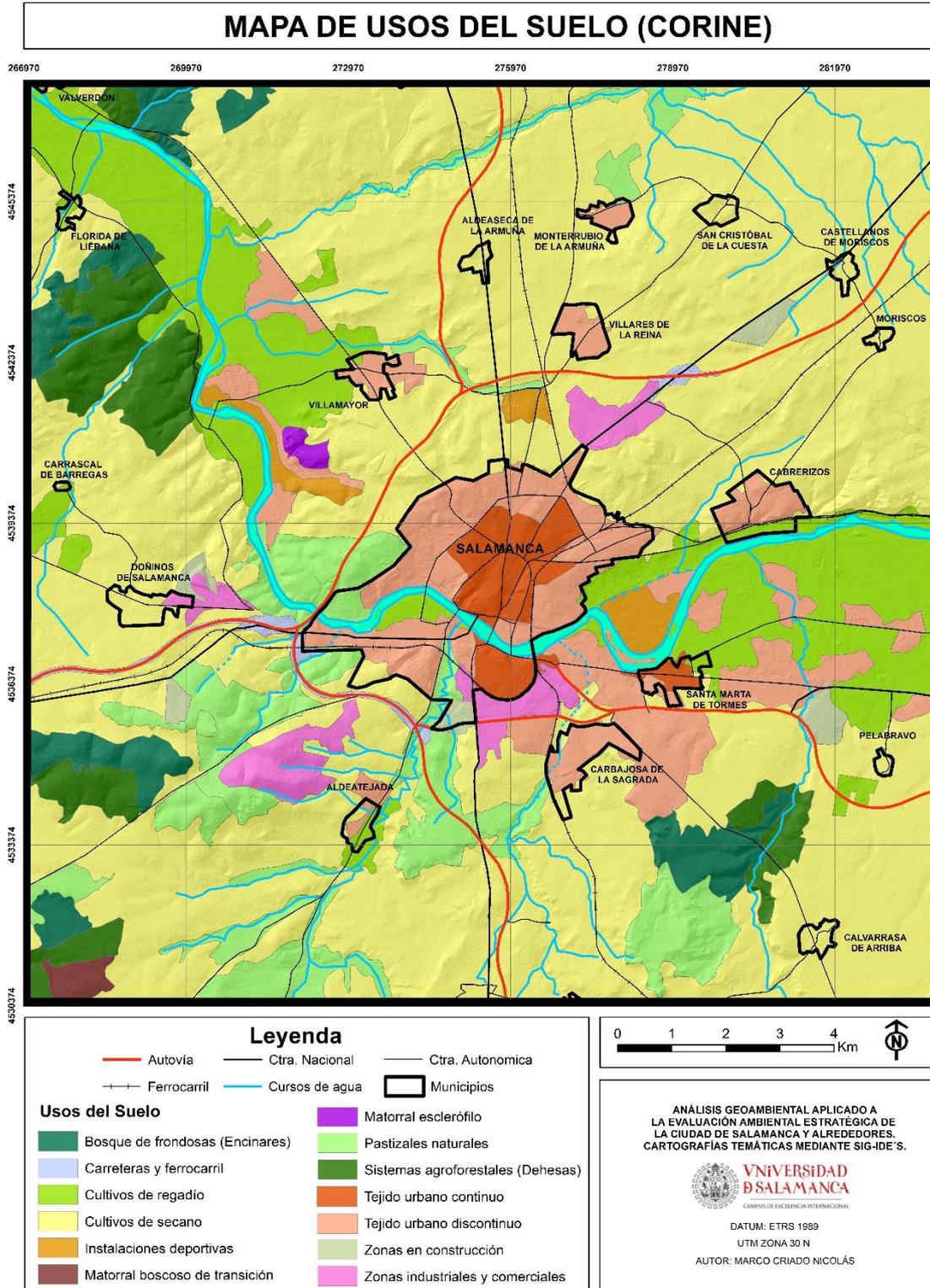


Figura 113. Mapa de Usos del Suelo del sector estudiado.

En el Mapa de Usos del Suelo, elaborado a partir del programa CORINE Land-Cover (Butter et al., 2000; IGN, 2016) se aprecia que la mayor parte del territorio está destinada a cultivos de secano, apareciendo los de regadíos en la ribera del Tormes. En menor medida, aparecen pastizales, encinares (adehesados o no) o zonas de matorral que normalmente presentan condiciones poco favorables para la agricultura, por lo que son destinadas a la ganadería extensiva. Resulta paradójico que el sector agroganadero sea el que ocupe gran parte de la extensión del sector de estudio y que, sin embargo, mantenga ocupado a un porcentaje tan pequeño de la población. Otra parte significativa del entorno está destinada al soporte del tejido urbano y de las infraestructuras. Por último, otros usos comunes del suelo, aunque con extensiones poco significativas, son los dedicados a la actividad industrial, comercial o de ocio (Fig. 114).



Figura 114. Algunos de los diferentes usos del suelo observados: A) Agricultura; B) Ganadería; C) Turístico-recreativo; D) Infraestructuras; E) Comercial y asentamientos humanos; F) Lúdico-Deportivo.

3.9. Patrimonio Natural

Este capítulo aglutina el análisis de los diferentes componentes que conforman el Patrimonio del sector estudiado. Forman parte de este el Patrimonio Geológico, el Biológico y todas las zonas de sensibilidad designadas para su protección, así como el Histórico, Artístico y Cultural. A continuación, se estudia cada uno de ellos.

3.9.1 Patrimonio Geológico.

Introducción

El Patrimonio Geológico aglutina a la diversidad de elementos, estructuras y materiales geológicos de una zona (geodiversidad) y puede definirse como el 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).

El Patrimonio Geológico, además de su valor intrínseco, que le hace tener una gran impronta en el paisaje, puede tener también valor científico, que en función de su naturaleza puede ser de tipo paleontológico, litológico, geomorfológico, estratigráfico, etc.; o valor social si posee un significado religioso, espiritual o educativo asociado. Con esto, es evidente que la geodiversidad tiene un papel importante en el territorio, y por tanto debe ser tenido en cuenta en la planificación del mismo. No obstante, el Patrimonio Geológico no ha sido muy considerado históricamente en la planificación y gestión territorial, centrándose además la mayor parte de los esfuerzos conservacionistas casi en exclusivo sobre el Patrimonio Biológico. Por ello, en este capítulo se elabora una lista con los elementos geológicos más significativos del área que nos ocupa, con el objetivo de poner en valor este recurso, fomentando su protección y conservación a través de un diagnóstico y valoración de los mismos, que servirá a las autoridades competentes de base para llevar a cabo una adecuada protección que evite su degradación a través de un uso sostenible, y para elaborar actividades educativas, culturales o turísticas que pongan en liza la geodiversidad de la zona (Urquí, 2007; Carcavilla et al, 2008).

Actualmente, se está produciendo una creciente valoración de este patrimonio, debido a sus múltiples valores: científico (la geología es el testigo de la evolución de la Tierra, por lo que su conservación es clave para el estudio de los distintos fenómenos acaecidos en la historia del planeta), educativo, social o económico (geoturismo). Así mismo, la sociedad muestra una creciente preocupación por la conservación de este recurso, demandando su conservación junto con la biodiversidad. En la relación geodiversidad-biodiversidad, debe tenerse en cuenta que la parte más frágil y vulnerable del binomio es la geodiversidad, debido a que se trata de un recurso no renovable, por lo que también deben dotarse de protección. Afortunadamente, gran parte de las áreas y zonas de mayor valor geológico, debido a sus cualidades y condiciones especiales, son zonas que han sido protegidas por su valor biótico, debido a que albergan una gran biodiversidad, pudiéndose añadir también al Patrimonio Geológico, por tanto, un valor ecológico (Carvajal & González, 2003, Urquí, 2007).

Metodología para la identificación y valoración de la Geodiversidad.

En primer lugar, se procede al establecimiento de los sectores que serán utilizados para la clasificación de los distintos componentes del Patrimonio Geológico, en función de su extensión y representatividad (Martínez-Graña, 2010). Estos sectores geológicos son clasificados, de menor a mayor extensión, como:

- **Puntos de Interés Geológico (PIG):** se trata de lugares concretos donde pueden observarse distintos fenómenos: afloramientos geológicos de interés, ambientes, formas, yacimientos paleontológicos, plegamientos o procesos geológicos claves en la historia geológica de la zona.
- **Lugar de Interés Geológico (LIG):** son zonas del territorio de cierta extensión en las cuales aparecen diferentes patrones regionales de tipo geológico que proporcionan información acerca de ambientes o procesos acaecidos, pudiéndose manifestar estos elementos en otros puntos la misma región, pero que por motivos de extensión u otros, no puedan ser agrupados como una unidad mayor. Pueden, sin embargo, contener diferentes PIGs en su extensión.
- **Área de Interés Geológico (AIG):** son sectores del territorio con amplia extensión que presentan afloramientos, procesos o elementos que ayuden a comprender la historia geológica de la región. Estas áreas de Interés Geológico suelen incluir en su extensión otras zonas de interés geológico (LIGs y PIGs).

Una vez que las diferentes categorías en las que los puntos de interés geológico han sido definidas, se deben identificar estas zonas y recopilar información acerca de ellas. Las zonas de interés geológico fueron identificadas en las campañas de campo unas, y otras fueron aportadas por expertos geólogos de diferentes especialidades y conocedores de la zona. Tras identificarse los elementos que componen el Patrimonio Geológico, se efectúan campañas de campo para estudiar con mayor detalle el estado de conservación, efectuar fotografías y toma de datos que ayuden al establecimiento de los parámetros de estudio.

Posteriormente, se realiza la lista con los diferentes puntos, lugares o áreas de importancia geológica, identificándose el interés de cada elemento (Geomorfológico, Estratigráfico, Mineralógico, Petrológico, Paleontológico, Estructural o Edafológico) y qué tipo de valor posee (científico, determinado por la importancia del elemento a nivel regional; o didáctico, si muestra claramente algún proceso, estructura, forma...; si bien estos pueden tener también interés turístico si tienen impronta en el paisaje). Todos estos datos son incluidos en una serie de fichas que se elaboran con el objetivo de caracterizar a los distintos puntos, lugares o áreas de interés. También se incluyen en ella la ubicación de los mismos, una breve descripción sobre la interpretación de la génesis del evento, los procesos identificados y cualquier aspecto de interés, la facilidad/dificultad de interpretación didáctica y visual, además de fotografías ilustrativas.

Por otro lado, se efectúa una valoración de los diferentes puntos de interés de acuerdo con una metodología indirecta propuesta por el Instituto Geológico y Minero de España, así como un análisis de la susceptibilidad a la degradación (S_D , relacionado con la fragilidad y vulnerabilidad) de cada PIG, determinándose a partir de los parámetros

estudiados anteriormente el riesgo de degradación de cada lugar y por tanto, la necesidad de protección de cada uno (García-Cortés et al., 2014). El cálculo del valor de cada punto se en función de su valor científico (V_C), didáctico (V_D) y turístico (V_T) a partir de la puntuación (de 1 a 4) de los distintos parámetros empleados y el peso relativo asignado a cada uno (0, 5, 10, 15, 20 ó 30), tal y como se aprecia en la tabla con la metodología propuesta (Tabla 35), siendo el valor científico, didáctico o turístico de cada punto el sumatorio de los diferentes parámetros, divididos entre 40. Para el cálculo de la susceptibilidad a la degradación, tanto natural (S_{DN}) como antrópica (S_{DA}), se sigue un procedimiento análogo al anterior (Tabla 36) en la que para la primera se toma directamente un valor en función de las características de cada punto, mientras que para la segunda se multiplica el valor por un peso relativo asignado. Por último, se analiza el riesgo de degradación (R_D) de cada PIG en función de si este puede ser debido a causas naturales (R_{DN}) o antrópicas (R_{DA}), obteniéndose a partir de estos el total. Para determinar la necesidad de conservación de cada punto (ejecutar medidas de geoconservación), se tiene en cuenta exclusivamente los riesgos de alteración antrópica del elemento (Tabla 37).

Con este procedimiento, se obtiene una lista de los elementos de interés geológico en función de su importancia, lo que es de gran ayuda a la hora efectuar acciones relacionadas con la planificación territorial y el uso del suelo, así como para efectuar medidas que prevengan su deterioro y fomenten sus valores, con el objetivo de promulgar el geoturismo, que junto al tradicional turismo relacionado con los patrimonios biológico e histórico-cultural, afiancen unos de los motores económicos de mayor importancia, especialmente en zonas rurales.

Descripción y valoración de la Geodiversidad.

En primer lugar, se enumeran los diferentes elementos considerados de interés geológico en el área estudiada (Tabla 38), los cuales son clasificados acorde a su extensión e interés, siéndoles asignados además un número de ficha. Posteriormente, se procede a la valoración de los mismos (Tabla 39), estimándose el valor geológico, didáctico y turístico de cada elemento. Después, se estima la vulnerabilidad/fragilidad (susceptibilidad de degradación) de cada punto (Tabla 40) y finalmente el riesgo de degradación de los mismos (Tabla 41) en función de lo cual se establecen o no medidas de geoconservación. Todo este procedimiento, de acuerdo con la metodología del IGME expuesta anteriormente. La descripción, fotografías y demás información relacionada con el punto, lugar o área de interés geológico se encuentran en su correspondiente ficha (Anexo 2).

CLASE VALOR	PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	VALORACIÓN				
			Aspectos de caracterización del parámetro			P.	V _C
INTRÍNSECO	Representatividad (R)	Informa sobre la cualidad del lugar para ilustrar adecuadamente las características del dominio	Poco útil como modelo para representar, aunque sea parcialmente, un rasgo o proceso	0	X30	X 5	X 0
			Útil como modelo para representar parcialmente un rasgo o proceso	1	X30	X 5	X 0
			Útil como modelo para representar, en su globalidad, un rasgo o proceso	2	X30	X 5	X 0
			Mejor ejemplo conocido, a nivel del dominio geológico, para representar un rasgo/proceso	4	X30	X 5	X 0
	Carácter de localidad tipo (T)	Informa sobre la cualidad del lugar como referencia estratigráfica, paleontológica, mineralógica, etc.	No cumple, por defecto, con estas tres siguientes premisas	0	X10	X 5	X 0
			Localidad de referencia regional	1	X10	X 5	X 0
			Localidad de referencia (metalogénica, petrológica, mineralógica, tectónica, estratigráfica, etc.) utilizada internacionalmente, o localidad tipo de fósiles, o biozonas de uso científico	2	X10	X 5	X 0
			Estratotipo aceptado por la IUGS o localidad tipo de la IMA	4	X10	X 5	X 0
	Grado de conocimiento científico del lugar (K)	Indica que la relevancia geológica e interés científico lo hacen objeto de publicaciones y estudios científicos	No existen trabajos publicados ni tesis doctorales sobre el lugar	0	X15	X 0	X 0
			Existen trabajos publicados y/o tesis doctorales sobre el lugar	1	X15	X 0	X 0
			Investigado por varios equipos científicos y objeto de tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas nacionales	2	X15	X 0	X 0
			Investigado por varios equipos científicos y objeto tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas internacionales	4	X15	X 0	X 0
	Estado de conservación (C)	Informa de la existencia de deterioro físico del rasgo	Fuertemente degradado / degradado: el lugar está prácticamente destruido o muy deteriorado	0	X10	X 5	X 0
			Alterado: con deterioros que impiden apreciar algunas características de interés	1	X10	X 5	X 0
			Favorable con alteraciones: algunos deterioros que no afectan determinadamente al valor o interés del LIG	2	X10	X 5	X 0
			Favorable: el LIG en cuestión se encuentra bien conservado, prácticamente íntegro	4	X10	X 5	X 0
	Condiciones de observación (O)	Indica la mayor o menor facilidad que ofrece el entorno para observar el rasgo	Con elementos que enmascaran fuertemente las características de interés	0	X10	X 5	X 5
			Con elementos que enmascaran el LIG e impiden apreciar algunas características de interés	1	X10	X 5	X 5
			Con algún elemento que no impiden observar el LIG en su integridad	2	X10	X 5	X 5
			Perfectamente observable prácticamente en su integridad con facilidad	4	X10	X 5	X 5
	Rareza (A)	Informa sobre la escasez de rasgos similares al descrito	Existen bastantes lugares similares en la región	0	X15	X 5	X 0
			Uno de los escasos ejemplos conocidos a nivel regional	1	X15	X 5	X 0
			Único ejemplo conocido a nivel regional	2	X15	X 5	X 0
			Único ejemplo conocido a nivel nacional (o internacional)	4	X15	X 5	X 0

	Diversidad (D)	Informa de la existencia de varios tipos de interés geológico en el mismo lugar	El LIG sólo presenta el tipo de interés principal	0	X10	X10	X 0
			El LIG presenta otro tipo de interés, además del principal, no relevante	1	X10	X10	X 0
			El LIG presenta 2 tipos de interés, además del principal, o uno sólo pero relevante	2	X10	X10	X 0
			El LIG presenta 3 o más tipos de interés, además del principal, o sólo dos más pero relevantes	4	X10	X10	X 0
	Espectacularidad o belleza (B)	Informa de la calidad visual del rasgo	No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	0	X 0	X 5	X20
			1) Amplitud de relieve alta o bien 2) cursos fluviales caudalosos/grandes láminas de agua (o hielo) o bien 3) variedad cromática notable. También fósiles y/o minerales vistosos	1	X 0	X 5	X20
			Existen 2-3 de las primeras características. También fósiles o minerales espectaculares	2	X 0	X 5	X20
			Coincidencia de las tres primeras características	4	X 0	X 5	X20
INTRÍNSECO Y DE USO	Contenido Didáctico (C_{DD})	Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la docencia o ya se utiliza para este fin.	No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	0	X 0	X20	X 0
			Ilustra contenidos curriculares universitarios	1	X 0	X20	X 0
			Ilustra contenidos curriculares de cualquier nivel del sistema educativo	2	X 0	X20	X 0
			Utilizado habitualmente en actividades didácticas de cualquier nivel del sistema educativo	4	X 0	X20	X 0
	Contenido Divulgativo (C_{DV})	Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la divulgación o ya se utiliza con este fin	No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	0	X 0	X 0	X15
			Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cierto nivel cultural	1	X 0	X 0	X15
			Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cualquier nivel cultural sobre la importancia o utilidad de la Geología	2	X 0	X 0	X15
			Está siendo utilizado habitualmente para actividades divulgativas	4	X 0	X 0	X15
	Potencialidad para hacer actividades turísticas y recreativas (P_{TR})	Ligado a la potencialidad de uso. Informa si el lugar cumple las condiciones para realizar actividades de ocio o si ya se realizan.	Sin posibilidades turísticas ni de realizar actividades recreativas	0	X 0	X 0	X 5
			Posibilidades turísticas o bien posibilidad de realizar actividades recreativas	1	X 0	X 0	X 5
			Posibilidades turísticas y posibilidad de realizar actividades recreativas	2	X 0	X 0	X 5
			Existen actividades organizadas	4	X 0	X 0	X 5
DE USO	Infraestructura logística (I_L)	Informa sobre la existencia de alojamientos y restaurantes	No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas	0	X 0	X15	X 5
			Alojamiento y restaurante para grupos de hasta 20 personas a menos de 25 km	1	X 0	X15	X 5
			Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 25 km	2	X 0	X15	X 5
			Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 5 km	4	X 0	X15	X 5

DE USO Y PROTECCIÓN	Entorno socioeconómico (E_S)	Informa sobre aspectos socioeconómicos de la comarca, que pueden favorecer la utilización del lugar como factor de desarrollo local	Comarca con índices de renta per cápita, educación y ocupación superiores a la media regional	0	X 0	X 0	X10	
			Lugar situado en comarca con índices de renta per cápita, educación y ocupación similares a la media regional pero inferiores a la media nacional	1	X 0	X 0	X10	
			Lugar situado en comarca con índices de renta per cápita, educación y ocupación inferiores a la media regional	2	X 0	X 0	X10	
			Lugar situado en comarca con declive socioeconómico	4	X 0	X 0	X10	
	Asociación con otros elementos del patrimonio natural, histórico o etnológico (NH)	Informa si el lugar goza de otros elementos de interés no geológico, lo cual puede atraer mayor número de visitantes	No existen elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km	0	X 0	X 5	X 5	
			Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km	1	X 0	X 5	X 5	
			Presencia de varios elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km	2	X 0	X 5	X 5	
			Presencia de varios elementos tanto del patrimonio natural como del cultural en radio de 5 km	4	X 0	X 5	X 5	
	Densidad de población (D_P)	Ligado con las visitas potenciales y la mayor posibilidad de vandalismo	Menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km	1	X 0	X 5	X 5	
			Entre 200.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km	2	X 0	X 5	X 5	
			Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km	4	X 0	X 5	X 5	
		Accesibilidad (A_C)	Supone una mayor facilidad para el acceso de visitantes pero también una mayor facilidad para los actos de vandalismo	No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas (carretera asfaltada sin posibilidad de aparcar, senda o camino, pista TT, barco, etc.)	0	X 0	X10	X10
				Acceso directo por pista sin asfaltar pero transitable por turismos	1	X 0	X10	X10
				Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para turismos	2	X 0	X10	X10
				Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para autocar	4	X 0	X10	X10
		Extensión del LIG (E)	Relacionado con la no fragilidad del elemento en relación con su extensión	Rasgos métricos (vulnerables por las visitas)	0	X 0	X 5	X15
Rasgos decamétricos (no vulnerable por visitas pero sensible a actividad antrópica agresiva)				1	X 0	X 5	X15	
Rasgos hectométricos (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas)				2	X 0	X 5	X15	
Rasgos kilométricos (difícilmente deteriorables por actividades humanas)				4	X 0	X 5	X15	
Cercanía a zonas recreativas (Z_R)		Relativo a la cercanía de áreas turísticas o de recreo Ligado con número de visitas potencial y mayor posibilidad de vandalismo	Lugar situado a más de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.)	0	X 0	X 0	X 5	
			Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas	1	X 0	X 0	X 5	
			Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa	2	X 0	X 0	X 5	
			Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa	4	X 0	X 0	X 5	
VALORES PIG		V_C = Σ_C/40	V_D = Σ_D/40	V_T = Σ_T/40	Σ_C	Σ_D	Σ_T	

Tabla 35. Metodología empleada para la valoración de los puntos de interés geológico identificados en el sector de estudio (García-Cortés et al., 2014).

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	ASPECTOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL PARÁMETRO	P.	Peso	Valor
Susceptibilidad de degradación natural (S_{DN})					
Factor tamaño del LIG (E_F)	Relacionado con la fragilidad del LIG en relación con su extensión	Rasgos métricos (vulnerables por la mera visita: espeleotemas, estructuras poco consolidadas...)	-	-	10/400
		Rasgos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas)	-	-	6/400
		Rasgos hectométricos (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas)	-	-	3/400
		Rasgos kilométricos (difícilmente deteriorables por actividades humanas)	-	-	1/400
Fragilidad (F)	Se relaciona con la vulnerabilidad del LIG según la litología que presente	Litologías muy resistentes (cuarcitas o similares), con escasa fracturación y sin meteorización	-	-	1
		Litologías resistentes o muy resistentes pero con elevada fracturación y/o meteorización	-	-	5
		Litologías blandas consolidadas, con escasa fracturación y/o meteorización	-	-	10
		Litologías no consolidadas, o consolidadas pero blandas y muy fracturadas y/o meteorizadas	-	-	20
Amenazas Naturales (A_N)	Se relaciona con la vulnerabilidad del LIG frente a la acción de procesos naturales	LIG no significativamente afectado por procesos naturales (geológicos o biológicos)	-	-	1
		LIG afectado por procesos naturales (geológicos o biológicos) de escasa relevancia	-	-	5
		LIG afectado por procesos naturales (geológicos o biológicos) de relevancia moderada	-	-	10
		LIG afectado por procesos naturales (geológicos o biológicos) de gran intensidad	-	-	20
Susceptibilidad de degradación antrópica (S_{DA})					
Titularidad del suelo y régimen de acceso (T_S)	Informa sobre el régimen de propiedad del lugar (privado o público) y el acceso libre o restringido	Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad pública	1	X 5	-
		Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad privada	2	X 5	-
		Lugar situado en áreas de acceso libre (propiedad pública o privada)	4	X 5	-
Interés para la explotación minera o hídrica (M)	Informa acerca de la vulnerabilidad del lugar por el interés que pueden tener para la explotación minera o hídrica	Sustancia sin interés o de escaso interés y sin explotaciones en la zona	0	X25	-
		Sustancia de escaso o moderado interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona	1	X25	-
		Sustancia de gran interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona	2	X25	-
		Sustancia de gran interés sin explotaciones alternativas en la zona (Ej: LIGs dependientes del agua)	4	X25	-
Vulnerabilidad al expolio (Ex)	Indica la vulnerabilidad del lugar por su valor paleontológico, mineralógico o patrimonial	No hay yacimiento paleontológico ni mineralógico o son de difícil expolio	0	X25	-
		Yacimiento paleontológico o mineralógico de escaso valor y fácil expolio	1	X25	-
		Yacimiento paleontológico o mineralógico de gran valor, con numerosos ejemplares y fácil expolio	2	X25	-
		Yacimiento paleontológico o mineralógico, con escasos ejemplares y fácil expolio	4	X25	-

Proximidad a activ. antrópicas (Urb)	Informa sobre la existencia de amenazas antrópicas, generalmente por infraestructuras	Lugar no amenazado	0	X15	-
		Lugar situado: < 100 m de una carretera principal; < 1 km de una actividad industrial/minera; < 2 km de suelo urbano en ciudades de menos de 100.000 habitantes; ó < 5 km en poblaciones mayores	1	X15	-
		Lugar: junto actividad industrial/minera; con suelo urbano no urbanizado; ó a < 25 m de carretera principal	2	X15	-
		Lugar situado en una explotación minera, en suelo urbano o en el borde de una carretera principal	4	X15	-
Accesibilidad (Ac)	Actos vandálicos o daños no intencionados tienen una probabilidad de ocurrencia mayor en LIGs de mejor accesibilidad	No cumple las 3 siguientes premisas (carretera sin aparcamiento, senda o camino, pista TT, tren, barco...)	0	X10	-
		Acceso directo por pista sin asfaltar pero transitable por turismos	1	X10	-
		Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para turismos	2	X10	-
		Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para autocar	4	X10	-
Protección física o indirecta (P_F)	Informa de las dificultades físicas de acceso al lugar	Lugar no fácilmente accesible	0	X 5	-
		Lugar situado en zonas de acceso prohibido y protegidas con vallas difícilmente franqueables.	1	X 5	-
		Lugar situado en zonas de acceso prohibido pero sin vallar o con vallas fácilmente franqueables	2	X 5	-
		Lugar carente de todo tipo de protección física o indirecta	4	X 5	-
Densidad de población (D_P)	Ligado a que la densidad de población aumenta la probabilidad de que ocurran actos vandálicos o daños no intencionados	Menos de 100.000 habitantes en un radio de 50 km	0	X 5	-
		Más de 100.000 pero menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km	1	X 5	-
		Entre 200.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km	2	X 5	-
		Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km	4	X 5	-
Proximidad a zonas recreativas (Z_R)	Indica la presencia de zonas de recreo/turísticas cerca del lugar. Necesidad de protección por mayor posibilidad de vandalismo	Lugar situado a más de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.)	0	X 5	-
		Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas	1	X 5	-
		Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa	2	X 5	-
		Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa	4	X 5	-
Régimen de protección del lugar (P)	Informa de la posible protección del lugar en función de su ubicación dentro o fuera de un área protegida	Lugar situado en parque nacional/natural, reserva natural u otra figura con plan de ordenación y guardería	1	X 5	-
		Lugar con figura de protección pero no sujeta a plan de ordenación y sin guardería. También bienes de interés cultural en razón a su contenido paleontológico / arqueológico	2	X 5	-
		Lugar situado en suelo rural preservado de su transformación mediante la urbanización, por la ordenación territorial y urbanística, o lugar carente de figura alguna de protección	4	X 5	-
$S_{DN} = E_F \times V_N = E_F \times F \times A_N$		$S_{DA} = E_F \times [25 \times (M + Ex) + 15 \times Urb + 10 \times Ac + 5 \times (P + P_F + T_S + D_P + Z_R)]$	$S_D = 1/2 (S_{DN} + S_{DA})$		

Tabla 36. Metodología para el análisis de la susceptibilidad de degradación (fragilidad-vulnerabilidad) de los PIG presentes en el sector estudiado (García-Cortés et al., 2014).

RIESGOS DE DEGRADACIÓN	FÓRMULA	NECESIDAD DE PROTECCIÓN		
Riesgo de degradación del valor científico por amenazas naturales (R_{DNC})	$R_{DNC} = 1/10 \cdot (V_C \times S_{DN})$	Se realiza teniendo en cuenta el riesgo de degradación por actividades antrópicas (R_{DA})		
Riesgo de degradación del valor didáctico por amenazas naturales (R_{DND})	$R_{DND} = 1/10 \cdot (V_D \times S_{DN})$			
Riesgo de degradación del valor turístico por amenazas naturales (R_{DNT})	$R_{DNT} = 1/10 \cdot (V_T \times S_{DN})$			
Riesgo de degradación del LIG por amenazas naturales (R_{DN})	$R_{DN} = \text{Max}(R_{DNC}, R_{DND}, R_{DNT})$	GEOCONSERVACIÓN		
Riesgo degradación del valor científico por amenazas antrópicas (R_{DAC})	$R_{DAC} = 1/10 \cdot (V_C \times S_{DA})$	Necesidad	Medidas	R_{DA}
Riesgo degradación del valor didáctico por amenazas antrópicas (R_{DAD})	$R_{DAD} = 1/10 \cdot (V_D \times S_{DA})$	Alta	Urgentes	$R_{DA} > 6.66$
Riesgo de degradación del valor turístico por amenazas antrópicas (R_{DAT})	$R_{DAT} = 1/10 \cdot (V_T \times S_{DA})$	Media	A corto plazo	$3.33 < R_{DA} < 6.66$
Riesgo de degradación del LIG por amenazas antrópicas (R_{DA})	$R_{DA} = \text{Max}(R_{DAC}, R_{DAD}, R_{DAT})$	Baja	Medio-largo plazo	$1 < R_{DA} < 3.33$
Riesgo de degradación del valor científico (R_{DC})	$R_{DC} = 1/10 \cdot (V_C \times S_D)$	Nula	Innecesarias	$R_{DA} < 1$
Riesgo de degradación del valor didáctico (R_{DD})	$R_{DD} = 1/10 \cdot (V_D \times S_D)$			
Riesgo de degradación del valor turístico (R_{DT})	$R_{DT} = 1/10 \cdot (V_T \times S_D)$			
Riesgo de degradación del LIG (R_D)	$R_D = \text{Max}(R_{DC}, R_{DD}, R_{DT})$			

Tabla 37. Metodología para la estimación del riesgo de degradación (Izq.) y de la necesidad de protección (Dcha.) de los PIGs del área de estudio (García-Cortés et al., 2014).

Denominación	Evento Geológico		Nº Ficha	Valor*
	Tipo	Interés		
Los Arapiles	LIG	Geomorfológico; Estructural; Estratigráfico	-	0.85
Arapil Chico	PIG			
Arapil Grande	PIG			
Escarpe de Cabrerizos	LIG	Geomorfológico; Paleontológico	3	0.40
Teso de La Flecha	PIG	Paleontológico	4	0.44
Fuente del Ángel	PIG	Estratigráfico	5	0.23
Afloramiento Aldealengua	PIG	Estratigráfico	6	0.28
Depresión de Monterrubio	LIG	Edafológico	7	0.34
Cueva de La Múchares	PIG	Petrológico; Estratigráfico	8	0.13
Cañón Fluvial de La Salud	PIG	Geomorfológico	9	0.28
Canteras de Villamayor	LIG	Petrológico	10	0.39
Escarpes de Calvarrasa	LIG	Geomorfológico; Estructural	11	0.75
Teso de Las Zorreras	PIG	Estratigráfico; Estructural	12	0.25
Los Montalvos	AIG	Geomorfológico; Estructural; Petrológico	13	0.39
Abanicos aluviales de Pelabravo	PIG	Estratigráfico	14	0.21
Cubeta de alteración de Carbajosa	PIG	Petrológico	15	0.24

Tabla 38. Sectores de interés geológico identificados en el sector de estudio. *Valor = $C \cdot [2 \cdot (A \cdot 0.3 + E \cdot 0.1 + D \cdot 0.25 + K \cdot 0.1 + R \cdot 0.25) + (Ac \cdot 0.3 + PTR \cdot 0.1 + O \cdot 0.22 + DP \cdot 0.13 + NH \cdot 0.25)] / 27$

ZONA DE INTERÉS	PARÁMETROS ESTUDIADOS (Tabla 35)																		VALORACIÓN		
	R	T	K	C	O	A	D	B	C _{DD}	C _{DV}	P _{TR}	I _L	E _S	N _H	D _P	A _C	E	Z _R	V _C	V _D	V _T
Arapil Chico	2	2	4	4	4	1	0	1	4	4	1	2	1	2	2	4	2	0	5.88	6.75	5.38
Arapil Grande	2	2	4	4	4	1	0	1	4	4	1	2	1	2	2	4	2	0	5.88	6.75	5.38
Escarpe de Cabrerizos	1	1	4	2	4	0	2	2	1	4	1	2	1	1	2	4	2	1	4.50	5.13	5.88
Teso La Flecha	2	1	4	2	4	0	2	2	1	4	1	2	1	1	2	4	2	1	5.25	5.25	5.88
Fuente del Ángel	1	0	1	2	1	0	0	2	1	1	1	2	1	1	2	4	2	0	1.88	3.75	4.25
Afloramiento Aldealengua	1	0	1	2	4	0	0	2	1	1	1	2	1	1	2	4	2	0	2.63	4.13	4.63
Depresión de Monterrubio	2	2	2	2	4	2	0	0	1	2	0	4	1	2	2	0	2	0	5.00	4.50	3.25
Cueva de La Múchares	2	0	2	1	2	1	0	1	1	2	0	4	1	2	2	0	1	4	3.38	3.75	3.63
Cañón Fluvial de La Salud	2	0	2	2	4	0	0	2	1	2	0	4	1	2	2	1	2	1	3.75	4.50	4.63
Canteras de Villamayor	1	1	4	2	4	1	0	0	4	4	1	4	1	2	2	4	2	1	4.38	6.86	5.25
Escarpes de Calvarrasa	2	1	4	4	4	1	1	2	1	4	1	2	1	1	2	1	2	0	5.88	4.63	5.00
Teso de Las Zorreras	1	0	2	2	4	0	1	1	1	1	0	2	1	2	2	0	2	0	3.25	3.50	3.13
Los Montalvos	2	1	2	2	2	0	1	2	1	4	1	2	1	2	2	4	4	0	3.75	4.88	6.38
Abanicos aluviales Pelabravo	1	0	1	2	4	0	0	0	1	1	0	4	1	1	2	1	2	0	2.63	3.86	3.00
Cubeta de Carbajosa	1	0	1	2	2	0	0	0	1	1	0	4	1	1	2	4	2	1	2.13	4.38	3.63

Tabla 39. Tabla con las puntuaciones otorgadas a cada zona de interés geológico en función de los parámetros evaluados, y valoración final resultante para cada elemento: científica (V_C), didáctica (V_D) y turística (V_T).

ZONA DE INTERÉS	PARÁMETROS ESTUDIADOS (Tabla 36)												SUSCEPTIBILIDAD DE DEGRADACIÓN		
	Susceptibilidad Degradación Natural (S _{DN})			Susceptibilidad Degradación Antrópica (S _{DA})									S _D		
	E _F	F	A _N	M	E _X	Urb	A _C	P	P _F	T _S	D _P	Z _R	S _{DN}	S _{DA}	S _D
Arapil Chico	3/400	5	1	0	1	1	4	2	4	5	2	0	0.04	1.09	0.56
Arapil Grande	3/400	5	1	0	1	1	4	2	4	5	2	0	0.04	1.09	0.56
Escarpe de Cabrerizos	3/400	5	5	0	2	1	4	2	4	5	2	1	0.19	1.31	0.75
T. La Flecha	3/400	5	5	0	2	1	4	2	4	5	2	1	0.19	1.31	0.75
Fuente del Ángel	3/400	5	5	1	1	1	4	4	1	1	2	0	0.19	1.09	0.64
Afloramiento Aldealengua	3/400	5	5	0	1	4	4	4	4	5	2	0	0.19	1.50	0.84
Depresión de Monterrubio	3/400	20	1	0	0	1	0	4	4	5	2	0	0.15	0.68	0.41
Cueva de La Múchares	6/400	1	1	0	0	4	0	4	1	5	2	4	0.02	2.10	1.06
Cañón Fluvial de La Salud	3/400	1	10	0	0	1	1	4	4	5	2	1	0.08	0.79	0.43
Canteras de Villamayor	3/400	10	1	2	0	4	4	4	1	1	2	1	0.08	1.46	0.77
Escarpes de Calvarrasa	3/400	5	5	0	0	0	1	4	4	5	2	0	0.19	0.64	0.41
Teso de Las Zorreras	3/400	5	1	0	0	1	0	4	4	5	2	0	0.04	0.68	0.36

Los Montalvos	1/400	1	1	0	0	1	4	4	4	5	2	0	0.01	0.33	0.16
Abanico aluvial Pelabravo	3/400	10	1	1	0	4	1	4	4	5	2	0	0.08	1.28	0.68
Cubeta de Carbajosa	3/400	10	1	0	0	1	4	4	4	5	2	1	0.08	1.01	0.54

Tabla 40. Puntuación obtenida por cada uno de los parámetros estudiados para el análisis de la susceptibilidad a la degradación, tanto natural (S_{DN}) como antrópica (S_{DA}), y valor total de la susceptibilidad de degradación (S_D) de cada elemento geológico.

ZONA DE INTERÉS	RIESGO DE DEGRADACIÓN (Tabla 37)												NECESIDAD DE GEOCONSERVACIÓN	
	Por causas naturales (R_{DN})				Por causas antrópicas (R_{DA})				Riesgos totales (R_D)				Necesidad	Medidas
	R_{DNC}	R_{DND}	R_{DNT}	R_{DN}	R_{DAC}	R_{DAD}	R_{DAT}	R_{DA}	R_{DC}	R_{DD}	R_{DT}	R_D		
Arapil Chico	0.02	0.03	0.02	0.03	0.64	0.73	0.58	0.73	0.33	0.38	0.30	0.38	Nula	Innecesarias
Arapil Grande	0.02	0.03	0.02	0.03	0.64	0.73	0.58	0.73	0.33	0.38	0.30	0.38	Nula	Innecesarias
Escarpe de Cabrerizos	0.08	0.10	0.11	0.11	0.59	0.67	0.77	0.77	0.34	0.38	0.44	0.38	Nula	Innecesarias
Teso de La Flecha	0.10	0.10	0.11	0.11	0.69	0.69	0.77	0.77	0.39	0.39	0.44	0.39	Nula	Innecesarias
Fuente del Ángel	0.04	0.07	0.08	0.08	0.20	0.41	0.46	0.46	0.12	0.24	0.27	0.27	Nula	Innecesarias
Afloramiento Aldealengua	0.05	0.08	0.09	0.09	0.39	0.62	0.69	0.69	0.22	0.35	0.39	0.39	Nula	Innecesarias
Depresión de Monterrubio	0.08	0.07	0.05	0.08	0.34	0.30	0.22	0.34	0.21	0.19	0.13	0.21	Nula	Innecesarias
Cueva de La Múchares	0.01	0.01	0.01	0.01	0.71	0.79	0.76	0.79	0.36	0.40	0.38	0.40	Nula	Innecesarias
Cañón Fluvial de La Salud	0.03	0.03	0.03	0.03	0.30	0.35	0.36	0.36	0.16	0.19	0.20	0.20	Nula	Innecesarias
Canteras de Villamayor	0.03	0.05	0.04	0.05	0.64	1.01	0.77	1.01	0.34	0.53	0.40	0.53	Baja	Medio plazo
Escarpes de Calvarrasa	0.11	0.09	0.09	0.11	0.37	0.29	0.32	0.37	0.24	0.19	0.21	0.24	Nula	Innecesarias
Teso de Las Zorreras	0.01	0.01	0.01	0.01	0.22	0.24	0.21	0.24	0.12	0.12	0.11	0.12	Nula	Innecesarias
Los Montalvos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.16	0.21	0.21	0.06	0.08	0.10	0.10	Nula	Innecesarias
Abanico aluvial Pelabravo	0.02	0.03	0.02	0.03	0.33	0.49	0.38	0.49	0.18	0.26	0.20	0.26	Nula	Innecesarias
Cubeta de Carbajosa	0.02	0.03	0.03	0.03	0.22	0.44	0.37	0.44	0.12	0.24	0.20	0.24	Nula	Innecesarias

Tabla 41. Estimación del riesgo de degradación de los distintos elementos de interés geológico y medidas de geoconservación sugeridas para garantizar su protección.

2.9.2. Patrimonio Biológico

El conjunto de seres vivos de un área determinada constituye el patrimonio biológico de la misma, normalmente formado por diferentes individuos, que se juntan en grupos y comunidades, ya sean de tipo faunístico ó botánico. Estos seres vivos, en función de sus características, tienen diferentes valores para la sociedad, como pueden ser económico, biológico o social. Teniendo en cuenta la variedad de especies que pueden existir en un determinado lugar, es obvio que no todas ellas posean el mismo valor. En base a esto, a continuación, se analizan los componentes del Patrimonio Biológico de mayor interés.

Puntos y Zonas de Interés Botánico (PIB y ZIB).

Como se comentó, según la base de datos ANTHOS, en el área de estudio se han identificado más de mil especies de flora. Su estudio, es inabarcable en el contexto de este trabajo, por lo que a efectos de Patrimonio, únicamente se considerarán como Puntos de Interés Botánico (PIB), bien a aquellos ejemplares reconocidos como árboles notables (únicamente recibe esta denominación la sequoia de la Universidad), o bien reconocidos como Zonas de Interés Botánico (ZIB), que son aquellos espacios donde han sido identificadas diferentes comunidades florísticas que conforman hábitats reconocidos por la Directiva 92/43/CEE como Hábitats de Interés Comunitario. Tras la identificación de los PIB y ZIB, se realiza la cartografía (Fig. 115).

Áreas de Interés Faunístico (AIF).

Debido a la movilidad que caracteriza a la mayor parte de especies faunísticas, es complicado establecer áreas concretas para valorarlas desde el punto de vista de patrimonio. Para dotar de protección a las zonas de mayor valor, se ha desarrollado diferente legislación que propiciaron la creación de distintas redes de espacios naturales protegidos. Además, con el objetivo de mejorar o conservar poblaciones de especies protegidas cuyo estado de conservación no es el óptimo, se crean planes de recuperación en los que se designan zonas críticas en las que se presupone actividad por parte de la especie en cuestión. En el área que nos ocupa, únicamente en el extremo noroeste existe una pequeña extensión designada como Red Natura 2000 (Valverdón) y no se han identificado espacios pertenecientes a planes de recuperación de especies protegidas.

Por otro lado, la alta incidencia humana en el sector estudiado, no favorece la presencia de especies faunísticas, por lo que normalmente habitan especies comunes, siendo rara o muy restringida la aparición de especies con mayor vulnerabilidad a la presencia humana. Como consecuencia de esta alta antropización del medio, las especies faunísticas se encuentran principalmente en los últimos reductos que conservan las características naturales del medio, o que muestran bajas alteraciones. Estas zonas de mayor interés faunístico están ligadas a cursos de agua, destacando la ribera del Tormes y los pastizales desarrollados en los diferentes valles de pequeños arroyos, o a las zonas con una orografía más abrupta, y que generalmente conservan una cubierta arbórea. No obstante, ligada a las zonas esteparias típicas de La Armuña, donde dominan cultivos en secano, aparece una interesante avifauna asociada que le confiere mayor diversidad a la zona. Para una mejor caracterización de la fauna identificada en la zona, se ha elaborado un listado con todas las especies de vertebrados presentes (Tabla 42) cuya información se obtuvo de la Base de Datos del Inventario Español de Especies Terrestres (MITECO, 2019).

ANFIBIOS		
<i>Alytes cisternasii</i>	<i>Hyla arborea</i>	<i>Pleurodeles waltl</i>
<i>Alytes obstetricans</i>	<i>Lissotriton boscai</i>	<i>Salamandra salamandra</i>
<i>Bufo calamita</i>	<i>Pelobates cultripes</i>	<i>Triturus marmoratus</i>
<i>Discoglossus galganoi</i>	<i>Pelophylax perezii</i>	
AVES		
<i>Accipiter gentilis</i>	<i>Cyanopica cyana</i>	<i>Otis tarda</i>
<i>Accipiter nisus</i>	<i>Delichon urbicum</i>	<i>Otus scops</i>
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	<i>Dendrocopos major</i>	<i>Parus caeruleus</i>
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	<i>Dendrocopos minor</i>	<i>Parus major</i>
<i>Actitis hypoleucos</i>	<i>Elanus caeruleus</i>	<i>Passer domesticus</i>
<i>Aegithalos caudatus</i>	<i>Emberiza calandra</i>	<i>Passer montanus</i>
<i>Alauda arvensis</i>	<i>Emberiza cirulus</i>	<i>Petronia petronia</i>
<i>Anthus campestris</i>	<i>Emberiza citrinella</i>	<i>Phoenicurus ochruros</i>
<i>Alcedo atthis</i>	<i>Erithacus rubecula</i>	<i>Phylloscopus bonelli</i>
<i>Alectoris rufa</i>	<i>Falco naumanni</i>	<i>Phylloscopus collybita/ibericus</i>
<i>Anas platyrhynchos</i>	<i>Falco peregrinus</i>	<i>Phylloscopus ibericus</i>
<i>Apus apus</i>	<i>Falco subbuteo</i>	<i>Pica pica</i>
<i>Apus melba</i>	<i>Falco tinnunculus</i>	<i>Picus viridis</i>
<i>Ardea cinerea</i>	<i>Ficedula hypoleuca</i>	<i>Psittacula krameri</i>
<i>Ardea purpurea</i>	<i>Fringilla coelebs</i>	<i>Pterocles alchata</i>
<i>Asio flammeus</i>	<i>Fulica atra</i>	<i>Pterocles orientalis</i>
<i>Asio otus</i>	<i>Galerida cristata</i>	<i>Rallus aquaticus</i>
<i>Athene noctua</i>	<i>Galerida theklae</i>	<i>Remiz pendulinus</i>
<i>Burhinus oedicephalus</i>	<i>Gallinula chloropus</i>	<i>Riparia riparia</i>
<i>Buteo buteo</i>	<i>Garrulus glandarius</i>	<i>Saxicola torquatus</i>
<i>Calandrella brachydactyla</i>	<i>Hieraaetus pennatus</i>	<i>Serinus serinus</i>
<i>Caprimulgus europaeus</i>	<i>Himantopus himantopus</i>	<i>Sitta europaea</i>
<i>Caprimulgus ruficollis</i>	<i>Hippolais polyglotta</i>	<i>Streptopelia decaocto</i>
<i>Carduelis cannabina</i>	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Streptopelia turtur</i>
<i>Carduelis carduelis</i>	<i>Ixobrychus minutus</i>	<i>Strix aluco</i>
<i>Carduelis chloris</i>	<i>Lanius excubitor</i>	<i>Sturnus unicolor</i>
<i>Certhia brachydactyla</i>	<i>Lanius senator</i>	<i>Sylvia atricapilla</i>
<i>Cettia cetti</i>	<i>Lullula arborea</i>	<i>Sylvia borin</i>
<i>Charadrius dubius</i>	<i>Luscinia megarhynchos</i>	<i>Sylvia cantillans</i>
<i>Ciconia ciconia</i>	<i>Melanocorypha calandra</i>	<i>Sylvia communis</i>
<i>Circus cyaneus</i>	<i>Merops apiaster</i>	<i>Sylvia hortensis</i>
<i>Circus pygargus</i>	<i>Milvus migrans</i>	<i>Sylvia melanocephala</i>
<i>Cisticola juncidis</i>	<i>Milvus milvus</i>	<i>Sylvia undata</i>
<i>Clamator glandarius</i>	<i>Motacilla alba</i>	<i>Tachybaptus ruficollis</i>
<i>Columba livia/domestica</i>	<i>Motacilla flava</i>	<i>Tetrax tetrax</i>
<i>Columba palumbus</i>	<i>Muscicapa striata</i>	<i>Troglodytes troglodytes</i>
<i>Corvus corax</i>	<i>Myiopsitta monachus</i>	<i>Turdus merula</i>
<i>Corvus corone</i>	<i>Nycticorax nycticorax</i>	<i>Turdus viscivorus</i>
<i>Corvus monedula</i>	<i>Oenanthe hispanica</i>	<i>Tyto alba</i>
<i>Coturnix coturnix</i>	<i>Oenanthe oenanthe</i>	<i>Upupa epops</i>
<i>Cuculus canorus</i>	<i>Oriolus oriolus</i>	<i>Vanellus vanellus</i>
MAMÍFEROS		
<i>Apodemus sylvaticus</i>	<i>Microtus arvalis</i>	<i>Pipistrellus kuhlii</i>
<i>Arvicola sapidus</i>	<i>Microtus duodecimcostatus</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>
<i>Canis lupus</i>	<i>Microtus lusitanicus</i>	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>
<i>Crocodyrus russula</i>	<i>Mus musculus</i>	<i>Plecotus austriacus</i>
<i>Eliomys quercinus</i>	<i>Mus spretus</i>	<i>Rattus norvegicus</i>
<i>Eptesicus serotinus</i>	<i>Mustela nivalis</i>	<i>Rattus rattus</i>
<i>Erinaceus europaeus</i>	<i>Mustela putorius</i>	<i>Sus scrofa</i>
<i>Felis silvestris</i>	<i>Myotis blythii</i>	<i>Tadarida teniotis</i>
<i>Genetta genetta</i>	<i>Myotis daubentonii</i>	<i>Talpa occidentalis</i>
<i>Lepus granatensis</i>	<i>Myotis myotis</i>	<i>Vulpes vulpes</i>
<i>Lutra lutra</i>	<i>Neovison vison</i>	
<i>Martes foina</i>	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	
PECES		
<i>Alburnus alburnus</i>	<i>Chondrostoma duriense</i>	<i>Gobio lozanoi</i>
<i>Barbus bocagei</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Gambusia holbrooki</i>
<i>Carassius auratus</i>	<i>Esox lucius</i>	<i>Lepomis gibbosus</i>

REPTILES		
<i>Acanthodactylus erythrurus</i>	<i>Lacerta lepida</i>	<i>Psammodromus algeris</i>
<i>Blanus cinereus</i>	<i>Malpolon monspessulanus</i>	<i>Psammodromus hispanicus</i>
<i>Coronella girondica</i>	<i>Mauremys leprosa</i>	<i>Rhinechis scalaris</i>
<i>Chalcides striatus</i>	<i>Natrix maura</i>	<i>Tarentola mauritanica</i>
<i>Emys orbicularis</i>	<i>Podarcis hispanica</i>	<i>Timon lepidus</i>

Tabla 42. Especies de fauna vertebrada identificadas en el sector según el Inventario Español de Especies Terrestres (MITECO, 2019).

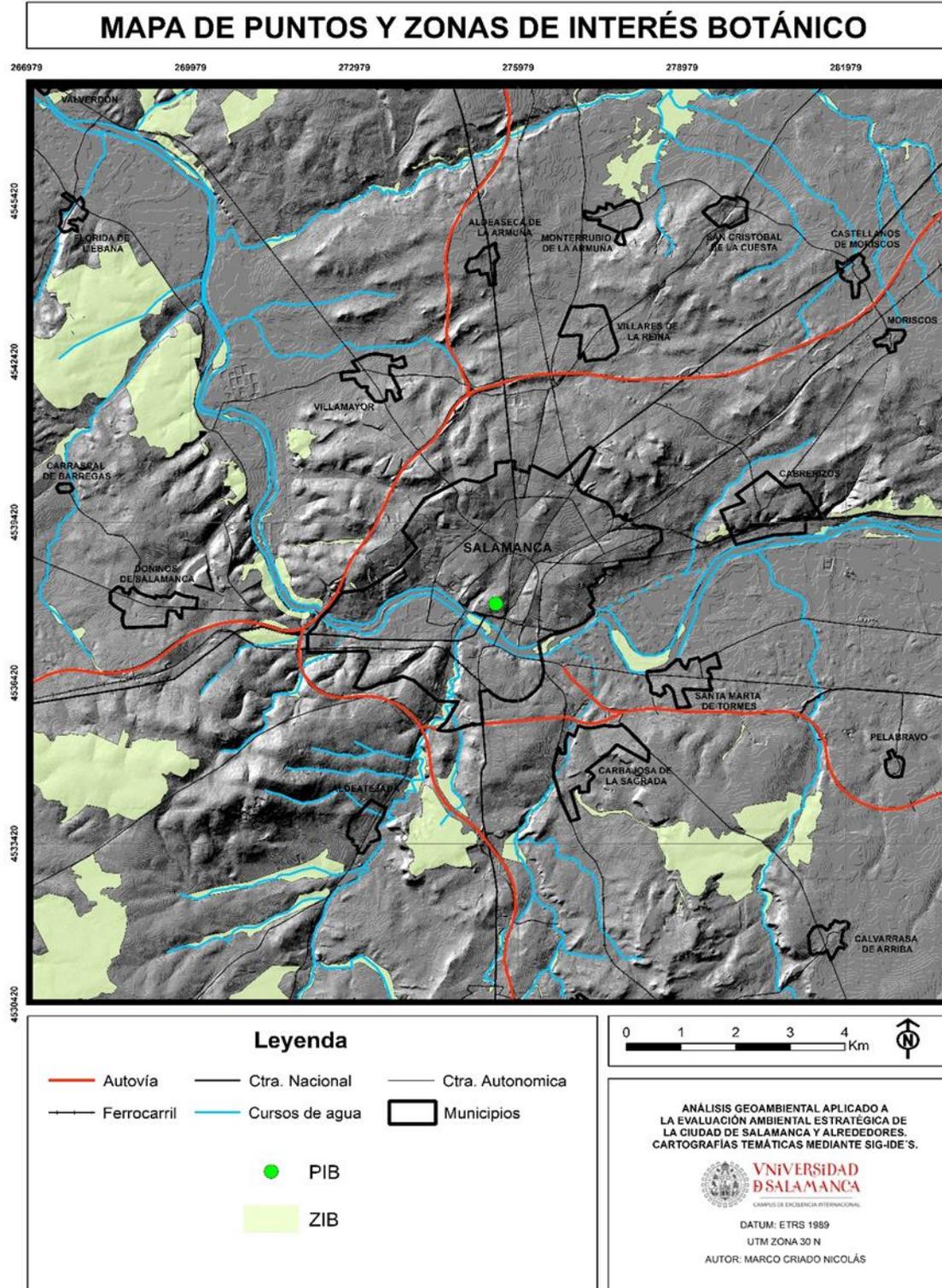


Figura 115. Cartografía representativa de las zonas de interés botánico.

3.9.3. Patrimonio Ecológico.

El patrimonio ecológico incluye las áreas de sensibilidad ecológica. Son aquellas zonas que debido a sus valores naturales intrínsecos o a la fragilidad de los equilibrios ecológicos que alberga, muestran una alta sensibilidad cuando sobre ellas actúan factores externos de deterioro o de ruptura del equilibrio. Con el objetivo de dotar de conservación a estas zonas, se ha elaborado gran cantidad de legislación tanto a nivel nacional como internacional, en la cual aparecen diferentes figuras de protección.

Áreas Naturales Protegidas por Instrumentos Internacionales.

La Ley 42/2007 considera áreas naturales protegidas por instrumentos internacionales a aquellos espacios que hayan sido formalmente designados conforme a lo establecido en los Convenios o Acuerdos internacionales en los que España sea parte. El régimen de protección de estos espacios es el establecido en los respectivos Acuerdos y Convenios, y pasan a formar parte del Inventario Español de Espacios Naturales Protegidos. Entre estas zonas protegidas se encuentran: Humedales de Importancia Internacional (Convenio de Ramsar); sitios naturales de la Lista de Patrimonio Mundial (Convección sobre la Protección de Patrimonio Mundial, Cultural y Natural); áreas para la protección del medio ambiente marino del Atlántico nordeste (Convenio OSPAR), Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo (Convenio ZEPIM); Geoparques y Reservas de la Biosfera (Declarados por la UNESCO); y Reservas biogenéticas (Declaradas por el Consejo de Europa). Si bien en la provincia de Salamanca encontramos distintas zonas bajo figuras de protección internacional, el área de estudio no contiene ninguna debido al elevado estado de alteración de la misma.

Red Natura 2000

A nivel europeo, la Comisión Europea se ha mostrado muy activa y concienciada con la conservación del medio y de los diferentes organismos que en él habitan, promoviendo diferentes directivas que culminaron con la creación de la Red Natura 2000. Ésta, es una red ecológica europea de espacios protegidos cuyo objetivo es la conservación de la biodiversidad y asegurar a largo plazo la supervivencia de las especies y hábitat de Europa. Red Natura 2000 se compone de: 1- Zonas Especiales de Conservación (ZEC), antiguos Lugares de Interés Comunitario (LIC); y 2- Zonas de Especial Conservación para las aves (ZEPA); espacios designados en virtud de la Directiva 92/43/CEE, de Hábitat, y de la Directiva 2009/147/CE, de Aves, respectivamente. No obstante, la propuesta y declaración para delimitar estas zonas corresponde a las autonomías (excepto los presentes en aguas marinas de soberanía nacional) (Toribio, 1999). En la Provincia de Salamanca, hasta 13 espacios están declarados como ZEC, y otros 11 como ZEPA. Sin embargo, en el área de estudio solamente en el cuadrante noroccidental aparece una pequeña porción del terreno bajo la protección de Red Natura 2000, en el entorno de Valverdón, y se corresponde con la Zona de Especial Conservación denominada “Riberas del río Tormes y afluentes” (Fig. 116). A pesar de que a lo largo del Tormes se han identificado Hábitats de Interés Comunitario (HIC), de carácter Prioritario (HIC*), lo que conllevaría la delimitación de estas zonas como ZEC, esto no se ha producido debido a la alteración y mal estado de conservación que, en general, posee la ribera del Tormes (por ello, el tramo comprendido entre las localidades de Huerta y de Valverdón no cuenta con esta protección). Sin embargo, no puede obviarse el papel de estas áreas en la conservación de la biodiversidad a escala local.

Espacios Naturales Protegidos (ENP).

Los espacios del territorio nacional, aguas continentales y las marítimas bajo soberanía nacional pueden ser declaradas, según La Ley 42/2007, como ENP si tienen una de las siguientes finalidades: contener sistemas o elementos naturales representativos, singulares, frágiles, amenazados o de especial interés ecológico, científico, paisajístico, geológico o educativo; ó estar dedicados especialmente a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, de la geodiversidad y de los recursos naturales y culturales. Por otro lado, dependiendo de las características de los bienes y valores a proteger, y de los objetivos de gestión a cumplir, los ENP se clasifican, a nivel estatal, en categorías: Parques Nacionales, Reservas Naturales, Áreas Marinas Protegidas, Monumentos Naturales y Paisajes Protegidos (BOE, 2007). No obstante, la mayoría de las Comunidades Autónomas ha desarrollado su propia legislación relativa a estos espacios protegidos, existiendo actualmente en España más de 40 denominaciones diferentes que designan a ENP. En el caso de Castilla y León, además de las figuras de protección antes comentadas, contenidas en la Ley 42/2007, completan la Red de Áreas Naturales Protegidas de Castilla y León (RANP) los espacios declarados como Parques Regionales y Parques Naturales, de acuerdo con la Ley 4/2015, del Patrimonio Natural de Castilla y León (BOCyL, 2015). En el sector estudiado, no se encuentra presente ningún espacio protegido por alguna de estas figuras.

Red de Zonas Naturales de Interés Especial

La Comunidad de Castilla y León, con el objetivo de maximizar la protección del Patrimonio Natural, crea la Red de Zonas Naturales de Interés Especial que aglutina a otros elementos del territorio con importancia significativa. La Ley 4/2015, del Patrimonio Natural de Castilla y León, establece que esta red se compone de elementos del territorio incluidos en diferentes categorías: montes catalogados de utilidad pública, los montes protectores, zonas húmedas de interés especial, vías pecuarias de interés especial, zonas naturales de esparcimiento, microrreservas de flora y fauna, árboles notables o lugares geológicos o paleontológicos de interés especial.

En relación con los Montes de Utilidad Pública (MUP), aparece uno declarado como tal en la zona de estudio, el MUP 114 “La Aldehuela de los Guzmanes”, perteneciente al Ayuntamiento de Salamanca, pero situado en Cabrerizos. El monte cuenta con una extensión de 15.17 ha. en la que las choperas (*Populus sp.*) conforman la vegetación dominante. Existe además en el sector que nos ocupa, un ejemplar declarado como árbol notable. Se trata de la Sequoia de la Universidad de Salamanca, perteneciente a la especie *Sequoia sempervirens*, localizada en el claustro de la misma (Fig. 117).

Por otro lado, la zona de estudio debido a la presencia de Salamanca, capital provincial, hace que sea un lugar estratégico de nexo entre diferentes vías de comunicación tradicionales, por lo que existe una gran presencia de vías pecuarias en la zona, las cuales se estudiarán en el apartado de Patrimonio Cultural.

Finalmente, respecto a las microrreservas de flora y fauna, no existe ninguna declarada. No obstante, existe un proyecto para la declaración de una microrreserva de flora en los pastos subhalófilos que se desarrollan sobre los suelos arcillosos de la Depresión de Monterrubio, en el paraje conocido como el “Prado de Las Abuelas”. Tampoco se han identificado en el sector zonas húmedas catalogadas y zonas naturales de esparcimiento.

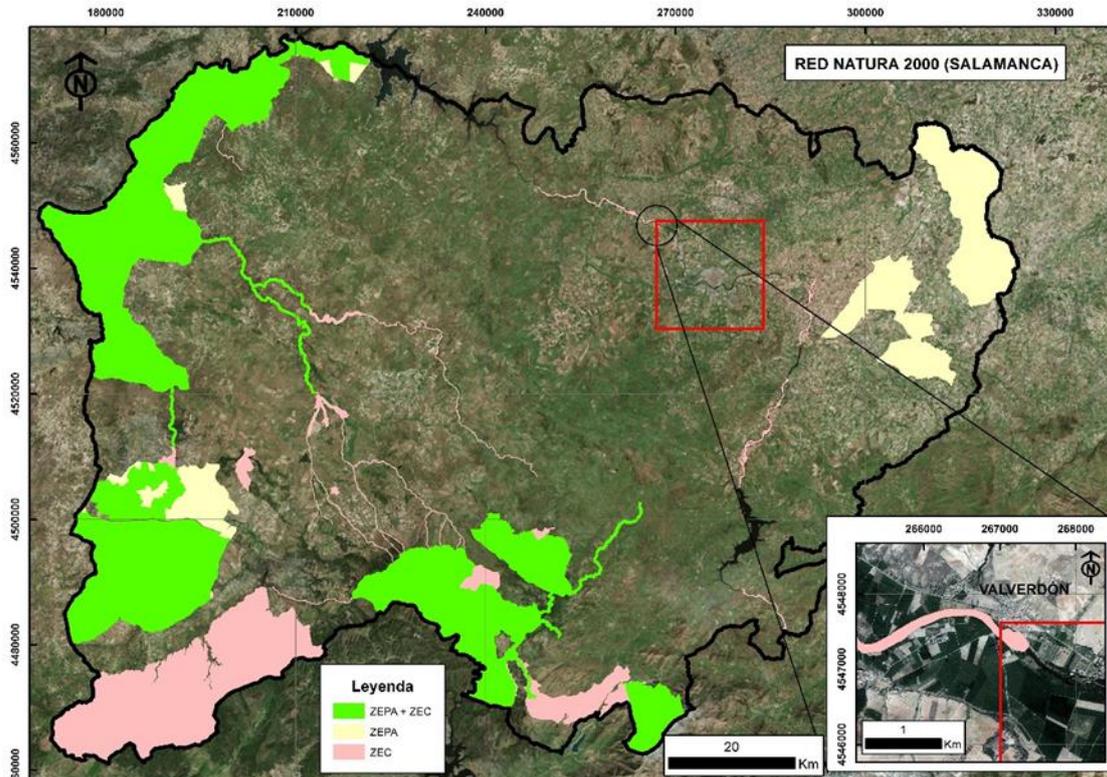


Figura 116. Cartografía con la distribución de la Red Natura 2000 en la provincia salmantina.



Figura 117. A) y B) MUP nº 114 “Aldehuela de los Guzmanes”; C) Sequoia de la Universidad.

3.9.4. Patrimonio Histórico, Artístico y Cultural.

Para asignar correctamente los usos adecuados para cada suelo durante las labores de planificación, es también importante tener identificados a todos aquellos elementos que componen el Patrimonio Cultural de la zona, a fin de preservarlos debido al valor que contienen, ya sea histórico, artístico, cultural o de cualquier otro tipo. Para tal fin, se elabora un inventario de los diferentes componentes del Patrimonio Cultural, así como la correspondiente cartografía temática en la que se muestra su ubicación. En la Comunidad de Castilla y León la legislación vigente en materia de Patrimonio Cultural, es la Ley 12/2002 de Patrimonio Cultural de Castilla y León (BOCyL, 2002). Según la misma (Art. 1.2), componen el Patrimonio Cultural de la región “los bienes muebles e inmuebles de interés artístico, histórico, arquitectónico, paleontológico, arqueológico, etnológico, científico o técnico (...), el patrimonio documental, bibliográfico y

lingüístico, así como las actividades y el patrimonio inmaterial de la cultura popular y tradicional”. De acuerdo a esto, existen tres regímenes de protección:

- **Bienes de Interés Cultural (BIC):** bienes muebles e inmuebles y actividades integrantes del patrimonio cultural de Castilla y León que reúnan de forma singular y relevante las características, las cualidades y los valores representativos del patrimonio cultural y sean declarados expresamente mediante un procedimiento y resolución administrativa con esta figura de protección. Podrán ser declarados como BIC (máxima protección) los bienes con categoría: monumento, jardín histórico, conjunto histórico, sitio histórico, zona arqueológica, conjunto etnológico y vía histórica. Además, serán considerados también como Bien de Interés Cultural, los bienes referidos a los Decretos: Decreto de 22 de abril de 1949, referido a todos los Castillos de España, independientemente de su estado de ruina; Decreto de 14 de abril de 1963, sobre escudos, emblemas, piedras heráldicas, rollos de justicia, cruces de término y demás piezas de análoga índole, con antigüedad superior a cien años; y a los bienes declarados como tal por Ministerio de la Ley (cuevas, abrigos y lugares que contengan manifestaciones de Arte Rupestre y los inmuebles destinados a la instalación de Archivos, Bibliotecas y Museos de titularidad estatal.
- **Bienes incluidos en el Inventario de Bienes del Patrimonio Cultural de CyL:** bienes muebles e inmuebles del Patrimonio Cultural, de forma individual o formando parte de una colección de bienes, que sin llegar a ser declarados de interés cultural merezcan especial consideración por su notable valor histórico y cultural.
- **Bienes integrantes del Patrimonio Cultural de Castilla y León:** conjunto de bienes muebles e inmuebles del patrimonio cultural de Castilla y León que sin reunir de forma singular y relevante las características, cualidades y valores de los más destacados, forman parte de las creaciones históricas y culturales.

Bienes de Interés Cultural.

A continuación, se enumeran (Tabla 43) y se representan los diferentes BIC presentes en el área de estudio que han sido declarados por la Consejería competente, a fin de tenerlos en cuenta en las labores de planificación. La mayor parte de estos bienes (entre los que puede destacarse la Plaza Mayor, las Catedrales, el Puente Romano, la Universidad o la Casa de Las Conchas) (Fig. 118), se concentran en el casco antiguo de la ciudad de Salamanca, por ello, está reconocido como Patrimonio Mundial por la UNESCO. En el resto del área, apenas se distinguen cuatro bienes (Fig. 119).

Yacimientos arqueológicos.

El Patrimonio Arqueológico de un lugar se compone de los vestigios presentes en este que indiquen actividad humana en el pasado, como pueden ser utensilios, herramientas, elementos estructurales... En las labores de planificación del territorio, es importante conocer la ubicación de los mismos, con el objetivo de dotar a estas zonas de protección. Por ello, se procedió a la identificación de los yacimientos arqueológicos de los distintos municipios atendiendo a los estudios arqueológicos realizados en los mismos con motivo de la elaboración de sus correspondientes normativas urbanísticas

(JCyL, 2018), y cuya relación se expone a continuación (Tabla 44). Además, se ha cartografiado la localización aproximada de los diferentes yacimientos arqueológicos presentes en el sector de estudio (Fig. 120).

	Bien de Interés Cultural	Ubicación
1	Conjunto Histórico Calzada de la Plata en Salamanca (Ruta de la Plata)	Castellanos Villiquera, Villares R, Salamanca y Aldeatejada
2	Conjunto Histórico del Barrio Catedralicio o Viejo	Salamanca
3	Monumento Casa de Doña María “La Brava”	Salamanca
4	Monumento Casa de la Salina	Salamanca
5	Monumento Casa de las Conchas	Salamanca
6	Monumento Fachada de la Casa de las Muertes	Salamanca
7	Monumento Casa de Abarca o Abarca-Maldonado	Salamanca
8	Monumento Casa de Santa Teresa	Salamanca
9	Catedral Nueva de la Asunción de la Virgen	Salamanca
10	Monumento Catedral Vieja de Santa María	Salamanca
11	Monumento Colegio de los Irlandeses	Salamanca
12	Monumento Colegio Real de la Compañía de Jesús	Salamanca
13	Col. S. Bartolomé-Palacio Anaya, Hospedería S. Sebastián	Salamanca
14	Monumento Convento de los Capuchinos	Salamanca
15	Monumento Convento de Santa Clara	Salamanca
16	Monumento Convento de Santa María de la Vega	Salamanca
17	Monumento Convento de Santa María de las Dueñas	Salamanca
18	Monumento Convento de Santa Úrsula	Salamanca
19	Monumento Edificio de la Universidad	Salamanca
20	Monumento Edificio del Colegio de Calatrava	Salamanca
21	Monumento Escuelas Menores	Salamanca
22	Monumento Fachada del Palacio de Figueroa, Casino	Salamanca
23	Monumento Fachada del Palacio de Garcigrande	Salamanca
24	Monumento Iglesia-Convento de San Esteban	Salamanca
25	Monumento Iglesia de la Purísima Concepción	Salamanca
26	Monumento Iglesia de la Vera Cruz	Salamanca
27	Monumento Iglesia de San Cristóbal	Salamanca
28	Monumento Iglesia de San Juan de Barbalos	Salamanca
29	Monumento Iglesia de San Julián	Salamanca
30	Monumento Iglesia de San Marcos	Salamanca
31	Monumento Iglesia de San Martín	Salamanca
32	Monumento Iglesia de San Polo	Salamanca
33	Monumento Iglesia de Sancti-Spíritus	Salamanca
34	Monumento Iglesia de Santiago	Salamanca
35	Monumento Iglesia de Santo Tomás Cantuariense	Salamanca
36	Monumento Mercado de San Juan	Salamanca
37	Monumento Palacio de Monterrey	Salamanca
38	Monumento Palacio de Orellana	Salamanca
39	Monumento Plaza Mayor de Salamanca	Salamanca
40	Monumento Puente de Enrique Estevan	Salamanca
41	Monumento Puente Romano sobre el Río Tormes	Salamanca
42	Monumento Restos del Convento de San Antonio “El Real”	Salamanca
43	Monumento Torre del Aire o Palacio de Feroselle	Salamanca
44	Monumento Torre del Clavero	Salamanca
45	Paraje de “La Salud” (Arte Rupestre)	Salamanca
46	Castillo Alcázar de San Juan	Salamanca
47	Rollo de Justicia Antigua Jurisdicción Herreros de Anaya	Salamanca
48	Sitio Histórico del Campo de Batalla de “Los Arapiles”	Arapiles, Calvarrasa y Carbajosa
49	Monumento Iglesia de San Esteban	Castellanos de Moriscos
50	Monumento Iglesia Parroquial de Santibañez del Río	Doñinos de Salamanca

Tabla 43. Bienes de Interés Cultural (BICs) identificados en el área estudiada (JCyL, 2017).



Figura 118. A) Plaza Mayor; B) Casa de Las Conchas; C) Fachada de la Universidad; D) Puente Romano; E) Vista de las Catedrales; F) Catedral Nueva; G) Catedral Vieja.

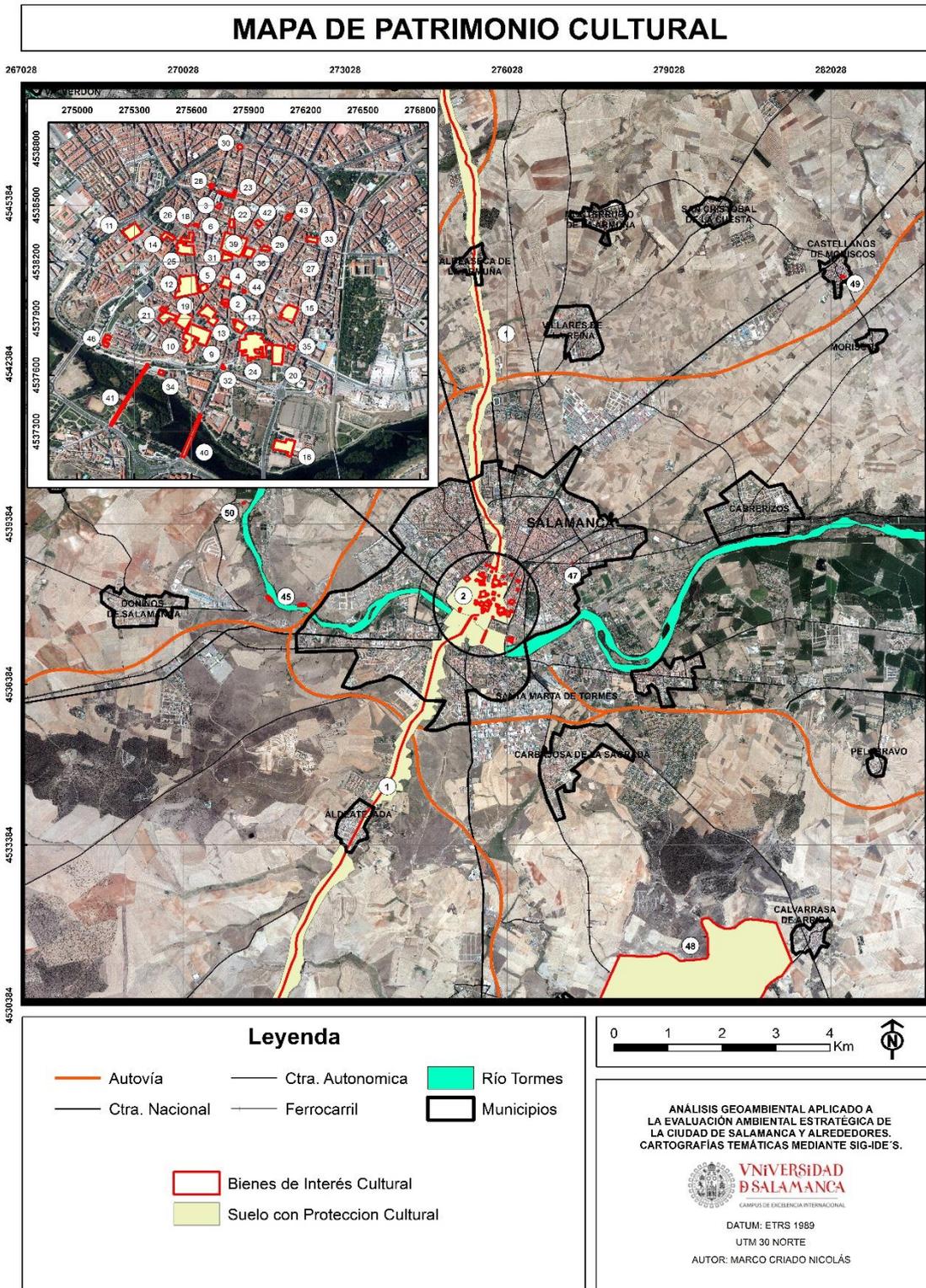


Figura 119. Mapa con la localización de los distintos sitios y bienes de interés cultural.

Vías pecuarias.

Otros de los elementos dotados de protección por la legislación son las vías pecuarias (Ley 3/1995, de 23 de Marzo, de Vías Pecuarias), compuestos por las rutas por las que transcurre el ganado, o lo ha hecho tradicionalmente. En función de su entidad

(anchura), encontramos diferentes tipos: cañadas (75 m. de anchura máxima), cordeles (anchura inferior a 37.5 m.), veredas (anchura no superior a 20 m.) y coladas (anchuras variables inferiores a 4 m.). Así mismo, la red pecuaria se complementa con otros lugares ligados a actividad del ganado trashumante, como abrevaderos, descansaderos o majadas. Debido a su carácter de paso ganadero, son zonas protegidas, y está prohibido la realización de actividades o implantación de infraestructuras en estas áreas que perturben el paso del mismo, pudiendo servir además como vías de comunicación entre zonas rurales y se permite el tránsito de vehículos y maquinaria agrícola.

Por lo tanto, en el presente estudio deben de tenerse en cuenta todas las vías pecuarias existentes para dotarlas de protección. Se han identificado diversas vías pecuarias, entre las que destacan aquellas pertenecientes a la Red Nacional de Vías Pecuarias (MITECO, 2018) como las Cañadas Reales de la Plata (Fig. 121), de La Golpejera o Zamorana, y los Cordeles de Toro y de Merinas, si bien también se identifican otra serie de cordeles, veredas y coladas de menor entidad, destinadas al tránsito ganadero a menor escala. La localización y extensión de estas rutas está representada en el Mapa de Vías Pecuarias (Fig. 122).

Municipio	Yacimientos arqueológicos
Aldeatejada	Sanchoviejo; y Teso de la Salera y Otero de Vaciadores fuera del sector
Arapiles	Arapil Chico, La Peña del Gejo, Teso de San Miguel, Tres Palacios, Arapil de la Fuente, Peña Caída, Cuatro Puentes y La Polla; fuera de los límites estudiados: Arapil Grande
Cabrerizos	La Flecha
Calvarrasa de Arriba	-
Carbajosa de la Sagrada	La Pinilla (Peñas del Gelo), Azucarera de Salamanca, Tesos de Marialba, Los Villares, Teso de San Bartolomé (La Pinilla), Carpihuelo, La Vega (La Rivera) y Los Campos
Carrascal de Barregas	Hoyo del Muerto, Huerto de Las Señoritas, El Meson y Palacio López Rodríguez; y fuera del sector Despoblado, Puente, Ermita y Finca de Calzadilla de Valmuza, Arroyo de Valmuza y Ladera de Fraguas
Castellanos de Moriscos	Las Minas, Restaurante Ibérico y Prado Cavo Oeste
Castellanos de Villiquera	-
Doñinos	Villa Romana de San Julián de la Valmuza
Florida de Liébana	Casco Urbano del municipio; fuera del área estudiada: Dehesa de Villaselva y Teso de Las Cabezas
Monterrubio de Armuña	Alquería de Mozodiel del Camino (Mozodiel Norte I, II, III y IV y Mozodiel Este I y II), La Guadaña y Los Canales.
Moriscos	Vallejo de Matahijos
Pelabravo	Torre Mocha, Ciellina, Naharros Nuevo, Las Vegas y Casas Viejas
Salamanca	Los Claudios, Las Zorreras, Valhondo, Matagrillos, Fuente La Salud, Los Pisones, El Marín, Pozo de Nieve y Teso de la Feria
S Cristóbal de la Cuesta	-
Santa Marta de Tormes	Valdelagua
Valverdón	Valcuevo I y II, Arroyo Valgrande y Cueva de Rascones; y fuera del ámbito de estudio: Casas de Valcuevo
Villamayor de Armuña	El Canto y Teso de San Miguel
Villares de la Reina	Valle de Santa María, El Castillo y Los Castros

Tabla 44. Yacimientos arqueológicos identificados en el sector de estudio (JCyL, 2018).

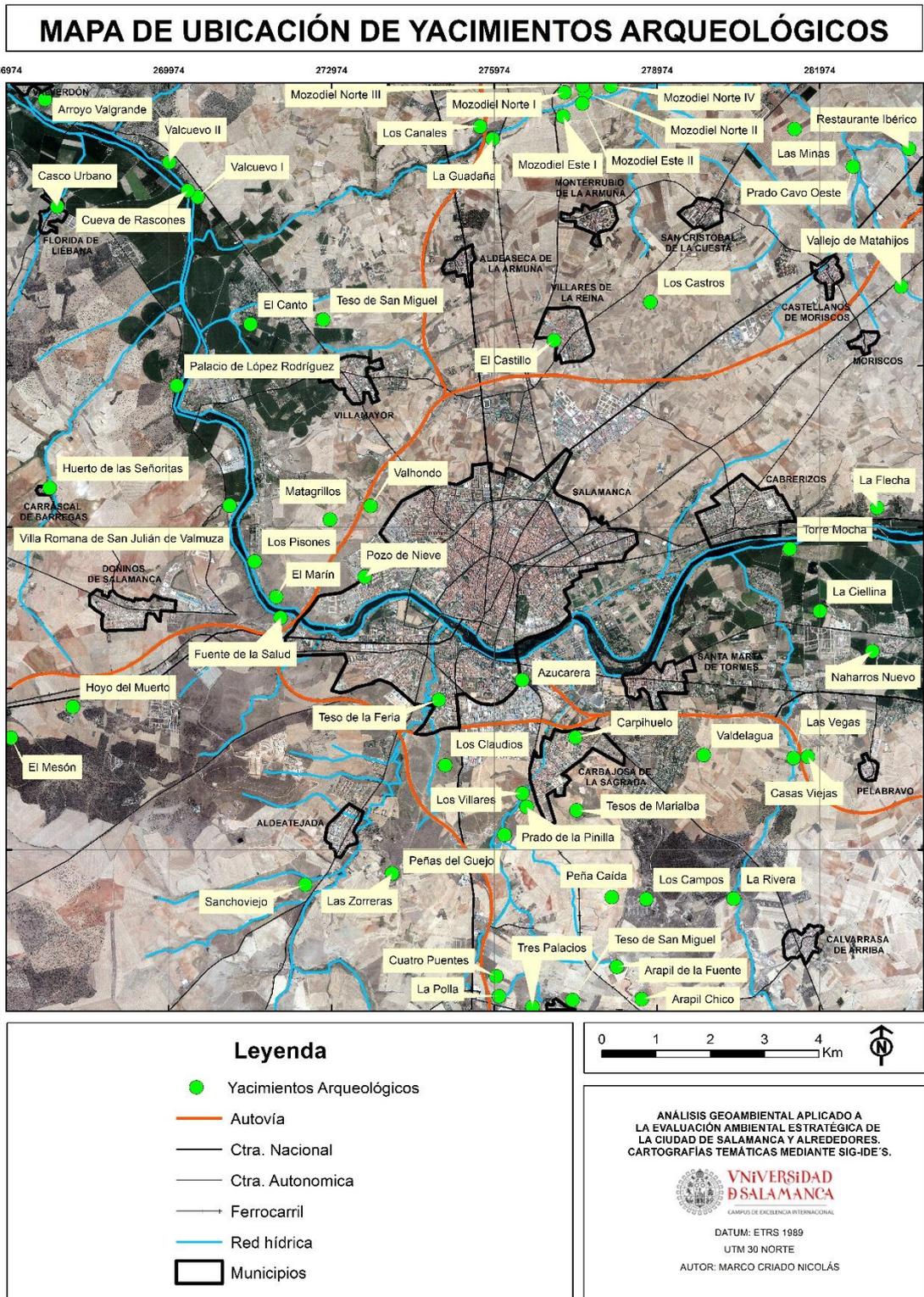


Figura 120. Mapa con la localización y denominación de los diversos yacimientos arqueológicos situados en el área objeto de estudio.



Figura 121. Calzada o Ruta de la Plata en las inmediaciones del Arroyo del Zurgüén, entre Aldeatejada y Salamanca: A) Itinerario principal de la ruta; B) La calzada se oculta en la mayor parte de los tramos.

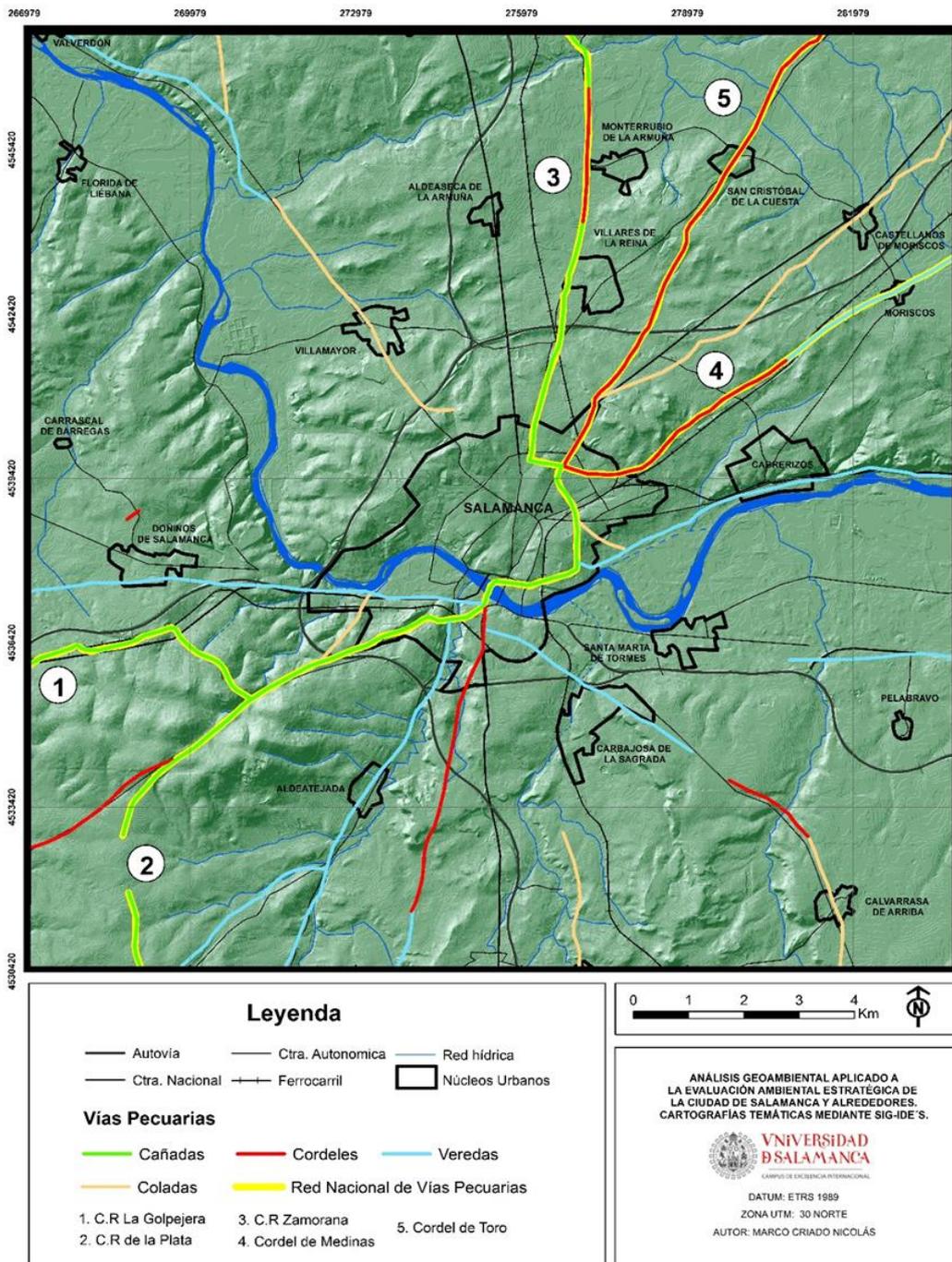


Figura 122. Mapa con las vías pecuarías que transcurren por el sector de estudio.

4. RIESGOS GEOLÓGICOS

4.1. Introducción.

La protección de la población presente en el ámbito de una actuación debe ser una de las prioridades a la hora de abordar la planificación y estructuración territorial de la misma. Paradójicamente, en los estudios de planificación y evaluaciones ambientales, tradicionalmente se han tenido más en cuenta criterios conservacionistas y de protección de diferentes componentes del medio que de la propia sociedad, lo que ha podido estar vinculado también al mayor desarrollo de políticas medioambientales (Gómez-Orea, 1994). Afortunadamente, actualmente los riesgos ya suelen ser incorporados en las fases de planificación (en las EAE), cosa que, por otra parte, no garantiza que sean tenidos en cuenta en la toma de decisiones por parte de la Administración. Es conocido el poco interés que tradicionalmente ha mostrado la Administración en relación con este tema, dedicando pocos esfuerzos al estudio y prevención de los riesgos, siendo su habitual política la gestión de los mismos a través de Protección Civil (Ayala-Carcedo, 2000).

Los riesgos son el resultado de las interacciones entre el entorno natural y la sociedad humana, y su análisis abarca, por tanto, al estudio de ambos factores. Evidentemente, cuanto mayor información se posea de los mecanismos ambientales, mejor podremos interpretar los episodios de riesgo, pero es importante también conocer la exposición de la sociedad a los mismos. El origen de estos fenómenos de riesgo radica en desajustes entre el sistema natural y el humano, que habitualmente permanecen latentes a la espera de un factor desencadenante. Si se produce un desenlace, su valoración dependerá de la afección que haya supuesto a la sociedad, teniendo especial relevancia las catástrofes naturales, acaecidas cuando los desequilibrios se resuelven de la peor manera posible. Muchas veces, las catástrofes son la única forma de apreciar el riesgo y sus consecuencias, y no son más que la manifestación de la evidencia de la existencia previa de un riesgo (Ayala-Carcedo & Olcina-Cantos, 2002).

Frecuentemente a lo largo de la Historia, el acontecimiento catastrófico alcanza gran simbolismo entre la sociedad, tomando tintes divinos en muchos casos, relegando a un segundo plano a los factores causantes del mismo: factores naturales de riesgo y actitud de la sociedad ante los mismos. Hoy en día, como se ha dicho, estos factores están bastante estudiados, siendo los objetivos la prevención del riesgo o la mitigación del mismo cuando se manifiesta. Sin embargo, este conocimiento existente podría estar mejor implementado en la legislación española con el objetivo de mejorar la seguridad de la sociedad ante la vulnerabilidad que muestran ante ciertos riesgos. Por otro lado, el modelo de protección civil aún mantiene rasgos de su origen militar, y se basa en la eficiencia de la actuación post-catástrofe. A pesar de que es importante contar con protocolos eficientes de actuación en caso de desencadenarse estos fenómenos, no es menos cierto que la efectividad del modelo sería mayor si incorporarse más políticas e instrumentos destinados a prevenir estos y rebajar la vulnerabilidad de la población y sus bienes (Olcina-Cantos, 2009; Birkmann, 2006).

Por otro lado, a pesar de que los riesgos son un componente más del medio, no es menos cierto que en muchas ocasiones el papel del ser humano sea decisivo para que eventos de este tipo alcance magnitudes mayores. Es por ello que en los episodios desastrosos que mayor alarma social crean (gran número de víctimas normales y/o pérdidas económicas altísimas) converjan al mismo tiempo tanto causas naturales como

sociales. Frecuentemente estos eventos catastróficos son agravados por el mal papel que desempeña el ser humano, ya sea por desconocimiento o incompetencia generalmente, y en menor medida prepotencia, interés antisocial... (Beck & Rey, 2002). Esto es potenciado por el rumbo socioeconómico, que provoca un calentamiento global con importantes alteraciones climáticas, en la que los fenómenos extremos son cada vez más intensos y frecuentes sobre una población creciente y más concentrada y expuesta a los mismos. Es por ello necesario implementar metodologías y técnicas que evalúen correctamente estos riesgos y faciliten la prevención de los mismos, de manera que se rebaje el riesgo que suponen a la población (Angel et al., 2011; UNISDR, 2011).

Pero, ¿qué es el riesgo? Es la posibilidad de que un territorio y su población puedan verse afectados por un fenómeno natural extraordinario. Si debido a este fenómeno la población se ve afectada, hablamos de riesgo social (que puede tomar diferentes grados según la cuantificación y tipología de las pérdidas), si se han producido pérdidas económicas será un riesgo económico (también con diferentes grados según la pérdida que ocasione el daño), y un riesgo natural en el resto de casos. De aquí, debe extraerse que un riesgo no tiene por qué suponer una catástrofe, sino que depende del hombre y de una inadecuada política/decisión de realizar actividad en las zonas de riesgo, poco acorde con los rasgos del medio donde tiene lugar. Este concepto también ha sido de suma importancia a la hora de producirse un aumento en el número de catástrofes naturales en los últimos siglos, ya que la percepción social de los riesgos ha cambiado: antiguamente, los asentamientos y actividades del hombre se adaptaban a la configuración del medio, mientras que actualmente se pretende someter al medio a la acción humana (Ayala-Carcedo & Olcina-Cantos, 2002).

Para que exista un riesgo para la sociedad o riesgo social, deben de concurrir simultáneamente una serie de factores de riesgo: peligrosidad, exposición y vulnerabilidad, pudiéndose cuantificar el riesgo como la resultante de la combinación de estos factores. Así, se puede entender el riesgo como la pérdida esperada si ocurre un evento determinado con una probabilidad de ocurrencia dada (peligrosidad) que afecte a una serie de componentes de la sociedad (exposición) con una determinada vulnerabilidad respecto a su posición (UNDRO, 1991).

Con esto, es palpable que debe realizarse un análisis de los riesgos previamente a llevar a cabo las acciones de planificación del territorio. Tras llevarlo a cabo, se pondrán en marcha una serie de medidas de diferente naturaleza cuya intención es la mitigación del riesgo, lo que se conoce como Gestión del Riesgo, y que según cuándo se apliquen pueden ser preventivas, destinadas a evitar daños o ideadas para reparar el daño; sectoriales o generales, según se abarque uno o unos pocos riesgos, o su totalidad; y según quién las promueva pueden ser llevadas a cabo por la Administración de un estado (diferentes escalas: local, regional o nacional), por organismos internacionales o por organizaciones no gubernamentales. También debe tenerse en cuenta que el llevar a cabo alguna de estas políticas para garantizar la protección de la población, especialmente aquellas destinadas a minimizar el daño, pueden causar serias afecciones al medio natural, muchas de ellas irreversibles, además de un importante desembolso económico (encauzar una masa de agua o estabilizar un talud, por ejemplo). Por ello, las políticas en vez de tender a mitigar los efectos que un evento pudiera suponer, se deben encaminar más a acciones preventivas que eviten el asentamiento y desarrollo de determinadas actividades humanas en las zonas de riesgo, rebajando la exposición y vulnerabilidad de la población y bienes frente al riesgo (Wouter-Botzen et al., 2019).

Pero, ¿y qué tipos de riesgos podemos encontrar? En primer lugar, debemos saber que existen riesgos de tipología no natural (tecnológicos y sociales). Los riesgos naturales destacan por su diversidad, y para su clasificación existen diferentes criterios como génesis y tipología, ambiente de localización, vector de daño, previsibilidad, radio de acción, nivel de actividad o duración. En una primera división de los riesgos naturales se observan los extraterrestres, que pueden ser físicos (impactos extraterrestres, tormentas cósmicas...) o biológicos (contaminación biológica), y los terrestres. Los terrestres, se dividen en biológicos (epidemias y enfermedades infecciosas, plagas, incendios forestales...) y los físico-químicos, los más abundantes, que se dividen según dónde se manifiestan: litosfera e hidrosfera. Dentro de los que se manifiestan en la Hidrosfera, pueden ser fluviales (inundaciones o sedimentación y colmatación de cuencas), limnológicos (inundaciones endorreicas), glaciológicos (aludes y glaciares) u oceanográficos (litorales –oleaje, mareas vivas, tsunamis...- u oceánicos –oleaje, deriva de corrientes o icebergs). Por su parte, los que se manifiestan en la litosfera se dividen en dos grandes grupos, los relacionados con los fenómenos meteorológicos y climáticos y los relacionados con procesos geomorfológicos. Los riesgos meteorológicos y climáticos pueden ser debidos a la precipitación (nevadas, granizo, sequías, lluvias torrenciales...), temperatura (nieblas, olas de frío o calor...), viento (vendavales –tornados, ciclones, huracanes...-, tormentas de arena...), electricidad (rayos, energía estática o líneas de corriente –riesgo de tipo inducido-), pueden ser de tipo meteorológico (naturales –ozono troposférico, metano...- o inducidos –contaminación-) o climáticos, alcanzando escala global (ENSO o cambios climáticos). Por último, los relacionados con la geología pueden ser naturales (internos –terremotos, erupciones volcánicas, cambio de polaridad...-; externos o geomorfológicos –movimientos de ladera, karst, dunas vivas, terremotos por subsidencia...-; y geoquímicos –aguas subterráneas, suelos peligrosos o radiactividad ambiental-) o inducidos (gases explosivos, suelos contaminados, erosión del suelo, regresión e deltas, subsidencia por actividades económicas, terremotos...) (Ayala-Carcedo & Olcina-Cantos, 2002).

Finalmente, los riesgos naturales abordados en este capítulo de la Tesis son de tipo geológico, y se incluyen únicamente aquellos que presentan una manifestación significativa en Salamanca y alrededores: inundaciones, desprendimiento de bloques y geotécnicos, no incluyéndose en el estudio los riesgos de erosión ya que, aunque presentes, no suponen un riesgo real (Fig. 123).

4.2. Riesgos de Inundación.

4.2.1. Introducción.

Como es sabido, el agua es uno de los recursos más importantes para el desarrollo y sustento de la vida. Por este motivo, desde nuestros ancestros, el hombre ha procurado ligar su vida a fuentes permanentes de agua y alimento. Con esta premisa, las primeras civilizaciones se asientan en las vegas de grandes ríos, con disponibilidad de agua y tierras llanas y fértiles que permiten acomodar los asentamientos y obtener cosechas. Sin embargo, los asentamientos ubicados en estas zonas, son vulnerables a episodios de inundaciones, pues estas formas del terreno tienen por cometido albergar los altos caudales del río cuando este se desborda de su cauce habitual en estos tipos de eventos (Ghanbarpour et al., 2014). Así, una avenida o crecida, no es más que una respuesta del sistema fluvial a la llegada de grandes cantidades de agua, ya sea de episodios de lluvia

o nieve, o de catástrofes, como terremotos, roturas de presa.... La cuenca fluvial de un río se adapta a lo largo del tiempo a sus condiciones de transporte de caudales, a través de procesos de erosión, transporte (en cursos altos y medios) y sedimentación (en cursos bajos) que van modelando la orografía de la cuenca, dando lugar a unos rasgos geomorfológicos particulares de la cuenca, que posteriormente serán los responsables de condicionar la generación de avenidas. De esta manera, en zonas altas del río predominan los procesos de formación y traslación de escorrentía, cuyo flujo va incrementándose a lo largo de la cuenca, hasta que se producen los fenómenos de desbordamiento e inundación (generalmente en sectores medios y bajos) cuando el caudal supera la capacidad de evacuación que posee el cauce, de manera que el agua se expande por la llanura de inundación originada por el río.

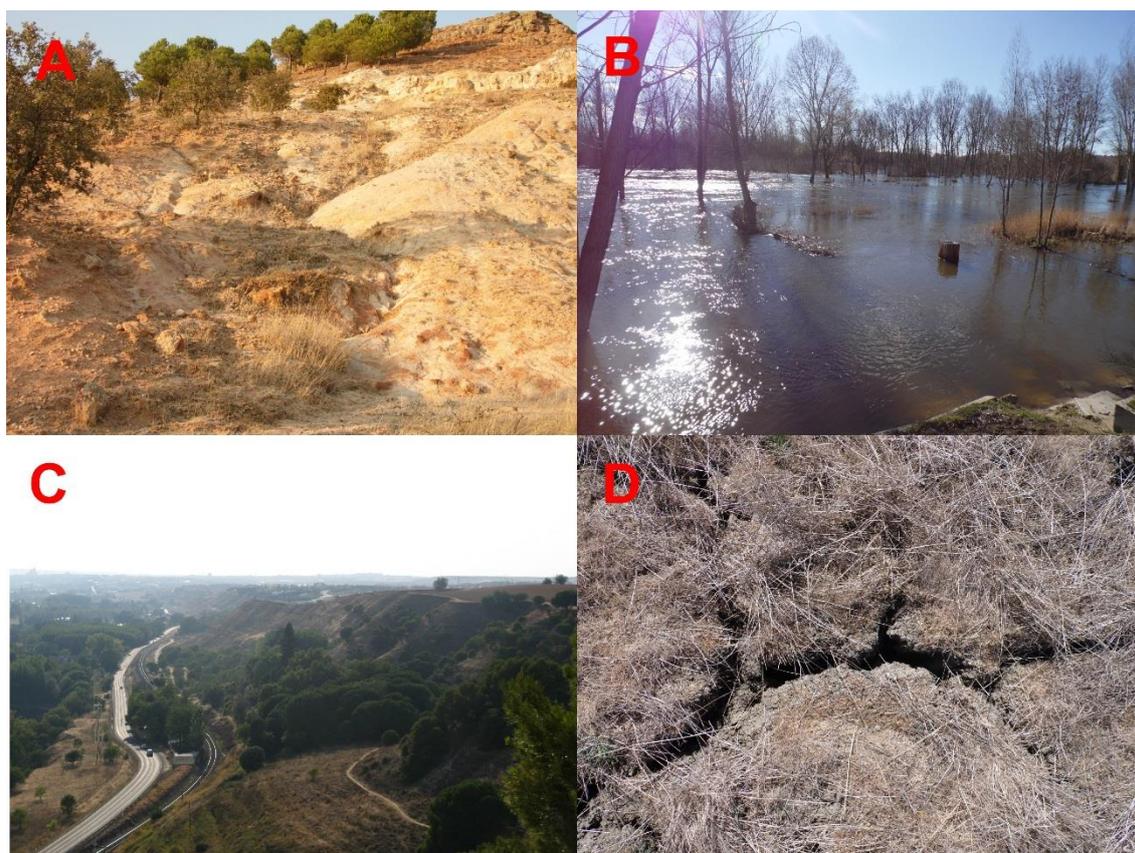


Figura 123. Principales riesgos naturales observados en Salamanca y alrededores: A) Riesgos de erosión (Teso de las Zorreras, Aldeatejada) – no estudiados-; B) Riesgos por inundaciones (Río Tormes en La Aldehuela, Cabrerizos); C) Riesgos por desprendimientos (Escarpe de Cabrerizos, Cabrerizos); D) Riesgos geotécnicos (Depresión de Monterrubio de Armuña).

En relación con las avenidas, cabe destacar que, en la mayoría de los casos, los aportes extraordinarios de agua que las originan tienen como origen las precipitaciones en forma de lluvia, influyendo su torrencialidad en la génesis de la avenida. La torrencialidad depende de la tipología de su origen, pudiendo ser precipitaciones asociadas a sistemas frontales (ligadas a fenómenos de bajas presiones, generalmente en invierno, y que recorren la Península de oeste a este a medida que pierden intensidad, aportando grandes cantidades de agua pero de manera continua y homogénea) o precipitación de tipo convectivo (asociadas a tormentas eléctricas, y que suelen prolongarse poco en el tiempo, si bien puede acumular grandes cantidades de precipitación). Así, con precipitaciones ligadas a fenómenos convectivos, pueden generarse avenidas súbitas que concentran grandes caudales en corto espacio temporal,

por lo que son las más peligrosas para la población, frente a las originadas por las precipitaciones de carácter frontal, más paulatinas y que no suelen suponer daños humanos, pero sí materiales. En las zonas costeras, debe contemplarse el efecto que una pleamar pudiera suponer en una avenida (Ayala-Carcedo & Olcina-Cantos, 2002).

Desde el estallido de la Revolución Industrial, los principales núcleos urbanos, históricamente ligados a importantes ríos (como es el caso de Salamanca con el Tormes) fueron expandiéndose, alcanzando en muchos casos la vega de ríos, donde se instalan desde industrias y viviendas hasta equipamientos. Esto supone una gran problemática en los episodios de avenidas. En los inicios, se intentó mitigar las amenazas de las inundaciones con la puesta en marcha de medidas de protección de tipo estructural, como diques de contención, lo que convenció a la población para seguir ocupando estas zonas bajo el halo de una “falsa seguridad”. Como consecuencia de esto, a lo largo de la historia reciente se han producido graves episodios de inundación, que en el mejor de los casos han supuesto únicamente pérdidas millonarias, y en los peores, además, vidas humanas. Sin pretender entrar en números, pero para que sirva de orientación, sólo en Europa en los años finales de siglo XX y principios del XXI se produjeron más de cien episodios de avenidas graves, los cuales supusieron la muerte de más de 700 personas, desplazamiento de afectados (alrededor de medio millón) y pérdidas materiales de bienes asegurados por 25.000 millones de euros (AEMA, 2003). Afortunadamente, en los últimos años, las medidas protectoras y preventivas implementadas, especialmente los sistemas de alerta, han permitido reducir considerablemente el número de víctimas, si bien esto es complicado en las avenidas relámpago. No obstante, lo más efectivo para combatir este tipo de riesgos es una adecuada planificación, integrando los mapas de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo en la toma de decisiones respecto a la gestión del uso del suelo. En los países subdesarrollados, la problemática es mayor debido a la ausencia de mecanismos reguladores y a la falta de planificación y de sistemas de alerta adecuados (Plate, 2002).

En lo que respecta a este trabajo, se pretenden determinar los caudales máximos que se alcanzarán en la zona de estudio, así como la altura y velocidad de la lámina de agua que provocará, delimitando las zonas que se verían afectadas por la inundación, para periodos de retorno de 5, 50, 100 y 500 años, elaborando las correspondientes cartografías de riesgos a partir de estos datos. Se ha tenido en cuenta el cauce principal existente, el Tormes, el cual ha sido dividido en tres tramos para mejorar la precisión del estudio (de esta manera se quiere incorporar la variación del caudal a lo largo del área de estudio producida por la aportación de sus principales tributarios). Así, un primer tramo (Tramo Alto) abarcaría desde la entrada del Tormes en el sector de estudio, hasta la confluencia con el Arroyo del Zurguén; el segundo y más extenso (Tramo Medio), desde este punto hasta la confluencia con el Arroyo de la Encina; y un tercero que se extiende hasta Valverdón, donde finaliza el sector de estudio (Tramo Bajo). Además, también se analiza el riesgo de inundación de sus dos principales tributarios en la zona estudiada: Zurguén y Encina (Fig. 124).

3.2.2. Inundaciones históricas en Salamanca.

Para comenzar con el estudio de inundaciones de un área cualquiera, es adecuado realizar un primer acercamiento a la problemática del lugar, si esto fuera posible. Mediante el Método Histórico, se pueden analizar diferentes eventos de avenidas e

inundaciones producidos en un lugar, para lo cual se recurre a la revisión de información contenida en organismos oficiales, medios de comunicación, fotografías... De todas estas fuentes pueden obtenerse datos relativos a altura de la lámina de agua, extensiones inundadas, caudales, daños causados... de eventos reales ocurridos en el pasado, y cuya lejanía impidió su datación con los métodos más recientes y actuales.



Figura 124. Mapa con los diferentes tramos del Tormes y de sus principales afluentes propuestos para el estudio de riesgos de inundación.

Existen datos para la cuenca del Duero desde hace más de 2000 años, sin embargo, y lógicamente, los más alejados están peor reflejados y documentados, no encontrándose cuantificados en su mayoría, apareciendo exclusivamente reseñados en bibliotecas, archivos... A partir del S. XV, aparece un registro más robusto y preciso, motivo por el cual estos eventos se consideran como veraces. Para la cuenca del Duero, existen 19 reseñas anteriores a 1483, momento en el que se considera en España, como el primero para el registro de las inundaciones históricas, recogiendo hasta 278 referencias posteriores, lo que indica la recurrencia de estos eventos en la zona.

En relación con esto, se ha querido revisar la ocurrencia y el registro de inundaciones históricas en la ciudad de Salamanca (Tabla 45; Fig. 125), con el objetivo de realizar un

encuadre de la problemática ligada a los riesgos de inundación en Salamanca. Para ello, se ha tomado en cuenta la información contenida en el Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas (CNIH, 2018). Esta información consta de la fecha en que ocurrió el evento y una breve descripción con la génesis del fenómeno, daños o pérdidas materiales y/o humanas, u otros datos relevantes. Según los datos revisados, en Salamanca se han registrado hasta 36 eventos históricos, quedando patente el riesgo de inundación asociado al Tormes. Obviamente, otros episodios de avenida no fueron datados y su existencia es probable debido a la ocurrencia de avenidas en cuenca aledañas. Como consecuencia de ellos, se contabilizan en Salamanca 150 víctimas mortales, 2998 evacuados, 1174 casas destruidas, 1608 Ha de cultivos arrasadas y 450 cabezas de ganado muertas (Paprotny et al., 2018).

Fecha, año	Descripción
181 a.C	Desbordamientos en los primeros meses del año fruto de intensas lluvias
1229	Avenida que derribó el convento de los Dominicos, en fase de construcción junto a la Iglesia de San Juan el Blanco, sita en la época en la vega del río
3/11/1256	Gran riada del Tormes que afectó al puente romano y destruyó los conventos de las Religiosas Benedictinas de Santa Ana y el de los Dominicos (destruido también en 1229), lo que obligó a su traslado fuera del cauce de avenida
1403	Desbordamientos generalizados en la cuenca fruto de fuertes temporales
1405	Grandes lluvias provocaron desbordamientos de ríos y problemas en sus vegas
1422	Riada que dañó mucho el Convento de los Monjes Benitos y el puente romano
1482	Consta un episodio de avenida, pero sin especificar daños
1499	La riada “se lleva” dos arcos del puente romano
1500	Se cita una inundación, sin más referencias complementarias
1555	Se produce una avenida, pero no consta información adicional
1582	Gran riada que se arrasó numerosas edificaciones situadas en la vega
1607	Pequeña avenida del Tormes de la que no constan grandes daños
26/1/1626	Riada de San Policarpo: El Tormes causó los mayores daños en Salamanca desde que ésta se fundó, contabilizándose 142 muertes y gran cantidad de desaparecidos. La corriente se llevó cuatro ojos del puente y dañó otros seis gravemente. Se trató de una crecida repentina del Tormes y nocturna, potenciada por la gran cantidad de nieve existente. El 12/2 volvió a repetirse una gran avenida. Fueron destruidas 452 casas, y numerosos edificios, conventos o iglesias resultaron gravemente dañados.
1708	Crecidas de Tormes fruto de las elevadas precipitaciones
1718	Avenida del Tormes fruto de una tormenta de verano que dañó el puente
12/1739	Desbordamiento del Tormes
1769	Desbordamiento del Tormes
23/7/1772	Como consecuencia de una tormenta de verano de 3 h de duración, se inundaron albercas y fueron destruidos numerosos puentes y casas contiguas. Se derribó un muro de contención en el jardín del Colegio de Cuenca que arrastró casas inmediatas de la calle Los Milagros, provocando 8 muertes.
1778	Gran avenida del Tormes durante el mes de Enero
1788	A finales de Febrero el Tormes registra una gran riada
1799/1800	Grandes lluvias generalizadas que arruinaron casas de adobe y las cosechas
1831	Crecidas en todos los ríos de la cuenca fruto de intensas precipitaciones durante los primeros meses del año
1855	Desbordamiento del Tormes
1879	Crecida del Tormes entre los días 21 de Noviembre y 4 de Diciembre
1881	Gran avenida del Tormes y sus afluentes la noche del 14 de Enero, que inundó todo el arrabal y la vega. Grandes daños en huertas y casas, sin muertes. “La crecida atravesó campos de cultivos que parecían lagunas”.
Dic/1909	Gran avenida del Tormes en la que las huertas de la vega quedaron inundadas, al igual que otras industrias y edificaciones. El río destrozó las cercas que delimitaban los huertos. En arrabal se inundó, y la carretera a Madrid tuvo que ser cortada, al igual que la de Ciudad Rodrigo por desbordamiento del Zurguén
Dic/1910	Inundación que afecta al arrabal y al barrio de Chamberí

Dic/1916	El Tormes inunda varias viviendas en el arrabal, afectando también a otras edificaciones y fábricas de la vega, siendo cortada la carretera hacia Madrid
Dic/1927	Gran avenida, la mayor desde 1909, con los ojos del puente romano tapados
Dic/1929	Desbordamiento del río que provocó problemas para el abastecimiento de agua
1935-1936	Gran crecida del Tormes con cuantiosos daños en el arrabal: casas destrozadas, otras incomunicadas, otras muy deterioradas, enseres arrastrados por las aguas, ganado muerto, tierras de cultivo anegadas... Afectó a muchas zonas cercanas
Ene/1941	Avenida del Tormes que inunda todo el arrabal
Mar/1947	El Tormes creció hasta los 4.60 m inundando el Barrio del Puente
15/12/1955	Crecida considerable del Tormes
Mar/1956	Desbordamiento del Tormes, con el agua 2 m por encima de lo normal
Feb/1960	Crecida del Tormes

Tabla 45. Inundaciones históricas registradas en la ciudad de Salamanca (CNIH, 2018).

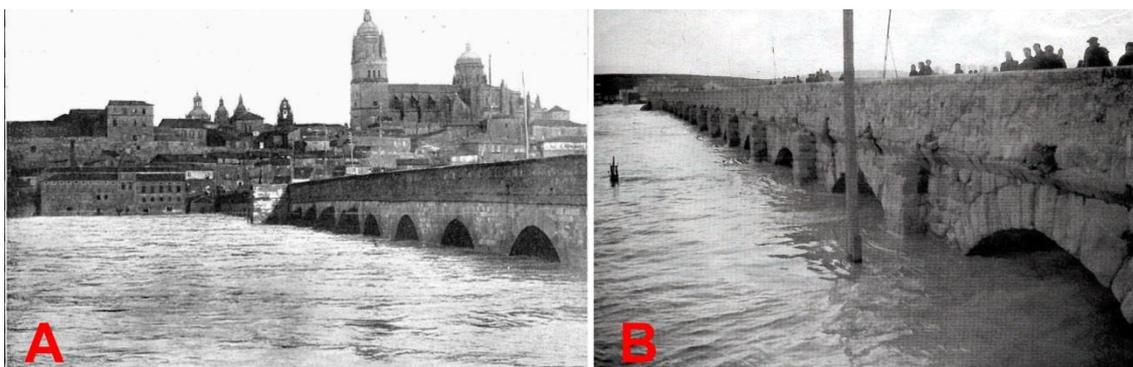


Figura 125. Avenidas en Salamanca A) 23 de diciembre de 1909; B) 1948. (Autor: Guzmán Gombau).

4.2.3. Método Hidrológico-Hidráulico.

Se trata de un modelo cuantitativo que tiene por objetivo el cálculo de los caudales generados en una determinada cuenca hidrográfica, así como el cálculo de las velocidades y calados que presentarán en diferentes tramos. Es la metodología más empleada en el estudio de los riesgos de inundación. Como indica su propio nombre, consta de dos etapas claramente diferenciadas: método hidrológico y método hidráulico. El primero de ellos tiene por objeto el cálculo de los caudales de las masas de agua, mientras que el segundo pretende estimar diferentes parámetros, en general relacionados con la tipología del cauce y la dinámica fluvial.

Método Hidrológico.

Los métodos hidrológicos pretenden determinar el comportamiento de los caudales en episodios de crecida o avenida fluvial en diferentes puntos de un cauce, para lo cual estudian múltiples factores (picos de flujo, curvas de ascenso-descenso, tipos de escorrentía, caudales base, tiempos...). Debido a la gran cantidad de parámetros, existen metodologías para la caracterización hidrológica de las crecidas, y que se diferencian en dos grandes tipos: aquellos que analizan las avenidas pasadas mediante el empleo del registro directo de caudales, y los que estiman los caudales de futuros episodios de inundación hipotéticos (avenida de diseño) a partir de datos indirectos de caudales o avenidas pasadas o del análisis de precipitaciones (BOE, 2016).

El caso que nos ocupa es un ejemplo de estimación de episodios de avenida futuros. Para el cálculo de los caudales que se producirían en estas avenidas de diseño para los

diferentes periodos de retorno, se han empleado dos metodologías diferenciadas. Por un lado, para el caso de la estimación del caudal del Tormes se emplean los datos de aforos correspondientes al caudal instantáneo máximo anual para una serie de años, calculándose a partir de ellos mediante diferentes métodos estadísticos (Gumbel y SQRT ET-Max) los caudales máximos para cada periodo de retorno. Por otro lado, para aquellos cursos de agua sin estación de aforos, se calcula los caudales correspondientes mediante un método hidrometeorológico basado en la intensidad de las precipitaciones estimadas para cada periodo de retorno y características de la cuenca.

Estimación de caudales de diseño de los tributarios del Tormes: Método Racional.

Debido a la ausencia de aforos en los arroyos de interés (Zurgüén, la Encina y de la Fuente) es preciso realizar la estimación de estos mediante un método hidrometeorológico, basados en la conversión de variables meteorológicas (precipitaciones) en escorrentía superficial (caudales). El análisis se realiza mediante el Método Racional, de acuerdo a la legislación vigente (BOE, 2016) y se puede clasificar como un método discreto (al simular un solo evento en el que únicamente se tiene en cuenta la precipitación que produce escorrentía superficial) y agregado (al considerar un área del territorio –cuenca- como un elemento unitario en el que los parámetros hidrológicos se comportan como los valores promediados).

El Método Racional (Chow et al., 1988) se basa en la estimación de un caudal máximo a la salida de la cuenca, para lo cual tiene en cuenta una precipitación de intensidad determinada (I), que comienza instantáneamente y cae sobre la cuenca indefinidamente, que produce una escorrentía que alcanza el tiempo de concentración de la cuenca, de manera que en este punto se alcanza el Q_{max} al contribuir toda la cuenca a la escorrentía. Obviamente, el caudal resultante depende de otras variables. Es el caso del área de la cuenca (A), en la que a mayor extensión, mayor acumulación de precipitación. Por otro lado, actúa un factor que reduce la cantidad de agua que escurre, el coeficiente de escorrentía (C). Teniendo en cuenta estos factores, se obtiene la fórmula clásica del Método Racional (Ec. 4) en la que se introduce un término en el dividendo (3.6) con motivo de la conversión de unidades al SI, ya que inicialmente se diseñó con el sistema norteamericano. Sin embargo, actualmente es ampliamente aceptada y utilizada una modificación de esta ecuación (Ec. 5) (Témez, 1991), conocido como Método Racional Modificado, que incorpora un factor corrector relativo a la uniformidad de la distribución de la precipitación en función del tiempo de concentración (K_t) y uno correspondiente a una corrección en función del área de la cuenca (K_A) en la estimación de la intensidad de la precipitación (Témez, 1987). Por último, destacar que este método no tiene en cuenta: aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas; existencia de sumideros, aportaciones o vertidos puntuales, singulares o accidentales de cualquier clase; presencia de lagos, embalses o planas inundables que puedan producir efecto laminador o desviar caudales hacia otras cuencas; aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros meteoros; ó caudales que afloran en puntos interiores de la cuenca derivados de su régimen hidrogeológico (BOE, 2016). Siendo estimadas y analizadas estas premisas, y observándose que no constituyen escenarios significativos en las cuencas a estudiar, se decide calcular estos caudales mediante el Método Racional, detallándose a continuación el proceso empleado (Ferrer, 1993).

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6} \quad \text{Ec. 4}$$

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A \cdot K_t}{3.6} \quad \text{Ec. 5}$$

- **Determinación de la intensidad de precipitación (I).**

La intensidad de la precipitación depende del periodo de retorno, T, y de la duración del aguacero. Así, la intensidad de la precipitación para el día más lluvioso (I_d) sobre una cuenca para un determinado T, será mayor cuanto más extremo sea el episodio (T elevados). Además, el tiempo de duración del aguacero, t, se corresponde con el tiempo de concentración de la cuenca en cuestión, t_c (que es el tiempo que emplea una gota en recorrer el espacio entre el punto de desagüe de la cuenca y el lugar de la misma más alejado a esta salida) para que de esta forma toda la cuenca contribuya en el punto de desagüe a alcanzar el caudal máximo, que es el que se persigue. Sin embargo, para el correcto cálculo de la intensidad de la precipitación debe de aplicarse un factor corrector de la intensidad (F_{int}). La intensidad final del aguacero para un T y t determinados, viene expresado por el producto de la intensidad media del día más lluvioso y el factor corrector de esa cuenca (Ec. 6).

$$I(T, t_c) = I_d \cdot F_{int} \quad \text{Ec. 6}$$

Cálculo de I_d .

Para calcular la intensidad media diaria corregida, I_d , del día más lluvioso de un determinado T, es necesario conocer la precipitación diaria máxima (P_d) de dicho T, y para conocer su intensidad media (mm/h) debe dividirse por las 24 h. que tiene un día. La I_d final (Ec. 7) será el producto de este valor de intensidad y un parámetro reductor de la precipitación por área de cuenca (K_A ; Ec. 8). La precipitación máxima para el día más lluvioso se obtiene de la guía “Máximas lluvias diarias en la España peninsular”, de la dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento, 1999). En ésta, en el mapa correspondiente al sector de estudio (Fig. 126) se obtiene una estimación mediante las isolíneas de los valores medios de precipitación máxima diaria anual (isolíneas violetas), y del coeficiente de variación, CV (isolíneas rojas). A partir del CV, y en función del periodo de retorno para el que queremos estimar la precipitación máxima, se debe obtener un factor multiplicador (K_T) de la precipitación media anual (isolíneas violetas), de tal modo que la precipitación máxima para un determinado T (P_d) depende de la precipitación máxima media anual y del factor K_T (Fig. 127).

$$I_d = \frac{P_d}{24} \cdot K_A \quad \text{Ec. 7}$$

$$K_A = 1 - \frac{\log A}{15} \quad \text{Ec. 8}$$

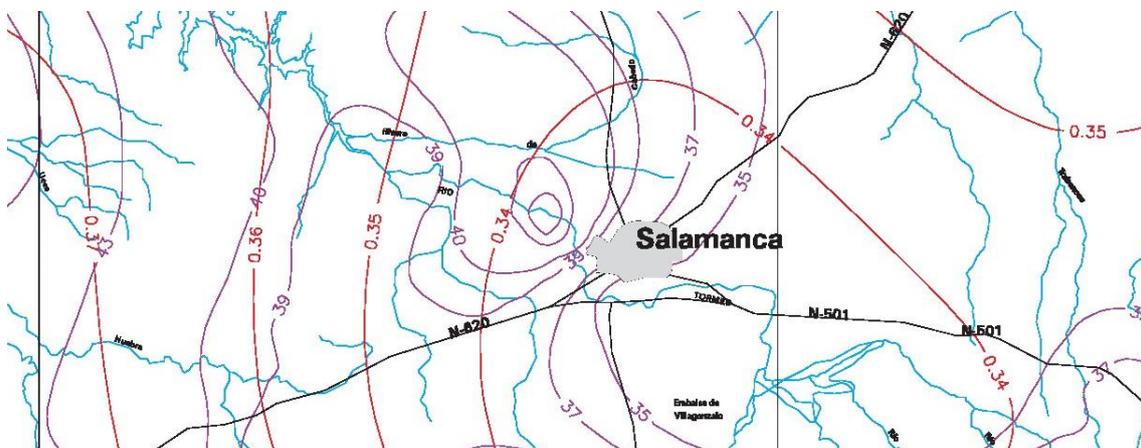


Figura 126. Mapa con la distribución del coeficiente de variación (CV) y de la precipitación media máxima anual para el entorno de Salamanca (Ministerio de Fomento, 1999).

C _v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831

Figura 127. Tabla para la obtención del parámetro K_T en función del CV (0.34) y el periodo de retorno (Ministerio Fomento, 1999).

Estimación de F_{int} .

Éste parámetro estima la torrencialidad de la lluvia en la cuenca en cuestión. Existen dos tipos de factores que estiman esta torrencialidad, y el valor de F_{int} corresponderá con el mayor de estos dos: F_a , factor obtenido a partir del conocido como Índice de torrencialidad, y F_b , factor estimado a partir de curvas IDF o intensidad-duración-frecuencia del pluviógrafo de Matacán, que por su proximidad se considera representativo. Por un lado, F_a (Ec. 9) se obtiene a partir del Índice de Torrencialidad (I_1/I_d), el cual expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida, y cuyo valor debe ser estimado (Fig. 128). Por otro lado, F_b (Ec. 10) se estima a partir de los datos contenidos en curvas IDF, en este caso se toman como representativos los de Matacán. Este factor es consecuencia del producto entre un factor k_b (que estima la relación entre la intensidad máxima anual en un periodo de 24 horas y la intensidad máxima anual diaria, y su valor genérico es 1.13) y el cociente que relaciona la intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno T y al tiempo de concentración t_c (Fig. 129B) con la intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno T y a un tiempo de aguacero de 24 horas (Fig. 129A), obteniéndose estos datos de curvas IDF, cuyos datos en este caso también se encontraban tabulados.

$$F_a = \frac{I}{I_d}^{3.5287-2.5287 \cdot t_c^{0.1}} \quad \text{Ec. 9} \quad F_b = kb \frac{I(T, t_c)}{I(T, 24)} \quad \text{Ec. 10}$$

Para poder efectuar estos cálculos de intensidad, es necesario conocer el tiempo de concentración, t_c , relativo a cada cuenca, y que como se ha indicado, se corresponde con el tiempo que emplea una gota de lluvia que cae en la zona más alejada de la cuenca en atravesar la misma y salir por el punto de desagüe. El cálculo del mismo está determinado por la longitud L_c y pendiente J_c del cauce (Ec. 11).

$$t_c = 0.3 \cdot L_c^{0.76} \cdot J_c^{-0.19} \quad \text{Ec. 11}$$

- **Estimación de la superficie de la cuenca (A).**

La superficie de cada una de las cuencas de los arroyos objeto de estudio fueron determinadas mediante el SIG. Para ello, se parte del MDT que abarque la totalidad de la cuenca, y a través de diferentes herramientas (contenidas en “Hidrología”, del módulo “Spatial Analysis”) se estima la red de drenaje. Posteriormente, se dibuja el punto de desagüe de cada arroyo (en su desembocadura en el Tormes), y junto con los análisis

hidrológicos anteriores se determina la distribución de la cuenca, cuya extensión es determinada mediante un análisis de superficie con la “Calculadora de Campos”.

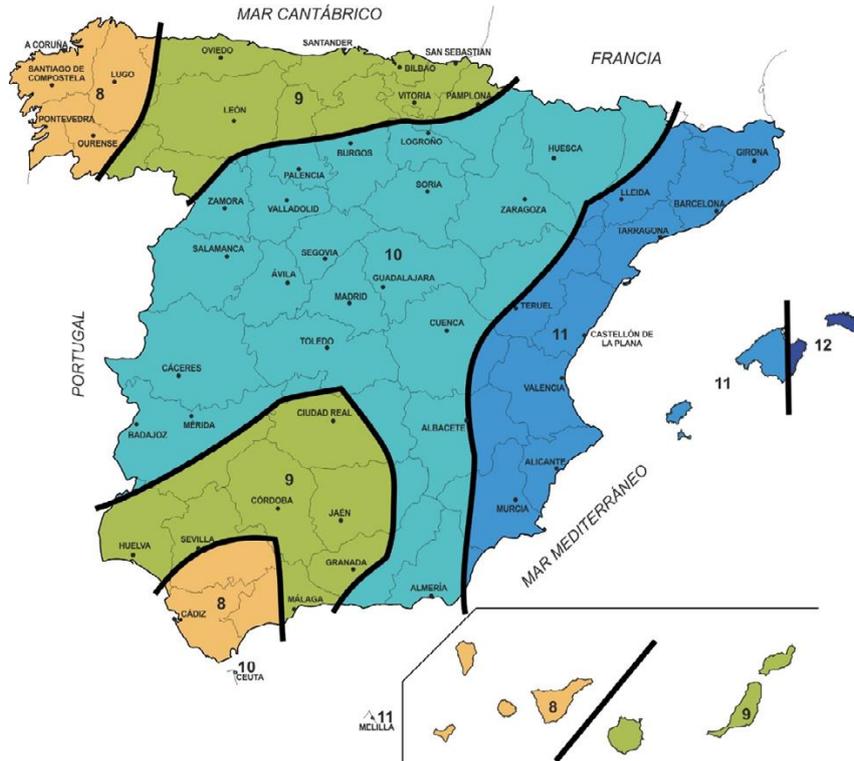


Figura 128. Mapa representativo del Índice de Torrencialidad en España (BOE, 2016).

ESTACIÓN: 2867 SALAMANCA Matacan		Precipitaciones Máximas (mm.)						
Intervalo (horas)	Periodos de Retorno (años)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
18	30	40	47	58	66	75	84	97
24	32	42	50	60	68	77	86	98
36	35	47	56	69	78	89	100	116
48	37	51	60	73	84	95	107	124
72	42	56	67	82	94	106	119	137

ESTACIÓN Ind: 2867		Nombre: Salamanca Matacán		Intensidades Máximas (mm./h)						
Parámetros del ajuste		Intervalo (minutos)	Periodos de retorno (años)							
K	α		2	5	10	25	50	100	200	500
17.61	0.532	5	47	76	98	129	155	182	212	253
25.4	0.762	10	39	60	77	99	118	138	160	190
33.39	1.005	15	33	50	63	81	95	111	127	151
36.51	1.204	20	29	43	54	69	81	94	108	127
45.7	1.679	30	23	33	41	52	61	71	81	95
73.71	0.337	60 (1 h.)	13.3	19	23.1	29	33.7	38.8	43.9	51.4
144.65	0.698	120 (2 h.)	8	11	13.1	16.2	18.6	21.2	23.9	27.6
252.5	1.084	180 (3 h.)	6.1	8.1	9.6	11.7	13.3	15	16.8	19.4
372.6	1.962	360 (6 h.)	3.7	4.9	5.7	6.9	7.9	8.9	9.9	11.3
234.5	2.859	720 (12 h.)	2.3	3	3.6	4.4	5	5.6	6.3	7.3

Figura 129. Tablas con valores referentes a las curvas IDF de Matacán. A) Precipitaciones diarias máximas relativas a cada T.; B) Intensidades de precipitación según la duración del aguacero.

- **Evaluación del Coeficiente de Escorrentía (C).**

El coeficiente de escorrentía pretende estimar qué porcentaje de la precipitación de intensidad I caída en una determinada cuenca escurre y genera el caudal de avenida en el punto de desagüe. Su cálculo viene determinado por la precipitación diaria correspondiente a cada T (P_d), al factor K_A (factor reductor de la precipitación por área de la cuenca) y del umbral de escorrentía P_0 (Ec. 12).

$$C = \frac{\left(\frac{Pd \cdot KA}{Po} - 1\right) \left(\frac{Pd \cdot KA}{Po} + 23\right)}{\left(\frac{Pd \cdot KA}{Po} + 11\right)^2} \quad \text{Ec. 12}$$

Para calcular C se debe obtener el valor del umbral de escorrentía P_0 (Ec. 13), determinado por un valor inicial del mismo (P_0^i) y un coeficiente corrector (β).

$$Po = Po \text{ (inicial)} \cdot \beta \quad \text{Ec. 13}$$

Estimación de P_0^i .

La asignación de un valor P_0^i a cada cuenca depende de los tipos de suelo que conforman la cuenca (grupos A, B, C ó D) (Fig. 130) y a los usos del suelo existentes. Entonces, se diferencian en cada cuenca las proporciones de las tipologías de suelo y usos del suelo a través de ArcGIS. Tras ello, se asignan valores P_0^i a cada uso del suelo identificado de acuerdo a la norma 5.2-IC (Tabla 46), obteniéndose el P_0^i final como resultado de realizar una suma ponderada de los valores relativos a cada uso del suelo, teniendo en cuenta la superficie que abarcan.

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre Nivel freático alto

Figura 130. Grupos hidrológicos de suelo a efectos de la determinación de P_0^i (BOE, 2016).

Código	Uso del suelo	Prácticas de cultivo	Pendiente	Gr. suelo	
				B	C
21100	Tierras de labor en secano: cereal	R	> 3	17	10
21100	Tierras de labor en secano: cereal	N	> 3	19	12
21100	Tierras de labor en secano: cereal	R/N	< 3	21	14
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R/N	< 3	25	16
23100	Prados y praderas	-	< 3	55	22
24410	Pasto/prado y arbolado adhesionado	-	> 3	23	14
24410	Pasto/prado y arbolado adhesionado	-	< 3	35	17

Tabla 46. Valores de P_0^i relativos a cada uso del suelo en función de la tipología del suelo, pendiente y prácticas agrícolas observadas (Basado en BOE, 2016).

Determinación de β .

En la formulación del Método Racional es necesario efectuar una recalibración con datos de caudales reales, lo que se efectúa mediante este parámetro β . Para el cálculo de este coeficiente existen dos métodos (Ec. 14 y Ec. 15). En ambos, el valor depende de un valor medio en la región de dicho coeficiente β_M , así como de un factor corrector dependiente del periodo de retorno, F_T . La diferencia estriba en un factor corrector correspondiente a la desviación del β_M para el intervalo de confianza del cincuenta por ciento, Δ_{50} . Tras determinar la región en la que se encuadra cada cuenca objeto de estudio (Fig. 131), se obtienen el resto de valores, los cuales se encuentran tabulados (Fig. 132).

$$\beta = \beta_M \cdot F_T \quad \text{Ec. 14}$$

$$\beta = (\beta_M - \Delta_{50}) \cdot F_T \quad \text{Ec. 15}$$



Figura 131. Distribución de las diferentes regiones para la caracterización de β (BOE, 2016).

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48

Figura 132. Valores de calibración de β en las regiones de interés (BOE, 2016).

- **Cálculo K_t (Coef. de uniformidad en la distribución temporal de la lluvia).**

Este parámetro tiene por objeto incluir una corrección que tenga en cuenta las desiguales distribuciones de la lluvia a lo largo del tiempo en una determinada cuenca. Por ello, el factor K_t (Ec. 16) viene determinado en función del tiempo de concentración

(t_c) que posee la cuenca, pues es en ese punto cuando además se alcanzan los mayores caudales, y por ello se toma como referencia temporal dicho tiempo.

$$Kt = 1 + \frac{tc^{1.25}}{tc^{1.25} + 14} \quad \text{Ec. 16}$$

Estimación del caudal de avenida del Tormes en diferentes escenarios.

Como se ha indicado anteriormente, la existencia de una estación de aforo a la entrada del Tormes en Salamanca, permite disponer de unos datos de caudal fiables para el Tormes. Para la determinación de los caudales de avenida para los diferentes periodos de retorno, se obtienen los datos anuales del caudal máximo instantáneo (Q_{ci}), que se corresponde al mayor caudal que registra el río en un momento determinado en un año hidrológico (1 de Octubre- 30 de Septiembre). A partir de los datos de Q_{ci} obtenidos, en este caso para el periodo Octubre 1979-Septiembre de 2014 (Tabla 47), se determina el caudal máximo instantáneo medio de la serie, así como la desviación típica que presentan, datos requeridos para la estimación del caudal de avenida posteriormente. Estos datos de caudales serán los relativos al primer tramo del Tormes, ya que los correspondientes al segundo y tercer tramo serán los resultantes de sumar a éstos los caudales del A. del Zurguén, y del A. de la Fuente y A. de la Encina, respectivamente.

Año	79-80	80-81	81-82	82-83	83-84	84-85	85-86	86-87	87-88
Q_{ci}	41.7	17.38	118.7	55.3	138.9	138.9	109.4	98.7	126.6
Año	88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97
Q_{ci}	26.5	378.9	99.1	20.56	14.9	176.9	33.9	316.8	252.0
Año	97-98	98-99	99-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06
Q_{ci}	527.9	22.0	98.3	387.0	46.5	444.0	157.0	43.9	66.5
Año	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	35 años
Q_{ci}	270.0	136.0	55.3	189.0	168.0	50.4	205.6	172	
Estadísticos→	Media			148.70		Desv. típica		129.97	

Tabla 47. Caudal máximo instantáneo (m^3/s) del Tormes en Salamanca para cada año hidrológico de la serie (CEDEX, 2018).

A partir de estos caudales, se determinan los caudales de avenida del Tormes, para lo cual se emplean dos métodos estadísticos: Gumbel y SQRT-ET Max.

Método de Gumbel (Viessman & Lewis, 2003): se trata de un método estadístico basado en la distribución de Gumbel que nos permite estimar el caudal que se producirá cada ciertos años. En primer lugar deben de conocerse la media aritmética de la muestra o caudales máximos ($X_m = 148.70$) y la desviación estándar de la muestra ($S_x = 129.97$). Tras esto, deben obtenerse unos parámetros (μy σy), cuyo valor se encuentra tabulado y es dependiente del número de datos que contiene la muestra (35 años), siendo para este caso sus valores: $\mu y = 0.5403$; $\sigma y = 1.1285$. Además, debe tenerse en cuenta que $F(x)$ es la probabilidad de que se presente un valor igual o menor a x , por lo que para insertar el periodo de retorno debemos tomar: $F(x) = 1 - (1/T)$. Una vez conocidos todos los parámetros de la ecuación (Ec. 17), se estiman los correspondientes caudales para cada T .

$$Q = -\ln[-\ln(F(x))] \cdot \alpha + u \quad \text{donde: } \alpha = \frac{S_x}{\sigma y}; \quad u = X_m - \mu y \cdot \alpha \quad \text{Ec. 17}$$

Método SQRT-ET max (Zorraquino, 2004): pretende corregir el efecto de infravaloración existente en la distribución de Gumbel para los valores de precipitación asociados a altos periodos de retorno. El modelo se basa: 1- la intensidad y la duración de un aguacero son variables estadísticamente independientes; 2- la duración se distribuye como una variable exponencial y la intensidad máxima como una variable tipo Gamma; 3- la cantidad de lluvia caída es proporcional al producto de la duración y la intensidad máxima. Se trata de un método con complejas formulaciones matemáticas, y la estimación directa de los parámetros de la función SQRT-ET Max no se puede efectuar de manera analítica, teniendo que resolverse mediante la utilización de mapas de isohietas que proporcionen los valores, o bien, como en este caso, con una tabla de conversión que relaciona esta función y la de Gumbel para series con coeficientes de variación entre 0.30-0.99.

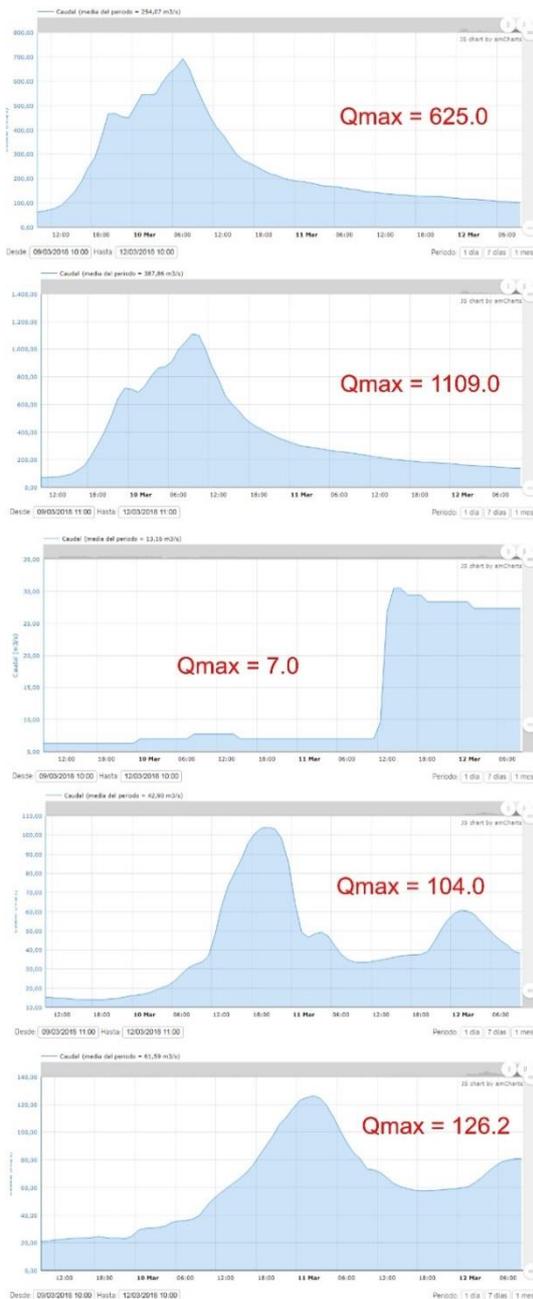


Figura 133. Evolución de caudales en las estaciones de aforo (9-12 de marzo). De arriba a abajo: Barco de Ávila, Puente de Congosto, salida del embalse, Encinas de Abajo y Salamanca (SAIH Duero, 2018).

Debe tenerse en cuenta que estos datos de caudales son propios de un río regulado. Esto se debe a la presencia del pantano de Santa Teresa, ubicado unos 50 km aguas arriba de Salamanca, destinado principalmente a riego y a controlar el caudal del Tormes. Esto puede provocar, que no se evalúe correctamente la magnitud de una avenida en un escenario en el que el embalse esté al máximo de su capacidad y no pueda retener agua para minimizar el caudal.

Para mostrar un ejemplo de la regulación que el embalse ejerce sobre el caudal del río, se siguió la evolución del caudal en un periodo de lluvias intensas (Marzo 2018) (Fig. 133). Durante el primer tercio del mes de marzo de 2018, se produce sobre la Península un importante episodio de lluvias fruto del paso de sucesivos frentes atlánticos, que dejaron cuantiosas lluvias, siendo estas muy superiores a las medias registradas, especialmente en zonas montañosas del oeste. Con motivo de ello, y unido al deshielo de la nieve acumulada, los ríos amasan grandes cantidades de agua que el terreno ya no puede incorporar, y fruto de ello los caudales experimentaron un fuerte incremento. Debe apuntarse que este episodio de lluvias viene precedido de un gran periodo de estiaje en el que las lluvias fueron muy inferiores a la media a lo largo de casi dos años, produciéndose una intensa sequía y problemas de abastecimiento de aguas en numerosos puntos.

A través del Sistema Automático de Información del Duero, se estudia la evolución de los caudales punta del Tormes, registrados en las distintas estaciones de aforo durante los días 10-11 de marzo (Fig. 133 y Fig. 134). La primera estación de aforo analizada, y aún en la provincia de Ávila, se encuentra en Barco de Ávila (2085) y mostró para el episodio un caudal máximo instantáneo de $625 \text{ m}^3/\text{s}$ (7:30, 10/Marzo). Ya en la provincia charra, la estación de Puente del Congosto (2081) registró a las 10 h. del 10/03 un máximo de $1109 \text{ m}^3/\text{s}$. Aguas abajo el río se embalsa en Santa Teresa. A su salida, la estación de aforo (2140) muestra para todo el día 10 una salida de caudal de $7 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que el caudal de avenida quedó controlado. Aguas abajo, se encuentra la estación de Encinas de Abajo (2545) que arroja un pico de $104 \text{ m}^3/\text{s}$ (19 h.), fruto del agua recibida de los ríos que drenan la comarca de Peñaranda, y con cabecera en la cara norte de Gredos. Finalmente, el Tormes llega a Salamanca (2087) donde se registra un caudal máximo de $126 \text{ m}^3/\text{s}$ (2 h, 11/3) (SAIH Duero, 2018).

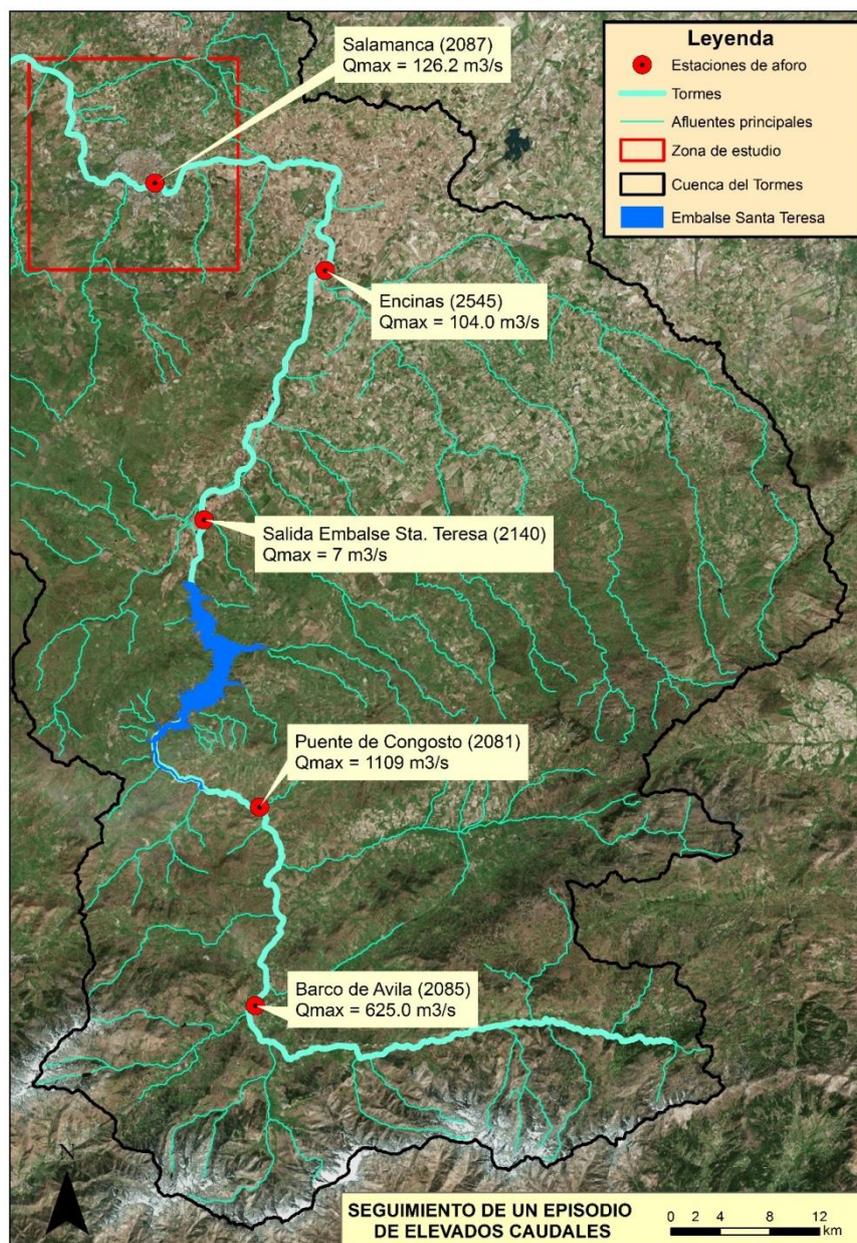


Figura 134. Mapa hidrológico representativo del río Tormes, su cuenca y principales afluentes desde su cabecera hasta las inmediaciones de la ciudad de Salamanca. Aparecen representadas las diferentes estaciones de aforo tenidas en cuenta, así como los Qmax que arrojaron en el episodio en cuestión.

Como se ha visto, el Tormes en Salamanca no llevará en circunstancias normales elevados caudales debido a la regulación del embalse de Santa Teresa, siendo caudales normales aquellos que oscilan entre 5-30 m³/s. No obstante, si concurrieran algunas circunstancias, quizás el embalse no podría retener un hipotético caudal de avenida de “grandes dimensiones”, aunque si lo podría “regular” en parte. En el episodio estudiado, el embalse dobló su agua embalsada en tan solo 10 días, hasta el 80 % de capacidad. Respecto a caudales, el máximo alcanzado en Salamanca suponía apenas un 10% del registrado como máximo aguas arriba de Santa Teresa (126 m³/s en Salamanca por 1109 m³/s en Puente de Congosto), por lo que de no existir esta regulación, se podría haber registrado en Salamanca un pico bastante elevado que seguramente habría causado multitud de daños y pérdidas (Fig. 135). Sin embargo, aunque generalmente siempre exista la posibilidad regular el caudal, se deben de tomar las medidas oportunas para afrontar posibles periodos de elevados caudales que pueden ocurrir en época de fuerte lluvia y un embalse a gran capacidad (con poca capacidad de regulación).



Figura 135. Tormes en Puente Romano: A) Caudal normal; B) Caudal en época lluviosa (Marzo/18).

Para precisar mejor un hipotético escenario de riesgo, se procede a identificar el caudal máximo “histórico” del Tormes registrado en la estación de aforo charra, el cual corresponde a una fecha anterior a la construcción de la presa de Santa Teresa. Según la información contenida en los registros históricos de la estación de aforo, el máximo caudal oficial alcanzado por el Tormes a su paso por Salamanca data de enero de 1941, y se cuantifica en 2004.29 m³/s, y que además corresponde al caudal medio máximo del día con mayor caudal del año, por lo que el caudal máximo instantáneo debió de ser superior (CEDEX, 2018). Este dato, debe considerarse como válido a tenor del estudio de seguimiento de caudal en una época de lluvias intensas expuesto anteriormente en un escenario de ausencia de regulación del caudal en el embalse, e indica la virulencia que el Tormes puede alcanzar en periodos de elevadas precipitaciones, si bien no se puede precisar el periodo de retorno de ese caudal. En la serie histórica aparecen otros datos de grandes caudales registrados en Salamanca: 1412.69 (12/1939) ó 1500.17 (12/1937). Estos caudales elevados del Tormes, en periodos de tiempo relativamente cercanos, sugieren una relativa facilidad del Tormes para alcanzar caudales elevados, y lo convierten en un río con alto riesgo de avenidas, además de corresponderse, con alta probabilidad, con caudales de avenida ligados a periodos de retorno de unos pocos años.

Método Hidráulico.

Durante esta fase se pretenden definir las características principales del cauce y de las zonas cercanas al mismo por donde transitará el flujo de avenida. Para ello, se emplea,

además del SIG habitual, ArcMap, un programa específico que evalúa este tipo de riesgos por inundación: HEC-RAS (Fig. 136). Es necesario para la edición de los diferentes componentes del cauce, así como para la elaboración de la cartografía de inundación, habilitar una herramienta adicional en el SIG (HEC-GeoRAS) que permita tanto editar y transferir como obtener y procesar diferente información espacial con el programa HECRAS. En este proceso, el software utilizado fue: ArcMap v.10.1 y v.10.5, HEC-GeoRAS v.3.1.1 y HEC-RAS v.3.1.3.

HEC-RAS es un programa de dominio público desarrollado por un cuerpo de ingenieros pertenecientes al Hydrologic Engineering Center –HEC– del Institute for Water Resources, vinculados al U.S. Corps of Engineers del ejército de los EEUU. Se trata de un software ampliamente aceptado y utilizado en el campo de la ingeniería fluvial, especialmente para el estudio de episodios de inundación, si bien también puede emplearse con fines de estimación de daños causados por riadas o para la gestión, estudio y planificación de riberas y espacios fluviales. Su éxito radica en su gran capacidad de cálculo y procesamiento de datos, además de la cantidad de escenarios que admite en cuanto a condiciones del flujo se refiere.

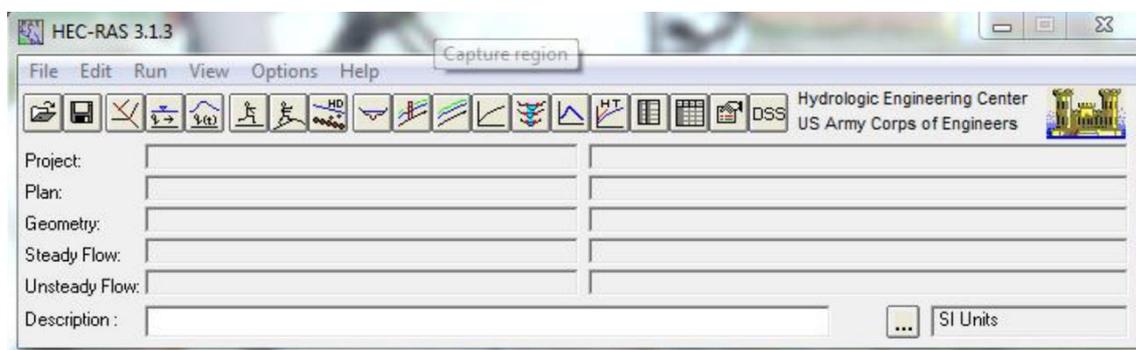


Figura 136. Vista general del menú principal del programa HEC-RAS v.3.1.3.

En primer lugar, para la caracterización hidráulica, se debe modelizar la topografía y formas del terreno. Debido a la amplia extensión de la zona de estudio, se decidió emplear como soporte cartográfico el modelo digital del terreno (MDT) escala 1:25000, de la zona de estudio, a partir del cual se elaboró el TIN (Triangulate Irregular Network), que es utilizado por el HEC-RAS y por el HEC-GeoRAS como fuente de datos de elevaciones. Tras esto, se procede a la modelización hidráulica en sí, en la que se estudian y definen diferentes parámetros, empleándose HEC-RAS y HEC-GeoRAS:

Geometría de la red de drenaje.

Se digitalizaron los diferentes componentes del cauce en ArcMap mediante HEC-GeoRAS (Fig. 137A). En primer lugar se define el eje del cauce o canal (Channel), a partir de modelo digital del terreno y curvas de nivel, siguiendo el mismo los puntos de menor altura. A continuación, se digitalizan las orillas (Banks) del cauce mediante fotointerpretación. Tras ello, debe definirse las dimensiones de lo que se corresponde con la llanura de inundación del río, la cual viene definida por las llamadas líneas de flujo (Flow Paths). Posteriormente, se definen las secciones trasversales (Cross sections) al cauce, que servirán al programa HEC-RAS como estaciones donde se modelizarán las alturas, velocidades, etc. de los episodios de avenida a partir de los datos de los caudales de retorno y de sus características espaciales y topográficas (Fig. 137B). Una vez digitalizados estos componentes, se pueden establecer la distribución de

diferentes elementos antrópicos que tienen influencia en el cauce, como puentes o diques, si bien no se han tomado en consideración debido a que están aceptablemente sobredimensionados, en general, en el caso de los puentes, y sus pequeñas dimensiones y escasa influencia, en el caso de los diques. No obstante, y por último, se definen las áreas sin flujo efectivo (Ineffective Flow Areas) que las infraestructuras antrópicas originan generalmente en los márgenes del cauce (aguas estancadas), así como las obstrucciones (Blocked Obstructions) al flujo que suponen algunas edificaciones presentes en el cauce (aceñas, viviendas, cerramientos...). Finalmente, los datos son exportados a HEC-RAS.

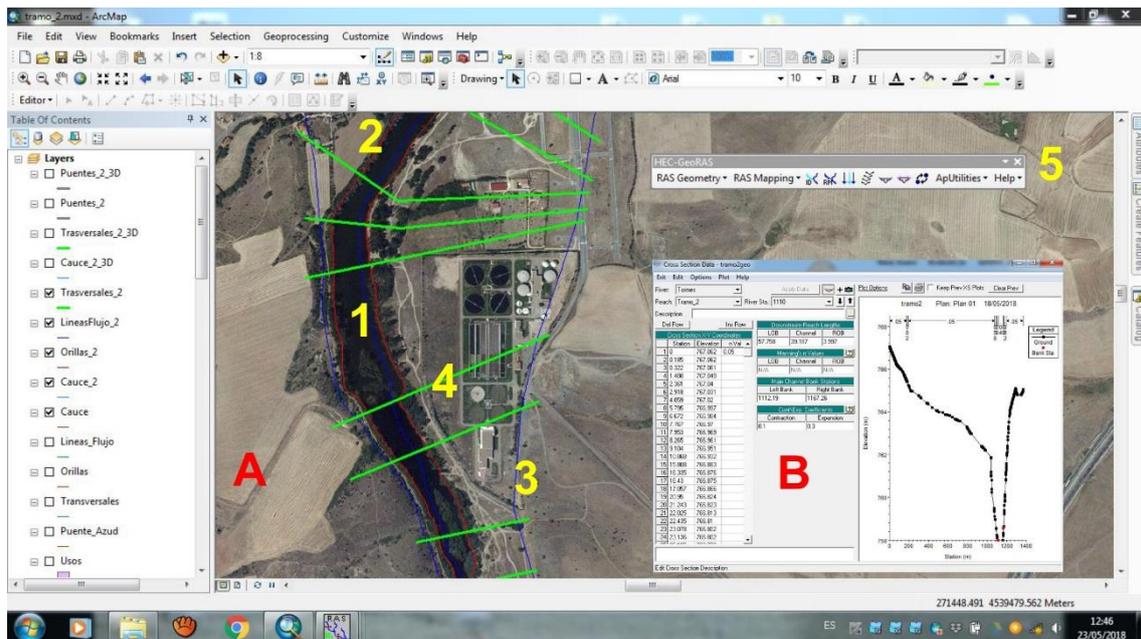


Figura 137. A) Digitalización de la geometría de las masas de agua junto a la EDAR de Salamanca: 1- Cauce principal; 2-Orillas; 3-Líneas de flujo; 4-Secciones transversales; 5-Herramienta HEC-GeoRAS empleada; B) Vista de una sección transversal del cauce en HEC-RAS.

Tipo de flujo.

La tipología del flujo viene determinado por el número de Froude (NF) que estima la relación entre las fuerzas de inercia y las gravitacionales: subcrítico si es un flujo lento ($NF < 1$, típico de aguas tranquilas), supercrítico para flujos rápidos ($NF > 1$, ligados a tramos de cabecera con altas pendientes) ó mixto ($NF = 1$). En función del tipo de flujo, posteriormente al determinar las condiciones de contorno se requerirá información aguas abajo, arriba, o ambas, respectivamente. En este caso, trabajamos con un régimen subcrítico, lo que implica que únicamente se deberán establecer posteriormente las condiciones de contorno aguas abajo para cada tramo. Además de ser un flujo subcrítico, se considera el flujo como permanente, por lo que los niveles del agua serán constantes en el tiempo, así como unidimensional, es decir, únicamente tiene en cuenta los movimientos de agua en sentido descendente (o aguas abajo), con corrientes de agua paralelas reguladas por un régimen de presiones hidrostáticas. El objetivo es considerar un tipo de flujo estable respecto a las condiciones de contorno, que permita la caracterización de los diferentes episodios de avenida, ya que el cálculo con un modelo inestable, seguramente más preciso, se requerirían gran cantidad de datos adicionales y una mayor complejidad numérica, lo que hace inviable su realización en este trabajo.

Condiciones de contorno.

Son establecidas mediante HEC-RAS. Existen diferentes tipos de condiciones de contorno aplicables para la modelización hidráulica, en función del tipo de flujo existente o de los datos disponibles como profundidades o pendiente media del cauce. Son necesarias para que el programa HEC-RAS pueda determinar la altura de la lámina de agua en los perfiles de cada tramo. También en este apartado se incorporan al estudio los caudales de diseño, así como los distintos coeficientes de rugosidad del cauce (establecidos por el número de Manning). En primer lugar, en relación con las condiciones de contorno, existen cuatro tipologías: curva de gasto (Rating Curve), Alturas de Superficie del agua conocidas (Known Water Surface Elevations), Profundidad Crítica (Critical Depth) y Profundidad Normal (Normal Depth), siendo las dos últimas las más habituales. En este caso, se emplea como condición de contorno la Profundidad Crítica, calculando la misma el programa en cada perfil, siendo una opción habitual cuando se carece de datos precisos en el inicio del estudio. Debido además al tipo de flujo (subcrítico), la condición de contorno debe de ser especificada exclusivamente “aguas abajo” del inicio de cada tramo (Fig. 138A). En segundo lugar, el caudal de diseño de cada tramo es aquel determinado anteriormente en el Método Hidrológico. Se trata de un caudal máximo para cada periodo de retorno calculado en un punto, generalmente en el inicio de cada tramo, y que se considera constante y representativo para todo el conjunto de dicho tramo (Fig. 138B). En los nodos o zonas de convergencia de dos corrientes de agua, se asume que el caudal resultante a partir de ese punto, y que constituye un nuevo tramo, es la suma de los caudales máximos para cada retorno de cada masa de agua, si bien en la realidad la punta de la crecida en cada uno puede no encontrarse “en fase”. Por último, se establece la rugosidad del cauce, que representa la resistencia que las diferentes coberturas, tipologías o usos del suelo presentan al paso del agua. Para ello, se digitalizan mediante el SIG diferentes coberturas y usos del suelo de las zonas aledañas al cauce, a las cuales se les asigna un valor n de Manning en función de su comportamiento frente al paso del agua, empleando para ello valores típicos para cada cobertura promulgados por el cuerpo de Ingenieros de los EEUU en base a procedimientos experimentales. En la modelización hidráulica, HEC-RAS fracciona el volumen de agua total que transcurre por una determinada sección del cauce en función de los valores n de Manning existentes.

Una vez diseñada la geometría del cauce, y establecidas las condiciones de contorno, caudales de diseño para cada periodo y demás parámetros hidráulicos, el HEC-RAS aglutina y procesa toda esta información durante el proceso de modelización hidráulica, tras el cual estima la altura de la lámina de agua en cada sección de los diferentes tramos estudiados para los distintos periodos de retorno, así como la profundidad y la velocidad de las misma en cada punto (Fig. 139). Tras esto, la información es exportada del HEC-RAS en formato compatible con el SIG, donde la aplicación HEC-GeoRAS procesa esta información y se elaboran las diferentes cartografías de inundación para cada periodo de retorno (5, 50, 100 y 500 años): se obtiene una capa vectorial con la extensión de la lámina de agua, así como dos capas ráster que contienen cada una información de profundidad o de velocidad en cada punto del tramo en cuestión. Finalmente se elaboran los Mapas de Inundación, empleando el archivo vectorial que contienen la distribución espacial de la lámina de agua para cada T. Para el caso de los Mapas de Isobatas (profundidad de la lámina de agua) e Isotacas (velocidad de las aguas), los archivos ráster fueron reclasificados para obtener intervalos representativos de velocidades y de profundidad, y finalmente fueron convertidos a formato vectorial.

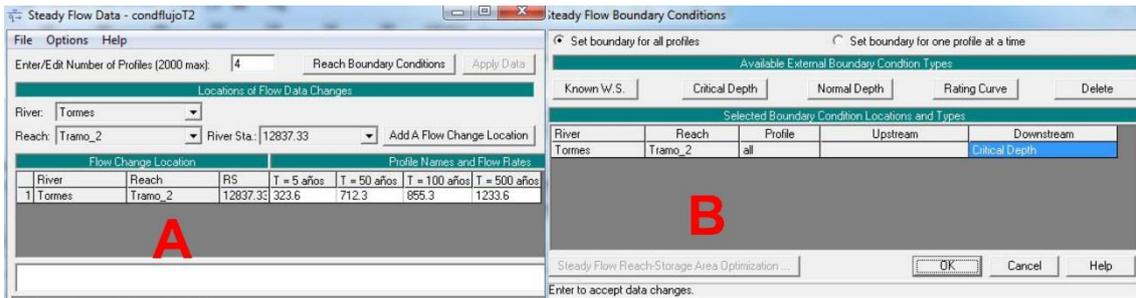


Figura 138. Incorporación de parámetros hidráulicos a HEC-RAS: A) Caudales de diseño para los diferentes periodos de retorno; B) Profundidad Crítica como condición de contorno aguas abajo.

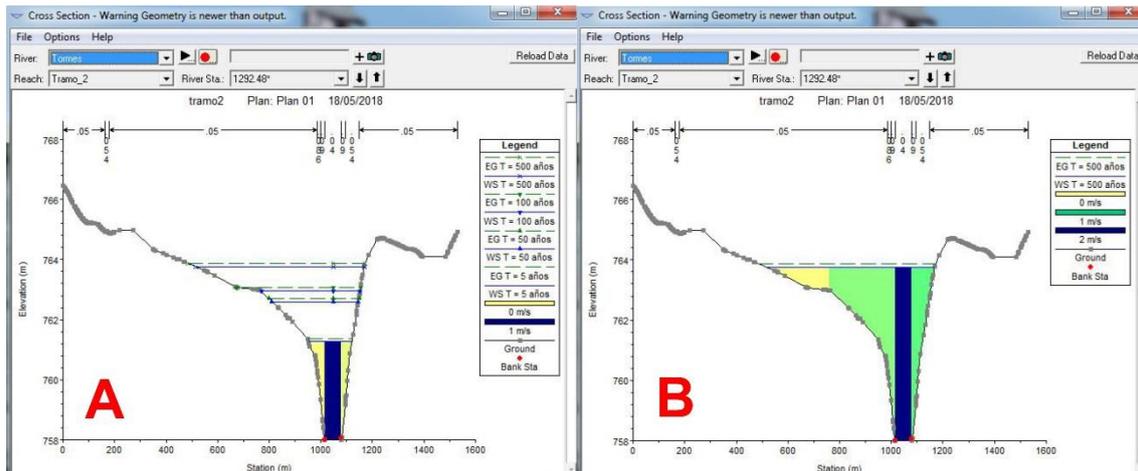


Figura 139. Vista de la altura, profundidad y velocidad de la lámina de agua en una sección transversal (estación) para fenómenos de inundación del Tormes con un retorno de: A) 5 años; B) 500 años.

Finalmente, también se modeliza mediante el HECRAS el episodio de avenida que pretende plasmar la virulencia que puede alcanzar el Tormes en ausencia de regulación. Para ello, el procedimiento es similar al descrito, en el que HECRAS aprovecha la geometría del cauce ya realizada, y analiza el episodio debiéndose insertar únicamente el caudal en cuestión ($2004.3 \text{ m}^3/\text{s}$), exportándose posteriormente la modelización al SIG, donde se confeccionan las cartografías temáticas correspondiente a dicho episodio.

4.2.4. Resultados del Método Hidrológico-Hidráulico.

Caudales estimados

Como se explicó, se emplearon diferentes metodologías para la obtención de los caudales máximos para cada periodo de retorno, en función de si se trataba del Tormes o de sus tributarios.

Para el caso del Tormes, a partir de los datos de la serie considerada (1979-2014), se obtuvieron los caudales máximos instantáneos para distintos periodos de retorno según el método Gumbel y SQRT-ET Max (Tabla 48).

Caudal de retorno Tormes	Método	Periodos de retorno, T (años)						
		5	10	25	50	100	200	500
Q máx instantane $Q_{ci}(\text{m}^3/\text{s})$	Gumbel	259.2	345.0	454.9	535.9	616.3	696.4	802.1
	SQRT-ET Max	217.3	300.8	422.6	524.4	635.2	754.6	926.0

Tabla 48. Tabla con los caudales de retorno del Tormes estimados a su entrada en Salamanca.

Para el caso de los tributarios principales del Tormes, se realizó el cálculo de los caudales de retorno mediante el Método Racional Modificado. El análisis se efectuó sobre toda la cuenca de estos arroyos, y la estimación de sus caudales máximos sirvió, además de para estudiar el riesgo de inundación asociado a ellos, para conocer su aporte al Tormes y poder conocer la variación de caudal que éste experimenta en las distintas confluencias con sus tributarios. Por ello, en primer lugar, deben determinarse una serie de parámetros que caractericen a cada cuenca, y que posteriormente son necesarios para el cálculo de caudales: área de la cuenca, cota máxima, cota mínima, longitud del cauce, pendiente media del curso, tiempo de concentración, usos principales del suelo y tipos de suelo, atendiendo esto a los criterios de la norma 5.2-IC (Tabla 49).

Una vez establecidas las características de la cuenca, se procede al cálculo de caudales de los tributarios seleccionados, para lo cual se deben determinar todos y cada uno de los parámetros necesarios según el Método Racional Modificado y la normativa que lo regula (Tabla 50). Se determinaron dos caudales diferentes para cada T, debido a las dos modalidades de cálculo del coeficiente corrector (β) del umbral de escorrentía (P_o), lo que da lugar a la existencia de dos coeficientes de escorrentía (C) en cada caso. Posteriormente, será empleado el mayor de ellos, con el objetivo de prever el peor escenario posible.

Los caudales de diseño empleados finalmente en la simulación (Tabla 51), serán: 1) para el caso de los arroyos tributarios –Encina y Zurguén- aquellos obtenidos a partir de la aplicación del Método Racional; 2) para el tramo alto del Tormes, los obtenidos a partir de las ecuaciones de SQRT-ET Max y Gumbel aplicadas a los caudales registrados en la estación de aforo de Salamanca; y 3) los caudales registrados en el tramo alto del Tormes, más el caudal que aporta cada uno de los tributarios, según el caso.

Finalmente, después de calcular los diferentes caudales de cada tramo en función del periodo de retorno, se insertan en el programa HEC-RAS, el cual modeliza cada escenario de avenida, obteniéndose para cada periodo de retorno la extensión de la lámina de agua (zona inundada), así como la velocidad y profundidad de la misma en cada lugar (cartografía de isotacas e isobatas, respectivamente). Estos datos, son exportados a ArcMap, donde se elabora para los periodos de retorno de 5, 50, 100 y 500 años, la cartografía relativa a estos episodios: extensión de la lámina de agua (Fig. 140); Isobatas (Fig. 141); e Isotacas (Fig. 142).

Como se ha comentado, la regulación que realiza el embalse de Santa Teresa sobre el caudal del Tormes, provoca que, al estimar los caudales de diseño para los distintos periodos de retorno, estos queden infravalorados y no reflejen el potencial peligro que el río pueda tener. Para plasmar esta diferencia, se realizó la cartografía de inundación para un periodo de avenida ocurrido antes de la realización de dicha presa, concretamente el sucedido en enero de 1941, pues es el que proporciona el caudal más elevado de toda la serie histórica de la estación de aforo de Salamanca (Fig. 143).

Cuenca	Sup (km ²)	Cota max (m)	Cota min (m)	Long (km)	Pendiente (%)	t _c (h)	Uso suelo	Tipo suelo
Ayo. la Encina	133	874	759	26	0.4423	9.99	Agrícola	B
Ayo. Zurgüen	126	1021	772	24	1.0375	8.00	Cultivo/pasto	C
A. de la Fuente	24	935	761	11	1.5818	4.08	Cultivo/pasto	C

Tabla 49 Parámetros característicos de las diferentes cuencas hidrográficas de los tributarios del Tormes estudiados.

Cuenca →		ARROYO DE LA ENCINA				ARROYO DEL ZURGÜEN				ARROYO DE LA FUENTE				
T (años) →		5	50	100	500	5	50	100	500	5	50	100	500	
Intensidad	I _d	P _d	47.3	75.3	84.8	108.6	43.7	69.5	78.3	100.3	44.9	71.4	80.4	103.0
		K _A	0.858				0.860				0.908			
		I _d	1.69	2.69	3.02	3.88	1.57	2.49	2.81	3.59	1.70	2.70	3.04	3.89
	F _{int}	F _a	2.215				2.603				4.152			
		F _b	2.389	2.273	2.324	2.380	2.776	2.715	2.711	2.769	3.616	4.792	4.823	5.013
		F _{int}	2.389	2.273	2.324	2.380	2.776	2.715	2.711	2.769	4.152	4.792	4.823	5.013
I _{total} (mm/h)	4.04	6.12	7.05	9.24	4.35	6.76	7.61	9.95	7.05	12.94	14.67	19.53		
Coef. Distr P, K _t		1.559				1.490				1.293				
Sup. cuenca (km ²)		133				126				24				
Coef. de escorrentía (C)	P _o ¹	23.2				16.6				21.7				
	β	β _M	1.50 (Región 22)				0.60 (Región 25)				1.00 (Regiones 22 y 25)			
		F _t	0.90	1.18	1.27	1.37	0.92	1.22	1.29	1.48	0.92	1.22	1.29	1.48
		D ₅₀	0.15				0.15				0.15			
		β ₁	1.35	1.77	1.91	2.06	0.55	0.73	0.77	0.89	0.92	1.22	1.29	1.48
	P _o	β ₂	1.22	1.59	1.71	1.85	0.41	0.55	0.58	0.67	0.78	1.04	1.09	1.26
		P _o ¹	31.32	41.06	44.2	47.68	9.16	12.15	12.85	14.74	19.92	26.41	27.93	32.04
	C	P _o ²	28.19	36.96	39.78	42.91	6.87	9.11	9.64	11.06	16.93	22.45	23.74	27.24
		C ₁	0.05	0.09	0.10	0.14	0.37	0.43	0.45	0.49	0.15	0.20	0.22	0.26
	Q _T (m ³ /s)	C ₂	0.07	0.11	0.13	0.17	0.47	0.53	0.55	0.59	0.20	0.25	0.27	0.31
Q ₁		11.1	31.5	40.5	75.7	83.5	152.2	180.1	255.8	9.4	22.8	28.2	43.2	
	Q ₂	16.2	40.2	50.8	90.6	106.3	187.9	220.1	307.6	12.1	28.3	34.5	52.0	

Tabla 50. Parámetros hidrológicos estimados para la obtención de los caudales de avenida de los tributarios del Tormes para cada periodo de retorno. I_d=Intensidad media diaria (mm/h); P_d=Prec. Máx diaria (mm); K_A=coef reductor de precipitación por área de cuenca; F_{int}=factor corrector de la intensidad (Fa ó Fb); K_t=coef. corrector de uniformidad de la precipitación; P_o=Umbral de escorrentía; P_o¹=Umbral de escorrentía inicial; β=coef corrector P_o; C=Coef de escorrentía; Q=Caudal

Tramo	Caudal de diseño (m ³ /s) según el periodo de retorno			
	5	50	100	500
Tramo alto del Tormes	217.3	524.4	635.2	926.0
Tramo Arroyo Zurguén	106.3	187.9	220.1	307.6
Tramo medio del Tormes*	323.6	712.3	855.3	1233.6
Tramo Arroyo la Encina	16.2	40.2	50.8	90.6
Tramo bajo del Tormes**	351.9	780.8	940.6	1376.2

Tabla 51. Caudales de diseño para cada T utilizados para la modelización del riesgo de inundación.
*Caudal del tramo alto del Tormes más Zurguén; **Sumatorio de los caudales del Tormes, A. la Fuente y A. Encina.

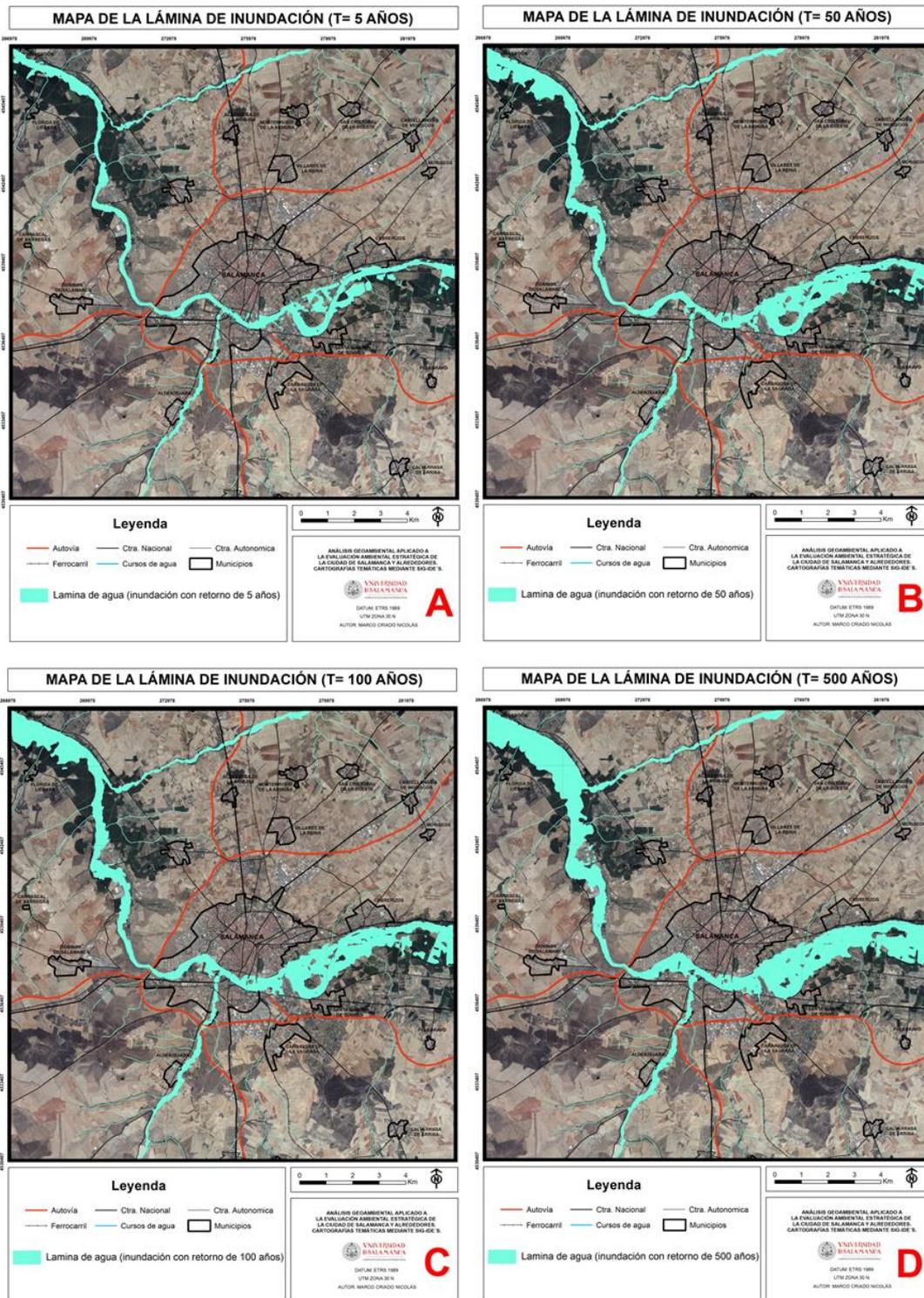


Figura 140. Zonas inundadas para avenidas con: A) T= 5 años; B) T= 50 a.; C) T= 100 a.; D) T= 500 a.

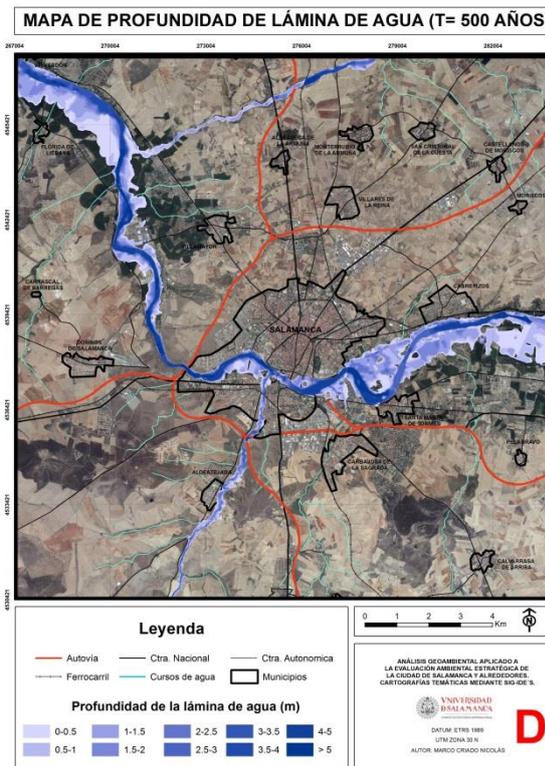
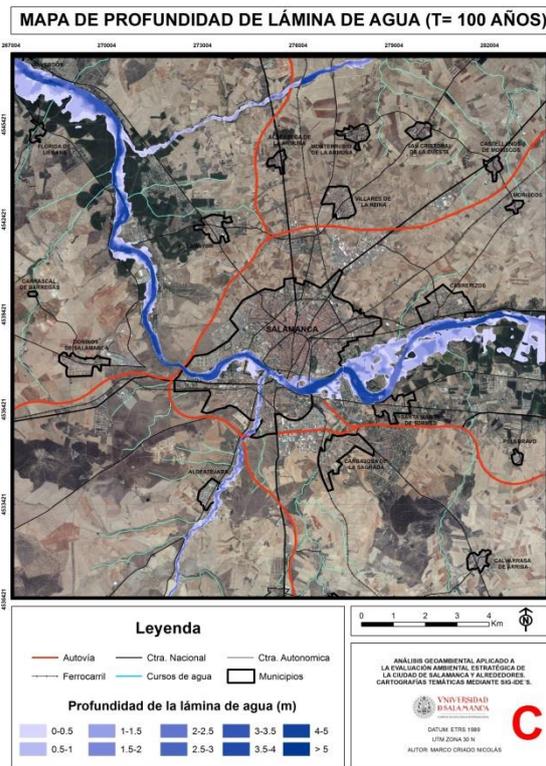
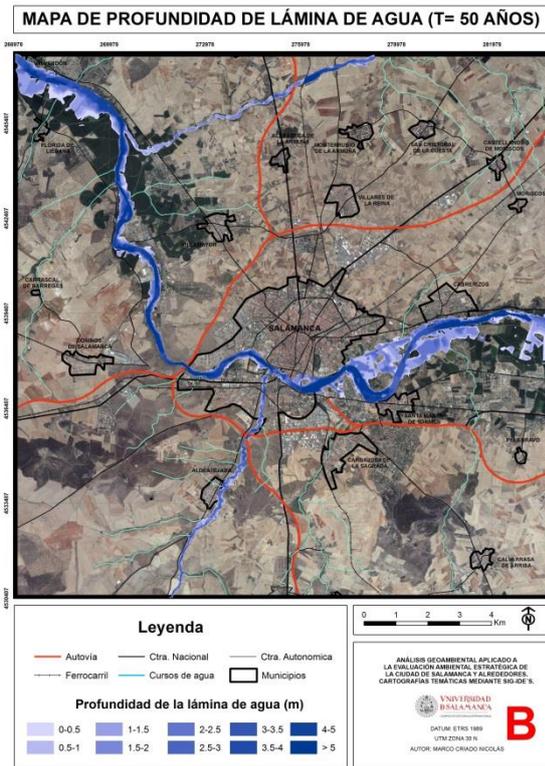
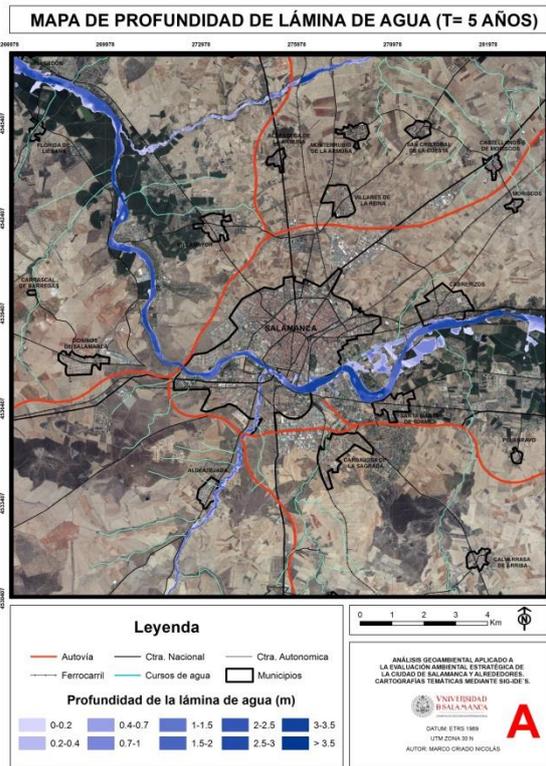


Figura 141. Mapas con la profundidad de la lámina de agua para fenómenos de avenida con: A) T= 5 años; B) T= 50 años; C) T= 100 años; D) T= 500 años.

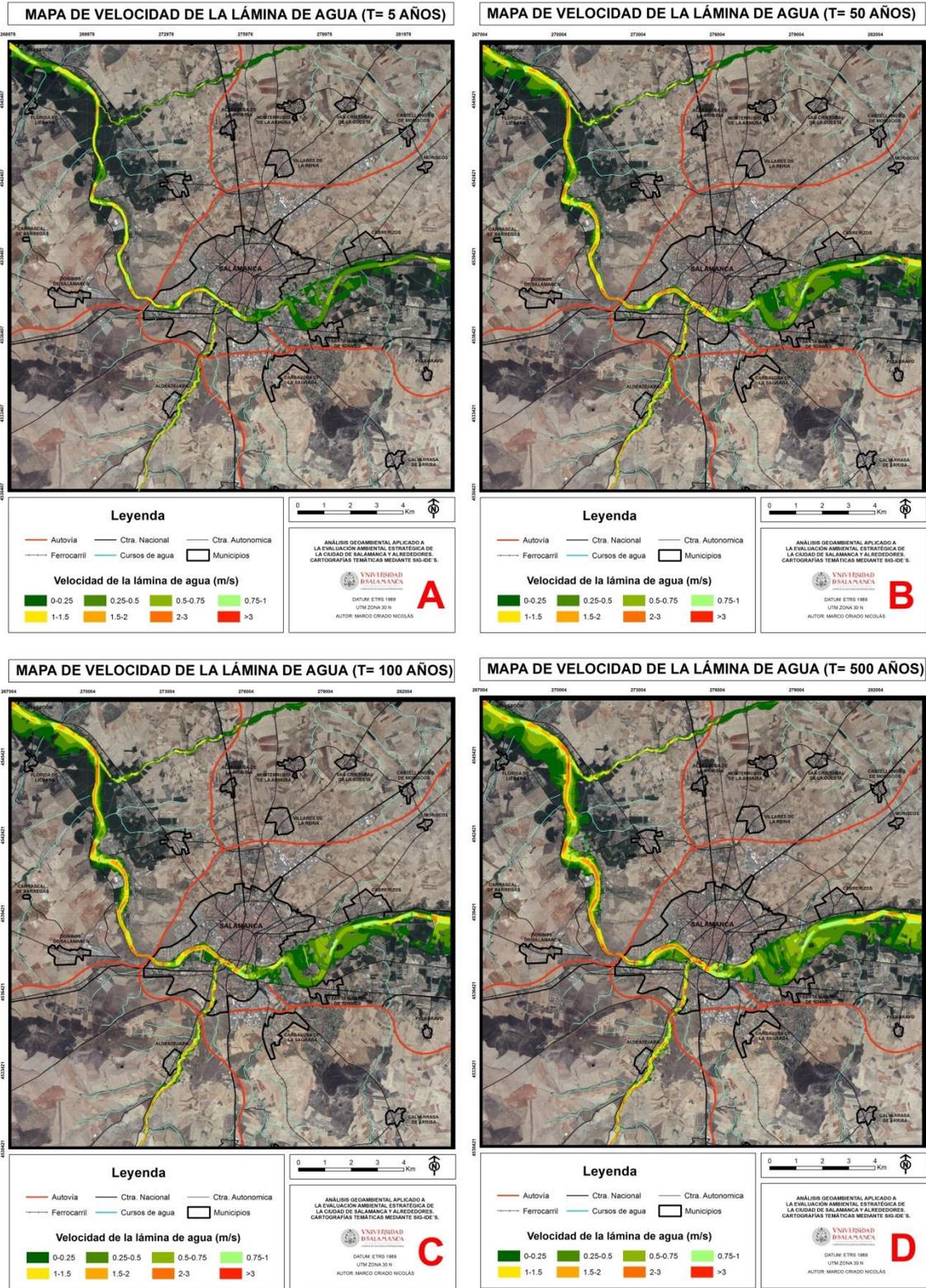


Figura 142. Mapas con la velocidad de la lámina de agua para fenómenos de avenida con: A) T= 5 años; B) T= 50 años; C) T= 100 años; D) T= 500 años.

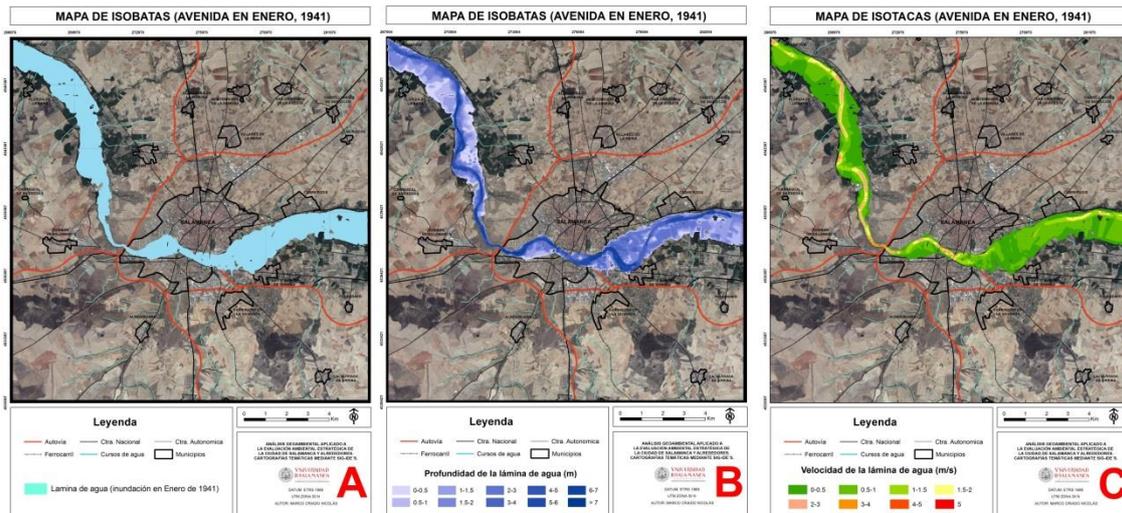


Figura 143. Extensión (A), profundidad (B) y velocidad (C) de la lámina para la avenida de 1941.

4.2.5. Riesgo de inundación en T.M. Salamanca y alfoz.

La expansión de las ciudades hacia las llanuras de inundación de los ríos, junto con los episodios de lluvias torrenciales cada vez más habituales, fruto del calentamiento global, hace que la población se encuentre más expuesta a los riesgos de inundación. Por tanto, simular correctamente estos episodios puede ser de gran ayuda para desarrollar acciones preventivas, de planificación y ordenación de recursos, o de actuación (Ayala-Carcedo & González-Jiménez, 2007). Por ello, se ha determinado el riesgo de inundación ocasionado por el Tormes a su paso por Salamanca, y alfoz, concretamente aguas arriba de la misma, desde Cabrerizos. Para ello, se ha desarrollado e implementado una metodología basada en SIG que a partir de los resultados obtenidos anteriormente y a través del estudio de los factores del riesgo permite evaluar el riesgo de inundación en cada área circundante al Tormes.

Los factores de riesgo son: peligrosidad, exposición y vulnerabilidad. El resultado de su conjunción simultánea es precisamente el riesgo (UNDRO, 1991). La peligrosidad se relaciona con la magnitud o severidad y con la frecuencia con la que se manifiesta el evento. A la profundidad y velocidad que alcanza la inundación se denota como magnitud, cuya intensidad dependerá del tiempo de retorno: a mayor retorno (menor frecuencia temporal y, por tanto, menor probabilidad de manifestarse) más intenso será el evento. En cuanto a la exposición, se corresponde con el conjunto de bienes (humanos, materiales, ecológicos, económicos...) que pueden ser dañados por la acción del peligro de acuerdo a su ubicación, y que actualmente debido al desarrollo económico, crecimiento de la población y al cambio climático, está aumentando (de Moel et al., 2011). La exposición de los elementos al riesgo de inundación, se estima según su ubicación, principalmente de acuerdo con su distancia al cauce. Por otro lado, la vulnerabilidad se refiere a la pérdida esperable de un elemento concreto expuesto a la inundación, y depende de las características intrínsecas de cada elemento (Balica et al., 2013; Rufat et al., 2015; Zachos et al., 2017).

Por tanto, los objetivos que persigue conseguir esta metodología son: 1.- analizar el riesgo de inundación provocado por el río Tormes a su paso por Salamanca y alfoz; 2.- delimitar las áreas, infraestructuras y edificaciones que podrían verse afectadas, y 3.-

estimar la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad existente. Con ello, se podrán identificar las zonas no aptas para urbanizar y elaborarse medidas preventivas y planes de actuación en caso de inundación sobre los elementos vulnerables.

La metodología está basada en el software HEC-RAS y ArcMap de ESRI, así como su herramienta HEC-GeoRAS, que sirve de “puente” entre ambos programas. El procedimiento global abarca dos fases. La inicial debe caracterizar el episodio de inundación, y ya ha sido expuesta. A partir de esta información, se estima el riesgo de inundación, previo estudio de los 3 componentes que lo determinan.

Para determinar el riesgo de inundación, se estudian tres escenarios de hipotéticas inundaciones, que se corresponden con periodos de retorno de 5 (T5), 100 (T100), y 500 (T500) años. El T5 se corresponde con episodios de alta probabilidad y baja magnitud, el T100 con episodios de probabilidad media e intensidad moderada-alta, y el T500 con eventos de baja probabilidad, pero muy alta intensidad.

Una vez caracterizada la lámina de agua en cada periodo de retorno, se analiza el riesgo y sus componentes. La peligrosidad se obtiene como resultado de combinar la profundidad y la velocidad que alcanza la lámina de agua de cada caso, la exposición se determina delimitando los edificios e infraestructuras afectadas por la inundación de cada escenario, y la vulnerabilidad de cada elemento expuesto se determina a partir del estudio de sus características. Superponiendo a esta cartografía la de usos del suelo, pueden obtenerse cómo afecta la avenida a cada tipo de cobertura del suelo.

Para determinar la peligrosidad, las capas ráster de velocidad y profundidad obtenidas tras el análisis con el programa HEC-RAS, son reclasificadas de manera que se identifican tres rangos de intensidad tanto para velocidad como para profundidad: 1) bajo, si la profundidad es menor a 0,5 m y en el caso de la velocidad, menor a 1 m/s; 2) medio, cuando la profundidad oscila entre 0,5-2 m y la velocidad entre 1-2 m/s; y 3) alto, si la profundidad es mayor a 2 m y la velocidad superior a 2 m/s. Después, los modelos relativos a estas dos magnitudes son multiplicados (velocidad: 1, 2, 3 × profundidad: 1, 2, 3), y los resultados (1, 2, 3, 4, 6, 9) son reclasificados en niveles de alta (9), media (4, 6), y baja magnitud (1, 2, 3). Las zonas de baja peligrosidad no suponen en general afección a bienes, siendo únicamente vulnerables objetos de pequeño tamaño y los vehículos. Las zonas de peligrosidad media y moderada pueden afectar, además, a edificaciones de débil estructura. En las zonas de alta peligrosidad, cualquier tipo de construcción puede verse afectada.

En relación con la exposición de los elementos presentes en la ribera del Tormes, en primer lugar, debe obtenerse una cartografía que incluya aquellos elementos que, de acuerdo a su ubicación, potencialmente podrían ser inundados. Del programa SIOSE se obtiene una clasificación de usos del suelo que es refinada a través del análisis de ortofotos y mediante trabajo de campo para precisar mejor los elementos expuestos a los diferentes escenarios, en este caso, vías de comunicación (donde diferenciamos carreteras o viales urbanos, carril bici y caminos no asfaltados) y edificios (se consideran naves agrícolas, casetas de aperos, pisos, adosados, industriales, educativos, deportivos y de tiempo libre y otros tipos). Una vez determinados estos elementos, es preciso averiguar si efectivamente están expuestos a los distintos eventos de inundación, o no. Para ello, la cartografía de peligrosidad para cada periodo de retorno se superpone a la cartografía de elementos expuestos. De esta manera, se identifican las

infraestructuras y edificaciones que pueden verse afectadas en cada evento, y si están expuestas a peligrosidad alta, media o baja, dando lugar a exposiciones altas, medias o bajas, respectivamente. A continuación, mediante una operación de análisis espacial del SIG, se estima la longitud de infraestructuras y el número de edificios de cada tipo que serán afectados en cada escenario.

Tras evaluar la exposición, se analiza la vulnerabilidad de los elementos expuestos a inundación. Para insertar el valor de la vulnerabilidad en el análisis del riesgo, se agrupan los diferentes elementos expuestos en categorías según su tipología y naturaleza constructiva, dando lugar a inmuebles con vulnerabilidad alta, media o baja (Tabla 52). Así, la vulnerabilidad evalúa la respuesta de las edificaciones a la inundación, lo que dependerá de su robustez y resistencia (características constructivas).

Tipos de elementos expuestos		Vulnerabilidad
Infraestructura vial	Carreteras	Media
	Carril bici y caminos	Alta
Edificios	Pisos, adosados, industriales, educativos, deportivos y de tiempo libre y otros	Media
	Agrícola y casetas de aperos	Alta

Tabla 52. Tipos de elementos expuestos a las inundaciones y vulnerabilidad que presentan.

Finalmente, se estima el riesgo de inundación del Tormes a su paso por Salamanca. Para estimar el riesgo final, se combinan las capas correspondientes a peligrosidad, exposición y vulnerabilidad, las cuales se reclasifican en tres niveles (Alto=3, Medio=2, Bajo=1) de acuerdo con la fórmula de estimación del riesgo (Ec. 18). Como resultado de la multiplicación, se obtienen valores de 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 18 y 27 unidades, que se reclasifican, dando lugar a categorías de riesgo de inundación: muy bajo (1 y 2 unidades), baja (3 y 4), media (6 y 8), alta (9 y 12) y muy alta (18 y 27).

$$Riesgo = Peligrosidad \times Exposición \times Vulnerabilidad \quad \text{Ec. 18}$$

Los resultados presentados se centran en el estudio del Tormes a su paso por la ciudad de Salamanca a fin de mostrar más detalladamente los mismos, debido a que es la zona de mayores complicaciones. Para modelar las inundaciones en cada escenario (retornos de 5, 100 y 500 años), se emplearon los caudales de retorno obtenidos del estudio hidrológico-hidráulico (Tabla 48), estimados a partir del método Gumbel y empleando los estadísticos de la serie histórica de caudales (Tabla 47). HEC-RAS simula la transición de estos caudales por el cauce, y la información resultante es procesada con el SIG y se obtienen las cartografías de profundidad (Fig. 144) y de velocidad (Fig. 145) de la lámina de agua para cada periodo de retorno. Obviamente, las mayores profundidades se alcanzan en las zonas correspondientes al cauce del río, similar a lo que ocurre con la velocidad, si bien esta puede variar según la profundidad y el tipo de superficie (rugosidad del terreno) sobre la que discurra el agua en cada momento.

Peligrosidad

La probabilidad de que las diferentes zonas aledañas al cauce del Tormes se inundan depende de la intensidad del evento en cuestión. Las orillas y espacios inmediatos al río presentan mayores probabilidades, mientras que en las más alejadas la probabilidad es menor al requerir la ocurrencia de un evento de mayor energía (Fig. 146). En lo referente a la magnitud, es siempre más elevada en las zonas cercanas al cauce, ya que

la profundidad y la velocidad son más elevadas. La magnitud es menor en las llanuras de inundación, si bien en los eventos de mayor periodo de retorno se observa que las zonas de alta y media magnitud aumentan y se expanden hacia estas.

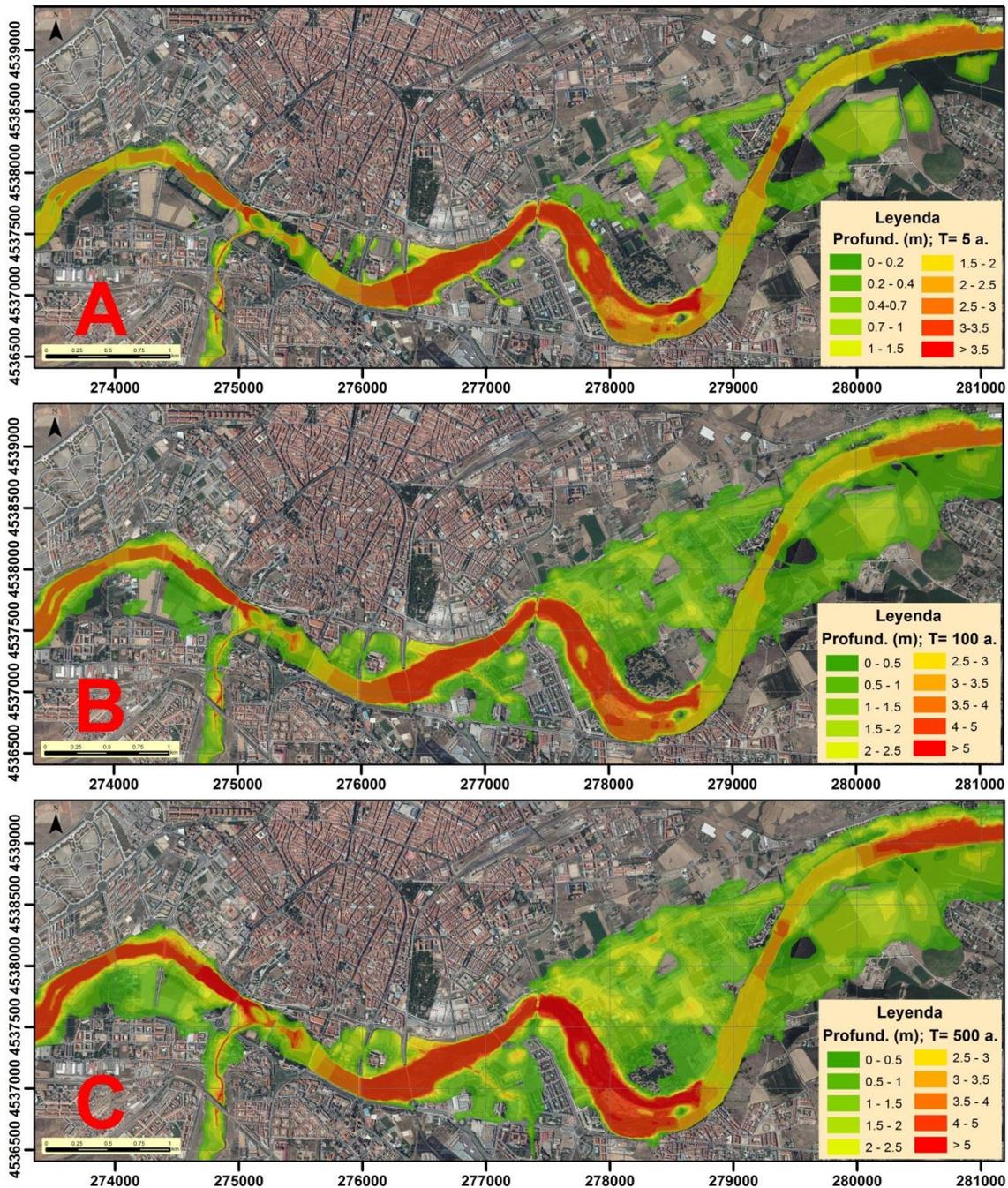


Figura 144. Profundidad del agua (m) en periodos de: A) T = 5 años; B) T = 100 a.; C) T = 500 a.

A partir de la magnitud y probabilidad estudiada, se realizan mapas de peligrosidad para cada periodo de retorno estudiado (Fig. 147). Estos mapas indican el peligro existente en cada escenario tanto para los diferentes bienes materiales como para las personas. El riesgo hacia las personas se corresponde con aquellas zonas de alta y media peligrosidad, si bien puede variar según las características del individuo en cuestión. Por su parte, la afección a los bienes se divide en tres intervalos coincidentes con los de la peligrosidad: bajo, que supone peligro para vehículos y elementos ligeros; medio, donde las construcciones débiles e inestables podrían sucumbir; y alto, donde todas las

edificaciones e infraestructuras pueden verse dañadas. Como se observa en la cartografía, la mayor peligrosidad se da en zonas anejas al cauce, siendo generalmente media o baja en zonas de la llanura aluvial, lo que es debido a la amplitud de la llanura aluvial del Tormes, que permite expandirse mucho a la lámina de agua. Finalmente, superponiendo la cartografía de peligrosidad sobre la de usos del suelo, podemos saber cuál será la afección a cada tipo de cobertura en los diferentes periodos (Tabla 53).

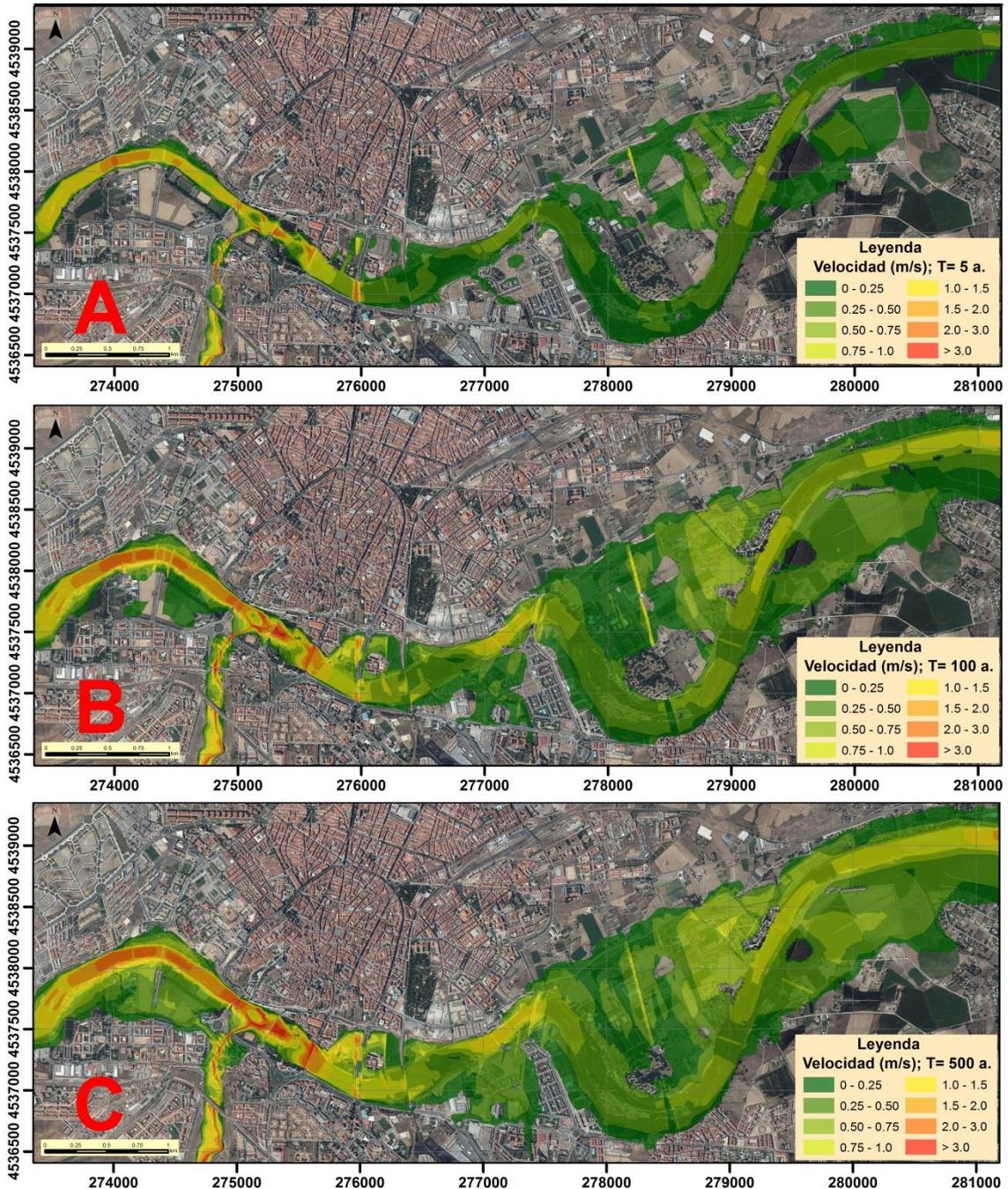


Figura 145. Velocidad del agua (m) en periodos de: A) T = 5 años; B) T = 100 a; C) T = 500 a.

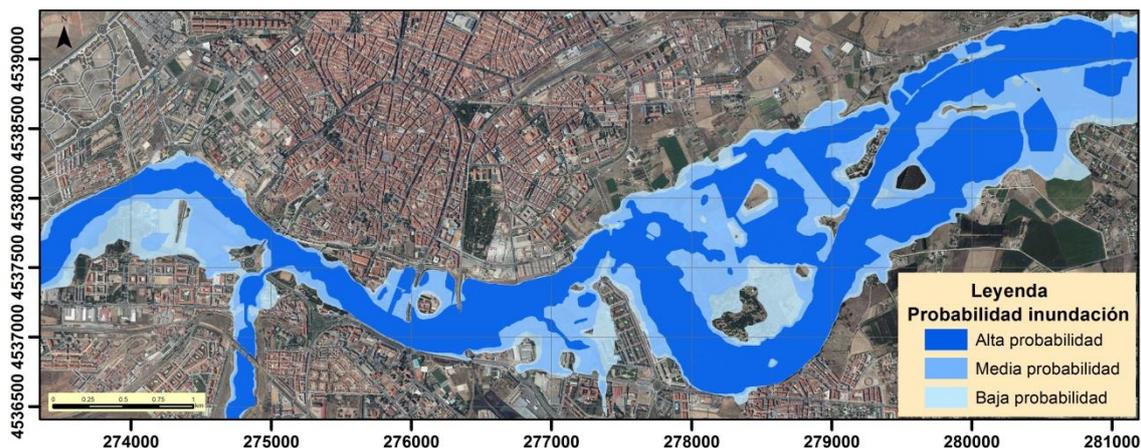


Figura 146. Probabilidad de inundación de las riberas del Tormes.

Uso del suelo	T = 5 años			T = 100 años			T = 500 años		
	Alta	Mod	Baja	Alta	Mod	Baja	Alta	Mod	Baja
Urbano	0.46	4.51	27.56	0.78	10.20	65.52	1.62	14.83	86.70
Cultivo	0.02	1.78	115.8	0.77	8.68	198.1	1.72	22.13	220.7
Vegetación de ribera	0.22	34.12	19.24	3.18	43.58	15.95	6.72	42.65	16.47
Áreas verdes	0.85	9.81	14.86	2.80	15.80	23.34	3.71	20.59	28.03
Pastizal	0.57	1.42	11.90	1.13	3.34	15.07	1.61	6.20	16.46
Erial	0.01	0.36	4.52	0.75	2.11	10.67	2.39	4.96	11.66
Industrial	-	0.28	2.61	-	2.26	10.51	-	2.68	14.07
Educación	-	-	2.05	-	0.01	4.44	0.02	0.25	4.95
Deportivo-Ocio	0.05	0.51	9.94	0.56	1.64	33.74	0.99	9.12	27.75
Otros	-	0.33	2.10	0.01	0.50	3.70	0.02	2.24	3.43

Tabla 53. Uso del suelo y extensión (ha) inundada según su peligrosidad en cada escenario.

Exposición

La exposición de infraestructuras y edificaciones relativa a cada escenario (Fig. 148) fue cuantificada al determinar la longitud de tramos de infraestructuras afectados (Tabla 54) y al contabilizar el número de tipos de edificaciones vulnerables (Tabla 55). En relación con las vías de comunicación, las carreteras son las más afectadas en su conjunto, sin embargo, en el carril bici y los caminos, el porcentaje de tramos afectados por exposiciones altas y medias es mayor, debido a su predominio en zonas cercanas al cauce. En lo relativo a los diferentes tipos de edificaciones, no se identificó ninguna en las zonas de alta exposición. No obstante, son frecuentes en zonas de media y baja exposición, especialmente edificaciones situadas en urbanizaciones de cierto nivel adquisitivo (adosados). En zonas del extrarradio cercanas al río también son habituales las viviendas unifamiliares, junto con pequeñas huertas, así como invernaderos, naves agrícolas y ganaderas y casetas de herramientas, siendo menor esta presencia en el área de estudio debido a su céntrica posición. Los pisos, y edificios de educación e industriales son poco habituales a orillas del Tormes. Las edificaciones catalogadas como “Otras” generalmente se refieren a inmuebles abandonados, o bien que presentan otras características que no les permiten ser clasificados en otra categoría al no ser representativos.

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad varía en función de las características de cada tipo de edificación, por lo que los edificios más vulnerables son aquellos destinados a albergar aperos agrícolas

y herramientas, relacionados todos ellos con usos agrícolas y ganaderos. El resto de edificaciones se podrían considerar de vulnerabilidad baja-media, debido a su estructura más robusta, pero debido a que suelen ser lugares con presencia humana frecuente, son consideradas de vulnerabilidad media (Fig. 149).

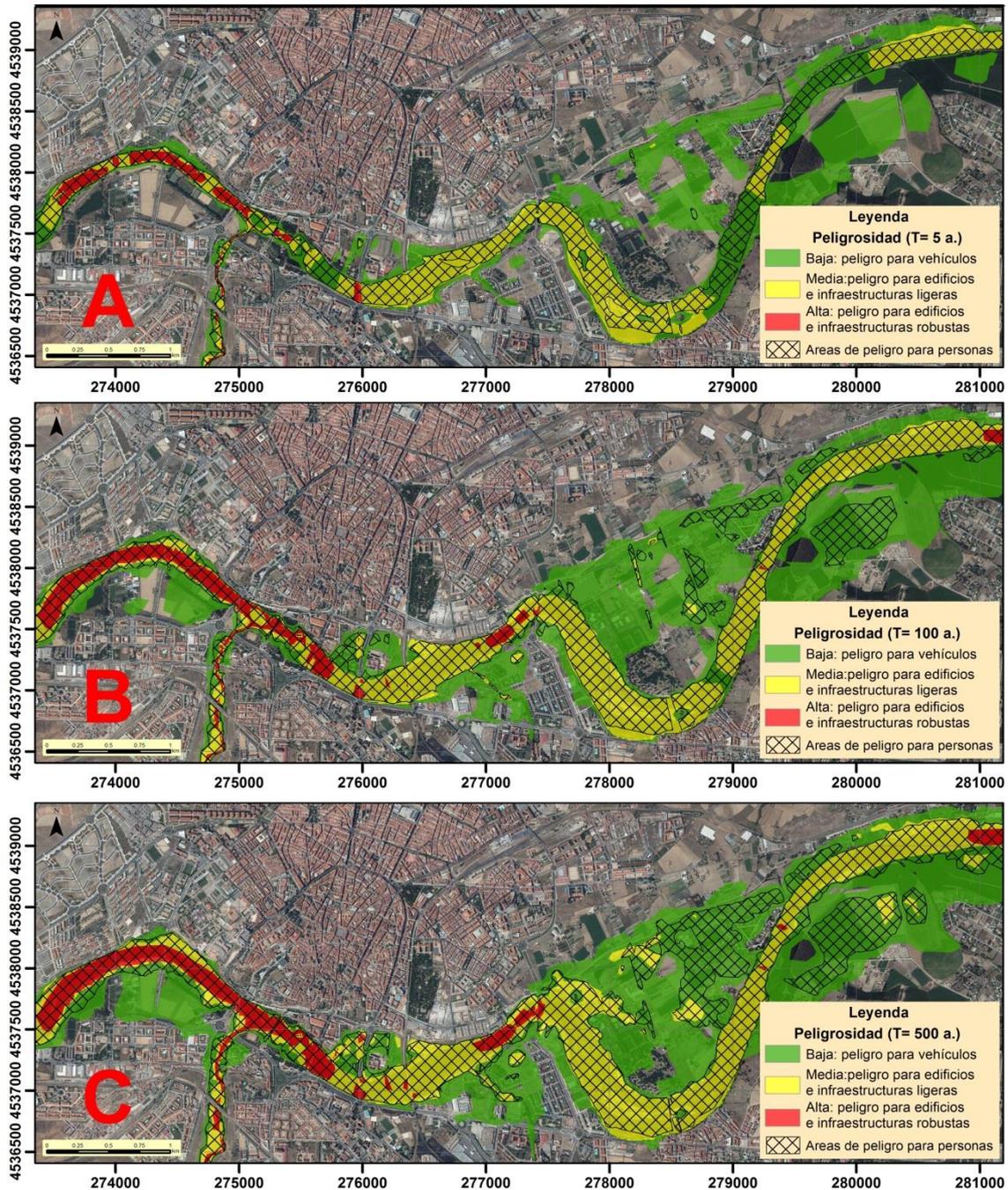


Figura 147. Peligrosidad estimada en cada periodo de retorno: A) T = 5 años; B) T = 100 a.; C) T = 500 a.

Riesgo de inundación

Respecto al riesgo de inundación final (Fig. 150), las zonas de mayor riesgo (riesgo muy alto) abarcan una superficie de 160.3 ha, y se corresponden con las zonas de mayor peligrosidad, exposición y vulnerabilidad, mayoritariamente ligadas al cauce del Tormes y zonas cercanas. Con riesgo alto encontramos aquellos elementos más expuestos y vulnerables a la inundación, que agrupan a parte de las vías de

comunicación y a la mayoría de edificaciones, contabilizándose una extensión de 57.9 ha. Con riesgo moderado y un área de 124.2 ha, aparecen el resto de elementos expuestos, especialmente vías de comunicación, y las áreas circundantes a los mismos, especialmente aquellas zonas cuyo uso del suelo principal es el de albergar edificaciones, infraestructuras y servicios de distinto tipo. Con riesgos de inundación bajos y muy bajos se catalogan el resto de extensiones (abarcando áreas de 72.2 ha y 278.9 ha, respectivamente) que se corresponden con zonas de la llanura de inundación del Tormes, generalmente alejadas del cauce, y en las cuales la actividad antrópica es baja, destacando las actividades agrícolas, si bien también aparecen pastizales, eriales o bosquetes de galería.

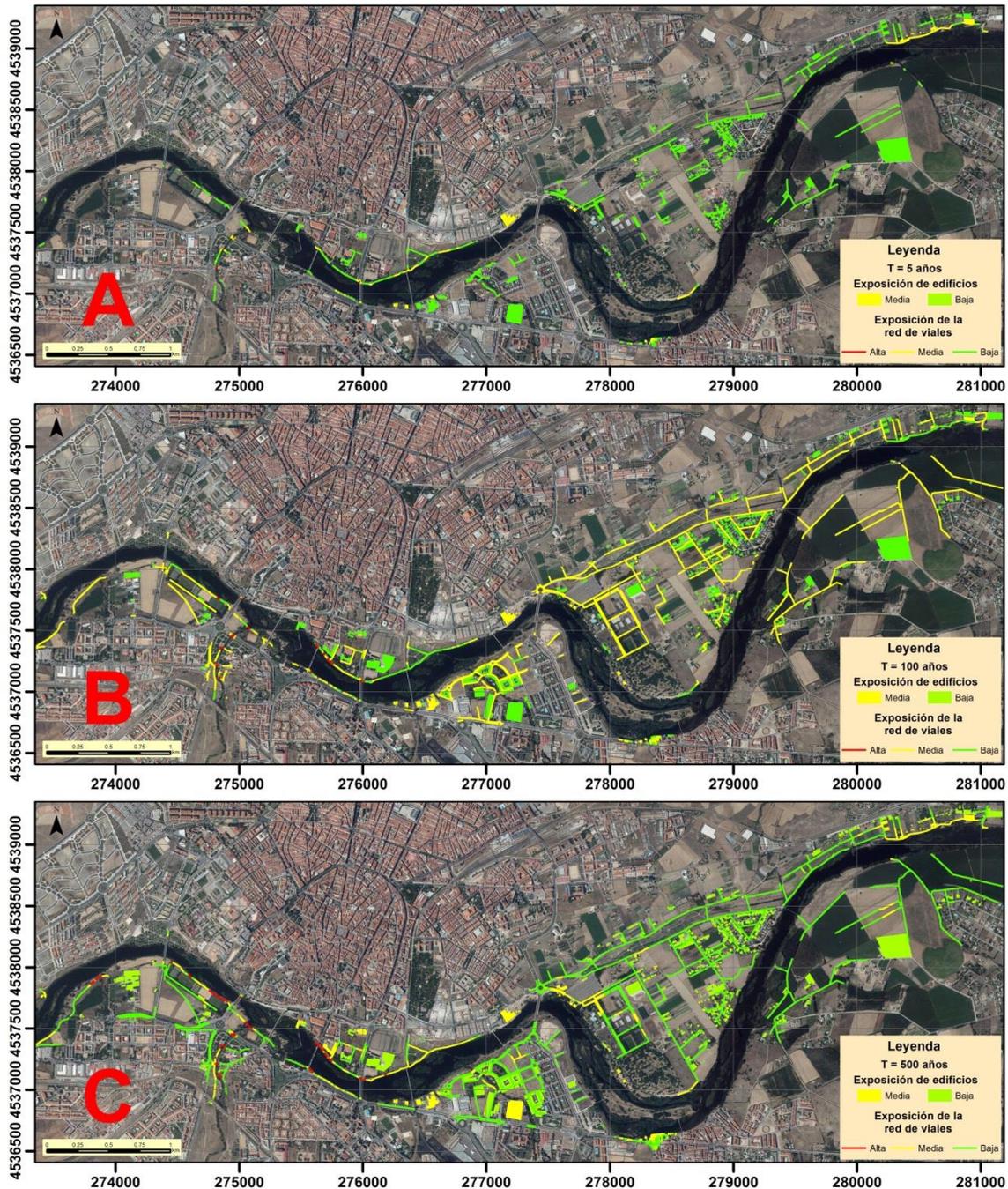


Figura 148. Exposición de los elementos estudiados en: A) T = 5 años; B) T = 100 a; C) T = 500 a.

Afección a la red de infraestructuras	T = 5 años			T = 100 años			T = 500 años		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B
Carreteras	0.01	0.10	6.22	0.06	0.70	18.04	0.14	2.16	24.65
Carril bici	-	0.45	1.59	0.18	1.43	1.27	0.36	1.77	2.23
Caminos	-	0.99	4.96	0.02	1.52	13.96	0.30	3.07	14.79

Tabla 54. Impacto (A —alto—; M —medio—; B —bajo—) de las inundaciones (km) en las infraestructuras viarias en cada episodio.

Afección a edificios	T = 5 años			T = 100 años			T = 500 años		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B
Pisos	-	-	-	-	-	2	-	-	8
Chalets	-	-	85	-	1	151	-	1	171
Dúplex	-	1	11	-	1	57	-	2	96
Vivienda unifamiliar	-	2	17	-	4	32	-	6	46
Agroganadero	-	5	50	-	6	79	-	16	94
Caseta de aperos	-	9	39	-	12	61	-	19	70
Industrial	-	-	3	-	1	8	-	3	12
Educacional	-	-	12	-	2	14	-	6	10
Deportivo-Ocio	-	3	19	-	7	25	-	16	22
Otros	-	3	12	-	5	46	-	7	69
Total	-	23	248	-	39	475	-	76	598

Tabla 55. Número de edificios afectados según su tipología en los distintos escenarios (Impacto A —alto—; M —medio—; B —bajo—).

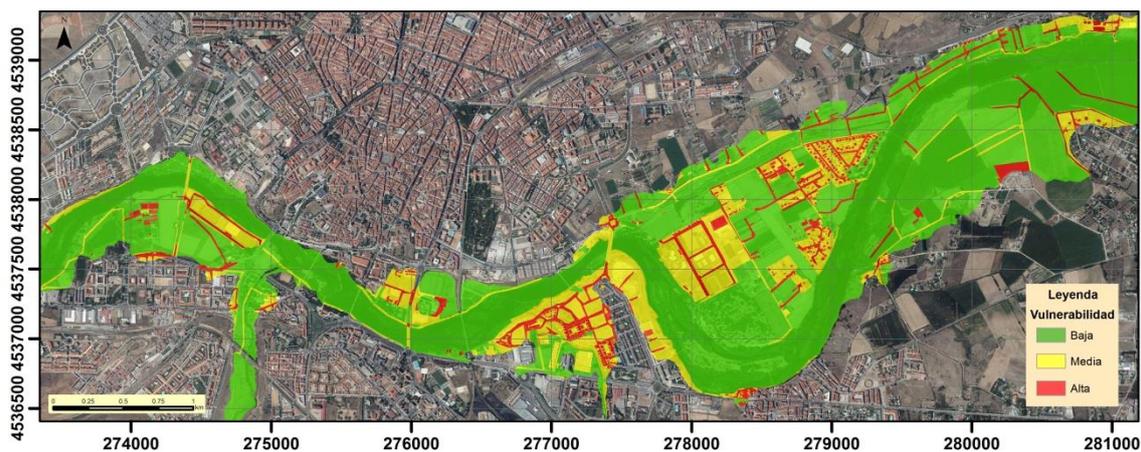


Figura 149. Vulnerabilidad de los elementos expuestos a las inundaciones.

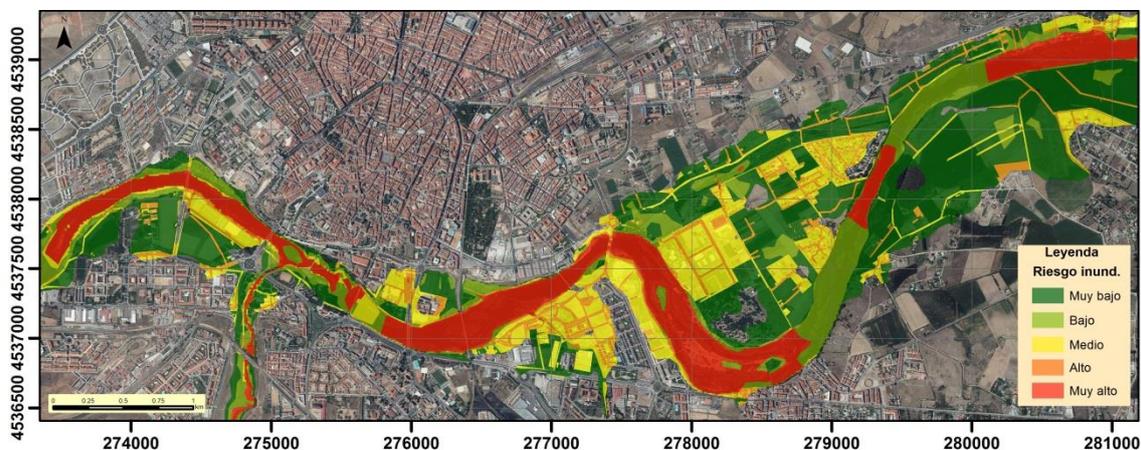


Figura 150. Riesgo de inundación estimado en el área de estudio.

Se concluye que la metodología propuesta en este trabajo puede emplearse como una herramienta de apoyo que facilite la protección adecuada de la población urbana y el manejo correcto del territorio, así como el adecuado mantenimiento de los recursos socioeconómicos. Además, esta metodología es de fácil aplicación, rápida y económica, además de ser robusta y precisa en la caracterización topográfica de las áreas inundadas debido al uso de la información espacial de alta resolución y al diseño e implementación en el modelo de todos los elementos antrópicos ubicados en el canal que afectan la evolución de la inundación. La topografía y la estimación de los flujos de retorno nos permiten simular adecuadamente las características de la inundación en cada evento, lo que significa que el riesgo del evento se puede evaluar de manera efectiva. Con respecto a la exposición de los diferentes elementos, el método permite ahorrar recursos al analizar únicamente la exposición de aquellos expuestos al peligro, evaluándose también su vulnerabilidad. Por lo tanto, el método empleado en este trabajo se considera amplio y válido, ya que toma en cuenta varios factores involucrados en el análisis de riesgo y no se basa en análisis individualizados de cada factor. Respecto a la estimación de los caudales de retorno, el uso del caudal aforado reduce el error y aumenta la precisión. Definitivamente, es un método ad hoc, en el que se pueden simular multitud de casos debido a los parámetros e infraestructuras que se pueden diseñar y tomar en cuenta en el procedimiento, por lo que puede ser implementado en otras áreas. Por otro lado, puede emplearse con fines preventivos, ya que permite el diseño de escenarios posteriores a la instalación en el entorno fluvial de nuevos elementos que interfieren en la evolución de las inundaciones.

En la zona estudiada existen muchas edificaciones y una gran infraestructura que podría estar expuesta a las inundaciones porque están ubicadas en la llanura aluvial del río. Por esta razón, la metodología empleada proporciona la base y los criterios para que las autoridades y los gobiernos puedan regular el uso de la tierra y limitar la actividad humana en las planicies aluviales mediante una planificación territorial adecuada. Además, la existencia de esta cartografía de riesgo permitirá un mejor manejo de aquellas áreas de llanuras de inundación que no están afectadas por el riesgo de inundación. Debido a la integración de MDT LIDAR y ArcGis en el modelo, se podría generar información muy creativa, concreta y real con respecto a los episodios de la inundación, para lograr un mayor impacto en el receptor. Además, la cuantificación de los daños esperados para futuros eventos de inundación en diferentes escenarios será posible, y también permite la elaboración de planes de acción y medidas de mitigación de riesgos en áreas con edificios e infraestructuras vulnerables y expuestas.

4.3. Riesgos geotécnicos y de desprendimientos.

4.3.1. Introducción.

En los estudios de planificación territorial es muy probable que deba contemplarse la posibilidad de designar áreas destinadas al asentamiento de edificaciones urbanas, industriales o infraestructuras civiles. Por ello, es importante que, al delimitar estas zonas, y con el objetivo de evitar riesgos para la población y sobrecostos o pérdidas económicas, se tengan en cuenta diversas consideraciones técnicas relacionadas con las características geológicas de los materiales existentes. Para esto, deben de ser caracterizados los aspectos geotécnicos de estos espacios, de lo que se encarga la Geotecnia, rama de la Ingeniería Geológica y Civil que estudia la composición y las

propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales geológicos más superficiales de la corteza terrestre con el objetivo de proporcionar asiento a las diferentes construcciones y obras públicas ([González de Vallejo et al., 2002](#)). Así mismo, otros riesgos derivados con la calidad del terreno pueden aparecer, como los desprendimientos y caídas de bloques en zonas rocosas.

Por estos motivos, se cree conveniente en este trabajo integrar estas problemáticas en la toma de decisiones al asignar los diferentes usos del suelo en las tareas planificadoras. Respecto a la geotecnia, se realiza una evaluación en la que se determinarán las características geotécnicas generales de toda el sector. Esto difiere ligeramente en cuanto al enfoque tradicional de la geotecnia, más ligada a proyectos concretos. En este caso, se estima el papel de la Geotecnia en las primeras etapas de planificación, y condicionará las edificaciones en aquellas zonas que muestren las características geotécnicas más desfavorables. Se emplea la geotecnia con una finalidad preventiva más que como herramienta para asentar infraestructuras en las zonas menos favorables para su acogida. Esto no significa que estas zonas con peores características geotécnicas no puedan albergar edificaciones, sino que para ello se deben aplicar conocimientos y recomendaciones constructivas propias de la geotecnia, lo que podría provocar elevados sobrecostes económicos y, quizás, asumir algún tipo de riesgo. La instalación de infraestructuras estará supeditada a un análisis geotécnico concreto para cada proyecto. Respecto al riesgo de desprendimientos, se evalúan las zonas con afloramientos rocosos para determinar su peligrosidad y tener este aspecto en cuenta en las etapas de decisión.

El realizar un estudio pormenorizado de las características geotécnicas de todo el sustrato del área de estudio, así como un análisis detallado de los desprendimientos, está fuera del alcance de este trabajo, por lo que se ha optado por tomar información disponible que otros autores han realizado en el área estudiada. En concreto, se ha tomado como referencia para la caracterización geotécnica la información de la Hoja 4-5/37 del Mapa Geotécnico 1:200.000 del Instituto Geológico y Minero de España ([IGME, 1975](#)), mientras que para la caracterización de los macizos rocosos se utiliza información de [Nespereira \(2007\)](#), complementada con trabajo de campo.

4.3.2. Caracterización geotécnica y condiciones constructivas.

Las características geotécnicas de un lugar están fuertemente ligadas a la naturaleza del material que la compone. Habitualmente, diferentes unidades geológicas de naturaleza similar, presentan comportamientos mecánicos parecidos, si bien también pueden ser dispares acorde a otros factores. Para la caracterización geotécnica de Salamanca y alrededores, en primer lugar, se aglutinan las litologías en grandes grupos según sus características y comportamiento geotécnico, tras lo cual se indican los problemas tipo existentes en cada ubicación, así como las condiciones constructivas y la idoneidad de cada lugar para albergar edificaciones. Mediante este procedimiento ([IGME, 1975](#)), se hace una aproximación a las condiciones constructivas de cada lugar, si bien en cada actuación deben analizarse las particularidades propias de cada emplazamiento.

Atendiendo a su comportamiento geotécnico y a su naturaleza geológica, el área de estudio se conforma por dos regiones claramente diferenciadas: una constituida por materiales metamórficos paleozoicos tectonizados, y la otra compuesta por materiales modernos de origen detrítico con escasa tectonización, subdividiéndose ambas en áreas:

- **Área I.1:** se corresponde con los materiales antiguos pertenecientes a los materiales del CEG, concretamente a las cuarcitas y pizarras. Se trata de zonas en general más abruptas que el resto de áreas del sector, destacando los resaltes cuarcíticos sobre el relieve pizarroso más ondulado. Las cuarcitas son bastante estables, con algún desprendimiento por descalce de las pizarras subyacentes, mientras que las pizarras, si sufren alteración antrópica con formación de fuertes taludes, pueden facilitar deslizamientos a favor de los planos de esquistosidad. Desde el punto de vista geotécnico, se consideran como áreas con condiciones mecánicas favorables, mejores en cuarcitas que en pizarras, con elevada capacidad de carga, y con ausencia de asientos en cuarcita y generalmente en las pizarras, si bien pueden producirse movimientos diferenciales entre unidades pizarrosas al recibir una carga dada (IGME, 1975; Nespereira et al, 2003).
- **Área II.1:** se corresponde con las proximidades de la red fluvial actual, especialmente los márgenes del Tormes, con amplias llanuras que en época de lluvia pueden encharcarse empeorando la estabilidad del terreno, que en general es elevado en ausencia de mucha agua o de la acción erosiva puntual que pueda originar pequeños hundimientos o desmoronamientos. Las condiciones mecánicas están caracterizadas por la baja capacidad de carga y asientos de magnitud media (siendo aún más restrictivas en zonas encharcadas), lo que se debe a la heterogeneidad de los depósitos y su irregular potencia, así como al elevado nivel freático que los satura, originando por tanto unas condiciones constructivas desfavorables (IGME, 1975).
- **Área II.2:** se trata de depósitos de gravas con matriz limosa y arenosa y lechos de arenas silíceas sueltas, los cuales se distribuyen por los márgenes del Tormes, particularmente en las posiciones de terraza, originando morfologías suaves. Presenta condiciones favorables, con estabilidad elevada, capacidad de carga media e inexistencia de asientos importantes, a excepción de los tramos arcillosos donde pueden producirse pequeños asientos (IGME, 1975).
- **Área II.3:** se encuentra restringida al sector suroccidental, con material detrítico impermeable que originan paisajes llanos con pequeñas lomas y ondulaciones. Las características mecánicas varían según la naturaleza de los depósitos, presentando en general capacidad de carga media y posibilidad de asientos de mediana entidad (IGME, 1975).
- **Área II.4:** formada por depósitos de arenas arcósicas, microconglomerados y conglomerados, recubre grandes extensiones del sector, a excepción del cuadrante suroccidental, originando topografía llana y unas condiciones de alta estabilidad en condiciones normales, si bien pueden sufrir desprendimientos y/o deslizamientos cuando son alterados. Las características mecánicas son buenas, con capacidades de carga media-alta y asientos de magnitud media-nula, más restringidos a los tramos arcillosos (IGME, 1975; Nespereira et al., 2010).

Tras caracterizar estas áreas, se determinan las condiciones constructivas de cada una en base a la presencia, magnitud y combinación en ellas de los diferentes problemas tipo - geológico, geomorfológico, hidrológico y geotécnico-:

- **Condiciones constructivas muy desfavorables:** se trata de depósitos de arcillas y limos que rellenan la cuenca semiendorreica de Monterrubio, por lo que el nivel freático se encuentra cerca de la superficie, y en épocas lluviosas se produce acumulación de agua superficial. Por las características de estos materiales, la plasticidad del terreno es alta, además de mostrar propiedades expansivas las arcillas (Yenes et al., 2012). Debido a esto, la capacidad de carga es baja y existe la posibilidad de asentamientos importantes, conformando unas características geotécnicas muy desfavorables. Por tanto, en esta zona existen problemas geotécnicos, litológicos e hidrológicos, que conjugados propician muy malas condiciones constructivas (IGME, 1975).
- **Condiciones constructivas desfavorables:** se corresponde con aquellas áreas de la llanura de inundación del Tormes principalmente, además de la de otros pequeños arroyos. La heterogeneidad de los depósitos que conforman estas zonas pueden provocar competencia mecánica entre distintas tipologías, apareciendo así problemas de tipo litológico. Además, la presencia de un nivel freático alto, por encima de los dos metros de profundidad, puede provocar problemática por presión de las aguas, apareciendo así problemas hidrológicos, que se potencian por la posibilidad de avenidas, ya estudiadas anteriormente. Por ello, se consideran zonas desfavorables para la construcción (IGME, 1975).
- **Condiciones constructivas aceptables:** se extiende por gran parte del sector de estudio, presentando diferentes problemáticas según las características de cada área. En el Área I.1, que se extiende por el cuadrante suroccidental, como rasgos destacables aparecen la esquistosidad y alterabilidad de los materiales, así como el relieve más abrupto que en el resto del sector y la naturaleza arcillosa de sus componentes. Si bien la problemática de tipo litológico, geomorfológico y geotécnico en general no suponen graves limitaciones, éstas han de tenerse en cuenta y evaluarlas en cada actuación. En las Áreas II.2, y gran parte de la II.4, correspondiéndose con la casi totalidad de los materiales terciarios (a excepción de la zona de El Viso y de los materiales de la fosa de Ciudad Rodrigo), aparecen problemas litológicos y geotécnicos que en general no suponen serias limitaciones, y que su categorización varía según la presencia de unidades arcillosas, con previsible existencia de asentamientos de media magnitud. En zonas de las Áreas II.3 y II.4, se pueden manifestar problemas litológicos e hidrológicos, especialmente en las posiciones de raña y terraza, donde la presencia de un alto nivel freático puede dificultar la cimentación de algunas obras. La variabilidad del porcentaje de finos propicia un diferente comportamiento geotécnico, pudiéndose producir en las unidades más arcillosas asentamientos importantes. Por último, en zonas del Área II.4, ligadas a la zona de El Viso, aparecen problemas geotécnicos debido a la probable aparición de pequeños asentamientos diferenciados en zonas con intercalaciones arcillosas (Yenes et al., 2012), si bien en general las limitaciones no son muy significativas (IGME, 1975).
- **Condiciones constructivas favorables:** se corresponden con las zonas situadas al norte de Salamanca donde afloran los materiales carbonatados. Presentan buenas condiciones constructivas y las pequeñas limitaciones son de tipo litológico: insuficiente potencia que impida cimentar correctamente, (IGME, 1975).

A modo de conclusión de esta caracterización de los materiales del área de estudio de acuerdo a sus condiciones constructivas, se cartografiaban las diferentes unidades y se expresan los problemas tipo que presentan, así como las condiciones constructivas de cada zona, con el objetivo de tener una cartografía que ayude a establecer las futuras áreas que presenten mejores condiciones para albergar edificaciones e infraestructuras, o bien que permitan identificar los posibles problemas que pudieran surgir (Fig. 151).

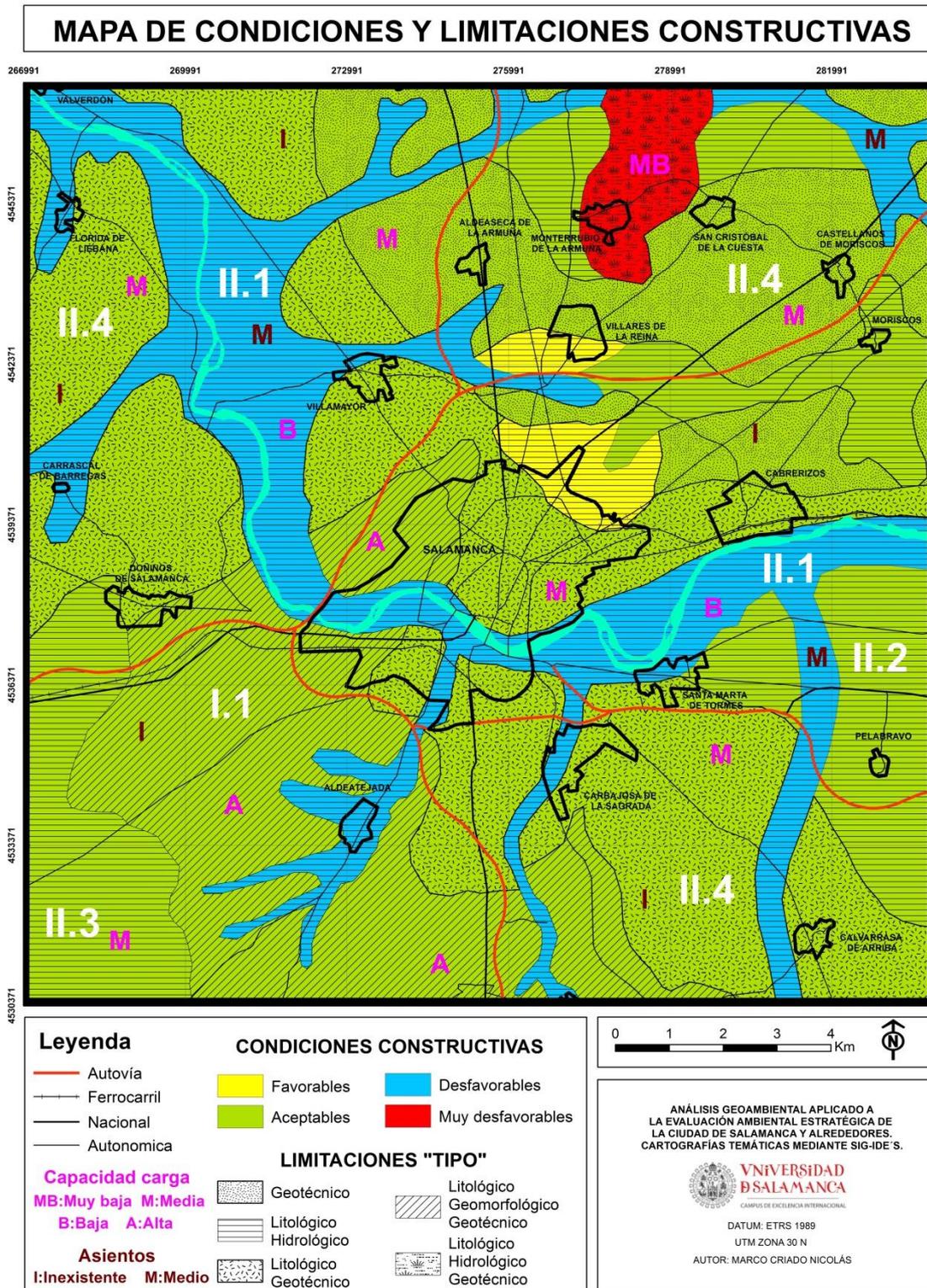


Figura 151. Mapa de condiciones constructivas de Salamanca y alrededores.

4.3.3. Riesgos por desprendimientos y calidad del macizo rocoso

La caída de bloques o desprendimientos de rocas, también conocido como *rock fall*, es un riesgo geológico común en zonas abruptas, especialmente de montaña, si bien también pueden desarrollarse en zonas de orografía más suave siempre que aparezcan laderas escarpadas con presencia de macizos rocosos. Los desprendimientos consisten en la caída libre ladera abajo de masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (González de Vallejo, 2002), y pueden considerarse un tipo de deslizamiento de ladera (Selby, 1982; Cruden, 1991).

Los desprendimientos son un riesgo que, a pesar de que en ocasiones los volúmenes de roca que caen son bajos, pueden resultar muy peligrosos, dado que alcanzan en ocasiones gran energía y movilidad (Agliardi & Crosta, 2003). La caída de bloques, dependerá de la estabilidad del macizo, lo que viene determinado por sus características (litología, alteración, fracturación, presencia de agua, estado de las juntas, tamaño y disposición de los bloques...), así como por el contexto en el que se encuentre el macizo rocoso (pendiente, geometría del terreno, vegetación...) (de Almeida & Kullberg, 2011). Habitualmente, cuando se produce la caída de bloques existe un desencadenante, ya sea climático (alta precipitación), vibratorio o erosivo, y en definitiva, cualquiera que pueda hacer variar las fuerzas que actúan sobre la roca o degradan su resistencia. La posterior trayectoria del bloque dependerá de la geometría del talud (Dorren, 2003).

Actualmente, con la expansión de los núcleos urbanos y la construcción de gran cantidad de infraestructuras y equipamientos, no es inusual que se invadan laderas escarpadas, en las cuales puede aparecer este riesgo. Incluso con la excavación y acondicionamiento de laderas puede fomentarse este riesgo si no se toman las medidas oportunas. Lo normal es que no exista afección directa a personas, siendo más común interrupciones del tráfico y afección a bienes, no obstante, pueden provocar muertes debidas a imprudencias, descuidos o mala suerte (Ramírez & Alejano, 2004). Por ello, es necesario identificar esta tipología de riesgo de manera que pueda planificarse adecuadamente la gestión del territorio de manera que se elimine o minimice esta problemática (Ministerio de Fomento, 1996; Yenes et al. 2009).

En el área de estudio, caracterizada en general por su suave orografía, se manifiestan con cierta frecuencia en las inmediaciones de los cursos de agua laderas escarpadas que, en ocasiones presentan desprendimiento de rocas. En general, se sitúan en entornos rurales, pero en ocasiones, afectan a zonas habitadas e infraestructuras. La principal área afectada por este riesgo es la del Escarpe de Cabrerizos, ya ampliamente estudiada por diferentes expertos (Sanchidrian, 2007; Yenes et al., 2009). Sin embargo, del resto de áreas susceptibles apenas existe información. Por ello, a partir de la caracterización y estudio del comportamiento de las masas rocosas existentes en Salamanca y alrededores que Nespereira (2007) enuncia en su tesis, junto a trabajo de campo, se pretenden identificar las zonas existentes con esta tipología de riesgo.

Identificación de las áreas de riesgo potencial

En su conjunto, el área de estudio se encuadra en una zona caracterizada por su orografía poco abrupta, por lo que los desniveles no son acusados, provocando esto que las zonas escarpadas posean poca representatividad, como consecuencia de una actividad tectónica y orogénica débil en general. Por tanto, las principales incisiones en

el basamento y rellenos terciarios son aquellas provocadas por los agentes geológicos, concretamente en nuestra zona, por el agua, y particularmente por los cursos fluviales. La red fluvial es en muchos casos la principal causante de la formación de desniveles pronunciados. Debido a esto, la mayor parte de zonas con riesgo de desprendimiento están asociadas a zonas de escarpes provocadas por la red hídrica sobre los materiales sobre los que fluye, generalmente de naturaleza sedimentaria a excepción del encaje del Tormes sobre las pizarras del zócalo en la zona de La Salud. Como particularidad, estos escarpes suelen situarse en la margen derecha de la red, siendo dominante la deposición en la margen izquierda.

Para delimitar las zonas susceptibles en las que puedan originarse desprendimientos, y con el objetivo de abordar su estudio, a través de un análisis de pendientes empleando técnicas SIG y el modelo digital del terreno, se han identificado las zonas de Salamanca y alrededores que debido a sus elevadas pendientes (>30%) pueden manifestar este fenómeno. Se estima que la primera condición para que existan desprendimientos es la existencia de cierto desnivel en el terreno, con lo que la selección preliminar de las áreas a estudiar se efectúa en base a la pendiente. Se han delimitado un total de 10 áreas, las cuales se han resumido (Tabla 56) y representado cartográficamente (Fig. 152). Posteriormente, se realiza una visita a la zona para evaluar en campo la existencia o no de desprendimientos previos, o si pudieran producirse. Además, en base al estudio de Nespereira (2007), se caracterizan las cualidades de los macizos según su litología, lo que se relaciona con la estabilidad de los afloramientos rocosos y por tanto, sirve para estimar el comportamiento frente a los desprendimientos. Finalmente, a partir de esta información se realiza la cartografía de riesgo por desprendimiento.

Nº	Nombre	Litología	Afección
1	Cabrerizos	Arenisca de Cabrerizos	Bienes públicos
2	Calvarrasa de Arriba	Areniscas silíceas duras	Zona esparcimiento
3	Navahonda	Areniscas silíceas duras	-
4	Las Zorreras	Areniscas silíceas duras	Bienes públicos
5	Zurguén - Cerro S. Vicente	Areniscas silíceas duras	Bienes públicos Población
6	La Salud	Pizarras ordovícicas	-
7	La Argentina	Arenisca de Cabrerizos	Bienes públicos
8	Valcuevo	Arenisca de Cabrerizos	Zona esparcimiento
9	La Encina	Arenisca de Cabrerizos	-
10	El Viso	Arenisca feldespática del Viso	Zona esparcimiento

Tabla 56. Áreas objeto de estudio por su potencial para albergar riesgos por desprendimiento.

Calidad de los macizos rocosos

Una de las clasificaciones más empleadas para evaluar la calidad de los macizos es la RMR de Bieniawski (Bieniawski, 1973), la cual pretende calificar al macizo rocoso de acuerdo a su resistencia. Su cuantificación se basa en la determinación y sumatorio de 5 parámetros intrínsecos al macizo (Ec. 19), a cada uno de los cuales, en función de su valor, se le asigna un peso específico (Tabla 57). El sumatorio final de estas ponderaciones o pesos da como resultado la resistencia del macizo en una de las cinco clases de las que consta esta clasificación (Tabla 58).

$$RMR_b = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \quad \text{Ec. 19}$$

donde:

RMR_b = valor del índice RMR básico obtenido

P_1 = Peso asignado a la resistencia de la roca intacta a la compresión simple

P_2 = Ponderación del RQD (Rock Quality Designation)

P_3 = Puntuación del espaciamiento entre discontinuidades

P_4 = Peso de las distintas características de las discontinuidades

P_5 = Puntuación de las condiciones hidráulicas

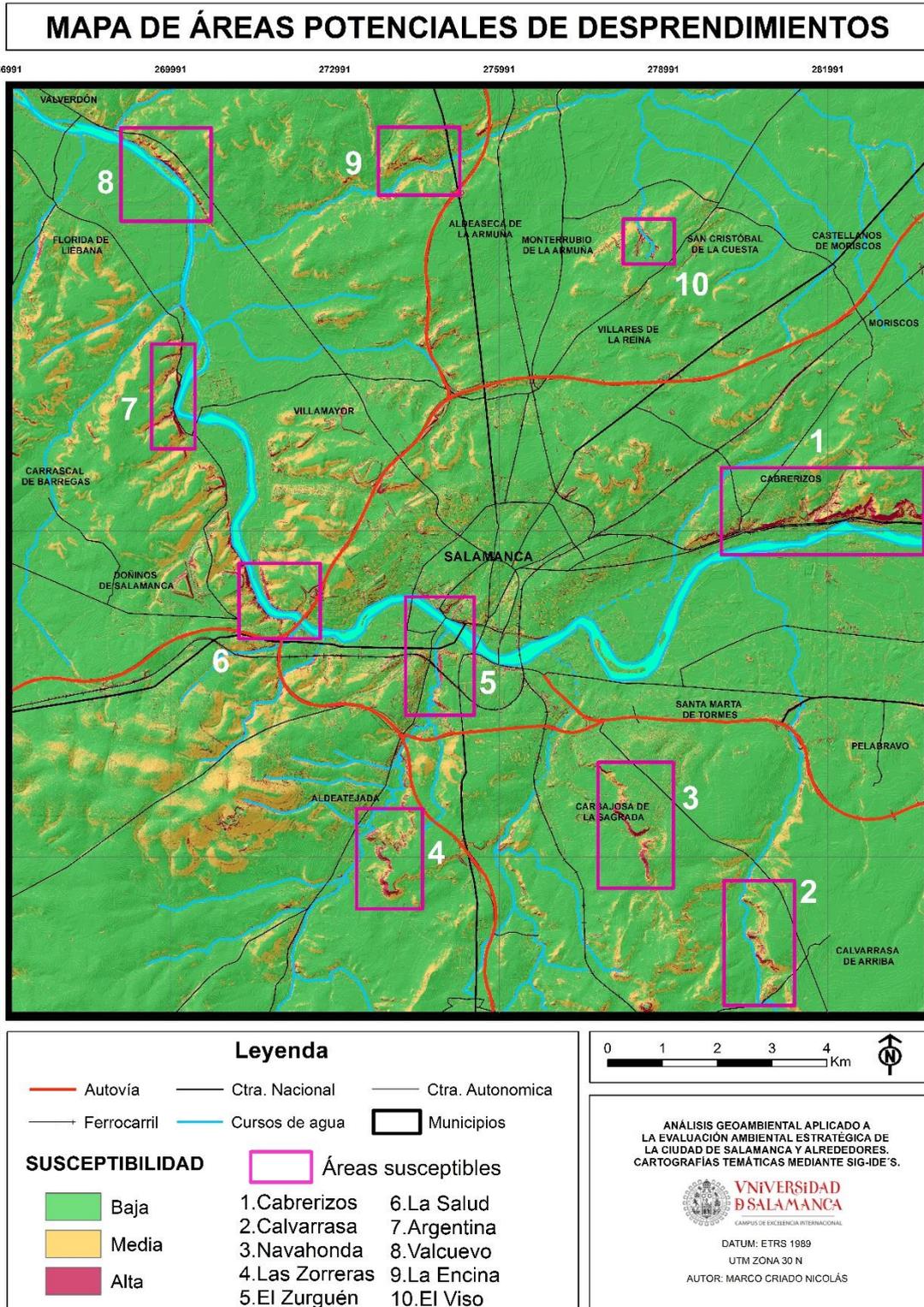


Figura 152. Áreas seleccionadas para el estudio de los riesgos por desprendimiento.

Parámetro		Ponderación para cada intervalo						
Resistencia compresión simple (MPa)	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1	
	15	12	7	4	2	1	0	
RQD (%)	90-100 %	75-90 %	50-75 %	25-50 %	< 25%			
	20	17	13	6	3			
Distancia entre diaclasas (m)	> 2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	< 0.06			
	20	15	10	8	5			
Estado discontinuidades	Longitud (m)	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
		6	4	2	1	0		
	Abertura (mm)	Nada	< 0.1	0.1 - 1.0	1.0 - 5.0	> 5.0		
		6	5	3	1	0		
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Algo rugosa	Ondulada	Suave		
		6	5	3	1	0		
	Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm		
		6	4	2	2	0		
	Alteración	Inalterada	Algo	Moderada	Alta	Desecha		
		6	5	3	1	0		
Agua freática (aspecto)	Seco	Algo húmedo	Húmedo	Goteando	Fluye agua			
	15	10	7	4	0			

Tabla 57. Ponderación asignada a cada parámetro estudiado según su determinación en campo (Bieniawski, 1989; González de Vallejo et al., 2002).

CLASIFICACIÓN RMR					
PESOS	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
CLASE	I	II	III	IV	V
CALIDAD	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala

Tabla 58. Clasificación final RMR básico (Bieniawski, 1989; González de Vallejo et al., 2002).

A continuación, se enumeran y detallan las diferentes características que es necesario evaluar en el campo para la correcta clasificación del macizo rocoso. Previamente, ha de incidirse en que el macizo rocoso consta de matriz rocosa y discontinuidades o diaclasas, siendo estas últimas las principales causantes de los problemas de inestabilidad del macizo rocoso al afectar a la resistencia, permeabilidad y durabilidad de la matriz rocosa, por lo que su caracterización es capital para realizar una adecuada estimación de la composición estructural del macizo rocoso.

Parámetros a evaluar en las discontinuidades

- **Familias de discontinuidades:** conjunto de discontinuidades con características intrínsecas comunes como dirección, espaciado, relleno, edad, agua freática o esfuerzos tensionales. Dependen de la dirección y esfuerzos existentes, siendo un claro reflejo de la fracturación del macizo. En campo son determinadas mediante rumbo (dirección de buzamiento) y buzamiento.
- **Orientación:** definida por el rumbo o dirección (ángulo entre el norte magnético y la línea formada por un estrato inclinado y un plano horizontal) y el

buzamiento (ángulo entre el estrato inclinado respecto al plano horizontal, indicando el sentido al que buza), los cuales reflejan la posición espacial de los bloques y diaclasas.

- **Espaciado:** es la distancia perpendicular entre dos discontinuidades pertenecientes a la misma familia. Debido a su variabilidad, suele expresarse como la media de los espaciados medidos y determina el tamaño de los bloques.
- **Continuidad:** es la longitud o persistencia de la discontinuidad en el afloramiento o macizo rocoso. Puede acabar en otra discontinuidad, o bien en la matriz rocosa.
- **Abertura:** es la distancia perpendicular, si la hubiera, existente entre las paredes que conforman una discontinuidad, siempre que esta no se encuentre rellena.
- **Rugosidad:** hace referencia a la ondulación tanto de la discontinuidad en su conjunto, como la de su superficie. Se relaciona directamente con la resistencia al corte de los planos.
- **Relleno:** se refiere al estado del material que rellena a la discontinuidad, si es el caso, y se relaciona con su cementación o dureza.
- **Condiciones hidráulicas:** se relaciona con el agua existente en la discontinuidad, su cantidad y movimiento.

Parámetros del macizo rocoso y matriz rocosa

- **Resistencia a la compresión simple:** es la resistencia que presenta la matriz rocosa y se relaciona con su resistencia al corte y deformabilidad, y en definitiva, en su estabilidad. Se estima mediante el martillo Schmidt.
- **Tamaño y forma:** el tamaño de los bloques de matriz rocosa depende de las discontinuidades existentes y sus características, y determina definitivamente el comportamiento, resistencia y deformación del mismo. Se estima mediante el parámetro J_v , y aunque posee diferentes formas de calcularlo, se opta por el que es el sumatorio de los inversos del espaciamiento medio de cada familia.
- **RQD:** es el índice empleado habitualmente para expresar el grado de fracturación de un macizo rocoso. Se estima a partir del parámetro J_v por correlaciones empíricas (Ec. 20) (Palmstrom, 1975; ISRM, 1981):

$$RQD = 115 - 3.3 \cdot J_v \quad \text{si } J_v > 4.5 \quad \text{ó} \quad RQD = 100 \quad \text{si } J_v \leq 4.5 \quad \text{Ec. 20}$$

- **Otras características de la matriz rocosa:** parámetros como el grado de meteorización, composición mineralógica, color, tamaño y forma de los granos y dureza son importantes en la caracterización de la misma.

Caracterización de los macizos rocosos

Las áreas con riesgo potencial de desprendimiento se localizan sobre tres litologías principalmente: pizarras ordovícicas, Arenisca de la Fm. Cabrerizos y Areniscas de la Fm. Salamanca. No obstante, de manera puntual, puede presentarse problemática asociada a macizos cuarcíticos y de la Unidad Roja. A continuación, se caracterizan los macizos desarrollados sobre estas litologías siguiendo el trabajo realizado por [Nespereira \(2007\)](#), quien analiza los parámetros anteriormente expuestos necesarios para caracterizar los macizos. Esto permite realizar una aproximación a su estabilidad y el comportamiento de sus bloques, si bien las condiciones generales pueden modificarse localmente, en función de cambios en orientación de las discontinuidades o de otros factores relevantes, como meteorización, estado freático y características de las diaclasas. Por ello, cuando en estas zonas se acometan actuaciones, deben realizarse estudios de detalle para cada situación particular.

Pizarras ordovícicas.

Los macizos de las pizarras ordovícicas plantean problemas en el sector de La Salud, y puntualmente pueden causar problemas en zonas excavadas. La potencia de las pizarras en esta zona de La Salud supera los 10 m. Los tamaños de los bloques son en general pequeños, con alteración en superficie, no manifestada en el interior de la matriz. Tienen aspecto seco, aunque se observan signos de presencia de agua. Existen tres familias de discontinuidades ([Tabla 59](#)) con baja continuidad. El valor de J_v es de 17. La resistencia a compresión simple es mayor a 35 MPa. Con esto, se obtiene un RMR de 59, por lo que la calidad del macizo es media-alta (Clase III).

Familia	Orientación	Espaciado (mm)	Continuidad	Rugosidad	Apertura (mm)	Relleno	Alteración	Humedad
J ₁	320/73 (N50/73W)	60-200	-; < 1	Plana, rugosa	0.1 – 0.25	Lámina de óxidos	II	Seco
J ₂	210/62 (N120/62S)	200-600	-; < 1	Ondulada, lisa	-	Lámina de óxidos	II	Seco
J ₃	078/39 (N168/39E)	60-200	-; 1 - 3	Plana, rugosa	0.5 - > 10	Lámina de óxidos	II	Húmedo

Tabla 59. Caracterización de las diaclasas del macizo pizarroso de La Salud ([Nespereira, 2007](#)).

Areniscas de la Fm. Salamanca.

Los macizos rocosos sobre esta arenisca son isótopos, y de calidad buena (RMR medio 69), presentando tres familias de discontinuidades. Existen diferentes zonas con riesgo de desprendimiento sobre estos macizos, y con pequeñas variaciones de calidad del macizo entre ellas, expuestas a continuación.

La zona situada al sur de la urbanización Navahonda, cuya prolongación desencadena en el escarpe de Calvarrasa, presenta potentes afloramientos y escarpes donde las características son observables fácilmente: morfología tabular, importante silicificación y la estratificación como discontinuidad principal. Existen bloques de tamaño medio, meteorización sólo en superficie, y no se intuye presencia de agua. Existen tres familias

de discontinuidades. La resistencia a compresión simple oscila sobre 36 MPa y la J_v de 4.17. Por tanto, el RMR de esta zona es de 75 (Clase II, calidad buena). Sin embargo, siguiendo la prolongación del escarpe desde Navahonda hacia el norte, las condiciones del macizo empeoran ligeramente, aunque sigue presentando buena calidad (RMR de 63, Clase II), y en general las características son similares, destacando a diferencia de la anterior la apertura de las diaclasas S_0 , hasta 10 mm, y que además presentan relleno por alunita, ligero aumento de la resistencia a compresión simple (alrededor de 42 MPa) y otras variaciones en las discontinuidades (Tabla 60).

La Fm. Salamanca también aflora en la margen derecha del Arroyo Zurguén, junto a Aldeatejada. En esta zona, Nespereira obtiene también unos macizos de buena calidad (RMR = 75), con características generales similares a los escarpes de Navahonda, bloques de mayor tamaño y diaclasas con diferentes características (Tabla 61). La resistencia a compresión simple es mayor, entre 45-50 MPa. Más al norte, y cerca de la desembocadura del Arroyo Zurguén en el Tormes, y ya en pleno casco de Salamanca, aparecen sobre estos materiales unos escarpes (zona del Zurguén y Cerro de San Vicente) que presentan calidad buena, pero valores RMR menores (63). En este caso, los bloques son de tamaños más pequeños, con $J_v = 11$, y gran espaciado con relleno arenoso en las tres discontinuidades (Tabla 60). La resistencia a compresión simple oscila en estos macizos entre 35-45 MPa.

Macizo	Familia	Orientación	Espaciado (mm)	Continuidad	Rugosidad	Apertura (mm)	Relleno	Alteración	Humedad
Navahonda-Calvarrasa	J_1	(N175/86W) 265/86	200-2000	-; < 1	Ondulada, rugosa	0.5 – 10	-	II	Seco
	J_2	(N79/88S) 169/88	600-2000	-; < 1	Ondulada, rugosa	0.25–0.5	-	II	Seco
	S_0	(N57/06S) 147/06	200-600	-; 10-20	Ondulada, rugosa	-	-	II	Seco
Navahonda-Carbajosa	J_1	(N60/90) 330/90	600-2000	1-3; >20	Ondulada, rugosa	2.5 - 10	-	II	Seco
	J_2	(N159/89N) 069/89	200-600	1-3; >20	Ondulada, lisa	2.5 - 10	-	II	Seco
	S_0	(N134/05S) 224/05	200-600	10-20; 10-20	Ondulada, rugosa	> 10	Alunita	II	Seco
Las Zorreras-Aldeatejada	J_1	(N153/78W) 243/78	600-2000	- ; 1 - 3	Ondulada, rugosa	0.1–0.25	-	II	Húmedo
	J_2	(N87/75S) 177/75	600-2000	-; 1 - 3	Ondulada, rugosa	0.1–0.25	-	II	Húmedo
	S_0	(N123/07N) 033/07	600-2000	3 - 10	Ondulada, rugosa	-	-	-	-
Zurguén-Cerro S.Vicente	J_1	(N179/84E) 089/84	200-2000	1-3; 1-3	Ondulada, rugosa	2.5 – 10	Arena	II - III	Seco
	J_2	(N87/86N) 357/86	200-600	<1; 1-3	Ondulada, rugosa	2.5 - 10	Arcilla	II - III	Seco
	S_0	(N143/5S) 233/05	60-200	3-10; 3-10	Ondulada, rugosa	-	Arena	II	Seco

Tabla 60. Características de las diaclasas en los macizos de la Fm. Salamanca (Nespereira, 2007).

Arenisca de la Fm. Cabrerizos.

La Fm. Cabrerizos se extiende por buena parte del norte del sector de estudio, en zonas cercanas al cauce del Tormes. Es por ello que sobre esta Formación se hayan desarrollado diferentes escarpes asociados a la erosión del río. La principal zona es la situada en las inmediaciones de Cabrerizos, apareciendo escarpes también sobre esta litología en Valcuevo, La Argentina y La Encina, todos ellos de menor entidad que el primero. Los datos recogidos por Nespereira únicamente hacen referencia a la zona de Cabrerizos, por lo que para la caracterización del resto de zonas se emplearán estos datos, si bien sería lógico que pudieran diferir algo.

Junto al municipio de Cabrerizos, existe un gran escarpe con caída de bloques de gran tamaño. Actualmente, suponen un peligro para personas e infraestructuras. Estos macizos presentan geometría tabular, bloques de gran tamaño, resistencia media y una meteorización de grado II-III. En esta zona no existen indicios de agua. El valor de J_v es de 3, con una resistencia a compresión simple baja en general, más acusado en bancos de grano grueso (<12 MPa) que fino (23 MPa). Siguiendo el curso del Tormes aguas arriba, hacia el municipio de Aldealengua (sentido este), Nespereira describe de nuevo estos afloramientos. En este caso, se trata de un macizo tabular resultante de alternancia de bancos de areniscas gruesas y finas, en las que se manifiesta erosión diferencial que provoca la aparición de bancos “colgados”. Muestra características similares al sector de Cabrerizos, con un J_v similar (2.5) presentando mayor cantidad de agua y actividad biológica. Estos macizos, presentan un RMR de 61 y 51, por lo que la calidad, aunque puede considerarse como alta-media y media, respectivamente, es menor a las observadas anteriormente en otros afloramientos. Las discontinuidades también presentan ciertas diferencias entre ambas localizaciones (Tabla 61).

Macizo	Familia	Orientación	Espaciado (mm)	Continuidad	Rugosidad	Apertura (mm)	Relleno	Alteración	Humedad
Cabrerizos	J ₁	(N73/74S) 163/74	600- 2000	3-10; 3-10	Ondulada, lisa	>10	-	III	Seco
	J ₂	(N2/59E) 92/59	600- 2000	1-3; 1-3	Ondulada, rugosa	>10	-	II	Seco
	S ₀	(N180/0) 270/0	600- 2000	>20; >20	Ondulada, rugosa	>10	-	III	Seco
Cabrerizos - Aldealengua	J ₁	(N103/80S) 193/80	600- 2000	1-3; >20	Ondulada, rugosa	> 10	Arena 5 mm	III	Húmedo
	J ₂	(N212/71W) 282/71	> 6000	1-3; >20	Ondulada, rugosa	< 0.1	-	II	Seco
	S ₀	(N180/0) 270/0	200-600	10-20; 10-20	Ondulada, rugosa	< 0.1 – > 10	-	III	Seco

Tabla 61. Caracterización de discontinuidades en los macizos de la Fm. Cabrerizos (Nespereira, 2007).

La cuarcita armoricana y la Unidad Roja.

Existen afloramientos rocosos de tipo cuarcítico, calizo y de materiales sedimentarios cementados rojos. Se trata de niveles aflorantes de escasa potencia y buena estabilidad en general, pero se recomienda tenerlos en cuenta y evaluar sus posibles impactos.

Respecto a los macizos calizos, suelen tener RMR cercanos a 70 (clase II, buena calidad) si bien son escasos y por ello difícilmente evaluables. La única discontinuidad que presentan es la estratificación y los problemas geomecánicos están ligados a zonas de menor cementación, donde el material está arenizado y puede producirse algún desprendimiento de bloques de tamaño importante. Respecto a los macizos de materiales cementados no carbonatados, son muy heterogéneos como para presentar datos que los caractericen de manera general, además no suelen presentar discontinuidades y son bastante estables. Finalmente, los macizos cuarcíticos son los que peor calidad presentan, con RMR 45-60. Sin embargo, los problemas por caída de bloques no suelen ser relevantes debido al pequeño tamaño de los bloques, fruto de una elevada fracturación del macizo. La anisotropía de estos macizos cuarcíticos hace que las actuaciones a efectuar en ellos deben ser detenidamente analizadas.

Caracterización de las zonas de riesgo. Cartografía de riesgo de desprendimiento.

A partir del análisis de pendientes y caracterización de la calidad del macizo rocoso mediante estaciones geomecánicas se identificaron 10 áreas con posible afección por desprendimientos. La litología y calidad de los macizos rocosos de estas zonas fueron caracterizadas a partir del trabajo de Nespereira en su Tesis Doctoral. Para comprobar el estado actual y evaluar de una manera más fehaciente la problemática de caída de bloques en cada área, se visitaron las mismas, lo que permitió realizar de manera precisa la cartografía correspondiente y descripción de cada lugar, resumido a modo de fichas ([Anexo 3](#)). No obstante, es importante abordar esta problemática de una manera detallada cuando se prevean actuaciones en estas zonas. La caracterización de estas zonas se resume a continuación a modo de ficha. La cartografía de riesgo por desprendimiento ([Fig. 153](#)) muestra las diferentes zonas afectadas por caída de rocas y la peligrosidad asociada según la calidad de los macizos y la cantidad y tamaño de bloques existentes durante el muestreo. Las zonas de mayor peligro se corresponden con las áreas que presentan caídas de bloques y que éstos supongan un peligro para la población o bienes expuestos ante estos. Las zonas de riesgo alto son aquellas situadas junto a los escarpes de Cabrerizos y de La Argentina, los cuales tienen afección directa sobre vías de comunicación. Las áreas de Valcuevo, Zurguén-Cerro San Vicente y Calvarrasa (junto a la ermita), presentan desprendimientos evidentes, y además son zonas de esparcimiento, por lo que se consideran de riesgo medio. Las zonas de riesgo bajo son aquellas que no presentan desprendimientos de gran entidad, estando limitada a pequeños bloques (Navahonda, las Zorreras, La Salud y zonas de Calvarrasa). Con riesgo muy bajo se consideran las zonas escarpadas conformadas por materiales alterados o que no presentan en general masas rocosas, por lo que la caída de bloques en ellas es inexistente o testimonial (El Viso y La Encina). Se evaluaron exclusivamente macizos naturales, debiéndose tomar las medidas oportunas cuando se excaven taludes en obras de ingeniería o edificaciones, para evitar riesgos por desprendimiento de rocas.

MAPA DE ÁREAS CON RIESGO DE DESPRENDIMIENTOS

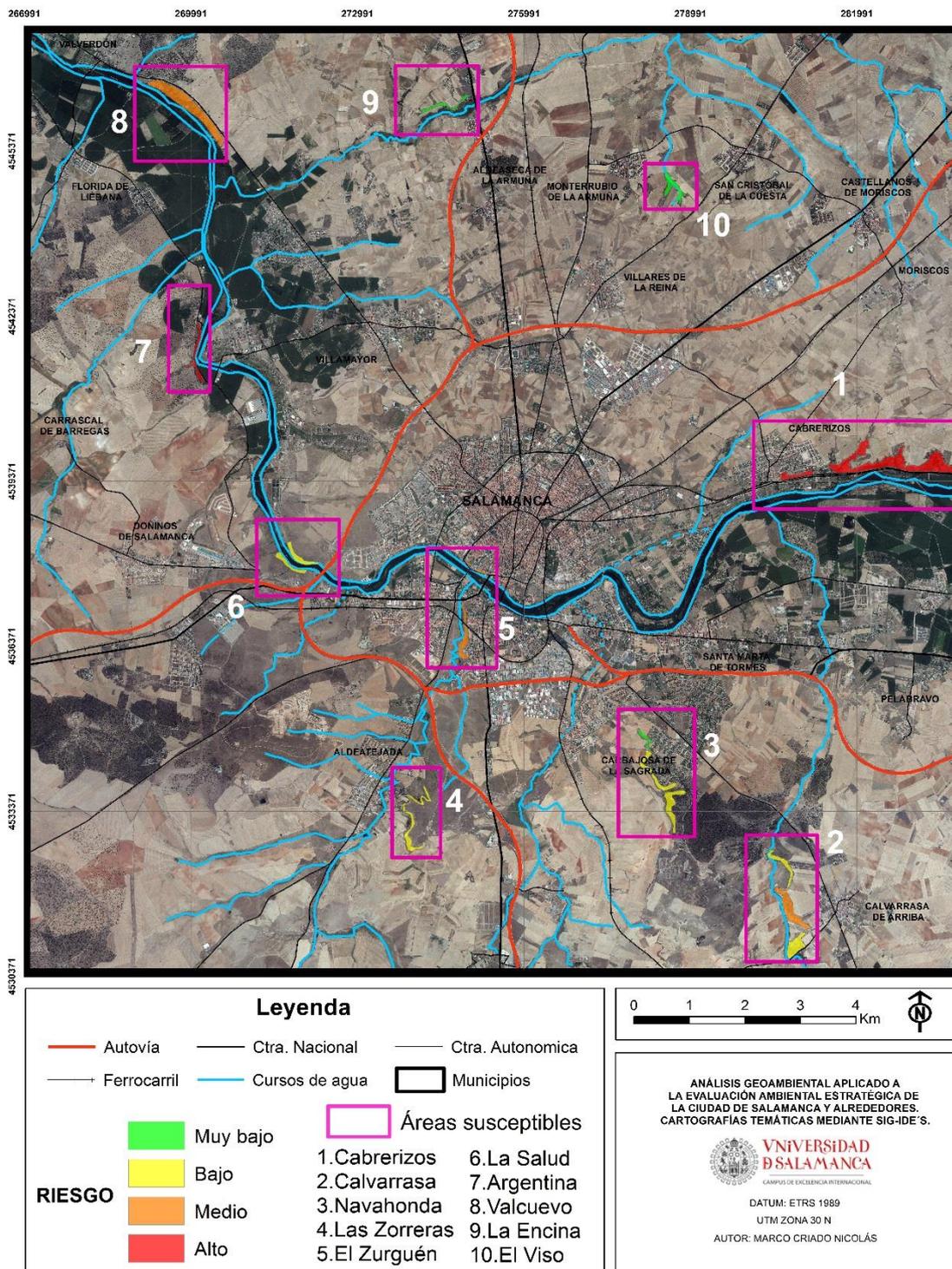


Figura 153. Riesgo de desprendimiento en Salamanca y alrededores.

5. APLICACIONES CARTOGRAFICAS EN LA EVALUACION AMBIENTAL ESTRATEGICA.

5.1. Cartografía de calidad de suelos.

La evaluación de la calidad del suelo en las últimas décadas se ha convertido en una actividad sumamente interesante, y se espera que aumente en importancia a medida que nos demos cuenta de la necesidad de proteger y preservar el suelo y del conocimiento de sus funciones básicas (Nortcliff, 2002).

Los índices de calidad se obtienen mediante la integración de diferentes indicadores que representan el conjunto de propiedades del suelo que, a su vez, proporcionan información sobre las funciones del suelo. A la hora de seleccionar los indicadores de un índice de calidad del suelo es importante considerar toda la información disponible sobre el área de estudio y tener en cuenta la opinión de expertos (Andrews et al., 2004). Sin embargo, los análisis experimentales son difíciles de implementar en un área de gran escala, debido a la gran cantidad de indicadores de calidad del suelo requeridos. Es importante desarrollar métodos que utilicen un número mínimo de indicadores para realizar las evaluaciones, con el objetivo de mejorar la eficiencia del trabajo y reducir el tiempo y los gastos de mano de obra. Andrews et al., (2002) y Shukla et al., (2006) obtuvieron un conjunto mínimo de indicadores a partir de un conjunto total de datos, utilizando el análisis factorial y destacaron una alta consistencia en la evaluación de la calidad del suelo entre los dos conjuntos de datos (total –TDS- y mínimo –MDS-).

Durante la puntuación de los indicadores, se requiere la normalización de los datos, ya que los indicadores generalmente se expresan con diferentes escalas numéricas. De las técnicas disponibles para la normalización de datos la más utilizada es el método de la puntuación lineal. Este método establece la relación lineal entre la puntuación de la calidad y los datos medidos en función de la sensibilidad del indicador a los cambios en la calidad del suelo. Posteriormente, las puntuaciones de los indicadores seleccionados se combinan en un índice de calidad del suelo a través de varias operaciones matemáticas, como promediar, sumar y multiplicar (Svoray et al., 2015; Amirinejad et al., 2011). El índice de calidad integrada (IQI), es un método que tiene en cuenta las diferencias en la contribución de cada indicador a la calidad del suelo (Bi et al., 2013), con las asignaciones de valor de peso basadas en la opinión de expertos o el análisis estadístico (Glover et al., 2000). Varios estudios también han resaltado la influencia del factor limitante de la calidad del suelo y emplearon el índice de calidad Nemoro (NQI), que evalúa la calidad del suelo basándose en las puntuaciones del indicador mínimo y promedio (Rahmanipour et al., 2014).

Muchas de las evaluaciones de la calidad del suelo realizadas hasta el momento actual, han utilizado las propiedades del horizonte superficial del suelo (Andrews et al., 2002; Armenise et al., 2013) y los estudios que utilizan datos del perfil completo del suelo son más limitados (Vasu et al., 2016; Zhijun et al., 2018). Las propiedades superficiales del suelo pueden ser fáciles de medir y evaluar, pero brindan información incompleta, ya que las funciones del suelo están impulsadas por procesos pedogénicos en la sección de control del suelo. La evaluación de la calidad del suelo utilizando las propiedades de superficie y subsuelo ayudará a identificar las que poseen la máxima influencia en las funciones básicas del suelo. El desarrollo de los cultivos y el volumen de las cosechas

dependen, en gran medida, de las condiciones más o menos favorables de los suelos para la extensión y crecimiento de sus raíces. Sobre suelos profundos, con buena permeabilidad, con una alta retención de agua, etc. pueden crecer vigorosamente una gran diversidad de plantas cultivadas. Por el contrario, si las características del perfil impiden el desarrollo radicular (por ejemplo, con la presencia de costras calizas, contacto lítico, etc.), entonces el crecimiento de las plantas se verá dificultado y el volumen de la cosecha disminuido. Hewitt (2004) determinó que la productividad del suelo está influenciada por las características del subsuelo.

En la zona estudiada se han calculado diferentes índices de calidad de los suelos, en modo comparativo, no solamente utilizando las propiedades del horizonte superficial (capa arable) del suelo (0-25 cm), sino también las propiedades de todos los horizontes del perfil del suelo (sección control entre 0 y 100 cm).

La evaluación de la aptitud agrícola de los suelos se puede realizar mediante diferentes métodos que, en general, son de tipo cualitativo: La evaluación de la tierra (FAO, 1976); el índice de Storie (Storie, 1978) y el enfoque paramétrico (Sys et al., 1991) son los más utilizados. Sin embargo, la literatura reciente sobre evaluación de la calidad del suelo aboga por desarrollar y definir un índice cuantitativo (Merril et al., 2013; Askari & Holden, 2015), con la finalidad de que el índice de calidad del suelo adquiera la máxima importancia. Estos índices son una forma común y fácil de cuantificar la calidad del suelo y pueden mejorar la comprensión de los ecosistemas del suelo y permitir un manejo más eficiente (Qi et al., 2009). Aunque la evaluación de la calidad del suelo agrícola ha progresado en los últimos años debido, en gran parte, al énfasis producido en el cambio ambiental a nivel global, la mejora de la evaluación de la calidad del suelo es imperativa para el desarrollo de una agricultura sostenible y también puede utilizarse para juzgar la sostenibilidad de la gestión del suelo y de los sistemas de uso de la tierra (Wang & Gong, 1998).

Se han comparado dos métodos de estimación del índice de calidad del suelo: Índice de calidad integrado (IQI) e Índice de calidad de Nemoro (NQI), que se aplicaron utilizando los métodos de selección de indicadores: conjunto de datos total (TDS) y conjunto de datos mínimo (MDS). Se utilizan 16 parámetros en el método TDS: pH, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico (CO), contenido de arcilla, contenido de arena, contenido de CaCO₃ equivalente, densidad aparente (DA), capacidad de retención de agua a 33 (GWC33kPa) y 1500 (GWC1500kPa) kPa, coeficiente de extensibilidad lineal (COLE), bases extraíbles de cambio (Na, K, Ca y Mg), capacidad extraíble de cambio (CEC) y erosionabilidad del suelo (Factor K). El factor de erosionabilidad del suelo (K) se ha calculado utilizando la ecuación establecida por Wischmeier & Smith (1978). Para seleccionar los parámetros del método MDS se emplea el análisis factorial (FA). Se calcularon los índices de calidad de los perfiles estudiados, teniendo en cuenta las propiedades de la superficie del suelo (0-25 cm de profundidad) y las propiedades de la sección de control (0-100 cm).

Estos dieciséis indicadores, disponibles para toda el área de estudio, se incluyeron en un TDS y se eligieron por su sensibilidad en la evaluación de la calidad del suelo y han sido sugeridos por varios autores debido a su influencia en la fertilidad del suelo, en el suministro de nutrientes, en el crecimiento de las raíces y en la porosidad del suelo (Biswas et al., 2017; Cheng et al., 2016; Das et al., 2016; Sanchez-Navarro et al., 2015; Sione et al., 2017). También, con la finalidad de tener en cuenta tanto los procesos

naturales como los impactos humanos debidos a las prácticas agrícolas y al cambio de uso de la tierra, el factor (K) de erosionabilidad del suelo se incluyó como parte del índice de calidad (Doran et al., 1996; Miralles et al., 2009).

Las propiedades de la fertilidad física del suelo nos informan sobre la capacidad del suelo para proporcionar un ambiente físico adecuado para el crecimiento de la raíz de los cultivos. Para ello, el suelo debe presentar baja compactación o densidad aparente, de manera que no oponga una excesiva resistencia mecánica al avance de la raíz; así como una porosidad que facilite la aireación, el drenaje y el almacenamiento de agua para cubrir las necesidades de la planta en periodos secos. Ejemplos de estos indicadores de la calidad del suelo son: densidad aparente (BD), granulometría del suelo, humedad retenida a 33 kPa, humedad retenida a 1500 kPa, etc.

Las propiedades de la fertilidad química del suelo, se refieren a la capacidad del suelo para retener y suministrar los elementos nutritivos necesarios a las necesidades del cultivo, como pueden ser nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K) o microelementos (hierro, cobre, zinc, boro, etc.). En un sistema agrícola convencional, los elementos nutritivos provienen tanto de la mineralización de la materia orgánica y meteorización de los minerales como de los aportes como fertilizantes de síntesis, pero en ambos casos están controlados por el pH (que determina el estado químico de los elementos) y por la capacidad de cambio de cationes (CEC, que determina la capacidad de retención o almacenamiento de los nutrientes).

Las principales propiedades de los suelos estudiados son las siguientes:

- Los horizontes más arcillosos son los argílicos (Bt). Los horizontes superficiales de los suelos cultivados (Ap) poseen un mayor contenido de arcilla que los horizontes A de los suelos con vegetación natural (pastizales), debido a que en un gran número de tierras de cultivo el arado ha mezclado los horizontes A y la parte superior de los horizontes Bt. Los suelos más arcillosos del sector son los que poseen características “vérticas”.

- Los horizontes A de los suelos situados en zonas de vegetación natural (pastizales) tienen un contenido doble (1'8 %) en carbono orgánico que los horizontes superficiales de los suelos cultivados (0'8 %), lo que pone de manifiesto la rápida degradación de la materia orgánica en los horizontes superficiales por efecto del cultivo. Una función básica del suelo es actuar como un sumidero de carbono. Los suelos arables generalmente tienen valores bajos de carbono orgánico, mientras que los valores son más altos bajo una cobertura vegetal permanente. La conversión de tierras naturales a tierras de cultivo es una de las mayores fuentes de emisiones de carbono antropogénicas y ha llevado a la liberación de alrededor de 200 Pg C durante los últimos 250 años, en todo el mundo (Fitzsimmons et al., 2004; Jarecki y Lal, 2003).

- En la región estudiada predominan los suelos calcáreos. La principal tendencia de variación que se observa en la distribución vertical del contenido de carbonatos a lo largo del perfil, consiste en un aumento progresivo al aumentar la profundidad. Los porcentajes más altos corresponden, lógicamente, a los horizontes cálcicos (Ck).

- El valor medio del pH de los suelos del sector estudiado es ligeramente ácido (6,1), aunque realmente existen dos poblaciones completamente distintas de suelos: suelos ácidos y suelos calcáreos o básicos, con un rango entre 3,4 y 8,3.

- La conductividad media del extracto de saturación es de 0'83ds m⁻¹. Sólo algunos horizontes de los suelos formados sobre depósitos aluviales de textura muy fina, situados en pequeñas depresiones, poseen conductividades algo elevadas, comprendidas entre 2 y 4ds m⁻¹.

- La capacidad de cambio de la mayor parte de los suelos está comprendida entre 1 y 69cmol kg⁻¹, con un valor medio de 18'2cmol kg⁻¹. Los suelos con características vérticas son los que poseen una mayor capacidad de cambio y los Xerofluents los que la tienen más baja.

- La densidad aparente de los suelos presenta un valor medio de 1'72 g cm⁻³. Los horizontes E y B son los que poseen unos valores medios mayor y menor, respectivamente. Los suelos con características vérticas son los que tienen una densidad aparente más baja.

- La capacidad de retención de agua útil de los suelos muestra un valor medio de 9,24%. Los mayores contenidos de agua útil corresponden a los horizontes B y los más bajos a los horizontes C y E. Los suelos que tienen una mayor retención de agua son los suelos desarrollados sobre margas y arcillas y los que poseen valores mínimos son los Xerofluents, formados sobre arenas.

- El coeficiente de extensibilidad lineal (COLE) de la mayor parte de las muestras está comprendido entre 0'005 y 0'260mm/cm; el valor medio es 0'041mm/cm. Los horizontes superficiales (A) y eluviales (E) son los que poseen los valores más bajos y los horizontes B los más altos.

La **Tabla 62** muestra los principales valores estadísticos de los 16 indicadores medidos en cada punto de muestreo.

Propiedad	Media	Mínimo	Máximo	DS	Kurtosis	CV (%)
Arena (%)	51,91	1,04	98,79	22,35	-0,88	43,06
Arcilla (%)	26,85	0,67	85,90	18,73	-0,11	69,78
Carbono orgánico (%)	0,68	0,02	7,32	0,83	24,77	123,04
CaCO ₃ %	3,78	0,00	64,62	10,17	14,07	269,33
DA (g cm ⁻³)	1,72	0,82	2,23	0,22	0,55	12,57
GWC _{33kPa} (%)	21,00	1,60	54,84	11,00	0,06	52,40
GWC _{1500kPa} (%)	11,76	0,74	42,42	7,94	0,56	67,49
COLE (cm/cm)	0,041	0,000	0,260	0,044	4,09	106,54
pH	6,13	3,35	8,30	1,24	-1,06	20,23
Na (cmol kg ⁻¹)	0,30	0,00	10,24	0,79	94,29	266,36
K (cmol kg ⁻¹)	0,28	0,02	1,95	0,24	21,60	87,27
Ca (cmol kg ⁻¹)	15,04	0,00	60,13	12,71	-0,13	84,51
Mg (cmol kg ⁻¹)	3,51	0,00	46,92	4,78	32,24	136,14
CEC (cmol kg ⁻¹)	18,16	1,12	68,90	12,70	1,05	69,90
CE (dS m ⁻¹)	0,83	0,07	4,01	0,75	4,73	90,21
K (t m ² h/ha J cm)	0,43	0,19	0,88	0,13	2,19	59,09

Tabla 62. Estadística descriptiva de las propiedades del suelo.

El desarrollo de un índice cuantitativo de calidad del suelo debe seguir tres pasos: (1) selección de indicadores, (2) asignación de puntuaciones en los indicadores seleccionados y (3) integración de indicadores en un índice (Karlen et al., 2003). El

cálculo de un índice de calidad del suelo comienza a partir de la definición de indicadores, es decir, propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que son más sensibles a los cambios causados por factores naturales y antropogénicos (Doran & Jones, 1996). Entre los métodos de selección de indicadores, el TDS y MDS se han utilizado ampliamente en la evaluación de la calidad del suelo (Doran & Parkin, 1994).

Una vez seleccionados los indicadores (propiedades del suelo medibles que influyen en la capacidad de realizar funciones de producción agrícola o medioambiental) se les asignan puntuaciones a los citados indicadores. Se utilizaron tres funciones de puntuación estándar y se asignaron puntuaciones que oscilan entre 0 y 1, utilizando el método de puntuación lineal (Liebig et al., 2001). Sobre la base de la sensibilidad del indicador de la calidad del suelo, se aplicaron tres tipos de funciones:

(1) se aplicó la función "Más es mejor" a CEC, GWC33kPa, GWC1500kPa, bases extraíbles (Na, K, Ca y Mg) y materia orgánica por su papel en la fertilidad del suelo y disponibilidad del agua (Rahmanipour et al., 2014; Sanchez-Navarro et al., 2015; Raiesi, 2017). En este caso, cada valor del indicador se dividió por el valor más alto, de manera que el valor más alto recibió un peso de 1.

(2) "Menos es mejor" la función se aplicó al factor K y a BD, debido a que su alta valoración se consideró restrictiva para la degradación y disminución de la porosidad del suelo (Andrews et al., 2002). En este caso, el valor más bajo se dividió por cada valor del indicador de manera que el valor más bajo recibió una puntuación de 1.

(3) Se aplicó la función de "rango óptimo" al contenido de arcilla y de arena, COLE, contenido en CaCO_3 y pH. En este caso, se identificaron los valores de umbral o los rangos óptimos: 35 y 60%, respectivamente, para los contenidos de arcilla y arena; 15% para el contenido de CaCO_3 ; 0,050 para el COLE y 6,5-7,5 para pH (Liebig et al., 2001; Andrews et al., 2004; Rahmanipour et al., 2014). Las puntuaciones se asignaron utilizando la función cuanto más es mejor o cuanto menos mejor, dependiendo de si el valor del indicador estaba por debajo o por encima del rango óptimo; por ejemplo, en el caso del pH, si el pH del suelo presenta un valor entre 6.5 y 7.5, se considera que está dentro de un rango óptimo y se le otorga un valor de 1. Si el valor del pH es menor a 6.5 se toma el criterio de "más es mejor", por el contrario, si el valor del pH es mayor a 7.5 se considera el criterio de "menos es mejor".

Se utilizaron datos de todos los horizontes de los perfiles de suelo para calcular el índice de calidad. Se calculó la media ponderada entre 0-25 y 0-100 cm de profundidad para llegar a un único valor de índice para cada perfil de suelo. Se calcularon los índices de calidad para ambas profundidades.

Tras esto, se procedió a la selección del mínimo de indicadores (MDS) para evitar información redundante aportada por varias variables y poder así ahorrar trabajo de laboratorio. Se utilizó para ello un Análisis Factorial, concretamente el método de rotación Varimax, con el fin de obtener una solución sencilla de la matriz de "cargas" con la que cada variable contribuye a cada uno de los factores obtenidos. Con dicha rotación, además, se consigue maximizar la varianza de las cargas dentro de cada factor. Las cargas tenderán a tomar valores altos o bajos, y, simultáneamente, cada variable tenderá a tener carga alta en un solo factor. El número de factores se seleccionó de tal manera que los autovalores sean superiores a 1 o muy próximos a 1 y que la varianza

explicada sea superior al 71% (Andrews et al., 2002). También se asumió que las variables del suelo con altas cargas en los factores, sean las propiedades del suelo que mejor representan los cambios en la calidad del suelo. Más específicamente, estas fueron las propiedades del suelo que tenían valores absolutos entorno al 20% de la carga del factor más alto (Govaerts et al., 2006). Por todo ello, se ha elegido un modelo con cuatro factores.

A continuación, se procede a la asignación de los pesos a cada factor y se determina el valor del índice. Primero, para cada método de indicador (TDS y MDS), se asignaron valores de ponderación considerando la comunalidad de cada indicador, obtenida del análisis factorial (FA). El valor de comunalidad indica la porción de la varianza explicada por cada indicador. Varía entre cero y uno, y el alto valor de la comunalidad del indicador sugiere una mayor contribución del indicador a la calidad del suelo (Johnson & Wichern, 1992). Los valores de peso, para cada indicador considerado en este estudio, se derivan de la relación de comunalidad de cada indicador con la suma de todos los indicadores de comunalidades (Shukla et al., 2006). Tras esta puntuación, se cuantifica cada índice. El Índice de calidad integrado (IQI) (Doran y Parkin, 1994) (Ec. 21) y el Índice de calidad de Nemoro (NQI) (Han and Wu, 1994) (Ec. 22) se calcularon en todos los “n” indicadores calificados y ponderados en los métodos TDS y MDS para cada muestra:

$$IQI = \sum_{i=1}^n W_i \cdot N_i \quad \text{Ec. 21}$$

$$NQI = \sqrt{\frac{P_{ave}^2 + P_{min}^2}{2}} \cdot \frac{n-1}{n} \quad \text{Ec. 22}$$

Donde W_i es el peso de cada indicador, N_i es la puntuación del indicador, n el número de indicadores, P_{ave} es el promedio de los indicadores seleccionados en cada punto muestral y P_{min} el mínimo de las puntuaciones de los indicadores seleccionados.

Finalmente, se establecieron cinco clases para cada índice de calidad del suelo. Para este propósito, el rango de cada índice de calidad se dividió por el número de intervalos (5), y el resultado se usó como el ancho de cada intervalo. Al agregar este valor al valor más bajo del correspondiente índice se obtuvo el límite superior del primer intervalo, y así sucesivamente, hasta que se alcanzó el rango superior del índice de calidad.

5.1.1. Análisis factorial de las propiedades de la sección control 0-100 cm.

Los resultados obtenidos del análisis factorial (FA) proporcionaron una solución con cuatro factores, al contemplar el criterio de valores propios >1 . Una vez rotados estos factores se obtienen las cargas, cuyos resultados obtenidos se reflejan en la [Tabla 63](#). La prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ha dado como resultado un valor de 0,826. A continuación, se efectúa la descripción de los valores encontrados.

El Factor 1 tiene cargas elevadas en las variables granulométricas finas y gruesas (% de arcilla y arena) y en las que covarían con ellas, como son los parámetros de retención de agua, el COLE, la capacidad de cambio y las bases extraíbles. La arena se presenta con cargas negativas. Este factor es, claramente, "granulométrico o textural", y se podría definir como "el aumento de la cantidad de arcilla y la disminución de arena en los suelos, lleva consigo un aumento en la capacidad de cambio catiónico, retención de agua, COLE y Na, K, Ca y Mg extraíbles". Este factor es el de mayor peso en la identidad de los suelos, ya que explica el 42,86 % de la varianza.

0-100 cm	F1	F2	F3	F4
<i>Autovalores</i>	6,429	1,711	1,376	1,157
<i>Varianza (%)</i>	42,859	11,407	9,171	7,714
<i>Varianza acumul (%)</i>	42,859	54,266	63,437	71,152
<i>GWC_{1500kPa} (%)</i>	0,926			
<i>Arcilla (%)</i>	0,916			
<i>CEC (cmol kg⁻¹)</i>	0,893			
<i>GWC_{33kPa} (%)</i>	0,872			
<i>COLE (cm/cm)</i>	0,814			
<i>Arena (%)</i>	-0,805			
<i>Mg (cmol kg⁻¹)</i>	0,700			
<i>Na (cmol kg⁻¹)</i>	0,481			
<i>Ca CO₃ (%)</i>		0,841		
<i>pH</i>		0,811		
<i>Ca (cmol kg⁻¹)</i>	0,600	0,675		
<i>DA (g cm⁻³)</i>			0,810	
<i>Carbono org (%)</i>			-0,537	
<i>CE (ds m⁻¹)</i>				0,823
<i>K (cmol kg⁻¹)</i>	0,445			0,624

Tabla 63. Matriz reordenada de factores rotados (Suelo de 0 a 100 cm). En negrita: cargas de factor seleccionadas como MDS

El Factor 2 es "composicional" e implica a las variables que expresan el contenido en carbonato cálcico y Ca extraíble. También aparece una variable que covaría con los carbonatos, como es el pH (que crece con el aumento en el contenido de carbonato cálcico y Ca extraíble).

El Factor 3 sólo lleva carga alta en la variable de la densidad aparente. Hay que indicar que el carbono orgánico tiene una carga del orden de 0.537 (negativa). Este Factor se podría definir como "el aumento de materia orgánica, lleva consigo una disminución de la densidad aparente en los suelos". Es importante resaltar la poca importancia que tiene el contenido en materia orgánica como propiedad caracterizadora de los suelos del sector estudiado, lo cual es lógico puesto que se trata de una región eminentemente agrícola, en donde el contenido de carbono orgánico es muy bajo.

El Factor 4 lleva carga alta en la variable de la conductividad del extracto de saturación. Se trata claramente de un factor que expresa la salinidad de los suelos.

Basado en el análisis de comunalidad y el valor del peso de los indicadores (Tabla 64), la retención de agua a 1500kPa y a 33kPa, así como el Ca extraíble, la CEC y el contenido de arcilla, recibieron las ponderaciones más altas (entre 0.083 y 0,079); por el contrario, el Na y el K extraíbles y el carbono orgánico mostraron los pesos más bajos (entre 0.032 y 0,056), mientras que las restantes propiedades mostraron los valores intermedios (entre 0.079 y 0.063).

El MDS que mejor describe los suelos de la región debe ser una selección formada por uno, dos o tres representantes de cada factor de los que presentan las cargas más altas, Por lo que se seleccionaron los siguientes indicadores: Los parámetros seleccionados del F1 fueron GWC1500kPa%, Arcilla% y CEC; los del F2 fueron CaCO₃ y pH; del F3 la densidad aparente (BD) y del F4 la conductividad eléctrica (CE).

0-100 cm	TDS		MDS	
	Comunalidad	Peso	Comunalidad	Peso
Arena (%)	0,764	0,072		
Arcilla (%)	0,845	0,079	0,922	0,175
Carbono org (%)	0,339	0,032		
Ca CO ₃ (%)	0,760	0,071	0,739	0,141
DA (g cm ⁻³)	0,689	0,065	0,487	0,093
GWC _{33kPa} (%)	0,868	0,081		
GWC _{1500kPa} (%)	0,887	0,083	0,928	0,176
COLE (cm cm ⁻¹)	0,721	0,068		
pH	0,754	0,071	0,752	0,143
Na (cmol kg ⁻¹)	0,339	0,032		
K (cmol kg ⁻¹)	0,600	0,056		
Ca (cmol kg ⁻¹)	0,865	0,081		
Mg (cmol kg ⁻¹)	0,670	0,063		
C.E.C.(cmol kg ⁻¹)	0,867	0,081	0,859	0,163
CE (dS m ⁻¹)	0,707	0,066	0,572	0,109

Tabla 64. Resultado de la comunalidad estimada y el valor del peso de cada indicador en ambos métodos, TDS y MDS, para la sección 0-100 cm.

5.1.2 Análisis factorial de las propiedades del horizonte superficial (0-25cm)

Los resultados obtenidos del análisis factorial (FA), teniendo en cuenta las propiedades del horizonte superficial de los suelos, también se obtiene una solución con cuatro Factores, bajo el criterio de valores propios >1. Una vez rotados estos factores se obtienen las cargas, cuyos resultados obtenidos se reflejan en la [Tabla 65](#). La prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ha dado como resultado un valor de 0,749, inferior al obtenido con las propiedades de la sección control (0-100cm). A continuación, se efectúa la descripción de los valores encontrados.

0-25 cm	F1	F2	F3	F4
<i>Autovalores</i>	7,122	1,983	1,559	1,223
<i>Varianza (%)</i>	44,512	12,393	9,746	7,642
<i>Varianza acumul (%)</i>	44,512	56,905	66,651	74,293
CE (dS m⁻¹)	0,834			
K (cmol kg⁻¹)	0,832			
Arcilla (%)	0,790	0,423		
CEC (cmol kg ⁻¹)	0,745	0,485		
GWC _{1500kPa} (%)	0,609	0,465	0,574	
Ca (cmol kg ⁻¹)		0,836		
pH		0,804		
Ca CO ₃ (%)		0,770		
OC (%)			0,931	
GWC _{33kPa} (%)	0,421		0,708	
COLE cm cm ⁻¹			0,593	0,427
Mg (cmol kg ⁻¹)			0,558	
K (t m ² h/ha J cm)				-0,843
Arena (%)	-0,501		-0,439	0,626
DA (g cm ⁻³)				0,556
Na (cmol kg ⁻¹)				

Tabla 65. Matriz reordenada de factores rotados (Suelo de 0 a 25 cm). En negrita: cargas de factor seleccionadas como MDS

El Factor 1 tiene cargas elevadas en las variables granulométricas finas y gruesas (% de arcilla y arena) y en las que covarían con ellas, como son los parámetros de retención de

agua y la capacidad de cambio. La arena se presenta con cargas negativas. No obstante, las cargas más elevadas se presentan con la conductividad eléctrica (CE) y el K extraíble. Este factor es el de mayor peso al explicar el 44,51 % de la varianza.

El Factor 2 implica a las variables que expresan el contenido en carbonato cálcico y Ca extraíble. También aparece una variable que covaría con los carbonatos, como es el pH (que crece con el aumento en el contenido de carbonato cálcico y Ca extraíble).

El Factor 3 lleva carga alta en las variables carbono orgánico y retención de agua, mientras que el Factor 4 expresa claramente la erosionabilidad (K) de los suelos.

Basado en el análisis de comunalidad y el valor del peso de los indicadores (Tabla 66), la retención de agua a 1500kPa y a 33kPa, así como el Ca extraíble, la CEC, los contenidos de carbono orgánico, de arena y arcilla recibieron las ponderaciones más altas (entre 0.078 y 0,073); por el contrario, el Na y la densidad aparente mostraron los pesos más bajos (entre 0.008 y 0,033), mientras que las restantes propiedades mostraron los valores intermedios (entre 0.068 y 0.059).

El conjunto mínimo de variables (MDS) que mejor describiría la calidad de los suelos estaría constituida por una selección de los siguientes indicadores: la conductividad eléctrica (CE), el K y Ca extraíbles, pH, el carbono orgánico, la retención de agua (GWC33kPa%) y el factor de erosionabilidad del suelo (K).

0-25 cm	TDS		MDS	
	Comunalidad	Weight	Comunalidad	Weight
Arena (%)	0,911	0,077		
Arcilla (%)	0,903	0,076		
Carbono org (%)	0,877	0,074	0,860	0,163
CaCO ₃ (%)	0,706	0,059		
DA (g cm ⁻³)	0,397	0,033		
GWC _{33kPa} (%)	0,862	0,073	0,810	0,154
GWC _{1500kPa} (%)	0,928	0,078		
COLE (cm cm ⁻¹)	0,807	0,068		
pH	0,724	0,061	0,834	0,158
Na (cmol kg ⁻¹)	0,091	0,008		
K (cmol kg ⁻¹)	0,712	0,060	0,706	0,134
Ca (cmol kg ⁻¹)	0,891	0,075	0,777	0,148
Mg (cmol kg ⁻¹)	0,685	0,058		
C.E.C.(cmol kg ⁻¹)	0,883	0,074		
CE (dS m ⁻¹)	0,780	0,066	0,770	0,146
K(t m ² h/ha J cm)	0,729	0,061	0,506	0,096

Tabla 66. Resultado de la comunalidad estimada y el valor del peso de cada indicador en ambos métodos, TDS y MDS, para la sección 0-25 cm.

5.1.3. Validación de los índices de calidad

Para comparar el rendimiento de los diferentes índices, se evaluó la precisión de la clasificación para cada grado (calidad muy alta, alta, moderada y baja) utilizando el estadístico Kappa y los coeficientes de correlación (Qi et al., 2009; Rahmanipour et al., 2014). Para el análisis Kappa, los sitios se clasificaron utilizando los cuatro grados de calidad del suelo como se describió anteriormente, y se calculó un valor Kappa para mostrar los siguientes niveles de acuerdo: (1) nulo < 0.05; (2) muy bajo: 0.05–0.2; (3) bajo: 0.2-0.4; (4) moderado: 0.4–0.55; (5) bueno: 0.55–0.7; (6) Muy bueno: 0.7–0.85; (7) casi perfecto: 0.85-0.99; y (8) perfecto: 1 (Borja et al., 2008). Al evaluar el acuerdo

entre los grados de calidad determinados por los índices IQI_{TDS} e IQI_{MDS} , considerando las propiedades de los suelos entre 0 y 100cm, ha resultado un valor de Kappa de 0,7 (muy bueno), y al comparar la concordancia entre los índices NQI_{TDS} y NQI_{MDS} , el valor estadístico de Kappa ha sido de 0,5 (moderado). Al evaluar el acuerdo entre los grados de suelo determinados por los índices IQI_{TDS} y IQI_{MDS} , considerando las propiedades de los suelos entre 0 y 25cm, ha resultado un valor de Kappa de 0,3 (bajo), y al comparar la concordancia entre los índices NQI_{TDS} y NQI_{MDS} , el valor estadístico de Kappa ha sido de 0,4 (moderado).

Las relaciones lineales entre los diferentes métodos de indicadores (Fig. 154) mostraron coeficientes de correlación más altos solo cuando se utilizan las propiedades del suelo entre 0 y 100cm y el modelo IQI ($R=0,97$). Al utilizar las propiedades del horizonte superficial (0-25cm) de los suelos el coeficiente de correlación más alto corresponde al modelo NQI ($R=0,89$), que claramente es más bajo.

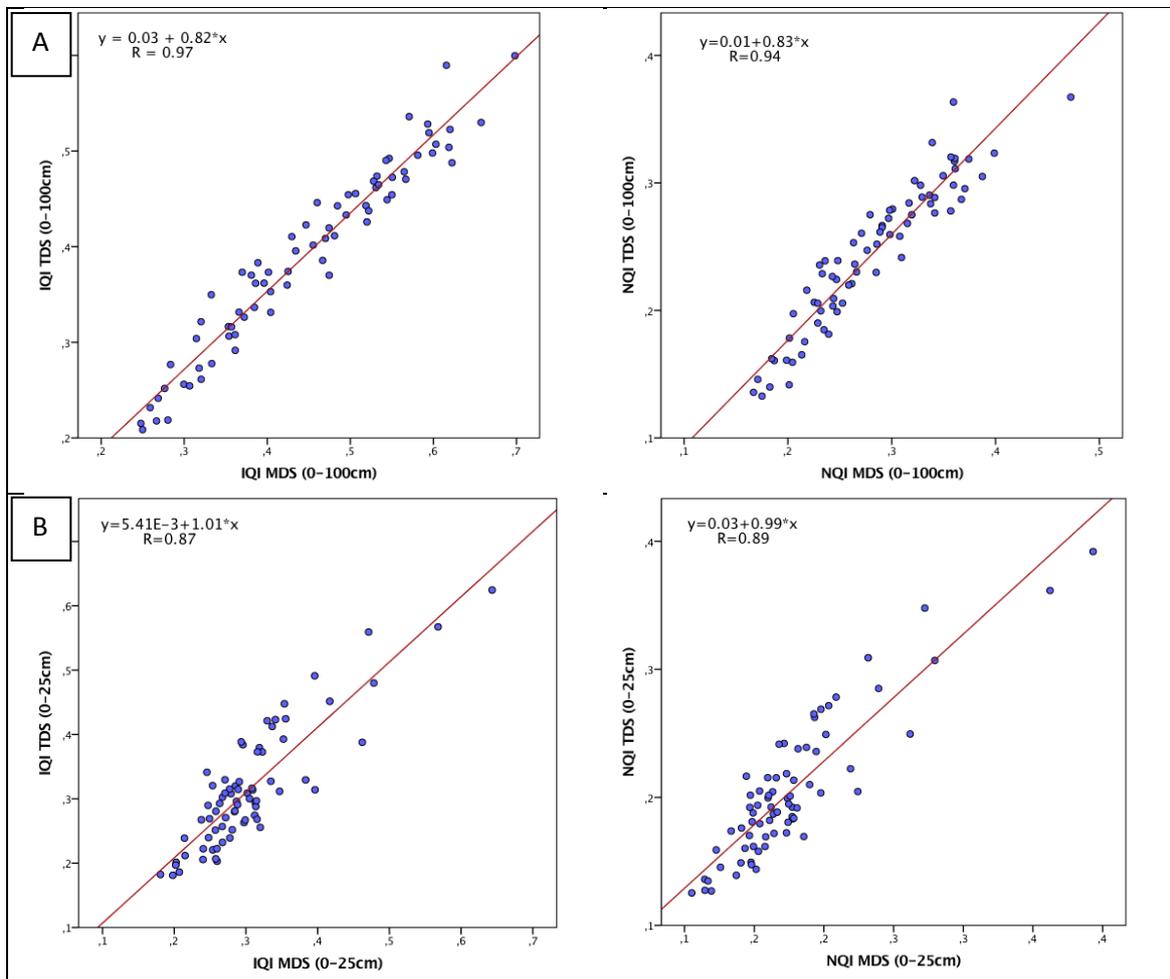


Figura 154. Relación lineal entre los métodos de los indicadores TDS y MDS en los índices IQI y NQI considerando las propiedades de los suelos en la sección: A) 0-100 cm; B) 0-25 cm.

5.1.4. Comparativa de los índices de calidad

Se han calculado los índices de calidad IQI y NQI para cada conjunto de datos (TDS y MDS), en las secciones control de 0-25cm y 0-100cm de los suelos de la zona estudiada. Considerando la sección control de 0-100cm, los patrones espaciales globales de la calidad del suelo derivados de los métodos IQI_{TDS} , IQI_{MDS} y NQI_{TDS} son similares.

Con los resultados obtenidos, la calidad del suelo del área de estudio es, preferentemente, moderada y concuerda con la opinión experta de técnicos agrícolas y agricultores, que consideran a estos suelos, generalmente, de moderada-alta calidad.

Con los dos índices utilizados para calcular la calidad (IQI y NQI), considerando la sección control de 0-25cm, los resultados obtenidos indican que la calidad del suelo del área de estudio es, preferentemente, baja-muy baja y, por lo tanto, no concuerda con la opinión experta. Además, se ha observado que disminuye enormemente la calidad de los suelos de la región estudiada cuando se aplica el índice NQI.

El modelo IQI ha resultado ser el mejor para el cálculo del índice de calidad del suelo en el sector de estudio. Con este modelo la calidad del suelo se determinó utilizando todos los indicadores, pero siempre dirigida por varios indicadores importantes, y se asignaron mayores ponderaciones a los indicadores clave. En cambio, con el modelo NQI se utiliza el valor promedio de todos los indicadores y el indicador de puntuación más bajo, lo que le otorga un valor ponderado más alto. En otras palabras, mientras que el IQI asigna la puntuación de cada indicador de forma independiente, el NQI solo otorga una importancia preferencial al indicador con la puntuación más baja.

Los resultados mostraron que la consideración de las propiedades de los horizontes subsuperficiales de los suelos, son de gran valor para la evaluación de la calidad del suelo. El cálculo del índice de calidad del suelo para la sección de control del suelo (0-100cm) tienen una relación comparativamente mejor con la productividad de los cultivos que la valoración realizada solamente con las propiedades de la superficie del suelo (0-25cm). Además, como el clima de esta región es semiárido, y el régimen de humedad de los suelos es xérico, los suelos permanecen con un déficit de humedad durante los meses de junio a octubre. El rendimiento de los cultivos de secano depende principalmente del contenido de humedad almacenada en los horizontes subsuperficiales del perfil del suelo (Pal et al., 2012).

A partir de los resultados obtenidos con el índice IQI_{TDS} , considerado como el que mejor describe la calidad de los suelos de la zona estudiada (Fig. 155), se han evaluado cuatro clases de calidad (muy alta, alta, moderada y baja). Para este propósito, el rango del citado índice de calidad se dividió por el número de intervalos deseados (4), y el resultado se usó como el ancho de cada intervalo. Al agregar este valor al valor más bajo del correspondiente índice se obtuvo el límite superior del primer intervalo, y así sucesivamente, hasta que se alcanzó el rango superior del índice de calidad.

5.1.5. Índices de calidad y distribución vertical de las propiedades del suelo.

Una vez calculados los índices de calidad, teniendo en cuenta todas las propiedades de la sección control de los suelos entre 0 y 100cm, se aprecia que los suelos de calidad alta y muy alta son los más extendidos por el sector de estudio, lo que es lógico al estar comprendida la zona de estudio en un área agrícola de reconocido prestigio como La Armuña. Se trata de suelos generalmente antiguos y de gran desarrollo que se extienden por terrenos de orografía plana o suave, con buenas propiedades químicas, en lo que tiene gran influencia las características vérticas y cálcicas que presentan. En ocasiones, estos suelos y la superficie sobre la que se asientan se encuentran en una fase de erosión antrópica. La existencia de dicha erosión se pone de manifiesto en la morfología del perfil actual, porque el epipedón está mezclado por el arado con los primitivos

horizontes eluviales y con el horizonte Bt. El epipedón es de color pardo-rojizo y textura franco-arcillo-arenosa. El horizonte argílico es de unos 40 a 50 cm de espesor; es de color rojo y textura arcillosa o arcillo-arenosa. Es frecuente que estos suelos posean propiedades vérticas (finas grietas que están rellenas con material procedente del horizonte Ap y en profundidad aparecen slickensides). El horizonte Ck generalmente es pulverulento y pasa, en profundidad, a originar un enrejado de carbonatos. En cuanto a los datos analíticos, el porcentaje de arcilla es mayor del 30% en todos los horizontes; el contenido de arcilla, la retención de agua, la CEC y el COLE suele tener valores altos, especialmente en el horizonte argílico. Es interesante señalar que el rendimiento de los cultivos en esta región depende principalmente de la humedad almacenada en el perfil del suelo y ésta depende de la cantidad y naturaleza de los minerales de la arcilla. Además, los valores del pH varían entre 6 y 7, valor considerado como óptimo para la mayoría de los cultivos de secano. Como se puede apreciar en la [Fig. 156](#), las curvas de distribución en profundidad de las propiedades de los dos suelos que figuran en la parte superior están muy espaciadas, es decir se encuentran distribuidas a lo largo de todo el espacio del gráfico, debido a los valores medios-altos de retención de agua, de CEC, contenido de arcilla, COLE, etc. Las características de estos suelos coinciden con la opinión que tienen los expertos: “se trata de los suelos con mayor calidad de la región”. Con calidad alta se engloban las asociaciones de luvisoles y cambisoles que presentan ciertas propiedades vérticas en el horizonte argílico y acumulación de carbonatos en los horizontes subsuperficiales. Se extienden mayoritariamente sobre materiales terciarios por la parte oriental del área de estudio, especialmente sobre posiciones fisiográficas de terraza y glacis, aunque también son visibles en posiciones con ligeras inclinaciones (sector nororiental y suroccidental). En esta categoría también se engloban los suelos que conforman la vega del Tormes (profundos cambisoles y luvisoles con adecuadas propiedades físicas), así como la Depresión de Monterrubio (Vertisoles). Los suelos de muy alta calidad presentan menor superficie que los de alta calidad, y se extienden por el tercio central del sector, ligados a superficies estables y antiguas situadas sobre areniscas de la Fm. Cabrerizos, donde se desarrollan luvisoles de elevado espesor, marcado carácter básico debido a enrejados de carbonatos y que presentan, además, propiedades vérticas que se manifiestan en el horizonte argílico.

Los suelos con una calidad intermedia, moderada, son los menos extendidos por el sector, distribuyéndose de forma irregular. Se trata de suelos de mediano desarrollo en general, distribuidos en zonas de ladera sobre areniscas feldespáticas en La Armuña, por ejemplo, aunque en algunos casos alcanzan grandes desarrollos, como en los suelos desarrollados sobre derrubios cuarcíticos de las laderas de Los Montalvos. Son suelos con tipología variada, especialmente cambisoles y luvisoles que, aunque suelen presentar desarrollos aceptables, suelen encontrar sus principales limitaciones en sus características químicas al no presentar propiedades cálcicas ni vérticas. Como características comunes a todos estos suelos hay que citar la ausencia de pedregosidad y el color pardo de los horizontes, debido al proceso de empardecimiento que les ha hecho adquirir estos colores. En los horizontes A y B predominan las texturas franco-arcillo-arenosa y arcillo-arenosa, respectivamente, y en los horizontes C las arenoso-franca o franco-arenosa. El espesor de estos suelos es muy variable y oscila entre 70 y 100 cm. Poseen un horizonte Ap ligeramente calcáreo, un horizonte cámbico de 20 a 50 cm de espesor. En estos horizontes se suelen presentar grietas muy finas rellenas de material procedente del horizonte Ap. El horizonte C está constituido por una arenisca de color pardo-amarillento. En cuanto a los datos analíticos, el porcentaje de arcilla es inferior al 30% en todos los horizontes; el contenido de arcilla, la retención de agua y la CEC

suelen tener valores moderadamente altos, especialmente en el horizonte cámbico. Los valores del pH varían entre 5 y 7. Como se puede apreciar en los dos perfiles de suelos situados en la parte media de la Fig. 156, las curvas de distribución en profundidad de las propiedades de los suelos ocupan, aproximadamente, la mitad del gráfico, debido a que los valores correspondientes al % de arcilla, de retención de agua, de CEC, etc., tienen una valoración media y “aportan una calidad moderada a los suelos”. Solamente, en los suelos con características vérticas, la curva del COLE presenta valores altos.

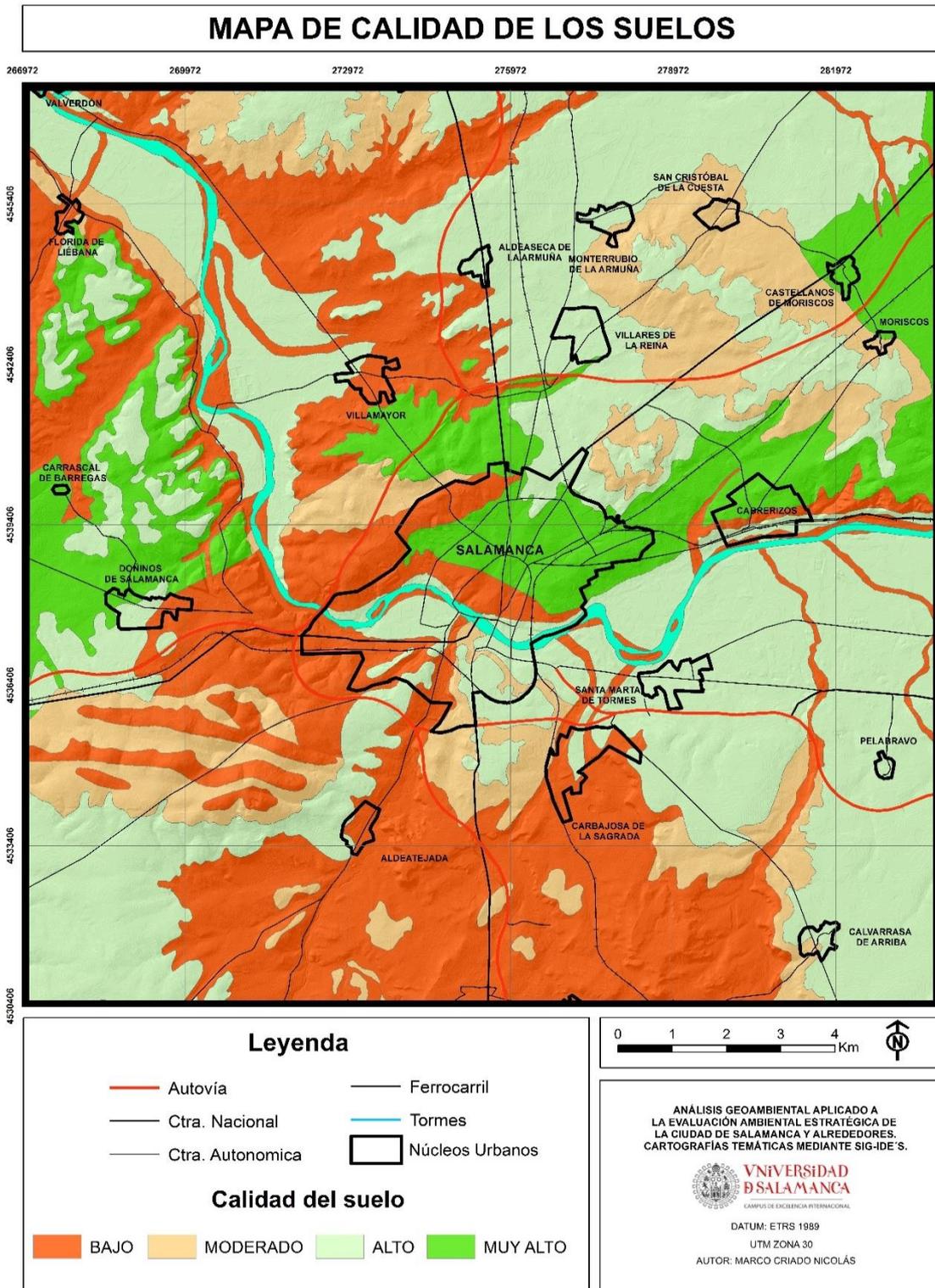


Figura 155. Mapa de calidad de los suelos de Salamanca y alrededores según el Índice IQI_{TDS}.

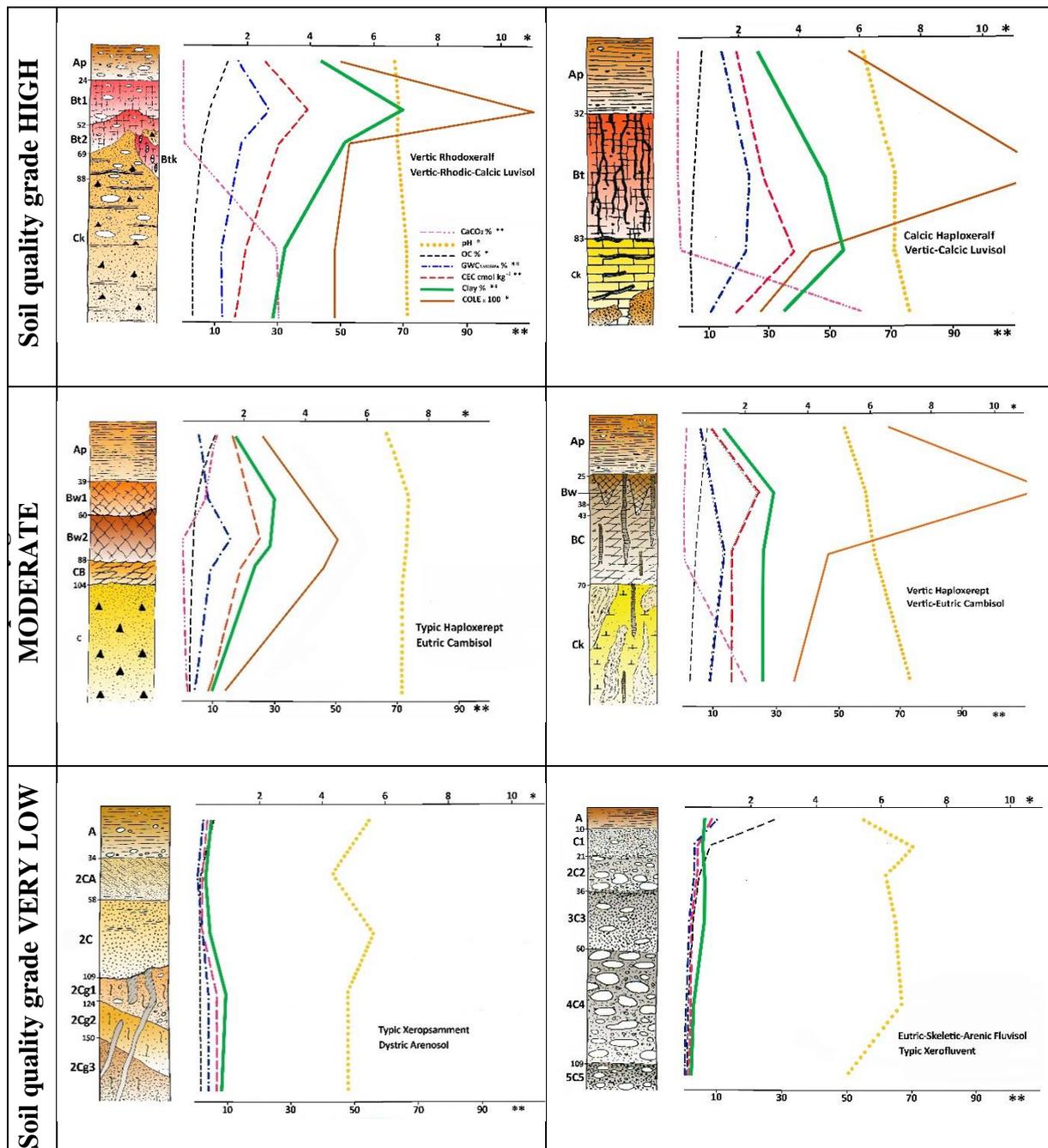


Figura 156. Distribución vertical de las propiedades de seis suelos con diferentes grados de calidad.

Con baja calidad se encuentran los suelos de menor desarrollo identificados. Se trata de asociaciones situadas sobre pizarras ordovícicas, cuarcita armoricana, areniscas silíceas y areniscas arcósicas de la facie de Torresmenudas, dominadas mayoritariamente por regosoles, leptosoles y cambisoles, todos ellos dístricos, respectivamente, que se distribuyen mayoritariamente por el sector occidental de la zona de estudio, agrupando sectores como Los Montalvos, Arapiles-Aldeatejada, La Salud y laderas sobre areniscas cercanas a la vega del Tormes aguas debajo de Villamayor. En esta categoría también se incluyen los suelos desarrollados en los depósitos aluviales de los fondos de valle que conforman los arroyos que drenan esta zona (mayoritariamente Gleysoles) y del cauce actual del Tormes (Fluvisoles). Como se puede apreciar en los dos perfiles de suelos situados en la parte inferior de la Fig. 156, las curvas de distribución en profundidad de los datos analíticos más importantes de los suelos se agrupan (están muy juntas o

apretadas) en la parte izquierda de los gráficos, debido a que los valores correspondientes al % de arcilla, de la retención de agua, de la CEC, etc., tienen una valoración muy baja. El perfil clasificado como Xerofluvent es un suelo formado por un único epipedón ócrico que descansa sobre depósitos aluviales, constituidos por una alternancia de arenas y gravas. Hay que destacar que este suelo no posee carbonatos en el perfil, la textura es muy arenosa a lo largo del perfil y por lo tanto el COLE no se ha representado en el gráfico por presentar unos valores insignificantes. Los valores del pH varían entre 5 y 6. El perfil clasificado como Xeropsamment está desarrollado sobre arenas arcósicas o areniscas con los granos minerales poco cementados. Este suelo posee un epipedón de color pardo-amarillento y textura arenoso-franca, en la que el porcentaje de arena gruesa alcanza el 40%. El horizonte C está constituido por una alternancia de varias capas de arenisca con distinta compactación; las superiores están prácticamente sueltas y las inferiores están algo cementadas y tienen cantos dispersos. A partir del metro de profundidad existen decoloraciones grises y manchas debidas a procesos de hidromorfía. Los datos analíticos nos indican que se trata de un suelo ácido (pH entre 4 y 6), muy pobre en elementos nutritivos para las plantas, con una retención de agua escasísima y cuyo grado de saturación es inferior al 50%.

Por lo tanto, mediante la realización de la gráfica de distribución de las propiedades de los suelos en vertical, podemos calcular el grado de calidad, de forma cualitativa.

5.1.6. Calidad del suelo y uso de la tierra.

Los valores medios para los cuatro índices de calidad que utilizan los métodos TDS y MDS, en las muestras de 0-100cm, fueron mayores para las tierras de cultivo que para los pastizales. Los valores medios para los índices de calidad que utilizan los métodos TDS, en las muestras de 0-25cm, también fueron mayores para las tierras de cultivo que los pastizales. Sin embargo, los valores de los índices de calidad que utilizan los métodos MDS, en las muestras de 0-25cm, fueron mayores para los pastizales. Es interesante señalar que en esta región los suelos más fértiles se están utilizando, como es lógico, para uso agrícola desde hace varios miles de años, por el contrario, los suelos poco profundos, con abundante rocosidad o pedregosidad, con textura muy arenosa, con baja CEC, etc., se han utilizado única y exclusivamente para pastizales. Además, los resultados mostraron que las tasas medias de erosionabilidad fueron ligeramente más altas para los cultivos ($K=0,23$) que para los pastizales ($K=0,21$), aunque no se apreciaron diferencias significativas. Los suelos que presentan la mayor erosionabilidad son los suelos desarrollados sobre cuarcitas y pizarras en áreas con orografía abrupta.

5.2. Cartografía aplicada a la expansión urbana sostenible de Salamanca y alfoz.

El aumento y concentración de población en grandes ciudades, que para 2050 se estima en un 68 % y para final del siglo XXI en el 90%, es uno de los principales retos para la humanidad (Ángel et al., 2011; United Nations, 2012). La urbanización desmedida y no planificada provoca multitud de impactos negativos, tanto de tipo socioeconómico - sellado de suelo fértil, muertes relacionadas con la polución y el calor, problemas de movilidad urbana, o mayor exposición a riesgos naturales, potenciado esto además por el cambio climático (Bull-Kamanga et al., 2003; Banister, 2005; Pérez & García, 2016), como de tipo ecológico -pérdida o alteración de áreas de calidad ecológica y

disminución de la biodiversidad, contaminación del aire, suelos y agua, o alteración de los patrones de precipitación y temperatura local (Cai et al., 2011; Li et al., 2018; Liu & Niyogi, 2019; Qiu et al., 2019). El impacto de las grandes aglomeraciones urbanas sobre el cambio climático es evidente al tratarse del mayor foco emisor de gases invernadero y de consumo de recursos, lo que puede comprometer el desarrollo económico, la seguridad alimentaria o la justicia social (United Nations, 2011).

Históricamente, las ciudades se han extendido generalmente sin criterios planificadores ni restricción, ligadas al desarrollismo industrial y urbano que derivó en ciudades desorganizadas “fruto de un experimento masivo no planificado de cambio del paisaje” (Niemelä et al., 2011). Pronto aparecieron los primeros impactos sobre la población y el medio ligados al binomio industrialización-urbanización. Paulatinamente la sociedad fue exigiendo a los poderes político y económico prácticas más respetuosas y responsables con el medio ambiente, que desembocaron en la aceptación del desarrollo sostenible como único modelo de desarrollo que garantiza el bienestar social, y que precisa de un desempeño urbanístico adecuado y sostenible (Hope, 1986).

La planificación y desarrollo urbano sostenible ha sido un tema muy desarrollado en los últimos años. Muchos autores han empleado técnicas de interpretación de imágenes satelitales, especialmente Landsat, para monitorizar los cambios de usos del suelo ligados a la urbanización (Song et al., 2016; Kabisch et al., 2019; Zhao et al., 2019). Los análisis multicriterio son ampliamente empleados en la planificación urbana y territorial, integrando en el estudio parámetros ambientales y socioeconómicos como factores de decisión (Meng et al., 2011; Criado et al., 2016). Por su parte, otros estudios se centran en la mejora de aspectos concretos con contribución relevante en la sostenibilidad urbana. Unos evalúan el impacto de la accesibilidad a la red de transporte sobre la sostenibilidad de una ciudad, centrándose en la relación entre la tipología urbana y el coste que supone cada una en relación a las infraestructuras o servicios básicos. La optimización de energía es otro de los pilares de la sostenibilidad urbana, por lo que existe gran cantidad de literatura abordando la eficiencia energética de edificios y viviendas o la implantación de redes de energía renovables (Kammen & Sunter, 2016; Tronchin et al., 2018). Los espacios verdes y su contribución a la sostenibilidad también han sido estudiados (Jennings et al., 2016). Además, se ha incrementado el estudio de factores que se verán afectados por el cambio climático y que pueden suponer riesgos futuros para la población, como Berry & BenDor (2015), que consideran el ascenso del nivel del mar como un elemento clave en lugares costeros. Por último, algunos autores han desarrollado herramientas que permiten evaluar y verificar la sostenibilidad de los diferentes elementos de la ciudad, como edificios, arquitectura verde o redes de transporte y de suministro (Zope et al., 2019).

No obstante, a pesar de estos esfuerzos, aún siguen produciéndose malas prácticas en la planificación urbana y tomas de decisión, con impactos evidentes sobre el medio ambiente y la población. Quizás el evaluar la expansión urbana a lo largo del tiempo, e identificar los impactos generados, sirva de punto de partida para lograr una mayor sostenibilidad futura, así como para poder poner en marcha medidas de mitigación o prevención, cuando fuese necesario. Además, es palpable la necesidad de adaptar el sistema urbano a los objetivos de protección del medio ambiente y de lucha contra el cambio climático si queremos preservar nuestro entorno y bienestar, y el de las generaciones venideras, y evitar los escenarios adversos que se prevén en relación al cambio climático. Por ello, en este apartado, se pretende: 1) identificar las áreas

restrictivas a la urbanización y sellado del suelo, en base al AMC de cuatro criterios de interés (ecológico, agrícola, cultural y protección de la población frente a riesgos naturales); 2) a partir del estudio de imágenes Landsat y técnicas de teledetección, evaluar los cambios de uso de la tierra en la zona de estudio en el periodo 1956-2018; y 3) empleando el AMC y la evaluación multitemporal, estudiar la sostenibilidad de la expansión urbana de Salamanca y alrededores.

5.2.1. Análisis multitemporal de cambios en las coberturas del suelo.

Mediante técnicas multitemporales de teledetección, se ha evaluado la expansión urbana de Salamanca y alrededores y el cambio asociado en las coberturas del suelo en el periodo 1956-2018. Se emplearon imágenes del Servicio Geológico de los Estados Unidos correspondientes a satélites Landsat de fecha 27 de Julio de 1985 –Landsat 5-, 27 de agosto de 1999 –Landsat 7- y 7 de agosto de 2018 –Landsat 8- (USGS, 2019). Por su parte, para el año 1956, se emplea la fotografía aérea a escala 1:33.000 obtenida del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL, 2019).

Tras la recopilación de las imágenes satelitales, se procede a su procesamiento, realizándose la corrección atmosférica mediante el Método DOS-1/CHAVEZ, para lo que se emplea el plugin SCP de QSIG. Posteriormente, se realizan composiciones a color natural y falso color que servirán para identificar y separar los tipos de cobertura objeto de estudio. La composición que ofrezca mejor distinción entre las coberturas será la elegida para realizar la clasificación supervisada. En la imagen aérea del vuelo de 1956 se han digitalizado las zonas urbanizadas hasta la fecha, las cuales se diferencian del resto de usos.

Para la clasificación supervisada, que se realiza por el Método de Máxima Verosimilitud, se utilizaron las composiciones a color natural, empleando la composición de bandas 3,2,1 para las imágenes de los satélites Landsat 5 y 7, mientras que para el caso del Landsat 8 se emplea la combinación 4,3,2. Se establecen para su clasificación cinco categorías de usos del suelo, de acuerdo a las características del sector estudiado: agua, pastizal, cultivos de secano, cultivos de regadío y áreas urbanas. Los suelos desnudos se integran en las áreas de cultivo de secano, pues se corresponden con las tierras de barbecho, cuya distribución es variable según la rotación de cultivos entre los diferentes años. Para entrenar el modelo previamente a su clasificación supervisada, se generaron 40 áreas de entrenamiento para cada tipo de cobertura. Las áreas de entrenamiento indican al SIG los niveles digitales de la imagen satelital relativos a cada tipo de cobertura, constituyendo la base de la clasificación supervisada. Finalmente, la precisión de las clasificaciones fue evaluada con el estadístico Kappa, para el que se consideran los siguientes niveles de acuerdo (Landis & Koch, 1977): inexistente (0.00), ligero (0.00-0.20), bajo (0.21-0.40); moderado (0.41-0.60); muy bueno (0.61-0.80); excelente (0.81-1). Para verificar la verosimilitud de la clasificación, mediante el estadístico Kappa se obtienen cien puntos al azar de coberturas obtenidas en la clasificación, las cuales se comparan, con imágenes aéreas de vuelos que se realizaron en fecha coetánea a la de la imagen satelital empleada para la clasificación, obtenidos en el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2019), comprobando la coincidencia o no de coberturas entre ambas. La cartografía multitemporal obtenida muestra los cambios en el uso de la tierra ligados a la urbanización de la ciudad a lo largo del periodo estudiado (1956-2018).

5.2.2. Análisis multicriterio: identificación de las áreas restrictivas

El AMC permite implementar en la toma de decisiones relacionadas con los procesos de urbanización, las directrices del desarrollo sostenible que permitan una adecuada protección del medio ambiente, de la población y de sus bienes. Mediante el mismo, se delimitan las áreas de mayor interés, ya sea por sus características ecológicas, agrícolas, culturales, o por suponer riesgos para la población. Por tanto, a partir de este AMC se obtienen las áreas con restricciones mediante el estudio de cuatro criterios: agrológico, ecológico, cultural y de protección de la población. Los diferentes criterios son estudiados en campo, posteriormente digitalizados, y además se pondera internamente cada componente de los criterios (peso de 0-5), si es el caso, y según sus características, por ejemplo, en función de cómo es el riesgo (alto, medio, bajo...). El método empleado en el AMC es el Método de las Jerarquías Analíticas o Método AHP –Analytical Hierarchy Process- (Saaty, 1980, 2013).

El criterio ecológico (C1) identifica las áreas de mayor calidad en términos ecológicos, ambientales y de paisaje. Estos espacios son los que mantienen las cualidades de los ecosistemas autóctonos y conservan los procesos naturales en las cercanías de las zonas urbanas. Para ello se emplearon los Hábitats Naturales, cuyas zonas recibieron la mayor ponderación (5), mientras que el resto recibieron la menor (0). Por su parte, el paisaje fue puntuado según su calidad paisajística (Muy alta: 5; Alta: 4; Moderada: 3; Baja: 2; Muy baja: 1).

El criterio agrológico (C2) evalúa la calidad agrícola de los suelos debido a que es importante que los suelos más fértiles sean protegidos de un uso irreversible como es el proceso de urbanización. De acuerdo con la Clasificación de la Capacidad Agrológica de los Suelos (Klingebiel y Montgomery, 1961), los suelos se clasifican según su aptitud agrícola: Clase II (5); Clase III (3); Clase IV (2); Clases V-VI (1) y Clase VII (0), en base a los datos del apartado correspondiente de esta Tesis.

La conservación del patrimonio histórico-artístico y cultural debe ser otra prioridad en la planificación urbana debido a su valor intrínseco. A través del criterio cultural (C3) se cartografiaron los sitios y áreas arqueológicas o bienes de interés cultural. Estas áreas recibieron un peso de 5, mientras que en el resto fue de 0.

El criterio de protección de la población (C4) evalúa los riesgos naturales a los que está expuesta la sociedad, cada vez más vulnerable a ellos, de manera que se restringe la urbanización de las zonas en las que pueden producirse esos riesgos. Como se mostró en el Bloque 3, los principales riesgos naturales en Salamanca y alfoz son las inundaciones y, en menor medida, los desprendimientos de rocas (Criado et al., 2019). Estas zonas se ponderaron en función del riesgo: (Muy alto: 5; Alto: 4; Moderado: 3; Bajo: 2; Muy bajo: 1; Inexistente: 0).

Finalmente, para el AMC, a cada criterio, según su prevalencia sobre el resto, se le da una ponderación global (ki), utilizando el Método AHP o de las Jerarquías Analíticas, y por medio del álgebra de mapas, utilizando la Ec. 23, se obtiene un archivo ráster con los resultados del AMC, que se reclasifican en 4 niveles. El nivel que contiene los valores altos se considera que agrupa las áreas de interés, es decir, aquellas que presentan interés ambiental, cultural o agrícola, o riesgo para la población, y por lo tanto se consideran restrictivas para la urbanización.

$$AMC = k1 \cdot C1 + k2 \cdot C2 + k3 \cdot C3 + k4 \cdot C4 \quad \text{Ec.23}$$

Con la combinación de ambos procedimientos, análisis multitemporal de coberturas del suelo y análisis multicriterio, se puede comprobar cómo la ciudad de Salamanca se fue expandiendo, y qué superficies fueron selladas, lo que nos permite hacer una idea de la sostenibilidad del proceso urbanizador. Además, se efectúa un estudio de la dinámica poblacional, basado en datos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2019), con el objetivo de relacionar el factor demográfico con el urbanizador.

5.2.3. Análisis de la sostenibilidad de la expansión urbana

Evolución de las coberturas del suelo (1956-2018)

Las clasificaciones supervisadas en las que se delimitan las cinco coberturas del suelo seleccionadas en los diferentes periodos de tiempo muestran unos niveles de acuerdo adecuados: muy bueno para las clasificaciones de 1985 (Kappa=0.69) y 1998 (Kappa=0.78) y excelente para la de 2018 (Kappa=0.84). Los mapas de coberturas correspondientes a cada uno de los periodos se encuentran en la Fig. 157, cuyos datos de extensión (ha), se encuentran resumidos en la Tabla 67. Se observan dos tendencias en los resultados: 1- aumento progresivo del área urbanizada; 2- disminución de las áreas de cultivo. La superficie construida se incrementa del 3.8% al 22.3% desde 1956 hasta la actualidad. Por otra parte, las superficies de cultivo disminuyen del 72.9% en 1985 al 60.8% en 2018, por lo que la pérdida de superficie cultivada sería mayor si pudiéramos compararla para el periodo 1956-2018. Respecto a las tierras agrícolas, las mayores pérdidas se producen en las de secano (cereal), cuya extensión disminuyó en 1.583 ha, por las 339 ha que se perdió de cultivos de regadío en el periodo 1985-2018. Los pastizales y eriales se mantienen bastante constantes a lo largo del tiempo, y se han observado interacciones y cambios de uso con la agricultura de secano. La superficie del agua (perteneciente al Tormes), es similar, si bien se detectan disminuciones de superficie con el tiempo, lo que puede ser debido a la mejora del bosque de ribera, que cubren cada vez más superficie del cauce.

Año	Agua		Pastizal		Cultivos secano		Cultivos regadío		Área urbana	
	A	%	A	%	A	%	A	%	A	%
1956	-	-	-	-	-	-	-	-	596	3.8
1985	238	1.5	2,423	15.3	9,288	58.5	2,290	14.4	1,630	10.3
1998	230	1.4	2,604	16.4	8,755	55.2	2,059	13.0	2,219	14.0
2018	226	1.4	2,455	15.5	7,705	48.5	1,951	12.3	3,532	22.3

Tabla 67. Extensión, en hectáreas, y porcentaje de las diferentes coberturas del suelo en cada periodo. A: Área, en hectáreas; %: Porcentaje de área de cada cobertura respecto a la superficie total estudiada.

Las transformaciones más significativas que experimentan las coberturas del suelo se resumen en la Tabla 68. Para el periodo 1985-1998, sufrieron una transformación de uso casi un 7% de la superficie (1.088 ha), mientras que para el periodo 1998-2018, la superficie transformada fue de 1.935 ha (12% de la superficie del área de estudio), por lo que en las tres últimas décadas alrededor de un 20% del área estudiada habría sufrido cambios en su cobertura. Los principales cambios están relacionados con pastos y tierras de cultivo, que en general han sido edificados. La principal transformación en

ambos periodos fue de cultivos cerealistas en áreas residenciales, con un total de 1.098 ha (36% de las transformaciones totales). Se construyeron 253 ha (8%) dedicadas anteriormente a cultivos de regadío. Un total de 510 ha de pastos y eriales fueron edificadas en este periodo, lo que supone el 17% de los cambios de cobertura observados. El resto de transformaciones significativas se produce entre los diferentes tipos de áreas de cultivo y los pastizales y eriales, destacando la conversión de zonas de cultivo cerealista en pastizales y eriales con 664 ha (22%), lo que se relaciona con el abandono de las zonas de cultivo de menor calidad y producción.

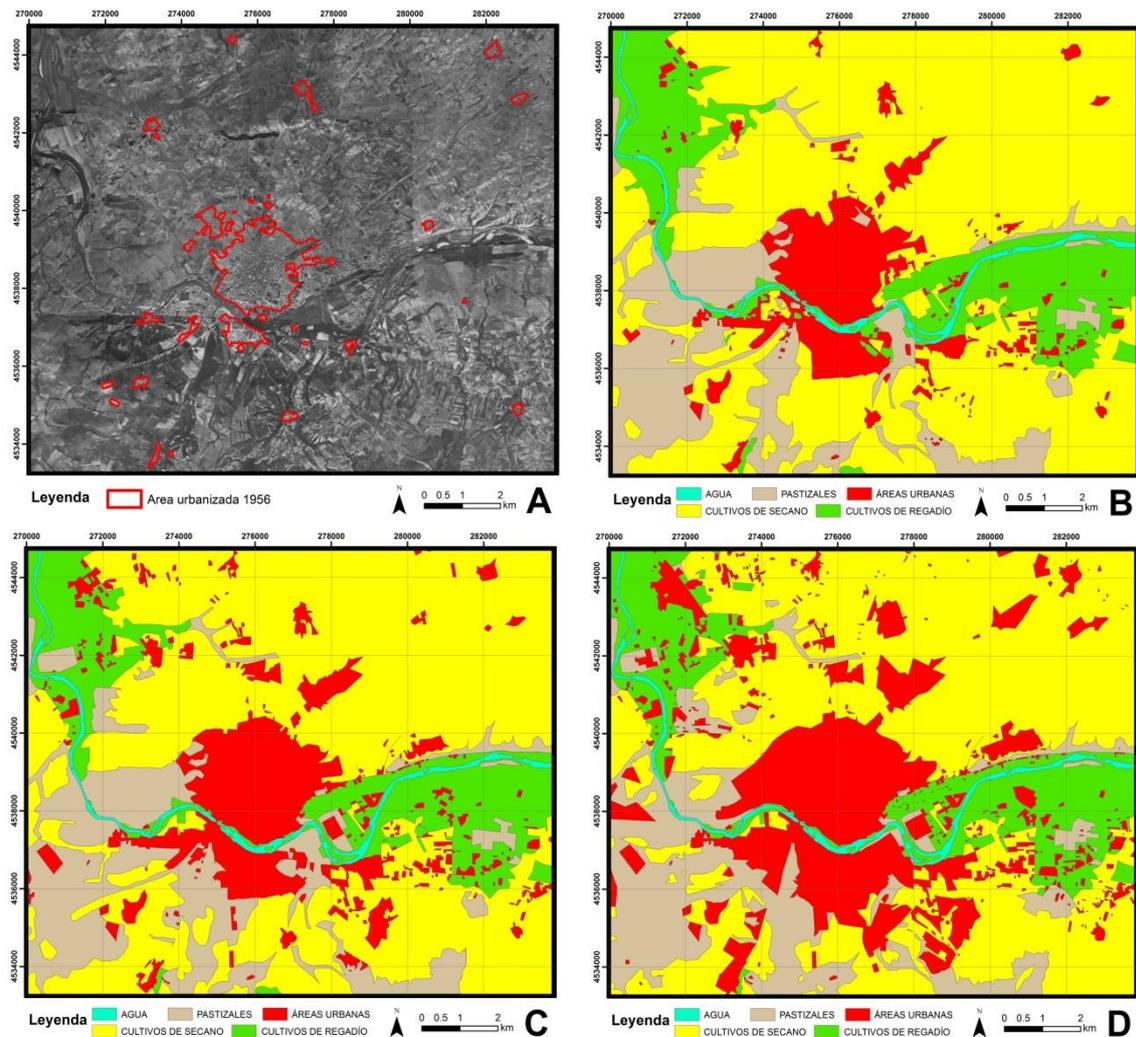


Figura 157. Evolución espaciotemporal de los usos del suelo: A) Superficie construida en 1956; B) 1985; C) 1998; D) 2018.

	Agua		Pastizal		Cultivo seco		Cult. regadío		Ár. urbanas	
Agua	-		NR ¹	NR ²	NR ¹	NR ²	NR ¹	NR ²	NR ¹	NR ²
Pastizal	NR ¹	NR ²	-		96 ¹	135 ²	NR ¹	NR ²	68 ¹	442 ²
Cul. seco	NR ¹	NR ²	241 ¹	423 ²	-		6 ¹	71 ²	414 ¹	684 ²
Cul. regadío	NR ¹	NR ²	95 ¹	8 ²	29 ¹	14 ²	-		117 ¹	136 ²
Ár. urbanas	NR ¹	NR ²	NR ¹	NR ²	NR ¹	NR ²	NR ¹	NR ²	-	

Tabla 68. Principales transformaciones en la cobertura del suelo: A) Desde 1985 hasta 1998; B) Desde 1998 hasta 2018. ¹Cambio en la cobertura del suelo (1985-1998); ²Cambio en la cobertura del suelo (1998-2018); NR: No hay cambios representativos en la cubierta terrestre.

Dinámica poblacional

En relación con la población del área de estudio (INE, 2019), también ha manifestado cambios para este periodo, incluso a nivel regional (Fig. 158). Para el periodo desde mediados de los años 50 hasta la actualidad, la población del área estudiada se ha multiplicado por 2.5, pasando de 80.000 habitantes a los 190.000 actuales, si bien el máximo, ligeramente superior a la población actual, se alcanzó a principios de la década del 2010. En comparación con la dinámica poblacional de su entorno, se muestra un claro aumento de la población en el área de estudio en contraposición con el fuerte y prolongado descenso a nivel regional. El área de estudio ha pasado en este tiempo de estudio de albergar el 20% de la población de la provincia, a casi el 60% actual.

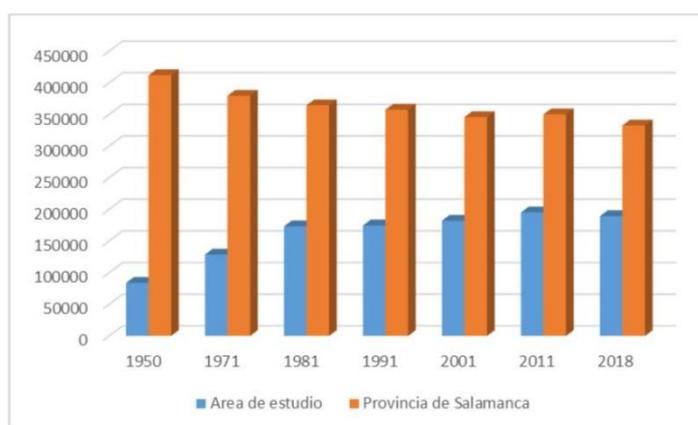


Figura 158. Dinámica poblacional del área estudiada y de la provincia de Salamanca a lo largo del periodo seleccionado.

Evolución del sellado del suelo.

En relación a la distribución y caracterización de los criterios estudiados, los hábitats naturales, con una extensión de 683 ha., se relacionan con el cauce del Tormes y sus formaciones de ribera, así como a pastos y bosques mediterráneos (Fig. 159A). Las áreas de mayor calidad paisajística (981 ha) se encuadran en zonas de mayor vegetación natural y con orografía diversa (Fig. 159A). Respecto a los suelos agrícolas, los suelos de mejores cualidades agrícolas (Clase II) suponen 1.872 ha, mientras que los de Clase III aglutinan 2.580 ha. y los de Clase IV 6.828 ha. Los suelos de Clases V, VI y VII comprenden, respectivamente, 966, 3.180 y 404 ha. (Fig. 159B). Las áreas de interés histórico, artístico y cultural abarcan 471 ha del territorio estudiado (Fig. 159C). Por último, se han identificado 1.552 ha. como zonas con riesgo de inundación (Criado et al., 2019), y las zonas con riesgos de desprendimiento (145 ha.), se asocian a escarpes fluviales principalmente (Fig. 159D).

Como resultado de aplicar el método AHP para asignar los pesos de cada criterio para efectuar el análisis, el criterio ecológico y el de protección de la población obtuvieron los pesos más elevados (35%), mientras que el criterio agrícola y el cultural, respectivamente, 20% y 10%. Como resultado final de este AMC, se obtienen las áreas restrictivas, no recomendadas para la urbanización, que conforman estos cuatro criterios, con una extensión de 3.747 ha. (Fig. 160A).

Para comprender la sostenibilidad del proceso urbanizador, se evalúa cómo han ido invadiendo las nuevas edificaciones las áreas restrictivas. La superficie edificada en

zonas con limitaciones ha ido creciendo paulatinamente: 218 ha. en 1985 (Fig. 160B); 347 ha. en 1998 (Fig. 160C); y 541 ha. en 2018 (Fig. 160D), lo que supone que el 15 % de las edificaciones actuales se encuentren sobre áreas restrictivas. En relación con el sellado de suelos agrícolas (Clases II, III y IV), se han perdido a lo largo del tiempo hasta 2,466 ha. en el área estudiada. Las edificaciones también han prosperado en áreas con riesgos naturales: 187 ha edificadas en zonas inundables, y 6 ha en áreas de peligro de desprendimientos. Menor es la afección encontrada sobre las áreas de mayor calidad paisajística (43 ha. edificadas), y sobre los hábitats naturales (29 ha.), siendo en estas los pastos de interés comunitario los que más retroceso han sufrido.

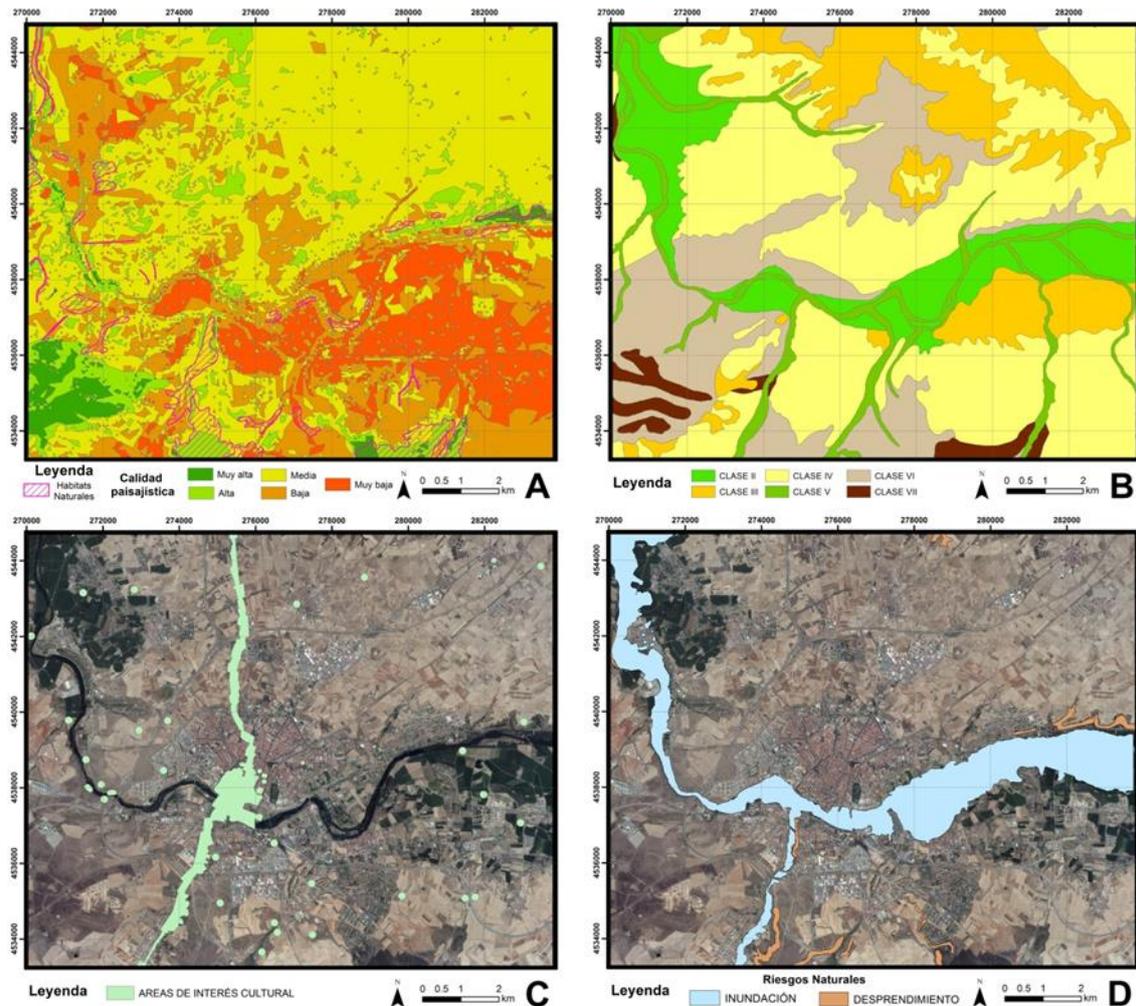


Figura 159. Criterios empleados en el AMC: A) Calidad paisajística y hábitats naturales; B) Clases Agrológicas; C) Yacimientos y áreas de interés histórico, artístico y cultural; D) Riesgos naturales: zonas inundables y desprendimientos.

La Figura 161 muestra la afección que ha supuesto la urbanización a los suelos según su capacidad agrológica, y se presenta la extensión de suelo sellada en cada periodo, así como el total de suelo impermeabilizado hasta cada momento (1985, 1998 y 2018) (Tabla 69). Hasta 1956, un total de 596 ha. fueron selladas, afectando principalmente a suelos de la Clase IV (Fig. 161A). En el periodo 1956-1985 se sellaron debido a la urbanización 1.034 ha. de suelo, de las cuales 729 ha tenían buena aptitud agrícola (Fig. 161B). En el siguiente periodo de estudio (1985-1998), casi el 80% (455 ha.) de la nueva superficie edificada (589 ha.) correspondía a tierras agrícolas (Fig. 161C). Para el periodo 1998-2018, hasta 914 ha agrícolas fueron urbanizadas, de un total de 1313 ha

(Fig. 161D). En definitiva, a lo largo del ciclo urbanizador se han sellado 3.532 ha de suelo, de las cuales tenían aptitud agrícola 2.519 ha, de las que 426 pertenecían a los suelos de mayor productividad (Clase II). Las 1.013 ha restantes que han sido selladas corresponden a suelos que albergan, principalmente, pastizales (Clases V y VI), y de forma casi testimonial, masas forestales de escasa entidad (Clase VII).

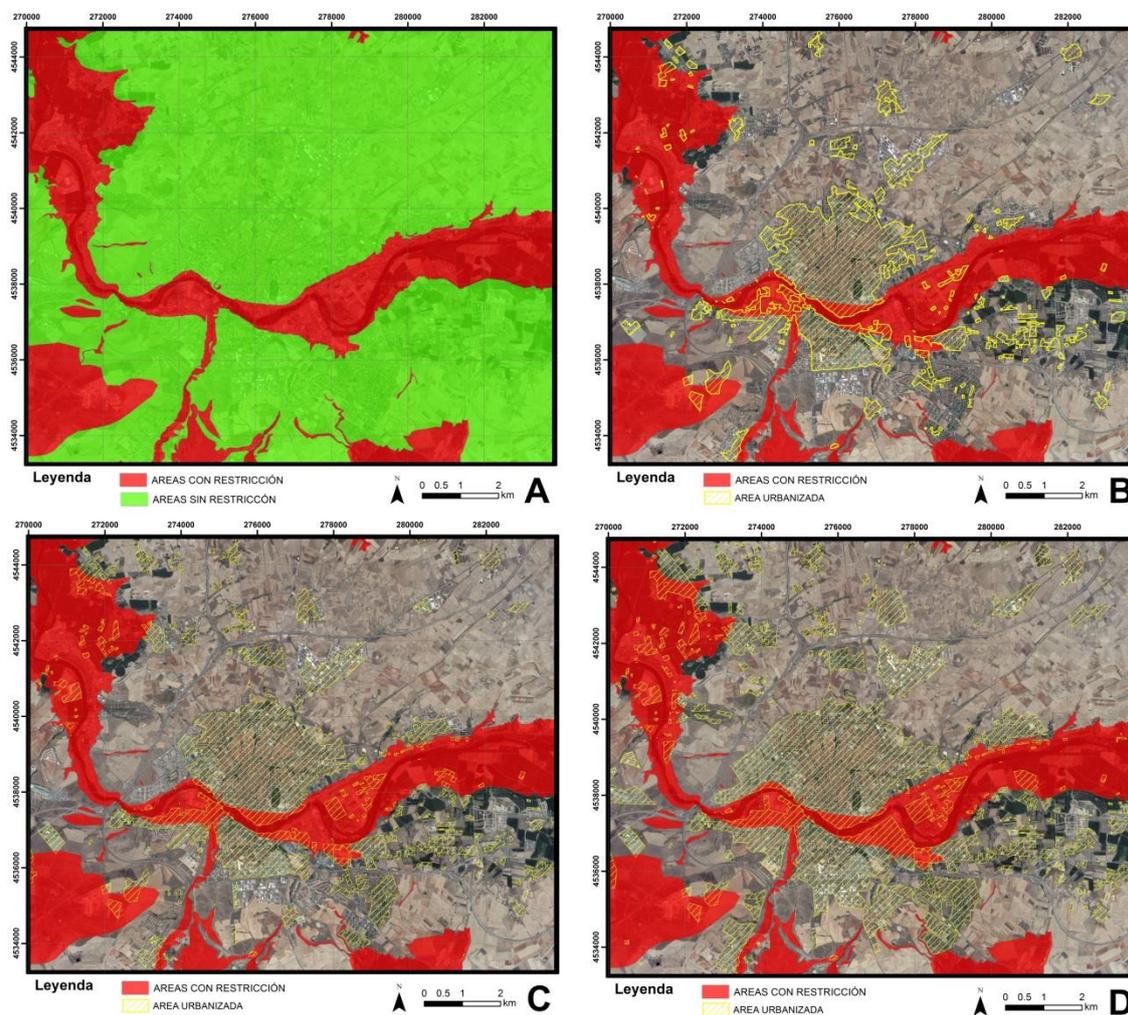


Figura 160. Evolución de la superficie construida en las zonas con restricción: A) Áreas restrictivas y sin restricción; B) 1985; C) 1998; D) 2018.

Periodo de tiempo	Clases de Calidad Agrícola								Sellado (Ha)
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Hasta 1956	-	18	6	400	9	163	-	-	596
1956-1985	-	128	144	454	45	257	6	-	1.034
Hasta 1985	-	146	150	854	54	420	6	-	1.630
1985-1998	-	109	43	303	22	108	4	-	589
Hasta 1998	-	255	193	1.157	76	528	10	-	2.219
1998-2018	-	171	139	604	48	340	11	-	1.313
Hasta 2018	-	426	332	1.761	124	868	21	-	3.532

Tabla 69. Extensión (ha) afectada por la urbanización de cada clase agrológica a lo largo del periodo.

Respecto a los tipos y asociaciones de suelos afectados, destaca el sellado de fluvisoles (426 ha) en las zonas de vega, al tratarse de los suelos más productivos debido a su gran espesor, adecuadas características fisicoquímicas y disponibilidad de agua (Clase II). En la Clase III se encuentra la mayor parte de los luvisoles, siendo estos los suelos más

antiguos y de mayor desarrollo y espesor, y también con buenas condiciones fisicoquímicas. Debido a la expansión urbana, se perdieron 332 ha de suelos de esta clase. Los suelos de la Clase IV son aquellos que, aunque son aptos para el laboreo, presentan ciertas limitaciones. Son suelos de menor desarrollo y espesor que los anteriores, pertenecientes a los cambisoles, y son los suelos que mayor impacto han sufrido (1.761 ha urbanizadas). Las Clases V, VI y VII no son suelos con aptitud agrícola. La Clase V se corresponde con Gleysoles desarrollados en depósitos aluviales ligados a cursos de agua de pequeña entidad, y su extensión es reducida. Suelen ser suelos con diversa composición textural y de escaso espesor, siendo la presencia de arcillas un factor importante en su comportamiento. 124 ha de la Clase V fueron selladas en el periodo estudiado, dedicadas anteriormente a pastizales húmedos. La Clase VI presenta una considerable extensión en el área de estudio y agrupa a suelos de escaso desarrollo y espesor con presencia de pastizales secos. Son en su mayoría regosoles y cambisoles de escaso desarrollo, y en el periodo estudiado se impermeabilizaron 868 ha de estos. Los suelos de la Clase VII presentan escasa representación en Salamanca y alrededores. Son suelos delgados y escasamente desarrollados, generalmente situados sobre rocas duras (Leptosoles) asociados a las zonas de sierra. Únicamente se han identificado 21 ha edificadas sobre esta clase agrológica donde generalmente se desarrolla el bosque mediterráneo y pastos secos. No se identificaron suelos pertenecientes a la Clase I ni a la Clase VIII.

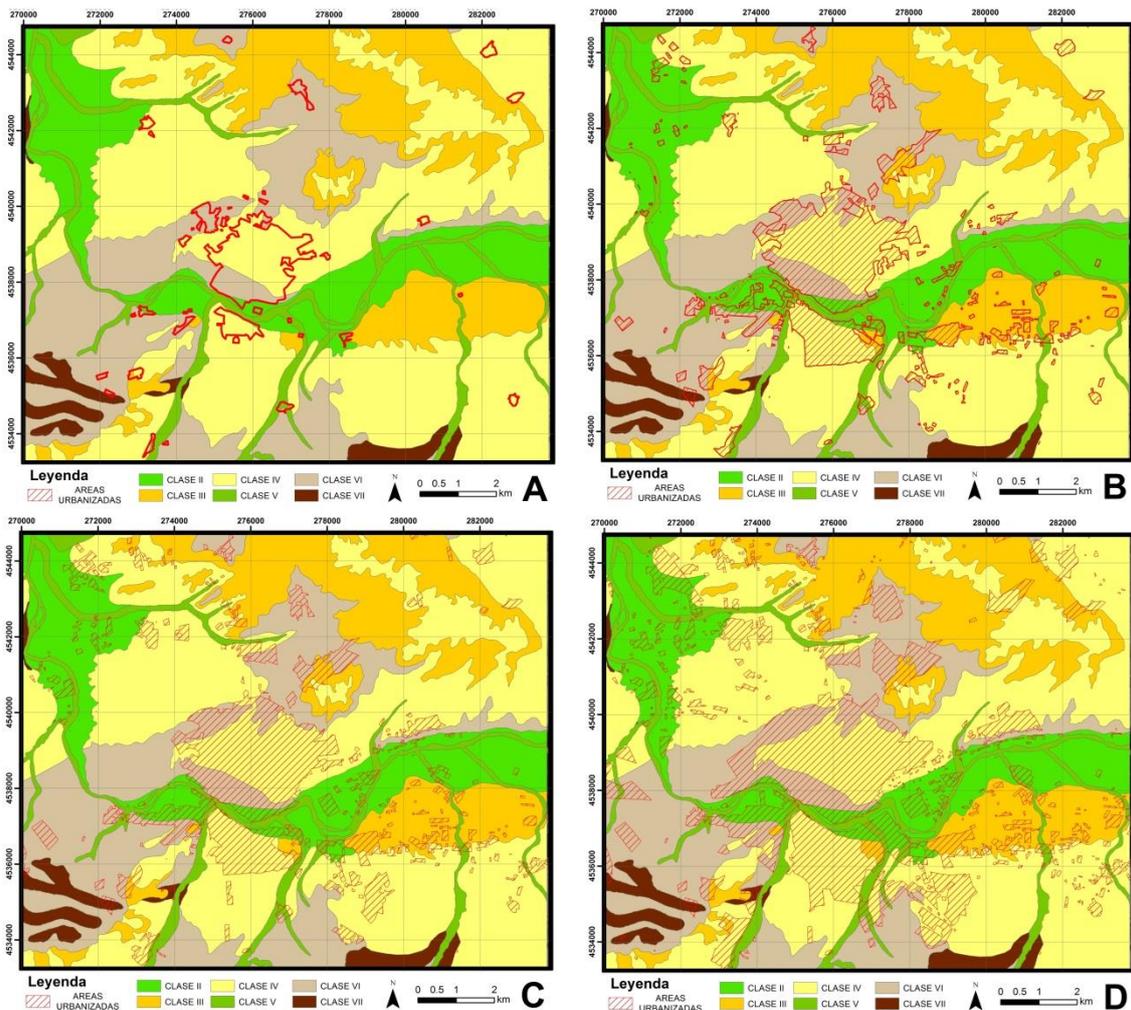


Figura 161. Sellado del suelo en cada periodo de acuerdo a la calidad agrícola de los suelos: A) Hasta 1956; B) Hasta 1985; C) Hasta 1998; D) Hasta 2018.

5.2.4. Consideraciones y conclusiones acerca de la metodología propuesta.

El análisis de los usos del suelo mediante tratamiento de imágenes aéreas se considera adecuado y aceptado para conocer la evolución de una ciudad y su entorno y poder realizar un análisis de la sostenibilidad de los cambios que ha ido experimentando con el tiempo. La principal tendencia observada en este análisis multitemporal es el aumento de la superficie urbana en detrimento de las tierras de labor. La expansión urbana y el suelo sellado también se ha corroborado en otros lugares de España, como Madrid, cuya superficie aumentó del 15% al 24% entre 1984-2013 (García & Pérez, 2016); Valencia, que triplicó su superficie urbana entre 1956 y 2012 (Lozano et al., 2019), o Cartagena, donde el sellado aumentó un 362% en el período 1981-2007 (Romero et al., 2011).

Respecto a la relación observada entre la dinámica poblacional y el incremento del sellado del suelo, como hecho principal se destaca que, a pesar del parón observado en la población residente en la zona en los últimos años (que apenas ha aumentado en 10.000 habitantes), el área urbanizada ha crecido significativamente, pasando del 14.0% al 22.3% en el periodo 1998-2018. Esta anomalía puede relacionarse con la mejora económica de la población a principios de siglo y la burbuja inmobiliaria española, lo que provoca una explosión en la construcción de viviendas unifamiliares, dúplex y chalets, especialmente en zonas tranquilas alejadas de la ciudad. Esto demuestra la dinámica creciente y generalizada que aún mantiene la urbanización, a pesar de sus efectos adversos (EEA, 2016).

En relación a los suelos del área, son de moderada y buena calidad (Santos-Francés et al., 2019), siendo por tanto espacios de buena aptitud agrícola, lo que explica que lleven siglos cultivándose. No obstante, la abundancia de suelos agrícolas no debe ser excusa para propiciar el sellado de estos, y especialmente de los de mayor calidad. La expansión de núcleos urbanos irregulares a lo largo de la vega del río ha propiciado la desaparición de gran cantidad de suelos fértiles (426 ha). Esto es importante en el contexto actual de aumento de la población y rápida urbanización. Debe garantizarse la producción alimentaria de la sociedad, por ello, para evitar los impactos más graves de la ocupación y el sellado del suelo, proponemos proteger los suelos de alta calidad y orientar el desarrollo urbano hacia los de menor calidad, siempre y cuando se hayan agotado las oportunidades de urbanizar o reurbanizar en el interior del casco urbano. Por otro lado, los análisis de riesgos naturales tampoco han sido tenidos en cuenta en los procesos de expansión de la ciudad hasta el momento, ya que se han identificado hasta 187 ha edificadas en zonas inundables, lo que ya fue demostrado en estudios anteriores (Criado et al., 2019). En definitiva, la expansión de Salamanca y alfoz no ha seguido criterios sostenibles rigurosos tal y como muestra la tendencia ascendente de invasión de las áreas de mayor calidad agroambiental y de peligro para la población (áreas restrictivas), que se han multiplicado por 2.5 en el periodo 1985-2018. Además, el parón poblacional que ha sufrido el área se contrapone a esto.

Respecto al modelo, encontramos una parte que analiza la evolución de las coberturas, y otra que evalúa los impactos pasados, y que también puede servir para orientar el proceso urbanizador futuro. La evaluación multitemporal ha sido ampliamente utilizada para estudiar los cambios en las coberturas de la tierra, especialmente mediante el análisis de imágenes Landsat. Recientemente, algunos estudios incorporan para el estudio de los cambios más recientes imágenes Sentinel de mayor resolución, con las que se pueden obtener resultados más precisos (Ettahadi-Osgouei et al., 2019). En este

trabajo se opta por mantener como fuente de datos las imágenes obtenidas por la serie Landsat, que si bien su resolución es menor que Sentinel, la consideramos adecuada para el análisis teniendo en cuenta la extensión de nuestro área de estudio. Por otro lado, la utilización de análisis multicriterio en el estudio se considera oportuno, al ser empleados y aceptados como herramienta en la búsqueda de la sostenibilidad urbana y desarrollo sostenible en múltiples estudios, destacando su capacidad de incorporar diferentes escenarios a la evaluación. Además, analizar los impactos provocados por la urbanización pasada se considera interesante, ya que contribuirá a la mejora de la sostenibilidad urbana futura. Distinguir los defectos y carencias del proceso urbanizador puede servir para cimentar un modelo urbanizador más sostenible. Finalmente, los gobiernos y planificadores encargados del desarrollo urbano podrán acceder a esta metodología de gestión sostenible del territorio, si bien el desarrollo de acciones locales originales más concretas queda fuera del alcance de este trabajo.

Lograr la sostenibilidad en las ciudades debe ser una prioridad para los gobernantes y planificadores, ya que de ello depende el bienestar de gran parte de la población, así como, en buena medida, la lucha contra el cambio climático. La búsqueda de la sostenibilidad urbana debe efectuarse a todos los niveles y escalas. Este estudio proporciona una metodología orientativa que permite asignar un uso sostenible al suelo. La protección del medio ambiente y de la población son especialmente tenidas en cuenta en el trabajo, al considerarse clave para alcanzar el bienestar social y la sostenibilidad. Los planificadores y gobernantes pueden disponer de esta herramienta sencilla que combina herramientas SIG y de teledetección, de bajo costo y adaptable a múltiples escenarios para: 1) identificar los impactos causados por el proceso urbanizador; y 2) orientar el desarrollo urbano futuro hacia las áreas con mejores capacidades de acogida. Así mismo, se anima a los gobernantes a diseñar y aplicar medidas complementarias y concretas para avanzar hacia la sostenibilidad urbana. No obstante, se recomienda, siempre que sea posible, agotar las posibilidades de urbanización (espacios vacíos, abandonadas o con potencial de edificación) localizadas en el interior del entramado urbano, y apostar por un crecimiento vertical, en detrimento de uno horizontal.

En la zona de Salamanca y su alfoz, la evolución de los usos de la tierra ligada al proceso urbanizador muestra un claro consumo de terrenos agrícolas que han sido edificados. El área urbana se ha incrementado un 593% en el periodo 1956-2018, mientras que la población lo ha hecho en un 238%. Se ha identificado el mayor aumento de tierras urbanizadas en los últimos años, coincidiendo con un parón poblacional, lo que refleja la construcción de gran cantidad de viviendas unifamiliares en zonas alejadas del centro urbano. Además, se han contabilizado 193 ha urbanizadas amenazadas por riesgos naturales, así como 2,519 ha de suelos agrícolas selladas, de las cuales 426 correspondían a los suelos de mayor calidad. Mediante el MCA, las zonas con condiciones restrictivas fueron identificadas (5.960 ha), en las cuales no se recomienda la expansión urbana futura. Por tanto, el análisis de los usos del suelo mediante tratamiento de imágenes aéreas se considera adecuado y aceptado para conocer la evolución de una ciudad y su entorno y poder realizar un análisis de la sostenibilidad de los cambios que ha ido experimentando con el tiempo.

6. EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA

6.1 Introducción.

La coyuntura económica, política y social que tuvo su germen tras la Revolución Industrial, afianzada a lo largo del último siglo ha provocado, y provoca, la aparición de actividades antrópicas con una alta incidencia sobre el medio. La ausencia de una planificación adecuada y de una protección insuficiente del medio originó la proliferación de impactos ambientales. Poco a poco, la sociedad tomó conciencia, y exigió a sus gobernantes medidas al respecto, lo que provocó el inicio de la legislación ambiental. Actualmente, la evaluación ambiental es un instrumento ligado al desarrollo, que permite que este sea sostenible e integrador, y fuertemente consolidado (Gómez-Orea & Gómez-Villarino, 2013).

La evaluación ambiental (EA) consta de dos instrumentos claramente delimitados: evaluación ambiental estratégica (EAE) y evaluación de impacto ambiental (EIA). Se trata de instrumentos preventivos de ayuda en la toma de decisiones relativas a iniciativas de desarrollo concretas (EIA) o de amplio alcance (EAE) que produzcan efectos ambientales. De esta manera, la EIA se centra en la evaluación de proyectos concretos, mientras que la EAE evalúa políticas (guía para efectuar una acción), planes (objetivos coordinados y ordenados temporalmente para desarrollar la política) y programas (articulación de proyectos en un espacio). Por tanto, la EAE se encarga de la toma de decisiones en relación a los altos niveles jerárquicos, por lo que su desempeño es estratégico (asegura decisiones óptimas). Su desempeño será más estratégico cuanto mayor sea el nivel de decisión o nivel jerárquico al que se aplique, es decir, cuanto más amplio sea el contexto espacio-temporal (Quintana-López & Casares-Marcos, 2014).

6.1.1. Evolución normativa y legislación aplicable.

La exigencia de una evaluación ambiental de las actividades que probablemente vayan a causar impacto negativo sobre el medio ambiente apareció en el marco internacional en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano (Estocolmo, 1972), y posteriormente en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro 1992). De ellas emanan los tratados internacionales en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible, incluido también el derecho ambiental español y comunitario, en el cual la Comisión Europea, en sus sucesivos tratados y programas de acción en materia de medio ambiente, va dotando de mayor protagonismo al medio ambiente en la toma de decisiones acerca de iniciativas de desarrollo (Quintana-López & Casares-Marcos, 2014).

En el ámbito internacional, destacan tres convenios con impronta en la evaluación ambiental: convenio sobre evaluación del impacto en el medio ambiente, en un contexto transfronterizo, de 25 de febrero de 1991, conocido como Convenio de Espoo y ratificado por España el 1 de septiembre de 1992; el Protocolo de EAE del Medio Ambiente de la Convención sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo (Kiev, 21 de mayo de 2003), ratificado el 24 de junio de 2009; y el convenio de Aarhus sobre acceso a la información, participación del público en la toma

de decisiones y acceso a la justicia en materia de medio ambiente, ratificado por la Comisión Europea el 17 de febrero de 2005 (Quintana-López & Casares-Marcos, 2014).

En el derecho comunitario, la primera legislación regulaba exclusivamente la EIA: Directiva 85/337/CEE, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, posteriormente reformada por la Directiva 97/11/CEE que incorporó los acuerdos del Convenio de Spoo al derecho comunitario y eliminó los problemas derivados de la implantación de la EIA en diferentes países, por la Directiva 2003/35 que incorporó al derecho comunitario los acuerdos ratificados con la firma del convenio de Aarhus, y por la Directiva 2009/31 relativa al almacenamiento de dióxido de carbono, que modifica los anexos I y II. Finalmente, tras tres modificaciones, y en busca de una mayor claridad jurídica, se aprobó la Directiva 2011/92/UE de 13 de diciembre, relativa a las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, modificada recientemente por la Directiva 2014/52/UE. En relación con la evaluación de planes y programas (EAE), la Directiva 2001/42/CE, de 27 de junio, sobre evaluación de las repercusiones de determinados planes y programas en el medio ambiente, constituye la única normativa (Quintana-López & Casares-Marcos, 2014).

En relación al marco normativo estatal, el RD Legislativo 1302/86, de 26 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental (DLEIA), que traspuso la Directiva 85/337, y cuyo desarrollo normativo se realizó mediante Reglamento aprobado por el RD 1131/88, de 30 de septiembre. Posteriormente, mediante RD-Ley 9/2000, de 6 de octubre se modifica el RD de EIA para incorporar plenamente la Directiva 85/337 y la Directiva 97/11. A través de la 9/2006 se traspuso la Directiva 2001/42, y por tanto el DLEIA debía adecuarse a tal normativa, hecho que se consumó mediante la Ley 27/2006, de 18 de julio. Mediante el RD legislativo 1/2008, de 11 de enero, se aprobó el texto refundido de la DLEIA. La legislación relativa a EAE, fue más tardía que la de EIA como ya se ha comentado. La transposición de la Directiva 2001/42 se realizó con una demora de dos años respecto al límite fijado, concretamente con la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de planes y programas en el medio ambiente. Actualmente, en el marco jurídico español, la normativa vigente aglutina los procedimientos de EAE y EAE en una misma norma: Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental (Quintana-López & Casares-Marcos, 2014).

La Ley de evaluación ambiental se articula en tres títulos donde se reparten los 64 artículos que la componen. El título I incluye los principios y disposiciones generales aplicables en las evaluaciones ambientales. El título II se centra en las evaluaciones ambientales y su procedimiento administrativo, dividiéndose en dos capítulos que hacen referencia a la EAE (Capítulo I) y a la EIA (Capítulo II), discriminando en ambos casos cada uno los procedimientos de evaluación ambiental ordinario (Sección 1ª) y simplificado (Sección 2ª). El Capítulo III versa acerca de las consultas transfronterizas. El título III, a través de sus tres capítulos, regula el seguimiento, régimen sancionador y procedimiento sancionador, respectivamente. Mediante las disposiciones adicionales, transitorias y finales se regulan diversos aspectos relacionados. Finalmente, se anexan los proyectos sometidos a EA ordinaria (Anexo I) o simplificada (Anexo II), los criterios que determinan si un proyecto del anexo II debe someterse a EIA ordinaria (Anexo III), el contenido del estudio ambiental estratégico (Anexo IV), criterios que determinan si un PP incluido en el Art. 31 debe someterse a EAE ordinaria (Anexo V) y en el anexo VI conceptos técnicos y especificaciones relativas EIA (BOE, 2013).

6.1.2. Procedimiento administrativo de evaluación ambiental estratégica.

El procedimiento administrativo de EAE (Fig. 162) consta de 6 fases:

Fase 1: Solicitud de inicio

Para iniciar el procedimiento, el promotor del plan o programa a evaluar debe presentar ante el órgano sustantivo (el que tiene competencia para aceptar, o no, la propuesta) una solicitud de inicio de la evaluación ambiental estratégica, a la que deberá acompañar un borrador del PP a evaluar y un documento ambiental estratégico con los objetivos, alcance, contenido, desarrollo, impactos potenciales e incidencias previsibles del mismo. Si la documentación está completa, el órgano sustantivo la remite al órgano ambiental, y si está incompleta, el promotor posee 10 días para su subsanación. El órgano ambiental estudia la documentación recibida y en el plazo de 20 días debe decidir sobre su admisión. Si no es admitida por motivos de inviabilidad ambiental, falta de calidad del documento inicial estratégico o por haberse denegado anteriormente PP de naturaleza similar, se celebrará trámite de audiencia con el promotor para comunicárselo. Además, en esta fase, se evalúa también la necesidad o no de si el PP ha de ser evaluado o no (screening).

Fase 2: consultas previas y determinación del alcance

Si la documentación inicial aportada por el promotor es admitida por el órgano ambiental, se someterá a fase de consultas (45 días) con las personas y administraciones afectadas. Concluido el plazo, si el resultado es adecuado, y el órgano ambiental posee elementos de juicio suficientes, procede a elaborar el Documento de Alcance (DA). Ambos procedimientos no deben superar los 3 meses. Si no se obtuvo respuesta, o ésta fuese incompleta, se requerirá la subsanación o respuesta de las administraciones o personas (10 días) cuyo juicio se considere relevante para redactar el DA. Para finalizar esta fase, el órgano ambiental elabora y pone a disposición del promotor y del público el DA, en el que se delimita el contenido, amplitud, nivel de detalle y especificación que debe tener el Estudio Ambiental Estratégico.

Fase 3: redacción del Estudio Ambiental Estratégico

En base al documento de Alcance, el promotor deberá elaborar el Estudio Ambiental Estratégico, en el que la identificación, descripción y evaluación de los efectos ambientales significativos que se pudieran producir por la aplicación del PP constituirá el grueso del mismo. También se incluirán alternativas técnica y ambientalmente viables. Este documento contendrá al menos, la información reflejada en el anexo IV de la Ley de Evaluación Ambiental: resumen con los objetivos y contenido del PP; situación ambiental y posible evolución en ausencia del PP; características ambientales de las zonas que pudieran verse significativamente afectadas por el PP; problemática ambiental detectada relevante con el PP (espacios naturales, especies protegidas...); objetivos de protección medioambiental presentes en el ámbito de estudio relacionados con el PP; los efectos ambientales significativos que probablemente se producirán; medidas preventivas y compensatorias; resumen con los motivos de selección o rechazo de las alternativas propuestas y el método de decisión; programa de vigilancia medioambiental; y un resumen de carácter no técnico de todo lo anterior. Además, el

promotor realizará una versión inicial del PP teniendo en cuenta el Estudio Ambiental Estratégico, presentándolos ante el órgano sustantivo.

Fase 4: exposición pública y consultas

El órgano sustantivo, tras dar publicidad mediante los boletines oficiales correspondientes, someterá la versión inicial del PP y el Estudio Ambiental Estratégico a consultas con las Administraciones Públicas afectadas y las personas interesadas e información pública (45 días), incluido el resumen no técnico. Teniendo en cuenta las alegaciones presentadas, el promotor, si es necesario, modificará el Estudio Ambiental Estratégico y elaborará la versión definitiva del PP. Esta información es remitida por el órgano sustantivo al ambiental para su análisis. El plazo para la realización del Estudio Ambiental Estratégico y de las consultas y exposición pública es de 15 meses.

Fase 5: análisis técnico del expediente

Además del Estudio Ambiental Estratégico y de la versión definitiva del PP, el órgano ambiental evaluará el resultado de la información pública y las consultas realizadas, así como la integración de estas en la documentación final aportada. Si las consultas e información pública no fueron correctamente realizadas, o si la información recibida no es suficiente para formular la Declaración Ambiental Estratégica, se devolverá el expediente al órgano sustantivo o al promotor, respectivamente, para su subsanación en un plazo de tres meses. Así mismo, si no existiera respuesta de alguna Administración afectada consultada, se requerirá al órgano jerárquicamente superior y en el plazo de 10 días ha de ser remitido. Si transcurrido estos plazos, no hubiera respuesta, o el expediente no hubiera sido subsanado, el órgano ambiental concluirá la EAE. Siempre que disponga de elementos de juicio suficientes, el órgano ambiental proseguirá con el procedimiento.

Fase 6: Declaración Ambiental Estratégica (DAE)

Tras realizar el análisis técnico del expediente, el órgano ambiental elabora la DAE (4 meses, más dos prorrogables). Será un informe preceptivo y determinante, publicado en el Boletín Oficial correspondiente, que contiene los principales hitos del proceso (consultas, información pública, determinaciones y medidas a adoptar...). El promotor incluirá esta DAE en el contenido del PP, que posteriormente someterá a su aprobación por parte del órgano sustantivo. Tras la aprobación, se publicará en los Boletines Oficiales la resolución de aprobación, las medidas adoptada para el seguimiento de los efectos ambientales, así como un documento que aborda la integración de los aspectos ambientales, de las consultas y de la información pública en el PP, las razones de la alternativa seleccionada, así como la DAE y las discrepancias ocasionadas. La vigencia de la DAE es de dos años, si en ese periodo no se ha aprobado el PP, se deberá realizar una nueva EAE, a no ser que se prorrogue su vigencia, o se proceda a su modificación.

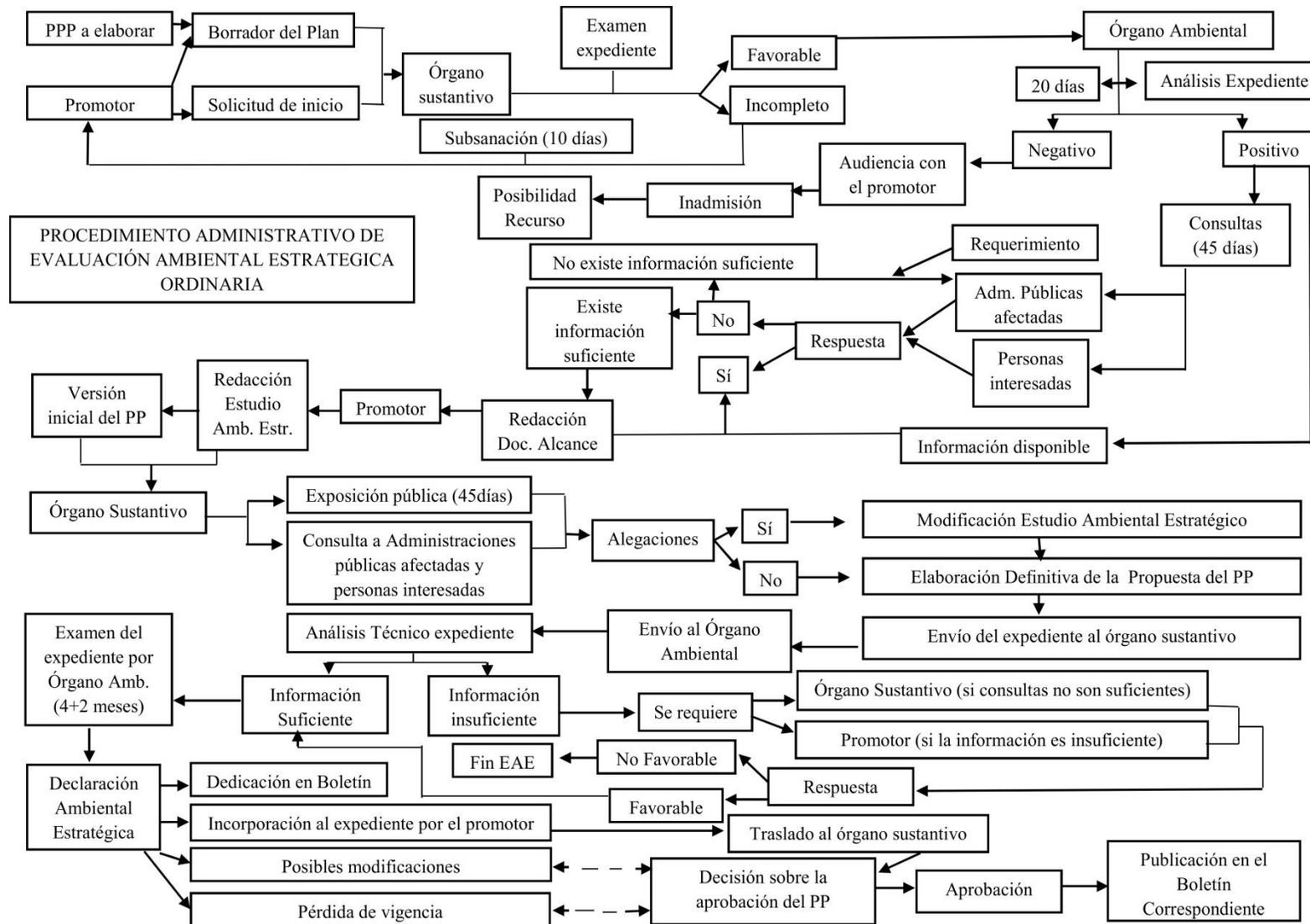


Figura 162. Esquema del procedimiento administrativo de EAE ordinaria.

6.2. Recomendaciones y limitaciones: unidades ambientales territoriales.

La primera parte de la EAE centrada en la planificación territorial de Salamanca y alrededores tiene como objetivo establecer las recomendaciones y limitaciones del territorio, las cuales posteriormente tendrán una importancia fundamental en la etapa de decisión y asignación de los usos del suelo. En primer lugar, se pretenden obtener una serie de recomendaciones o pautas de actuación respecto a las zonas que presenten unas cualidades valiosas para la sociedad. Se trata de valorar el área de estudio según su calidad ambiental. En segundo lugar, a partir del análisis de los riesgos geológicos, se pretenden identificar todas aquellas zonas que supongan un peligro para la población y sus bienes y actividades. Es decir, se establecerán las áreas con limitaciones de uso debido a la peligrosidad existente, aspecto que debe ser tenido también muy en cuenta a la hora de asignar los usos del territorio.

Además, se efectúa un diagnóstico de la problemática general encontrada en el territorio durante el desarrollo del estudio ambiental. De todo ello, se extraen una serie de conclusiones que permiten caracterizar independientemente a cada unidad ambiental que conforma el territorio según sea su potencialidad, limitaciones, problemática, capacidad de uso o calidad para la conservación. Esta síntesis relativa a cada una de las unidades ambientales territoriales constituye la base para la posterior asignación de los nuevos usos del territorio.

6.2.1. Recomendaciones de protección y no ocupación del territorio.

La integración de los parámetros ambientales y socioeconómicos más representativos e importantes es fundamental para lograr una correcta evaluación y planificación territorial, así como para contribuir a la sostenibilidad ambiental de cualquier acción a ejecutar. Para ello, mediante la estimación de la calidad ambiental, se pretende identificar los sectores del territorio que, por sus características ecológicas, funcionales, ambientales, agrícolas, culturales, etc., sean dignas de conservación, al tratarse de las zonas de mayor calidad y/o interés y/o que mejor representan y salvaguardan determinadas características del sector estudiado.

Para la estimación de la calidad ambiental, se realiza una estimación global de cada unidad territorial (celda territorial de 20x20 m.) en la que se tienen en cuenta hasta 9 componentes y aspectos del territorio considerados como relevantes: geología y geomorfología; vegetación y hábitats naturales; edafología y calidad del suelo; hidrología; hidrogeología; paisaje; patrimonio cultural; bienes naturales protegidos; y lugares de interés geoambiental. Se crea un Índice de Calidad Ambiental (ICA) mediante el cual se evalúa la calidad que presenta cada unidad territorial en función de sus características ambientales y socioeconómicas.

Para la estimación del ICA, cada uno de los factores estudiados (F_x) recibe un peso según su contribución a la calidad ambiental (K_i), para lo cual es empleado un análisis multicriterio basado en el Método de las Jerarquías Analíticas (Saaty, 1980; Saaty, 2013), y además, son evaluados y ponderados “internamente” en función de sus características. En otras palabras: 1) cada factor recibe una ponderación interna (0-5) según sea en cada unidad territorial sus características o cualidades frente a un

determinado factor (por ejemplo, la calidad agrológica de los suelos no es constante y uniforme, sino que varía según las tipologías de suelo, ponderándose con mayor peso aquellas de alta calidad, y viceversa); 2) los diferentes factores reciben una ponderación según su relación de importancia respecto al resto de factores. El procedimiento de estimación se ejecuta mediante álgebra de mapas, donde la cartografía en la que se ha valorado cada factor relevante es procesada empleando la ecuación de estimación del ICA (Ec. 24). Finalmente, en la cartografía de calidad ambiental (Índice Calidad Ambiental) el rango de valores finales es reclasificado en cinco clases de calidad: muy alta, alta, media, baja y muy baja. Las zonas de mayor calidad serán aquellas de mayor interés respecto a su conservación, y por tanto las recomendaciones de protección estarán ligadas a estos espacios.

$$ICA = \sum F_x * K_i \quad \text{Ec. 24}$$

donde F_x son los factores estudiados ya ponderados “internamente” y K_i las puntuaciones asignadas a cada factor mediante el Método AHP.

Factores estudiados y ponderación interna.

Los factores empleados para determinar la calidad ambiental de la zona de estudio se recogen en la [Tabla 70](#). A continuación, se detallan las principales características de cada uno de los factores y se razona la ponderación interna (que varía entre 0-5) que recibe cada uno de ellos. Esta ponderación interna se trata de la primera de las dos ponderaciones que sufre cada factor durante el proceso de análisis del ICA. Es necesaria para discriminar, como se ha comentado, el diferente comportamiento espacial de un factor a lo largo del sector estudiado, esto es, cómo varía la manifestación del factor entre distintas áreas. Lógicamente, esto se relaciona con las diferentes magnitudes o grados en las que un factor pueda manifestarse.

Nº	Factor	F_x	Contribución	Pesos
1	Geología y Geomorfología	F_1	Se trata de elementos ligados a la génesis de muchos procesos naturales	1-5
2	Vegetación y Hábitats Naturales	F_2	Conforman los últimos reductos naturales del sector de estudio	0-5
3	Calidad del suelo para agricultura	F_3	Factor relevante en el desempeño de funciones ecosistémicas y socioeconómicas	0-5
4	Hidrología	F_4	Espacios de interés ambiental ligados a la circulación temporal o permanente de agua	0-5
5	Hidrogeología	F_5	Determina el grado de protección del que disfrutan los acuíferos según el material geológico	1-5
6	Calidad del paisaje	F_6	Es el elemento integrador y el resultado de la combinación del resto de factores	1-5
7	Patrimonio Cultural	F_7	Aglutina a todos los elementos constituyentes del patrimonio histórico, artístico y cultural	0-5
8	Bienes Protegidos	F_8	Son los espacios que gozan de la protección de alguna Figura oficial de Protección	0-5
9	Lugares Interés Geoambiental	F_9	Son espacios que presentan características geoambientales singulares y diversidad de usos	0-5

Tabla 70. Factores estudiados para el cálculo de la calidad ambiental mediante el ICA.

Geología y geomorfología (F_1): la geología y geomorfología son evaluadas en relación a su singularidad, conservación e impronta en la orografía y multitud de procesos. Como unidades de alto valor, encontramos aquellas zonas de crestas, escarpes y valles

encajados, destacando los relieves sobre cuarcita armoricana en Los Montalvos, el escarpe de Cabrerizos labrado por el Tormes sobre arenisca y el encajamiento del Tormes sobre las pizarras del zócalo en la zona de La Salud (ponderación = 5). Con una contribución media se identifican las colinas y laderas sobre pizarras, areniscas y derrubios de ladera, siendo frecuentes en el área de estudio (ponderación = 3). El resto de formaciones (coluviones, glacis, superficies de erosión, terrazas y fondos de valle) no poseen gran importancia sobre la calidad, presentando una distribución heterogénea y manifestándose, generalmente, sobre materiales terciarios (peso = 1).

Vegetación y hábitats naturales (F₂): la actividad agrícola domina el paisaje y ocupa gran parte del territorio. Debido a la búsqueda de nuevas tierras de labranza, la vegetación clímax del sector fue desmantelada, por lo que los últimos reductos de esta son de gran importancia para comprender los procesos naturales del entorno. Por ello, todos estos reductos que en base a sus características, valor y singularidad hayan sido catalogados como Hábitats de la Directiva, son dignos de protección, recibiendo una ponderación de 5 estas zonas por su alta contribución a la calidad ambiental. El resto de ambientes se considera que tienen una incidencia baja sobre la calidad ambiental en relación a este factor (valor 1).

Calidad del suelo para la agricultura (F₃): La ocupación del suelo produce un impacto directo sobre los suelos, su dinámica, y aquellas actividades que se desarrollan en él. Gran relevancia en un contexto de crecimiento de la población mundial, y su aglomeración en grandes ciudades, es el aumento de la demanda alimenticia. Debido a esto, es primordial la no ocupación de aquellos suelos de mayor calidad y con las mejores capacidades de producción agrícola. Mantener los suelos más productivos permitirá mantener un alto rendimiento agrícola y, por tanto, garantizar estabilidad alimentaria a nivel global (Chen, 2007). Por ello, se emplea la cartografía de calidad del suelo del sector de estudio, estimada mediante el índice IQI_{TDS}, el cual presenta cuatro niveles de calidad: muy alta, alta, moderada y baja, las cuales recibieron pesos de 5, 4, 2 y 1, respectivamente.

Hidrología (F₄): las masas de agua, tanto de escorrentía como estancadas, suelen constituir importantes ambientes naturales, y suponen en ocasiones, especialmente en zonas altamente antropizadas, uno de los escasos reductos naturales que se mantienen, por lo que su papel es importante para el mantenimiento de los procesos ecosistémicos. En el área de estudio la red hídrica está dominada por el Tormes, quien presenta dos tributarios principales (Arroyos de la Encina y del Zurguén). No obstante, existen otra serie de pequeños arroyos que, aunque con un marcado carácter estacional, presentan unas condiciones positivas para la calidad ambiental. No obstante, en general, se observa que la presión sobre la red hídrica y los sistemas naturales ligados a esta es muy elevada. Para caracterizar las áreas de interés hidrológico, se realiza un buffer de 50m respecto a la red hídrica principal. Estas áreas presentarán una ponderación de 5, mientras que el resto de espacios no tendrán relevancia sobre este factor.

Hidrogeología y vulnerabilidad de las aguas subterráneas (F₅): la ocupación de un suelo, especialmente si se produce la instalación de actividades potencialmente contaminantes, puede producir afecciones sobre las aguas, pudiendo ser problemático el caso de las aguas subterráneas debido a su escaso poder depurador. Las características del suelo y de la litología subyacente pueden ser de gran utilidad a la hora de actuar de filtro biológico de contaminantes que fluyan con las aguas de escorrentía y aquellas que

comienzan a infiltrarse en el terreno. Las existencias de unas adecuadas características hidrogeológicas contribuyen a un aumento de la calidad ambiental de un emplazamiento. Por ello, se propone ponderar este factor de acuerdo al grado de protección al que las aguas subterráneas están sometidas, determinado por los materiales existentes que determinan el comportamiento hidrogeológico del lugar. Los materiales que dotan de protección muy alta a los acuíferos son ponderados con el valor 5, mientras que aquellos que presentan alta y media protección reciben el peso 3 y 1, respectivamente, asignándosele a los materiales más permeables la puntuación 0.

Calidad del paisaje (F₆): tradicionalmente el paisaje no ha sido considerado como un factor importante en las labores de planificación. Sin embargo, actualmente se acepta e incorpora al paisaje como un factor clave del medio debido a las funciones que desempeña (Almenar et al., 2018). La contribución del paisaje a la calidad ambiental se realiza en base al análisis de calidad paisajística. Las clases de calidad paisajística se corresponden con las indicadas en el Mapa de Calidad del Paisaje, de tal manera que las zonas de muy alta calidad reciben la ponderación 5, 4 las de alta calidad, las zonas de calidad media valor 3, mientras que a las zonas de baja y muy baja calidad se les asigna un peso de 2 y 1, respectivamente.

Patrimonio cultural (F₇): En ocasiones, el suelo ha permitido la conservación de edificaciones y elementos de civilizaciones pasadas, como el caso de los yacimientos arqueológicos, los cuales se encuentran diseminados por el territorio. Estas zonas son de gran interés desde el punto de vista social, ya que permiten conocer la historia del lugar, y constituyen áreas de valor histórico. A esto, han de sumarse el resto de bienes protegidos por su valor histórico, artístico y/o cultural: áreas de interés histórico, antiguas vías de comunicación o edificaciones históricas, son algunos de estos elementos encontrados en el área estudiada. Al asignar los usos debe tenerse en cuenta que no se afecte a los elementos del Patrimonio cultural, por lo que estos son catalogados como contribuyentes a la calidad ambiental. Por ello, todos los componentes del patrimonio cultural son ponderados con un valor de 5, mientras que el resto de áreas reciben un peso de 0.

Bienes naturales protegidos (F₈): en este factor se agrupan aquellos elementos del medio natural reconocidos por alguna figura de protección, y que no han sido tenidos en cuenta anteriormente. Se trata de lugares de la Red Natura 2000, que a pesar de contar con escasa representación en el área de estudio, son lugares de alto valor ecológico y deben ser tenidos en cuenta, por lo que su peso es de 5. Los montes de utilidad pública son otras de estas áreas protegidas y presentan restricciones de uso particulares (ponderación con valor 3). Los árboles catalogados como Árboles Notables también son tenidos en cuenta (peso=1). El resto del área de estudio recibe un peso de 0.

Lugares de interés geoambiental (F₉): La ocupación del suelo puede interferir en el disfrute de otros usos más indicados para ese espacio acorde a sus características. Existen espacios de interés geológico y ambiental que ofrecen unos usos recreativos, divulgativos, científicos y educativos muy valiosos para la sociedad y que deben ponerse en valor. Por ello, se propone la estimación de los lugares de interés geoambiental como zonas aptas en el entorno periurbano para el disfrute y toma de contacto con la naturaleza, además de servir como puntos de investigación y de educación. Estas zonas se han puntuado con valor 5 y son aquellos espacios catalogados como Espacios de Interés Geoambiental.

Análisis multicriterio mediante el Método de las Jerarquías Analíticas (AHP)

Como se ha visto, existe gran variedad de factores ambientales que tienen influencia en la valoración de la calidad de una determinada área. Los diferentes factores considerados en este trabajo han sido expuestos anteriormente, pero para la estimación del Índice de Calidad Ambiental, deben aún establecerse los pesos relativos que cada factor poseerá en la determinación del ICA. Para determinar estos pesos relativos a cada factor (K_i) se optó por emplear un análisis de criterios múltiples o multicriterio. Los AMC son instrumentos que ayudan a la toma de decisiones complejas frente a un determinado problema mediante la selección de la solución más adecuada considerando un número variable de criterios implicados. Existen diversidad de metodologías multicriterio, pero para el caso estudiado (analizar una serie de factores y clasificarlos según su mayor o menor preferencia respecto al resto de factores en un sistema estructurado), se optó por emplear el Método de la Jerarquías Analíticas o AHP, también como método de Saaty por ser el que mejor se adaptaba al objetivo.

El AHP introducido por Saaty (1980) es un método de toma de decisiones en escenarios con múltiples criterios, empleándose como una herramienta de apoyo a la decisión en la resolución de problemas complejos. El AHP utiliza un enfoque jerárquico para representar un problema, y esta jerarquía puede resumirse en tres niveles principales: objetivos, criterios e indicadores. El objetivo en este caso es determinar el peso relativo de cada uno de los criterios (factores) en la determinación del ICA. La evaluación de los factores y su ponderación se determina en función de la importancia de un factor respecto a otro mediante comparaciones por parejas. El AHP consta de una serie de etapas (Saaty, 1980). En primer lugar, un problema complejo y no estructurado se descompone en los factores que lo integran, siguiendo una jerarquía de objetivos, criterios e indicadores. En segundo lugar, se recogen los datos o juicios en base a los cuales se adoptarán las decisiones correspondientes a la estructura jerárquica en la comparación por pares. Esto puede ser realizado por expertos externos a través de encuestas. En tercer lugar, para efectuar la comparación por pares (Pairwise), los factores estudiados se organizan en una matriz cuadrada, la matriz de comparación por pares. En cuarto lugar, se normaliza la matriz de comparación por pares de la etapa anterior y se calculan los vectores prioritarios de cada factor, que son los que determinan el peso relativo final correspondiente a cada factor. En quinto y último lugar, se evalúa la coherencia y juicios de las evaluaciones y de la matriz de comparación normalizada a través de un índice de consistencia. A continuación, se describen detalladamente los pasos clave.

Comparación por pares (Pairwise).

El paso clave en el AHP es hacer una comparación por pares entre cada factor basado en las escalas de Saaty (1980). Las escalas de Saaty son un conjunto de 9 categorías que establecen el grado de relación entre las variables comparadas, y en los que un número mayor significa que el factor elegido se considera más importante que el otro factor utilizado en la comparación (Tabla 71). A menudo, se realizan encuestas entre expertos de los grupos de interés (stakeholders) vinculados a la temática de estudio, los cuales emiten sus juicios sobre la importancia relativa de un indicador en comparación con otro, utilizándose los resultados medios de las consultas para determinar grado de importancia de cada factor. En este caso, las ponderaciones fueron asignadas por el autor debido al profundo estudio que efectuó de todas las variables analizadas, reflejado

en el Inventario Ambiental. Finalmente, las puntuaciones otorgadas se incorporan a una matriz (matriz de comparación por pares) donde los factores son enfrentados y comparados (Tabla 72).

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	Ambos factores presentan la misma importancia
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente a un factor sobre el otro
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un factor sobre el otro
7	Importancia muy grande	Un factor es mucho más importante que el otro
9	Importancia extrema	La mayor importancia de un factor sobre el otro está fuera de cualquier tipo de duda
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios empleados cuando debe matizarse algo	

Tabla 71. Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980).

Factores estudiados	F _x	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉
Geología-Geomorfología	F ₁	1	1/2	2	3	5	3	4	4	3
Vegetación-Hábitats	F ₂	2	1	2	3	7	4	4	4	5
Edafología-Cal. Suelo	F ₃	1/2	1/2	1	2	4	2	3	2	2
Hidrología	F ₄	1/3	1/3	1/2	1	3	1/2	1	1/2	1
Hidroeología	F ₅	1/5	1/7	1/4	1/3	1	1/4	1/2	1/2	1/2
Calidad del paisaje	F ₆	1/3	1/4	1/2	2	4	1	2	1	2
Patrimonio Cultural	F ₇	1/4	1/4	1/3	1	2	1/2	1	1	2
Bienes Protegidos	F ₈	1/4	1/2	2	2	1	1	1	1	2
Sitios Interés Geoamb.	F ₉	1/3	1/5	1/2	1	2	1/2	1/2	1/2	1
Suma de la columna		5.19	3.42	7.58	15.33	30.0	12.75	17.0	14.5	18.5

Tabla 72. Matriz de comparación por pares.

Normalización de la matriz de comparación y obtención del Vector Primario -VP-

Para obtener su puntuación normalizada, cada entrada se divide por el valor de la suma del conjunto de registros de la columna en la que se encuentra, tal y como se describe en la Ec. 25. La suma de cada columna normalizada debe ser 1. A partir de estos valores, el vector prioritario (VP) de cada factor se calcula dividiendo la suma de la fila normalizada de la matriz por el número de criterios utilizados, n, como se muestra en la Ec. 26. En la Tabla 73 se muestra la matriz normalizada en este estudio. El valor del VP es el empleado para determinar los pesos relativos finales de cada factor.

$$X_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}} \quad (\text{Ec. 25}) \quad PV_{ij} = \sum_{j=1}^n X_{ij} / n \quad (\text{Ec. 26})$$

Análisis de la consistencia.

Uno de los componentes clave del AHP es el cálculo de la ratio de consistencia -CR-, quien indica si los resultados obtenidos son fiables, o no. Si el CR supera el valor de 0.1, el conjunto de los juicios efectuados será demasiado inconsistente para ser fiable. Si la RC es menor que 0.1, entonces la matriz de comparación puede ser considerada como aceptable, tanto más, cuanto más próximo a 0 sea este valor. Un CR de 0 significa que los juicios son totalmente consistentes.

El CR se determina a partir de una relación entre dos índices: uno de aleatoriedad y otro de consistencia (Ec. 27). El índice de consistencia (IC) se determina a partir de la media de valores (λ_{\max}) de la medida de consistencia (MC) y del número de factores tenidos en

cuenta en el estudio (Ec. 28). La MC se calcula multiplicando la matriz de comparación por el VP, obteniéndose un vector fila (VF) que es multiplicado por los pesos relativos. A partir de las medidas de consistencia de los factores, se determina el parámetro λ_{\max} , que es la suma de las medidas de consistencia dividido por el número de factores, y que resultó ser 9.2753. Finalmente, se calcula el IC arrojando un valor de 0.03441. Por otro lado, y a partir del número de factores de este estudio (9), se calcula el índice de aleatoriedad (IA) tal y como se recoge en la Ec. 29, obteniéndose un valor de 1,54. Por último, a partir de la relación entre ambos índices, se determina la ratio de consistencia (CR), cuyo valor fue de 0.0223, lo que indica una buena consistencia y un nivel razonable de coherencia en los juicios y procedimientos seguidos en la comparación por pares. En la Tabla 73, además de los valores normalizados, se incluyen valores del vector prioritario VP, equivalentes a los pesos que se le asignarán a cada factor en el cálculo del ICA, los valores del vector fila (VF) para el cálculo de la medida de consistencia, la medida de consistencia (MC) de cada factor y su media ponderada (λ_{\max}).

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad \text{Ec. 27} \quad IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad \text{Ec. 28} \quad IA = \frac{4.98 \cdot (n-2)}{n} \quad \text{Ec. 29}$$

F _x	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	Σ	VP	VF	MC
F ₁	0.19	0.15	0.26	0.20	0.17	0.24	0.24	0.28	0.16	1.87	0.21	1.9663	9.4448
F ₂	0.39	0.29	0.26	0.20	0.23	0.31	0.24	0.28	0.27	2.47	0.27	2.5725	9.3896
F ₃	0.10	0.15	0.13	0.13	0.13	0.16	0.18	0.14	0.11	1.22	0.14	1.2667	9.3629
F ₄	0.06	0.10	0.07	0.07	0.10	0.04	0.06	0.03	0.05	0.58	0.06	0.5856	9.1205
F ₅	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.28	0.03	0.2863	9.2736
F ₆	0.06	0.07	0.07	0.13	0.13	0.08	0.12	0.07	0.11	0.84	0.09	0.8607	9.2268
F ₇	0.05	0.07	0.04	0.07	0.07	0.04	0.06	0.07	0.11	0.57	0.06	0.5850	9.2070
F ₈	0.05	0.07	0.07	0.13	0.07	0.08	0.06	0.07	0.11	0.70	0.08	0.7188	9.2592
F ₉	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.04	0.03	0.03	0.05	0.48	0.05	0.4873	9.1932
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	λ_{\max}	9.2753

Tabla 73. Matriz normalizada y valores del vector principal (peso relativo), vector fila y medida de consistencia de cada uno de los factores estudiados.

Cuantificación de la calidad ambiental mediante el ICA

Tras puntuar internamente los factores estimados en el análisis de la calidad ambiental (Fig. 163) y tras obtener los pesos relativos de cada uno a través del análisis multicriterio (Tabla 74), se puede proceder a la evaluación del ICA. Empleando álgebra de mapas, los archivos ráster de cada factor con la puntuación interna de las diferentes zonas estudiadas se combinan de acuerdo a la Ec. 30:

$$ICA = F_1 * 0.21 + F_2 * 0.27 + F_3 * 0.14 + F_4 * 0.06 + F_5 * 0.03 + F_6 * 0.09 + F_7 * 0.06 + F_8 * 0.08 + F_9 * 0.05$$

Factor	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉
Peso	0.21	0.27	0.14	0.06	0.03	0.09	0.06	0.08	0.05

Tabla 74. Pesos relativos de cada factor para calcular el ICA obtenidos mediante el AMC.

Como resultado del ICA, se obtiene un archivo ráster con el índice o valor de cada unidad territorial que cuantifica la calidad ambiental de la misma (Figura 164). Cuanto mayor es el índice, mayor calidad ambiental presentará dicha unidad territorial, y por tanto, deberán realizarse recomendaciones de uso y/o de protección en función de sus características singulares. Por último, el índice ICA es reclasificado en 5 grados de

calidad, de tal manera que el área estudiada quedará delimitada en zonas de calidad ambiental muy alta, alta, moderada, baja y muy baja (Fig.165).

La cartografía de calidad ambiental muestra la variación de calidad entre los diferentes sectores del territorio. A continuación, se comentan los principales resultados obtenidos a partir del cálculo del ICA:

Las zonas de mayor calidad ambiental, que abarcan un total de 20.3 km² del área estudiada, predominan en el sector occidental, especialmente en Los Montalvos e inmediaciones de Florida de Liébana y Valverdón, apareciendo también cerca de Carbajosa en el cuadrante suroriental, en la depresión de Monterrubio, en el extremo norte, y en los escarpes del Tormes. Todas ellas son, en general, zonas de orografía diversa dentro del contexto local y que además conservan en gran medida las características de los ecosistemas naturales. Por lo tanto, son áreas con elementos ambientales relevantes, de interés desde el punto de vista de la conservación.

Con alta calidad ambiental aparecen zonas solapadas a las anteriores y por tanto, con una localización similar, mostrando también incidencia en las inmediaciones de la red hídrica. La superficie de esta clase de calidad es la menor de todas las determinadas: 17.4 km².

Con calidad ambiental moderada aparecen zonas de transición hacia los ambientes de menor interés ambiental. Su distribución es, por tanto, muy amplia (con una superficie de 88.6 km² supone la segunda clase de calidad en representatividad) y heterogénea. Su prevalencia es clara en la comarca armuñesa, donde es la clase más extendida, debido seguramente a la alta calidad agrológica de los suelos de esta zona, si bien en el resto del área de estudio se encuentra muy restringida, especialmente al sur, lo que pone de manifiesto un elevado gradiente de transición entre las zonas de mayor y menor calidad.

Las zonas de baja calidad ambiental son las predominantes en Salamanca y alrededores, con una extensión de 111.5 km², lo que es lógico dado el alto grado de antropización de la zona. Se distribuyen por todo el sector, siendo particularmente abundantes en la vega del Tormes, incluyendo sus sistemas de terrazas en el cuadrante sureste y extremo oeste y por algunas de las extensiones terciarias dominantes en la comarca armuñesa (sector central y nororiental). En amplias zonas del tercio sur del área de estudio se convierten cada vez en más infrecuentes, provocada por la menor calidad ambiental de estas zonas.

Las zonas de muy baja calidad ambiental (49.6 km² de extensión) se encuentran prácticamente restringidas a la mitad sur, donde son predominantes, particularmente en el sector suroriental, ligadas a las posiciones de terraza del Tormes y a las superficies llanas o ligeramente onduladas sobre los materiales pizarrosos. Se trata de espacios muy monótonos, generalmente labrados, y con escasa representatividad de las comunidades naturales autóctonas.

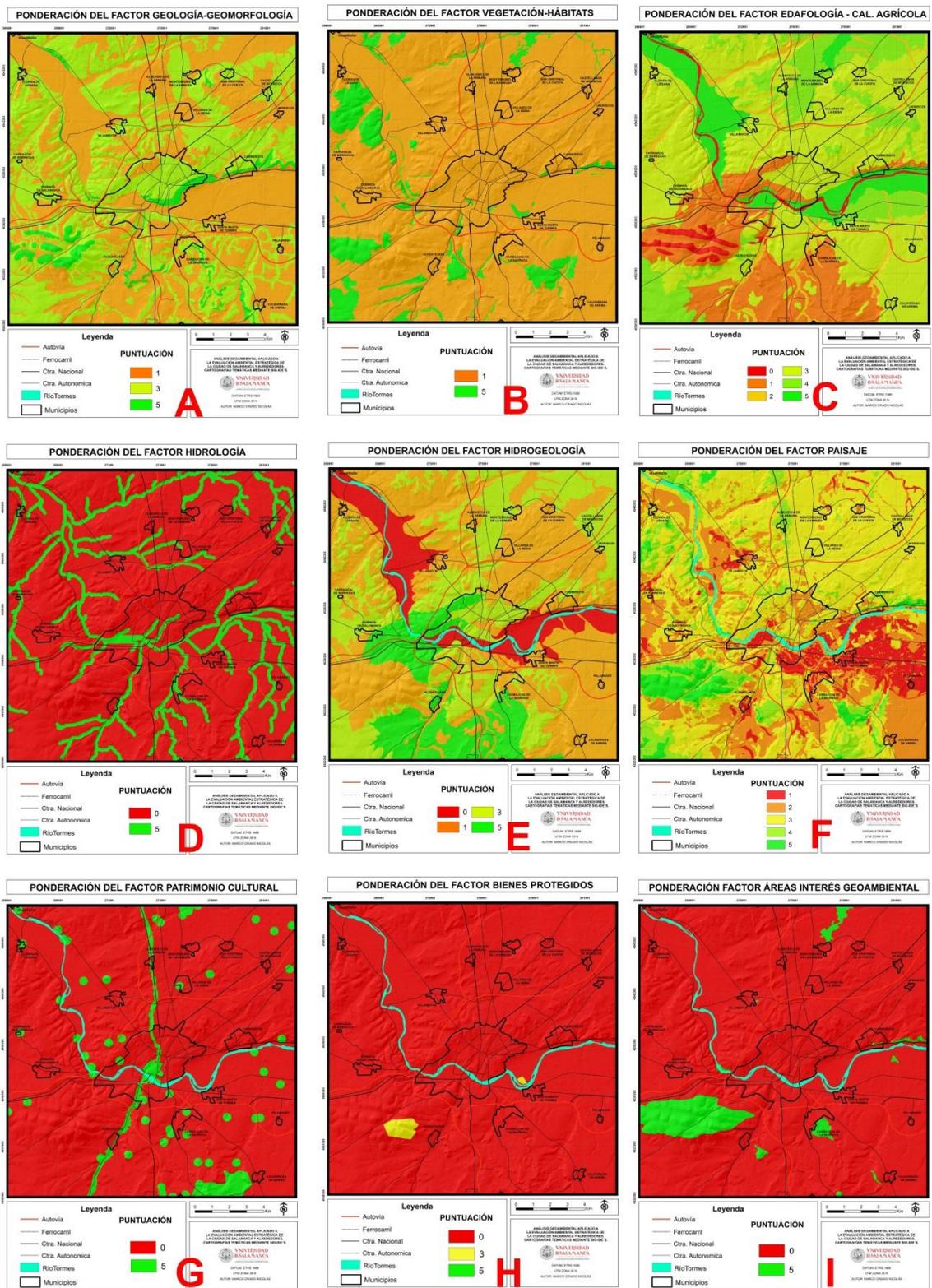


Figura 163. Cartografía con la distribución y ponderación de los factores estudiados para la determinación del ICA: A) Geología y geomorfología; B) Vegetación y hábitats; C) Calidad de los suelos; D) Hidrología; E) Hidrogeología y vulnerabilidad de las aguas; F) Paisaje; G) Patrimonio cultural; H) Bienes protegidos; I) Áreas de interés geoambiental.

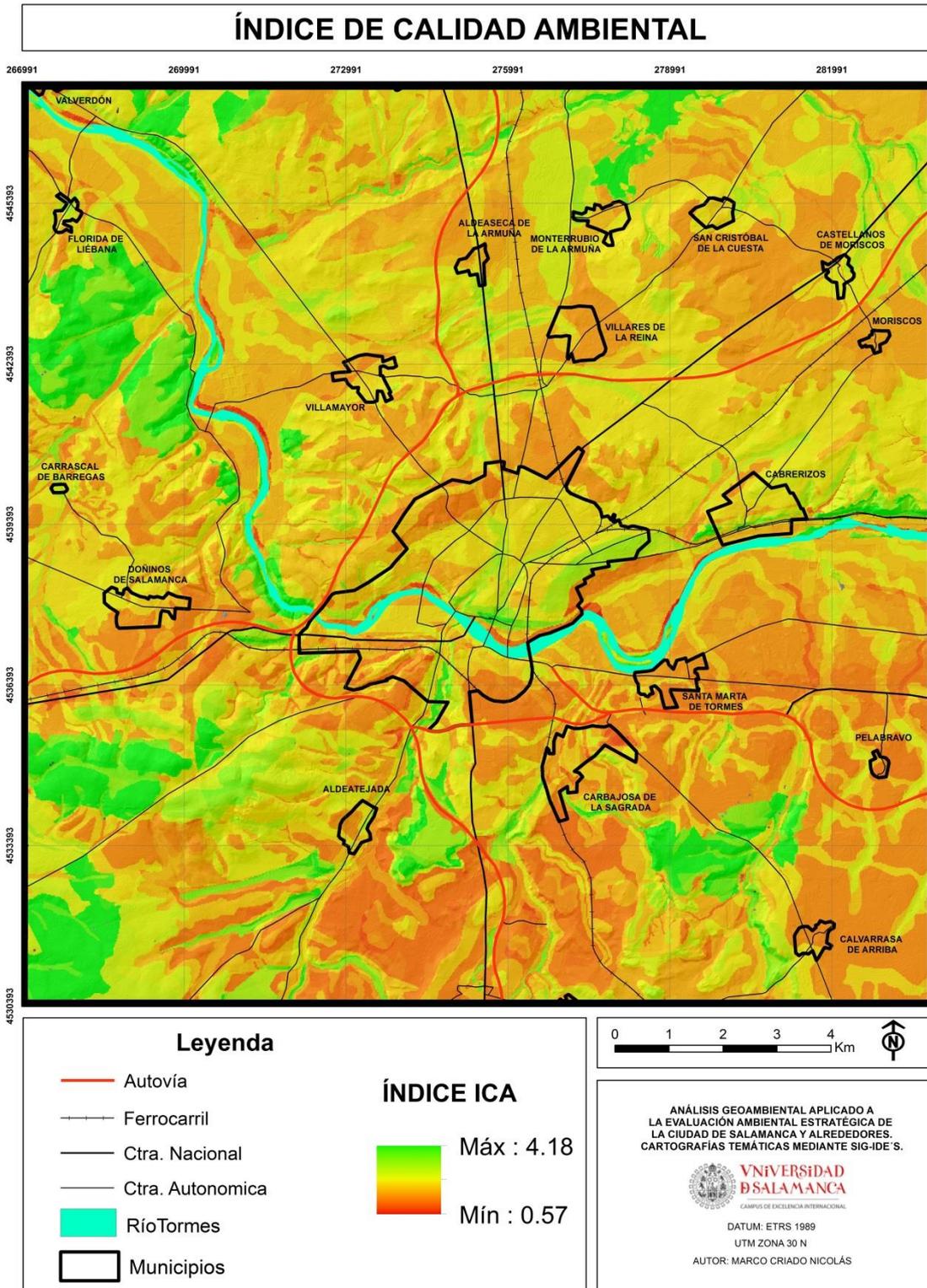


Figura 164. Distribución espacial de los valores del ICA a lo largo del área de estudio.

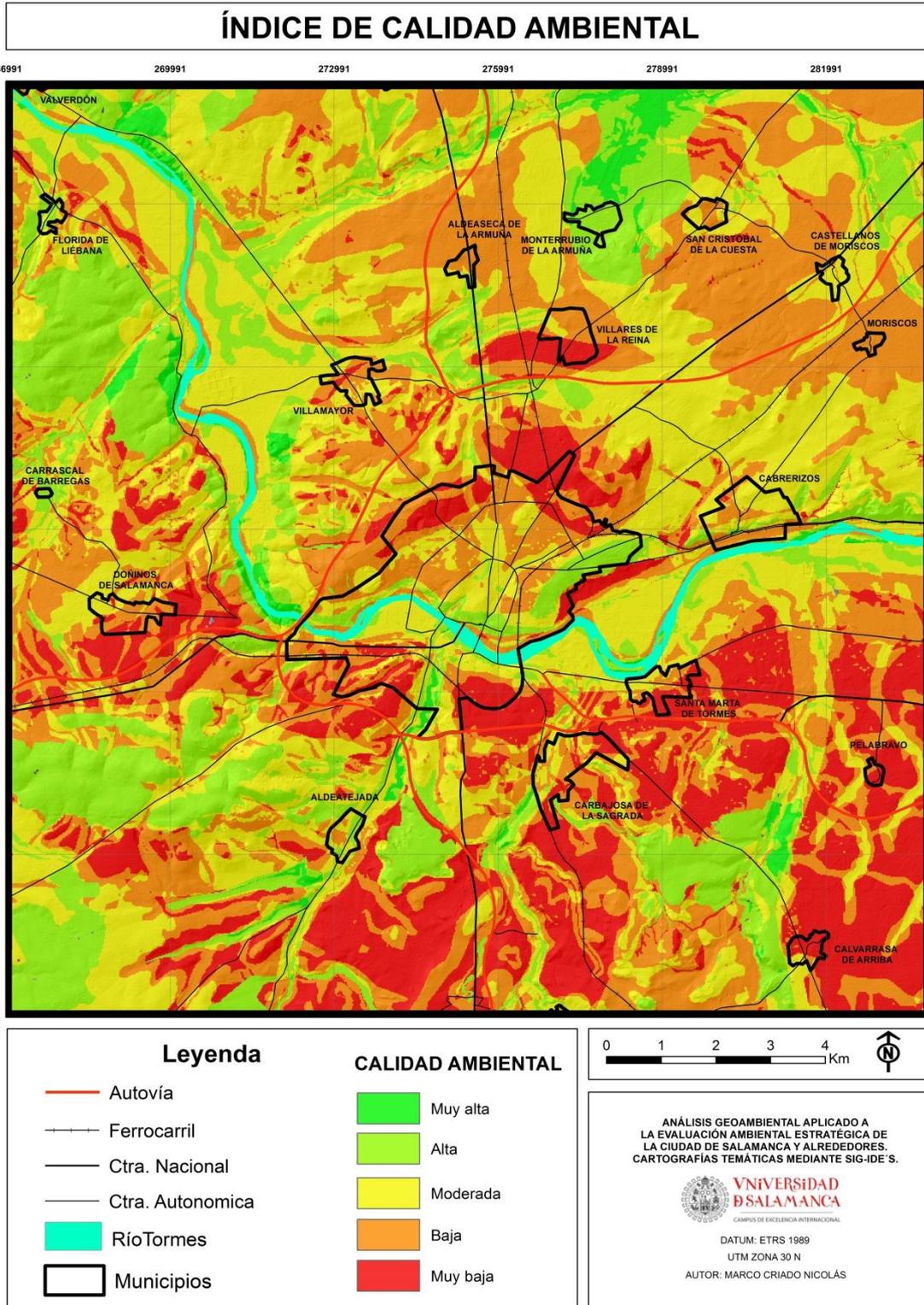


Figura 165. Mapa de Calidad Ambiental.

6.2.2. Limitaciones derivadas de riesgos geológicos.

La inclusión de los riesgos en las etapas de planificación del territorio es un aspecto importante para garantizar la seguridad de la población y bienes materiales. Para ello, se identifican aquellas zonas del territorio que presentan o pueden suponer un riesgo para la población si determinadas actividades son realizadas en estas áreas, especialmente si estos espacios son dedicados a la edificación de viviendas. Para ello, en primer lugar, se realiza una recopilación de los principales riesgos geológicos que se manifiestan en Salamanca y alfoz, y que básicamente se trata de riesgos de inundación, el de mayor peligrosidad y envergadura, seguido de riesgos por desprendimientos y los ligados a las condiciones geotécnicas y características constructivas del terreno. Todos estos riesgos, se recopilan en el mapa integral de riesgo (Fig. 166). Se excluyen de este proceso los riesgos asociados a la erosión hídrica y eólica del suelo, ya que no suponen una afección directa a la seguridad de la población y de sus bienes (Ayala-Carcedo & Olcina-Cantos, 2002).

Por otro lado, para la identificación y caracterización de las zonas según el riesgo que presenten en relación a la combinación de los riesgos geológicos existentes, la cartografía es convertida a formato ráster (tamaño de celda de 20 m.), los cuales mediante álgebra de mapas son computados según el nivel de riesgo que presenten (Tabla 75), obteniéndose finalmente un ráster que es reclasificado en cuatro niveles según el riesgo final: bajo, normal, moderado y alto (Fig. 167).

Tipo de Riesgo	Magnitud del Riesgo	Puntuación
INUNDACIÓN	Muy Alto	6
	Alto	5
	Moderado	4
	Bajo	3
	Muy bajo	2
	Inexistente	1
DESPRENDIMIENTO	Alto	5
	Medio	4
	Bajo	3
	Muy bajo	2
	Inexistente	1
LIMITACIONES CONSTRUCTIVAS	Muy desfavorables	5
	Desfavorables	4
	Aceptables	2
	Favorables	1
LIMITACIÓN POR RIESGOS GEOLOGICOS = Riesgo Inundación (1-6) + Riesgo Desprendimientos (1-5) + Limitaciones Constructivas (1-5)		

Tabla 75. Ponderación asignada a los diferentes riesgos geológicos estudiados según su magnitud.

En Salamanca y alfoz no se producen importantes ni frecuentes riesgos geológicos, a excepción de las inundaciones, y además cuando se manifiestan, no suelen abarcar grandes extensiones. Por ello, es lógico que el resultado de integrar los riesgos obtengamos como resultado una cartografía poco heterogénea. Sin embargo, esta tónica es habitual en otras muchas ubicaciones geográficas, es decir, es usual que los riesgos geológicos están restringidos a determinadas áreas donde existen unas condiciones favorables para que se produzcan. Por ello, y a pesar de su escasa distribución por lo general, estas áreas deben ser bien acotadas e identificadas para evitar daños a la población y sus bienes. En este estudio, las principales limitaciones se encuentran ligadas a los cursos principales de agua:

Las zonas de elevada restricción se presentan en el entorno más cercano al Río Tormes, especialmente las situadas en la llanura de inundación que son anegadas por avenidas que se presentan con “relativa frecuencia”, es decir, pequeños tiempos de retorno. También se manifiestan junto a los cauces del arroyo de la Encina y Zurguén, así como en aquellas áreas situadas en zonas escarpadas con el mayor nivel de riesgo por desprendimiento. En algunas zonas, estos factores alternan, especialmente en márgenes del río excavados por las propias avenidas, siendo estas áreas las que mayores limitaciones imponen, aunque en general, se trata de zonas con mala accesibilidad y poco transitadas.

Las zonas con riesgo moderado son más extensas que las anteriores. Se encuentran en este rango: 1) las áreas amenazadas por las avenidas de mayor retorno, es decir, las menos frecuentes, pero de mayor entidad, por lo que estas zonas pueden verse anegadas, pero la profundidad y velocidad de la lámina de agua no debería suponer problemas más allá de la propia anegación de estos terrenos; 2) zonas con riesgos moderados de desprendimiento; y 3) zonas con importantes limitaciones a la edificación, principalmente, ligadas a depósitos de material aluvial fino (arcilla), presente mayoritariamente en fondos de valle, donde se combinan limitaciones geotécnicas, hidrológicas y geológicas, que varían localmente. Estas condiciones restrictivas alcanzan su máxima expresión y peligrosidad en las inmediaciones de la Depresión de Monterrubio, donde las arcillas expansivas pueden actuar como factor muy limitante frente a las edificaciones, pues puede poner en riesgo su estructura si no está adaptada a esta particularidad.

La mayor parte del sector estudiado no presenta limitaciones derivadas de riesgos geológicos. Además, en estas zonas las condiciones constructivas de las diferentes unidades son, en general, aceptables. Por ello, se considerarán como áreas con escasa limitación derivada de riesgos geológicos.

Finalmente, y como apunte, según la Norma de Construcción Sismorresistente para Edificación -R.D. 997/2002- (BOE, 2002), la ubicación de la zona de estudio en el Mapa de Zonas Sísmicas se corresponde con un grado de sismicidad menor a 0.04, (baja sismicidad), por lo que este factor no presentará, a priori, efectos dañinos para las edificaciones e infraestructuras.

6.2.3. Unidades ambientales homogéneas: diagnóstico de su potencialidad y síntesis de la problemática existente en el escenario actual

Síntesis de recomendaciones y limitaciones

Con el objetivo de disponer de una cartografía que aglutine la calidad ambiental de un espacio junto con las restricciones que presenta, se elabora el mapa de recomendaciones y limitaciones (Fig. 168), producto de la fusión entre la cartografía relativa a las recomendaciones (extraídas del análisis de la calidad ambiental) y limitaciones (establecidas por los riesgos geológicos). Este mapa se empleará en el diagnóstico de las unidades ambientales de ordenación elegidas para la planificación territorial.

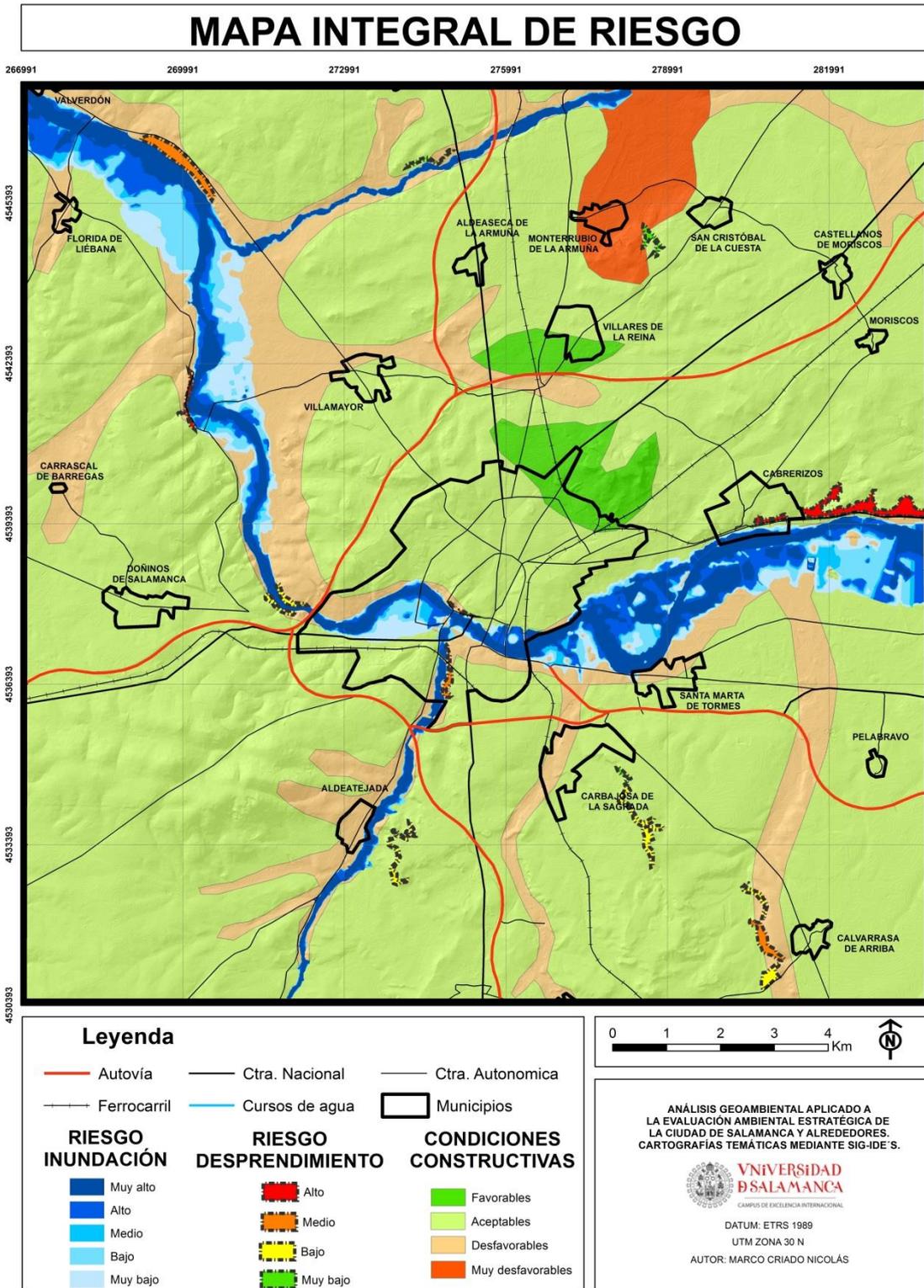


Figura 166. Mapa integral de riesgo.

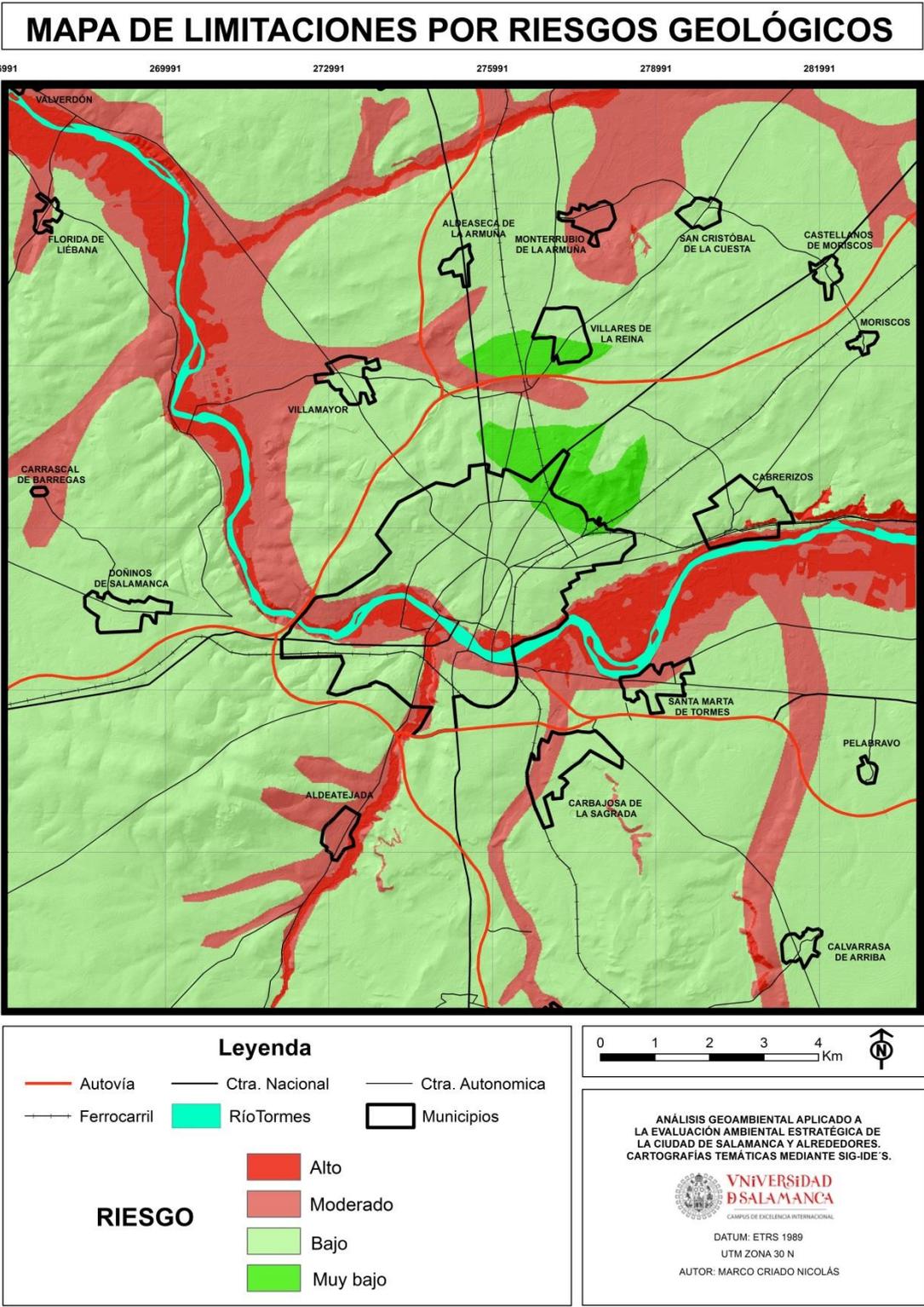


Figura 167. Mapa con la limitación ligada a riesgos geológicos de Salamanca y alfoz.

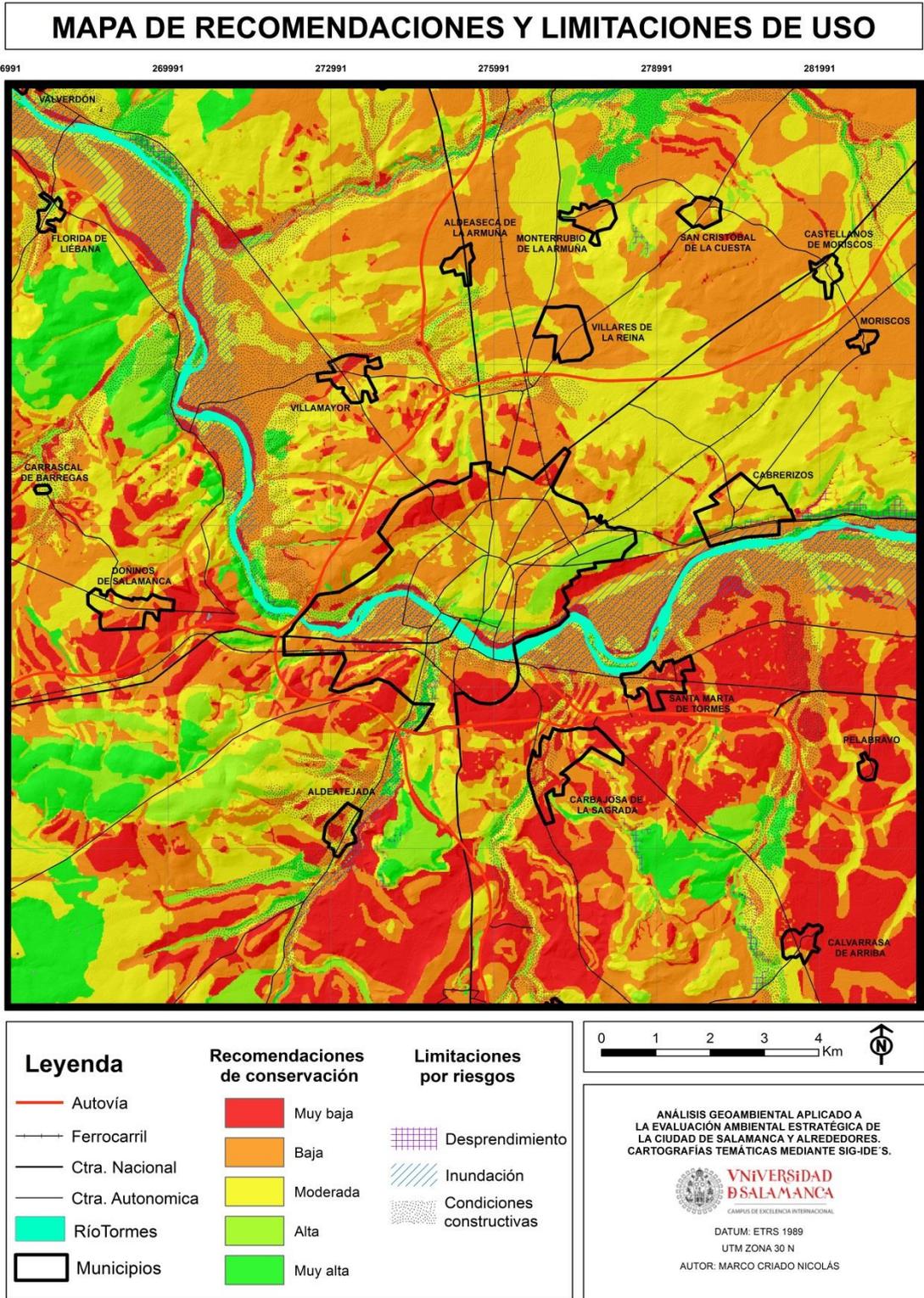


Figura 168. Mapa de recomendaciones y limitaciones de uso.

Síntesis de la problemática existente en el estado actual

Tras el estudio ambiental y de riesgos del sector estudiado, se ha elaborado una breve caracterización de la problemática encontrada en el Salamanca y alfoz. Esta situación será importante en la definición del nuevo sistema territorial objetivo y al establecer los objetivos estratégicos de planificación. La consideración de esta problemática resulta de gran interés en la Evaluación Estratégica, ya que puede limitar las actividades o la capacidad de acogida de un lugar a determinadas actividades o usos. Además, en algunas ocasiones, a través del prisma de la EAE, estos impactos pueden ser manejados de tal manera que su impacto sea atenuado, si bien en algunos casos esto no será posible sin una intervención directa sobre el mismo.

La zona a evaluar está dominada por espacios periurbanos en torno a Salamanca, lo que se traduce en una marcada aparición de procesos de transformación que provocan desordenes en la ocupación del suelo. La abundancia de municipios en el alfoz, con sus particulares normativas urbanísticas, potencia este diferente desarrollo del suelo que se manifiesta en la heterogeneidad de edificaciones y procesos urbanísticos. Es habitual que las edificaciones se entremezclen o solapen con el entorno natural inmediato. Por otro lado, las expectativas urbanísticas pueden provocar el abandono del aprovechamiento tradicional del suelo, generando un aspecto de degradación en estos lugares, muy abundantes en zonas anexas a áreas edificadas, generalmente catalogadas como urbanizables pero que posteriormente este desarrollo no se ha producido. Por tanto, podríamos decir que gran parte de la zona de estudio de encuentra en la zona de “ecotono” entre dos sistemas, el urbano y el ecológico, por lo que los impactos van a estar ligados a la dinámica entre estos sistemas, si bien en nuestro caso el medio natural presenta una elevada antropización debido a la mayoritaria presencia de la agricultura en el paisaje, por lo que la intensificación de los procesos ecológicos y de la biodiversidad queda reducida a pequeños y dispersos reductos. A continuación se describen los principales problemas identificados durante el diagnóstico del medio:

- **Acumulación de residuos en zonas no autorizadas:** es relativamente frecuente la aparición de residuos de diferente tipología (eléctricos, material de oficina, escombros, chatarra, material de demolición...) arrojados al medio en zonas no autorizadas. Estas pequeñas “escombreras” clandestinas son observables en zonas poco transitadas y apartadas del entorno urbano, como es el caso de caminos o solares abandonados.
- **Desnaturalización del medio natural:** el gran desarrollo e intensidad que ha alcanzado la actividad agrícola apenas ha permitido que se mantengan restos de la biocenosis vegetal propia la zona. La deforestación de los encinares climácicos para dejar hueco a nuevas tierras de cultivo está constatada desde hace siglos. Está documentado que estas zonas eran ya fuertemente explotadas por los romanos, para los cuales suponían uno de los principales recursos alimentarios, especialmente el trigo, llegando a denominar a estas zonas como el “granero de Hispania” (Peña-Sánchez, 1987). Los bosques de ribera también se encuentran fuertemente degradados.
- **Abandono de tierras y solares:** fruto especialmente de la especulación urbanística, se observa un alto porcentaje de abandono de tierras en zonas periurbanas, en las cuales no se lleva a cabo un aprovechamiento, y están

dominadas por malas hierbas, y a veces con diferentes elementos abandonados, con el consiguiente impacto visual, además de peligro de incendio e infecciones. En las zonas más rurales, este abandono se debe principalmente a la emigración.

- **Abandono de actividades económicas:** irregularmente distribuidos aparecen solares abandonados que albergaron desarrollo de actividad económica. Es frecuente observar infraestructuras en avanzado estado de abandono, incluso en riesgo de ruina y derrumbe. Estos lugares son generadores de un alto impacto visual y paisajístico, y pueden ser origen de focos puntuales de contaminación. Es el caso de invernaderos abandonados, industrias mecánicas, desguaces, antiguos caserones o viejas naves de almacenaje y similares.
- **Degradación paisajística:** la sensación de desorden es palpable en algunas zonas del sector estudiado debido a la mezcla de tipologías edificatorias antagónicas y usos del suelo dispares, dando como resultado un conjunto sin continuidad espacial ni coherencia estructural, que parece haber surgido por “generación espontánea”, lo que evidencia ausencia de planificación en ciertas áreas. La instalación de algunas infraestructuras, especialmente de telecomunicaciones, en lugares de alta visibilidad también repercuten en la percepción negativa del paisaje.
- **Áreas de extracción de áridos abandonadas:** en zonas periféricas del área de estudio existe un buen número de graveras clausuradas que en su día surtieron de materiales de construcción a Salamanca y entorno, especialmente durante la época de “boom de la construcción”. Se trata de espacios sin restaurar, y que si realizaran esta restauración, podrían tener un papel ambiental importante debido a la alta antropización del entorno. La ausencia de restauración provoca que sean fuente de impacto, encontrándose en ellos a menudo pequeñas escombreras ilegales, y por sus altas pendientes, pueden ser puntos de peligro de accidente.
- **Desarrollo urbanístico periurbano descontrolado:** el desarrollo de nueva residencia, en buena parte de segunda ocupación, en zonas periurbanas y del medio rural, causa un alto consumo de suelos, en general con buena aptitud agrícola. La tipología dominante, vivienda unifamiliar y chalets, provoca elevada demanda de servicios dotacionales (abastecimiento, depuración...), y además suele llevar aparejada la implementación de espacios artificiales (grandes jardines, piscina, campos de golf...) que desplazan a los espacios naturales, provocando un consiguiente consumo de recursos añadidos, especialmente agua. Además, esta ocupación de espacios rurales provoca la introducción de agregados urbanos sin relación con la tradición y formas de vida tradicionales.
- **Mal estado y acondicionamiento de algunas infraestructuras:** algunas carreteras, especialmente las presentes en las zonas más despobladas se encuentran con el firme en estado deficiente, y en ocasiones son demasiado estrechas. Los taludes y terraplenes, especialmente relevantes en las principales infraestructuras (autovías y ferrocarril) por lo general, no están bien acondicionados, mostrando grandes evidencias de erosión. Los caminos rurales también presentan potencial de mejora.

- **Alteración de procesos naturales y regresión de la extensiones naturales:** el desarrollo de algunas actividades económicas provocan la aceleración de procesos naturales, especialmente los erosivos, destacando en áreas de elevada pendiente sometidas a usos intensivos del suelo, y en zonas agrícolas donde se labra la tierra a favor de pendiente. En algunas zonas se observa la erosión del suelo debida a la circulación de vehículos a motor por zonas no deseables, especialmente motos de motocross y quads. En otros espacios, la implantación de infraestructuras o desarrollo de actividades no adecuadas a la capacidad de acogida del medio ha provocado la degradación o desaparición de los procesos naturales que allí existían (alteración de los niveles freáticos derivados de drenajes o agricultura de regadío, deforestación...). La presión urbanística y agrícola ha provocado el sellado o transformación, respectivamente, de áreas naturales.
- **Aparición de especies invasoras:** se ha detectado la presencia de especies exóticas invasoras que pueden provocar pérdida de biodiversidad y alteraciones de los hábitats. La mayoría de ellas están ligadas al medio fluvial, principal sistema natural del área de estudio. Las principales especies alóctonas de plantas identificadas son la *Azolla filiculoides*, planta acuática flotante de rápido crecimiento que puede conquistar grandes superficies (observables fácilmente en el Tormes a su paso por Salamanca); *Cortaderia selloana*, una poácea de gran envergadura caracterizada por su terminación en forma de plumón, que coloniza espacios húmedos en zonas de ribera preferentemente; y la *Acacia dealbata*, con uso ornamental en entornos urbanos, pero que se encuentra asilvestrada en algunas zonas de la vega del Tormes. Existe también fauna invasora asociada al Tormes. En relación a los mamíferos, destaca el visón americano (*Neovision vison*), mustélido en expansión y que desplaza al autóctono. Existen también algunos ejemplares de cerdo vietnamita que hibridan con el jabalí, con el consiguiente riesgo a la biodiversidad. El grupo que cuenta con mayor número de especies invasoras es el de los peces, destacando por su abundancia: alburno (*Alburnus alburnus*), percasol (*Lepomis gibbosus*), gambusia (*Gambusia holbrooki*), lucio (*Esox lucius*) y carpa (*Ciprinus carpio*), si bien esta última se encuentra bastante naturalizada. En relación a reptiles, destaca la presencia del galápago de Florida (*Trachemys scripta*). No se han registrado anfibios o aves invasoras. Por último, también se encuentra como especie invasora al cangrejo americano (*Procambarus clarkii*).

Caracterización de las unidades ambientales

Para poder realizar estrategias de ordenación territorial, es preciso disponer de unidades territoriales o de ordenación homogéneas, es decir, que compartan una serie de características que propicien que puedan albergar un conjunto de actividades y usos del suelo similares. De esta manera, todos los territorios pertenecientes a una unidad de ordenación presentarán la misma capacidad de acogida frente a un uso del suelo.

Se han definido un conjunto de 23 unidades ambientales (Tabla 76) que comparten características de litología, geomorfología y de vegetación homogéneas, y coinciden con las unidades homogéneas de paisaje. Se pueden interpretar, por tanto, como las manifestaciones externas de los ecosistemas existentes. Su diagnóstico permite

sintetizar la estructura y funcionamiento del medio, a partir de lo cual se pueden realizar análisis de potencialidad y capacidad de acogida, así como establecer limitaciones o recomendaciones de uso. Para esto, la cartografía de unidades ambientales es superpuesta a la cartografía de recomendaciones y limitaciones. A continuación, se presenta sintetizado el diagnóstico de las unidades ambientales (Fig. 169) en el cual se presentan los factores ambientales más relevantes de cada unidad, así como un análisis DAFO, sus méritos de conservación, su principal problemática y su potencialidad de uso, así como cualquier otro aspecto estimado como relevante para efectuar la planificación territorial. Esta información se ha redactado a modo de ficha individual para cada unidad ambiental homogénea (Anexo 4).

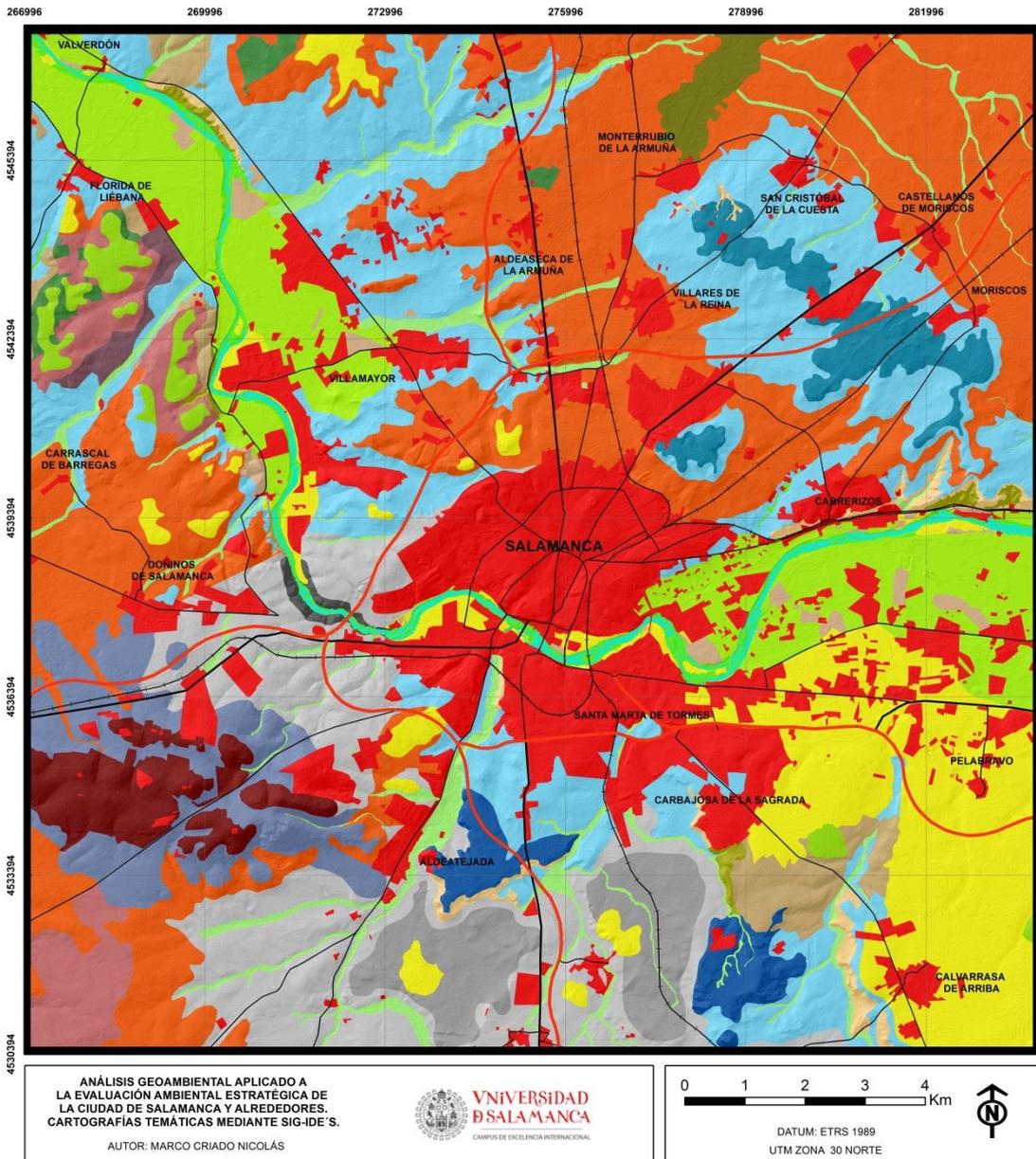
Nº	DENOMINACIÓN DE LA UNIDAD AMBIENTAL HOMOGÉNEA
1	Crestas y lomas sobre cuarcita con vegetación arbolada
2	Superficie degradada sobre pizarras con cultivos
3	Superficie estructural sobre arenisca con pastizales
4	Superficie poligénica sobre arenisca con cultivos
5	Laderas sobre depósitos de vertientes con cultivos
6	Laderas sobre pizarras con pastizales
7	Laderas sobre arenisca con cultivos
8	Laderas sobre unidad roja con cultivos
9	Laderas sobre arenisca con formaciones mixtas cultivo-arbolado
10	Laderas sobre unidad roja con formaciones mixtas cultivo-arbolado
11	Laderas sobre arenisca con vegetación arbolada
12	Laderas sobre unidad roja con vegetación arbolada
13	Escarpes sobre arenisca con pastizales
14	Escarpes sobre arenisca con vegetación arbolada
15	Incisión fluvial sobre pizarras con pastizales
16	Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos de regadío
17	Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos cerealistas
18	Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones mixtas cultivo-arbolado
19	Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones arboladas
20	Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con pastizales
21	Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con vegetación arbolada
22	Áreas semiendorreicas de limos y arcillas con pastizales
23	Áreas urbanas

Tabla 76. Unidades ambientales homogéneas establecidas.

6.3. Planificación territorial sostenible

En este capítulo se procede a la ordenación territorial de Salamanca y alrededores mediante el establecimiento de nuevos usos del territorio de acuerdo a la capacidad de acogida de las distintas unidades ambientales. A partir de la caracterización de las diferentes unidades ambientales efectuadas en el apartado anterior, se establecen una serie de objetivos estratégicos que servirán de referencia en la evaluación ambiental estratégica. Tras la asignación de los nuevos usos del territorio, se identifican los impactos ambientales que se prevé que ocurran y se establecen una serie de medidas complementarias de actuación que aseguren el manejo de estos impactos ambientales, así como la consecución de todos los objetivos estratégicos propuestos (Fig. 170).

MAPA DE UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS



Legenda

Autovía	Ctra. Nacional	Ctra. Autonómica	Ferrocarril	Tormes	Áreas urbanas
---------	----------------	------------------	-------------	--------	---------------

1. Crestas y lomas sobre cuarcita con vegetación arbolada	12. Laderas sobre unidad roja con vegetación arbolada
2. Superficie degradada sobre pizarras con cultivos	13. Escarpes sobre areniscas con pastizales
3. Superficie estructural sobre arenisca con pastizales	14. Escarpes sobre areniscas con vegetación arbolada
4. Superficie poligénica sobre arenisca con cultivos	15. Incisión fluvial sobre pizarras con pastizales
5. Laderas sobre depósitos de vertientes con cultivos	16. Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos de regadío
6. Laderas sobre pizarras con pastizales	17. Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos cerealistas
7. Laderas sobre areniscas con cultivos	18. Terrazas con conglomerados y arenas y formac. mixtas cultivo-arbolado
8. Laderas sobre unidad roja con cultivos	19. Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones arboladas
9. Laderas sobre arenisca con formac. mixtas cultivo-arbolado	20. Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con pastizales
10. Laderas sobre unidad roja con formac. mixtas cultivo- arbolado	21. Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con vegetación arbolada
11. Laderas sobre arenisca con vegetación arbolada	22. Áreas semiendorreicas de limos y arcillas con pastizales

Figura 169. Distribución de las unidades ambientales homogéneas.

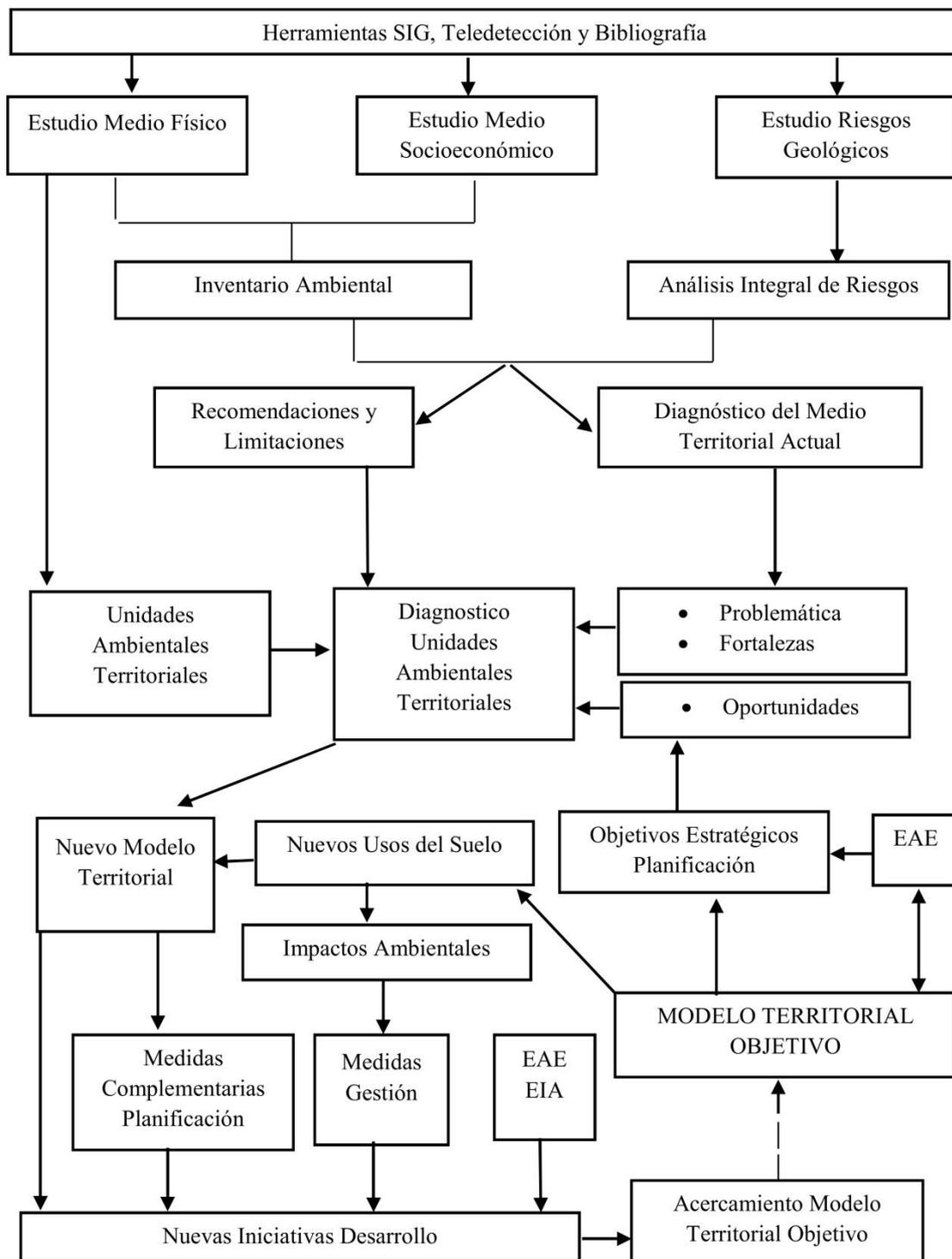


Figura 170. Esquema metodológico del proceso seguido para la planificación territorial sostenible.

6.3.1. Objetivos estratégicos de planificación

Tras efectuar el diagnóstico del estado de la zona estudiada, y examinadas las problemáticas y oportunidades, es momento de definir el modelo territorial objetivo que se pretende alcanzar. Para ello, es necesario elaborar una serie de medidas que permitan lograr dicho objetivo: los objetivos estratégicos de planificación. Partimos de objetivos globales, basados en ideas y proposiciones generales y abstractas en ocasiones, que

posteriormente se desagregan en objetivos más concretos que posibilitan su ejecución, apareciendo en ocasiones objetivos específicos para su implementación en un determinado ámbito territorial.

El marco objetivo de la planificación será la mejora de la calidad de vida de la población, asegurando como objetivos generales la/el:

- Protección y conservación de los valores ambientales.
- Desarrollo económico sostenible.
- Correcta integración de las actividades de desarrollo en el medio físico.
- Mejora y restauración ambiental y del paisaje de los espacios degradados.
- Armonización del paisaje de transición entre los espacios antrópicos y naturales.
- Potenciación de los valores ambientales del entorno.

A continuación, se enumeran los objetivos concretos y específicos que permitirán la consecución de cada uno de los objetivos generales.

1. Protección y conservación de los valores ambientales.

O.1.1. Mantener y fomentar la extensión de la superficie de los hábitats naturales, especialmente del encinar climácico.

O.1.2. Controlar los efluentes de industrias a la atmósfera, suelos y aguas para evitar la contaminación del medio.

O.1.3. Mantener en buen estado el funcionamiento hidráulico de los cauces naturales.

O.1.4. Fomentar la protección de los acuíferos y su explotación sostenible.

O.1.5. Evitar la liberación al medio de residuos sólidos de diferente tipología.

O.1.6. Conservación de la fauna y flora autóctona.

O.1.7. Conservar la calidad paisajística de los espacios de mayor interés.

O.1.8. Protección de los materiales, formas o procesos de interés geológico

O.1.9. Garantizar la conservación de los elementos de interés histórico, artístico y cultural.

2. Desarrollo económico sostenible

O.2.1. Establecer una correcta distribución de las actividades económicas que satisfaga los requisitos de protección del medio.

O.2.2. Garantizar la adecuación de los aprovechamientos a las tasas de renovación de los recursos naturales y a las capacidades de asimilación del medio.

O.2.3. Valoración de las repercusiones ambientales previamente al desarrollo de la actividad en cuestión, especialmente en zonas de interés ambiental.

O.2.4. Fomentar la ganadería extensiva sostenible, especialmente con razas autóctonas.

O.2.5. Establecer gestiones forestales sostenibles que garanticen la prevención frente a los incendios forestales.

O.2.6. Fomentar la recolección sostenible de recursos naturales.

O.2.7. Favorecer el desarrollo de las actividades agrícolas que permitan la sustentación y conservación del suelo, su calidad y sus procesos ecológicos

3. Correcta integración de las actividades de desarrollo en el medio físico

O.3.1. Evitar la proliferación de desarrollos urbanísticos e industriales incontrolados.

O.3.2. Garantizar el uso agrícola sobre el resto en los suelos de mayor calidad agrícola.

- O.3.3. Valorar diferentes escenarios en la evaluación de las nuevas actividades de desarrollo.
- O.3.4. Promover formas y colores en las nuevas edificaciones y acciones de desarrollo acorde al paisaje natural y urbano preexistente.
- O.3.5. Evitar la instalación de actividades de desarrollo en área de riesgos naturales.
- O.3.6. Armonizar la transición entre los espacios labrados y aquellos que conservan las condiciones naturales.

4. Mejora y restauración ambiental y del paisaje de los espacios degradados

- O.4.1. Eliminación de los puntos de acumulación ilegal de residuos sólidos.
- O.4.2. Minimización de los impactos paisajísticos de las infraestructuras implantadas.
- O.4.3. Rehabilitación de espacios abandonados a través de la actividad económica.
- O.4.4. Perseguir la mejora ambiental de ambientes degradados a través de la conservación activa empleando “buenas prácticas de manejo”.
- O.4.5. Rehabilitación ambiental de espacios abandonados y degradados fruto de la explotación económica (graveras y canteras).
- O.4.6. Orientar el desarrollo de infraestructura verde urbana a los espacios degradados como herramienta de recuperación de los mismos.

5. Armonización del paisaje de transición entre espacios antrópicos y naturales

- O.5.1. Integración paisajística de los taludes y terraplenes creados en las diferentes iniciativas de desarrollo.
- O.5.2. Evitar límites difusos, superpuestos y desordenados en las zonas de transición.
- O.5.3. Fomentar la participación de la población en la gestión del paisaje.
- O.5.4. Apuesta por el entramado y formas urbanas tradicionales en los núcleos rurales
- O.5.5. Integrar en el paisaje las actividades generadoras de impacto visual.

6. Potenciación de los valores ambientales del entorno

- O.6.1. Fomento de los usos científico, cultural y educativo en los lugares de mayor valor ambiental y cultural.
- O.6.2. Identificación, protección y puesta en valor de aquellos espacios del territorio que mejor permitan el desarrollo conjunto de fines científico-culturales, educativos, deportivos y de esparcimiento.
- O.6.3. Facilitar el acceso a las actividades científico-culturales, educativas, deportivas y de esparcimiento desarrolladas en la naturaleza.

6.3.2. Capacidad de acogida y usos del territorio

Uno de los principales elementos para la consecución del modelo territorial objetivo ideado a partir del diagnóstico territorial y desgranado en los objetivos estratégicos es la correcta asignación de los usos del suelo. En este apartado, se confecciona el marco en el que se desarrollarán el conjunto de acciones encaminadas a la consecución de los objetivos, si bien buena parte de estos objetivos quedarán prácticamente resueltos con la adecuada proyección en el territorio de las acciones de desarrollo, objetivo fundamental de la planificación territorial. Por tanto, se presenta una propuesta de territorio que racionalice el uso del suelo y controle sus aprovechamientos en función de la capacidad

de acogida del mismo, representado por las categorías territoriales o unidades territoriales.

Mediante una tabla de doble entrada, la matriz de Capacidad de Acogida de usos del suelo, se enfrentan las diferentes unidades territoriales de ordenación y los nuevos usos propuestos. En esta Matriz de Acogida se establece una determinación en relación a las categorías de ordenación y las actividades que podrán albergar en base a sus características. Por tanto, se indica la idoneidad, o no, de la implantación de un determinado uso en cada unidad territorial, o bien si esta debe estar sujeta a determinadas limitaciones o condiciones.

Las categorías de ordenación son las unidades territoriales que por sus atributos comunes son consideradas en su conjunto como susceptibles de albergar un uso del territorio común. En este trabajo las categorías de ordenación son las unidades ambientales homogéneas, a las que se suman las denominadas como unidades de interés, es decir, aquellas categorías de ordenación creadas a partir del diagnóstico territorial en base a que constituyen espacios de alto valor en relación a alguna característica, y que actuarán como condicionantes. La incorporación de estas unidades de interés en la planificación territorial se debe al hecho de lograr una mayor eficacia en la asignación de usos y proporcionar una adecuada planificación de aquellos elementos que si no fueran claramente delimitados pudieran ocasionar problemas en su gestión. Las áreas de interés son los espacios de importancia cultural, los espacios de interés geoambiental y las áreas de riesgo. No se incluyen espacios regidos por figuras de protección ambiental (ZEC, ZEPA, Red Natura 2000...) al no existir en la zona.

Frente a las categorías de ordenación, se encuentran los usos del suelo que se proponen para el desarrollo en cada categoría. A grandes rasgos, se pueden agrupar los diferentes usos del suelo según la tipología del mismo: 1) usos de conservación, orientados a la preservación de los elementos y valores del medio natural; 2) usos de explotación de recursos, orientados al aprovechamiento económico de los recursos naturales; 3) usos de esparcimiento y ocio para la población, si bien en ocasiones puede suponer otra forma de explotación económica del medio; 4) usos de expansión, destinados a albergar las actividades que consumen el territorio de manera irreversible, destacando las infraestructuras y telecomunicaciones, y los desarrollos urbanísticos e industriales. En la [Tabla 77](#) se incluyen estas tipologías de uso y los usos específicos de cada una de ellas que serán empleados en esta planificación territorial.

Tras definir las categorías de ordenación y los usos del territorio potenciales, debemos especificar la relación territorio-actividades existente entre ambas para establecer las actuaciones recomendadas a cada unidad territorial. Es decir, se establece si la decisión de establecer un uso particular a una categoría de ordenación es adecuada, o no, o si debe estar limitado.

Los usos y actividades propicios son aquellos que mejor se ajustan a la realidad de la categoría en cuestión, y pueden ser coincidentes, o no, con el uso actual del territorio. Si el uso actual y asignado no coinciden, y aparece una incompatibilidad entre ambos, debe primarse el asignado, y en el caso de ser compatibles, la superposición de usos. Por otro lado, los usos y actividades que no se adecuan a las características de las categorías de ordenación deben ser prohibidos en estas, no permitiéndose en ningún caso. A veces, puede suceder que se proponga una actividad carente de sentido a una

determinada categoría territorial. En otras ocasiones, que una determinada actividad pueda implementarse o no en una categoría territorial, dependerá de una serie de condicionantes, como puede ser el sometimiento a EIA, uso restringido, sometimiento a permiso especial o no recomendable.

Finalmente, se confecciona la Matriz de Acogida y se definen los nuevos usos relativos a cada una de las diferentes categorías que regirán la ordenación del territorio y sientan las bases para alcanzar el modelo objetivo (Tabla 78).

TIPOLOGÍA DE USO	USO PROPUESTO	SIGLA
Conservación de la naturaleza	Preservación estricta	U1
	Conservación activa	U2
	Recuperación y mejora ambiental	U3
	Actividades científicas y culturales	U4
Explotación de recursos primarios	Recolección	U5
	Actividades agrícolas	U6
	Actividades ganaderas	U7
	Pastoreo	U8
	Actividad forestal económica	U9
	Actividades extractivas	U10
Infraestructura y planificación	Vertederos y CTR	U11
	Construcción civil	U12
	Industrias	U13
	Crecimiento urbano	U14
Ocio y esparcimiento	Excursiones y similares	U15
	Espacios libres de recreo	U16
	Camping	U17
	Actividades cinegéticas y piscícolas	U18
	Actividades deportivas	U19
	Circulación de vehículos a motor	U20

Tabla 77. Usos del suelo propuestos para la nueva planificación territorial (Martínez-Graña, 2010).

Unidades ambientales homogéneas de ordenación y usos del suelo

- La unidad 1 *Crestas y lomas sobre cuarcita con vegetación arbolada* presenta valores muy altos de calidad para la conservación y bajas limitaciones, por lo que sus usos principales son compatibles con los de conservación, ocio/esparcimiento y explotación de recursos primarios, siempre que esta sea sostenible y se obtengan las autorizaciones pertinentes. La implantación de infraestructuras no se considera prioritaria en estas zonas, por lo que se prohíben por lo general, teniéndose que obtener los permisos necesarios para su ejecución, así como demostrar la necesidad y realizar un estudio detallado del caso.

En las áreas ubicadas en la unidad 2 *Superficie degradada sobre pizarras con cultivos* no existen recomendaciones de protección ni riesgos. Se propone la recuperación ambiental de aquellos espacios degradados, y son compatibles las actividades de ocio y científico-culturales. Las infraestructuras pueden encontrar acomodo en estos espacios previo estudio del caso. Los usos ideales para esta unidad son los de explotación de los recursos primarios, especialmente los agrícolas, pudiendo también desarrollarse los ganaderos y de pastoreo.

MATRIZ DE ACOGIDA	REC	LIM	USOS ACTUALES O POTENCIALES DEL MEDIO FÍSICO																				
			Conservación del medio				Explotación de recursos primarios						Infraestructura/Edificación				Ocio y esparcimiento						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
UNIDADES AMBIENTALES	1	MA	B	2	1	1 ₁	2 ₁	2 ₆	2 ₆	2 ₁	2 ₁	PE	EIA	3	2 ₅	3	RE	2 ₁	1	NR	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	2	B	B	-	-	2 ₁	2 ₁	-	2	2	2	-	-	EIA	2 ₄	2 ₄	2 ₁	2 ₁	2	2 ₅	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	3	A	B	2	2	2 ₁	SL	2 ₆	2 ₆	2 ₁	2 ₁	-	-	3	3	3	2 ₅	2	2	3	2 ₃	2	RE
	4	M	B	-	2	2 ₁	2 ₁	-	1	2	2	-	EIA	EIA	2 ₅	3	RE	2 ₁	NR	NR	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	5	B	B	-	-	2 ₁	2	2 ₃	1	2	2 ₁	-	EIA	EIA	2 ₄	EIA	2 ₄	2 ₁	NR	NR	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	6	B	B	-	-	2 ₁	2	2 ₃	2 ₆	2	2 ₁	-	EIA	EIA	2 ₅	EIA	NR	2 ₁	2	C	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	7	B	B	-	-	2 ₁	2 ₁	2 ₆	1	2	2 ₁	-	EIA	EIA	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₁	2	2 ₅	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	8	B	B	-	-	2 ₁	2 ₁	2 ₆	1	2	2 ₁	-	EIA	EIA	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₁	2	2 ₅	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	9	M	B	-	2	2 ₁	2	2 ₆	2 ₆	2	2 ₁	2 ₃	NR	EIA	2 ₄	C	C	2 ₁	2	NR	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	10	M	B	-	2	2 ₁	2	2 ₆	2 ₆	2	2 ₁	2 ₃	NR	EIA	2 ₄	C	C	2 ₁	2	NR	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	11	MA	B	2	1	1 ₁	2 ₁	2 ₃	3	2 ₁	2	2 ₄	3	3	NR	3	3	2 ₁	2 ₁	2 ₄	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	12	MA	B	2	1	1 ₁	2 ₁	2 ₃	3	2 ₁	2	2 ₄	3	3	NR	3	3	2 ₁	2 ₁	2 ₄	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	13	A	A	2	1	1	2	2 ₃	3	3	2	-	3	3	3	3	3	2 ₁	2 ₄	3	2 ₃	C	3
	14	MA	A	1	1	1	2	2 ₃	3	3	2	2 ₄	3	3	3	3	3	2 ₁	C	3	2 ₃	NR	3
	15	A	A	2 ₁	1	1	SL	SL	3	3	2	-	3	3	3	3	3	SL	2	3	2 ₃	2 ₁	3
	16	B	M	-	-	2 ₁	2	2 ₆	1	2	2	-	EIA	3	2 ₄	C	NR	2 ₁	2	2 ₄	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	17	B	B	-	-	2 ₁	2	2 ₆	1	2	2	-	EIA	EIA	2 ₄	2 ₄	2 ₄	2 ₁	2	2 ₄	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	18	M	B	-	2	2 ₁	2	2 ₆	2 ₆	2	2 ₁	2 ₃	NR	EIA	2 ₄	C	C	2 ₁	2	NR	2 ₃	2 ₁	2 ₁
	19	M	B	2	1	2	SL	SL	3	3	2	PE	3	3	2 ₄	3	3	2	C	3	2 ₃	C	PE
	20	M	A	-	1	2 ₁	2	2 ₃	3	1	2 ₁	-	-	3	C	3	3	2 ₁	C	3	2 ₃	RE	2 ₁
	21	MA	MA	1	1	1	1	SL	3	3	2	2 ₅	3	3	3	3	3	1	1 ₁	3	2 ₃	NR	3
	22	A	M	1	1	2	1	SL	3	2 ₄	1	-	3	3	3	3	3	1	2	3	2 ₃	2 ₁	3
	23	-	-	2	2	1 ₁	2	2 ₁	-	-	2 ₁	2 ₅	3	3	1	1	1	2	2	2	3	2	2 ₁
CON	C1	-	-	1	1	1	1	2 ₁	2 ₆	C	RE	2 ₁	3	3	3	3	3	1	RE	NR	2 ₃	C	3
	C2	-	-	1	1	1	1	2 ₁	2 ₆	C	RE	2 ₅	3	3	2 ₄	3	2 ₅	1	1 ₁	2 ₄	2 ₅	2 ₁	2 ₁
	C3	-	-	-	-	-	2 ₁	2 ₃	2 ₆	C	RE	2 ₃	3	3	2 ₄	3	3	2	2 ₁	3	2 ₃	2	2 ₁

Tabla 78. Matriz de capacidad de acogida. CON: Condicionantes (C1-Patrimonio cultural; C2-Espacios de interés geoambiental; C3: Áreas con riesgos naturales); REC: Recomendaciones; LIM: Limitaciones

UNIDADES AMBIENTALES (n°): Ver Tabla 76; USOS DEL SUELO (n°): Ver Tabla 77.

Regulación de usos: 1-Propicio; 2-Admisible (SL-Sin Limitación; EIA; RE-Restringido; PE-Permiso Especial; C-Condicionado; NR-No Recomendado); 3-Prohibido

Subíndices: 1-Sólo donde corresponda; 2-Salvo en sistemas de urgencia; 3-Sujeto a normativa; 4-Con estudio previo; 5-Comprobando la necesidad; 6-En cultivos preexistentes

La unidad 3 *Superficie estructural sobre arenisca con pastizales* no presenta limitaciones pero las recomendaciones de calidad son altas. Los usos de desarrollo están prohibidos aquí por lo general, estando también limitados los relacionados con actividades primarias debido a las características de la unidad, limitante a la agricultura. Los usos propicios son aquellos de conservación y recuperación ambiental, así como la realización de las diferentes actividades de esparcimiento.

Menores recomendaciones de conservación presenta la unidad 4 *Superficie poligénica sobre arenisca con cultivos*, cuyo uso ideal es el de aprovechamiento agrícola debido a los suelos de alta calidad que se han desarrollado en la misma, si bien son compatibles también otras actividades primarias. Las acciones de conservación podrán encararse a preservar los suelos de un uso irreversible, mientras que son admisibles cualquier tipo de actividad educativa, deportiva y de esparcimiento. El desarrollo de infraestructuras no se recomienda en esta zona ya que supondría sellar parte de los suelos de mayor calidad del entorno. No obstante, previo estudio, y en caso de necesidad, podrían efectuarse ocupaciones irreversibles del suelo.

La unidad 5 *Laderas sobre depósitos de vertientes con cultivos* presenta bajas recomendaciones y limitaciones, pero su ubicación en torno al área de Los Montalvos provoca ser cautos en la asignación de usos que pudieran repercutir indirectamente sobre esta área de alto valor. Se consideran oportunos todos los usos ligados a la mejora ambiental y desarrollo de actividades lúdicas, especialmente en las áreas colindantes a Los Montalvos. La explotación primaria es admisible y recomendada en este espacio, especialmente el uso agrícola. El desarrollo de infraestructuras en esta unidad debe conllevar su estudio previo.

Las *laderas sobre pizarras con pastizales* (6) tienen bajas recomendaciones y limitaciones. En general presenta admisibilidad a los usos de mejora ambiental, explotación de recursos primarios, excepto agricultura, y a aquellos relacionados con el esparcimiento. En relación a la instalación de infraestructuras, se recomiendan estudios previos, especialmente para casos de industrias y grandes infraestructuras.

Las unidades 7 (*Laderas sobre arenisca con cultivos*) y 8 (*Laderas sobre unidad roja con cultivos*) poseen similares características, con bajas recomendaciones y limitaciones, por lo que los usos son parecidos. Se propone la mejora ambiental de aquellos espacios que lo precisen, así como la oportunidad de realización de actividades lúdicas. Presentan potencial para albergar infraestructuras de todo tipo, si bien se recomienda que cada caso sea estudiado detalladamente.

Las unidades 9 (*Laderas sobre arenisca con formaciones mixtas cultivo-arbolado*), 10 (*Laderas sobre unidad roja con formaciones mixtas cultivo-arbolado*) y 18 (*Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones mixtas cultivo-arbolado*) presentan recomendaciones de conservación moderadas y limitaciones bajas. Su principal valor es la dehesa de *Quercus sp.* que, aunque labrada, conserva. Se recomienda la conservación de estas zonas, y en la medida de lo posible, la recuperación del sotobosque, primando la actividad ganadera sostenible frente a la agrícola. Los usos de esparcimiento son admisibles en estos espacios, mientras que no se recomienda el desarrollo de infraestructuras, debiendo estar condicionado a estudios previos y justificación de la necesidad e importancia de ejecución.

Las *Laderas sobre arenisca con vegetación arbolada* (Unidad 11) y las *Laderas sobre unidad roja con vegetación arbolada* (Unidad 12) presentan similares características: bajas limitaciones derivadas de riesgos y muy altas recomendaciones de conservación debidas a la existencia de encinares y dehesas de *Quercus rotundifolia*. Los usos de conservación y mejora, son muy recomendables. La explotación de recursos primarios es admisible si se hace de manera sostenible, excepto la actividad agrícola, prohibida. Son zonas muy adecuadas para desarrollar usos de esparcimiento, deportivos y educativos. El desarrollo de infraestructuras está prohibido en general, no siendo recomendable salvo en casos de urgencia, fuerza mayor o interés público, siempre y cuando además se realice un estudio del mismo.

Los *Escarpes sobre arenisca con pastizales* (Unidad 13) poseen altas recomendaciones de conservación y limitaciones por riesgos, especialmente por desprendimientos. La conservación de estas áreas es prioritaria, así como mejorar las zonas degradadas. Las actividades culturales, científicas, educativas y de esparcimiento son admisibles en estos espacios teniendo en cuenta las limitaciones. Los aprovechamientos primarios principales (agricultura y ganadería permanente) no se permiten, pero sí otros usos que conllevan menor presión sobre estas, siempre que se desarrollen de manera sostenible. La implantación de infraestructura está prohibida debido a los riesgos existentes.

Una de las unidades con mayores recomendaciones de conservación y limitaciones es la 14, *Escarpes sobre arenisca con vegetación arbolada*. La conservación de encinares climácicos en estas zonas hace que se trate de espacios con muy alta recomendación de conservación, siendo por tanto estos usos los recomendados. Por tanto, el desarrollo de infraestructura está prohibido, haciéndolo más limitante las altas limitaciones de esta unidad. Las actividades de esparcimiento deberán estar condicionadas y restringidas en función de las limitaciones. La agricultura y ganadería no se permiten, pudiéndose realizar otros aprovechamientos en caso de ser necesarios.

La unidad 15 *Incisión fluvial sobre pizarras con pastizales* tiene alta recomendaciones para la conservación y altas limitaciones asociadas a los escarpes. Debido a esto, es una zona limitante para la implantación de infraestructuras. Las actividades económicas relacionadas con el sector primario no se recomiendan, a excepción del pastoreo y recolección sostenible. Los usos más adecuados son los de conservación y recuperación, así como el desarrollo de actividades científicas, culturales, educativas y de esparcimiento.

Las unidades 16 (*Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos de regadío*) y 17 (*Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos cerealistas*) son espacios de baja calidad para la conservación, pero que tienen interés desde el punto de vista agrícola, siendo este el uso prioritario en estos espacios, siendo admisibles el resto de aprovechamientos primarios. Las acciones de mejora del medio también son admitidas, así como las de esparcimiento. La aptitud para albergar infraestructuras es mayor en la unidad 17, pues la 16 además de contener cultivos de regadío, de gran valor, presenta limitaciones moderadas por inundaciones, por lo que no son recomendables. No obstante, se requieren estudios previos para poder realizarse estas acciones.

La unidad 19 *Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones arboladas* posee recomendaciones moderadas para su conservación y bajas limitaciones. Se trata de espacios particulares en los que se desarrollan choperas de plantación. Son espacios

donde se recomienda su conservación activa y actividades de ocio y esparcimiento responsables. Las actividades del sector primario son admisibles, excepto la agricultura y la ganadería permanente. El desarrollo de infraestructuras en estas áreas está prohibido a no ser que se trate de proyectos de utilidad pública y previa elaboración de estudios.

Los *Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con pastizales* (Unidad 20) presentan moderadas recomendaciones para la conservación y altas limitaciones relacionadas principalmente con el riesgo de inundación. Son zonas donde la conservación activa es admisible, así como la recuperación de espacios degradados. Las actividades científicas, educativas y de esparcimiento son admisibles si no hay en el momento de su desarrollo peligros o riesgos. Las actividades de explotación del sector son admisibles, excepto la agricultura. El desarrollo de infraestructuras en estos espacios está prohibido por lo general, a no ser que se trate de cuestiones de alto interés.

La unidad 21 (*Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con vegetación arbolada*) tiene los mayores indicadores de recomendación para su conservación, así como de limitaciones. Los aprovechamientos están muy restringidos a las características de esta unidad, así como el desarrollo de infraestructuras, prohibido. Los usos de conservación estricta, activa y de mejora del hábitat son prioritarios. En espacios adecuados, y con condiciones aceptables que no conlleven altas limitaciones, son admisibles las actividades científicas, educativas, deportivas y de esparcimiento.

El *Área semiendorreica de limos y arcillas con pastizales* (Unidad 22) es un espacio de alta recomendación para la conservación y moderadas limitaciones. Su conservación activa y mejora del hábitat son usos prioritarios, así como el pastoreo sostenible. El resto de aprovechamientos primarios son admisibles con condiciones, excepto la agricultura, prohibida. La instalación de infraestructuras está prohibida y no se recomienda debido a las condiciones de los materiales expansibles que conforman el terreno. Los usos de ocio y esparcimiento son admisibles en general.

Las *Áreas urbanas* (Unidad 23) admiten la mayoría de usos, excepto a los aprovechamientos primarios, poco recomendados, especialmente la agricultura y ganadería. Es recomendable además la mejora ambiental. Son espacios con buena actitud para el desarrollo urbano y de otras infraestructuras, si bien en el caso de industrias o equipamientos especiales se recomienda la realización de estudios previos. Los usos recreativos, deportivos, educativos y culturales son admisibles.

Las *Áreas de interés histórico, artístico y cultural* (C1) presentan restricciones a los usos edificatorios (prohibidos), así como con usos de explotación de recursos primarios, restringidos y condicionados a que se garanticen las medidas de protección de estos espacios. Los usos de conservación, los científico-culturales y los de ocio y esparcimiento son altamente recomendables.

Los *Espacios de interés geoambiental* (C2) presentan como usos más propicios los de conservación y mejora ambiental. Son admisibles los de ocio, esparcimiento y los científicos, culturales y didácticos. Las actividades del sector primario pueden seguir desarrollándose de manera sostenible en aquellas zonas donde vinieran produciéndose, pero no incluir nuevas actividades sin estudio previo. No se recomienda por lo general la instalación y desarrollo de infraestructuras, si bien si es necesario y con estudio

previo del caso, pueden admitirse, pero nunca podrán suponer una disminución de la calidad ambiental de estos espacios.

Las *Áreas de riesgo* (C3) limitan el desarrollo de los diferentes usos, especialmente aquellos vinculados a las infraestructuras permanentes, prohibidas por lo general. Será precisa una justificación motivada para la ubicación en estas zonas, así como un estudio previo concreto de los riesgos. Las actividades primarias son admisibles en zonas donde puedan desarrollarse sin peligro. Respecto a las actividades de ocio y esparcimiento, son admisibles, pero deben estar restringidas a zonas acondicionadas para desarrollar tales fines, y siempre que se cumplan criterios de seguridad y se realicen en ausencia de peligro.

Especificaciones acerca de la gestión de los nuevos usos del suelo

Los usos relacionados con la conservación de la naturaleza en general son admisibles en todas las categorías de ordenación, especialmente el de recuperación ambiental de los espacios degradados. La conservación estricta, por su parte, conviene sólo aplicarla en aquellas zonas de mayor calidad para la conservación, que son aquellas que mejor mantienen los ecosistemas naturales del entorno. La conservación activa es aplicable a un espectro mayor de unidades ambientales, si bien la compatibilidad de esta con otros usos es mayor que la que presenta la conservación estricta. Respecto al desarrollo de actividades científicas y culturales, son admisibles en todas las categorías de ordenación, siempre que se desarrollen en lugares adecuados a tal efecto y cumpliendo la normativa específica, si fuera el caso. Conviene delimitar correctamente estas actividades en entornos con riesgos naturales.

Por otro lado, las actividades de explotación económica de recursos primarios presentan diferente admisibilidad según las unidades territoriales. Las actividades de recolección en general son admisibles, si bien éstas tienen que estar sujetas a la normativa vigente y a menudo estas zonas están restringidas a determinados sectores. La actividad agroganadera presenta buena acogida en gran parte de la zona de estudio. Respecto a la agricultura, es el uso ideal en unidades de ladera, superficies y terrazas donde existen suelos adecuados a tal fin. En algunas ocasiones, en unidades con cierta calidad para la conservación, se prohíbe la roturación de nuevas tierras, limitándose la actividad a las zonas con uso agrícola tradicional, y se potencia en su lugar la recuperación de espacios forestales, muy mermados en esta zona. El desarrollo de ganadería en extensivo es compatible prácticamente en todas las unidades, siempre que ésta sea sostenible y responsable. Se prohíbe en zonas escarpadas y otros espacios singulares. Por su parte, el pastoreo ocasional, especialmente de caprino y ovino, tiene buena acogida en todos los sectores, incluso en algunos ligados a la conservación, pues puede ser un buen elemento de gestión del medio, evitando, por ejemplo, incendios forestales al reducir la biomasa. Las actividades madereras están restringidas pues las masas forestales escasean. No debe concebirse como una actividad de explotación, sino más bien de conservación de los ecosistemas, limitándose a podas y aclarados concretos, por lo que se aconseja analizar y acotar bien esta actividad. Por último, las actividades extractivas deben estar sujetas a estudio previo, preferiblemente a EIA si es necesario. Estas zonas se han restringido principalmente a la extracción de áridos y de roca ornamental, destacando en laderas de arenisca y en zonas de terrazas.

En relación a los usos de desarrollo, los usos destinados a vertederos y centros de almacenamiento y/o tratamiento de residuos deben ser sometidos en todos los casos a EIA para garantizar la capacidad de acogida del sustrato, así como su repercusión sobre la población. En general, no se recomienda su emplazamiento en la zona debido a la alta densidad de población existente y a la alta probabilidad de que se produzcan impactos ambientales incompatibles sobre la población. Los usos destinados a obra civil son recomendados que se produzcan en las zonas de menor calidad y con mayor capacidad de acogida. No obstante, si por razones justificadas y de necesidad e interés público, debieran ser construidas en zonas de alta calidad, se deberá analizar el proyecto y evaluar diferentes alternativas, evitando siempre que sea posible ocupar estos espacios. Las industrias se recomiendan que se instalen en zonas con alta capacidad de acogida, no permitiéndose en zonas con afección directa o indirecta sobre los principales valores ambientales. Si las industrias presentan un potencial efecto contaminante, deben someterse a EIA en todos los casos. Las pequeñas industrias deben ser estudiadas, pero quizás no sea necesario su sometimiento a EIA. La infraestructura agroganadera será admisible en aquellas zonas donde se desarrollen actividades agrícolas o ganaderas, estando condicionada su edificación en zonas de alto valor, escenario en el cual deberá ser estudiado el proyecto y adaptado a la normativa existente. Los desarrollos urbanos se admiten en las zonas de menor calidad y mayor capacidad de acogida, con ausencia de limitaciones derivadas de riesgos. En zonas de alta y muy alta calidad están prohibidas, restringidas o no recomendadas en general. La edificación se recomienda que se efectúe a partir de núcleos preexistentes, y se limite al mínimo imprescindible la creación de desarrollos urbanísticos aislados que provoquen mayor desorden en el paisaje. Se recomienda además que los desarrollos urbanos no afecten a los suelos de mayor calidad agrológica. Se recomienda asimismo que se restrinja la expansión urbana irregular a lo largo de la vega del Tormes. Las nuevas expansiones urbanas en zonas aisladas (urbanizaciones) deberán ser sometidas a Evaluación Ambiental.

Por último, los usos de ocio y esparcimiento son en general admisibles, siempre y cuando se realicen en sitios adecuados, de manera racional y limitando la legislación y actividades privadas. Las excursiones y zonas libres de recreo se permiten siempre que se desarrollen en zonas sin riesgo para los practicantes y respetando la legislación vigente y las actividades y zonas privadas. La instalación de campings restringe a zonas que no presenten limitaciones derivadas de riesgo y a zonas con elevada acogida para ocupación intensiva del suelo. Las actividades cinegéticas y piscícolas son compatibles con todos los usos, excepto la caza en áreas residenciales y zonas próximas a infraestructuras y edificaciones (zonas de seguridad), y siempre cumpliendo la legislación vigente. El desarrollo de actividades deportivas es admisible en la práctica totalidad de espacios siempre que se respete la legislación y se realice la actividad de manera responsable y en ausencia de peligros. Finalmente, la circulación con vehículos a motor por norma general restringe a los espacios exclusivamente dedicados a ello, prohibiéndose la circulación por áreas que conserven las características naturales del medio para no acelerar los procesos erosivos.

Medidas complementarias para la consecución de los objetivos

Si bien la correcta asignación de las actividades en los diferentes espacios del territorio según su capacidad de acogida es el núcleo de la ordenación territorial, propiciando satisfacer en buena medida parte de los objetivos propuestos, es necesario establecer medidas complementarias que orienten y garantice la consecución y concreción de los

objetivos estratégicos. A continuación, se incluyen medidas complementarias para la consecución de cada uno de los objetivos concretos de la planificación, y se proponen indicadores con los cuales poder comprobar la consecución de los mismos.

1. Protección y conservación de los valores ambientales

O.1.1. Mantener y fomentar la extensión de la superficie de los hábitats naturales, especialmente del encinar climácico.

Medidas: 1) No permitir la roturación y desarrollo de la actividad agrícola u otras formas de desarrollo intensivo en las zonas de dehesa, encinar u otros espacios de interés; 2) Primar con ayudas y/o subvenciones a aquellas zonas que apuesten por la recuperación ecológica del ecosistema (recuperación de la situación clímax).

Indicador: Superficie ocupada por los hábitats naturales.

O.1.2. Controlar los efluentes de industrias a la atmósfera, suelos y aguas para evitar la contaminación del medio.

Medida: Realizar controles exhaustivos que verifiquen el cumplimiento de la normativa y la existencia de dispositivos de depuración adecuados.

Indicador: Número de inspecciones positivas.

O.1.3. Mantener en buen estado el funcionamiento hidráulico y ecológico de los cauces naturales.

Medida: 1) Elaborar planes que rijan las actuaciones de mantenimiento y limpieza de los cauces; 2) Regular y vigilar la presión de actividades económicas sobre el DPH, especialmente la agricultura; 3) Proteger la vegetación de ribera; 4) Identificar y rehabilitar los tramos fluviales con la vegetación mermada; 5) Mantener un caudal superior al ecológico siempre que sea posible.

Indicadores: Superficie de vegetación de ribera; Caudal medio vs. ecológico; Volumen de materia vegetal muerta.

O.1.4. Fomentar la protección de los acuíferos y su explotación sostenible.

Medidas: 1) Elaborar un listado de las captaciones de agua subterránea; 2) Establecer una tasa de extracción acorde al número de captaciones y a la tasa de recarga del acuífero; 3) Identificar y denunciar las captaciones irregulares.

Indicadores: Volumen de agua extraído

O.1.5. Evitar la liberación al medio de residuos sólidos de diferente tipología.

Medidas: 1) Facilitar la accesibilidad a los puntos limpios; 2) Endurecer las sanciones para los infractores; 3) Promover la labor de concienciación.

Indicador: Descenso en el número de puntos de vertidos.

O.1.6. Conservación de la fauna y flora autóctona.

Medidas: 1) Garantizar la permeabilidad de la fauna a través de las nuevas infraestructuras lineales; 2) Evitar la liberación al medio de especies exóticas invasoras; 3) Fomentar las prácticas de erradicación de las especies alóctonas; 4) Fomentar la creación de pequeños “corredores naturales” entre parcelas de cultivo que permita el desarrollo de procesos ecológicos y refugio de fauna.

Indicador: Número de pasos de fauna en grandes carreteras; Número de EEI registrado.

O.1.7. Conservar la calidad paisajística de los espacios de mayor interés.

Medida: Dotar de protección las zonas de mayor interés paisajístico en las normativas y planeamientos municipales de gestión del suelo.

Indicador: Superficie protegida

O.1.8. Protección de los materiales, formas o procesos de interés geológico

Medida: Identificación y protección de los espacios y componentes del medio físico de interés que permitan conocer los procesos geológicos.

Indicador: Número de espacios de interés identificados y delimitados.

O.1.9. Garantizar la conservación de los elementos de interés histórico, artístico y cultural.

Medida: Delimitar y prohibir los usos incompatibles en zonas de interés cultural que pudieran hacer peligrar la conservación de los bienes.

Indicador: Superficie de interés cultural delimitada y protegida.

2. Desarrollo económico sostenible

O.2.1. Establecer una correcta distribución de las actividades económicas que satisfaga los requisitos de protección del medio.

Medida: Seguir las directrices y usos propuestos según la capacidad de acogida

Indicador: Incremento de la superficie gestionada según las recomendaciones

O.2.2. Garantizar la adecuación de los aprovechamientos a las tasas de renovación de los recursos naturales y a las capacidades de asimilación del medio.

Medida: Elaborar estudios acerca de la tasa de renovación de los recursos o de asimilación de efluentes y adaptar a estas las tasas de extracción y volumen de vertidos (purines, estiércol...), respectivamente.

Indicador: Comparación entre los niveles ideales y los reales.

O.2.3. Valoración de las repercusiones ambientales previamente al desarrollo de la actividad en cuestión, especialmente en zonas de interés ambiental.

Medida: Elaboración de EIA y, en su defecto, estudios concretos de cada caso.

Indicador: Número de estudios efectuados

O.2.4. Fomentar la ganadería extensiva sostenible, especialmente con razas autóctonas.

Medidas: 1) Revalorizar los beneficios de la producción ecológica; 2) Ayudar a la recuperación de las razas autóctonas en peligro; 3) Priorizar las especies autóctonas (morucha en vacuno y castellana y churra en ovino) sobre aquellas introducidas por interés económico.

Indicadores: Número de explotaciones certificadas en ecológico; Número de cabezas de ganado de razas autóctonas.

O.2.5. Establecer gestiones forestales sostenibles que garanticen la prevención frente a los incendios forestales.

Medida: Establecer un plan de vigilancia, evaluación y actuación sostenible y respetuosa en las masas forestales

Indicador: Superficie forestal sometida a gestión sostenible

O.2.6. Fomentar la recolección sostenible de recursos naturales.

Medidas: 1) Identificar los recursos naturales orgánicos con potencial para su consumo/aprovechamiento; 2) Delimitar los espacios susceptibles de aprovechamiento; 3) Elaborar una normativa que garantice una recolección sostenible; 4) Poner en valor y divulgar los beneficios de estos aprovechamientos naturales y sostenibles; 5) Establecer cupos y permisos de recolección

Indicador: Número de permisos de recolección expedidos

O.2.7. Favorecer el desarrollo de las actividades agrícolas que permitan la sustentación y conservación del suelo, su calidad y sus procesos ecológicos

Medidas: 1) Incentivar la aplicación de buenas prácticas que eviten la erosión y contaminación del suelo; 2) Divulgar conocimientos de prácticas de manejo recomendadas entre los agricultores.

Indicador: Número de agricultores que han realizado la formación.

3. Correcta integración de las actividades de desarrollo en el medio físico

O.3.1. Evitar la proliferación de desarrollos urbanísticos e industriales incontrolados.

Medidas: 1) Seguir las indicaciones establecidas en la asignación de usos del suelo; 2) Efectuar estudios de cada caso y evidenciar la necesidad para autorizar la construcción de edificios aislados

Indicador: Superficie ocupada por nueva edificación en zonas no recomendadas

O.3.2. Garantizar el uso agrícola sobre el resto en los suelos de mayor calidad agrícola.

Medida: No permitir el sellado y ocupación de los suelos de mayor calidad

Indicador: Superficie sellada de los suelos de mayor aptitud agrícola

O.3.3. Valorar diferentes escenarios en la evaluación de las nuevas actividades de desarrollo.

Medida: Exigir la generación de múltiples alternativas para la evaluación y autorización de las actividades de desarrollo

Indicador: Número de medidas propuestas por cada nueva actividad propuesta

O.3.4. Promover formas y colores en las nuevas edificaciones y acciones de desarrollo acorde al paisaje natural y urbano preexistente.

Medida: Realizar estudios de integración paisajística de las nuevas edificaciones

Indicador: Número de proyectos elaborados

O.3.5. Evitar la instalación de actividades de desarrollo en área de riesgos naturales.

Medida: 1) Prohibición de desarrollo de infraestructuras en zonas de riesgo; 2) Exigir estudios de caso concretos (o EIA) de infraestructuras que deban ser proyectadas en estas zonas, sobredimensionando la infraestructura hasta que permita la total protección frente al riesgo.

Indicador: Número de incidencias relacionadas por efecto de riesgos naturales

O.3.6. Armonizar la transición entre los espacios labrados y aquellos que conservan las condiciones naturales.

Medidas: 1) Delimitar claramente las lindes con el objetivo de evitar la roturación de zonas naturales; 2) Establecer una pequeña franja de transición entre los espacios agrícolas y los naturales para evitar la afección de las labores agrícolas a estos espacios de mayor calidad ecológica

Indicador: Incremento de la superficie de los espacios de transición

4. Mejora y restauración ambiental y del paisaje de los espacios degradados

O.4.1. Eliminación de los puntos de acumulación ilegal de residuos sólidos.

Medida: Elaborar y financiar un plan de eliminación y/o acondicionamiento de los vertederos irregulares.

Indicadores: Cantidad (toneladas) de residuos llevadas a centros autorizados para su procesamiento; superficie rehabilitada.

O.4.2. Minimización de los impactos paisajísticos de las infraestructuras implantadas.

Medidas: 1) Exigir la integración ambiental en la redacción de los proyectos de propuestas de nuevas actividades de desarrollo; 2) Incentivar la puesta en marcha y ejecución de actividades de integración paisajística.

Indicador: Número de nuevas incidencias de impacto en el paisaje.

O.4.3. Rehabilitación de espacios abandonados a través de la actividad económica.

Medida: Fomentar en los espacios abandonados el desarrollo de actividades económicas compatibles con el territorio

Indicador: Número de nuevas actividades económicas en áreas abandonadas.

O.4.4. Perseguir la mejora ambiental de ambientes degradados a través de la conservación activa empleando “buenas prácticas de manejo”.

Medida: Elaborar una guía de explotación sostenible y de mínimo impacto de los encinares, dehesas o masas forestales que precisen una gestión por el riesgo de incendio que supone la acumulación de biomasa combustible derivada del abandono de los trabajos tradicionales de mantenimiento de los bosques.

Indicador: Superficie forestal objeto de mantenimiento.

O.4.5. Rehabilitación ambiental de espacios abandonados y degradados fruto de la explotación económica (graveras y canteras).

Medida: Diseñar planes de recuperación de zonas de extracción y su reconversión para aprovechamientos lúdicos y de esparcimiento.

Indicador: Superficie de zonas de extracción rehabilitada.

O.4.6. Orientar el desarrollo de infraestructura verde urbana a los espacios degradados como herramienta de recuperación de los mismos.

Medida: Proyectar la creación de parques urbanos (u otras acciones de desarrollo similares, y siempre que fuera posible, como campos de golf) hacia zonas degradadas y abandonadas.

Indicador: Superficie de espacios degradados recuperados.

5. Armonización del paisaje de transición entre espacios antrópicos y naturales

O.5.1. Integración paisajística de los taludes y terraplenes creados en las diferentes iniciativas de desarrollo.

Medidas: 1) Estudio de situación de cada tramo; 2) Establecer la mejor integración en cada caso: revegetación, rebaja de pendiente...

Indicador: Superficie acondicionada

O.5.2. Evitar límites difusos, superpuestos y desordenados en las zonas de transición.

Medidas: 1) Prohibir la edificación dispersa, lo cual puede ser añadido a la normativa urbanística municipal; 2) Aprovechar todo el espacio urbanizable en el interior del municipio antes de transformar áreas periféricas en urbanizable; 3) Ejecutar cualquier tipo de medidas que eviten la especulación urbanística.

Indicador: Ausencia de nueva vivienda aislada.

O.5.3. Fomentar la participación de la población en la gestión del paisaje.

Medida: Elaborar un plan de gestión del paisaje en el que la ciudadanía pueda contribuir con su percepción a la gestión del paisaje

Indicador: Número de proposiciones presentadas por la población.

O.5.4. Apuesta por el entramado y formas urbanas tradicionales en los núcleos rurales

Medidas: 1) Dotar de protección a las zonas históricas de los principales núcleos rurales afectados por la expansión urbana, así como aquellos sectores periféricos con usos tradicionales (huertos); 2) Exigir que las nuevas grandes edificaciones que se proyecten no supongan una alteración de la percepción de las formas urbanas tradicionales, incluyendo normas de adecuación a estas formas.

Indicador: Superficie protegida en la normativa urbanística.

O.5.5. Integrar en el paisaje las actividades generadoras de impacto visual.

Medida: Establecer pantallas visuales en torno a las zonas industriales o actividades económicas que impliquen grandes impactos paisajísticos.

Indicador: Longitud de pantallas visuales de arbolado

6. Potenciación de los valores ambientales del entorno

O.6.1. Fomento de los usos científico, cultural y educativo en los lugares de mayor valor ambiental y cultural.

Medidas: 1) Diseñar una campaña publicitaria que ponga en valor estos espacios y los beneficios de realizar estas actividades; 2) Organizar jornadas donde la población pueda comprobar las diferentes actividades que pueden realizarse.

Indicadores: Número de peticiones de información recibidas y número de asistencia a jornadas de divulgación.

O.6.2. Identificación, protección y puesta en valor de aquellos espacios del territorio que mejor permitan el desarrollo conjunto de fines científico-culturales, educativos, deportivos y de esparcimiento.

Medidas: 1) Delimitar las zonas susceptibles de estos aprovechamientos; 2) Establecer una serie de ayudas voluntarias a los propietarios para que reconviertan o adapte la explotación económica actual al uso compartido con estos nuevos fines; 3) Acondicionar estos espacios para albergar estos usos (bancos, mesas, sendas, sombra...).

Indicador: Superficie nueva reconvertida a uso divulgativo y de esparcimiento.

O.6.3. Facilitar el acceso a las actividades científico-culturales, educativas, deportivas y de esparcimiento desarrolladas en la naturaleza.

Medida: Creación de infraestructura de acceso a los lugares de interés (camino, sendas y miradores).

Indicadores: Longitud de sendas y caminos; Número de puntos de observación.

6.3.3. Impactos ambientales

Tras la asignación de los usos del suelo según la capacidad de acogida del territorio, se contribuye a la adecuada integración de las actividades en el medio físico. No obstante, es necesario para el progreso y desarrollo económico, que se sigan ejecutando distintas propuestas de desarrollo. Si bien estas van a tener una localización supedita por la planificación territorial, su mera implantación va a constituir fuente de impactos ambientales. Estos impactos variarán según la naturaleza de la iniciativa de desarrollo, pudiendo aparecer los impactos en fases de instalación (construcción), durante la ejecución de la actividad, o durante ambas. Por su parte, los impactos estarán relacionados generalmente con la ocupación del suelo, explotación de recursos y contaminación, si bien pueden aparecer otros tipos de impacto, incluso positivos.

Se pretende identificar los principales impactos que pudieran surgir con motivo de la ejecución de las diferentes iniciativas de desarrollo, y establecer directrices básicas de actuación frente a los mismos (medidas) en las etapas posteriores de evaluación (EIA). No obstante, la caracterización y valoración de los mismos no puede efectuarse al depender esto del plan o proyecto concreto que desarrolle la iniciativa. Igualmente, no pueden abarcarse la multitud de iniciativas que podrán llevarse a cabo, por lo que algunos impactos no pueden ser ahora identificados.

Impactos de ocupación y transformación del espacio

Estos impactos poseen un carácter muy relevante. Están originados por las acciones de acondicionamiento del terreno en las fases de obras o de instalación de las infraestructuras, en las cuales, mediante el desbroce, movimiento de tierras, etc., se

produce una alteración del medio local. En la fase de funcionamiento de la infraestructura, estos impactos son los de ocupación del suelo. Los principales impactos de ocupación y transformación se resumen en la [Tabla 79](#).

1	Impacto	Modificación de la topografía. Afección a la geología/geomorfología
	Descripción	Las acciones de desmonte que tienen por objetivo acondicionar un espacio para el desarrollo de infraestructuras provocan cambios en la configuración del terreno y pueden afectar a espacios de interés geológico o geomorfológico
	Medidas	Mínima afección a la topografía e integración paisajística de estos cambios
2	Impacto	Ocupación y sellado del suelo
	Descripción	La acogida de una infraestructura provoca en el suelo una ocupación permanente e irreversible, por lo que se considera como “sellado”
	Medidas	Exigir la localización de la infraestructura según la capacidad de acogida del suelo
3	Impacto	Alteración de los procesos naturales, ecosistemas y hábitats
	Descripción	Tanto las actividades de acondicionamiento de un espacio, como la ocupación posterior del mismo, provocan alteraciones en los sistemas naturales
	Medidas	Determinar esta afección mediante EIA, especialmente en áreas de alta calidad
4	Impacto	Afección a la red hídrica
	Descripción	Como consecuencia de los desmontes y movimientos de tierras se produce la alteración de los cursos de agua contiguos y pérdida de la calidad del agua
	Medidas	Mínima intervención sobre la red hídrica. Evitar la modificación del cauce natural
5	Impacto	Afección a la flora y fauna
	Descripción	La alteración e invasión de espacios provoca un impacto sobre la biodiversidad
	Medidas	Actuar mínimamente sobre la vegetación autóctona, optando por su permanencia siempre que sea posible, y optar por especies autóctonas en las labores de revegetación. La fauna tiene mayor potencial de adaptación debido a su movilidad
6	Impacto	Alteración del paisaje
	Descripción	La instalación de infraestructuras provoca un cambio en la cobertura del suelo y en la percepción del paisaje del entorno
	Medidas	Evaluación paisajística previa e integración en el paisaje. Limitar desarrollo en espacios de alta calidad y fragilidad paisajística
7	Impacto	Afección a los elementos del patrimonio histórico, artístico y cultural
	Descripción	Las labores de construcción y la ocupación de estos espacios pueden provocar daños al patrimonio, incluso en zonas donde su existencia no esté constatada
	Medidas	Realización de informes preliminares a la fase de obra para descartar afecciones
8	Impacto	Pérdida de suelos de interés agrícola
	Descripción	El sellado puede provocar la desaparición de suelos de alta calidad agrícola
	Medidas	No ocupación de los suelos más fértiles

Tabla 79. Impactos ambientales derivados de la ocupación del suelo.

Impactos de sobreexplotación

Los impactos de sobreexplotación están relacionados con la extracción de recursos del medio y su consumo a una mayor velocidad que las tasas de renovación. También pueden producirse aumentos en el consumo de otros bienes, como la energía. Los impactos de sobreexplotación relacionados con estos aspectos se muestran en la [Tabla 80](#). El consumo de otros bienes y productos no cabe estimarlo en estas afecciones.

1	Impacto	Aumento del consumo de agua
	Descripción	Durante la fase de obra y explotación se produce incremento del consumo (industria, riego de zonas verdes...).
	Medidas	Promover el ahorro y reutilización del agua. Mantener la calidad del recurso
2	Impacto	Incremento del consumo de agua en agricultura
	Descripción	La aparición de nuevas parcelas de cultivo en regadío provoca aumento de consumo del agua, que puede provocar graves problemas en zonas donde el suministro se establezca mediante la explotación de acuíferos

	Medidas	Limitar la agricultura de regadío en zonas no aptas; Controlar el número de sondeos y captaciones; Examinar la superficie destinada a regadío
3	Impacto	Incremento en la extracción de áridos
	Descripción	La implantación y desarrollo de infraestructuras demanda un consumo de áridos
	Medidas	Reutilización en la medida de lo posible de los productos del desmonte
4	Impacto	Aumento del consumo de energía
	Descripción	El progreso y desarrollo conlleva una mayor demanda de energía, por lo que es preciso optimizar el consumo de energía y combustibles fósiles
	Medidas	Fomentar las infraestructuras que incorporen criterios climáticos y busquen la eficiencia energética; Apoyo a las fuentes de energía renovables; Impulsar el uso de medios de transporte alternativo
5	Impacto	Sobreexplotación de acuíferos
	Descripción	El descenso del nivel de agua en estas zonas puede traer aparejado múltiples impactos: movilización de contaminantes, aumento de la concentración de ciertos compuestos, alteración de procesos naturales superficiales...
	Medidas	Establecer pautas de extracción acorde a la recarga de los acuíferos
6	Impacto	Sobreexplotación de los recursos agroforestales
	Descripción	El aumento de la densidad ganadera puede provocar pérdida o alteración del suelo y de la vegetación. El aumento de la presión de la selvicultura puede provocar pérdida de las dehesas, encinares u otras masas forestales
	Medidas	Establecer pautas de gestión sostenible que permitan la conservación de las cualidades naturales de los ecosistemas naturales.

Tabla 80. Impactos ambientales relacionados con la explotación de recursos.

Impactos por contaminación

Los impactos de contaminación son producidos por la liberación al medio por parte de distintas actividades económicas de materiales o energía que puedan alterar la composición de los vectores ambientales y de los procesos naturales. Estos impactos son derivados de la emisión de elementos en cantidades superiores a las de asimilación por parte del medio, por lo que lo recomendable es reducir la liberación de los materiales y energías al mínimo indispensable. En la [Tabla 81](#) se enumeran los principales impactos de contaminación que puedan aparecer en el desarrollo de las diferentes iniciativas de desarrollo.

1	Impacto	Emisión de contaminantes a la atmósfera
	Descripción	Los trabajos de construcción, el incremento de población y consumo de energía y la implantación de industrias provoca la liberación de grandes cantidades de diferentes compuestos gaseosos con repercusión directa sobre la calidad del aire e indirecta sobre todos los que dependemos del aire: población y biodiversidad.
	Medidas	Protección de la calidad del aire mediante filtros de contaminantes, análisis de los compuestos liberados o uso sostenible y racional de la energía.
2	Impacto	Emisión de efluentes contaminantes a las aguas
	Descripción	Parte de la actividad humana y económica provoca la liberación directa o por arrastre (lavado) de compuestos contaminantes a las aguas
	Medidas	Tratamiento y gestión de los efluentes directos, recolección de aguas pluviales contaminadas para su tratamiento y posterior liberación al medio
3	Impacto	Emisión de residuos y contaminantes a los suelos
	Descripción	El vertido de residuos sólidos urbanos al suelo provoca, además de afección paisajística, la liberación de componentes perjudiciales al medio fruto de la descomposición de los materiales o bien por derrame de líquidos contaminantes
	Medidas	Concienciación ciudadana; endurecimiento de las sanciones; mejorar la disponibilidad de accesos a los puntos limpios; potenciar el reciclaje
4	Impacto	Contaminación acústica
	Descripción	El desarrollo de las actividades económicas provoca la emisión de ruido
	Medidas	Legislar y regular el confort sonoro; instalación de pantallas acústicas para amortiguar el ruido; empleo de protección frente al ruido (en obras)

5	Impacto	Contaminación lumínica
	Descripción	Las necesidades de alumbrado público en los núcleos urbanos provocan un impacto sobre los procesos naturales nocturnos y un gran gasto energético
	Medidas	Desarrollar técnicas constructivas que limiten el impacto; Eficiencia energética
6	Impacto	Contaminación electromagnética
	Descripción	Instalaciones de telecomunicaciones que emiten energía electromagnética
	Medidas	Realizar un protocolo que establezca las condiciones de ubicación de estas fuentes
7	Impacto	Degradación del suelo y de las aguas provocadas por las actividades agrícolas
	Descripción	El desarrollo de agricultura intensiva, con aportes incontrolados de fertilizantes y herbicidas, puede afectar a la calidad del suelo y llegar incluso a contaminarlo. Estos compuestos también pueden ser lavados a través del perfil y llegar a las aguas freáticas, provocando su contaminación
	Medidas	Fomentar prácticas agrícolas más ecológicas y sostenibles

Tabla 81. Impactos ambientales relacionados con la contaminación.

Otros impactos

En este apartado se pretenden incluir otros impactos que pueden generarse de acuerdo a las determinaciones efectuadas en la planificación territorial y a la aparición de nuevos usos y gestiones del suelo (Tabla 82).

1	Impacto	Afección a otras infraestructuras
	Descripción	Cuando se implemente una infraestructura, su puesta en marcha puede causar beneficios o perjuicios sobre otras. Es interesante identificar estas sinergias
	Medidas	Análisis en la EIA o informe respectivo
2	Impacto	Apertura de nuevas oportunidades económicas
	Descripción	La nueva planificación territorial abre la oportunidad a nuevas iniciativas de desarrollo, especialmente aquellas vinculadas a los usos turístico y de esparcimiento en la naturaleza. También a hallazgos inesperados.
	Medidas	Impacto positivo
3	Impacto	Interacciones económicas
	Descripción	Al aparecer nuevas oportunidades económicas, otras ya existentes pueden verse beneficiadas o perjudicadas
	Medidas	Estudio del impacto económico del desarrollo de nuevas iniciativas sobre las ya existentes
4	Impacto	Desaparición de la presión urbana sobre las áreas naturales y las extensiones agrícolas de mayor calidad
	Descripción	La capacidad de acogida de los sistemas naturales y de las tierras agrícolas más valiosas impide la localización de infraestructura urbana e industrial
	Medidas	Impacto positivo
5	Impacto	Planificación territorial responsable y sostenible
	Descripción	La asignación de usos del suelo según su capacidad de acogida contribuye al desarrollo sostenible y a la integración paisajística de las nuevas infraestructuras
	Medidas	Impacto positivo
6	Impacto	Recuperación de espacios degradados
	Descripción	El desarrollo de actividades acordes a la capacidad de acogida de un espacio degradado permite la rehabilitación y revalorización del mismo
	Medidas	Impacto positivo
7	Impacto	Mayor posibilidad de empleabilidad y mejora de las condiciones de vida de la población
	Descripción	El desarrollo económico permitirá a la población poseer un adecuado modo de vida y quizás provoque la llegada de nueva población
	Medidas	Impacto positivo

Tabla 82. Impactos ambientales de distinta tipología.

7. CONCLUSIONES

La coyuntura económica y el desarrollo tecnológico de las últimas décadas han provocado un gran deterioro de las condiciones ambientales en amplias partes del planeta. El origen de estas afecciones es diverso (explotación de recursos, contaminación, alteración del medio...) y ha comenzado a desencadenar lo que ya muchos consideran como una crisis ambiental global, la cual posee por desgracia múltiples aspectos, por afectar a nuestros climas, biodiversidad, funcionamiento normal de los ecosistemas... Por tanto, se antoja fundamental adaptar o reenfocar nuestro modelo de planificación territorial a las necesidades del medio ambiente, de manera que se garantice un desarrollo sostenible.

Las evaluaciones ambientales estratégicas son instrumentos preventivos que permiten garantizar la protección ambiental de las iniciativas de desarrollo que se vayan a implementar en un nuevo marco territorial. Por otro lado, los estudios del medio físico y socioeconómico tienen un papel fundamental en la distribución de las actividades y recursos de una planificación territorial. Emplear el amplio prisma de visión que proporciona la EAE en las labores de planificación es una opción para lograr un modelo económico sustentable a largo plazo.

Sin embargo, para diseñar una adecuada planificación territorial que garantice la protección de la población y el medio ambiente, es necesario el conocimiento pormenorizado del medio físico, socioeconómico y de los riesgos existentes. De esta manera, mediante el inventario ambiental se podrán analizar y comparar las distintas áreas del territorio según sus características, ya sean ecológicas, paisajísticas, morfoestructurales, etc., e identificar y delimitar aquellas zonas más valiosas según sus características ambientales. Por otro lado, el análisis de los riesgos geológicos va a permitir dotar de un mayor grado de protección a la población frente a los mismos.

Del inventario ambiental puede extraerse que el sector estudiado se encuentra en una región semiárida con clima de rasgos mediterráneos y continentales. La geología es variada, diferenciándose claramente los materiales metasedimentarios y los detríticos, siendo estos últimos los predominantes y con gran diversidad. La orografía del terreno no presenta demasiados desniveles, destacando por su monotonía y formas suaves, aunque son observables múltiples unidades geomorfológicas que modulan el relieve. En relación a la vegetación, existen amplias zonas dominadas por la agricultura desde hace siglos, conservándose pequeñas extensiones de formaciones naturales y seminaturales consideradas como hábitats, especialmente ligadas al curso del Tormes, a pastizales húmedos y a encinares, a veces adhesados. La edafología es muy variada debido a la diversidad de sustratos y unidades fisiográficas, existiendo grandes superficies de suelos con buenas aptitudes agrícolas. La hidrología está dominada por la impronta del río Tormes y su red de tributarios, además de la presencia de aguas subterráneas en amplias zonas de naturaleza sedimentaria. El paisaje es bastante monótono y en general no muestra alta calidad más allá de las zonas que preservan las características naturales del medio, siendo estas áreas las que precisan de una mayor necesidad de protección frente a los impactos. En relación al patrimonio, destacan los elementos pertenecientes al patrimonio histórico, artístico y cultural, especialmente en la ciudad de Salamanca, mientras que también existen diferentes espacios de interés geológico. No existen zonas protegidas en la zona, y el patrimonio botánico y faunístico es reducido en general. Respecto al medio socioeconómico, destaca el aumento de población en los municipios

del alfoz frente al descenso en la capital, si bien a nivel global se observa una tendencia de disminución de población que encaja dentro de la dinámica regional de éxodo de población a las grandes urbes y elevada tasa de mortalidad debido al envejecimiento de la población. La mayor ocupación de la población es el sector servicios.

El estudio de riesgos geológicos permite observar que la problemática principal en Salamanca y municipios del alfoz son los riesgos de inundación, que pueden ser especialmente problemáticos en la capital, donde se estimaron las áreas afectadas según cada intervalo de riesgo: muy alto (160.3 ha), alto (57.9 ha), moderado (124.2 ha), bajo (72.2 ha) y muy bajo (278.9 ha), así como las diferentes edificaciones y usos del territorio. Los riesgos por caída de bloques también han de tenerse en cuenta en zonas escarpadas sobre areniscas, especialmente en áreas que, además de por su entidad, puedan afectar directamente a edificaciones e infraestructuras, como es el caso de los escarpes de Cabrerizos y Argentina. Respecto a los riesgos geotécnicos, en general no son importantes, destacando los problemas constructivos en las inmediaciones de Monterrubio, por la expansibilidad de las arcillas, si bien también puede producirse otras problemáticas de menor importancia de tipo hidrológico en los depósitos aluviales (presencia del nivel freático cerca de la superficie).

Por otro lado, la elaboración de cartografía complementaria a las anteriores permite alcanzar una mayor eficacia del proceso planificador. Se ha utilizado la metodología del cálculo y comparación de varios índices de calidad del suelo que se han usado como complemento al método más clásico de las clases agrológicas. Los resultados muestran que la evaluación de los índices empleando solo las propiedades superficiales proporciona una información incompleta, ya que el rendimiento del cultivo se ve influido también por las propiedades del subsuelo. Además, se demuestra que mediante la realización de una gráfica de distribución en profundidad de las propiedades de un suelo es posible conocer su calidad cualitativa. Se observó también una mejor estimación de la calidad aplicando el índice IQI en comparación con el NQI y del método TDS en comparación con MDS. Sin embargo, los resultados obtenidos a partir del método IQI_{MDS} han proporcionado una evaluación considerada como adecuada y se recomienda para realizar evaluaciones de calidad del suelo a gran escala. Este último resultado fue particularmente relevante en el área estudiada porque el uso de un número limitado de indicadores podría permitir reducir el costo del análisis y aumentar la densidad de muestreo para obtener una evaluación detallada de la calidad del suelo a través de un enfoque geoestadístico.

En relación con la metodología desarrollada para el análisis de la sostenibilidad urbana, se demuestra que las clasificaciones multitemporales de imágenes satelitales son adecuadas para realizar análisis de cambios de uso del suelo y conocer la expansión del tejido urbano. Por otro lado, los análisis multicriterio son empleados para la toma de decisiones y análisis de la calidad y posterior determinación de las áreas restrictivas para la urbanización, lo cual permite orientar el desarrollo futuro y, por lo tanto, que sean considerados de gran interés para su incorporación a los procesos de planificación territorial. Además, mediante la superposición de los resultados de expansión urbana y áreas restrictivas, pueden ser identificados los espacios que no cumplen con los criterios de sostenibilidad y protección para la población, de manera que puedan programarse actuaciones concretas de acondicionamiento en estos espacios por parte de los gestores. En Salamanca y municipios del alfoz, la evolución de los usos de la tierra ligada al proceso urbanizador muestra un claro consumo de terrenos agrícolas. El área urbana se

ha incrementado un 635% en el periodo 1956-2018, mientras que la población lo ha hecho en un 238%. Se ha identificado el mayor aumento de tierras urbanizadas en los últimos años, coincidiendo con un parón poblacional, lo que refleja la construcción de gran cantidad de viviendas unifamiliares en zonas alejadas del centro urbano. Además, se han contabilizado 193 ha. urbanizadas amenazadas por riesgos geológicos, así como 2466 ha. de suelos agrícolas selladas, de las cuales 426 correspondían a los suelos de mayor calidad. Mediante el análisis multicriterio, las zonas con condiciones restrictivas fueron identificadas y calculadas (5960 ha.), en las cuales no se recomienda la expansión urbana futura. Así mismo, se recomienda la edificación en espacios urbanos libres, o bien la recuperación/rehabilitación de entornos urbanos degradados, en detrimento de la edificación de nuevos espacios naturales de la periferia.

En relación a la evaluación ambiental estratégica de Salamanca y alfoz, ésta consistió en la planificación sostenible de los nuevos usos del suelo que se han reasignado en el espacio según la capacidad de acogida del territorio. En primer lugar, gracias al estudio del medio físico, socioeconómico y de los riesgos geológicos, se puede hacer un diagnóstico adecuado de la problemática del sistema territorial actual, además de conocer las potencialidades y limitaciones del territorio. En base a esta problemática, se reformula el nuevo modelo territorial objetivo que se pretende alcanzar a largo plazo, siempre considerando a la sostenibilidad ambiental como piedra angular del mismo, para lo cual se establecen una serie de objetivos estratégicos generales y concretos. Con todo esto, se establecen las unidades territoriales de ordenación en base a sus similitudes ambientales y se realiza su diagnóstico territorial, tras lo cual se asignan los nuevos usos del suelo, es decir, cómo se van a distribuir las actividades humanas en el medio.

La distribución de las nuevas actividades según los criterios de protección ambiental y de la población garantiza lograr un modelo más sustentable, evitando la aparición de impactos ambientales incompatibles e irreversibles en el medio como pudieran ser el sellado de espacios agrícolas de alto interés, o la construcción de vivienda en zonas inundables. No obstante, la planificación de los nuevos usos precisa de medidas complementarias concretas para alcanzar un mayor grado de protección y garantizar la consecución de los objetivos.

Así mismo, las nuevas iniciativas de desarrollo que se planteen en los nuevos escenarios deberán adaptarse al nuevo modelo bajo el prisma de la evaluación ambiental estratégica realizada, debiendo de tener en cuenta e incorporar a la misma los objetivos estratégicos planteados así como las medidas de gestión de los impactos ambientales establecidas. Todas estas iniciativas, además, en el caso de que sea preciso, deberán someterse a evaluación ambiental, la cual quedará supeditada a lo presente en esta planificación. De esta manera, a medida que se vayan implementando las diferentes iniciativas de desarrollo con el tiempo, el modelo territorial se irá transformando gradualmente hasta alcanzar el modelo territorial objetivo.

Por último, toda la cartografía digital elaborada puede servir de ayuda a los gestores públicos. Con esto, se demuestra que en las labores de planificación territorial y evaluación ambiental los SIG son herramientas muy útiles que permiten efectuar diferentes análisis a bajo costo y en cortos periodos de tiempo. No obstante, se aconseja a los gestores públicos que exijan información de mayor detalle cuando la implantación de una nueva iniciativa de desarrollo así lo requiera.

8. REFERENCIAS.

- AEMA (2003). Estrategia Europea de Medio Ambiente y Salud. Comunicación de la Comisión. Bruselas, 11.6.2003 COM (2003) 338 final. Agencia Europea de Medio Ambiente.
- Agliardi, F. & Crosta, G. (2003). High resolution three-dimensional numerical modelling of rockfalls. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 40: 455-471.
- Aguilar, J.; Martínez, A.; Roca, A. (1996). *Evaluación y manejo de suelos*. Junta de Andalucía-SECS- Univ.Granada. 327 pp.
- Aguiló, M. (1981). *Metodología para la evaluación de la fragilidad visual del paisaje*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- Aguirre de Carcer, I. & Carral, P. (2009). *Apuntes de Meteorología y Climatología para el medio ambiente*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. 346pp.
- Almenar, J.B.; Rugani, B.; Geneletti, D.; Brewer, T. (2018). Integration of ecosystem services into a conceptual spatial planning framework based on a landscape ecology perspective. *Landsc. Ecol.* 33, 2047–2059.
- Alonso-Gavilán, G. (1981). *Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno en el borde suroccidental de la cuenca del Duero (provincia de Salamanca)*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca. 438 pp.
- Alonso-Gavilán, G. (1989). Paleogeografía del Paleoceno en el borde suroccidental de la Cuenca de Duero. En XII Congreso Español de Sedimentología, 7-20.
- Alonso-Gavilán, G.; Armenteros, I.; Carballeira, J.; Corrochano, A.; Huerta, P.; Rodríguez, J. M. (2004). La Cuenca del Duero. En: Geología de España. (edit. Vera, J. A.) SGE-IGME, Madrid, pp. 548-555.
- Alonso-Gavilán, G.; Villalaín, J. J.; Soto, R.; Calvo-Rathert, M.; Bartolomé, M.; Molina-Ballesteros, E.; García-Talegón, J. (2012). Aproximación a la cronología de la Fm. Areniscas de Salamanca (SO de la Cuenca del Duero) a partir de estudios paleomagnéticos. *Geotemas*, 13, 1112-1115.
- Amirinejad, A. A.; Kamble, K.; Aggarwal, P.; Chakraborty, D.; Pradhan, S.; Mittal, R.B. (2011). Assessment and mapping of spatial variation of soil physical health in a farm. *Geoderma* 160, 292–303.
- Andrews, S. S.; Karlen, D.L.; Mitchell, J.P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.* 90, 25–45.
- Andrews, S.S.; Karlen, D.L.; Cambardella, C.A. (2004). The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 1945–1962.
- Angel, S.; Parent, J.; Civco, D.L.; Blei, A.; Potere, D. (2011). The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. *Prog. Plan.* 75, 53–107.
- Aparicio, F.J. (1997). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Limusa, 303 pp.
- Armenise, E.; Redmile-Gordon, M.A.; Stellacci, A.M.; Ciccacese, A.; Rubino, P. (2013). Developing a soil quality index to compare soil fitness for agricultural use under different managements in the Mediterranean environment. *Soil Tillage Res.*, 130, 91-98.
- Askari, M.S. & Holden, N.M. (2015). Quantitative soil quality indexing of temperate arable management systems. *Soil Tillage Res.*, 150, 57-67.
- Ayala-Carcedo, F. J. (2000). *La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales en la geografía española*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 30.
- Ayala-Carcedo, F. J. & Olcina-Cantos, J. (2002). *Riesgos naturales*. Ariel Ciencia, 1512 pp.

- Ayala-Carcedo, F. J. & González-Jiménez, Á. (2007). Mitigación de desastres naturales en el mundo y desarrollo sostenible: una aproximación al análisis de riesgo. En *Riesgos naturales y desarrollo sostenible: impacto, predicción y mitigación*, IGME, 10, 19-46.
- Balica, S.F.; Popescu, I.; Beevers, L.; Wright, N.G. (2013). Parametric and physically based modeling techniques for flood risk and vulnerability assessment: A comparison. *Environm Modell Softw*, 41, 84–92.
- Banister, D. (2005). *Unsustainable transport: city transport in the new century*, 1st ed.; Routledge, London, England, 314 p.
- Barahona, E. & Santos-Francés, F. (1981). Un nuevo método para la determinación de densidades aparentes y del coeficiente de extensibilidad lineal (COLE), por medio de parafina. *Anales de Edafología y Agrobiología*, Tomo XL 5-6, 721–725.
- Barry R.G. & Chorley R.J. (1984). *Atmósfera, tiempo y clima*. 4º Ed. Omega S.A. Barcelona. 500 pp.
- Beck, U. & Rey, J. A. (2002). *La sociedad del riesgo global*. Madrid, Siglo XXI, 279-303.
- Bell, F.G. (2000). *Engineering properties of Soils and Rocks*. 4 ed. Blackwell Publishers, Oxford, 482 pp.
- Benabent, M. (2014) *Introducción a la Teoría de la Planificación Territorial*. Universidad de Sevilla: Secretariado de Publicaciones, España. 188 pp.
- Berry, M. & BenDor, T. K. (2015). Integrating sea level rise into development suitability analysis. *Comput. Environ. Urban Syst*. 51, 13-24.
- Bieniawski, Z. T. (1973). Engineering classification of jointed rock masses. *Trans. South Afr. Inst. of Civ. Eng.* 15, 344-355.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. New York: Wiley. 272 pp.
- Bi, C.J.; Chen, Z.L.; Wang, J.; Zhou, D. (2013). Quantitative assessment of soil health under different planting patterns and soil types. *Pedosphere*, 23, 194-204.
- Birkmann, J. (2006). *Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies*. United Nations University, Tokyo, 524 p.
- Biswas, S.; Hazra, G.C.; Purakayastha, T.J.; Saha, N.; Mitran, T.; Roy, S.S.; Basak, N.; Mandal, B. (2017). Establishment of critical limits of indicators and indices of soil quality in rice-rice cropping systems under different soil orders. *Geoderma*, 292, 34-48.
- Blum, W. E. (2005). Functions of soil for society and the environment. *Rev Environ Sci Bio*, 4(3), 75-79.
- BOCyL. (2002). *Ley 12/2002, de 11 de julio, del Patrimonio Cultural de Castilla y León*. BOCyL núm. 139, de 19 de julio.
- BOCyL. (2015). *Ley 4/2015, de 24 de marzo, del Patrimonio Natural de Castilla y León*. BOCyL núm. 61, de 30 de marzo.
- BOE. (2002). *Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02)*. Boletín Oficial del Estado (244), 19687.
- BOE. (2007). *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*. Boletín Oficial del Estado (299), 51, 275.
- BOE. (2013). *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental*. Boletín Oficial del Estado (296), 12913.

- BOE. (2016). *Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras*. Boletín Oficial del Estado (60), 18882.
- Bolós, M. (1992). *Manual de Ciencia del Paisaje. Teoría, Métodos y Aplicaciones*. Ed. Masson. Barcelona. 273 pp.
- Borja, A.; Dauer, D.M.; Diaz, R.; Llanos, R.J.; Muxika, I.; Rodriguez, J.G.; Schaffner, L. (2008). Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: a comparison of three indices. *Ecol. Ind.*, 8, 395-403.
- Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Ed. Blume. Madrid. 820 pp.
- Bull-Kamanga, L.; Diagne, K.; Lavell, A.; Leon, E.; Lérise, F.; MacGregor, H.; Maskrey, A.; Meshack, M.; Pelling, M.; Reid, H.; Satterthwaite, D.; Songsore, J.; Westgate, K.; Yitambe, A. (2003). From everyday hazards to disasters: the accumulation of risk in urban areas. *Environ Urban.* 15(1), 193-204.
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124.
- Burrough, P. & McDonnell, R. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. 2nd ed.; Oxford University Press: Cary, NC, USA. 356 pp.
- Büttner, G.; Feranec, J.; Jaffrain, G.; Mari, L.; Maucha, G.; Soukup, T. (2004). The CORINE land cover 2000 project. *EARSeL eProceedings*, 3(3), 331-346.
- Cai, G.; Du, M.; Xue, Y. (2011). Monitoring of urban heat island effect in Beijing combining ASTER and TM data. *Int. J. Remote Sens.* 32(5), 1213-1232.
- Cantano, M. (1997). Evolución morfodinámica del sector suroccidental de la Cuenca de Ciudad Rodrigo, Salamanca. Tesis Doctoral. 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). En *IX Congreso Regional de Sedimentología. Guía de sesiones de campo* (pp. 25-47).
- Carcavilla, L.; Durán, J.J.; López-Martínez, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. En VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria. *GeoTemas*, 10, 1299-1303.
- Carvajal, D. J. & González, A. (2003). La contribución del patrimonio geológico y minero al desarrollo sostenible. En: *Patrimonio geológico y minero en el contexto del cierre de minas*, 27-49.
- Casanova, J.L. & Sanz-Justo, J. (Eds.). (1997) *Teledetección: Usos y Aplicaciones*. Valladolid: Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico, Univ. de Valladolid. 522 pp.
- Castaño-Fernández, S. & Quintanilla-Rodenas, A. (Eds.). (1999). Teledetección: Avances y aplicaciones. *VIII Congreso Nacional de Teledetección. Asociación Española de Teledetección*. Albacete: Publicaciones de la Diputación de Albacete.
- Chen, J. (2007). Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security. *Catena*, 69, 1-15.
- Cheng, J.; Ding, C.; Li, X.; Zhang, T.; Wang, X. (2016). Soil quality evaluation for navel orange production systems in central subtropical China. *Soil Tillage Res.*, 155, 225-232.

- Chow, V.T.; Maidment, D.R.; Mays, L.W. (1988). *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill, 584 pp.
- Chow, V.; Maidment, D.R.; Mays, L.W. (1994). *Hidrología Aplicada*. Mc Graw Hill, 580 pp.
- Chuvieco, E. (2015) *Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio*. 3 ed. Barcelona: Ariel Ciencia. 608 pp.
- Cigna, F. (2018). Observing Geohazards from Space. *Geosciences*, 8, 59.
- Consejo de Europa. (1972). *Carta de los suelos del Consejo de Europa*. Estrasburgo, Francia.
- Consejo de Europa. (1983). *Carta europea de ordenación del territorio*. Torremolinos, España.
- Criado, M.; Martínez-Graña, A.; Santos-Francés, F.; Veleda, S.; Zazo, C. (2017). Multi-Criteria Analysis of Urban Planning for City Expansion: A Case Study of Zamora, Spain. *Sustainability*, 9, 1850.
- Criado, M.; Martínez-Graña, A.; San Román, J.; Santos-Francés, F. (2019a). Flood risk evaluation in urban spaces: the study case of Tormes River (Salamanca, Spain). *Int J Env Res Pub He*, 16(1), 5.
- Criado, M.; Martínez-Graña, A. M.; Santos-Francés, F. (2019b). Determinación del riesgo de inundación en la ciudad de Salamanca (España) mediante análisis de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad. *Cuaternario y Geomorfología*, 33(1-2), 87-102.
- Criado, M.; Martínez-Grana, A.; Santos-Frances, F.; Veleda, S. (2019c). Integration of GIS technology in the urban planning to extend the city of Zamora, Spain. *Environ Eng Manag J (EEMJ)*, 18(7).
- Criado, M.; Santos-Francés, F.; Martínez-Graña, A.; Sánchez, Y.; Merchán, L. (2020). Multitemporal Analysis of Soil Sealing and Land Use Changes Linked to Urban Expansion of Salamanca (Spain) Using Landsat Images and Soil Carbon Management as a Mitigating Tool for Climate Change. *Remote Sen*, 12(7), 1131.
- Cruden, D. M. (1991). A Simple Definition of a Landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, No. 43; pp. 27- 29.
- Custodio, E. & Llamas, M. R. (1983). *Hidrología Subterránea*. (2 tomos). Omega, 2350 pp.
- Das, B.; Chakraborty, D.; Singh, V.K.; Ahmed, M.; Singh, A.K.; Barman, A. (2016). Evaluating fertilization effects on soil physical properties using a soil quality index in an intensive Rice-wheat cropping system. *Pedosphere*, 26 (6), 887-894.
- Dantin, J. & Revenga, A. (1941). Las líneas y las zonas isóxeras de España, según los índices termopluviométricos. Avance al estudio de la aridez en España. *Estudios Geográficos*, 2, 35-91.
- de Almeida, J. A. & Kullberg, J. C. (2011). Rockfall hazard and risk analysis for Monte da Lua, Sintra, Portugal. *Nat hazards*, 58(1), 289-310.
- De Martonne, E. (1926). *Aréisme et indice d'aridité*. Gauthier-Villars.
- De Moel, H.; Aerts, J.C.; Koomen, E. (2011). Development of flood exposure in the Netherlands during the 20th and 21st century. *Global Environ Chang*, 21, 620–627.
- Díez-Balda, M. A. (1980). La sucesión estratigráfica del Complejo esquisto-grauváquico al Sur de Salamanca. *Estudios Geológicos*, 36(1), 131-138.
- Díez-Balda, M. A. (1986). *El Complejo Esquisto-Grauváquico, las Series Paleozoicas y la Estructura Hercínica al Sur de Salamanca*. Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca.
- Directiva 60/2007/CE. Comisión europea del Parlamento Europeo: Bruselas, Bélgica, 2007; p.23.

- Doran, J.W. & Jones, A.J. (Eds.) (1996). *Methods for Assessing Soil Quality*, Soil Science Society of America Special Publication, vol. 49, 25-39. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Doran, J.W. & Parkin, B.T. (1994). Defining and assessing soil quality. In: J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, B.A. Stewart (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, SSSA Inc., Madison, WI, USA (1994), pp. 3-21 (SSSA Special Publication No. 35).
- Dorren, L.K.A. (2003) A review of rockfall mechanics and modelling approaches. *Prog Phys Geogr* 27(1):69–87.
- EEA (2016). *Urban Sprawl in Europe. Joint EEAFOEN Report*. Publication Office of the European Union, Luxembourg.
- Emberger, L. (1966). Place de la région méditerranéenne française dans l'ensemble méditerranéen. *Bulletins de l'APGB*, 2, 153-165.
- Escudero, A.; Olano, J.M.; García, R.; Bariego, P.; Molina, C.; Arranz, C.; Molina, J.I.; Ezquerro, F.J. (2008). *Guía básica para la interpretación de los hábitats de interés comunitario en Castilla y León*. Junta de Castilla y León.
- Ettehadi-Osgouei, P.; Kaya, S.; Sertel, E.; Alganci, U. (2019). Separating Built-Up Areas from Bare Land in Mediterranean Cities Using Sentinel2A Imagery. *Remote Sens.* 11, 345.
- Fairclough, G.; Herlin, I. S.; Swanwick, C. (Eds.). (2018). *Routledge handbook of landscape character assessment: current approaches to characterisation and assessment*. Routledge. 294 pp.
- FAO. (1976). *A framework for land evaluation*. Food and Agriculture Organisation of the United States, Soil Bulletin No. 32, FAO, Rome.
- FAO. (1977). *Guía para la descripción de perfiles de suelos*. Roma Italia, 70.
- Fernández De Gatta, D. (2010). *El régimen jurídico de las evaluaciones de impacto ambiental, las evaluaciones estratégicas y las auditorías ambientales*. Documento TOL, 1, 850.
- Ferrer, F.J. (1993). *Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas*. CEDEX, Ministerio de Obras Públicas, Madrid, 75 pp.
- Fick, S. E. & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol*, 37(12), 4302-4315.
- Fitzsimmons, M.J.; Pennock, D.J.; Thorpe, J. (2004). Effects of deforestation on ecosystem carbon densities in central Saskatchewan, Canada. *For. Ecol. Manag.* 188, 349–361.
- Foley, A. M. (2010). Uncertainty in regional climate modelling: A review. *Prog Phys Geogr.* 34(5), 647-670.
- Footy, G. & Curran, P. (1994) *Environmental Remote Sensing from Regional to Global Scales*. Chichester: John Wiley & Sons. 238 p.
- Gallardo, J.; Almorox, J.; Hontoria, C. (2001). *Clasificación de la capacidad agrológica de las tierras*. Ed. E.T.S.I. Agrónomos, Madrid. 46 p.
- Gallego, E. & García-Cortes, A. (1996). Patrimonio Geológico y áreas naturales protegidas. *Geogaceta* 19, 202-206.
- Ghanbarpour, M. R.; Saravi, M. M.; Salimi, S. (2014). Floodplain inundation analysis combined with contingent valuation: implications for sustainable flood risk management. *Water Resour Manag*, 28(9), 2491-2505.

- García-Baquero, G. (1996). *Aportaciones al conocimiento de la biodiversidad florística y fitocenótica del CO ibérico. Salamanca (Hoja 13-19)* (Doctoral dissertation, Tesis de Licenciatura. Facultad de Farmacia. Salamanca).
- García-Baquero, G. & Valle, C. J. (1998). Ensayo de valoración naturalística en el centrooeste Ibérico. Salamanca (Hoja 13-19 E. 1: 50.000). *Studia Botanica*, 17, 9-22.
- García-Casquero, J. L.; Álvarez Nava, H.; Gil Toja, A. (1988). Unidades litoestratigráficas de los materiales Precámbrico-Cámbrico en la mitad suroriental de la zona Centro-Ibérica. En *Congreso Geológico de España*, 2 (pp. 19-22).
- García-Cortés, A.; Carcavilla, L.; Díaz-Martínez, E.; Vegas, J. (2014). *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). Propuesta para la actualización metodológica. Versión 5/12/2014*. Instituto Geológico y Minero de España, 1-64.
- García de Figuerola, L. C.; Parga, J. R. (1971). Características fundamentales de los “sierros” de la provincia de Salamanca. *Bol. Geol. Min*, 82, 287-290.
- García-Marcos, J.M. (1994). *Estudio edafológico del sector Arapiles-Salamanca-Zamayón*, 2 tomos. Tesis Doctoral. Manuscrito. Departamento de Biología Animal, Parasitología, Ecología y Edafología. Área de Edafología y Química Agrícola. Salamanca.
- García, P.; Pérez, E. (2016). Mapping of soil sealing by vegetation indexes and built-up index: A case study in Madrid (Spain). *Geoderma*, 268, 100-107.
- Géhu, J.M. & Rivas-Martínez, S. (1981). Notions fondamentales de Phytosociologie. En: *Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung fur Vegetationskunde. Syntaxonomie*, 5-33. J. Cramer. Vaduz.
- Glover, J.D.; Reganold, J.P.; Andrews, P.K. (2000). Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 80, 29-45.
- Gómez, C. (2002). *Aportaciones al conocimiento de la flora y vegetación acuática del río Tormes y sus afluentes y su relación con los parámetros físico-químicos del agua*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Salamanca. 242 pp + anexo
- Gómez-Orea, D. (1994). *Ordenación del territorio: Una aproximación desde el medio físico*. Madrid : Instituto Tecnológico Geominero de España. 236 p.
- Gómez-Orea, D. (2007). *Evaluación ambiental estratégica*. Mundi-Prensa Libros. 377 p.
- Gómez-Orea, D. & Gómez-Villarino, M. (2013). *Evaluación de impacto ambiental*. Mundi-Prensa Libros. 748 p.
- González de Vallejo, L. I.; Ferrer, M.; Ortuño, L.; Oteo, C. (2002) *Ingeniería geológica*. Madrid: Pearson Educación. 368 p.
- Gorczyński, L. (1920). Sur le calcul du degré du continentalisme et son application dans la climatologie. *Geografiska Annaler*, 2(4), 324-331.
- Govaerts, B.; Sayre, K.D.; Deckers, J. (2006). A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil Tillage Res.* 87, 163–174.
- Goy, J.; Rodríguez López, G.; Martínez-Graña, A.; Cruz, R.; Valdés, V. (2019). Geomorphological Analysis Applied to the Evolution of the Quaternary Landscape of the Tormes River (Salamanca, Spain). *Sustainability* 11, 7255.
- Han, W.J.; Wu, Q.T. (1994). A primary approach on the quantitative assessment of soil quality. *Chinese J. Soil Sci.* 25, 245–247.

- Hewitt, A.E. (2004). *Soil Properties Relevant to Plant Growth: A Guide to Recognising Soil Properties Relevant to Plant Growth and Protection*. Manaaki Wenua Press. Lincoln, New Zealand. 540 pp.
- Higgs, G. (2008). Review of Wang, F. (Ed.) Quantitative methods and applications in GIS, CRC Press Boca Raton FL for Environment and Planning B: *Planning and Design* 35(4), 757–758.
- Hope, K. R. (1986). Urbanization and economic development in the Third World: An overview. *Cities*, 3(1), 41-57.
- IGME (1975). *Mapa Geotécnico de España 1:20000. Hoja 4-5/37. Salamanca*. 33 p.
- IGME. (2000a). *Mapa Geológico de España 1:50000 (MAGNA). Hoja 478 (13-19). Salamanca*. I.G.M.E.; Madrid. 96 pp.
- IGME. (2000b). *Mapa Geológico de España 1:50000 (MAGNA). Hoja 452 (13-18). La Vellés*. I.G.M.E.; Madrid, 74 pp.
- ISRM (1981). *Rock characterization. Testing and monitoring. ISRM suggested methods*. Brown, E. T. Ed. Comission on testing and monitoring. International society for Rock Mechanics. Pergamon Press. 211 pp.
- Jarecki, M. & Lal, R. (2003). Crop management for soil carbon sequestration. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22, 471–502.
- Jennings, V.; Larson, L.; Yun, J. (2016). Advancing Sustainability through Urban Green Space: Cultural Ecosystem Services, Equity, and Social Determinants of Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 13, 196.
- Jiménez, E. (1974). Iniciación al estudio de la climatología del Paleógeno de la cuenca del Duero y su posible relación con el resto de la Península Ibérica. *Boletín Geológico y Minero*, 85 (5), 518-524.
- Jiménez, E. & Arribas, A. (1979). Esquema geomorfológico de la provincia de Salamanca. En: Estudio integrado y multidisciplinario de la dehesa salmantina. *Estudio fisiográfico descriptivo*, 3, 53-64.
- Jimenez, E.; Corrochano, A.; Alonso-Gavilan, G. (1983). El Paleógeno de la Cuenca del Duero. Libro jubilar J. M. Rios. *Geología de España*. IGME II: 489-494.
- Jiménez, J. & Mulero-Pázmány, M. (2019). Drones for Conservation in Protected Areas: Present and Future. *Drones*, 3, 10.
- Jordán, A. (2005). *Manual de edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química. Agrícola de la Universidad de Sevilla.
- Johnson, R.A. & Wichern, D.W. (1992). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 642 p.
- 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.
- Kabisch, N.; Selsam, P.; Kirsten, T.; Lausch, A.; Bumberger, J. (2019). A multi-sensor and multi-temporal remote sensing approach to detect land cover change dynamics in heterogeneous urban landscapes. *Ecol. Indic.* 99, 273-282.
- Kammen, D. M. & Sunter, D. A. (2016). City-integrated renewable energy for urban sustainability. *Science*, 352(6288), 922-928.
- Klingebiel, A.A. & Montgomery, P.H. (1961). *Land Capability Classification*. Soil Conservation Service: US Department of Agriculture: Washington, DC, USA. 21 p.

- Ladero, M.; Valle C.J.; Amor, A.; Santos, M.T.; González, F.J.; García, P.A.; García-Baquero, G.; y Hernández, P. (1994). Mapas ombroclimáticos de las provincias de Salamanca y Zamora. *Anais do Inst. Sup. de Agronomia* 44(2): 733-754.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 159-174.
- Lang, R. 1915. Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in Klimatischer und geologischer Hinsicht. *Intern. Mitteil. für Bodenkunde*, 5, 312
- León, A.; de la Plaza, M. D. C.; Balenciaga, A. A. (1991). *Caracterización agroclimática de la provincia de Salamanca*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. 183 p.
- Li, G.; Sun, G. X.; Ren, Y.; Luo, X. S.; Zhu, Y. G. (2018). Urban soil and human health: a review. *Eur. J. Soil Sci.* 69(1), 196-215.
- Liebig, M.A.; Varvel, G.E.; Doran, J.W. (2001). A simple performance-based index for assessing multiple agroecosystem functions. *Agron. J.* 93, 313–318.
- Liu, J. & Niyogi, D. (2019). Meta-analysis of urbanization impact on rainfall modification. *Sci. Rep.* 9(1), 7301.
- Lotze, F. (1945). *Zur gliederung der Varisziden der Iberischen Messeta*. *Geotekt. Fosch*, 6, 78-92.
- Lozano, A. V.; Vidal, C. A.; Díaz, J. S. (2019). Urban growth (1956-2012) and soil sealing in the metropolitan area 720 of Valencia (Eastern Spain). *Spanish Journal of Soil Science*, 9(2).
- Marcos, J.C. (2010). *El medio natural en Cabrerizos (Salamanca): clima, suelos, flora y hábitats. Bases para la restauración de la vegetación*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Salamanca. 86 pp + anexos.
- Martínez-García, E. & Nicolau, J. (1973). Los terrenos infraordovícicos de la antifoma de Martinamor (Salamanca). *Bol. Geol. Minero*, 84(6), 407-418.
- Martínez-Graña, A. M. (2010). *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. Universidad de Salamanca.
- Martínez-Graña, A. M.; Goy, J. L.; Zazo, C. (2011). Natural heritage mapping of the las Batuecas-Sierra de Francia and Quilamas nature parks (SW Salamanca, Spain). *J Maps*, 7(1), 600-613.
- Martínez-Graña, A. M.; Goy, J. L.; Zazo, C. (2013). Cartographic-environmental analysis of the landscape in natural protected parks for his management using GIS. Application to the natural parks of the “Las Batuecas-Sierra de Francia” and “Quilamas” (Central System, Spain). *J Geogr Inf Syst*, 5, 1.
- Martínez-Graña, A. M.; Silva, P. G.; Goy, J. L.; Elez, J.; Valdés, V.; Zazo, C. (2017). Geomorphology applied to landscape analysis for planning and management of natural spaces. Case study: Las Batuecas-S. de Francia and Quilamas natural parks.(Salamanca, Spain). *Sci Total Environ*, 584, 175-188.
- Meng, Y.; Malczewski, J.; Boroushaki, S. (2011). A GIS-based multicriteria decision analysis approach for mapping accessibility patterns of housing development sites: a case study in Canmore, Alberta. *J Geogr Inf Syst*, 3(01), 50.
- Merril, S.D.; Liebig, M.A.; Tanaka, D.L.; Krupinsky, J.M.; Hanson, J.D. (2013). Comparison of soil quality and productivity at two sites differing in profile structure and topsoil properties. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 179, 53-61.
- Ministerio de Fomento. (1996) *Protección contra desprendimientos de rocas, Pantallas dinámicas*. Serie monografías. Dirección General de Carreteras. 202 pp.

- Ministerio de Fomento (1999). *Máximas Lluvias diarias en la España Peninsular*. 1ª reimpresión 2001. 55 pp.
- Miralles, I.; Ortega, R.; Almendros, G.; Sánchez-Marañón, M.; Soriano, M. (2009). Soil quality and organic carbon ratios in mountain agroecosystems of South-east Spain, *Geoderma*, 150, 120–128.
- Molina, E. (1991). *Geomorfología y geoquímica del paisaje. Dos ejemplos en el interior de la Meseta Ibérica*. Acta Salmanticensia, Universidad de Salamanca, Biblioteca de Ciencias. 72-156.
- Montanarella, L.; Quinton, J.N.; Pachepsky, Y.; Van der Putten, W.H.; Bardgett, R.D.; Moolenaar, S.; Mol, G.; Jansen, B.; Fresco, L.O. (2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Soil*, 2, 111–128.
- Montserrat, P. (1976). Clima y paisaje. *P. Cent. Pir. Biol. Exp.* Vol. 7, 1, 149-171.
- Navarro, F., & Valle, C. J. (1987). *Castilla y León. La vegetación de España*. Publicaciones Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares, 119-161.
- Nespereira, J.; Yenes, M.; Blanco, J.A. (2003). La alteración de las pizarras ordovícicas de la ciudad de Salamanca: implicaciones geotécnicas. *Geotemas*, 34: 39-42.
- Nespereira, J. (2007). *Estudio, definición y cartografía de Unidades Geotécnicas en un entorno urbano: Salamanca y su zona de expansión*. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.
- Nespereira, J.; Blanco, J. A.; Yenes, M.; Pereira, D. (2010) Irregular silica cementation in sandstones and its implication on the usability as building stone. *Engineering Geology*, 115(3-4), 167-174
- Niemelä, J.; Breuste, J. H.; Guntenspergen, G.; McIntyre, N. E.; Elmqvist, T.; James, P.; McIntyre, N.E. (2011). *Introduction. In: Urban ecology: patterns, processes, and applications*. Oxford University Press: New York, USA, pp. 1-4.
- Nortcliff, S. (2002). Standardisation of soil quality attributes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88, 161–168
- Olcina-Cantos, J. (2009). Cambio climático y riesgos climáticos en España. *Investigaciones Geográficas*, 49, 197-220.
- Pal, D.K.; Wani, S.P.; Sahrawat, K.L. (2012). Vertisols of tropical Indian environments. *Pedology and edaphology. Geoderma* 189-190, 28–49.
- Palmstrom, A. (1975). *Characterising the degree of jointing and rock mass quality*. Internal Report. Oslo: Berdal. 26 pp.
- Paprotny, D.; Sebastian, A.; Morales-Nápoles, O.; Jonkman, S.N. (2018). Trends in flood losses in Europe over the past 150 years. *Nature Commun*, 9, 1985.
- Peláez-Campomanes, P.; De la Peña, A.; López-Martínez, N. (1989). Primeras faunas de micromamíferos del Paleógeno de la Cuenca del Duero. *Studia geológica salmanticensia*. Volumen especial 5, 135-157.
- Peinado, M. & Rivas-Martínez, S. (1987). *La vegetación de España*. Colección Aula Abierta, 3. 544 pp.
- Peña-Sánchez, M. (1987). Tierra de Campos. Integración de un espacio rural en la economía capitalista; Serie Geográfica nº5, Secretariado Publicaciones: Univ. Valladolid, Valladolid, España, 468 pp.
- Pérez, E. & García, P. (2016). Monitoring soil sealing in Guadarrama River basin, Spain, and its potential impact in agricultural areas. *Agriculture*, 6 (1), 7.
- Pérez-Gutiérrez, C. & Muñoz Nieto, Á. L. (Eds). (2006). *Teledetección: nociones y aplicaciones*. 2º ed. 359 pp.
- Plate, E. J. (2002). Flood risk and flood management. *J Hydrol*, 267(1-2), 2-11.

- Porta, J.; López-Acevedo, M.; Poch, R. (2008). *Introducción a la Edafología uso y protección del suelo*. 1 Ed. Mundi-Prensa. 451 pp.
- Pucha-Cofrep, F.; Fries, A.; Cánovas-García, F.; Oñate-Valdivieso, F.; González-Jaramillo, V.; Pucha-Cofrep, D. (2017). *Fundamentos de SIG: Aplicaciones con ArcGIS*. Franz Pucha Cofrep. 84 pp.
- Qi, Y.; Darilek, J.L.; Huang, B.; Zhao, Y.; Sun, W.; Gu, Z. (2009). Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*, 149, 325-334.
- Qiu, G.; Song, R.; He, S. (2019). The aggravation of urban air quality deterioration due to urbanization, transportation and economic development-Panel models with marginal effect analyses across China. *Sci. Total Environ.* 651, 1114-1125.
- Quintana-López, T. & Casares-Marcos, A. (2014). *Evaluación de impacto ambiental y evaluación estratégica*. Tirant lo Blanch. 468 pp.
- Rahmanipour, F.; Marzaioli, R.; Bahrami, H.A.; Fereidouni, Z.; Bandarabadi, S.R. (2014). Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. *Ecol. Indic.*, 40, 19-26.
- Raiesi, F. (2017). A minimum data set and soil quality index to quantify the effect of land use conversion on soil quality and degradation in native rangelands of upland arid and semiarid regions. *Ecol. Indic.* 75, 307-320.
- Ramírez, P. & Alejano, L. (2004). *Mecánica de rocas: Fundamentos e ingeniería de taludes*. Red DESIR, Madrid. 727 pp.
- Ramos, A.; Ramos, F.; Cifuentes, P.; Fernandez-Cañadas, M. (1976). Visual landscape evaluation, a grid technique. *Landscape Planning*, 3 (1-2), 67-88.
- Ramos, J. S.; Toribio, J. F.; Tenor, M. R. (2005). Los planes de ordenación del territorio como instrumentos de cooperación. *BAGE: Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (39), 87-116.
- Reyes, L.; Barón, A.; Riveros, M. (1998). Esbozo de las discusiones acerca del paisaje. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 7(1), 216-250.
- Richards, L. (1947). Pressure membrane apparatus: construction and use. *Agric. Eng.* 28, 451-455.
- Richards, L. (1970). Saline and sodic soils. Diagnosis and rehabilitation (in Spanish). In: Manual de Agricultura. *Regional Technical Assistance Center*, pp. 60 (172 pp.).
- Rivas-Martínez, S. (1987). *Mapa de series de vegetación de España: 1: 400 000*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 269 pp.
- Rivas-Martínez, S. & Penas, A. (2003). *Atlas y Manual de los Hábitat de España*. Madrid, España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente. 406 pp.
- Romero, A.; Belmonte, F.; Docampo, A.; Ruiz, J. (2011). Consecuencias del sellado de los suelos en el Campo de Cartagena (Murcia). In *Urbanismo expansivo, de la utopía a la realidad*. Proceedings of the XXII Congreso de Geógrafos Españoles, Univ Alicante, Spain; Gonzalvez-Pérez, V., Marco-Molina, J.A. (Eds.)
- Rufat, S.; Tate, E.; Burton, C.G.; Maroof, A.S. (2015). Social vulnerability to floods: Review of case studies and implications for measurement. *Int. J. Disast. Risk Re*, 14, 470-486.
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*; McGraw-Hill: New York, NY, USA. 287 pp.
- Saaty, T.L. (2013). The modern science of multicriteria decision making and its practical applications: The AHP/ANP approach. *Oper. Res* 61, 1101-1118.

- Sánchez, F. J. (1985). Las aguas subterráneas en rocas ígneas y metamórficas en la provincia de Salamanca. Salamanca: *Revista de estudios*, (16), 421-432.
- Sánchez, F. J. (2012). *Hidrología-Hidrogeología*. Salamanca, España, 1-285.
- Sánchez, J. M.; Tomás, C.; de Pablo, F. (1997). Consideraciones sobre el clima de Matacán (Salamanca). Ed. Caja Duero. 310 pp.
- Santos Francés, F. & Martínez Graña, A. Eds. (2014). "Itinerario edafológico por la provincia de Salamanca: La Armuña - La Dehesa - La Sierra de Francia". Unidad docente de Edafología y departamento de Geología de la Universidad de Salamanca. 106 pp.
- Santos-Francés, F.; Martínez-Graña, A.; Ávila Zarza, C.; Criado, M.; Sánchez, Y. (2019). Comparison of methods for evaluating soil quality of semiarid ecosystem and evaluation of the effects of physico-chemical properties and factor soil erodibility (Northern Plateau, Spain). *Geoderma* 354, 113872.
- Sanchez-Navarro, A.; Gil-Vazquez, J.M.; Delgado-Iniesta, M.J.; Marin-Sanleandro, P.; Blanco-Bernardeau, A.; Ortiz-Silla, R. (2015). Establishing an index and identification of limiting parameters for characterizing soil quality in Mediterranean ecosystems. *Catena*, 131, 35-45.
- Sanchidrián, R. (2007) *Estudio de la estabilidad de los taludes de la vía férrea Salamanca-Madrid: Tramo Salamanca-Cabrerizos*. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Salamanca.
- Scanvic, J. (1989) *Teledetección aplicada: cartografía, geología estructural, exploración minera, medio ambiente, etc.* Madrid: Paraninfo. 200 pp.
- Scheid, A. & Hildenbrand, A. (1996). *Política de ordenación del territorio en Europa (Vol. 8)*. Universidad de Sevilla. 541 pp.
- Selby, M.J. (1982) *Hillslope materials and processes*. New York: Oxford University Press. 466 pp.
- Shukla, M.K.; Lal, R.; Ebinger, M. (2006). Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil Tillage Res.* 87, 194–204.
- Sione, S.M.J.; Wilson, M.G.; Lado, M.; Gonzalez, G.P. (2017). Evaluation of soil degradation produced by rice crop systems in a Vertisols, using a soil quality index. *Catena*, 150, 79-86.
- Song, X. P.; Sexton, J. O.; Huang, C.; Channan, S.; Townshend, J. R. (2016). Characterizing the magnitude, timing and duration of urban growth from time series of Landsat-based estimates of impervious cover. *Remote Sens. Environ.* 175, 1-13.
- Star, J. L.; Estes, J. E.; Davis, F. (1991). Improved integration of remote sensing and geographic information systems: a background to NCGIA Initiative 12. *Photogramm. Eng. R. Sens.* 57 (6), 643-646.
- Storie, R. (1978). *Storie index soil rating*. University of California Division of Agricultural Sciences Special Publication 3203, Oakland. 4 pp.
- Strahler, A.N. (1974). *Geografía física*. Ed. Omega S.A. Barcelona. 767 pp.
- Strahler, A. H.; Logan, T. L.; Bryant, N. A. (1978). *Improving forest cover classification accuracy from Landsat by incorporating topographic information*. NASA; United States. 16 pp.
- Svoray, T.; Hassid, I.; Atkinson, P.M.; Moebius-Clune, B.N.; van Es, H.M. (2015). Mapping soil health over large agriculturally important areas. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 79, 1420–1434.
- Sys, C.; Van Ranst, E.; Debaveye, J. (1991). Land evaluation, part I. Principles in Land Evaluation and Crop Production Calculations, General administration for development cooperation, Brussels, pp. 40-80.

- Témez, J.R. (1987). Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Dirección General de Carreteras, MOPU, 124 pp.
- Témez, J. R. (1991). Extended and improved rational method. Version of the highways administration of Spain. En *Proc. XXIV Congress* (pp. 33-40).
- Thornthwaite, C. W. (1957). The water balance. *Publ Clim*, 8, 1-104.
- Toribio, J. M. (1999). La Directiva Hábitats 92/43/CE y la Red Natura 2000. *Cuadernos Geográficos*, 29.
- Tronchin, L.; Manfren, M.; Nastasi, B. (2018). Energy efficiency, demand side management and energy storage technologies-A critical analysis of possible paths of integration in the built environment. *Renew. Sust. Energ Rev.* 95, 341-353.
- UNDRO. (1991). *Mitigating Natural Disasters; Phenomena, Effects and Options*. United Nations: New York, NY, USA. 164 p.
- UNISDR, Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. (2011). *Revealing Risk, Redefining Development. Summary and Main Findings*; United Nations: New York, NY, USA. 20 pp.
- United Nations. (2011). *Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements*. Routledge, Washington, USA. 279 pp.
- United Nations. (2012). *World Urbanization Prospects. The 2011 Revision*. Department of Economic and Social Affairs, New York. 302 pp.
- United States Department of Agriculture (USDA). (1996). *Soil survey laboratory methods manual*. In: Soil Survey Investigations, Report No. 42. U.S. Department of Agriculture, National Resources Conservation Services, National Soil Survey Centre, Washington D.C.
- Urbano, P. (2001). *Tratado de fitotecnia general*. 2ª edición. S.A. Mundi-Prensa Libros. 922 pp.
- Urquí, L. C. (2007). Patrimonio geológico y geodiversidad. Cuadernos del Museo Geominero n 7. IGME. 360 pp.
- Valle, C.J. (2005) *El Medio*. En Valle, C.J., coord. *Setas de Salamanca*. OAEDR - Diputación de Salamanca. 461 pp.
- Valle, C.J. & García-Baquero, G. (1995) Cartografía e inventariación de los tipos de habitats naturales de interés comunitario con presencia en España. Contrato del ICONA con la Unión Europea B4 3200/93/765 Salamanca, 13-19 (478).
- Valle, C.J. & García-Baquero, G. (1997). Sobre la vegetación del curso medio del río Tormes y sus afluentes (Salamanca, España). *Studia botanica*. 15: 25-45. Salamanca.
- Valle, C.J. & Lozano, J. (1994). Cartografía e inventariación de los tipos de habitats naturales de interés comunitario con presencia en España. Contrato del ICONA con la Unión Europea B4-3200/93/765 La Vellés, 13-18 (452).
- Vasu, D.; Singh, S.K.; Ray, S.K.; Duraisami, V.P.; Tiwary, P.; Chandran, P.; Nimkar, A.M.; Anantwar, S.G. (2016). Soil quality index (SQI) as a tool to evaluate crop productivity in semi-arid Deccan plateau, India. *Geoderma*, 282, 70-79.
- Veleda, S.; Martínez-Graña, A.; Santos-Francés, F.; Sánchez-SanRoman, J.; Criado, M. (2017). Analysis of the Hazard, Vulnerability, and Exposure to the Risk of Flooding (Alba de Yeltes, Salamanca, Spain). *Appl. Sci.*, 7, 157.
- Vera, J. A. (Ed.). (2004). *Geología de España*. SGE-IGME. Madrid. 890 pp.
- Viessman, W. & Lewis, G.L. (2003). *Introduction to Hydrology*. Prentice-Hall, 612 pp.

- Walkley, A. & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for the determining soil organic matter and proposed modification of the chromic titration method. *Soil Sci.* 37, 29–38
- Wallemarq, P.; Below, R.; McLean, D. (2018). *UNISDR and CRED report: Economic Losses, Poverty & Disasters (1998–2017)*. UNISDR and CRED. 30 pp.
- Walter, H. & Lieth, H. (1960). *Klimadiagramm. Wetatlas*. VEB Gustaf Fischer, Berlin, Germany. 253 pp.
- Wang, X.J. & Gong, Z.T. (1998). Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. *Geoderma*, 81, 339-355.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning*. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook n° 537, Washington D.C., 58 pp.
- Wolch, J. (2007). Green urban worlds. *Annals of the Association of American Geographers*, 97(2), 373-384.
- Wouter Botzen W.J. et al. (2019). Integrated Disaster Risk Management and Adaptation. In: Mechler R., Bouwer L., Schinko T., Surminski S., Linnerooth-Bayer J. (eds) *Loss and Damage from Climate Change. Climate Risk Management, Policy and Governance*. Springer, Cham
- Yenes, M.; Santos Delgado, G.; Blanco Sánchez, J. A.; Nespereira, J.; Sanchidrián, R. (2009). *Estudio y correlación de las inestabilidades en los Escarpes del Tormes (Salamanca)*. VII Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. CIMNE, Barcelona.
- Yenes, M.; Nespereira, J.; Blanco, J. A.; Suárez, M.; Monterrubio, S.; Iglesias, C. (2012). Shallow foundations on expansive soils: a case study of the El Viso Geotechnical Unit, Salamanca, Spain. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 71(1), 51-59.
- Zachos, L.G.; Swann, C.T.; Altinakar, M.S.; Mc-Grath, M.Z.; Thomas, D. (2016). Flood vulnerability indices and emergency management planning in the Yazoo Basin, Mississippi. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 18, 89-99.
- Zhao, Y.; Feng, D.; Yu, L.; Cheng, Y.; Zhang, M.; Liu, X.; Xu, Y.; Fang, L.; Zhu, Z.; Gong, P. (2019). Long-Term Land Cover Dynamics (1986-2016) of Northeast China Derived from a Multi-Temporal Landsat Archive. *Remote Sens.* 11, 599.
- Zhijun, H.; Selvalakshmi, S.; Vasu, D.; Liu, Q.; Cheng, H.; Guo, F.; Ma, X. (2018). Identification of indicators for evaluating and monitoring the effects of Chinese fir monoculture plantations on soil quality. *Ecol. Indic.* 93, 547-554.
- Zope, R.; Vasudevan, N.; Arkatkar, S. S.; Joshi, G. (2019). Benchmarking: A tool for evaluation and monitoring sustainability of urban transport system in metropolitan cities of India. *Sustain. Cities Soc.* 45, 48-58.
- Zorraquino, J. C. (2004). El modelo SQRT–ETMAX. *Revista de Obras Públicas*, 3447, 33-47.

Webs consultadas

- ANTHOS (2016). Sistema de información sobre las plantas de España. Acceso online: <http://www.anthos.es> (Consultado el 15 de abril de 2016)
- CEDEX. (2018). Centro de estudios y experimentación de Obras Públicas. Acceso online: https://ceh.cedex.es/anuarioaforos/afo/estaf-mapa_gr_cuenca.asp (Consultado el 11 de octubre de 2018).
- CHD (2016). Confederación Hidrográfica del Duero. Acceso online: <https://www.chduero.es/web/guest/la-cuenca-del-duero> (Consultado el 7 de noviembre de 2016)

CNIH (2018). Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas. Acceso online (Consultado el 10 de marzo de 2018): <http://www.proteccioncivil.es/riesgos/inundaciones/cnih>

JCyL. (2017). Acceso online: <https://idecyl.jcyl.es/pacu/> (Consultado el 27 de noviembre de 2017).

JCyL. (2018). Acceso online (Consultado el 17 de enero de 2018): https://servicios.jcyl.es/PlanPublica/lmuni_plau.do;jsessionid=7b26496195c1f88f49a24ec8343c58969fde367ea4da2c724fefedf6805dfa03.e3mTb3yRaxuNe34MbNuLch0NaO0?provincia=37

IGN. (2016). Acceso online: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp> (Consultado el 27 de octubre de 2016).

IGN, Instituto Geográfico Nacional (2019). Disponible online: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp> (consultado el 24 Abril 2019).

INE. (2016). Acceso online (Consultado el 27 de octubre de 2016): https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254734710984

INE. (2016). Acceso online (Consultado el 29 de octubre de 2016): https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoria.htm?c=Estadistica_P&cid=1254735976594

INE (2019). Disponible online (consultado el 10 Mayo 2019): http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176951&menu=ultiD atos&idp=1254735572981

ITACyL, Instituto Tecnológico y Agrario de Castilla y León (2019). Disponible online: [http://ftp.itacyl.es/cartografia/01_Ortofotografia/1956/Mosaico%20de%20los%20fotogramas%20de%20uenca%20del%20duero%20\(C.H.D.\)/](http://ftp.itacyl.es/cartografia/01_Ortofotografia/1956/Mosaico%20de%20los%20fotogramas%20de%20uenca%20del%20duero%20(C.H.D.)/) (consultado el 21 Abril 2019).

MITECO. (2018). Acceso online (Consultado el 8 de abril de 2018): https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/vias_pecuarias.aspx

MITECO. (2019). Acceso online (Consultado el 2 de marzo de 2019): <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/inventario-nacional-de-biodiversidad/bdn-ieet-default.aspx>

SAIH Duero. (2018). Acceso online: <http://www.saihduero.es/risr/datos-tiempo-real> (Consultado el 7 de octubre de 2018).

SIGA, 2016. Sistema de información geográfica de datos agrarios. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Acceso online: <https://sig.mapama.gob.es/siga/> (Consultado el 16 de enero de 2016)

USGS. (2019). Acceso online: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (consultado el 17 Abril 2019)

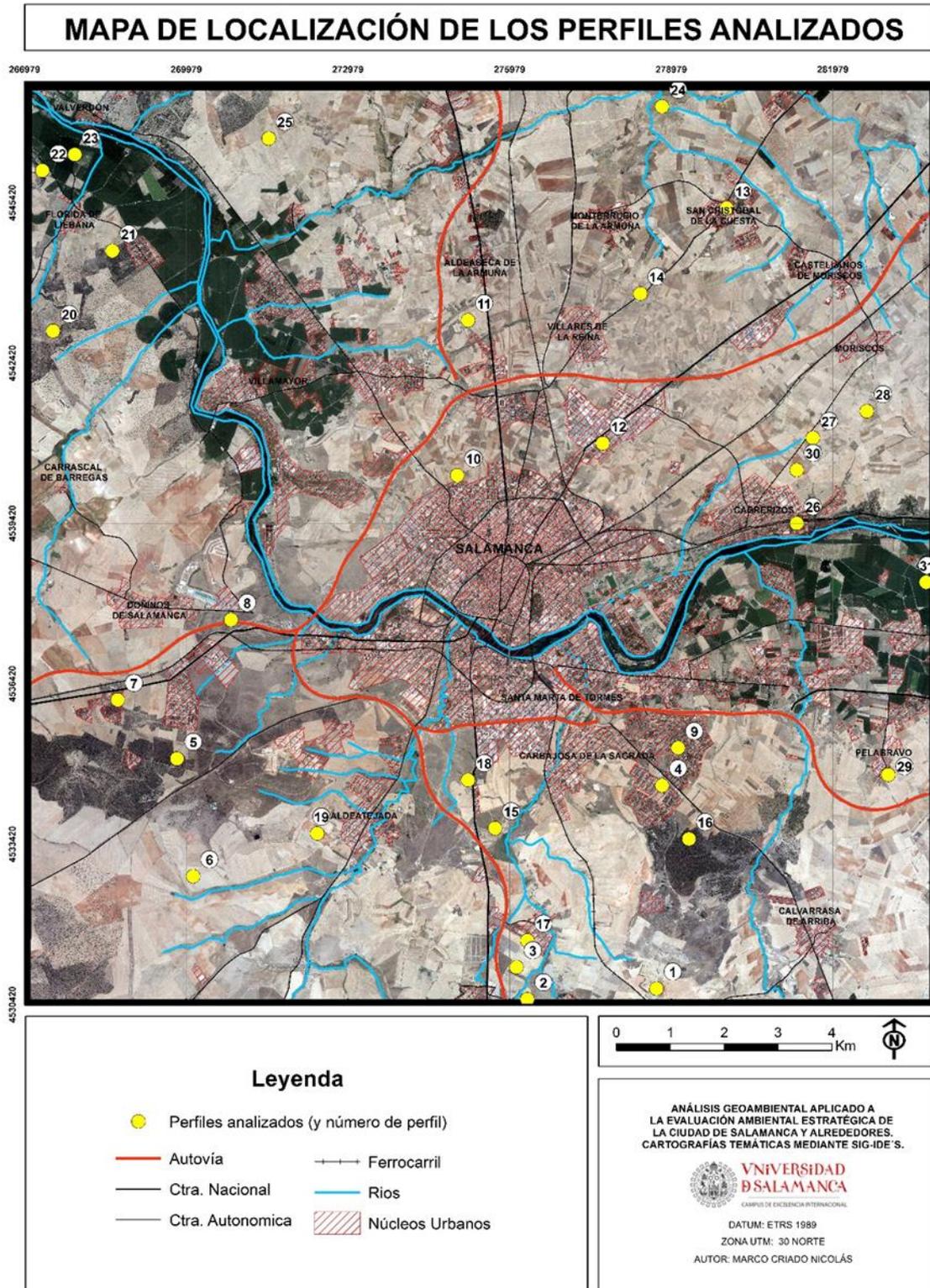
World Clim, 2016. Acceso online: <http://worldclim.org/version2> (Consultado el 14 de enero de 2016)

ANEXOS

ANEXO 1

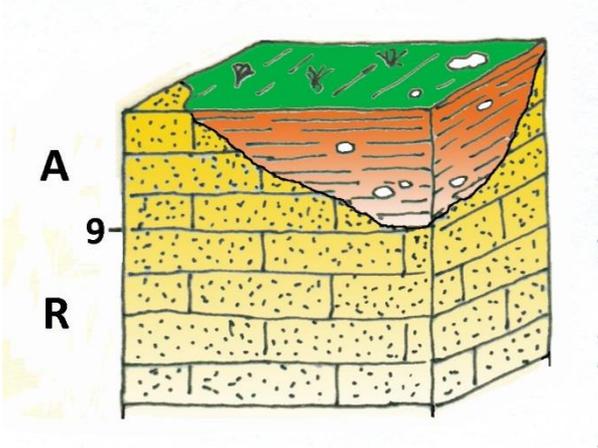
LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES EDÁFICOS

En el presente anexo se describen los distintos perfiles de los suelos analizados mediante una ficha descriptiva de cada uno de ellos, en la que se incluye una caracterización general del mismo y de sus características químicas y mecánicas. Previamente, se muestra la ubicación de todos los suelos analizados:



Mapa de ubicación de los perfiles edáficos estudiados.

PERFIL N° 1

DENOMINACIÓN (FAO)	
Leptosol humi-lítico (dístrico)	
LOCALIZACIÓN	
Arapil Chico (1.5 km al Este de Arapiles)	
COORDENADAS (UTM)	
278649-4530617, H 30	
POS. FISIOGRÁFICA	
Cumbre del Arapil Chico	
ALTITUD	
900 m	
ROCA MADRE	
Areniscas y conglomerados silíceos del Paleoceno	
USOS DEL SUELO	
Pastos	
PENDIENTE	
Suavemente inclinado (2-3 %)	
ROCOSIDAD	
Extremadamente rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Pedregoso	
DRENAJE	
Excesivamente drenado	
VEGETACIÓN	
Majadales y carduales	

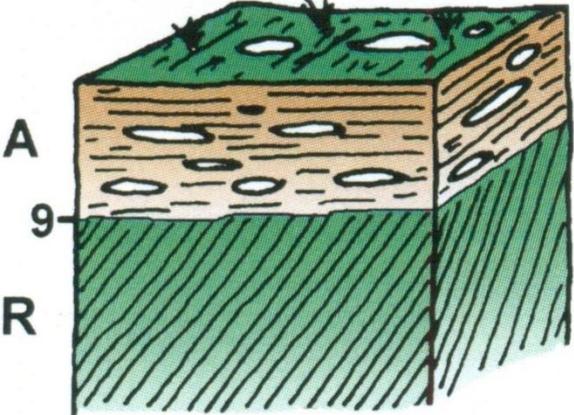
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-9	58.63	31.15	10.22	4.8	0.28	20.17	4.18	2.24
R	+9	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CaCO ₃ (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	2.45	1.51	0.09	0.24	0.32	0.87	7.01	21.68	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 2

DENOMINACIÓN (FAO)	Leptosol humi-lítico (éutrico)
LOCALIZACIÓN	Cantera situada 1 km al Oeste de Arapiles
COORDENADAS (UTM)	275590-4530679, H 30
POS. FISIOGRAFICA	Paisaje ondulado
ALTITUD	840 m
ROCA MADRE	Pizarras del Cámbrico Inferior (Formación de Aldeatejada)
USOS DEL SUELO	Pastos y/o agricultura
PENDIENTE	Llano (0%)
ROCOSIDAD	Moderadamente rocoso
PEDREGOSIDAD	Muy pedregoso
DRENAJE	Excesivamente drenado
VEGETACIÓN	Vallicares y majadales



Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-9	42.47	51.66	5.86	4.92	0.20	36.43	6.92	3.85
R	+9	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	3.06	1.43	0.07	0.16	1.63	1.03	5.72	50.52	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 3

DENOMINACIÓN (FAO)	Regosol éutrico
LOCALIZACIÓN	Camino que une Las Torres (1 km al SO) y el Mesón Arapiles
COORDENADAS (UTM)	275874-4531017, H 30
POS. FISIAGRÁFICA	Laderas sobre pizarras
ALTITUD	835 m
ROCA MADRE	Pizarras del Cámbrico Inferior (Formación de Aldeatejada)
USOS DEL SUELO	Cultivos de secano
PENDIENTE	Llano (0%)
ROCOSIDAD	No rocoso
PEDREGOSIDAD	Pedregoso
DRENAJE	Bien drenado
VEGETACIÓN	Malas hierbas (<i>Secalium mediterraneum</i>)

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-35	18.06	69.18	12.76	5.6	0.50	20.25	7.39	1.91
AC	35-44	9.32	77.84	12.84	6.0	0.25	35.41	6.93	3.77
C	+44	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	1.16	1.50	0.15	0.12	6.82	3.25	11.21	92.24	-
AC	0.56	1.46	0.11	0.09	7.45	4.6	12.15	100	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 4

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol rodi-vértico (cutánico)	
LOCALIZACIÓN	
Urbanización Navahonda	
COORDENADAS (UTM)	
278733-4534687, H 30	
POS. FISIOGRAFICA	
Terraza más alta del Tormes	
ALTITUD	
850 m	
ROCA MADRE	
Gravas cuarcíticas sobre areniscas silíceas paleocenas	
USOS DEL SUELO	
Urbano	
PENDIENTE	
Casi llano	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Muy pedregoso	
DRENAJE	
Moderadamente bien drenado	
VEGETACIÓN	
-	

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-22	51.02	30.60	18.39	5.9	0.63	13.95	5.44	1.33
B _{t1}	22-45	36.52	18.13	45.31	5.2	0.66	32.03	14.97	2.23
2B _{t2}	45-79	19.43	11.58	68.99	6.0	0.42	47.37	22.84	2.83
2B _{tk}	79-96	34.39	14.52	50.99	7.0	1.07	44.66	17.84	3.11
2C _k	+96	59.32	21.14	19.54	7.5	0.39	20.54	9.89	1.44

COLE (hasta 1m)=7.16 cm

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} ³ g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	1.04	1.68	0.09	0.13	8.46	1.94	10.32	100	-
B _{t1}	1.03	1.50	0.21	0.29	13.38	3.53	24.72	70.43	-
2B _{t2}	0.91	1.20	0.28	0.46	25.89	4.50	39.82	78.18	-
2B _{tk}	0.83	1.17	0.21	0.34	43.78	6.31	33.17	-	12.25
2C _k	0.28	1.39	0.11	0.17	36.23	4.96	20.87	-	13.88

PERFIL N° 5

DENOMINACIÓN (FAO)	
Cambisol distri-epileptico	
LOCALIZACIÓN	
Vértice geodésico de Los Montalvos	
COORDENADAS (UTM)	
269782-4534929, H 30	
POS. FISIOGRÁFICA	
Cumbre o cresta dentro de un paisaje fuertemente ondulado	
ALTITUD	
937 m	
ROCA MADRE	
Cuarcita armoricana	
USOS DEL SUELO	
Pastos y montes	
PENDIENTE	
Llana	
ROCOSIDAD	
Extremadamente rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Muy pedregoso	
DRENAJE	
Excesivamente drenado	
VEGETACIÓN	
Encinar algo adhesionado	

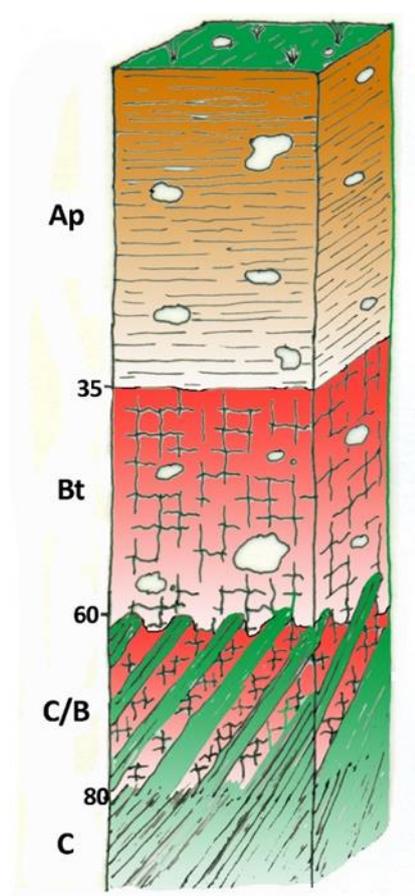
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-23	39.44	44.57	15.98	4.5	0.17	41.80	9.04	3.99
B _w	23-38	37.93	46.51	15.56	4.55	0.10	27.11	8.90	2.76
R	+38	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	4.73	1.23	0.11	0.26	1.04	0.24	14.72	11.21	-
B _w	2.05	1.56	0.09	0.06	-	0.11	9.34	2.78	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 6

DENOMINACIÓN (FAO)	Luvisol ródico
LOCALIZACIÓN	1.5 km SE de Los Montalvos 3 km al SO de Aldeatejada
COORDENADAS (UTM)	270045-4532847, H 30
POS. FISIAGRÁFICA	Laderas
ALTITUD	830 m
ROCA MADRE	Pizarras del Cámbrico Inferior (Fm. Aldeatejada)
USOS DEL SUELO	Agrícola
PENDIENTE	Suavemente inclinado
ROCOSIDAD	No rocoso
PEDREGOSIDAD	Muy pedregoso
DRENAJE	Moderadamente bien drenado
VEGETACIÓN	Cultivo de <i>Triticum sp</i>



Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-35	49.17	34.84	15.99	6.3	1.04	17.18	7.61	1.61
B _t	35-60	38.37	34.58	27.04	7.45	0.23	18.79	11.28	1.21
C/B	60-80	35.68	41.89	22.43	7.1	0.42	20.14	11.16	0.80
C	+80	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.49	1.78	0.09	0.16	8.26	1.87	11.23	92.43	-
B _t	0.37	1.64	0.16	0.21	13.62	3.27	16.93	100	-
C/B	0.29	1.41	0.11	0.17	18.39	3.84	19.37	100	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 7

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol háplico-crómico	
LOCALIZACIÓN	
Cruce de N-620 con DSA-303	
COORDENADAS (UTM)	
269028-4536228, H 30	
POS. FISIAGRÁFICA	
Ladera	
ALTITUD	
860 m	
ROCA MADRE	
Derrubio de ladera, arcilla roja	
USOS DEL SUELO	
Cultivos de secano	
PENDIENTE (%)	
3	
ROCOSIDAD	
Ninguna	
PEDREGOSIDAD	
Poco pedregoso	
DRENAJE	
Moderadamente bien drenado	
VEGETACIÓN	
Cultivo de <i>Triticum sp</i>	

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-15	45.27	38.71	16.02	5.55	0.54	16.85	6.20	1.59
B _{t1}	15-35	31.44	38.28	35.28	4.8	1.54	20.55	11.31	1.49
B _{t2}	35-64	31.55	30.27	38.18	5.1	0.35	18.63	12.01	0.95
2B _{t3}	64-87	33.17	30.46	36.38	5.25	0.37	17.16	11.74	0.41
3B _{t4}	87-117	18.50	18.70	62.90	4.75	0.23	28.55	19.69	1.25
4B _{t5}	+117	37.30	24.86	37.84	5.0	0.45	18.68	12.94	0.52

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	1.72	1.61	0.07	0.28	3.51	0.74	7.70	59.74	-
B _{t1}	1.18	1.63	0.33	0.36	7.18	2.91	16.93	63.67	-
B _{t2}	0.93	1.66	0.27	0.45	7.75	3.69	20.82	58.41	-
2B _{t3}	0.48	1.48	0.11	0.33	5.73	2.53	13.19	65.96	-
3B _{t4}	0.26	1.45	0.23	0.53	10.17	0.55	27.62	41.56	-
4B _{t5}	0.24	1.68	0.11	0.31	7.61	2.86	15.83	68.79	-

PERFIL N° 8

DENOMINACIÓN (FAO)	
Cambisol eutri-crómico	
LOCALIZACIÓN	
Trinchera ferrocarril Salamanca– Fuentes de Oñoro, 1.5 km al E de Doñinos	
COORDENADAS (UTM)	
270625-4537385, H 30	
POS. FISIAGRÁFICA	
Vaguada, en entorno ondulado	
ALTITUD	
830 m	
ROCA MADRE	
Pizarras grises (Ordovícico I.)	
USOS DEL SUELO	
Agrícola	
PENDIENTE	
Llano o casi llano	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Muy pedregoso	
DRENAJE	
Bien drenado	
VEGETACIÓN	
Cultivos cerealistas	

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-26	29.44	51.99	18.57	4.95	0.88	27.16	8.93	2.29
C/B	26-60	22.49	50.02	27.49	5.45	0.63	40.53	10.86	3.79
C	+60	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ_{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	1.27	1.32	0.07	0.24	2.96	0.51	8.05	46.96	-
C/B	0.80	1.51	0.09	0.11	4.00	0.92	9.73	52.62	-
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 9

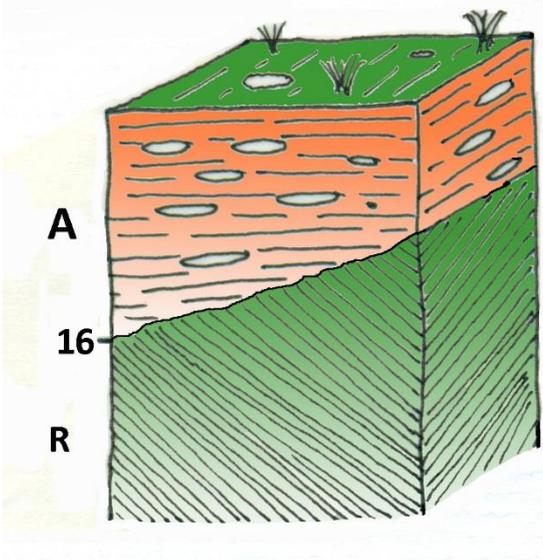
DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol calci-vértico (cutánico)	
LOCALIZACIÓN	
Urbanización Valdelagua	
COORDENADAS (UTM)	
279436-4535254, H 30	
POS. FISIOGRAFICA	
Glaci-terrazza de Valdelagua	
ALTITUD	
830 m	
ROCA MADRE	
Grava de cuarzo y cuarcita (terrazza), sobre areniscas silíceas	
USOS DEL SUELO	
Urbano	
PENDIENTE	
Suavemente inclinado	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Pedregoso	
DRENAJE	
Moderadamente bien drenado	
VEGETACIÓN	
-	

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-20	45.55	33.65	20.78	5.9	1.15	21.34	7.92	2.23
B _{t1}	20-60	27.74	19.74	52.56	5.9	0.48	30.19	18.93	1.41
2B _{t2}	60-103	16.29	11.70	71.97	6.65	0.34	54.84	26.51	3.41
2B _{tk}	103-140	29.08	34.71	36.20	7.45	1.01	28.37	13.09	2.13
2BC _k	140-205	33.38	35.28	31.37	7.45	0.81	28.30	12.75	1.88
3C _k	205-270	63.71	16.95	19.34	7.2	1.58	16.32	9.64	1.03

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.73	1.72	0.09	0.37	8.59	1.84	9.98	100	0.17
B _{t1}	0.53	1.42	0.20	0.43	16.61	3.86	28.51	74.01	0.05
2B _{t2}	0.39	1.23	0.11	0.51	25.31	3.22	41.01	71.08	1.08
2B _{tk}	0.11	1.47	0.01	0.25	39.44	4.85	19.22	-	48.55
2BC _k	0.04	1.25	0.09	0.28	36.61	2.98	18.62	-	43.48
3C _k	0.02	1.83	0.00	0.24	18.07	2.36	14.92	-	2.71

PERFIL N° 10

DENOMINACIÓN (FAO)	
Leptosol eutri-lítico	
LOCALIZACIÓN	
Barrio de Los Pizarrales (Salamanca)	
COORDENADAS (UTM)	
, H 30	
POS. FISIAGRÁFICA	
Ladera de una colina	
ALTITUD	
850 m	
ROCA MADRE	
Pizarras ordovícicas	
USOS DEL SUELO	
Solar urbano	
PENDIENTE	
Moderadamente escarpado	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
No pedregoso	
DRENAJE	
Excesivamente drenado	
VEGETACIÓN	
-	

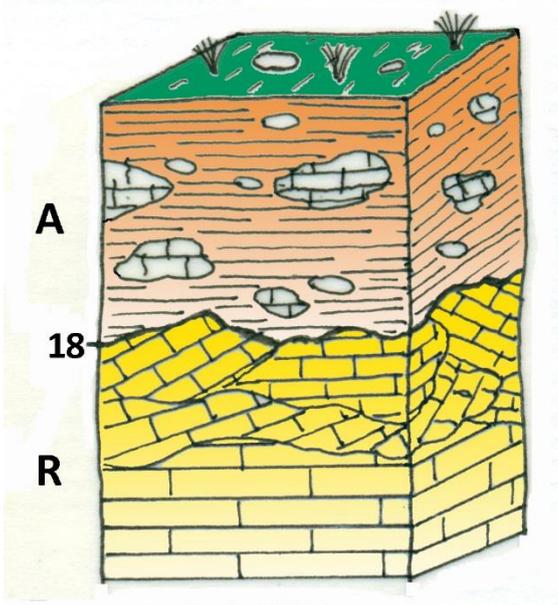
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-9	46.10	40.71	13.17	6.55	0.65	18.19	7.32	1.59
R	+9	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	2.00	1.75	0.0	0.17	7.22	1.17	7.94	100	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 11

DENOMINACIÓN (FAO)	Leptosol calcari-húmico
LOCALIZACIÓN	1.5 km al S de Aldeaseca
COORDENADAS (UTM)	275192-4543014, H 30
POS. FISIAGRÁFICA	Superficie antiguas planas o "superficie de arrasamiento"
ALTITUD	820 m
ROCA MADRE	Calizas, costras calcáreas
USOS DEL SUELO	Agrícola
PENDIENTE	Llano
ROCOSIDAD	No rocoso
PEDREGOSIDAD	Muy pedregoso
DRENAJE	Excesivamente drenado
VEGETACIÓN	Cultivos cerealistas o de girasol



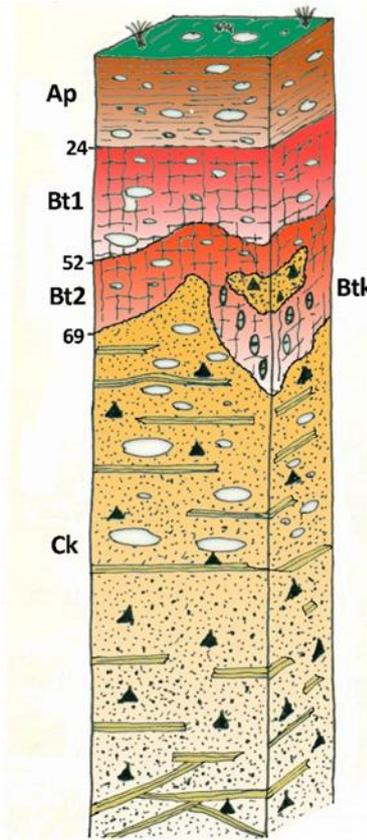
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-18	40.33	32.04	27.66	7.45	0.79	23.34	13.19	1.24
R	+18	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	2.11	1.35	0.01	0.31	39.43	1.67	18.70	100	43.3
R	1.37	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 12

DENOMINACIÓN (FAO)	Luvisol calci-vértico (ródico, cutánico)
LOCALIZACIÓN	Pol. Ind. Los Villares
COORDENADAS (UTM)	278210-4540775, H 30
POS. FISIOGRAFICA	Superficie antigua plana
ALTITUD	860 m
ROCA MADRE	Gravas sobre areniscas feldespáticas miocénicas
USOS DEL SUELO	Agrícola
PENDIENTE	Llano
ROCOSIDAD	No rocoso
PEDREGOSIDAD	No pedregoso
DRENAJE	Moderadamente bien drenado
VEGETACIÓN	Cultivos cerealistas



Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-24	40.63	16.00	43.37	6.65	1.66	20.47	17.46	0.44
B _{t1}	24-52	25.37	4.90	69.74	6.85	0.38	37.39	26.68	1.21
B _{t2}	52-69	41.31	7.72	50.98	6.80	3.13	21.09	18.14	0.38
C _k	+69	56.67	19.04	24.28	7.35	0.47	17.85	9.58	0.90

COLE (hasta 1m)=6.62 cm

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} ³ g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	1.32	1.54	0.06	0.47	21.54	2.43	26.11	98.93	0.09
B _{t1}	0.85	1.16	0.27	0.51	37.29	3.71	39.06	100	0.26
B _{t2}	0.60	1.56	0.14	0.34	32.33	2.47	30.03	100	1.38
C _k	0.19	1.54	0.20	0.23	35.04	1.28	15.24	100	28.57

PERFIL N° 13

DENOMINACIÓN (FAO)	
Cambisol éútrico	
LOCALIZACIÓN	
San Cristóbal de la Cuesta	
COORDENADAS (UTM)	
279821-4545033, H 30	
POS. FISIOGRAFICA	
Paisaje ondulado, Laderas	
ALTITUD	
830 m	
ROCA MADRE	
Areniscas feldespáticas (Mioceno)	
USOS DEL SUELO	
Solar Urbano	
PENDIENTE	
Llano	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
No pedregoso	
DRENAJE	
Bien drenado	
VEGETACIÓN	
-	

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-39	66.34	13.31	20.35	6.9	1.02	18.93	6.74	1.97
B _{w1}	39-69	60.18	10.13	29.66	7.3	0.29	23.19	8.66	2.38
B _{w2}	60-88	40.84	30.30	28.84	7.3	0.38	20.91	15.47	0.94
CB	88-104	56.53	20.87	22.59	7.2	0.29	16.02	9.81	1.02
C	+104	84.63	3.74	11.65	7.2	0.28	10.42	5.61	0.78

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.82	1.64	0.00	0.37	15.98	3.14	17.64	100	0.98
B _{w1}	0.49	1.64	0.03	0.30	19.97	5.83	21.35	100	0.75
B _{w2}	0.37	1.73	0.15	0.25	16.81	6.34	24.99	94.24	0.01
CB	0.32	1.65	0.11	0.23	16.30	6.85	18.82	100	0.05
C	0.28	1.64	0.07	0.38	10.14	4.45	10.73	100	0.17

PERFIL N° 14

DENOMINACIÓN (FAO)	Regosol éutrico
LOCALIZACIÓN	Carretera SA-605 (Toro), 1 km al NE de Villares de la Reina
COORDENADAS (UTM)	278806-4544101, H 30
POS. FISIOGRÁFICA	Paisaje ondulado: laderas.
ALTITUD	830 m
ROCA MADRE	Areniscas feldespáticas grises del Mioceno
USOS DEL SUELO	Agrícola
PENDIENTE	Inclinado
ROCOSIDAD	No rocoso
PEDREGOSIDAD	No pedregoso
DRENAJE	Algo excesivamente drenado
VEGETACIÓN	Cultivos de girasol y cereales

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-31	69.71	10.82	19.46	5.7	2.46	12.97	7.48	0.88
C	+31	72.88	10.10	17.02	6.5	0.44	13.77	8.51	0.87

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.31	1.67	0.00	0.44	6.82	4.7	16.74	71.45	-
C	0.11	1.67	0.00	0.21	11.63	5.53	19.89	87.33	-

PERFIL N° 15

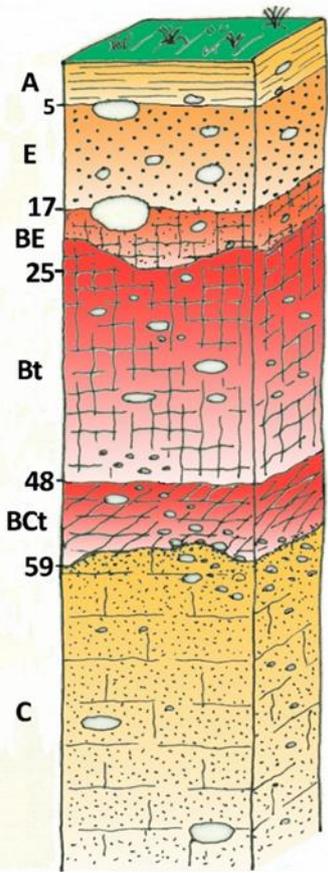
DENOMINACIÓN (FAO)	Leptosol dístrico
LOCALIZACIÓN	La Pinilla, P.K 3.7 de la carretera N-630
COORDENADAS (UTM)	275636-4533590, H 30
POS. FISIAGRÁFICA	Paisaje ondulado
ALTITUD	800 m
ROCA MADRE	Areniscas silíceas paleocenas, muy duras
USOS DEL SUELO	Pastizales
PENDIENTE	Casi llano
ROCOSIDAD	Rocoso
PEDREGOSIDAD	Muy pedregoso
DRENAJE	Excesivamente drenado
VEGETACIÓN	Pastizales vivaces

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-12/23	61.62	26.41	11.96	4.65	0.44	12.39	8.47	0.59
R	+12/23	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	1.27	1.65	0.01	0.51	0.81	0.13	4.5	32.44	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 16

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol ródico	
LOCALIZACIÓN	
Dehesa de Pelagarcía	
COORDENADAS (UTM)	
279317-4533504, H 30	
POS. FISIOGRAFICA	
Paisaje ondulado: Llanura	
ALTITUD	
845 m	
ROCA MADRE	
Microconglomerados y areniscas silíceas (Paleoceno)	
USOS DEL SUELO	
Pastizal	
PENDIENTE	
Suavemente inclinado	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Pedregoso	
DRENAJE	
Moderadamente bien drenado	
VEGETACIÓN	
Encinar adhesionado	

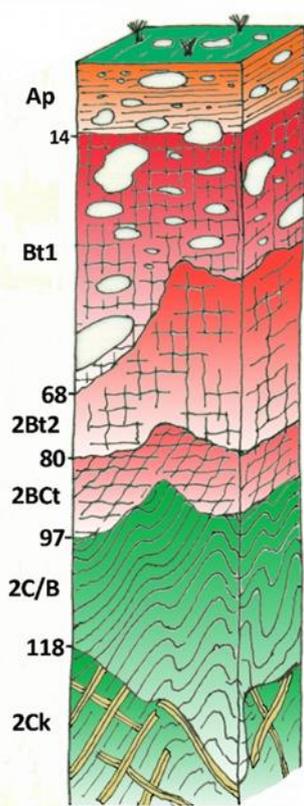
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-5	57.78	30.87	11.35	5.1	0.36	18.35	5.20	1.96
E	5-17	64.43	25.55	10.00	4.55	0.33	10.03	3.68	0.92
BE	17-25	57.32	21.96	20.71	-	-	-	-	-
B _t	25-48	50.42	13.39	36.23	4.1	0.64	20.22	14.91	0.72
BC _t	48-59	58.03	7.61	34.35	4.3	0.18	20.40	16.47	0.53
C	+59	75.52	3.30	21.15	4.5	0.21	12.72	10.30	0.34

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	2.41	1.66	0.12	0.33	3.69	0.73	8.74	55.72	-
E	0.85	1.85	0.05	0.27	2.68	0.57	6.73	53.05	-
BE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B _t	0.51	1.51	0.36	0.16	14.91	4.67	27.26	73.73	-
BC _t	0.32	1.53	0.39	0.26	19.88	6.31	34.29	78.27	-
C	0.26	1.71	0.30	0.17	18.43	4.99	29.08	82.15	-

PERFIL N° 17

DENOMINACIÓN (FAO)	Luvisol rodi-vértico (cutánico)
LOCALIZACIÓN	Las Torres (Depósito del agua)
COORDENADAS (UTM)	276182-4531504, H 30
POS. FISIOGRAFICA	Superficie llana sobre glacis
ALTITUD	846 m
ROCA MADRE	Grava de cuarcita sobre pizarra
USOS DEL SUELO	Agrícola
PENDIENTE	Llano
ROCOSIDAD	No rocoso
PEDREGOSIDAD	Muy pedregoso
DRENAJE	Escasamente drenado
VEGETACIÓN	Cultivos de cereales



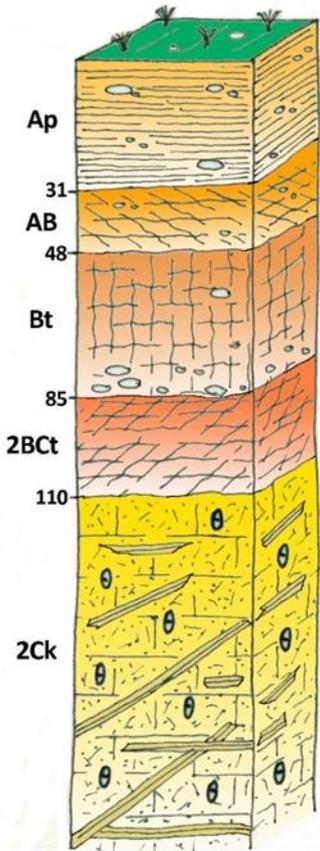
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	C.E.	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-14	18.02	39.86	42.09	6.25	2.17	23.31	16.31	0.87
B _{t1}	14-68	9.95	18.15	71.90	6.05	3.67	38.06	28.57	1.20
2B _{t2}	68-80	6.78	28.55	64.65	7.20	0.51	25.02	24.52	0.07
2B _{Ct}	80-97	8.68	43.77	47.53	7.25	0.52	40.51	20.01	3.01
2C/B	97-118	15.99	57.58	26.43	7.00	2.19	34.41	14.47	2.61
2C _k	+118	22.22	66.54	11.27	7.75	-	28.82	9.91	-

COLE (hasta 1m)=8.48 cm

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	1.62	1.37	0.14	0.34	18.76	2.11	24.88	85.81	0.63
B _{t1}	0.85	1.30	0.25	0.32	28.16	3.09	25.93	100	0.65
2B _{t2}	-	1.32	0.11	0.22	26.42	3.64	33.39	91.02	0.62
2B _{Ct}	0.51	1.47	0.17	0.19	23.29	3.49	28.01	96.89	0.77
2C/B	0.32	1.42	0.23	0.21	15.94	2.29	17.12	100	0.82
2C _k	0.26	-	0.17	0.05	33.16	1.32	-	-	31.58

PERFIL N° 18

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol vértico	
LOCALIZACIÓN	
La Pinilla, PK 2.8 N-630	
COORDENADAS (UTM)	
275270-4534494, H 30	
POS. FISIOGRAFICA	
Paisaje ondulado: llanura.	
ALTITUD	
820 m	
ROCA MADRE	
Niveles arcillosos intercalados en areniscas silíceas blandas	
USOS DEL SUELO	
Agrícola	
PENDIENTE	
Suavemente inclinado	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Pedregoso	
DRENAJE	
Moderadamente bien drenado	
VEGETACIÓN	
Cultivos cerealistas/Barbechos	

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-31	75.57	17.86	6.53	5.6	0.68	6.83	3.81	0.51
AB	31-48	69.26	18.34	12.40	5.9	0.32	9.93	5.83	0.64
B _t	48-85	54.43	18.91	26.69	6.45	0.29	21.44	14.18	1.18
2BC _t	85-110	28.21	22.34	49.49	7.1	0.58	32.27	27.07	0.72
2C _k	+ 110	27.15	34.88	37.98	7.75	0.55	26.41	22.98	0.50

COLE (hasta 1m)=5.45 cm

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.44	1.81	0.08	0.12	4.42	0.73	5.16	100	0.62
AB	0.30	1.75	0.15	0.15	5.21	1.82	8.04	91.17	0.28
B _t	0.26	1.67	0.16	0.21	11.09	5.91	20.73	83.79	0.09
2BC _t	0.14	1.39	0.37	0.07	23.30	12.68	22.91	100	0.58
2C _k	0.11	1.47	0.33	0.08	37.38	7.45	24.26	-	6.62

PERFIL N° 19

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol cromi-cálcico (cutánico)	
LOCALIZACIÓN	
800 m al Oeste de Aldeatejada	
COORDENADAS (UTM)	
272400-4533502, H 30	
POS. FISIAGRÁFICA	
Llanura junto A. del Zurguén	
ALTITUD	
815 m	
ROCA MADRE	
Gravas cuarcíticas sobre pizarras de la Fm. Aldeatejada	
USOS DEL SUELO	
Agrícola	
PENDIENTE	
Suavemente inclinado	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Muy pedregoso	
DRENAJE	
Moderadamente bien drenado	
VEGETACIÓN	
Cultivos cerealistas	

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-21	35.20	45.89	18.91	6.25	0.62	1.59	5.86	1.53
2B _t	21-46	16.00	29.09	54.91	6.65	0.51	1.51	15.14	1.58
2C _{k1}	46-73	23.30	51.60	25.09	7.95	0.63	1.34	10.47	5.19
2C _{k2}	+73	26.08	64.20	9.69	8.15	0.42	1.48	4.80	4.48

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	1.09	1.59	0.13	0.19	5.46	0.82	10.5	62.86	0.13
2B _t	0.59	1.51	0.57	0.45	23.3	2.64	29.91	90.14	0.63
2C _{k1}	0.35	1.34	0.64	0.14	37.38	1.41	14.67	-	37.52
2C _{k2}	0.18	1.48	0.24	0.08	31.84	0.48	12.15	-	21.15

PERFIL N° 20

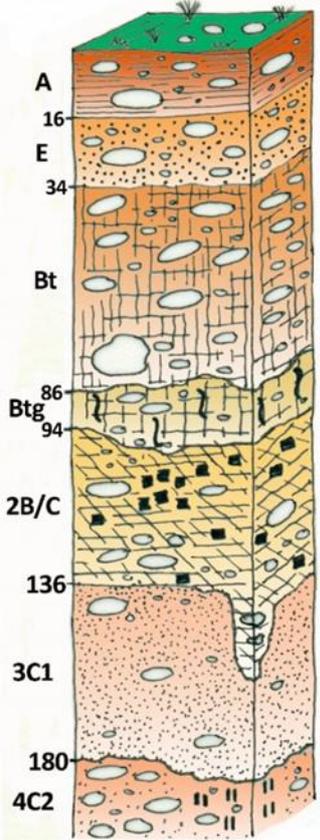
DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol gleyi-vértico (crómico-epidístico)	
LOCALIZACIÓN	
Alquería de Villaselva	
COORDENADAS (UTM)	
267464-4542904, H 30	
POS. FISIAGRÁFICA	
Terrazas altas del Tormes	
ALTITUD	
840 m	
ROCA MADRE	
Gravas cuarcíticas sobre sedimentos rojos y areniscas	
USOS DEL SUELO	
Agroganadero	
PENDIENTE	
Llano	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Excesivamente pedregoso	
DRENAJE	
Imperfectamente drenado	
VEGETACIÓN	
Encinar	

Información analítica

COLE (hasta 1m)=7.92 cm

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmho/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-17	50.94	33.67	15.39	5.65	0.34	11.41	6.22	0.68
B _t	17-50	35.88	18.95	45.14	4.40	0.16	20.27	13.88	0.77
B _{tg1}	50-80	21.50	5.48	73.02	4.45	0.14	31.98	21.17	1.19
2B _{tg2}	80-105	28.86	10.73	60.40	4.55	0.34	30.92	23.19	0.91
2C _{k1}	105-140	60.27	14.86	24.84	6.25	3.78	13.69	8.89	0.88
3C _{k2}	+140	52.25	9.50	38.22	6.85	3.86	26.72	16.02	0.48
Horiz.	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	2.34	1.58	0.12	0.27	3.54	0.90	10.96	44.07	0.09
B _t	0.75	1.42	0.20	0.24	8.25	2.01	23.39	45.75	0.25
B _{tg1}	0.74	1.21	0.27	0.46	22.99	4.12	39.80	69.95	0.25
2B _{tg2}	0.41	1.21	0.40	0.43	22.16	3.94	40.5	66.49	1.04
2C _{k1}	0.23	1.85	0.43	0.33	15.72	2.29	17.63	100	1.93
3C _{k2}	0.31	1.12	0.45	0.30	34.62	3.20	23.78	100	2.87

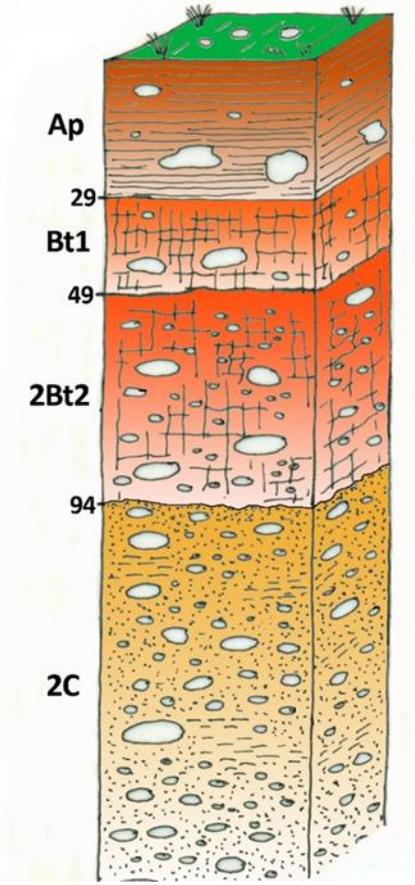
PERFIL N° 21

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol distri-gléyico	
LOCALIZACIÓN	
1 km SE de Florida de Liébana	
COORDENADAS (UTM)	
268625-4544453, H 30	
POS. FISIOGRAFICA	
Terraza media del Tormes	
ALTITUD	
810 m	
ROCA MADRE	
Gravas cuarcíticas sobre conglomerado rojo miocénico	
USOS DEL SUELO	
Agroganadero	
PENDIENTE	
Llano	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Muy pedregoso	
DRENAJE	
Imperfectamente drenado	
VEGETACIÓN	
Encinar adhesionado	

Información analítica

Horiz.	Profundidad (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmho/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-16	52.30	34.29	13.40	5.15	0.34	21.14	6.27	1.47
E	16-34	49.01	29.54	21.45	4.0	0.28	17.97	10.82	0.41
B _t	34-86	39.30	8.6	52.07	4.3	0.08	29.84	21.10	0.55
B _{tg}	86-96	34.38	6.70	58.91	4.1	0.23	34.50	23.58	1.31
2B/C	96-136/160	46.93	8.19	44.91	4.1	0.98	28.51	16.60	1.39
3C ₁	136/160-180/185	63.88	3.54	32.58	4.7	0.61	20.69	10.15	1.58
4C ₂	+180/185	72.64	3.71	23.65	6.2	4.01	18.19	11.29	0.58
Horiz.	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	3.53	1.41	0.17	0.29	2.57	0.53	9.39	37.91	-
E	0.77	1.48	0.11	0.12	0.76	0.37	9.49	14.33	-
B _t	0.44	1.44	0.31	0.27	8.36	3.08	27.03	44.47	0.16
B _{tg}	0.35	1.31	0.45	0.38	19.86	3.90	36.87	66.69	0.24
2B/C	0.24	1.45	0.43	0.38	16.58	3.35	28.27	73.69	0.23
3C ₁	0.11	1.83	0.37	0.29	12.54	2.38	19.06	81.74	0.94
4C ₂	0.13	1.59	0.23	0.23	17.16	2.11	15.50	100	0.90

PERFIL N° 22

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol crómico	
LOCALIZACIÓN	
1km NO de Florida de Liébana	
COORDENADAS (UTM)	
, H 30	
POS. FISIOGRAFICA	
Terrazas bajas del Tormes	
ALTITUD	
780 m	
ROCA MADRE	
Gravas y arenas, depósitos de terraza	
USOS DEL SUELO	
Agroforestal	
PENDIENTE	
Suavemente inclinado	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Muy pedregoso	
DRENAJE	
Moderadamente bien drenado	
VEGETACIÓN	
Encinar adhesionado	

Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-29	61.85	25.15	13.00	5.4	0.25	14.80	4.08	1.72
B _{t1}	29-49	37.94	19.86	42.21	5.35	0.24	26.69	14.69	1.79
2B _{t2}	49-94	56.54	10.10	33.37	5.6	0.53	23.99	12.04	1.81
2C	+94	85.29	6.41	8.30	6.4	0.45	7.57	3.33	0.32

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.60	1.68	0.08	0.24	4.58	1.19	6.94	87.75	-
B _{t1}	0.51	1.50	0.00	0.51	15.31	4.27	27.52	73.00	-
2B _{t2}	0.46	2.03	0.44	0.48	13.84	3.87	25.31	73.61	-
2C	0.19	1.63	0.04	0.14	4.78	1.36	8.55	73.92	-

PERFIL N° 23

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol háplico	
LOCALIZACIÓN	
1 km N de Florida de Liébana	
COORDENADAS (UTM)	
267915-4546318, H 30	
POS. FISIAGRÁFICA	
Llanura de inundación	
ALTITUD	
770 m	
ROCA MADRE	
Depósitos de gravas y arenas	
USOS DEL SUELO	
Agrícola	
PENDIENTE	
Llano	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
No pedregoso	
DRENAJE	
Moderadamente bien drenado	
VEGETACIÓN	
Cultivos de regadío	

Diagrama de un perfil de suelo con los siguientes horizontes y espesores (cm):
 Ap: 0-39
 BA: 39-59
 Bt1: 59-78
 Bt2: 78-121
 Ck1: 121-133
 Ck2: 133-166
 Ck3: +166

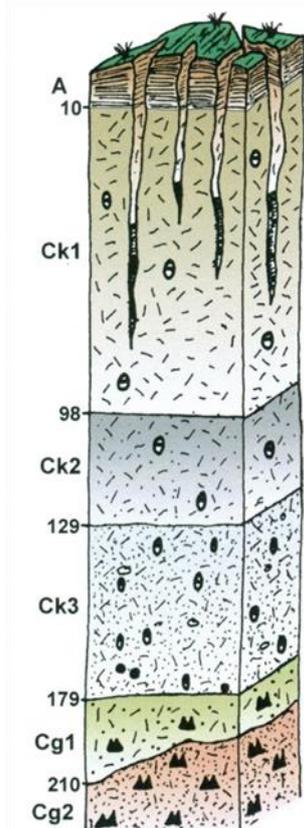
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-39	37.03	41.26	21.71	7.6	0.67	22.45	10.34	1.95
BA	39-59	37.05	49.90	13.03	7.4	0.92	20.78	8.17	1.93
B _{t1}	59-78	33.33	30.93	35.70	7.3	0.52	27.01	12.37	2.13
B _{t2}	78-121	27.74	38.56	33.74	7.1	0.52	28.23	19.52	1.28
C _{k1}	121-133	40.17	39.97	22.88	7.7	0.60	25.23	11.67	2.14
C _{k2}	133-166	67.76	19.61	12.61	7.5	1.50	10.18	6.94	0.51
C _{k3}	+166	86.23	8.81	4.94	7.5	1.92	7.87	2.99	0.76

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.80	1.66	0.12	0.39	23.77	2.86	18.81	100	1.89
BA	0.45	1.53	0.07	0.19	10.26	1.68	11.38	100	0.86
B _{t1}	0.37	1.46	0.20	0.47	17.34	5.35	26.71	87.46	0.95
B _{t2}	0.27	1.47	0.24	0.44	19.75	6.31	30.21	88.51	0.92
C _{k1}	0.25	1.59	0.08	0.29	32.08	4.82	21.22	100	5.31
C _{k2}	0.18	1.64	0.04	0.16	17.83	2.35	11.62	100	3.38
C _{k3}	0.16	1.56	0.04	0.07	14.96	1.67	4.51	100	4.71

PERFIL N° 24

DENOMINACIÓN (FAO)	Vertisol cromi-cálcico
LOCALIZACIÓN	Depresión de Monterrubio Ar.
COORDENADAS (UTM)	278803-4547215, H 30
POS. FISIOGRÁFICA	Fondo de valle: zona endorreica
ALTITUD	790 m
ROCA MADRE	Depósitos de arcilla gris oscura
USOS DEL SUELO	Ganadero
PENDIENTE	Llano
ROCOSIDAD	No rocoso
PEDREGOSIDAD	No pedregoso
DRENAJE	Escasamente drenado
VEGETACIÓN	Pastizales con apetencia salina



Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-10	1.04	22.85	76.11	7.0	1.95	54.61	31.21	1.99
C _{k1}	10-98	2.27	11.84	85.90	7.8	3.77	46.59	33.69	1.21
C _{k2}	98-129	12.64	18.09	69.26	7.7	1.12	50.67	42.42	0.83
C _{k3}	129-179	20.53	24.01	55.42	7.6	1.48	38.58	26.40	1.46
C _{g1}	179-210	18.31	20.10	61.59	7.3	0.39	37.30	24.47	1.46
C _{g2}	+210	17.41	43.65	38.98	7.5	1.28	37.58	24.89	1.59

COLE (hasta 1.5m)=32.11 cm

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	6.05	0.85	3.00	1.02	35.45	32.87	39.15	100	2.82
C _{k1}	1.36	0.94	10.24	1.16	25.08	46.92	55.82	100	4.38
C _{k2}	1.36	1.01	3.6	0.75	36.18	32.66	49.71	100	9.51
C _{k3}	0.80	1.21	4.2	0.51	34.99	19.24	35.14	100	15.28
C _{g1}	0.39	1.14	4.82	0.72	17.01	24.63	46.62	100	1.99
C _{g2}	0.29	1.46	4.67	0.65	11.15	16.52	30.90	100	1.08

PERFIL N° 25

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol háplico	
LOCALIZACIÓN	
Camino que une Valcuevo con Mozodiél de Sanchfñigo	
COORDENADAS (UTM)	
271777-4546624, H 30	
POS. FISIAGRÁFICA	
Paisaje ondulado	
ALTITUD	
810 m	
ROCA MADRE	
Areniscas de Villamayor	
USOS DEL SUELO	
Agrícola	
PENDIENTE	
Suavemente inclinado	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
No pedregoso	
DRENAJE	
Moderadamente bien drenado	
VEGETACIÓN	
Cultivos de cereales	

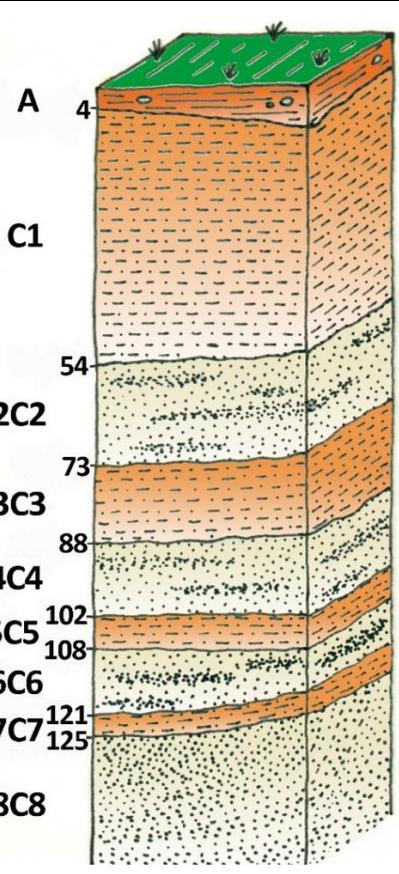
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mm ho/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-39	71.20	20.71	8.06	5.6	0.41	11.14	3.44	1.40
B _{t1}	39-80	64.72	12.45	22.80	5.7	0.17	21.75	9.63	2.01
B _{t2}	80-139	71.11	14.15	14.75	6.2	0.19	18.23	6.05	2.12
C ₁	139-176	80.16	8.35	11.49	6.1	0.26	11.71	4.23	1.24
C ₂	+176	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.57	1.82	0.26	0.15	4.15	1.45	5.07	100	-
B _{t1}	0.33	1.66	0.11	0.23	11.59	5.58	16.56	100	-
B _{t2}	0.18	1.75	0.21	0.19	8.62	4.43	11.29	100	-
C ₁	0.15	1.69	0.61	0.12	11.23	3.92	9.26	100	-

PERFIL N° 26

DENOMINACIÓN (FAO)	Fluvisol éútrico
LOCALIZACIÓN	Camping D Quijote, Cabrerizos
COORDENADAS (UTM)	281305-4539414, H 30
POS. FISIAGRÁFICA	Llanura de inundación junto al cauce actual del Tormes
ALTITUD	775 m
ROCA MADRE	Depósitos de limos y arenas
USOS DEL SUELO	Esparcimiento
PENDIENTE	Llano
ROCOSIDAD	No rocoso
PEDREGOSIDAD	No pedregoso
DRENAJE	Algo excesivamente drenado
VEGETACIÓN	Pastos (vallicares)



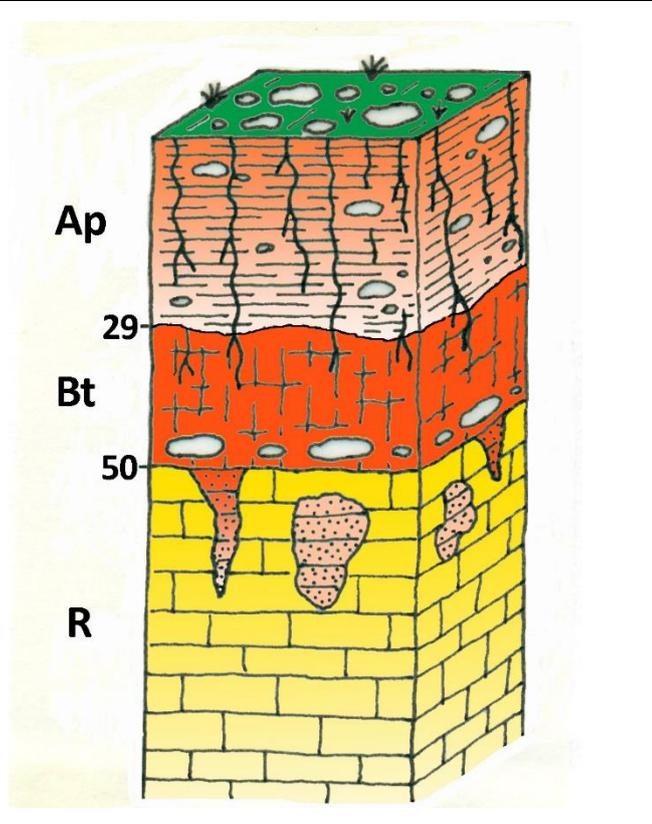
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A	0-4	68.87	20.82	10.32	6.6	0.49	13.84	5.24	1.16
C ₁	4-54	50.82	35.73	13.45	6.6	0.21	22.57	6.42	2.37
2C ₂	54-73	-	-	-	-	-	-	-	-
3C ₃	73-88	-	-	-	-	-	-	-	-
4C ₄	88-102	-	-	-	-	-	-	-	-
5C ₅	102-108	-	-	-	-	-	-	-	-
6C ₆	108-121	-	-	-	-	-	-	-	-
7C ₇	121-125	-	-	-	-	-	-	-	-
8C ₈	+125	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A	0.76	1.37	0.53	0.36	10.74	1.54	10.39	100	-
C ₁	0.88	1.47	0.24	0.27	10.25	1.84	11.83	100	-

PERFIL N° 27

DENOMINACIÓN (FAO)
Luvisol cromi-léptico
LOCALIZACIÓN
Carretera Cabrerizos-Moriscos (1.5 km NE de Cabrerizos)
COORDENADAS (UTM)
281530-4541046, H 30
POS. FISIOGRAFICA
Paisaje ondulado: cima
ALTITUD
852 m
ROCA MADRE
Areniscas de Cabrerizos y calizas en las zonas altas
USOS DEL SUELO
Agrícola
PENDIENTE
Llano
ROCOSIDAD
No rocoso
PEDREGOSIDAD
Pedregoso
DRENAJE
Moderadamente bien drenado
VEGETACIÓN
Cultivos de cereales



Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-29	56.25	10.17	33.57	6.90	1.94	27.74	14.34	1.70
B _t	29-50	49.08	9.46	41.45	7.45	0.52	37.59	20.96	1.77
R	+50	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} (g/cm ³)	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.87	1.35	0.29	0.63	31.45	2.06	29.29	100	0.84
B _t	0.6	1.10	0.82	1.33	30.97	3.37	34.77	100	0.26
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 28

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol cromi-gléyico	
LOCALIZACIÓN	
Alto de la Serrá (Carretera de Cabrerizos a Moriscos)	
COORDENADAS (UTM)	
, H 30	
POS. FISIGRÁFICA	
Cimas: superficie antigua	
ALTITUD	
880 m	
ROCA MADRE	
Areniscas feldespáticas	
USOS DEL SUELO	
Agrícola	
PENDIENTE	
Casi llano	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
No pedregoso	
DRENAJE	
Bien drenado	
VEGETACIÓN	
Cultivos de cereales	

Información analítica

Hori.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A ₁	0-7	82.17	8.78	9.04	6.8	0.65	1.41	3.88	0.51
A ₂	7-28	76.12	10.88	13.01	6.4	0.30	1.53	4.62	1.99
2B _{tg}	28-36/48	58.72	7.73	33.55	6.1	0.65	1.41	13.44	1.37
2C _{g1}	36/48-96	66.90	8.04	25.07	6.2	0.53	1.56	9.00	1.32
3C _{g2}	+96	70.08	10.91	19.01	6.8	0.72	1.63	8.50	1.25

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A ₁	0.89	1.45	0.00	0.31	5.73	0.83	6.01	100	-
A ₂	0.36	-	0.00	0.13	6.14	0.70	6.95	100	-
2B _{tg}	0.36	-	0.00	0.43	12.17	1.36	16.99	82.17	-
2C _{g1}	0.15	-	0.40	0.22	13.82	0.94	13.63	100	-
3C _{g2}	0.12	-	0.27	0.20	12.92	0.70	12.36	100	-

PERFIL N° 29

DENOMINACIÓN (FAO)	
Luvisol calci-vértico (ródico-cutánico)	
LOCALIZACIÓN	
Junto al basurero de Pelabravo	
COORDENADAS (UTM)	
282837-4534606, H 30	
POS. FISIAGRÁFICA	
Terrazas altas del Tormes	
ALTITUD	
822 m	
ROCA MADRE	
Gravas y conglomerados sobre areniscas silíceas blandas	
USOS DEL SUELO	
Agrícola	
PENDIENTE	
Suavemente inclinado	
ROCOSIDAD	
No rocoso	
PEDREGOSIDAD	
Muy pedregoso	
DRENAJE	
Imperfectamente drenado	
VEGETACIÓN	
Cultivos de cereales	

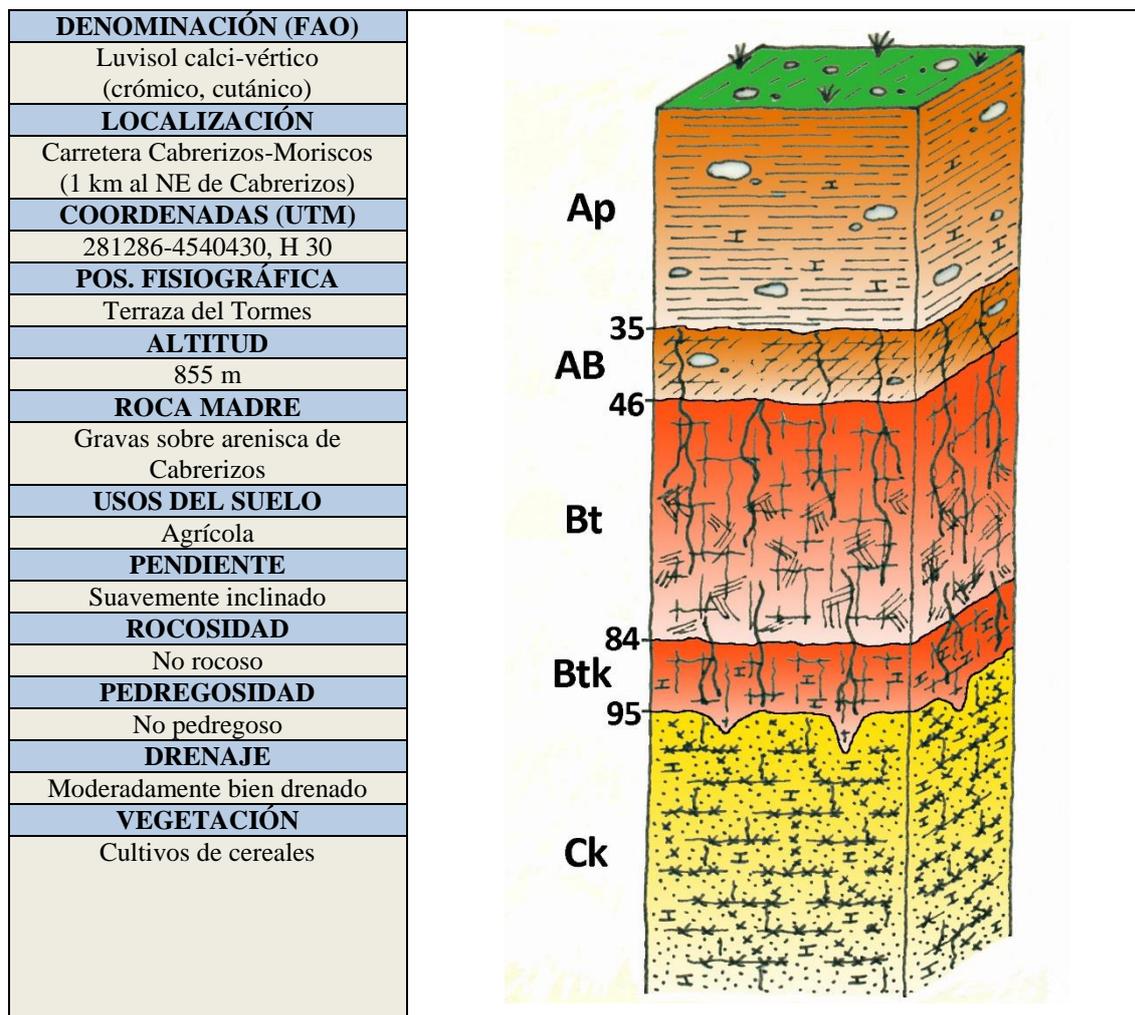
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-24	42.48	30.34	27.18	6.3	0.94	18.58	9.59	1.28
B _{t1}	24-61	29.95	21.58	48.47	6.4	2.36	27.74	16.67	0.92
2B _{t2}	61-91	26.07	9.74	64.20	6.6	1.77	32.96	20.83	1.57
2CB _k	91-121	26.70	35.18	38.12	7.6	1.31	34.00	14.78	2.36
2C _k	+121	59.32	28.44	12.24	8.1	0.80	17.69	6.31	1.47

COLE (hasta 1m)=4.67 cm

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	1.45	1.58	0.29	0.35	12.46	1.78	18.17	81.89	0.02
B _{t1}	0.62	1.38	0.39	0.32	19.67	2.83	29.37	79.03	0.00
2B _{t2}	0.57	1.32	0.46	0.28	24.78	5.78	36.09	86.73	0.27
2CB _k	0.36	1.24	0.65	0.23	38.74	5.08	-	-	51.38
2C _k	0.10	1.29	0.24	0.08	32.29	3.57	-	-	16.68

PERFIL N° 30



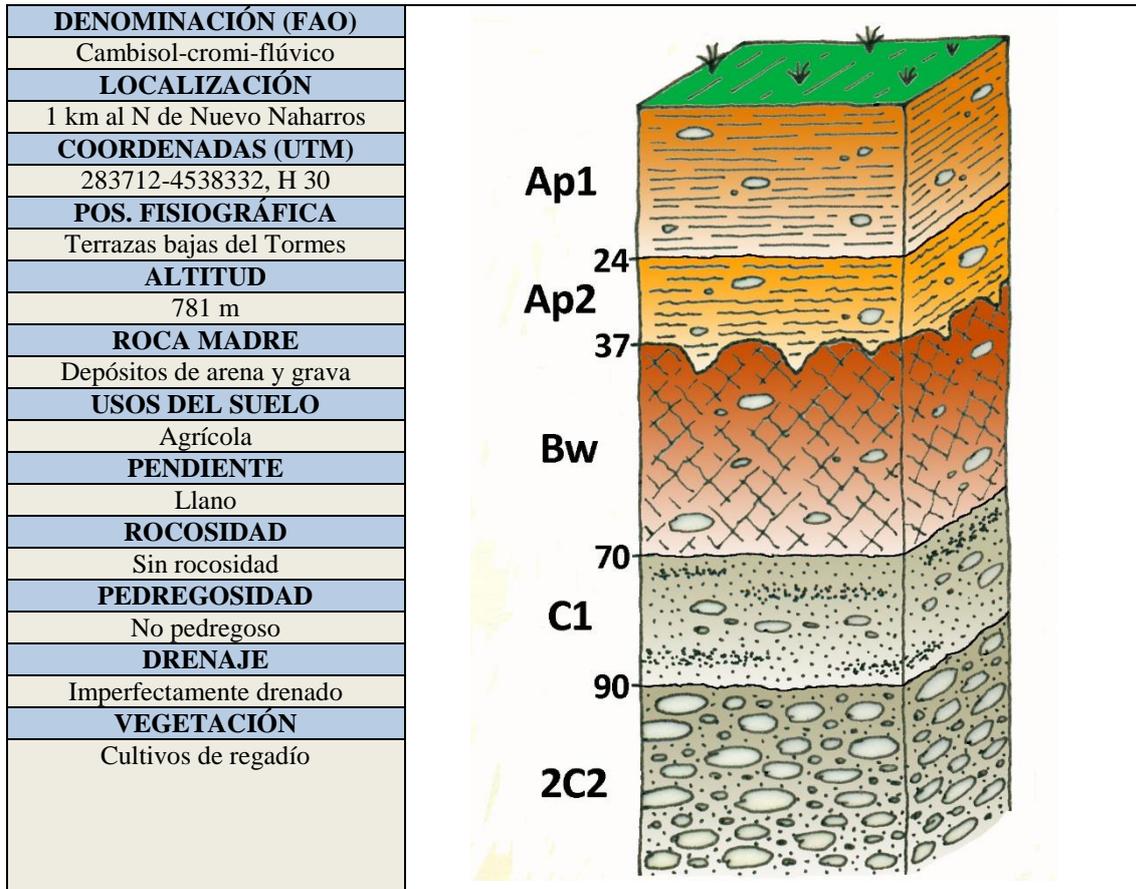
Información analítica

Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mmh o/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _p	0-35	66.76	14.20	19.04	6.7	0.93	23.67	13.75	1.43
AB	35-46	63.87	12.66	23.46	7.5	0.63	23.29	13.66	1.42
B _t	46-84	47.13	13.24	39.62	7.2	1.73	37.99	25.17	1.50
B _{tk}	84-95	38.78	28.96	32.26	7.8	0.70	39.17	26.69	1.19
C _k	+ 95-	52.49	31.15	16.36	8.2	0.60	37.75	21.39	2.25

COLE (hasta 1m)=6.11 cm

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _p	0.82	1.47	0.15	0.25	17.64	1.67	25.46	80.81	0.38
AB	0.52	1.52	0.11	0.23	19.45	1.84	25.68	85.60	0.28
B _t	0.46	1.18	0.24	0.38	27.84	3.71	39.80	86.90	0.47
B _{tk}	0.50	1.05	0.28	0.26	39.35	4.72	-	96.43	14.54
C _k	0.33	1.42	0.19	0.12	37.28	3.21	-	100	35.96

PERFIL N° 31



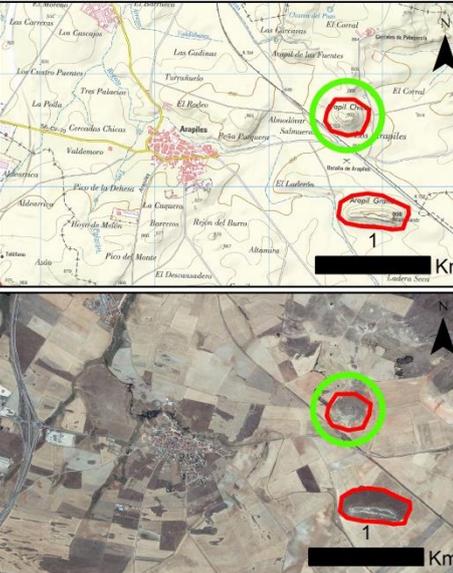
Información analítica

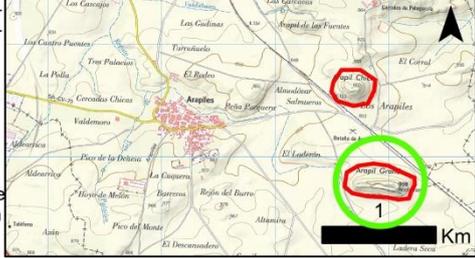
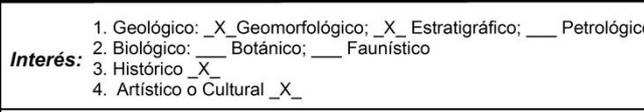
Horiz.	Espesor (cm)	Granulometría (%)			pH	CE ₂₅ (mm ho/cm)	Retención de agua (%)		
		Arena	Limo	Arcilla			1/3 atm	15 atm	Agua útil (mm/cm)
A _{p1}	0-24	68.49	25.03	6.48	6.4	2.27	12.52	4.30	1.11
A _{p2}	24-37	70.21	24.21	5.59	6.7	1.51	12.51	3.77	1.28
B _w	37-70	73.88	18.41	7.71	6.8	1.25	13.01	4.80	1.17
C ₁	70-90	89.75	7.19	3.05	6.5	0.82	7.99	3.07	0.53
2C ₂	+90	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	C _{org}	ρ _{ap} g/cm ³	Bases extraíbles (cmol/kg)				CIC (cmol/kg)	V (%)	CO ₃ Ca (%)
			Na	K	Ca	Mg			
A _{p1}	0.82	1.64	0.20	1.03	2.61	0.38	5.70	74.04	-
A _{p2}	0.33	1.70	0.18	0.36	1.24	0.10	4.67	40.26	-
B _w	0.18	1.71	0.25	0.35	2.04	0.27	5.28	55.11	-
C ₁	0.07	1.54	0.11	0.16	1.92	0.23	3.95	61.27	-
2C ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-

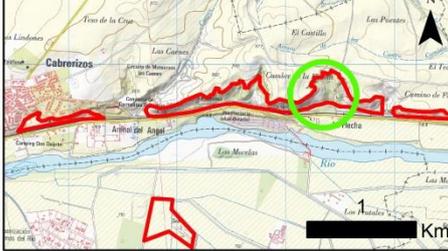
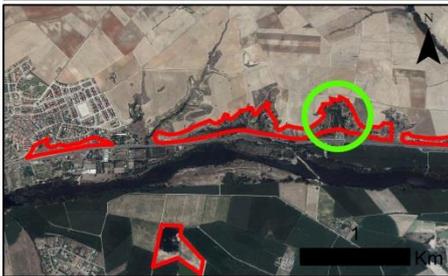
ANEXO 2

CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS DE INTERÉS GEOAMBIENTAL

Nº: 1	PIG "ARAPIL CHICO"	Valor: 0.85
<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</p> <p>El Arapil Chico es el menor de los dos PIG identificados en el LIG de Los Arapiles. La secuencia litoestratigráfica se compone de un perfil de alteración desarrollado sobre pizarras paleozoicas y Miembro Areniscas y Fangos de la Peña Celestina y Miembro Conglomerados de Los Arapiles (Fm Areniscas de Salamanca), correspondientes al Paleozoico y Mesozoico (Cretácico Superior).</p> <p>Se originó un perfil de alteración sobre pizarras grisáceas, visible en la base de los cerros, apreciándose también la interferencia de la estratificación original y la esquistosidad creada durante los esfuerzos compresivos y metamórficos. Sobre estas se depositan los sedimentos de la Fm de Salamanca: gravas, conglomerados y arenas fuertemente cementados por sílice. Las características sedimentológicas como la asociación de estructuras, tamaño de los clastos, direcciones de paleocorrientes, etc. permiten decir que la sedimentación se realizó por canales de baja sinusidad quizás asociados a un sistema de "fan deltas" bajo los efectos de un clima de tipo sabana. La granulometría, tamaño de los clastos, indica un rejuvenecimiento de las áreas madres o bien un episodio de lluvias intenso. En cualquier caso ambos se reflejan por un aumento del tamaño de los clastos. El grado de redondeamiento de los clastos, que su naturaleza sea cuarcítica o de cuarzo y la posible proximidad de las áreas madres indican que se están reciclando áreas madres sedimentarias. En cuanto a la cementación, existen tres teorías: una cementación casi sinsedimentaria de tipo edáfico, la segunda un proceso diagenético que se desarrolla al final de la sedimentación por fluidos cargados por sílice y con un marcado carácter descendente y postsedimentarios, y una tercera mixta entre ambas.</p> <p>Sobre la unidad de la Fm. Arenisca de Salamanca se da un proceso de alteración y arrasamiento que crea la superficie observable, de gran interés geomorfológico, estructural, estratigráfico y paisajístico. Además, la zona posee interés histórico y cultural por ser el escenario de la batalla de Los Arapiles.</p>		<p style="text-align: center;">Situación geográfica</p> <p>Coordenadas UTM: X- 278668 Y- 4530624 Municipio: Arapiles Altitud: 894 m.</p> 
<p>Interés:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Geológico: <input checked="" type="checkbox"/> Geomorfológico; <input checked="" type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petroológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input checked="" type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico 2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico 3. Histórico <input checked="" type="checkbox"/> 4. Artístico o Cultural <input checked="" type="checkbox"/> 		
<p>Valoración del PIG:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor Científico (VC) = 5.88 2. Valor Didáctico (VD) = 6.75 3. Valor Turístico (VT) = 5.38 		<p>Usos recomendados: <input checked="" type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input checked="" type="checkbox"/> Turístico</p>
<p>Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja</p>		
<p>Susceptibilidad de degradación del PIG:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Por amenazas naturales (SDN) = 0.04 2. Por amenazas antrópicas (SDA) = 1.09 3. Susceptibilidad total (SD) = 0.56 		
<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.03 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.73 3. Riesgo total (RD) = 0.38 		<p>Necesidad de protección: No precisa medidas de geoconservación</p>
<p>Bibliografía: Alonso, Á.C. & Jiménez, J.M., 1987. Consideración acerca del significado geomorfológico de los "tesos" y "arapiles" del borde oriental de la penillanura salmantina entre Salamanca y Alba de Tormes. <i>Ería</i>, (13), pp.127-138.</p>		
		

Nº: 2	PIG "ARAPIL GRANDE"		Valor: 0.85
DESCRIPCIÓN		Situación geográfica	
<p>El Arapil Grande se sitúa un kilómetro al sur del Arapil Chico, y ambos forman el Lugar de Interés Geológico de Los Arapiles. De mayor dimensión y altura que su compañero, presenta la misma secuencia estratigráfica, e idéntico proceso de génesis, a partir de la alteración y arrasamiento de la Fm. Arenisca de Salamanca, especialmente del Miembro Conglomerado de Los Arapiles, creando una superficie observable que actúa como techo de la formación.</p> <p>Se trata de una zona de especial interés, tanto por su atractivo paisajístico y turístico, debido a la notoriedad que estas formas cobran en el paisaje de la zona, pero también por su interés científico, al poder estudiar aspectos geomorfológicos, litológicos, estratigráficos o estructurales.</p> <p>Además, la zona también posee un interés histórico, debido a que fue el campo de batalla de una de las más importantes contiendas en la Guerra de la Independencia contra los franceses: la batallas de Los Arapiles (1812). Los restos de la misma que aún se conservan y se pueden encontrar, dotan a la zona también de interés cultural, potenciando el atractivo turístico.</p>		<p>Coordenadas UTM: X- 279046 Y- 4529833</p>	
		<p>Municipio: Arapiles Altitud: 906 m.</p>	
			
			
<p>Interés:</p> <p>1. Geológico: <input checked="" type="checkbox"/> Geomorfológico; <input checked="" type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input checked="" type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico</p> <p>2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico</p> <p>3. Histórico <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>4. Artístico o Cultural <input type="checkbox"/></p>		<p>Valoración del PIG:</p> <p>1. Valor Científico (VC) = 5.88</p> <p>2. Valor Didáctico (VD) = 6.75</p> <p>3. Valor Turístico (VT) = 5.38</p>	
<p>Usos recomendados: <input checked="" type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input checked="" type="checkbox"/> Turístico</p>			
<p>Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja</p>			
<p>Susceptibilidad de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (SDN): 0.04</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (SDA): 1.09</p> <p>3. Susceptibilidad total (SD): 0.56</p>			
<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.03</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.73</p> <p>3. Riesgo total (RD) = 0.38</p>		<p>Necesidad de protección:</p> <p>No precisa medidas de geoconservación</p>	
<p>Bibliografía:</p> <p>Alonso, Á.C. & Jiménez, J.M., 1987. Consideración acerca del significado geomorfológico de los "tesos" y "arapiles" del borde oriental de la penillanura salmantina entre Salamanca y Alba de Tormes. <i>Eria</i>, (13), pp.127-138.</p>			
			

Nº: 3	ESCARPE DE CABRERIZOS	Valor: 0.40
<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</p> <p>El escarpe de Cabrerizos debe su génesis a la incisión del Tormes sobre los materiales de naturaleza arenisca (Arenisca Fm. Cabrerizos) que componen su margen derecha, y que corresponden al periodo Eoceno-Paleogeno. La unidad se presenta como una sucesión de cuerpos canalizados, más o menos lenticulares, rellenos por arenas ocre de grano grueso, medio o fino alternando con cuerpos más o menos tabulares de limos arenosos, arcillas y paleosuelos carbonatados. El conjunto define una megasecuencia granodecreciente que hacia el techo se va haciendo granocreciente, donde se desarrolla un perfil de carbonatación fuertemente antropizado y en actual regresión. La evolución vertical del relleno de las depresiones, cuerpos canalizados, las asociaciones de facies, las direcciones de paleocorrientes, los rápidos acuñamientos, los diferentes tipos permite definir una evolución del sistema fluvial procedente del SO que se inicia como trezado de arenas y que pasa a ríos con llanuras de arena, dentro de los canales, que pasan a formar meandros, sistemas de alta sinuosidad, para pasar de nuevo a sistemas trezados de arenas. La zona posee un elevado interés científico, pues debido a las condiciones de elevada pendiente típicas del escarpe, pueden estudiarse desprendimientos de bloques, que se relacionan con el tipo de granulometrías presentes, así como con las distintas familias de discontinuidades existentes. También es interesante desde el punto de vista paleontológico, pues se han identificado diversos fósiles que identifican climas de tiempos pasados, siendo el mejor representado de todo el Paleogeno típico de la Cuenca del Duero el del periodo Eoceno. Así, se identifican restos de quelonios (género Neochelis) que actualmente viven en climas tropicales, por lo que el clima de hace 50 millones de años debía ser similar, correspondiéndose con la época del "Máximo térmico del Paleoceno-Eoceno". También se identifican en esta época cocodrilos de los géneros Diplocynodon e Iberosuchus. Respecto a mamíferos, destacan los perisodáctilos, siendo poco comunes los artiodáctilos, y en menor medida roedores, primates o los extintos creodontos y anoplotéridos. Por último, el escarpe posee cierto valor turístico al provocar una gran impronta en el territorio, creándose un paisaje de importancia local.</p>		<p style="text-align: center;">Situación geográfica</p> <p>Coordenadas UTM: X- 282546 Y- 4539733 Municipio: Cabrerizos Altitud: 800 m.</p>  
<p>Interés:</p> <p>1. Geológico: <input checked="" type="checkbox"/> Geomorfológico; <input type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input checked="" type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico 2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico 3. Histórico <input type="checkbox"/> 4. Artístico o Cultural <input type="checkbox"/></p>		
<p>Valoración del PIG:</p> <p>1. Valor Científico (VC) = 4.50 2. Valor Didáctico (VD) = 5.13 3. Valor Turístico (VT) = 5.88</p>		<p>Usos recomendados: <input checked="" type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input type="checkbox"/> Turístico</p>
<p>Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja</p>		
<p>Susceptibilidad de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (SDN): 0.19 2. Por amenazas antrópicas (SDA): 1.31 3. Susceptibilidad total (SD): 0.75</p>		
<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.11 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.77 3. Riesgo total (RD) = 0.38</p>		<p>Necesidad de protección: No precisa medidas de geoconservación</p>
<p>Bibliografía:</p> <p>Alonso Gavilán, G. (1981). Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno en el borde suroccidental de la Cuenca del Duero (Salamanca). Tesis Doctoral, Univ. de Salamanca, 436 p. Alonso Gavilán, G., (1989). En: XII Congreso Nacional de Sedimentología. Comunicaciones, I, 7-10.</p>		
  		

Nº: 4	PIG "TESO DE LA FLECHA"	Valor: 0.44
<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</p> <p>El yacimiento paleontológico del Teso de la Flecha, se encuentra en la Fm. Areniscas de Cabrerizos, que está formada por ciclos detríticos granodecrecientes engranados en una megasecuencia granodecreciente hasta la mitad para pasar hacia el techo a presentar un carácter granocreciente. Presenta fauna de Quelonios, Crocodíleos, y Mamíferos, permitiendo datarla como Eoceno. Se dispone discordante sobre la Formación Areniscas de Salamanca (Alonso Gavilán, 1981).</p> <p>Las litofacies que la forman tienen procedencia del sur-sureste (Cabrerizos) y una relación lateral en cambio de facies con superposición de esta última sobre la primera la Fm de Aldearrubia.</p> <p>Los restos de quelonios y cocodríleos hallados en esta unidad cerca de Salamanca y en la provincia de Zamora indican un clima subtropical (T medias: 10-15°) con variaciones de humedad (Jiménez, 1974). El progresivo desarrollo de costras carbonatadas y la aparición de signos sedimentológicos indicativos de variaciones en el caudal de los ríos ratifican un aumento continuado de la estacionalidad.</p> <p>Las dataciones disponibles están basadas en micro y macromamíferos, quelonios y cocodríleos, que abarcan un lapso de tiempo comprendido entre la base del Rhenaniense (Eoceno medio) y de forma imprecisa el límite Eoceno-Oligoceno (Jiménez, 1983; Peláez-Campomanes et al., 1989).</p> <p>Una colección de estos fósiles puede ser visitada en la sala de Las Tortugas, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca, tratándose de una de las más importantes a nivel europeo.</p>	Situación geográfica	
	Coordenadas UTM: X- 283211 Y- 4539674	
Municipio: Cabrerizos Altitud: 854 m.		
		
		
Interés: <ol style="list-style-type: none"> 1. Geológico: <input type="checkbox"/> Geomorfológico; <input type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petroológico; <input checked="" type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico 2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input checked="" type="checkbox"/> Faunístico 3. Histórico <input type="checkbox"/> 4. Artístico o Cultural <input type="checkbox"/> 	Valoración del PIG: <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor Científico (VC) = 5.25 2. Valor Didáctico (VD) = 5.25 3. Valor Turístico (VT) = 5.88 	
Usos recomendados: <input checked="" type="checkbox"/> Científico <input type="checkbox"/> Didáctico <input checked="" type="checkbox"/> Turístico		
Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja		
Susceptibilidad de degradación del PIG: <ol style="list-style-type: none"> 1. Por amenazas naturales (SDN): 0.19 2. Por amenazas antrópicas (SDA): 1.31 3. Susceptibilidad total (SD): 0.75 		
Riesgo de degradación del PIG: <ol style="list-style-type: none"> 1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.11 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.77 3. Riesgo total (RD) = 0.39 	Necesidad de protección: No precisa medidas de geoconservación urgentes	
Bibliografía: Jimenez, E.; Corrochano, A.; Alonso-Gavilan, G. (1983). El Paleógeno de la Cuenca del Duero. Libro jubilar J. M. Rios. Geología de España. IGME II: 489-494. Peláez-Campomanes, P.; De la Peña, A.; López-Martínez, N. (1989). Primeras faunas de micromamíferos del Paleógeno de la Cuenca del Duero. Studia geológica salmanticensia. Volumen especial 5, 135-157.		
 		

Nº: 5	PIG "FUENTE DEL ÁNGEL"	Valor: 0.23
--------------	-------------------------------	--------------------

<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</p> <p>El afloramiento de la Fuente del Angel, está en la Formación Areniscas de Cabrerizos y presenta cuerpos lenticulares por resalte entre los limos arenosos que aparecen casi siempre derrumbados con niveles más competentes de arenas masivas.</p> <p>Se reconocen estructuras tractivas como: estratificaciones cruzadas curvas o en surco, estructuras de deformación, laminaciones cruzadas y paralelas etc. Son frecuentes las acanaladuras en la base del ciclo. La secuencia de estructuras representada es una interpretación (ver figuras adjuntas de Alonso Gavilán, 1989); que permiten conocer la evolución del canal y la superposición de estratificaciones cruzadas.</p> 	<p style="text-align: center;">Situación geográfica</p> <p>Coordenadas UTM: X- 282070 Y- 4539529 Municipio: Cabrerizos Altitud: 830 m.</p>  
---	---

Interés:

1. Geológico: Geomorfológico; Estratigráfico; Petrológico; Paleontológico; Estructural; Edafológico

2. Biológico: Botánico; Faunístico

3. Histórico

4. Artístico o Cultural

Valoración del PIG:

1. Valor Científico (VC) = 1.88
2. Valor Didáctico (VD) = 3.75
3. Valor Turístico (VT) = 4.25

Usos recomendados: Científico Didáctico Turístico

Dificultad de interpretación: Alta Media Baja

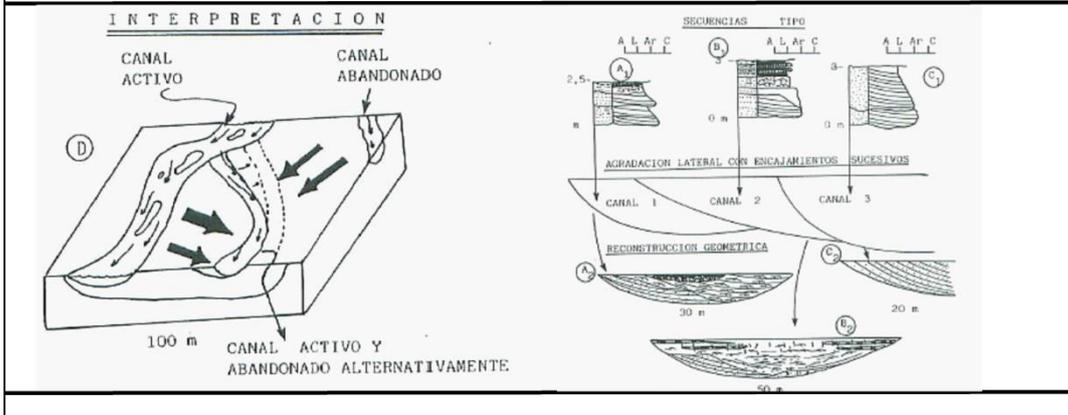
Susceptibilidad de degradación del PIG:

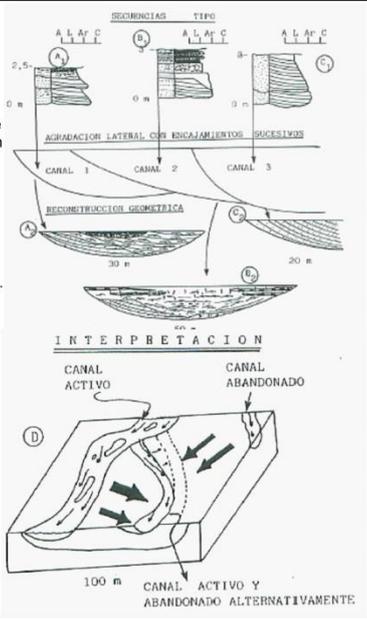
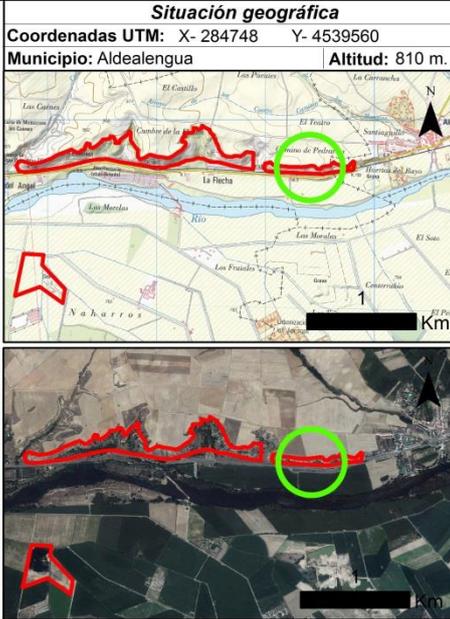
1. Por amenazas naturales (SDN): 0.19
2. Por amenazas antrópicas (SDA): 1.09
3. Susceptibilidad total (SD): 0.64

<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.08 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.46 3. Riesgo total (RD) = 0.27</p>	<p style="text-align: center;">Necesidad de protección:</p> <p>No precisa medidas de geoconservación urgentes</p>
--	--

Bibliografía:

Alonso Gavilán, G. (1989). Paleogeografía del Paleoceno en el borde suroccidental de la Cuenca de Duero. En XII Congreso Español de Sedimentología, 7-20.



Nº: 6	PIG "AFLORAMIENTO ALDEALENGUA"	Valor: 0.28
<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>Las condiciones presentes en este afloramiento son similares a las observables en el PIG nº 5 "Fuente del Ángel", pues se trata de una continuación de esta formación hacia el este, hasta alcanzar el municipio de Aldealengua.</p> <p>Son observables aquí estructuras tractivas como: estratificaciones cruzadas curvas o en surco, estructuras de deformación, laminaciones cruzadas y paralelas... Son frecuentes las acanaladuras en la base del ciclo.</p>	 <p>SECuencias TIPO</p> <p>AGRIETACIÓN LATERAL CON ENCAJAMIENTOS SUCESIVOS</p> <p>RECONSTRUCCIÓN GEOMÉTRICA</p> <p>INTERPRETACION</p> <p>CANAL ACTIVO / CANAL ABANDONADO</p> <p>CANAL ACTIVO Y ABANDONADO ALTERNATIVAMENTE</p>	<p>Situación geográfica</p> <p>Coordenadas UTM: X- 284748 Y- 4539560</p> <p>Municipio: Aldealengua Altitud: 810 m.</p> 
<p>Interés:</p> <p>1. Geológico: <input type="checkbox"/> Geomorfológico; <input checked="" type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico</p> <p>2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico</p> <p>3. Histórico <input type="checkbox"/></p> <p>4. Artístico o Cultural <input type="checkbox"/></p>	<p>Valoración del PIG:</p> <p>1. Valor Científico (VC) = 2.63</p> <p>2. Valor Didáctico (VD) = 4.13</p> <p>3. Valor Turístico (VT) = 4.63</p> <p>Usos recomendados: <input type="checkbox"/> Científico <input type="checkbox"/> Didáctico <input type="checkbox"/> Turístico</p>	
<p>Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja</p>		
<p>Susceptibilidad de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (SDN): 0.19</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (SDA): 1.50</p> <p>3. Susceptibilidad total (SD): 0.84</p>		
<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.09</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.69</p> <p>3. Riesgo total (RD) = 0.39</p>	<p>Necesidad de protección:</p> <p>No precisa medidas de geoconservación urgentes</p>	
<p>Bibliografía:</p> <p>Alonso Gavilán, G. (1989). Paleogeografía del Paleoceno en el borde suroccidental de la Cuenca de Duero. En XII Congreso Español de Sedimentología, 7-20.</p>		
		

Nº: 7	PIG "DEPRESIÓN DE MONTEERRUBIO"	Valor = 0.34
<p align="center">DESCRIPCIÓN</p> <p>Este paraje está formado por una pequeña depresión que resulta de la confluencia de varios pequeños arroyos, que han provocado la colmatación por arcillas de la misma, originándose unos suelos característicos. Estos suelos son de color gris oscuro que destacan claramente dentro de una gran extensión de suelos de color pardo-rojizo que están dedicados al cultivo de cereales a diferencia de los pastos subhalófilos de la depresión. Son suelos clasificados como Vertisoles cálcicos. Desde el punto de vista edafológico es un sector muy uniforme con suelos muy arcillosos, no pedregosos y están formados por un único epipedon ócrico y un horizonte C que tiene acumulación de carbonatos y propiedades hidromórficas.</p> <p>No obstante, lo característico de la zona es la morfología superficial de estos suelos, especialmente el microrrelieve tipo "gilgai" originado como consecuencia de la sucesión de ciclos de expansión-contracción de las arcillas, mayoritariamente del tipo montmorillonita, que componen estos suelos. También, en la época estival aparecen grandes y profundas grietas que pueden alcanzar los 10 cm de anchura y el metro de profundidad. En relación con la vegetación, aparecen "calvas" debido a eflorescencias salinas, donde se desarrolla únicamente vegetación halófila, muy rara en esta zona.</p> <p>Como dato geotécnico, debe apuntarse la inaptitud de este lugar para albergar edificaciones, ya que si esta capa de arcillas no es eliminada, provocaría daños en las estructuras por el distinto comportamiento mecánico de las mismas en función de su contenido en agua. En los últimos años, la extensión en la que las se manifestaban estas características típicas se ha visto muy reducida como consecuencia de la labranza de gran parte de esta depresión.</p>		<p align="center">Situación geográfica</p> <p>Coordenadas UTM: X- 278153 Y- 4545925</p> <p>Municipio: Monterrubio de la Armuña Altitud: 795 m.</p>  
<p>Interés:</p> <p>1. Geológico: <input checked="" type="checkbox"/> Geomorfológico; <input type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input checked="" type="checkbox"/> Edafológico</p> <p>2. Biológico: <input checked="" type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico</p> <p>3. Histórico <input type="checkbox"/></p> <p>4. Artístico o Cultural <input type="checkbox"/></p>		
<p>Valoración del PIG:</p> <p>1. Valor Científico (VC) = 5.00</p> <p>2. Valor Didáctico (VD) = 4.50</p> <p>3. Valor Turístico (VT) = 3.25</p>		<p>Usos recomendados: <input checked="" type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input type="checkbox"/> Turístico</p>
<p>Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja</p>		
<p>Susceptibilidad de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (SDN): 0.15</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (SDA): 0.68</p> <p>3. Susceptibilidad total (SD): 0.41</p>		
<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.08</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.34</p> <p>3. Riesgo total (RD) = 0.21</p>		<p>Necesidad de protección:</p> <p>No precisa medidas de geoconservación</p>
<p>Bibliografía:</p>		
		

Nº: 8	PIG "CUEVA DE LA MÚCHARES"	Valor: 0.13
<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</p> <p>La cueva de La Múchares se encuentra junto a la facultad de Farmacia y se trata de un perfil de alteración sobre pizarras del Paleozoico y el Conglomerado de la Peña del Hierro (del Cretácico Superior), por lo que le corresponde una edad paleozoica y mesozoica.</p> <p>El origen se corresponde con una alteración de las pizarras en un clima tropical, tras lo cual sedimentaron las gravas, arenas y arcillas, en sistemas fluviales trenzados de alta energía con clastos de cuarzo, cuarcita y esquistos y matriz de arena de grano medio o fino ordenados en estratificaciones cruzadas, y cementados por óxidos de hierro, goethita-oligisto que le confieren un color granate oscuro, a veces negro, muy característico, y una elevada dureza. Sobre el conglomerado, se depositaron sedimentos terciarios compuestos por arenas y arcillas rojas con intercalaciones de niveles calizos al precipitar los carbonatos en ambientes palustres, que actualmente se encuentran desmantelados por los procesos de urbanización. A continuación se incluye un esquema de la disposición de los distintos estratos, donde se observa que la cavidad se origina por la alteración de las pizarras, y que el conglomerado de la Peña de Hierro, debido a su dureza, resiste y actúa como techo.</p> <div data-bbox="343 750 758 929"> </div>		<p style="text-align: center;">Situación geográfica</p> <p>Coordenadas UTM: X- 274610 Y- 4538221 Municipio: Salamanca Altitud: 786 m.</p> <div data-bbox="879 392 1324 672"> </div> <div data-bbox="879 672 1324 943"> </div>
<p>Interés:</p> <p>1. Geológico: <input type="checkbox"/> Geomorfológico; <input checked="" type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico 2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico 3. Histórico <input type="checkbox"/> 4. Artístico o Cultural <input type="checkbox"/></p>		
<p>Valoración del PIG:</p> <p>1. Valor Científico (VC) = 3.38 2. Valor Didáctico (VD) = 3.75 3. Valor Turístico (VT) = 3.63</p> <p style="text-align: right;">Usos recomendados: <input type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input type="checkbox"/> Turístico</p>		
<p>Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja</p>		
<p>Susceptibilidad de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (SDN): 0.02 2. Por amenazas antrópicas (SDA): 2.10 3. Susceptibilidad total (SD): 1.06</p>		
<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.01 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.79 3. Riesgo total (RD) = 0.40</p>		<p style="text-align: center;">Necesidad de protección:</p> <p style="text-align: center;">No precisa medidas de geoconservación</p>
<p>Bibliografía:</p> <p>Alonso Gavilán, G. (1981). Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno en el borde suroccidental de la cuenca del Duero(provincia de Salamanca). Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, 436 p.</p>		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		

Nº: 9	PIG "LA SALUD"	Valor = 0.28
DESCRIPCIÓN		Situación geográfica
<p>El PIG de "La Salud" se encuentra a escasa distancia del extremo suroeste de la ciudad de Salamanca. Se trata de una zona caracterizada por su geomorfología, significativa y única en la zona, debido al encajamiento del río Tormes sobre los materiales que conforman el zócalo.</p>		<p>Coordenadas UTM: X- 272276 Y- 4537909 Municipio: Salamanca Altitud: 791 m.</p>
<p>El cañón fluvial, es un tipo de unidad geomorfológica rara, y única en el entorno de Salamanca, por lo que esta es una zona de gran interés científico, al poseer valor geomorfológico elevado. También posee un valor didáctico, al observarse e identificarse fácilmente los procesos.</p>		
<p>En el lugar afloran pizarras grises y negras que se prolongan desde las faldas de Los Montalvos hasta Los Pizarrales, que conforman el zócalo varisco en este sector. La edad de esta formación es del Ordovícico Medio. Las pizarras son masivas, a veces limosas y grafitosas, y afectadas generalmente por esquistosidad de segunda fase hercínica y tenidas por óxidos de hierro.</p>		
<p>En la zona comprendida aguas abajo del barrio salmantino de Tejares, y hasta la altura de la depuradora de la capital, se produce un estrangulamiento del río en el que el mismo se ha encajado debido a su acción erosiva entre paredes pizarras prácticamente verticales, que salvan desniveles que oscilan entre los 8 y los 20 metros, formando esta incisión erosiva un cañón fluvial de casi un kilómetro de longitud.</p>		
<p>Además, la zona contiene pinturas rupestres, protegidas bajo la denominación de Bien de Interés Cultural, con lo que el PID "La Salud" también posee valor cultural, lo que podría fomentar el turismo.</p>		
<p>Por último, este área se considera también como de interés botánico, ya que alberga retamares silicícolas que conforman un hábitat protegido, definido por la asociación <i>Cytiso multiflori-Retametum sphaerocarpace</i> (433513).</p>		
<p>Interés:</p> <p>1. Geológico: <input checked="" type="checkbox"/> Geomorfológico; <input type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico</p> <p>2. Biológico: <input checked="" type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico</p> <p>3. Histórico <input type="checkbox"/></p> <p>4. Artístico o Cultural <input checked="" type="checkbox"/></p>		
<p>Valoración del PIG:</p> <p>1. Valor Científico (VC) = 3.75 2. Valor Didáctico (VD) = 4.50 3. Valor Turístico (VT) = 4.63</p>		<p>Usos recomendados: <input type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input checked="" type="checkbox"/> Turístico</p>
<p>Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja</p>		
<p>Susceptibilidad de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (SDN): 0.08 2. Por amenazas antrópicas (SDA): 0.79 3. Susceptibilidad total (SD): 0.43</p>		
<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.03 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.36 3. Riesgo total (RD) = 0.20</p>		<p>Necesidad de protección:</p> <p>No precisa medidas de geoconservación</p>
<p>Bibliografía:</p>		
		

Nº: 10	PIG "CANTERAS DE VILLAMAYOR"	Valor: 0.39
---------------	-------------------------------------	--------------------

<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>El PIG "Canteras de Villamayor" consta de diferentes sectores donde tradicionalmente se ha explotado la roca existente, conocida como Arenisca de Villamayor. Esta arenisca es una litofacies de la Fm Areniscas de Cabrerizos, la cual recibe el nombre del municipio armuñense. La Arenisca de Villamayor es una arenisca feldespática-arcosa, compuesta de cuarzo (40-70%), feldespatos (10-30%), micas y matiz arcillosa (10-20%), de edad Paleógeno superior y origen fluvial. Es de grano fino a medio, deleznable al tacto, con coloraciones desde blanco-amarillento y pardo-rojizas, según el contenido en óxidos de hierro. La Arenisca de Villamayor se caracteriza por su empleo como material de construcción gracias a las buenas cualidades que presenta, lo que le ha llevado a ganarse el apelativo de "Piedra Franca". Destaca su facilidad para cortarla y para su labra y talla, siendo tanta la filigrana que admite su trabajo, debida a la blandura que posee al ser extraída de la cantera y adquiriendo dureza con el tiempo y la pérdida de humedad, que dio origen a la denominación de Plate-resco. Además, la oxidación superficial proporciona un tono pardo-dorado muy llamativo y característico de esta piedra cuando es iluminada por el sol crepuscular. Estas cualidades provocaron su empleo en la construcción de las grandes construcciones que conforman el patrimonio Histórico y Arquitectónico de Salamanca, lo que la ha llevado a ser muy utilizada en la zona para la construcción de viviendas, alcanzando una notable fama y reconocimiento. Actualmente se utiliza básicamente para la edificación de fachadas, piezas escultóricas y restauraciones de monumentos, siendo las piezas empleadas muy variadas, aunque las más extendidas son las rectangulares de 10-12 cm de grosor con acabado raspado. Como aspecto negativo, destaca la vulnerabilidad de esta roca frente a la humedad, que puede alterar sus cualidades resistentes, alterándolas, hecho por el que suelen asentarse sobre un basamento de otro material, que evite el contacto con el suelo.</p> <p>Como consecuencia de lo anterior, la zona posee interés científico (valor geológico de tipo petrológico), e interés didáctico y turístico relacionado con la explotación tradicional de las canteras.</p>	<p>Situación geográfica</p> <p>Coordenadas UTM: X- 273896 Y- 4541964</p> <p>Municipio: Villamayor de la Armuña Altitud: 807 m.</p>  
---	--

<p>Interés:</p> <p>1. Geológico: <input type="checkbox"/> Geomorfológico; <input type="checkbox"/> Estratigráfico; <input checked="" type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico</p> <p>2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico</p> <p>3. Histórico <input type="checkbox"/></p> <p>4. Artístico o Cultural <input checked="" type="checkbox"/></p>
--

<p>Valoración del PIG:</p> <p>1. Valor Científico (VC) = 4.38</p> <p>2. Valor Didáctico (VD) = 6.86</p> <p>3. Valor Turístico (VT) = 5.25</p>	<p>Usos recomendados: <input type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input checked="" type="checkbox"/> Turístico</p>
--	--

<p>Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja</p>

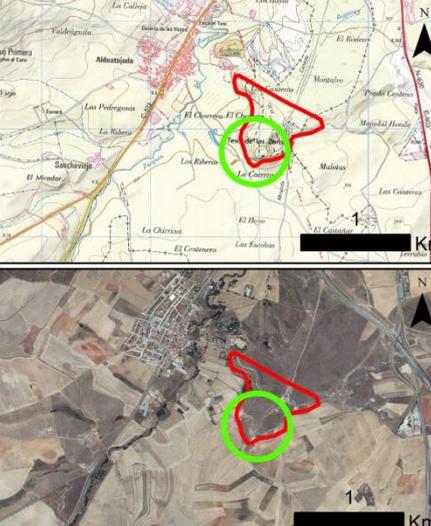
<p>Susceptibilidad de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (SDN): 0.08</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (SDA): 1.46</p> <p>3. Susceptibilidad total (SD): 0.77</p>

<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.05</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 1.01</p> <p>3. Riesgo total (RD) = 0.53</p>	<p>Necesidad de protección:</p> <p>Baja, medidas de geoconservación a medio plazo</p>
--	--

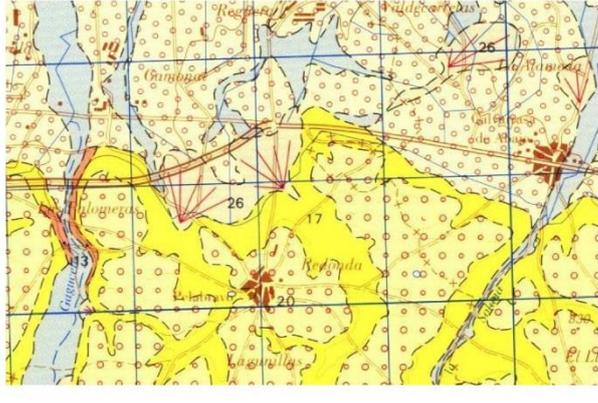
<p>Bibliografía:</p> <p>Corrochano, A.; Jiménez, E.; Armenteros, I.; y Alonso Gavilán, G., 2001. "Villamayor, Piedra y cultura". Sección de Geología. Ed. Ayuntamiento Salamanca, Junta de Castilla y León y Caja Duero.</p>



Nº: 11	PIG "ESCARPES DE CALVARRASA"	Valor: 0.75
<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</p> <p>Los escarpes de Calvarrasa se localizan al oeste de dicha localidad y conforman una franja de 2-3 km en los que la acción erosiva del Arroyo de la Ribera propició el arrastre de los materiales más blandos de la formación Arenisca de Terradillos, quedando los tramos más duros aflorantes. La zona se caracteriza por las laderas escarpadas, frecuentemente recubiertas de depósitos coluviales, especialmente en las zonas medias y bajas, apareciendo paredones verticales en las partes más altas del escarpe.</p> <p>La Formación Areniscas de Terradillos se compone de sucesiones monótonas en bancos granoderecientes de conglomerados y areniscas con alto contenido en caolinita y cementaciones por óxidos de hierro, que a veces está acompañado por cantidades variables de sílice, aspecto este importante en la dureza resultante de la arenisca, siendo especialmente visible a techo, aspecto por el cual los afloramientos y paredones verticales aparecen en estas zonas.</p> <p>La zona, además tiene una gran visión de la zona de Los Arapiles, y del campo de batalla de una de los principales enfrentamientos de la Guerra de la Independencia entre los ejércitos angloespañol y francés, y que supuso el comienzo de la retirada de estos últimos: batalla de Los Arapiles (1812). Además, la zona cuenta con una antigua plaza de toros (S. I) y una ermita (Nuestra Señora de la Peña). Por todo ello, el lugar presenta también interés histórico y cultural.</p>	<p style="text-align: center;">Situación geográfica</p> <p>Coordenadas UTM: X- 280792 Y- 4531522</p> <p>Municipio: Calvarrasa de Arriba Altitud: 890 m.</p>  	
<p>Interés:</p> <p>1. Geológico: <input checked="" type="checkbox"/> Geomorfológico; <input type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input checked="" type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico</p> <p>2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico</p> <p>3. Histórico <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>4. Artístico o Cultural <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Valoración del PIG:</p> <p>1. Valor Científico (VC) = 5.88</p> <p>2. Valor Didáctico (VD) = 4.63</p> <p>3. Valor Turístico (VT) = 5.00</p> <p>Usos recomendados: <input type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input checked="" type="checkbox"/> Turístico</p>	
<p>Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja</p>		
<p>Susceptibilidad de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (SDN): 0.19</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (SDA): 0.64</p> <p>3. Susceptibilidad total (SD): 0.41</p>		
<p>Riesgo de degradación del PIG:</p> <p>1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.11</p> <p>2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.37</p> <p>3. Riesgo total (RD) = 0.24</p>	<p style="text-align: center;">Necesidad de protección:</p> <p>No precisa medidas de geoconservación</p>	
<p>Bibliografía:</p>		
 		

Nº: 12	PIG "TESO DE LAS ZORRERAS"	Valor: 0.25
DESCRIPCIÓN		Situación geográfica
<p>El teso de las Zorreras conforma la parte terminal de la superficie estructural existente entre el sureste de Salamanca y el este de Aldeatejada. Se trata de una superficie plana sobre areniscas de la Fm. Salamanca que debido a su dureza resistieron a la erosión, formando en la actualidad uno de los mayores resaltes morfológicos de la zona, llegando en algunos puntos a rondar los 40 metros, siendo salvado el desnivel por laderas escarpadas, en general coluvionadas, con depósitos de materiales finos originarios de la erosión de las partes altas, los cuales en ocasiones poseen vegetación arbórea. En las zonas escarpadas son visibles en ocasiones las columnas estratigráficas, siendo observables en este punto el perfil de alteración sobre las pizarras del zócalo:</p>		Coordenadas UTM: X- 273987 Y- 4532757
		Municipio: Aldeatejada Altitud: 853 m.
		
Interés: <ol style="list-style-type: none"> 1. Geológico: <input type="checkbox"/> Geomorfológico; <input checked="" type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico 2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico 3. Histórico <input type="checkbox"/> 4. Artístico o Cultural <input type="checkbox"/> 	Valoración del PIG: <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor Científico (VC) = 3.25 2. Valor Didáctico (VD) = 3.50 3. Valor Turístico (VT) = 3.13 	
Usos recomendados: <input checked="" type="checkbox"/> Científico <input type="checkbox"/> Didáctico <input type="checkbox"/> Turístico		
Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja		
Susceptibilidad de degradación del PIG: <ol style="list-style-type: none"> 1. Por amenazas naturales (SDN): 0.04 2. Por amenazas antrópicas (SDA): 0.68 3. Susceptibilidad total (SD): 0.36 		
Riesgo de degradación del PIG: <ol style="list-style-type: none"> 1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.01 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.24 3. Riesgo total (RD) = 0.12 	Necesidad de protección: No precisa medidas de geoconservación	
Bibliografía:		
		

Nº: 13	AIG "LOS MONTALVOS"	Valor: 0.39
<p style="text-align: center;">DESCRIPCIÓN</p> <p>La presencia de materiales ordovícicos es escasa en el ámbito de la zona de estudio, quedando reducida a retazos de materiales cuarcíticos principalmente pertenecientes al flanco S del sinclinal Salamanca-Golpejas. Estos materiales cuarcíticos se encuentran discordantes y transgresivos sobre los materiales del Complejo Esquistos-Grauváquico infrayacentes.</p> <p>Las cuarcíticas afloran en facies armónicas en toda el área de Los Montalvos, si bien los afloramientos son malos en general. Existen alternancias decimétricas de areniscas con escasa presencia de pizarras, si bien predominan las ortocuarcitas, bien estratificadas y con superficies planares netas y ripples a techo de los bancos. A nivel regional, existe abundante bioturbación y resto de estructuras orgánicas ordovícicas, siendo más escasas aquí, si bien existen cruzianas en este sector.</p> <p>A nivel local, este macizo es la principal estructura observable, y constituye el mayor relieve del entorno a modo de "sierra". Además, las condiciones ecológicas son buenas, en general, con presencia de vegetación climax bien conservada (encinares). Por tanto, la inclusión de este área como "Espacio de Interés Geoambiental", no sólo se debe a la componente geológica, sino también al resto de valores naturales que contiene el entorno, quizás derivados en gran parte de la impronta geológica de la cuarcita, resistente a la presión antrópica característica de la zona.</p>	Situación geográfica	
	Coordenadas UTM: X- 267926 Y- 4534767	
Municipio: Carr. Barregas-Aldeatejada Altitud: 920 m.		
	<p>1. Geológico: <input checked="" type="checkbox"/> Geomorfológico; <input type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico</p> <p>2. Biológico: <input checked="" type="checkbox"/> Botánico; <input checked="" type="checkbox"/> Faunístico</p> <p>3. Histórico <input type="checkbox"/></p> <p>4. Artístico o Cultural <input type="checkbox"/></p>	
Interés:	Valoración del PIG: 1. Valor Científico (VC) = 3.75 2. Valor Didáctico (VD) = 4.88 3. Valor Turístico (VT) = 6.38	
Usos recomendados: <input type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input checked="" type="checkbox"/> Turístico	Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja	
Susceptibilidad de degradación del PIG:	1. Por amenazas naturales (SDN): 0.01 2. Por amenazas antrópicas (SDA): 0.33 3. Susceptibilidad total (SD): 0.16	
Riesgo de degradación del PIG:	1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.00 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.21 3. Riesgo total (RD) = 0.11	Necesidad de protección: No precisa medidas de geoconservación
Bibliografía:		
 		

Nº: 14	PIG "ABANICO ALUVIAL PELABRAVO"	Valor: 0.21
DESCRIPCIÓN		Situación geográfica
<p>Entre las terrazas generadas por el río Tormes a lo largo de su recorrido, y durante el Cuaternario, se han producido una serie de conos de deyección representados que constituyen bancos tabulares de planta cónica y composición variada dependiendo de su área de alimentación, pero esencialmente material suelto a base de gravas, arenas y limos. Suelen tener carácter funcional, pendientes inferiores a 5° y dimensiones que oscilan entre los 100 y los 1.000 m. Se trata de pequeños abanicos coalescentes controlados por el régimen hídrico y los cambios de pendiente.</p>		Coordenadas UTM: X- 281704 Y- 4535578
Municipio: Pelabravo		Altitud: 800 m.
		
Interés: <ol style="list-style-type: none"> 1. Geológico: <input type="checkbox"/> Geomorfológico; <input checked="" type="checkbox"/> Estratigráfico; <input type="checkbox"/> Petrológico; <input type="checkbox"/> Paleontológico; <input type="checkbox"/> Estructural; <input type="checkbox"/> Edafológico 2. Biológico: <input type="checkbox"/> Botánico; <input type="checkbox"/> Faunístico 3. Histórico <input type="checkbox"/> 4. Artístico o Cultural <input type="checkbox"/> 	Valoración del PIG: <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor Científico (VC) = 2.63 2. Valor Didáctico (VD) = 3.86 3. Valor Turístico (VT) = 3.00 	
Usos recomendados: <input type="checkbox"/> Científico <input checked="" type="checkbox"/> Didáctico <input type="checkbox"/> Turístico		
Dificultad de interpretación: <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja		
Susceptibilidad de degradación del PIG: <ol style="list-style-type: none"> 1. Por amenazas naturales (SDN): 0.08 2. Por amenazas antrópicas (SDA): 1.28 3. Susceptibilidad total (SD): 0.68 		
Riesgo de degradación del PIG: <ol style="list-style-type: none"> 1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.03 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.49 3. Riesgo total (RD) = 0.26 	Necesidad de protección: No precisa medidas de geoconservación	
Bibliografía:		
		

Nº: 15 | **PIG "CUBETA ALTERACIÓN CARBAJOSA"** | **Valor: 0.24**

DESCRIPCIÓN

El desarrollo de perfiles de alteración es frecuente en la región salmantina, tanto sobre el zócalo hercínico como sobre la cobertera cenozoica. Igual que en otras regiones hespéricas, su espesor, extensión y tipología está sujeta a numerosas variaciones, especialmente a su naturaleza originaria ligada a la situación temporal y a su conservación. La alteración más antigua, también llamada fundamental (Martín-Serrano, 1988), afecta a los metasedimentos del zócalo sepultados por las formaciones siderolíticas cretácico/Paleógenas-Neógenas del sur de Salamanca, por lo que se identifica en una aureola en torno a dichos afloramientos. Aunque es presumible que muchos de los restos de alteritas tengan su origen en dicho proceso de alteración, la erosión y la superposición de otros procesos de alteración más modernos imposibilita su reconocimiento.

Los procesos de alteración intrasedimentarios de las formaciones paleógenas de la cuenca, condicionan actualmente el paisaje. No de forma dinámica directa como el resto de la mayoría de las alteritas, sino indirecta y estructural una vez exhumadas, pues dan lugar a fuertes endurecimientos. Son encostramientos carbonatados de origen edáfico y morfología muy variada (nodular, laminar, etc.), que contienen restos del sedimento englobante. Se relacionan con la acción de aguas saturadas en carbonato dentro de la zona vadosa.

Situación geográfica

Coordenadas UTM: X- 278668 Y- 4530624
Municipio: Carbajosa de la Sagrada **Altitud:** 894 m.



Interés:
 1. Geológico: ___ Geomorfológico; ___ Estratigráfico; ___ Petroológico; ___ Paleontológico; ___ Estructural; ___ Edafológico
 2. Biológico: ___ Botánico; ___ Faunístico
 3. Histórico ___
 4. Artístico o Cultural ___

Valoración del PIG: 1. Valor Científico (VC) = 2.13
 2. Valor Didáctico (VD) = 4.38
 3. Valor Turístico (VT) = 3.63
Usos recomendados: ___ Científico Didáctico ___ Turístico

Dificultad de interpretación: ___ Alta ___ Media Baja

Susceptibilidad de degradación del PIG:
 1. Por amenazas naturales (SDN): 0.08
 2. Por amenazas antrópicas (SDA): 1.01
 3. Susceptibilidad total (SD): 0.54

Riesgo de degradación del PIG:
 1. Por amenazas naturales (RDN) = 0.03
 2. Por amenazas antrópicas (RDA) = 0.44
 3. Riesgo total (RD) = 0.24

Necesidad de protección:
 No precisa medidas de geoconservación

Bibliografía:



ANEXO 3

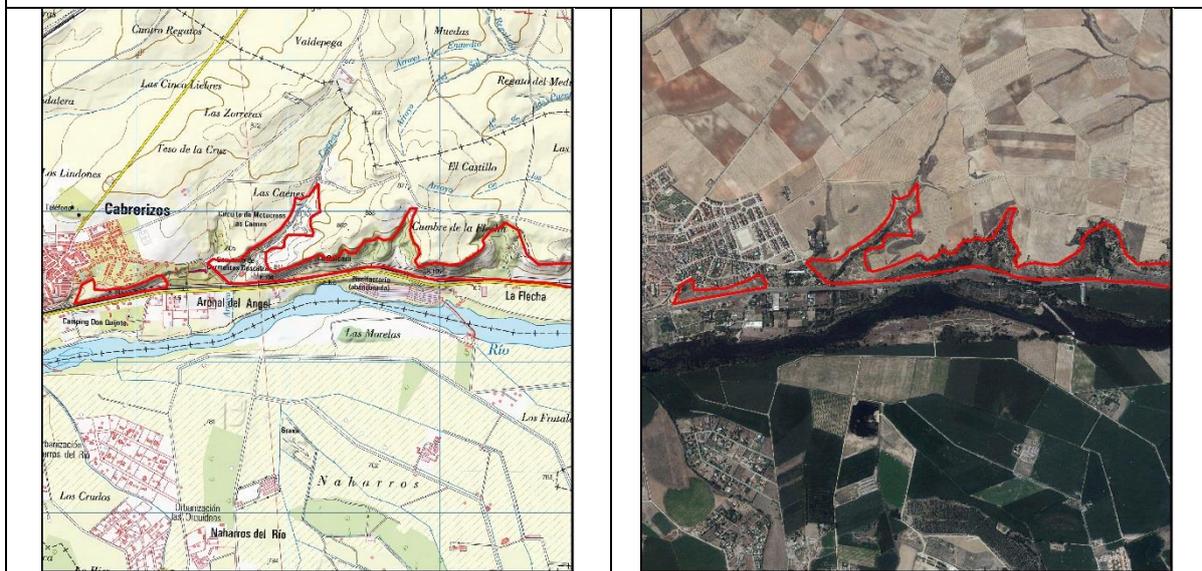
CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS CON RIESGOS DE DESPRENDIMIENTOS

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
CABRERIZOS	ARENISCA DE FM CABRERIZOS. FACIE DE CABRERIZOS

LOCALIZACIÓN	CARRETERA SA-804, DESDE CABRERIZOS HASTA ALDEALENGUA
--------------	--

TOPOGRÁFICO	ORTOFOTO
-------------	----------



FOTOGRAFÍAS



DESCRIPCIÓN

Los escarpes que el Tormes ha labrado sobre arenisca de Fm. Cabrerizos junto a la población que les da nombre son los de mayor entidad de la zona estudiada, alcanzando desniveles de hasta 40 metros y una longitud próxima a los 4 km (1). Debido a la problemática que presentan, han sido ampliamente estudiados (Sanchidrián, 2007; Yenes et al., 2009), especialmente junto a la población de Cabrerizos, existiendo diversas barreras que pretenden amortiguar y retener la caída de bloques, protegiendo así la línea de ferrocarril Salamanca-Ávila, así como la carretera SA-804, que discurren por su base (2). Irregularmente repartidos a lo largo de todo el escarpe existen bancos de arenisca aflorante que conforman frentes de 5-10 metros de potencia, siendo más frecuentes en las partes altas. Se detectan caída de múltiples bloques de diverso tamaño. Se trata de una problemática que además de a las vías de comunicación, puede afectar a personas que practican deporte en esta área, así como a viviendas cercanas, pues el municipio se integra en parte en este escarpe (3). Por todo esto, se considera esta zona con un alto riesgo por desprendimientos.

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
CALVARRASA	ARENISCAS DE LA FORMACIÓN SALAMANCA

LOCALIZACIÓN 1 KM AL OESTE DE CALVARRASA DE ARRIBA, JUNTO AL ARROYO

TOPOGRÁFICO	ORTOFOTO
--------------------	-----------------



FOTOGRAFÍAS



DESCRIPCIÓN

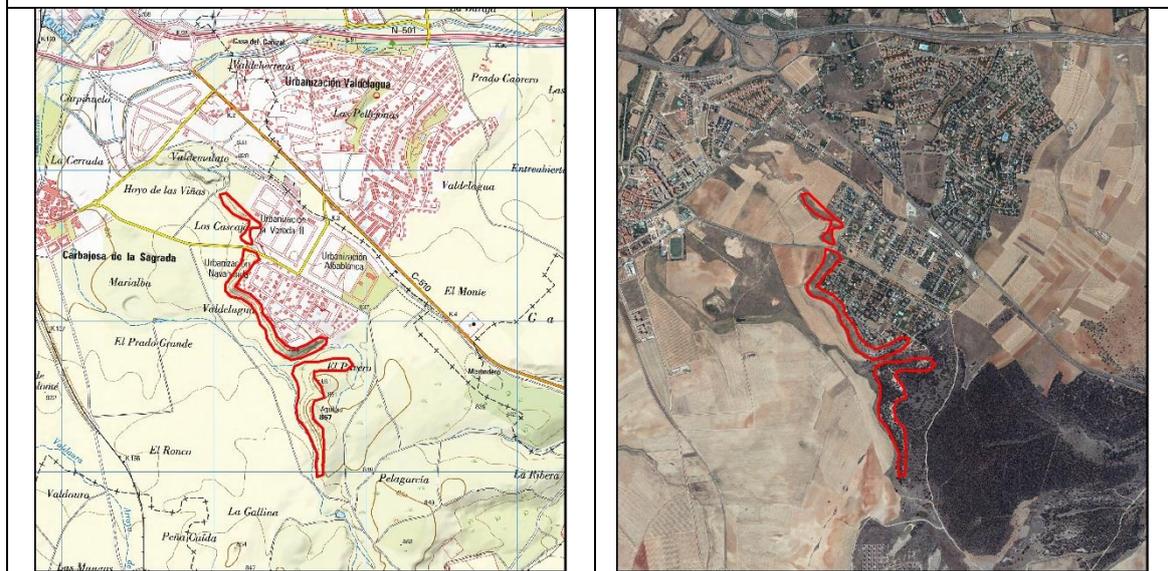
Los escarpes de Calvarrasa se conforman sobre arenisca de Salamanca y presentan desniveles de hasta 30 metros (1). Los principales frentes rocosos se localizan en las zonas altas del escarpe (2), los cuales varían de potencia (5-15 m). En las zonas bajas existe gran acumulación de material fino que hace suavizar las pendientes. Los principales afloramientos se concentran desde la zona de la ermita hasta la carretera DSA-106, presentando los extremos norte y sur desniveles, pendientes y macizos rocosos mucho más modestos y sin apenas riesgo. En los macizos de mayor potencia, especialmente junto a la ermita, se han detectado tramos “colgados”, además de desprendimientos de bloques de tamaño medio, grande y muy grande (3). Puesto que se trata de una zona con actividad turística y recreativa, esto puede representar un peligro, si bien la zona se encaja en un entorno rural en el que prima la agricultura y no existe afección a bienes mas allá de la presencia de una antigua plaza de toros que data del S. I. Con todo esto, en las partes más alejadas de la ermita, el riesgo es bajo, mientras que en esta zona se considera de riesgo medio.

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
NAVAHONDA	ARENISCAS DE LA FORMACIÓN SALAMANCA

LOCALIZACIÓN	JUNTO A LA URB. NAVAHONDA (CARBAJOSA DE LA SAGRADA)
---------------------	---

TOPOGRÁFICO	ORTOFOTO
--------------------	-----------------



FOTOGRAFÍAS



DESCRIPCIÓN

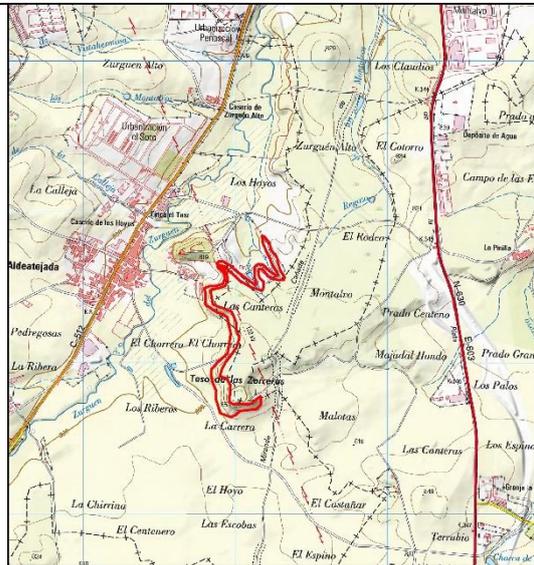
Los escarpes de Navahonda suponen una especie de prolongación del frente de areniscas de Salamanca que conforma los escarpes de Calvarrasa, presentando en este caso el material una mayor alteración y menor potencia en los bancos que afloran. Debido a esto, es frecuente observar que el escarpe (unos 35 metros de desnivel medio) es tendido en muchas zonas (1), con abundantes elementos finos y pequeños bloques, presentándose los macizos rocosos exclusivamente en las partes más altas (2). En muchas zonas, la vegetación ha colonizado el escarpe, desarrollándose la vegetación climácica en la parte sur del sector (3). Los frentes que producen desprendimientos suelen oscilar entre los 5-15 metros, siendo más frecuentes y de mayor entidad en la parte centro y sur, donde hay evidencia de caídas de bloques de diversos tamaños, no apareciendo apenas en la zona norte donde el macizo pasa a presenta tipología de suelo. Esta zona no suele presentar afluencia de transeúntes, estando dedicados las partes bajas del escarpe a actividades agroganaderas. El riesgo de esta zona es bajo.

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
LAS ZORRERAS	ARENISCAS DE LA FORMACIÓN SALAMANCA

LOCALIZACIÓN 1 KM AL ESTE DE ALDEATEJADA, JUNTO AL ARROYO ZURGUÉN

TOPOGRÁFICO	ORTOFOTO
-------------	----------



FOTOGRAFÍAS



Afloramientos rocosos en la zona alta



En la ladera domina el material "suelo"



El macizo rocoso es de escasa potencia

DESCRIPCIÓN

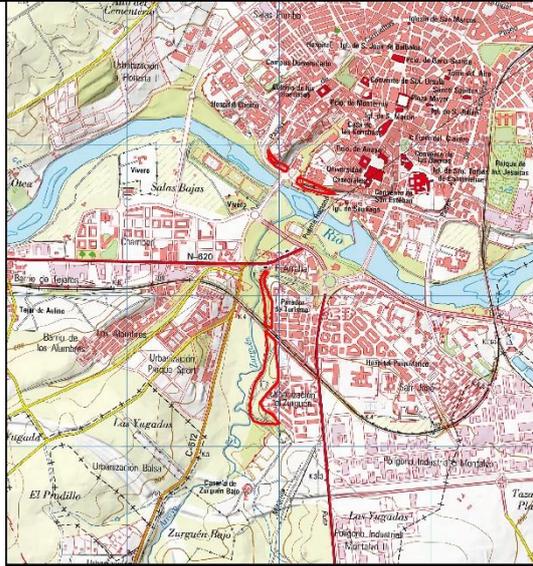
Otra zona escarpada desarrollada a partir de la Fm. Arenisca de Salamanca se localiza al este de Aldeatejada. Se trata de una superficie erosiva antigua fruto de niveles muy duros de esta litología debido a su alto contenido en sílice (1), en la que en sus laderas de pronunciadas pendientes afloran bancos de la misma que puntualmente registran desprendimiento. A pesar de ser una zona con importante desnivel (hasta 50 m), no registra demasiados frentes de material rocoso aflorante, encontrándose frecuentemente mucho material fino en las mismas fruto de la alteración y meteorización del material parental (2), además de existir abancalamientos y reforestaciones que minimizan el efecto de los desprendimientos (3), los cuales son de bloques de tamaño pequeño y medio, y se encuentran restringidos siempre a los bancos de arenisca situados en la parte alta del escarpe, cuya potencia es siempre inferior a 10 metros. La zona es empleada por ciclistas y transeúntes como zona de esparcimiento, no existiendo apenas edificaciones vulnerables a este riesgo. Por tanto, se considera como zona de bajo riesgo.

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
ZURGUÉN/CERRO S VICENTE	ARENISCAS DE LA FORMACIÓN SALAMANCA

LOCALIZACIÓN	DESEMBOCADURA DEL ARROYO ZURGUÉN EN EL TORMES
--------------	---

TOPOGRÁFICO	ORTOFOTO
-------------	----------



FOTOGRAFÍAS



Afloramiento del Cerro de San Vicente



Talud bajo la facultad de Ciencias



Escarpes del Zurguén

DESCRIPCIÓN

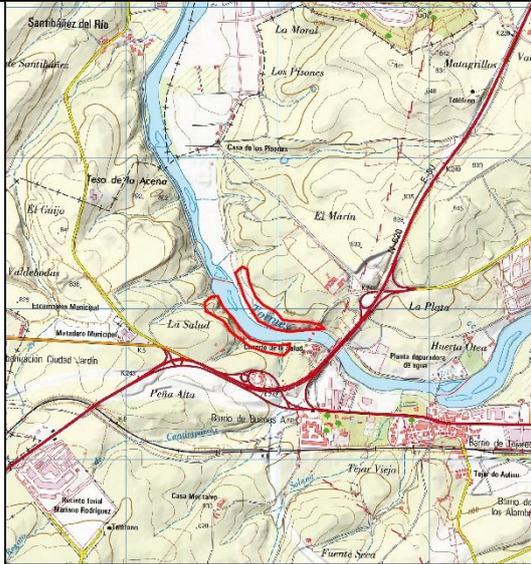
Estos escarpes, situados en plena ciudad de Salamanca, están conformados sobre arenisca de la Fm. Salamanca, y son fruto de la erosión del Tormes y El Zurguén. Se trata de escarpes con desniveles de hasta 20, con pendientes variables, más pronunciadas en las zonas donde aflora la arenisca dura, formando afloramientos de hasta unos 15 metros de potencia, especialmente en el Cerro de San Vicente (1) y facultad de Ciencias (2). En las zonas del valle del Zurguén (3) los materiales se encuentran bastante alterados y los afloramientos rocosos no son muy frecuentes, presentando menor potencia que en el Tormes (5-10 m). Los desprendimientos en esta zona del Zurguén no son de elevada entidad, con bloques de pequeño tamaño que no presentan grandes trayectorias. En el caso de los macizos situados junto al Tormes, presentan buena estabilidad en general, y debido a su afección a vías de comunicación y paso de personas, presentan medidas correctoras (mallas retenedoras). El riesgo en esta zona se considera medio debido a la mayor exposición de la población.

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
LA SALUD	PIZARRAS GRISES DEL ORDOVÍCICO

LOCALIZACIÓN	ANTIGUO PUENTE DEL FERROCARRIL DE LA SALUD
---------------------	--

TOPOGRÁFICO	ORTOFOTO
--------------------	-----------------



FOTOGRAFÍAS



Vista desde el puente de La Salud



Ladera pizarrosa escarpada



Paredón pizarroso junto al río

DESCRIPCIÓN

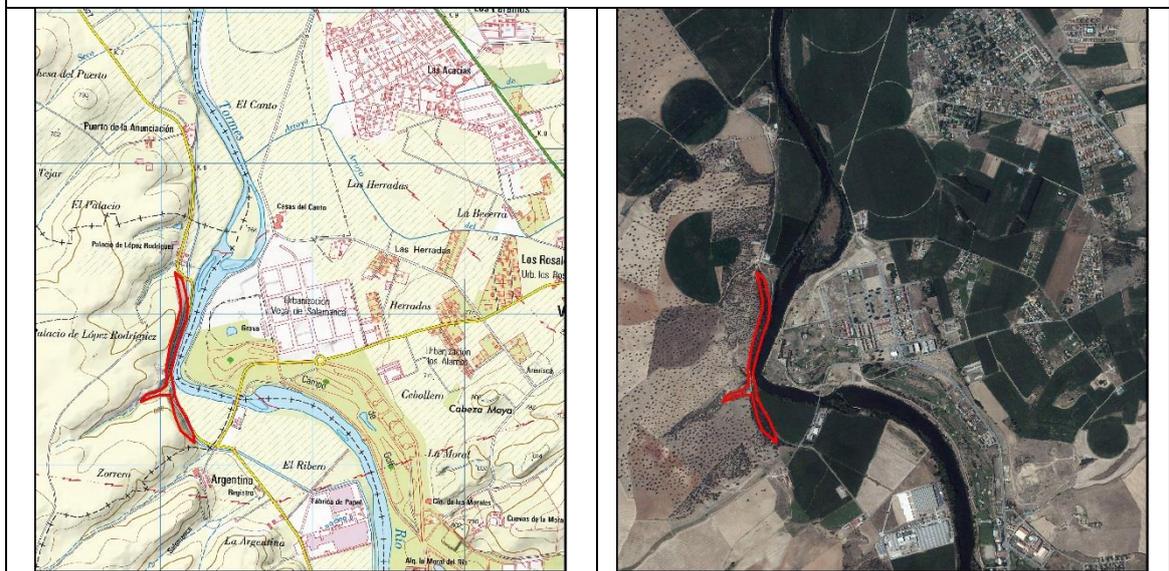
Los escarpes de la Salud (1) son los únicos que el Tormes origina sobre el zócalo en la zona de estudio. Debido al encajamiento, se originan frentes pizarrosos de diferente entidad: en ocasiones, se presentan laderas de pendientes moderadas (2), situadas a una cota de hasta 40 m sobre el nivel del río, y en las que se intercalan pequeños bancos pizarrosos, que en las partes más bajas se vuelven más frecuentes, hasta alcanzar junto al río su máxima expresión, con potencias de hasta 20 metros (3). Es una zona con gran diversidad de tipos de afloramiento, y en las que las orientaciones hacen variar el comportamiento del macizo, en general estable, aunque en lugares puntuales origina desprendimientos de bloques que pueden alcanzar gran tamaño. Es una zona poco frecuentada por la población, y la mayor exposición se alcanza en zonas casi inaccesibles. El riesgo por desprendimiento en esta zona es bajo.

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
LA ARGENTINA	ARENISCAS DE CABRERIZOS. FACIE DE VILLAMAYOR

LOCALIZACIÓN	CARRETERA DSA-504 ENTRE DOÑINOS Y FLORIDA DE LIÉBANA
---------------------	--

TOPOGRÁFICO	ORTOFOTO
--------------------	-----------------



FOTOGRAFÍAS



DESCRIPCIÓN

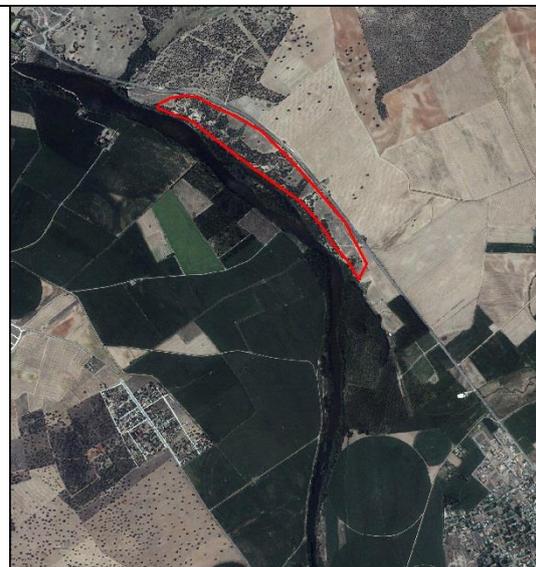
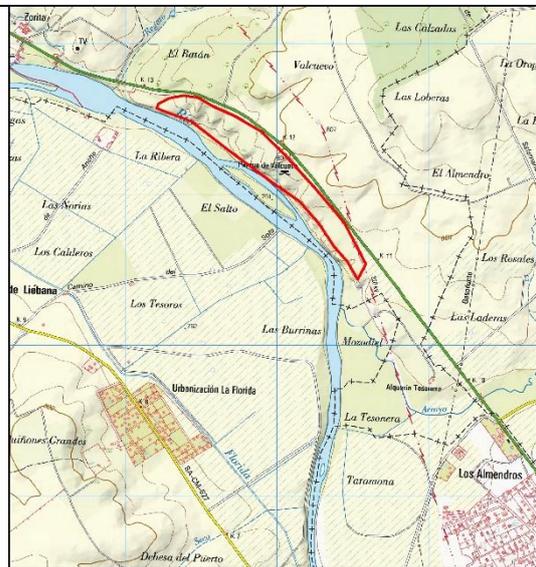
La arenisca de Villamayor, englobada en la Fm. Cabrerizos, presenta en esta zona escarpes socavados por el Tormes de hasta 25 m. de desnivel (1). Existen afloramientos rocosos con potencias que rondan los 20 metros (2), los cuales predominan en la zona central, junto al codo del río, en la zona donde la carretera discurre a los pies de los mismos. En los laterales y zonas más elevadas, el escarpe suele presentar materiales tipo suelo, y densa vegetación que lo estabiliza, no suponiendo peligro alguno. Sin embargo, diversos bancos presentan elevadas alteración y discontinuidades con grandes aberturas, registrándose incluso caída de bloques de diversos tamaños. Especialmente activo de muestra el afloramiento bajo el que discurre la carretera DSA-504, existiendo caída de grandes bloques junto a la misma, los cuales quedan retenidos por dos diques que canalizan las aguas en este punto y se comportan como barrera frente a estos (3). Pueden originarse situaciones de alto riesgo si este desprendimiento ocurre en los bancos superiores del escarpe, pues debido al desnivel y gran caída sería probable que los bloques llegaran a la calzada. Por ello, esta zona se considera de alto riesgo.

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
VALCUEVO	ARENISCAS DE CABRERIZOS. FACIE DE VILLAMAYOR

LOCALIZACIÓN PARQUE VALCUEVO. KM 10 CARRETERA SALAMANCA-LEDESMA

TOPOGRÁFICO **ORTOFOTO**



FOTOGRAFÍAS



Escarpe del Tormes



Desprendimiento de bloques



La caída de bloques suele ser al río

DESCRIPCIÓN

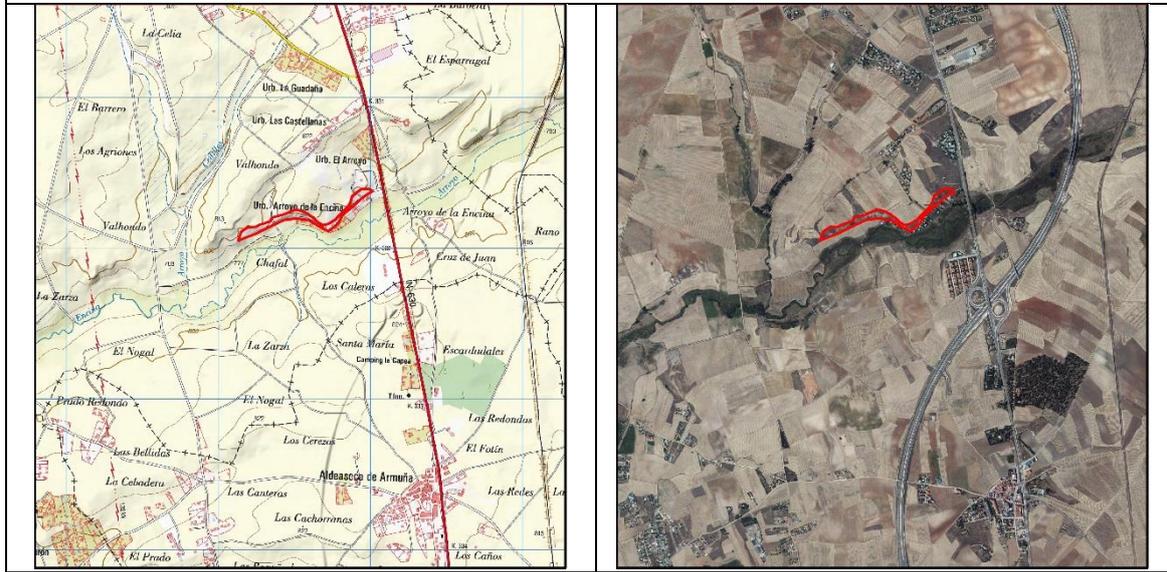
Al igual que en casos anteriores, se trata de un escarpe muy pronunciado que el Tormes ha formado sobre la arenisca de Villamayor, y que frecuentemente conforma paredones casi verticales, donde se aprecia el afloramiento con potencias superiores a los 25 metros, especialmente en la zona central (1). En las zonas laterales, al igual que en la parte superior del escarpe, aparecen macizos con potencias entre 5-10 metros, que alternan con laderas escarpadas recubiertas de material fino, donde frecuentemente se desarrolla vegetación típica del encinar clímax (2). En los escarpes, se han observado caída de bloques de tamaño medio y grande en las zonas más alteradas. En algunos casos, las trayectorias de caída son escasas, pero en otros los desniveles son muy grandes, como en la zona central, donde los bloques se despeñan directamente sobre el río (3). Las zonas de caída de bloques más peligrosas son prácticamente inaccesibles, presentando las de menor entidad mayor exposición a la población. Ponderando todos estos aspectos y la calidad del macizo, se determina que esta área posee un riesgo medio por caída de bloques.

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
LA ENCINA	ARENISCAS DE CABRERIZOS. FACIE TORRESMENUDAS

LOCALIZACIÓN	URB. MIRADOR DEL ARROYO, EN CASTELLANOS DE VILLIQUERA
---------------------	---

TOPOGRÁFICO	ORTOFOTO
-------------	----------



FOTOGRAFÍAS



DESCRIPCIÓN

Los escarpes asociados al arroyo de la Encina no son tan pronunciados como los existentes en el Tormes. A pesar de observarse zonas de desnivel prolongado, estas son más suaves y escalonadas que en casos anteriores. La presencia de materiales rocosos formando macizos aflorantes es irregular y escasa, y en general de pequeña potencia (<5-10m), soliendo manifestarse en las partes más bajas del escarpe, predominando en las partes altas la alteración de la roca, cuyos restos recubren las laderas del escarpe (1). Junto al camino y viviendas situadas al pie del escarpe aflora un banco de arenisca de la Fm. Cabrerizos, facie de Torresmenudas, de unos 5 m de potencia que se encuentra bastante alterado (2), presentando en algunas zonas derrumbes y caídas de pequeños bloques que debido a su escasa envergadura y escasa trayectoria no suponen excesivos peligros para la población (3). Por tanto, el riesgo considerado en esta zona es bajo.

CARACTIZACIÓN DE LAS ÁREAS CON RIESGOS POR DESPRENDIMIENTO

ÁREA	LITOLOGÍA
EL VISO	ARENISCAS FELDESPÁTICAS DE EL VISO

LOCALIZACIÓN	En la ladera norte de la superficie en la que se encuentra la ermita El Viso.
---------------------	---

TOPOGRÁFICO	ORTOFOTO
--------------------	-----------------



FOTOGRAFÍAS



DESCRIPCIÓN

Se trata de una zona con desniveles moderados (1), pero en los cuales no se manifiesta la presencia de macizos rocosos. La litología subyacente es una arenisca de baja consistencia (2), y los desniveles han sido provocados por la erosión hídrica, dando lugar a grandes cárcavas (3). Las laderas en general se encuentran recubiertas por material fino procedente de la erosión y alteración de los materiales terciarios, siendo escasos los afloramientos de esta arenisca, y cuando lo hace se muestra muy meteorizada. Por tanto, es una zona que no presenta apenas problemática alguna asociada a la caída de bloques, por lo que el riesgo es muy bajo.

ANEXO 4

FICHAS DE LAS UNIDADES AMBIENTALES TERRITORIALES

Unidad 1	Crestas y lomas sobre cuarcita con vegetación arbolada					
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Cuadrante suroeste, en la zona conocida como “Los Montalvos”.						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Macizo de Los Montalvos			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Cuarcita armoricana					
Geomorfología	Crestas y lomas de las zonas de cumbre					
Vegetación	Encinar climácico de <i>Quercus rotundifolia</i> y su orla					
Topografía	Fuertemente inclinado (Pendiente: 10-15%)					
Edafología	Leptosoles dísticos y líticos, poco desarrollados por la dureza de la roca					
Paisaje	Calidad	Muy alta	Fragilidad	Baja	Nec. Protección	Alta
Patri. cultural	Yacimiento arqueológico de El Mesón					
Degradaciones	Vertido de residuos urbanos y de construcción y demolición					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Escasa gestión de los recursos					
Amenazas	Degradación ambiental e intrusión de la urbanización					
Fortalezas	Alto valor paisajístico, ecológico y funcional					
Oportunidades	Actividades ligadas a la geoconservación					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Muy alto					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Muy alto					
Por sus valores culturales	Moderado					
TOTAL	MUY ALTO					
<i>LIMITACIONES</i>						
Presencia de suelos líticos y afloramientos rocosos						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Encinares, dehesas y pastos. Ganadería extensiva en algunos sectores					
Potencialidad	Encinar climácico. Esparcimiento y fines científicos y educativos					
<i>OBSERVACIONES</i>						
La gestión agroganadera privada se recomienda realizarla con criterios sostenibles y respetuosos con la dehesa y una densidad ganadera no superior a 0.4 vacas/hectárea						

Unidad 2		Superficie degradada sobre pizarras con cultivos				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Sector central del extremo sur, desde el este de Aldeatejada al norte de Arapiles						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
Llanura sobre pizarras al este de Aldeatejada						
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Pizarras del Complejo Esquisto-Grauváquico					
Geomorfología	Superficie degradada					
Vegetación	Cultivos cerealistas en secano					
Topografía	Llano o muy ligeramente inclinado (Pendiente: 0-2%)					
Edafología	Cambisol dístico					
Paisaje	Calidad	Baja	Fragilidad	Muy baja	Nec. Protección	Muy baja
Patri. Cultural	Yac. Arqueológico “Peña Caída” y “Prado de la Pinilla”. Suelo protección cultural “Batalla Arapiles”					
Degradaciones	-					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Espacios con escaso interés ecológico					
Amenazas	Agricultura intensiva que provoque degradación y pérdida de valor del suelo					
Fortalezas	Área con topografía llana que evita la erosión del suelo por la agricultura					
Oportunidades	Puesta en valor de los elementos culturales. Posibilidad de transformación					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Bajo					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Muy bajo					
Por sus valores culturales	Moderado					
TOTAL	BAJO					
<i>LIMITACIONES</i>						
Escasa fertilidad de los suelos						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Agrícola					
Potencialidad	Agrícola. Capacidad de albergar otros proyectos					
<i>OBSERVACIONES</i>						
-						

Unidad 3		Superficie estructural sobre arenisca con pastizales				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Afloramientos rocosos duros al este de Aldeatejada y al oeste de Calvarrasa de Arriba						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Superficie estructural en Aldeatejada			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Areniscas de la Fm. Salamanca					
Geomorfología	Superficie estructural					
Vegetación	Pastizales: majadales silicícolas					
Topografía	Llano o muy ligeramente inclinado (Pendiente: 0-2%)					
Edafología	Leptosoles dísticos y líticos junto afloramientos rocosos					
Paisaje	Calidad	Alta	Fragilidad	Baja	Nec. Protección	Alta
Patri. cultural	Yacimientos arqueológicos “Los Claudios”, “Arapil de la Fuente”, “Arapil Chico”, “Las Zorreras” y “Los Campos”					
Degradaciones						
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Escaso rendimiento económico					
Amenazas	Erosión del suelo por rodaje excesivo de motos y bicicletas					
Fortalezas	Permite la conservación de pastizales climácicos. Buena calidad paisaje					
Oportunidades	Posibilidad de fomentar áreas de esparcimiento					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Alta					
Por sus valores socioeconómicos	Baja					
Por sus valores paisajísticos	Muy baja					
Por sus valores culturales	Moderada					
TOTAL	ALTA					
<i>LIMITACIONES</i>						
Afloramientos rocosos o su cercanía a la superficie dificultan el desarrollo de infraestructuras						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Pastizales y esparcimiento					
Potencialidad	Esparcimiento, científico y educativo					
<i>OBSERVACIONES</i>						
Estas superficies provocan un impacto positivo en el paisaje del entorno						

Unidad 4		Superficie poligénica sobre arenisca con cultivos					
<i>LOCALIZACIÓN</i>							
Cuadrante nororiental, junto Pol. Industrial de Villares de la Reina y Castellanos de Moriscos							
Distribución geográfica				Fotografía representativa			
							
				Superficie antigua de La Armuña junto a El Viso			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>							
Geología	Areniscas feldespáticas (Formación El Viso)						
Geomorfología	Superficie poligénica						
Vegetación	Cultivos cerealistas en secano						
Topografía	Llano o muy ligeramente inclinado (Pendiente: 0-2%)						
Edafología	Luvisoles crómicos, cálcicos y vérticos						
Paisaje	Calidad	Moderada	Fragilidad	Baja	Nec. Protección	Media	
Patri. Cultural	-						
Degradaciones							
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>							
Debilidades	Agricultura intensiva que provoque degradación y pérdida de valor del suelo						
Amenazas	Ocupación y sellado del suelo						
Fortalezas	Suelos de gran calidad para el desempeño agrícola						
Oportunidades	Conservación y puesta en valor de los suelos agrícolas						
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>							
Por sus valores ecológicos	Moderado						
Por sus valores socioeconómicos	Muy alto						
Por sus valores paisajísticos	Moderado						
Por sus valores culturales	Bajo						
TOTAL	ALTO						
<i>LIMITACIONES</i>							
<i>USOS DEL SUELO</i>							
Uso actual	Agrícola						
Potencialidad	Agrícola						
<i>OBSERVACIONES</i>							

Unidad 5	Laderas sobre depósitos de vertientes con cultivos					
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Cuadrante soroccidental, en las inmediaciones del entorno de Los Montalvos						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Laderas en Aldeatejada			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Cantos, conglomerados y arenas					
Geomorfología	Depósitos de vertiente y glaciares coluviales					
Vegetación	Cultivos de cereales en secano					
Topografía	Inclinado (Pendiente: 5-10%) a ligeramente inclinado en zonas bajas (2-5%)					
Edafología	Luvisoles crómicos, dístricos, cálcicos, gleicos y cambisoles dístricos					
Paisaje	Calidad	Moderad	Fragilidad	Baja	Nec. Protección	Baja
Patri. cultural	Yacimiento arqueológico “Hoyo del Muerto”					
Degradaciones						
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Elevada pendiente favorece la erosión del suelo con mala gestión agrícola					
Amenazas	Expansión urbana en algunos sectores					
Fortalezas	Actividad agrícola bien implantada					
Oportunidades	Potenciar el ocio ligado a Los Montalvos. Posibilidad de transformación					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Moderado					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Moderado					
Por sus valores culturales	Bajo					
TOTAL	MODERADO					
<i>LIMITACIONES</i>						
Los suelos suelen ser muy pedregosos, entorpeciendo la labor agrícola						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Agrícola					
Potencialidad	Agrícola y esparcimiento. Capacidad de albergar otros proyectos					
<i>OBSERVACIONES</i>						
Opciones de esparcimiento más probables en las partes altas inmediatas a Los Montalvos						

Unidad 6		Laderas sobre pizarras con pastizales				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Al oeste de la ciudad de Salamanca y en el extremo sur, desde Aldeatejada hasta Arapiles						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Pastizales sobre pizarras al oeste de Salamanca			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Pizarras del CEG y ordovícicas					
Geomorfología	Terreno ondulado: laderas					
Vegetación	Pastizales silvícolas					
Topografía	Inclinado (Pendiente: 5-10%)					
Edafología	Leptosoles dísticos y líticos, Regosoles hiperdísticos					
Paisaje	Calidad	Baja	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección	Media
Patri. cultural	Yacimientos arqueológicos “Valhondo”, “Matagrillos”, “Sanchoviejo”, “Cuatro Puentes”, “La Polla”, “Tres Palacios” y “Teso de San Miguel”					
Degradaciones	Vertidos de residuos sólidos no controlados. Abandono actividad económica					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Suelos muy limitantes para actividades agrícolas					
Amenazas	Abandono y degradación ambiental de las áreas periurbanas o no rentables					
Fortalezas	Empleo de los pastos por la ganadería extensiva					
Oportunidades	Posibilidad de transformaciones, especialmente en zonas periurbanas					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Bajo					
Por sus valores socioeconómicos	Bajo					
Por sus valores paisajísticos	Bajo					
Por sus valores culturales	Moderado					
TOTAL	BAJO					
<i>LIMITACIONES</i>						
En ocasiones los suelos no permiten el desarrollo de actividades agroganaderas						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Pastizales					
Potencialidad	Pastizales. Capacidad de albergar otros proyectos					
<i>OBSERVACIONES</i>						

Unidad 7		Laderas sobre arenisca con cultivos				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Muy extendidas, especialmente por la mitad norte y entorno sur de Salamanca						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Cultivo al norte de Salamanca			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Areniscas de las diferentes formaciones					
Geomorfología	Terreno ondulado: Laderas					
Vegetación	Cultivos cerealistas en secano					
Topografía	Ligeramente inclinado (Pendiente: 2-5%)					
Edafología	Luvisoles y cambisoles éutricos, crómicos y cálcicos.					
Paisaje	Calidad	Moderada	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección	Media
Patri. Cultural	Yac. Arq. “Teso S. Miguel”, “La Guadaña”, “Los Canales”, “Huerto de las Señoritas”, “Villa Romana S. Julián Valmuza” y “Los Castros”					
Degradaciones	Erosión de suelos en zonas de pendientes más elevadas					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Alta antropización de algunos sectores. Urbanización irregular					
Amenazas	Agricultura intensiva que provoque degradación y pérdida de valor del suelo					
Fortalezas	Espacios extensos con buena actitud agrícola en general					
Oportunidades	Oportunidades de transformación					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Bajo					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Bajo					
Por sus valores culturales	Moderado					
TOTAL	BAJO					
<i>LIMITACIONES</i>						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Agrícola					
Potencialidad	Agrícola. Capacidad de albergar otros proyectos					
<i>OBSERVACIONES</i>						
En zonas altas cercanas a las superficies suelen existir escalones bruscos con pastos						

Unidad 8		Laderas sobre unidad roja con cultivos			
<i>LOCALIZACIÓN</i>					
Predominan en la comarca de la Armuña y en el cuadrante suroccidental					
Distribución geográfica			Fotografía representativa		
					
			Cultivos al sur de Castellanos de Villiquera		
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>					
Geología	Conglomerados, arenas y arcillas rojas				
Geomorfología	Terreno ondulado: Laderas				
Vegetación	Cultivos cerealistas en secano				
Topografía	Ligeramente inclinado (Pendiente: 2-5%)				
Edafología	Luvisoles y cambisoles crómicos, vérticos y cálcicos				
Paisaje	Calidad	Moderad	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección
Patri. cultural	Yacimientos arqueológicos de “Mozodiel”, “El Castillo”, “Las Minas”, “Prado Cavo Viejo”, “Restaurante Ibérico” y “Vallejo de Matahijos”				
Degradaciones					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>					
Debilidades	Alta antropización de algunos sectores. Urbanización irregular				
Amenazas	Agricultura intensiva que provoque degradación y pérdida de valor del suelo				
Fortalezas	Espacios extensos con buena actitud agrícola en general				
Oportunidades	Oportunidades de transformación				
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>					
Por sus valores ecológicos	Bajo				
Por sus valores socioeconómicos	Moderado				
Por sus valores paisajísticos	Bajo				
Por sus valores culturales	Moderado				
TOTAL	BAJO				
<i>LIMITACIONES</i>					
<i>USOS DEL SUELO</i>					
Uso actual	Agrícola				
Potencialidad	Agrícola. Capacidad de albergar otros proyectos				
<i>OBSERVACIONES</i>					
Existen irregularmente repartidos niveles aflorantes de margas (caleños o caliches)					

Unidad 9		Laderas sobre arenisca con formaciones mixtas cultivo-arbolado				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
En el paraje Puerto de la Anunciación, cerca de Florida de Liébana						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Panorámica desde Florida de Liébana			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Areniscas de la Fm Cabrerizos, facie de Villamayor					
Geomorfología	Terreno ondulado: Laderas					
Vegetación	Dehesas labradas. Dehesas de <i>Quercus rotundifolia</i> con cultivos de cereal					
Topografía	Ligeramente inclinado (Pendiente: 2-5%)					
Edafología	Cambisol éutrico, Calcisol cámbico, Regosol calcárico					
Paisaje	Calidad	Alta	Fragilidad	Baja	Nec. Protección	Alta
Patri. cultural	-					
Degradaciones						
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Zonas muy escasas					
Amenazas	Desaparición del arbolado					
Fortalezas	Conservación de ejemplares adultos y sanos de <i>Quercus rotundifolia</i>					
Oportunidades	Recuperación de la dehesa/encinar					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Moderado					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Moderado					
Por sus valores culturales	Muy bajo					
TOTAL	MODERADO					
<i>LIMITACIONES</i>						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Agroforestal					
Potencialidad	Dehesa: silvicultura y ganadería extensiva					
<i>OBSERVACIONES</i>						

Unidad 10		Laderas sobre unidad roja con formaciones mixtas cultivo-arbolado				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
En las inmediaciones de Barregas y en el extremo suroccidental, junto a Muñovela						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
Dehesa labrada al norte de Carrascal de Barregas						
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Conglomerados, arenas y arcillas rojas					
Geomorfología	Terreno ondulado: Laderas					
Vegetación	Dehesas labradas. Dehesas de <i>Quercus rotundifolia</i> con cultivos de cereal					
Topografía	Ligeramente inclinado (Pendiente: 2-5%)					
Edafología	Luvisoles crómicos, ródicos y cálcicos					
Paisaje	Calidad	Alta	Fragilidad	Baja	Nec. Protección	Alta
Patri. cultural	-					
Degradaciones						
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Zonas expuestas a la erosión del suelo por las prácticas agrícolas					
Amenazas	Desaparición del arbolado					
Fortalezas	Conservación de ejemplares adultos y sanos de <i>Quercus sp.</i>					
Oportunidades	Recuperación de la dehesa/encinar					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Moderado					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Moderado					
Por sus valores culturales	Muy bajo					
TOTAL	MODERADO					
<i>LIMITACIONES</i>						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Agroforestal					
Potencialidad	Dehesa: silvicultura y ganadería extensiva					
<i>OBSERVACIONES</i>						

Unidad 11		Laderas sobre arenisca con vegetación arbolada				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Dehesa de Pelagarcía, la Argentina, entorno de Villaselva y Monte Raya de Zorita						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Encinar adhesado en Carbajosa de la Sagrada			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Areniscas de la Fm. Salamanca y Fm. Cabrerizos					
Geomorfología	Terreno ondulado: Laderas					
Vegetación	Encinares y encinares adhesados de <i>Quercus rotundifolia</i>					
Topografía	Ligeramente inclinado (Pendiente: 2-5%)					
Edafología	Cambisol éutrico, Calcisol cámbico, Regosol calcárico					
Paisaje	Calidad	Alta	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección	Alta
Patri. cultural	Yacimientos arqueológicos “Arroyo Valgrande” y “La Rivera”					
Degradaciones						
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Zonas escasas a nivel local					
Amenazas	Antropización y fragmentación del ecosistema					
Fortalezas	Conservación de dehesas y encinares					
Oportunidades	Fomento de la conservación y usos alternativos					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Muy alto					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Alto					
Por sus valores culturales	Moderado					
TOTAL	ALTO					
<i>LIMITACIONES</i>						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Ganadero y forestal					
Potencialidad	Ganadero y forestal. Usos alternativos: esparcimiento y educativo					
<i>OBSERVACIONES</i>						
Constituyen las mayores extensiones conservadas de ecosistema climácico						

Unidad 12		Laderas sobre unidad roja con vegetación arbolada				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Dispersos en pequeñas parcelas del entorno de Florida de Liébana y Valcuevo						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
Encinares al sur de Florida de Liébana						
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Conglomerados, arenas y arcillas rojas					
Geomorfología	Terreno ondulado: Laderas					
Vegetación	Encinares y encinares adeshados de <i>Quercus rotundifolia</i>					
Topografía	Ligeramente inclinado (Pendiente: 2-5%)					
Edafología	Luvisoles crómicos, ródicos y cálcicos					
Paisaje	Calidad	Alta	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección	Alta
Patri. cultural	-					
Degradaciones						
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Zonas escasas a nivel local y muy fragmentadas					
Amenazas	Antropización y deforestación					
Fortalezas	Conservación de dehesas y encinares					
Oportunidades	Fomento de la conservación y usos alternativos					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Muy alto					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Alto					
Por sus valores culturales	Moderado					
TOTAL	ALTO					
<i>LIMITACIONES</i>						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Ganadero y forestal					
Potencialidad	Ganadero y forestal. Usos alternativos: esparcimiento y educativo					
<i>OBSERVACIONES</i>						

Unidad 13		Escarpes sobre areniscas con pastizales				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Destacan en Calvarrasa de Arriba, Cabrerizos, Valcuevo, Aldeatejada y Carbajosa						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Escarpes junto a Calvarrasa de Arriba			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Areniscas					
Geomorfología	Escarpes fluviales					
Vegetación	Pastizales					
Topografía	Moderadam. escarpado (15-30), escarpado (30-60) o muy escarpado (>60)					
Edafología	Regosol éutrico y calcárico, Leptosol calcárico					
Paisaje	Calidad	Muy alta	Fragilidad	Alta	Nec. Protección	Muy alta
Patri. cultural	Yacimientos Arqueológicos “Valcuevo I”, “Valcuevo II”, “Peñas del Guejo”, “Teso de la Feria” y “Palacio de López Rodríguez”					
Degradaciones	Liberación de residuos					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Procesos erosivos. Sensación de abandono (degradación paisaje)					
Amenazas	Riesgos de desprendimiento. Vertido de residuos					
Fortalezas	Alta calidad del paisaje					
Oportunidades	Potenciar conservación y esparcimiento					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Moderado					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Muy alto					
Por sus valores culturales	Alto					
TOTAL	ALTO					
<i>LIMITACIONES</i>						
Son espacios que habitualmente presentan riesgos por caída de bloques						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Sin aprovechamiento generalizado. A veces, esparcimiento					
Potencialidad	Usos educativos y recreativos-esparcimiento					
<i>OBSERVACIONES</i>						
En ocasiones aparecen paredones verticales						

Unidad 14		Escarpes sobre areniscas con vegetación arbolada				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Se localizan en Cabrerizos, Carbajosa (Navahonda), La Argentina y Valcuevo						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Encinares en los escarpes de Navahonda			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Areniscas de la Fm. Salamanca y Fm. Cabrerizos					
Geomorfología	Escarpes fluviales					
Vegetación	Encinares de <i>Quercus rotundifolia</i> con su orla					
Topografía	Moderadamente escarpado (15-30%) a escarpado (30-60%)					
Edafología	Regosol éutrico y calcárico, Leptosol calcárico					
Paisaje	Calidad	Muy alta	Fragilidad	Muy alta	Nec. Protección	Muy alta
Patri. cultural	Yacimientos Arqueológicos “La Flecha” y “Cueva de Rascones”					
Degradaciones	-					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Zonas de escasa extensión					
Amenazas	Riesgos naturales. Alteración del hábitat					
Fortalezas	Espacios de gran valor ecológico					
Oportunidades	Fomento y conservación del ecosistema clímax					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Muy alto					
Por sus valores socioeconómicos	Alto					
Por sus valores paisajísticos	Muy alto					
Por sus valores culturales	Moderado					
TOTAL	MUY ALTO					
<i>LIMITACIONES</i>						
Elevadas pendientes, en ocasiones con aparición de cortados, como en Valcuevo						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Encinares					
Potencialidad	Encinares. Uso científico, divulgativo y educativo					
<i>OBSERVACIONES</i>						
En estas zonas es donde mejor se conserva el ecosistema climácico, excepto en escarpe de Cabrerizos, donde el arbolado predominante es el pinar.						

Unidad 15		Incisión fluvial sobre pizarras con pastizales				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Paraje de La Salud, al oeste de Salamanca						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
Incisión del Tormes sobre las pizarras (La Salud)						
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Pizarras negras del Ordovícico					
Geomorfología	Incisión fluvial sobre el zócalo					
Vegetación	Pastizales silicícolas, con vegetación de ribera junto al río					
Topografía	Inclinado a fuertemente inclinado (Pendiente: 5-15%), escarpado junto al río					
Edafología	Leptosol éutrico					
Paisaje	Calidad	Alta	Fragilidad	Muy alta	Nec. Protección	Muy alta
Patri. cultural	Yacimientos arqueológicos “Los Pisones”, “El Marín” y “Fuente La Salud”					
Degradaciones	Vertido incontrolado de residuos					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Escasa extensión y elevada antropización circundante					
Amenazas	Antropización del espacio. Riesgos naturales					
Fortalezas	Elevada calidad del paisaje. Patrimonio cultural					
Oportunidades	Conservación del espacio y fomento de las actividades culturales y de ocio					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Moderado					
Por sus valores socioeconómicos	Bajo					
Por sus valores paisajísticos	Alto					
Por sus valores culturales	Alto					
TOTAL	ALTO					
<i>LIMITACIONES</i>						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Sin uso económico aparente. Pastizales silicícolas					
Potencialidad	Uso cultural y educativo. Esparcimiento					
<i>OBSERVACIONES</i>						

Unidad 16	Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos de regadío					
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Vega del Tormes: Cabrerizos, Pelabravo, Villamayor y Florida de Liébana						
Distribución geográfica				Fotografía representativa		
						
				Vega del Tormes junto a Florida de Liébana		
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Conglomerados y arenas					
Geomorfología	Terrazas bajas y vega del Tormes					
Vegetación	Cultivos de regadío, maíz principalmente					
Topografía	Llano o muy ligeramente inclinado (Pendiente: 0-2%)					
Edafología	Cambisoles y Fluvisoles dísticos y éutricos					
Paisaje	Calidad	Baja	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección	Baja
Patri. cultural	Yac. arqueológicos “Torre Mocha”, “La Ciellina” y “Naharros Nuevos”					
Degradaciones	Explotaciones de áridos sin restaurar abandonadas					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Fragmentación de tierras y edificación desordenada					
Amenazas	Presión urbanística					
Fortalezas	Buena aptitud agrícola de los suelos					
Oportunidades	Conservación por su valor agrícola					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Bajo					
Por sus valores socioeconómicos	Alto					
Por sus valores paisajísticos	Bajo					
Por sus valores culturales	Bajo					
TOTAL	BAJO					
<i>LIMITACIONES</i>						
Zonas con riesgos de inundación						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Agrícola					
Potencialidad	Agrícola					
<i>OBSERVACIONES</i>						
Numerosas edificaciones destinadas a uso residencial afectadas por riesgo de inundaciones						

Unidad 17		Terrazas con conglomerados y arenas y cultivos cerealistas				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Destacan en el sector suroriental, entre Carbajosa, Pelabravo y Calvarrasa de Arriba						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Terraza labrada junto a Pelabravo			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Conglomerados y arenas					
Geomorfología	Terrazas, principalmente, y glacis					
Vegetación	Cultivos cerealistas en secano					
Topografía	Alternancia de espacios llanos (0-2%) con ligeramente inclinados (2-5%)					
Edafología	Luvisoles crómicos y cálcicos					
Paisaje	Calidad	Baja	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección	Baja
Patri. cultural	Yacimientos “Azucarera”, “Carpihuelo”, “Tesos de Marialba”, “Casas Viejas”, “Las Vegas” y “Valdelagua”					
Degradaciones	Explotaciones de áridos sin restaurar abandonadas					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Agricultura intensiva que provoque degradación y pérdida de valor del suelo					
Amenazas	Ocupación y sellado del suelo					
Fortalezas	Espacios con buena aptitud agrícola					
Oportunidades	Capacidad de transformaciones de uso					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Bajo					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Muy bajo					
Por sus valores culturales	Moderado					
TOTAL	BAJO					
<i>LIMITACIONES</i>						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Agrícola					
Potencialidad	Agrícola. Capacidad de albergar nuevos proyectos					
<i>OBSERVACIONES</i>						
Incluye espacios de terrazas bajas no destinadas a uso agrícola						

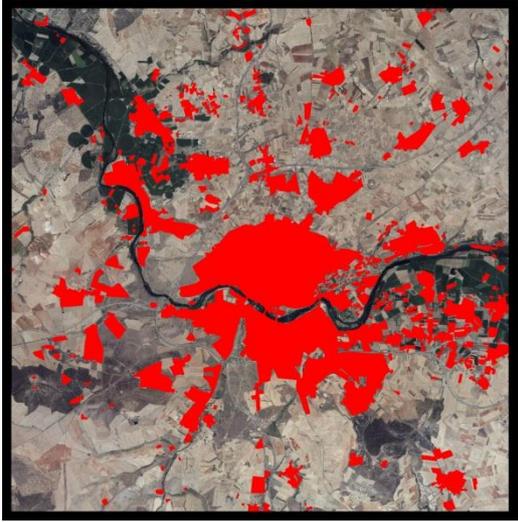
Unidad 18	Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones mixtas cultivo-arbolado				
<i>LOCALIZACIÓN</i>					
Al norte de Barregas y junto a Pelagarcía (Carbajosa)					
Distribución geográfica			Fotografía representativa		
					
			Terraza labrada junto a Florida de Liébana		
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>					
Geología	Conglomerados y arenas				
Geomorfología	Terrazas altas del Tormes				
Vegetación	Dehesas labradas. Dehesas de <i>Quercus rotundifolia</i> con cultivos de cereal				
Topografía	Alternancia de espacios llanos (0-2%) con ligeramente inclinados (2-5%)				
Edafología	Luvisoles y cambisoles crómicos, vérticos, gléyicos y cálcicos				
Paisaje	Calidad	Moderad	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección
Patri. cultural	-				
Degradaciones					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>					
Debilidades	Zonas expuestas a la erosión del suelo por las prácticas agrícolas				
Amenazas	Desaparición del arbolado				
Fortalezas	Conservación de ejemplares adultos y sanos de <i>Quercus sp.</i>				
Oportunidades	Recuperación de la dehesa/encinar				
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>					
Por sus valores ecológicos	Alto				
Por sus valores socioeconómicos	Moderado				
Por sus valores paisajísticos	Alto				
Por sus valores culturales	Bajo				
TOTAL	ALTO				
<i>LIMITACIONES</i>					
<i>USOS DEL SUELO</i>					
Uso actual	Agroforestal				
Potencialidad	Dehesa: silvicultura y ganadería extensiva				
<i>OBSERVACIONES</i>					

Unidad 19		Terrazas con conglomerados y arenas y formaciones arboladas					
<i>LOCALIZACIÓN</i>							
Espacios diseminados en la vega y terrazas inferiores del Tormes							
Distribución geográfica				Fotografía representativa			
							
				Chopera en Valverdón			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>							
Geología	Conglomerados y arenas						
Geomorfología	Terrazas bajas y vega del Tormes						
Vegetación	Plantaciones de vegetación higrófila: choperas de <i>Populus sp.</i>						
Topografía	Llano o muy ligeramente inclinado (Pendiente: 0-2%)						
Edafología	Cambisoles y Fluvisoles dísticos y éutricos						
Paisaje	Calidad	Moderad	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección	Media	
Patri. cultural	-						
Degradaciones							
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>							
Debilidades	Extensiones reducidas e irregular distribución						
Amenazas	Deforestación						
Fortalezas	Áreas de interés ecológico						
Oportunidades	Conservación y fomento de actividades de esparcimiento						
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>							
Por sus valores ecológicos	Alto						
Por sus valores socioeconómicos	Moderado						
Por sus valores paisajísticos	Moderado						
Por sus valores culturales	Bajo						
TOTAL	MODERADO						
<i>LIMITACIONES</i>							
<i>USOS DEL SUELO</i>							
Uso actual	Forestal						
Potencialidad	Silvicultura y esparcimiento						
<i>OBSERVACIONES</i>							

Unidad 20		Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con pastizales					
<i>LOCALIZACIÓN</i>							
Fondos de valle de los pequeños arroyos que drenan la zona de estudio							
Distribución geográfica				Fotografía representativa			
							
				Arroyo La Encina en Castellanos de Villiquera			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>							
Geología	Arenas, limos y arcillas						
Geomorfología	Fondo de valle						
Vegetación	Pastizales: vallicares y majadales basófilos y silicícolas. A veces, juncuales.						
Topografía	Llano o muy ligeramente inclinado (Pendiente: 0-2%)						
Edafología	Gleysoles éutricos y cambisoles gléyicos y flúvicos						
Paisaje	Calidad	Moderada	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección	Media	
Patri. cultural	-						
Degradaciones							
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>							
Debilidades	Zonas muy restringidas debido a la presión de la agricultura						
Amenazas	Roturación e incorporación a tierras agrícolas						
Fortalezas	Espacios de buena aptitud para pastos						
Oportunidades	Conservación y explotación sostenible						
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>							
Por sus valores ecológicos	Alto						
Por sus valores socioeconómicos	Alto						
Por sus valores paisajísticos	Moderado						
Por sus valores culturales	Bajo						
TOTAL	ALTO						
<i>LIMITACIONES</i>							
Algunas zonas pueden presentar encharcamientos prolongados							
<i>USOS DEL SUELO</i>							
Uso actual	Pastizales						
Potencialidad	Pastizales						
<i>OBSERVACIONES</i>							
Algunos de estos espacios, los de menor entidad y granulometría del suelo adecuada, fueron roturados y actualmente se encuentran labrados.							

Unidad 21	Fondos de valle de arenas, limos y arcillas con vegetación arbolada					
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Ribera del Tormes y rara vez conservada en los principales arroyos						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Vegetación ribereña en el parque de Valcuevo			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Arenas, limos y arcillas					
Geomorfología	Fondo de valle					
Vegetación	Vegetación higrófila: saucedas-choperas y carrizales. Rara vez alisedas					
Topografía	Llano o muy ligeramente inclinado (Pendiente: 0-2%)					
Edafología	Fluvisoles dístricos, éutricos y háplicos					
Paisaje	Calidad	Moderad	Fragilidad	Moderada	Nec. Protección	
Patri. cultural	-					
Degradaciones	Presencia de especies exóticas invasoras (<i>Cortaderia selloana</i>)					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Áreas fragmentadas					
Amenazas	Presión agrícola y urbanística					
Fortalezas	Espacios de gran valor ecológico					
Oportunidades	Conservación y potenciación de actividades educativas y de esparcimiento					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Muy alto					
Por sus valores socioeconómicos	Alto					
Por sus valores paisajísticos	Alto					
Por sus valores culturales	-					
TOTAL	MUY ALTO					
<i>LIMITACIONES</i>						
Zonas a menudo de difícil acceso						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Sin uso económico aparente. Conservación y esparcimiento					
Potencialidad	Conservación y esparcimiento					
<i>OBSERVACIONES</i>						
Se observan espacios con gran cantidad de maleza muerta. Se recomiendan limpiezas reguladas de maleza y eliminación de especies exóticas invasoras (<i>Cortaderia selloana</i>)						

Unidad 22		Área semiendorreica de limos y arcillas con pastizales				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
Norte de Monterrubio de Armuña						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
Las Abuelas, Depresión de Monterrubio						
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	Limos y arcillas					
Geomorfología	Depresión semiendorreica					
Vegetación	Pastizales: majadal basófilo y pastizal halófilo					
Topografía	Llano o muy ligeramente inclinado (Pendiente: 0-2%)					
Edafología	Vertisol cromi-cálcico					
Paisaje	Calidad	Baja	Fragilidad	Baja	Nec. Protección	Baja
Patri. cultural	-					
Degradaciones	Vertido de residuos sólidos y de aguas residuales					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Alta presión agrícola					
Amenazas	Conversión a tierras agrícolas					
Fortalezas	Espacios con suelos singulares					
Oportunidades	Conservación y fomento del conocimiento de estos suelos					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Muy alto					
Por sus valores socioeconómicos	Moderado					
Por sus valores paisajísticos	Bajo					
Por sus valores culturales	-					
TOTAL	ALTO					
<i>LIMITACIONES</i>						
El uso agrícola puede verse imposibilitado en zonas de elevada plasticidad						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Pastizales: Ganadería ovina en extensivo					
Potencialidad	Ganadería ovina en extensivo. Uso científico y didáctico					
<i>OBSERVACIONES</i>						
Los vertisoles aquí desarrollados dan lugar a estructuras características que originan el conocido como microrrelieve “gilgai”						

Unidad 23		Áreas urbanas				
<i>LOCALIZACIÓN</i>						
La mayor concentración, en el entorno de la ciudad de Salamanca, en el resto, más disperso						
Distribución geográfica			Fotografía representativa			
						
			Zona de esparcimiento junto al Puente Romano			
<i>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</i>						
Geología	-					
Geomorfología	-					
Vegetación	-					
Topografía	-					
Edafología	-					
Paisaje	Calidad	-	Fragilidad	-	Nec. Protección	-
Patri. cultural	Muy abundante, especialmente en la ciudad de Salamanca					
Degradaciones	Abandono de solares, especialmente en zonas periféricas al casco urbano					
<i>DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAFO</i>						
Debilidades	Deficiente planificación					
Amenazas	Degradación de la calidad de vida					
Fortalezas	Dotación de infraestructuras y equipamientos adecuada					
Oportunidades	Fomento de la sostenibilidad urbana					
<i>MÉRITOS DE CONSERVACIÓN</i>						
Por sus valores ecológicos	Bajo					
Por sus valores socioeconómicos	Muy alto					
Por sus valores paisajísticos	Bajo					
Por sus valores culturales	Alto					
TOTAL	-					
<i>LIMITACIONES</i>						
El sellado del suelo impide la recuperación de sectores cubiertos por asfalto u hormigón.						
<i>USOS DEL SUELO</i>						
Uso actual	Urbano y usos asimilados					
Potencialidad	Urbano y usos asimilados					
<i>OBSERVACIONES</i>						
Debe integrarse la variable ambiental en la planificación urbana para conseguir la máxima sostenibilidad						