

# CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR

Máster en geotecnologías  
cartográficas en ingeniería y  
arquitectura



VNIVERSIDAD  
DSALAMANCA

Escuela Politécnica Superior de Ávila



**PROYECTO FIN DE  
MÁSTER**

TUTOR: Ángel Luis Muñoz

05/09/2014

Luis Carlos Fernández García

## **AGRADECIMIENTOS**

*A la fantástica y sana gente del mundo de la orientación deportiva, tanto institucionalmente (FEDO) y especialmente a Mario Vidal, Javier Arufe, Ferrán Santoyo; como a los distintos grupos, clubes y personas (gracias Óscar) que han cedido sus mapas, sus conocimientos y su tiempo. Incluso internacionalmente (IOF y otros investigadores) parece común el entusiasmo por este deporte y la paciencia demostradas hacia quienes nos acercamos a esta disciplina por primera vez.*

*A mi tutor, Ángel Luis Muñoz.*

*Al Instituto Geográfico Nacional por ceder los datos básicos para este Trabajo y a su magnífico personal, por la atención recibida.*

*Y como no podía ser de otra manera, a mi familia y a Beatriz por el tiempo que he dejado de dedicarles.*



## RESUMEN

El deporte de orientación "a pie" es una disciplina en la que resulta básico el concurso de un mapa que defina pormenorizadamente el área donde se desarrolla la carrera, desde el punto de vista del corredor. Este mapa debe reflejar la presencia de vegetación, entre otros elementos del entorno, considerando la dificultad que supone al tránsito y a la visibilidad, midiéndose en categorías de penetrabilidad definidas en las actuales especificaciones: ISOM 2000.

La definición de la penetrabilidad, que no está exenta de subjetividad, es un asunto que suscita controversia en el mundo de la orientación.

En los últimos años se han venido incorporando las nuevas tecnologías en el proceso de creación de estos mapas, siendo el LiDAR un desarrollo que ha suscitado esperanzas en el ámbito de la orientación. Así, ya ha sido ampliamente probada su utilidad en la definición de la orografía y las curvas de nivel de los mapas base, y actualmente se intenta lograr su empleo también en la objetivación de la penetrabilidad.

Este trabajo plantea la posibilidad de clasificar las masas vegetales de la España peninsular en las distintas categorías de penetrabilidad empleando para ello datos PNOA - LiDAR del Instituto Geográfico Nacional. Tras recopilar la información sobre el estado de la cuestión, se diseña una metodología que parte de la definición de áreas de estudio representativas de la gran diversidad forestal de nuestro país. Para cada una de ellas se selecciona un mapa de orientación que tras el oportuno proceso de tratamiento de datos, es empleado como verdad - terreno. Por otro lado, se calculan una serie de variables de interés forestal a partir del procesamiento de las nubes de puntos LiDAR correspondientes a cada zona. Tras analizar los valores de dichas variables para cada categoría de penetrabilidad y cada mapa, finalmente se ensaya una clasificación basada en un sencillo algoritmo.

**PALABRAS CLAVE:** *orientación, O - mapa, LiDAR, penetrabilidad, vegetación*



## ABSTRACT

Foot orienteering is a discipline in which the use of a map plays a large role. This cartography has to fully represent the area where the race is taking place, from the point of view of the runner. The map also shows the vegetation, among other environmental elements, considering it by the difficulties entailed with the movement and the visibility. It is measured in runnability categories defined by the current specifications: ISOM 2000.

The definition of runnability, due to the subjectivity in the determination of the parameter, is an issue in the world of orienteering,

In last years, the new technologies have been incorporating to the orienteering mapmaking, being the LiDAR a development which has raised hopes in the orienteering environment. In this way, its utility in the definition of topography and contour lines has been already demonstrated; nowadays, its use in the runnability objectivation is trying to achieve.

This work suggests the possibility of classify the vegetation masses from the mainland Spain in the different runnability categories by using PNOA - LiDAR from Instituto Geográfico Nacional. Following gathering information about the matter, a methodology which starts from the selection of several study areas among the great forest diversity in our country is developed. For each one, a orienteering map is chosen as ground truth after the appropriate data processing. In the other hand, a set of forest variables of interest are calculated using the LiDAR clouds of points corresponding for each zone. After analyse the values from the aforementioned variables in each runnability category and in each map, a classification based in a simple algorithm is tested.

**KEYWORDS:** *orienteering, O - map, LiDAR, runnability, vegetation*





# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	4
2.1. EL DEPORTE DE ORIENTACIÓN.....	4
2.2. LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN.....	5
2.3. LA VEGETACIÓN EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN.....	8
2.4. LA PENETRABILIDAD Y SU DEFINICIÓN EN LAS ISOM 2000.....	9
2.5. LIDAR.....	11
2.6. REVISIÓN DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	17
2.7. HACIA LA CARTOGRAFÍA AUTOMÁTICA.....	20
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	22
<b>4. INFORMACIÓN DE PARTIDA Y SOFTWARE</b> .....	23
4.1. MAPAS DE ORIENTACIÓN.....	23
4.2. DATOS PNOA - LIDAR.....	26
4.3. FUENTES CARTOGRÁFICAS COMPLEMENTARIAS.....	30
4.4. SOFTWARE EMPLEADO.....	32
4.4.1. TRATAMIENTO DE DATOS LIDAR.....	32
4.4.1.1. TERRASOLID ©.....	32
4.4.1.2. FUSION.....	33
4.4.1.3. FUGRO VIEWER.....	35
4.4.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS).....	35
4.4.2.1. ARCGIS ©.....	36
4.4.2.2. QUANTUM GIS.....	36
4.4.3. TRATAMIENTO DE IMÁGENES - GIMP.....	37



<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	38
5.1. TRABAJO DE CAMPO.....	38
5.2. ÁREAS DE ESTUDIO .....	40
<b>5.2.1. ELECCIÓN DE LOS TERRENOS FORESTALES</b> .....	40
<b>5.2.2. SELECCIÓN DE LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN</b> .....	45
<b>5.2.3. ÁREAS DE ESTUDIO Y MAPAS DE ORIENTACIÓN SELECCIONADOS</b> .....	47
5.2.3.1. HAYEDOS DE URBASA .....	47
5.2.3.2. PINARES DE PEGUERINOS.....	50
5.2.3.3. EUCALIPTAL GALLEGO DE CANZOBRE .....	54
5.2.3.4. BOSQUE ATLÁNTICO DEL NORTE DE ESPAÑA.....	57
5.2.3.5. TERRENO MEDITERRÁNEO CATALÁN.....	60
5.2.3.6. ENCINARES - CARRASCALES DEL INTERIOR.....	63
5.3. TRATAMIENTO DE LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN .....	66
<b>5.3.1. CONVERSIÓN DE FORMATOS DE IMAGEN</b> .....	67
<b>5.3.2. GEORREFERENCIACIÓN</b> .....	68
<b>5.3.3. EXTRACCIÓN DE ENTIDADES VECTORIALES</b> .....	72
5.3.3.1. VECTORIZACIÓN AUTOMÁTICA.....	74
5.3.3.2. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE IMÁGENES.....	74
5.3.3.3. EDICIÓN VECTORIAL MANUAL.....	75
5.3.3.4. EDICIÓN DE LAS TABLAS DE ATRIBUTOS .....	76
5.3.3.5. CAMBIO DE SISTEMA DE REFERENCIA .....	76
5.4. TRATAMIENTO DE LOS DATOS LIDAR.....	77
<b>5.4.1. DEFINICIÓN DE HOJAS PNOA - LIDAR</b> .....	77
<b>5.4.2. CREACIÓN DE BLOQUES</b> .....	78
<b>5.4.3. EXTRACCIÓN DE LOS PUNTOS</b> .....	78
<b>5.4.4. ELIMINACIÓN DE PUNTOS INNECESARIOS</b> .....	79
<b>5.4.5. EDICIÓN DE LAS NUBES DE PUNTOS</b> .....	79
5.5. CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES .....	83



<b>5.5.1.</b>	<b>DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN</b>	83
<b>5.5.2.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE RANGOS DE ALTURA</b>	83
<b>5.5.3.</b>	<b>SELECCIÓN DE VARIABLES</b>	84
<b>5.5.4.</b>	<b>EXTRACCIÓN DE VALORES DE LAS VARIABLES</b>	86
5.5.4.1.	GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DEL TERRENO	87
5.5.4.2.	GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE RUGOSIDAD	88
5.5.4.3.	GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE LAS COPAS Y DE ALTURA DE LA VEGETACIÓN	88
5.5.4.4.	ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE ÁRBOLES	89
5.5.4.5.	ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA	91
5.5.4.6.	ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN	93
5.5.4.7.	ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD DEL DOSEL	94
<b>5.5.5.</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>	96
5.5.5.1.	ANÁLISIS DE LOS VALORES DE LAS VARIABLES	96
5.5.5.2.	MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES	97
5.5.5.3.	CONTROL DE CALIDAD	98
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN</b>	99
6.1.	CATEGORÍAS EVALUADAS	99
6.2.	ANÁLISIS DE DATOS	100
6.3.	CLASIFICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD	110
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	113
7.1.	DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO	113
7.2.	DE LA CLASIFICACIÓN	115
7.3.	SOBRE LA METODOLOGÍA	115
7.4.	EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO	117
7.5.	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DERIVADAS	118
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	120



## **ANEXO I: DATOS PNOA - LiDAR**

- SOLICITUD DATOS PNOA - LiDAR
- LISTADO DE FICHEROS PNOA - LiDAR SOLICITADOS

## **ANEXO II: PENETRABILIDAD: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**

- CATEGORÍAS DE PENETRABILIDAD ISOM 2000
- BOLETÍN MAPA CANZOBRE
- INFORME TÉCNICO MAPA VILLAORILLE

## **ANEXO III: ESTADÍSTICA**

- ESTADÍSTICOS PROGRAMA FUSION
- RESULTADOS ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA
  - MAPA URBASA
  - MAPA PEGUERINOS
  - MAPA VILLAORILLE
  - MAPA PALENCIA

## **ANEXO IV: ANEXO CARTOGRÁFICO**

- HOJA Nº 1: O - MAPA DE URBASA
- HOJA Nº 2: O - MAPA DE PEGUERINOS
- HOJA Nº 3: O - MAPA DE CANZOBRE
- HOJA Nº 4: O - MAPA DE VILLAORILLE
- HOJA Nº 5: O - MAPA DE COLLSEROLA
- HOJA Nº 6: O - MAPA DE PALENCIA
- HOJA Nº 7.1: DIGITALIZACIÓN MAPA URBASA
- HOJA Nº 7.2: MDT URBASA
- HOJA Nº 7.3: VARIABLE A URBASA
- HOJA Nº 7.4: VARIABLE B URBASA
- HOJA Nº 7.5: VARIABLE B URBASA
- HOJA Nº 7.6: VARIABLE C URBASA
- HOJA Nº 7.7: VARIABLE D URBASA
- HOJA Nº 7.8: VARIABLE D URBASA
- HOJA Nº 7.9: VARIABLE E URBASA
- HOJA Nº 7.10: VARIABLE F URBASA
- HOJA Nº 8.1: DIGITALIZACIÓN MAPA PEGUERINOS
- HOJA Nº 8.2: MDT PEGUERINOS
- HOJA Nº 8.3: VARIABLE A PEGUERINOS
- HOJA Nº 8.4: VARIABLE B PEGUERINOS
- HOJA Nº 8.5: VARIABLE B PEGUERINOS
- HOJA Nº 8.6: VARIABLE C PEGUERINOS
- HOJA Nº 8.7: VARIABLE D PEGUERINOS
- HOJA Nº 8.8: VARIABLE D PEGUERINOS
- HOJA Nº 8.9: VARIABLE E PEGUERINOS
- HOJA Nº 8.10: VARIABLE F PEGUERINOS



- HOJA Nº 9.1: DIGITALIZACIÓN MAPA VILLAORILLE
- HOJA Nº 9.2: MDT VILLAORILLE
- HOJA Nº 9.3: VARIABLE A VILLAORILLE
- HOJA Nº 9.4: VARIABLE B VILLAORILLE
- HOJA Nº 9.5: VARIABLE B VILLAORILLE
- HOJA Nº 9.6: VARIABLE C VILLAORILLE
- HOJA Nº 9.7: VARIABLE D VILLAORILLE
- HOJA Nº 9.8: VARIABLE D VILLAORILLE
- HOJA Nº 9.9: VARIABLE E VILLAORILLE
- HOJA Nº 9.10: VARIABLE F VILLAORILLE
- HOJA Nº 10.1: DIGITALIZACIÓN MAPA PALENCIA
- HOJA Nº 10.2: MDT PALENCIA
- HOJA Nº 10.3: VARIABLE B PALENCIA
- HOJA Nº 10.4: VARIABLE B PALENCIA
- HOJA Nº 10.5: VARIABLE C PALENCIA
- HOJA Nº 10.6: VARIABLE D PALENCIA
- HOJA Nº 10.7: VARIABLE D PALENCIA
- HOJA Nº 10.8: VARIABLE E PALENCIA
- HOJA Nº 10.9: VARIABLE F PALENCIA

## **ANEXO V: GRÁFICOS - RESUMEN**

- GRÁFICO - RESUMEN DE LAS FUENTES CARTOGRÁFICAS EMPLEADAS
- GRÁFICO - RESUMEN DEL TRATAMIENTO CARTOGRÁFICO REALIZADO
- GRÁFICO - RESUMEN DE LA METODOLOGÍA



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras nº 1 y 2: corredor de orientación y baliza, modalidad "a pie", a la izquierda, y mapa y brújula, a la derecha. Tomadas de <a href="http://orienteering.org/images/main.php">http://orienteering.org/images/main.php</a> y <a href="http://orienteeringgreece.blogspot.com.es/2012/11/using-compass-in-interaction-with-map.html">http://orienteeringgreece.blogspot.com.es/2012/11/using-compass-in-interaction-with-map.html</a> respectivamente. ....	3
Figura nº 3: ejemplo de mapa de orientación. Fuente: cedido a título personal. ....	5
Figura nº 4: intervalos y gamas de la runnability, clases 405, 406, 408 y 410. Fuente: extraído de las ISOM 2000. ....	9
Figura nº 5: radiación electromagnética del LiDAR. Fuente: tomado de (González Aguilera, 2012). ....	11
Figura nº 6: medición de la distancia por método TOF. Fuente: tomado de (Arias Pérez, 2011). ....	11
Figura nº 7: características del escáner según el soporte. Fuente: tomado de (Meroño de Larriva, 2012). ....	12
Figura nº 8: esquema del sensor y equipamiento adicional. Fuente: tomado de (Arias Pérez, 2011). ....	12
Figura nº 9: clasificación ASPRS versión 1.2. Fuente: tomado de (ASPRS Board, 2008). ....	14
Figura nº 10: estructuras horizontal y vertical en nube de puntos LiDAR. Fuente: tomado de (Agresta S.Coop., 2013). ....	15
Figuras nº 10 y 11: ecos o rebotes del láser en zonas arboladas. Fuente: tomado de (González Aguilera, 2012). ....	16
Figura nº 13: gráfico explicativo del cálculo. Fuente: tomado de la ayuda del programa Karttapullautin (Ryyppo, 2014). ....	20
Figura nº 14: visor web del registro de la FEDO. Tomado de <a href="http://www.fedo.org/web/cartografia/localizador-de-mapas">http://www.fedo.org/web/cartografia/localizador-de-mapas</a> . ....	22
Figura nº 15: interfaz de <a href="http://omaps.worldofo.com/gmaps.php">http://omaps.worldofo.com/gmaps.php</a> . ....	24
Figura nº 16: interfaz web del resultado de la búsqueda (ejemplo). Tomado de <a href="http://omaps.worldofo.com/index.php?id=96373">http://omaps.worldofo.com/index.php?id=96373</a> . ....	24
Figura nº 17: características técnicas del PNOA - LiDAR del © Instituto Geográfico Nacional de España. Tomado de <a href="http://www.ign.es/PNOA/caracteristicas_tecnicas.html">http://www.ign.es/PNOA/caracteristicas_tecnicas.html</a> . ....	25
Figura nº 18: cobertura del PNOA - LiDAR del © Instituto Geográfico Nacional de España. Fuente: tomado de <a href="http://www.ign.es/PNOA/vuelo_lidar.html">http://www.ign.es/PNOA/vuelo_lidar.html</a> . ....	26
Figura nº 19: Terrasolid ©. Fuente: <a href="http://www.terrasolid.com/home.php">http://www.terrasolid.com/home.php</a> . ....	31
Figura nº 20: TerraScan © sobre Microstation ©. Fuente: elaboración propia. ....	32



Figura nº 21: FUSION. Fuente: tomado del arranque del programa. ....	32
Figura nº 22: interfaces de FUSION y LDV. Fuente: elaboración propia.....	33
Figura nº 23: carpeta C:/FUSION y algoritmos. Fuente: elaboración propia.....	34
Figura nº 24: ArcGIS ©. Fuente: tomado del arranque del programa.....	35
Figura nº 25: áreas de categoría 405, 404 y 408 respectivamente. Fuente: elaboración propia. .	38
Figura nº 26: baliza para carrera de orientación en el Cerro de las Contiendas. Fuente: elaboración propia.....	38
Figura nº 27: regiones biogeográficas de la España peninsular. Fuente: elaboración propia.....	40
Figura nº 28: zona de estudio (en rojo) en la Comunidad Foral de Navarra, sobre zona protegida (en verde). Fuente: elaboración propia. ....	49
Figura nº 29: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: cedidas por corredor de orientación.....	48
Figura nº 30: zona de estudio (en rojo) sobre zona protegida (en verde). Fuente: elaboración propia.....	50
Figura nº 31: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: <a href="https://www.facebook.com/media/set/?set=a.625340744203367.1073741844.116367271767386&amp;type=3">https://www.facebook.com/media/set/?set=a.625340744203367.1073741844.116367271767386&amp;type=3</a> y <a href="http://andand-o.blogspot.com/es/">http://andand-o.blogspot.com/es/</a> respectivamente.....	51
Figura nº 32: zona de estudio en la comunidad autónoma de Galicia. Fuente: elaboración propia. ....	53
Figura nº 33: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: tomado de <a href="http://artabron.blogspot.com/es/2011/05/canzobre-orro.html">http://artabron.blogspot.com/es/2011/05/canzobre-orro.html</a> y Google Street View, octubre 2012, respectivamente. ....	54
Figura nº 34: zona de estudio (en rojo) sobre zona protegida (en verde) en el Principado de Asturias. Fuente: elaboración propia. ....	56
Figura nº 35: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: <a href="http://www.quiros.es/galeria-fotografica">http://www.quiros.es/galeria-fotografica</a> y <a href="http://azarielproductions.com/galeria/?album=XIILigaNorte2013Quiros">http://azarielproductions.com/galeria/?album=XIILigaNorte2013Quiros</a> , respectivamente. ....	58
Figura nº 36: zona de estudio en Cataluña (en rojo), sobre terreno protegido (en verde). Fuente: elaboración propia.....	60
Figura nº 37: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: <a href="https://plus.google.com/photos/107806342251507954276/albums/5958830319296322801">https://plus.google.com/photos/107806342251507954276/albums/5958830319296322801</a> . ....	61
Figura nº 38: zona de estudio en la provincia de Palencia. Fuente: elaboración propia. ....	63
Figura nº 39: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: <a href="http://www.panoramio.com/photo/99847502">http://www.panoramio.com/photo/99847502</a> y <a href="http://www.panoramio.com/photo/53575532">http://www.panoramio.com/photo/53575532</a> .....	64



Figura nº 40: ejemplo de vectorización de entidades (Urbasa). En la primera imagen, ortofotografía de la zona, mapa de orientación (segunda) y en la tercera, resultado de vectorización y atributos. Fuente: elaboración propia.....	72
Figura nº 41: ejemplo de polígono convexo sobre teselas. Fuente: elaboración propia. ....	77
Figura nº 42: nube de puntos aceptable (Urbasa). Fuente: elaboración propia. ....	79
Figura nº 43: ejemplo de edición de clases suelo y vegetación. Fuente: elaboración propia. ....	80
Figura nº 44: arbustos interpretados de forma automática como clase suelo. Fuente: elaboración propia.....	80
Figura nº 45: falta de definición del suelo (Villaorille). Fuente: elaboración propia. ....	81
Figura nº 46: alta densidad de puntos localizada (Urbasa). Fuente: elaboración propia. ....	81
Figura nº 47: definición gráfica del parámetro densidad del dosel. Fuente: elaboración propia. ..	85
Figura nº 48: definición gráfica del cálculo de FCC. Fuente: Manual de FUSION. ....	90
Figura nº 49: diseño del proceso de cálculo en ModelBuilder de ArcGIS ©. Fuente: elaboración propia.....	95
Figura nº 50: área excluida del cálculo (en rojo). Fuente: elaboración propia.....	99
Figura nº 51: ejemplo de aplicación de la calculadora ráster. Fuente: elaboración propia. ....	110



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº 1: categorías 405 a 410. Fuente: extraído de las ISOM 2000.....	10
Tabla nº 2: características del mapa escogido para Urbasa. (*) Comentarios del autor del mapa, Roberto Pascual.....	49
Tabla nº 3: características del mapa de Peguerinos. (*) Comentarios del depositario del mapa..	52
Tabla nº 4: características del mapa de Canzobre. (*) Comentarios del coautor del mapa, Javier Arufe.....	56
Tabla nº 5: características del mapa de Quirós (Villarorille). (*) Comentarios del coautor del mapa.....	59
Tabla nº 6: características del mapa de Collserola. (*) Comentarios de Ferrán Santoyo. ....	62
Tabla nº 7: características del mapa de Palencia. (*) Comentarios del club ORCA.....	65
Tabla nº 8: conversión de formatos de imagen. Fuente: elaboración propia.....	67
Tabla nº 9: necesidad de georreferenciación de los mapas. Fuente: elaboración propia. ....	68
Tabla nº 10: resultado de la georreferenciación de los mapas. Fuente: elaboración propia.....	71
Tabla nº 11: resultado de la digitalización de entidades. Fuente: elaboración propia. ....	75
Tabla nº 12: necesidad de transformación de los mapas. Fuente: elaboración propia. ....	76
Tabla nº 13: datos básicos de las nubes de puntos. Fuente: elaboración propia. ....	78
Tabla nº 14: valor del parámetro /mult.. Fuente: elaboración propia.....	89
Tabla nº 15: variables y unidades. Fuente: elaboración propia.....	95
Tabla nº 16: Categorías cartografiadas y superficie. Fuente: elaboración propia. ....	98
Tabla nº 17: medias variable A. Fuente: elaboración propia. ....	100
Tabla nº 18: medias variable B <sub>1</sub> . Fuente: elaboración propia. ....	101
Tabla nº 19: medias variable B <sub>2</sub> . Fuente: elaboración propia. ....	102
Tabla nº 20: medias variable C. Fuente: elaboración propia. ....	103
Tabla nº 21: medias variable D <sub>1</sub> . Fuente: elaboración propia.....	104
Tabla nº 22: medias variable D <sub>2</sub> . Fuente: elaboración propia.....	105
Tabla nº 23: medias variable E. Fuente: elaboración propia. ....	106
Tabla nº 24: medias variable F. Fuente: elaboración propia. ....	107



Tabla nº 25: tendencias observadas y categorías. Fuente: elaboración propia. .... 108

Tabla nº 26: resultado de la clasificación realizada. Fuente: elaboración propia. .... 110



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente **Proyecto Fin de Máster** (PFM) se elabora como requisito necesario para la superación del Máster en Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura, una vez aprobadas todos los créditos de las asignaturas. Se trata de un PFM tipo Investigador de 12 créditos, ya que mi objetivo es no cerrar la puerta a poder cursar el Programa de Doctorado. Desde que finalicé la referida carrera me ha interesado la investigación, habiendo participado en varios proyectos y becas de este tipo que intentaba simultanear con mi trabajo; mi intención era hacer la Tesis Doctoral pero tuve un primer intento fallido. Soy consciente que desarrollar la labor investigadora en las actuales condiciones socioeconómicas es muy complicado, pero no quiero descartarlo.

Este trabajo fue expuesto por el profesor Ángel Luis Muñoz Nieto en la lista de propuestas de PFM del curso 2012 - 2013 y *consiste en investigar sobre la validez del uso de imágenes LiDAR para la determinación, bajo parámetros matemáticos, del parámetro de transitabilidad (o penetrabilidad, según las ISOM 2000) a través de la vegetación en los mapas de orientación*. Presenté mi candidatura al profesor Ángel Luis el día 15 de marzo de 2013, y tras exponerle mi perfil profesional y mis conocimientos, la candidatura fue aceptada para la realización de este trabajo; el cual, tras unos comienzos complicados por el hecho de compaginar la vida laboral con la estudiantil, ha sido desarrollado con plenitud aproximadamente desde noviembre del año 2013 y hasta la fecha actual.

Una vez conocido el trabajo a desarrollar, algunas de las tareas realizadas para las asignaturas de las que consta el Máster, han sido llevadas a cabo enfocando sus contenidos hacia la realización de este PFM, sobre todo las relacionadas con el procesado y clasificación de imágenes LiDAR tomadas en España. También he realizado formación complementaria en la materia, como un curso online de la Universidad de Córdoba: *LiDAR aplicado al Inventario y Evaluación de Recursos Forestales* (finalizado en noviembre 2012, 75 h).

Antes de cursar este Máster, estudié **Ingeniería de Montes**, aunque mi deriva profesional posterior me ha llevado por el mundo de la cartografía digital y los Sistemas de Información Geográfica. Por ello, el trabajo que ahora presento, en el que las aplicaciones geomáticas en el campo forestal y medioambiental juegan un papel crucial, me interesa mucho a todos los niveles, ya que incluso me devuelve, por así decirlo, a "mis orígenes". Entre dichas aplicaciones, considero que el **LiDAR** tiene una gran expectativa de desarrollo habida cuenta de los costes que supone el trabajo de campo en este medio. Por ello, la necesaria profundización en el tratamiento y análisis de esta fuente de datos que obligatoriamente ha de realizarse a fin de llevar a buen término el Estudio, me permitirá conocer formas de explotar los datos no sólo para el tratamiento de la vegetación en los mapas de orientación, sino también para obtener otros parámetros y características de las masas forestales, tan necesarios en su gestión y la valorización de sus recursos.



Dentro de los vuelos LiDAR realizados sobre territorio español, tienen gran interés por su generalización a todo el territorio con formatos y tratamientos homogéneos, y la solvencia de su fuente, los datos LiDAR generados por el **Plan Nacional de Ortofotografía Aérea** ([http://www.ign.es/PNOA/vuelo\\_lidar.html](http://www.ign.es/PNOA/vuelo_lidar.html)). Estos datos, que presumiblemente serán puestos a disposición pública para su descarga en algún momento no demasiado lejano en el tiempo, suscitan mucha curiosidad en mí, y en mi opinión también en un amplio sector relacionado con la geomática. Con la investigación y posterior uso podrían desarrollarse múltiples aplicaciones en muy diversos campos de las ciencias cartográficas, naturales, geomorfológicas, etc. Es cierto que cuentan con menos densidad de puntos por metro cuadrado (0,5 pto / m<sup>2</sup>) que otros vuelos LiDAR realizados en determinadas áreas, pero en mi opinión merece la pena ir tomando experiencia en el manejo de estos datos, observando así sus posibilidades reales de aplicación.

A todo lo referido anteriormente, que por sí solo justifica desde el punto de vista académico y profesional la realización de este trabajo, debe unirse el interés personal surgido por la disciplina deportiva de la **orientación**, profundamente vinculada (en alguna de sus variantes y desde sus orígenes) con el medio natural, particularmente el ambiente forestal. Este deporte, desconocido para mí antes de preparar mi candidatura para este TFM, y no demasiado popular aún en nuestro país, a diferencia de numerosos países europeos, supone un acercamiento a la Naturaleza que aúna la competición, la actividad física y la cartografía en una mezcla singularmente amena y llamativa, generando un singular "ecosistema" formado por personas en su mayoría sanas, generosas y deseosas de transmitir su entusiasmo por este deporte.

Este desconocimiento previo del deporte de orientación, en el que además los **mapas** empleados poseen evidentes singularidades que serán descritas más adelante, ha estimulado el tener que formarme en una materia novedosa y en un tipo de cartografía totalmente distinto al que estaba habituado a trabajar hasta ahora. Todo ello, visto desde el punto de vista de las ganas de aprender cosas nuevas, es siempre enriquecedor. Por otro lado, se aprecia un progresivo acercamiento de este deporte a la tecnología LiDAR. Así, las distintas federaciones nacionales e internacionales de orientación organizan de forma recurrente los llamados *clinics* o congresos sobre los mapas usados en este deporte; simplemente observando los títulos y resúmenes de las ponencias de los últimos años se aprecia un aumento muy significativo de la presencia de la tecnología LiDAR en este ámbito. Así, la comisión de cartografía de la IOF (*International Orienteering Federation*) enfoca la *16th International Conference on Orienteering Mapping* (ICOM) específicamente en el LiDAR.

Así, a continuación se expone el desarrollo íntegro del trabajo de investigación realizado, que pretende ser un acercamiento a la relación entre los parámetros LiDAR y la denominada **penetrabilidad** de la vegetación en los mapas de orientación. Independientemente del mayor o menor vínculo entre ambos factores que resulta del análisis realizado, es mi deseo que este trabajo resulte de interés y sea provechoso para todos cuantos lo consulten.



## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. EL DEPORTE DE ORIENTACIÓN

Se trata de un deporte realizado al aire libre que consiste en que los participantes han de realizar un recorrido a lo largo de un trayecto definido por una serie de puntos de control o “balizas” situados sobre el terreno por los que se ha de pasar en el menor tiempo posible y en el orden estipulado por el especialista que prepara la carrera (habitualmente denominado “trazador”). El paso del participante por el punto de control y el tiempo en el que lo ha hecho queda registrado mediante un dispositivo electrónico denominado tarjeta, “pinza” o con el nombre comercial SPORTident ©. Gana el corredor que menos tiempo tarde en pasar por todos los puntos de control en el orden correcto.

La modalidad más habitual es la individual, realizada en espacios naturales (con frecuencia bosques) y con desplazamiento a lo largo del recorrido “a pie”. Con el tiempo han surgido numerosas variantes (englobadas en el término **orientteering**), que difieren:

- En cuanto a la categoría de los participantes (edad y sexo), adaptando los tiempos y longitudes de carrera.
- En cuanto a la forma de locomoción (bicicleta, esquíes, silla de ruedas...)
- En cuanto al número de participantes (*rogaine*, relevos).
- En cuanto a su objetivo técnico y / o físico (media o larga distancia, sprint, raid de aventura...).
- En cuanto a su lugar de realización (entornos naturales, urbanos...).
- En cuanto a las condiciones de iluminación (nocturnas o diurnas).



Figuras nº 1 y 2: corredor de orientación y baliza, modalidad "a pie", a la izquierda, y mapa y brújula, a la derecha. Fuente: <http://orientteering.org/images/main.php> y <http://orientteeringgreece.blogspot.com.es/2012/11/using-compass-in-interaction-with-map.html> respectivamente.



Sin embargo, en todas ellas es fundamental y característico de este deporte el empleo de una **brújula** (normalmente de limbo móvil) y de un **mapa**, del que existirán diferentes versiones según la modalidad de carrera que se desarrolle. En él, aparece señalada la distribución de los puntos de control, así como los de salida y de meta, sobre el terreno en el que se desarrolla el evento, que es descrito gráficamente de forma exhaustiva y con todo lujo de detalles. Esta información está acompañada por meridianas magnéticas en disposición Norte - Sur que permiten orientar el mapa mediante la brújula, lo cual es una de las primeras y más importantes acciones que debe realizar el corredor. De esta forma, el corredor ha de ser capaz de interpretar el mapa intentando definir su posición y su recorrido óptimo para la carrera en función de las características del terreno, su adaptación a él, su propio estado físico y nivel técnico y factores tácticos (Kronlund, 1991); el rumbo es materializado en el mundo real con ayuda de la brújula, y la distancia a recorrer, mediante la escala del mapa. De esta forma, este deporte combina las habilidades de interpretación cartográfica y la capacidad de orientación en campo junto con el buen estado físico.

Se trata de un deporte moderno cuyo origen se remonta a los países escandinavos (con mayor tradición en el uso de los mapas topográficos) en el siglo XIX, surgiendo básicamente como un entrenamiento militar (Zentai, 2001) que fue pasando progresivamente al ámbito civil. La expansión de este deporte a lo largo del resto del Norte y Centro de Europa sucedió después de la II Guerra Mundial (Zentai, 2001), siendo en 1961 cuando se constituye la **International Orienteering Federation** (en adelante, IOF, <http://orienteering.org/>). El nacimiento de esta federación provocó el boom de este deporte, como carreras modernas, a partir de los años 60. En España su expansión se produjo a partir de los años 70 de la mano de Martín Harald Kronlund, si bien con anterioridad ya se practicaba en ámbitos reducidos, en campamentos juveniles y como prácticas militares. Actualmente el deporte, cuyo número de adeptos crece día a día, es coordinado a nivel nacional en todos sus aspectos por la **Federación Española de Deportes de Orientación** (en adelante, FEDO, <http://www.fedo.org/web/index.php>) si bien existen también federaciones autonómicas.

## 2.2. LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN

Como se ha indicado anteriormente, el **mapa** es un elemento básico en este deporte, constituyendo toda una especialización cartográfica que cuenta con metodologías y normas definidas desde hace muchos años por la IOF. En sus inicios, se empleaban los mapas topográficos clásicos e incluso los turísticos, todos ellos a pequeña escala (Zentai, Development of orienteering maps' standardization, 2001) retocados a mano, e insuficientes para los objetivos perseguidos. Hacia la mitad del siglo XX fueron reemplazados por mapas desarrollados específicamente para este deporte que complementaban la información convencional (insuficiente para las carreras) con profusos detalles sobre el territorio. Pronto se aprecia la necesidad de normalizar esta cartografía, siendo en el año 2000 cuando se publican las actuales especificaciones en vigor: **Internacional Specifications for Orienteering Maps 2000** ó ISOM (2000). Los



mapas de orientación son de los únicos que tienen las mismas especificaciones para todo el mundo (Zentai, 2009).

Los mapas de orientación (también llamados *o - mapas* en el argot) incluyen gran variedad de información sobre todos los aspectos del terreno que pueden ser de interés en la orientación y posicionamiento durante la carrera (Kronlund, 1991) así como datos complementarios sobre el evento, su organización, etc., presentando variaciones e incluso normativas específicas diferentes en función de la modalidad de orientación en la que sean empleados. En el presente Estudio se considerarán los mapas de orientación de la versión más clásica de este deporte, es decir, “a pie”. Los contenidos que debe mostrar un mapa de este tipo habitualmente son:

- Los elementos del terreno que aporte algo a la elección de la ruta por parte de corredor (vegetación, formas del terreno, hidrografía, elementos viarios...) así como los bordes entre usos del suelo (ISOM 2000 España). Todos estos elementos, análogos a los contenidos de un mapa topográfico, pero más desarrollados, son los definidos por las ISOM en vigor.
- La escala del mapa y la equidistancia entre curvas de nivel.
- Las meridianas magnéticas necesarias para orientar el mapa hacia el Norte.
- Los puntos de salida, y de meta, así como puntos de control numerados y el trazado entre ellos.
- La leyenda del mapa.
- La descripción de los puntos de control.
- La ficha técnica del mapa (fecha, autor, número de registro, depositario).
- Información complementaria sobre la carrera: nombre del evento, organizadores, fecha, lugar de realización...

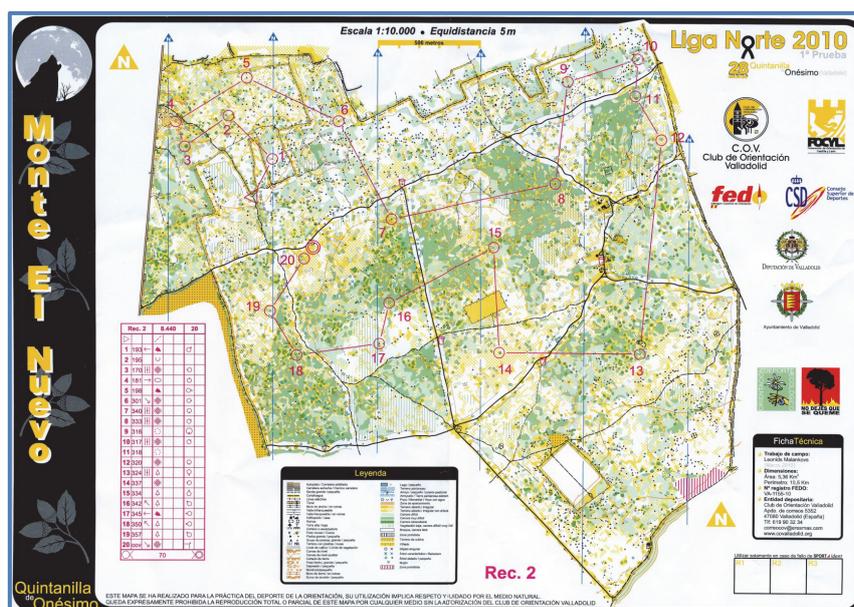


Figura nº 3: ejemplo de mapa de orientación. Fuente: cedido a título personal.



En España, el Comité de Cartografía de la FEDO (<http://www.fedo.org/web/cartografia>) es el encargado de organizar la formación de los cartógrafos de orientación, la celebración de seminarios y jornadas de difusión (*clinics*), así como transmitir e interpretar los dictámenes de la IOF. En lo que respecta a la cartografía de orientación, destaca sobremanera la divulgación de las Especificaciones Internacionales para la elaboración de Mapas de Orientación (ISOM). Además, este comité se encarga de gestionar el Registro Cartográfico de mapas de ámbito nacional.

Resulta de singular importancia el hecho de que en esta cartografía se dé prioridad al posicionamiento **relativo** frente al absoluto (Muñoz Nieto, 2008), entre otras causas por la relativa baja precisión de la navegación (rumbo mediante brújula y medición de distancia a partir de la escala) y por la necesidad de mostrar la percepción "a ras de suelo" en lugar de la tradicional "vista desde arriba". Esto, junto con su función principal de ayudar al corredor a definir la ruta de su carrera teniendo en cuenta todos los detalles del terreno y muy en especial las dificultades al tránsito (habitualmente debidas al relieve y la vegetación), constituye una diferencia fundamental frente a la cartografía clásica, siendo análogos a las cartas de navegación (Muñoz Nieto, 2008). También es muy importante la capacidad de transmisión de todos estos datos al corredor, por ello es importante que el cartógrafo que elabora el mapa, que normalmente no es profesional en geomática ni en cartografía, tenga mucha experiencia previa como orientador ya que mejorará la representación de los elementos importantes en la carrera y confeccionará buenos mapas (Zentai, 2009).

Centrándonos en cuestión geométrica, tradicionalmente se ha tenido poco en consideración los sistemas de referencia y de coordenadas, lo cual dificulta la integración de las distintas fuentes de datos cartográficas en la formación del mapa de orientación (Muñoz Nieto, 2008). Sin embargo, debido a la rápida evolución de la cartografía digital y su mayor resolución, junto con su mejor accesibilidad por parte de usuarios no especialistas, y las facilidades que ofrece al cartógrafo de orientación disminuyendo su volumen de trabajo de campo, parece observarse en los últimos tiempos una tendencia contraria a ésta. Así, se propugna la georreferenciación de todos los elementos a fin de conseguir la integración y superposición de las distintas técnicas cartográficas (Vidal Triquell, 2011) en el software de referencia en el mundo de la orientación (OCAD ©). Este aspecto es fundamental en la realización del presente Estudio dado que precisamente la combinación de fuentes cartográficas en un Sistema de Información Geográfica (en adelante, GIS), es muy relevante en el desarrollo del mismo.

La confección básica de este tipo de mapas consiste en que el cartógrafo parte de un **mapa base** sobre el que realiza un riguroso **trabajo de campo** (revisión) hasta adecuarlo a su uso para los corredores de orientación cumpliendo con los contenidos indicados anteriormente, finalizando con la **maquetación** y producción del mapa. Dependiendo de la calidad del mapa base, que puede provenir de diversas fuentes (mapas topográficos, Fotogrametría, LiDAR...) y de la complejidad del terreno, el cartógrafo invierte aproximadamente unas 20 – 30 h de trabajo de campo por kilómetro cuadrado a fin de recoger detalles pasados por alto en el mapa base, generalizar la información o modificar e introducir elementos singulares. De esta manera, sea para la creación del propio mapa base o para el trabajo de campo, es necesario mucho tiempo



para crear un mapa de orientación (Zentai, 2009). El mapa base ha ido evolucionando tecnológicamente conforme lo ha hecho la cartografía, partiendo de los primeros mapas topográficos analógicos, hasta incluir las técnicas fotogramétricas a partir de los años 50, el empleo del GPS y pasando a la tecnología **LIDAR** desde hace unos 8 años (Gloor, 2013), con el objetivo de producir los mapas con menor coste y menor trabajo de campo posible.

### 2.3. LA VEGETACIÓN EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN

A pesar de la importancia que tiene la vegetación en prácticamente cualquier modalidad deportiva realizada campo a través en entornos naturales y el obstáculo que puede suponer a la navegación terrestre, en los primeros mapas de orientación no aparecía reflejada esta característica del terreno. Ya en las primeras recomendaciones, que no normas (ISOM 1969) se incluye este atributo en los mapas describiéndose mediante el término anglosajón *runnability*, que aludiendo a la posibilidad de correr puede traducirse como penetrabilidad (versión española de las vigentes ISOM 2000) o bien como transitabilidad y que hace referencia a las dificultades que ofrece un terreno para transitar a través de él (Muñoz Nieto, 2008). En este trabajo se hará mención a este parámetro empleando el término **penetrabilidad**.

La penetrabilidad se interpreta a través del análisis de la dificultad que entrañan las masas vegetales de ser atravesadas, procurando el cartógrafo aislar este concepto de otros parámetros que también pueden reducir la velocidad de carrera como son el tipo de suelo, la pendiente o la presencia de agua. Se trata de un factor que condiciona de gran manera la velocidad de desplazamiento y la visibilidad del corredor mientras realiza la carrera. Es decir, se expresa no sólo en términos de pura densidad entendida como presencia de arbustos que dificultan el tránsito a través de las masas vegetales, sino también por su “efecto pantalla” ocultando referencias visuales. Es habitual que el mapa de una carrera represente diferentes categorías de penetrabilidad, siendo el trazador el que define el uso de tramos difíciles a fin de influir en la elección de la ruta (Kronlund, 1991).

Supone uno de los elementos más importantes de los mapas de orientación y que más dificultades supone en la carrera, junto con el relieve (Muñoz Nieto, 2008), de forma que el mapa ha de representarlo de forma detallada para el corredor. Normalmente, en el proceso de confección de los mapas, en primer lugar se delimitan en el mapa base los recintos de vegetación (también muy importantes para los corredores) empleando ortofotografía aérea, pasando a determinar (clasificar) la penetrabilidad en la fase de trabajo de campo interpretando las normas en vigor. La tarea de delimitación de recintos es especialmente complicada en las zonas de transición entre masas forestales y en áreas con variación de la densidad; sin embargo, no es imprescindible un gran detallismo si se tiene en cuenta el esfuerzo que debe realizar el cartógrafo en contraposición con el uso que el corredor hace de la información (Muñoz Nieto, 2008). En cuanto a la definición de la dificultad que supone la vegetación a la carrera, y a pesar de los esfuerzos realizados en cuanto a normativa y objetivación de este parámetro por ejemplo mediante



ábacos de cálculo, su determinación sigue quedando en última instancia a merced del juicio subjetivo del cartógrafo, que ha de ser un experto en la materia. De esta manera, hasta en la última Directiva Cartográfica de la FEDO (Comité de Cartografía - Dirección Técnica FEDO, 2013) se hace mención explícita a este aspecto: “*discordancia en el tratamiento de la densidad del bosque y de la reducción de la velocidad*”, por lo que “*hay que ser sensible en la determinación de los niveles de densidad*”, “*no observándose una homogeneidad en general entre trabajos*”.

Así pues, la representación de la vegetación en los mapas de orientación adolece de dos dificultades que hacen de ella una de las cuestiones más difíciles de cartografiar; la primera de ella en la delimitación de los contornos, más complicado cuanto más heterogénea es la masa, y por otro lado, la difícil objetivación sobre mapa del concepto de penetrabilidad. Todo ello hace que sea la capa del mapa peor considerada por los usuarios, hasta el punto de ser el punto débil de este tipo de mapas (Muñoz Nieto, 2008). Otros autores respaldan esta afirmación; así, (Gloor, 2013) indica que la cartografía de la vegetación es por el momento la parte más cara y difícil de la producción de mapas de orientación, y causa discusión entre cartógrafos y corredores y confusión en estos últimos (Petrovic, 2014). Mediante comunicaciones personales con diversos cartógrafos españoles, esta afirmación se refrenda indicando los especialistas que encuentran dificultades en la determinación de la penetrabilidad con objetividad según las ISOM a pesar de la existencia de gráficos y tablas que asocian el grado de transitabilidad con el tiempo que se tarda en recorrer una determinada distancia. Se trataría pues de un aspecto muy **subjetivo** y que incluso depende de la época del año (estado del follaje) y la variabilidad de la vegetación, muy distinta en nuestro país a la que puede encontrarse en los países nórdicos, donde generalmente es más homogénea. Esta subjetividad hace que una misma zona representada por dos cartógrafos pueda resultar en mapas distintos.

La irrupción de la tecnología LiDAR ha supuesto una esperanza en el mundo de la orientación en el sentido de poder ser una posibilidad de mejora en la representación de este elemento, como complemento a los trabajos de campo que permita homogeneizar los criterios de categorización de la vegetación (Muñoz Nieto, 2008).

## 2.4. LA PENETRABILIDAD Y SU DEFINICIÓN EN LAS ISOM 2000

Se observa que conforme al desarrollo de las normativas de cartografía de orientación más recientes (sobre todo a partir de las ISOM 1990), la penetrabilidad va adquiriendo una simbología cada vez más compleja con objeto de representar la gran variabilidad que presenta este aspecto de los terrenos de orientación. En las sucesivas ediciones de las ISOM se ha intentado mejorar la representación de la *runnability*, dado que los signos forestales han sido uno de los mayores objetos de discusión (Zentai, 2001), A continuación se analiza la penetrabilidad según las especificaciones en vigor (ISOM 2000), que han sido traducidas para el ámbito orientador español por el comité cartográfico de la FEDO presidido por Mario Vidal Triquell, como **Especificaciones Internacionales para la Elaboración de Mapas de Orientación** (2000).



Así, en el apartado 4.4 de estas especificaciones, se define la representación de la vegetación (árboles y arbustos, independientemente de otros factores como el tipo de suelo o la presencia de agua) para los o – mapas destinados a la competición a pie, estableciendo a priori una clara división entre tres formaciones vegetales:

- Bosque atravesable, sin oposición a la carrera: en color blanco.
- Zonas despejadas o espacios abiertos: en color amarillo.
- Bosque y maleza con diversos grados de densidad: en diferentes gamas de verde, de forma que cuanto más oscuro, más difícil es la carrera.

A las que se suma la consideración de la visibilidad que permite al corredor a pesar de la mala penetrabilidad en forma de rayados más o menos separados según la vegetación sea más fácil o más difícil de cruzar.

A continuación, en las especificaciones se describen hasta 20 símbolos diferentes para la representación de la vegetación, la mayoría de ellos zonales o poligonales (“manchas”). Una vez analizados todos ellos (ver Anexo III), se seleccionan los siguientes como relevantes en el presente Estudio:

- 401. Terreno abierto: tierra cultivada, campos, praderas, terrenos de hierba, etc., sin árboles.
- 402. Terreno abierto con árboles dispersos: praderas con algunos árboles o arbustos, terreno con hierba o similar que ofrecen una carrera fácil.
- 403. Terreno abierto basto / áspero: brezales, páramos, terrenos recién plantados (árboles de altura inferior a 1 m) u otro tipo de terreno generalmente con vegetación basta, con arbustos o hierba alta.
- 404. Terreno abierto basto / áspero con árboles dispersos: son zonas de transición en el bosque, cubiertas irregularmente y con baja densidad de árboles.
- Categorías 405 a 410: definidas por el impacto sobre la velocidad de carrera. medido en % de reducción de la capacidad de correr.

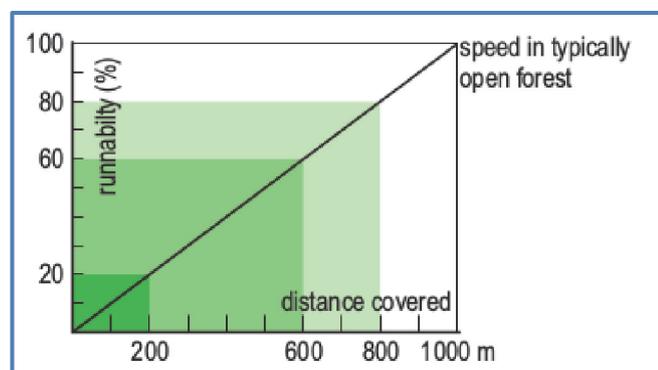


Figura nº 4: intervalos y gamas de la *runnability*, clases 405, 406, 408 y 410. Fuente: extraído de las ISOM 2000.



Categoría	Denominación	Definición	Velocidad de carrera (% respecto a la genérica – 5 km / h)
405	Bosque abierto	Bosque abierto	80 – 100
406	Carrera lenta	Zona con arboleda densa (baja visibilidad)	60 - 80
407	Maleza: carrera lenta	Zonas de maleza densa pero con buena visibilidad (brezales, arbustos bajos, e incluso ramas cortadas)	60 - 80
408	Carrera difícil	Zona densa de árboles o matorrales (poca visibilidad)	20 - 60
409	Maleza: carrera difícil	Zona de maleza muy espesa con buena visibilidad (ramas, brezales, arbustos bajos, incluyendo ramas cortadas)	20 - 60
410	Carrera imposible	Zona de vegetación muy densa (árboles o maleza), casi inaccesible	0 - 20

Tabla nº 1: categorías 405 a 410. Fuente: extraído de las ISOM 2000.

El resto de categorías, no han sido consideradas por ser demasiado específicas y poco frecuentes en los mapas (categoría 411) en unos casos, y en otros son elementos antrópicos (412, 413 y 415) lineales (414, 416 y 417) o incluso puntuales (418 a 420). De esta manera, el Estudio se ciñe a elementos únicamente poligonales en zonas forestales. En cuanto a las combinaciones posibles entre las categorías, también serán incluidas en el análisis aquellas que cumplan las especificaciones.

Desde la puesta en vigor de estas normas (año 2000) hasta la actualidad, han ido surgiendo tanto innovaciones tecnológicas que afectan a la forma de realización de los mapas (el propio LiDAR, por ejemplo) como necesidades experimentadas a lo largo de los años; de esta forma, se comienza a ver los primeros borradores de las futuras especificaciones en forma de donde se sugieren aspectos a considerar como la redefinición de los intervalos de porcentaje (40 - 60 - 80 %) en la velocidad de carrera e incluso la definición de una nueva clase de vegetación “impasable” (Vidal Triquell, 2013).

## 2.5. LIDAR

El **LiDAR** (*Light Detection and Ranging*) es un sensor activo empleado en detección remota que emite una señal **láser** sobre áreas u objetos, y recoge la radiación reflejada mediante un detector o receptor. Como sensor activo, puede trabajar tanto de día como de noche, aunque en este caso evitando las condiciones meteorológicas adversas ya que es sensible a las partículas de agua y polvo en la atmósfera.

Un láser es un dispositivo que estimula o induce una emisión para generar un haz de luz con un tamaño, forma y pureza controlados (ESTIIC (Encourager l’*utilisation de la technologie, l’innovation et la société de l’information pour la compétitivité*, 2007). De esta forma, la fuente de energía es siempre conocida y constante y se caracteriza por:

- Ser una luz intensa y concentrada en una determinada dirección, con haces estrechos y que no se dispersan. Esta cualidad hace que el láser tenga una gran capacidad de penetración a través de objetos no sólidos, obteniendo información vertical de los elementos atravesados (vegetación).
- Ser coherente, es decir, que todas las ondas luminosas se acoplan ordenadamente entre sí.
- Producir luz de un solo color (monocromática).

De esta forma, el sensor LiDAR utiliza el mismo principio que el RaDAR, solo que en lugar de usar ondas de radio utiliza pulsos de luz. Aunque puede ser variable en función de la casa comercial del sensor y del tipo de aplicación, los valores típicos de radiación electromagnética emitida para la toma de datos de la superficie (topográficos) son el infrarrojo cercano (1064 nm), que no es capaz de atravesar el agua, y los 532 nm (luz visible), cuando se trata de sensores LiDAR batimétricos.

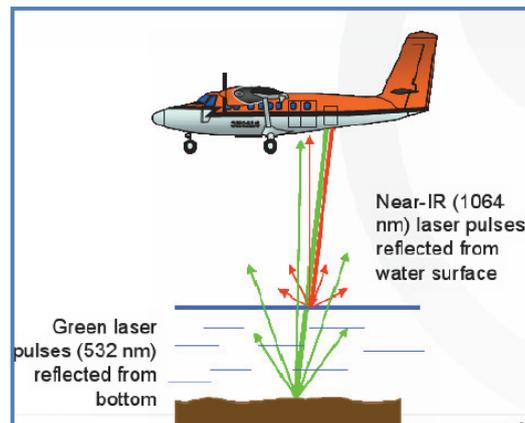


Figura nº 5: radiación electromagnética del LiDAR. Fuente: tomado de (González Aguilera, 2012).

El funcionamiento se basa en medir la **distancia** desde el emisor hasta el objeto escaneado, siendo dos las formas principales de medición:

- Método Tiempo de Vuelo (TOF): se basa en medir el tiempo que transcurre desde que el pulso láser es emitido hasta que el “rebote” o eco regresa al sensor. Conocida la velocidad de la luz, el cálculo de la distancia es sencillo.

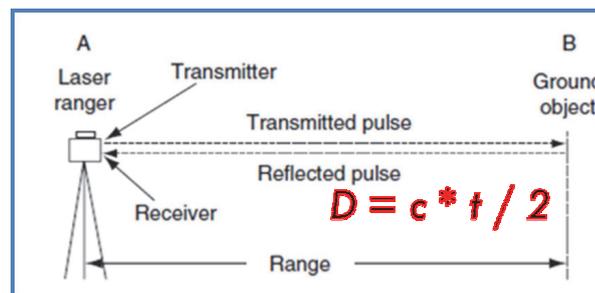


Figura nº 6: medición de la distancia por método TOF. Fuente: tomado de (Arias Pérez, 2011).

- Método de Diferencia de Fase: se emite una onda de radiación continua y se mide la diferencia de fase entre la onda emitida y la recibida.

En cuanto al soporte sobre el que va montado el sensor, puede ser de cualquier tipo, fijo (trípode) o móvil (satélite, avión, vehículo a motor...), en función del rango de la distancia de medición, y los propios objetos a analizar:

	Aeroportado ALS	Móvil (MLS)	Terrestre (TLS)
Operación	Cinemático	Stop and Go	Estático
Geo-Referenciación	GPS/INS	GPS/INS/DMI	Puntos de Control/GPS
Distancia	Mas de 4500 m	Menos de 200 m	Menos de 1500
Separación de Puntos	< m	cm /dm	mm/cm
Precisión	cm-dm	< 5 cm	mm-cm

Figura nº 7: características del escáner según el soporte. Fuente: tomado de (Meroño de Larriva, 2012).

Para aplicaciones como las que resultan de interés para este trabajo de investigación, los más útiles son los **aerotransportados** y los sensores más frecuentemente empleados son los de medición **Tiempo de Vuelo** (o de pulsos). En ellos, la posición del avión o helicóptero se determina por el GPS diferencial, mientras que la orientación se determina con un sistema de navegación inercial: IMU.

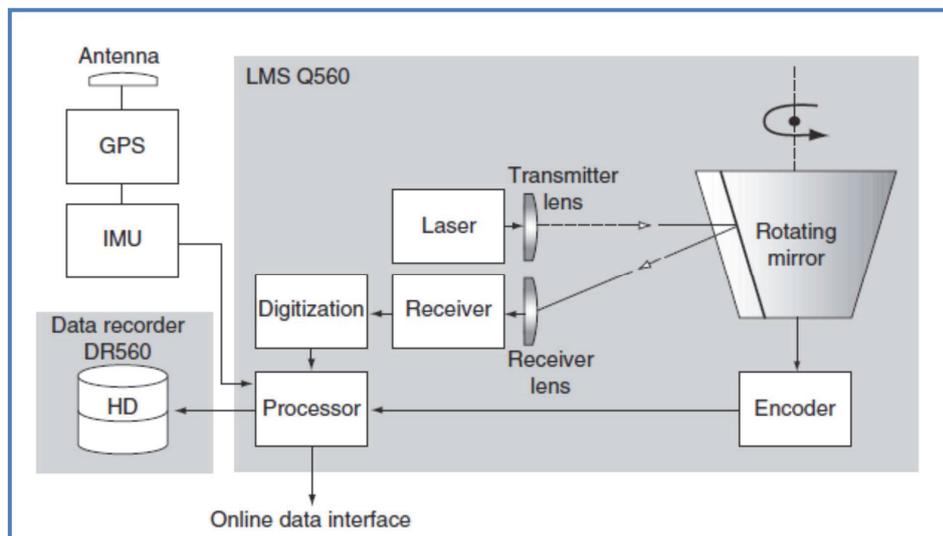


Figura nº 8: esquema del sensor y equipamiento adicional. Fuente: tomado de (Arias Pérez, 2011).

Cuando se trata de sensores aerotransportados, la intensidad de muestreo y la densidad de puntos obtenidos dependen, además de la configuración del sensor, de la velocidad y altura de vuelo, de forma que cuanto más bajo y lento sea éste, mayor frecuencia y densidad de puntos. Así:



- Alturas bajas y bajas velocidades de vuelo, normalmente con helicóptero. Para infraestructuras lineales, tales como carreteras, ferrocarriles, ríos, canales, líneas eléctricas, etc.: mucha frecuencia de escaneo y gran densidad de puntos (hasta 40 pto / m<sup>2</sup>).
- Grandes alturas (hasta 6.000 m) y mayor velocidad, normalmente con avión, para cartografía de grandes extensiones (p.ej. PNOA - LiDAR: 0.5 pto / m<sup>2</sup>).

En cuanto a las **precisiones** conseguidas, éstas son menores en planimetría (XY: unos 20 cm) que en altimetría (Z: unos 15 cm).

En una toma de datos con escáner láser se obtiene un volumen masivo y "no inteligente" de información (nubes de millones de puntos) en forma de tripletas de coordenadas XYZ a las que van asociados otros datos como el valor de intensidad, nº de retorno, ángulo, etc. Estas *nubes de puntos* han de ser sometidas a complejos procesos de procesamiento, depuración y modelización antes de su puesta en valor, distinguiéndose:

- **Pre - procesamiento** que normalmente será ejecutado por la empresa suministradora de los datos y que consiste en la calibración del sensor, la comparación con puntos terreno, la depuración de errores, el ajuste de pasadas, el georreferenciación al sistema de referencia planimétrico y altimétrico que se requiera, etc.
- **Procesamiento:** ejecutado por la empresa suministradora (en función del contrato) o / y por el usuario final de los datos, consiste básicamente en el filtrado y la clasificación de los puntos, distinguiendo el suelo, vegetación o edificios, etc. mediante distintos algoritmos automáticos implementados en el software de procesado. De esta manera se puede filtrar un volumen enorme de información LiDAR con muy pocos recursos humanos aunque siempre tienen asociados errores que es necesario subsanar manualmente. Se comprueba como para obtener mejores resultados, es más adecuado procesar las nubes de puntos en áreas homogéneas, de pequeño tamaño y supervisando manualmente la operación, apoyada si es posible en información complementaria como datos de campo, ortofotografías, etc.
- **Modelización y obtención de resultados:** los resultados obtenidos del proceso de tratamiento de datos dependen de los requerimientos del usuario final, siendo habitual entregar productos como:
  1. Nubes de puntos en varios grados de procesamiento en forma de ficheros \*.las.
  2. Diversos modelos digitales: MDS (Modelo Digital de Superficies), MDT suelo natural, MDT con edificios, puentes, o parciales, MDV, de la vegetación, MDHV, de alturas de la vegetación.
  3. Ortofotografía verdadera...

Cabe aquí hacer especial referencia al formato de archivo anteriormente mencionado \*.las, estandarizado por la *American Society for Photogrammetry & Remote*



*Sensing* (ASPRS, [www.asprs.org](http://www.asprs.org)) a fin de evitar la dispersión de formatos de las distintas casas comerciales. La versión más actualizada de esta estandarización es la 1.4 – R13, donde se indica la codificación del archivo, los contenidos, la forma de grabado de los datos, etc. Sin duda uno de los aspectos más importantes de este estándar es la **clasificación**, que indica el código que ha de ser asignado a cada punto en función del objeto sobre el que haya incidido el láser, una vez realizado el procesado mediante el algoritmo correspondiente. Así, a continuación se muestra la clasificación según la versión **1.2** del estándar, debido a que los datos de partida del presente PFM son los PNOA - LiDAR cedidos por el © Instituto Geográfico Nacional de España (en adelante, IGN) y se distribuyen según esta versión del formato:

<i>ASPRS Standard LIDAR Point Classes</i>	
<i>Classification Value (bits 0:4)</i>	<i>Meaning</i>
0	Created, never classified
1	Unclassified <sup>1</sup>
2	Ground
3	Low Vegetation
4	Medium Vegetation
5	High Vegetation
6	Building
7	Low Point (noise)
8	Model Key-point (mass point)
9	Water
10	<i>Reserved for ASPRS Definition</i>
11	<i>Reserved for ASPRS Definition</i>
12	Overlap Points <sup>2</sup>
13-31	<i>Reserved for ASPRS Definition</i>

Figura nº 9: clasificación ASPRS versión 1.2. Fuente: tomado de (ASPRS Board, 2008).

Las aplicaciones informáticas con las que visualizar y procesar los datos \*.las podemos clasificarlas en:

- Software de **visualización**, a veces con funciones básicas:
  4. FUGRO Viewer.
  5. LAStools ©.
  6. QuickTerrain.
  7. MARS ©.
- Software completo:
  8. FUSION.
  9. TerraSolid ©.
- *Plugins* para GIS:
  10. Dielmo OPEN LiDAR © para gvSIG.
  11. LP - 360 © para ArcGIS ©.
  12. Herramientas de SAGA y Quantum GIS.



Una fuente de datos tan potente como ésta, **una vez que ha sido convenientemente procesada**, posee multitud de aplicaciones entre las que destacan las **forestales** (incendios, inventarios, biomasa, mapas de vegetación, rodalización...). Así, es cada vez más empleado por la reducción del coste de la tecnología y el gran del coste de la recogida de datos en campo según los procedimientos habituales de la inventariación forestal clásica.

La gran ventaja que presenta frente a otras formas de teledetección es la capacidad de “ver” debajo de la cubierta arbórea, ya que es capaz en muchas ocasiones, de **atravesar la cubierta vegetal**, obteniendo información de la estructura horizontal (XY) y vertical (Z) de la misma mediante el análisis de los *rebotes* (ecos), los cuales forman *nubes* con millones de puntos.

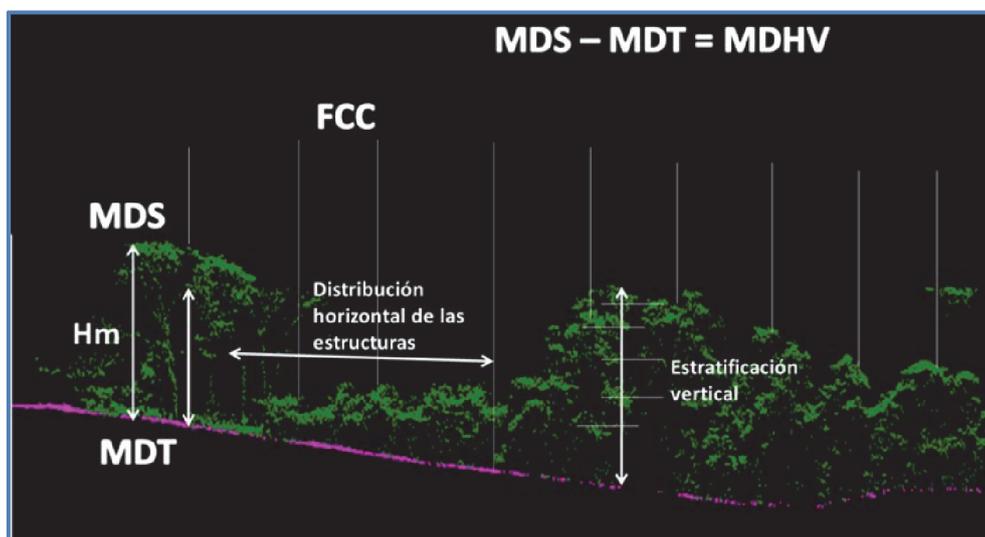
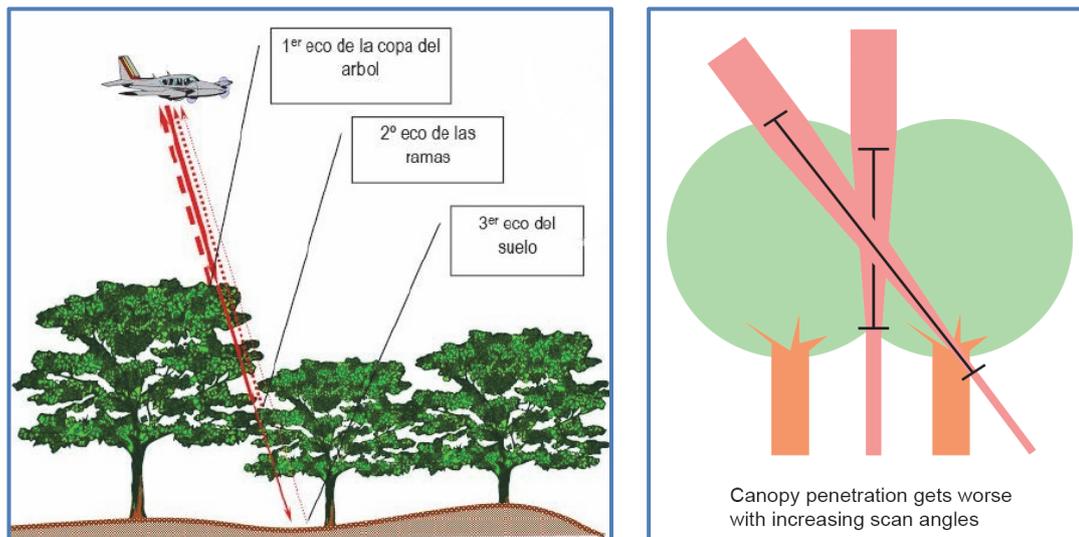


Figura nº 10: estructuras horizontal y vertical en nube de puntos LiDAR. Fuente: tomado de (Agresta S.Coop., 2013).

Cuando se tienen diversos rebotes por pulso, éstos suelen corresponder:

- Primer retorno: cubierta superficial de la vegetación o copas de los árboles.
- Último retorno: suele corresponder con el suelo, pero también podría ser vegetación baja y densa (matorral espeso que el haz no es capaz de atravesar).
- Retornos intermedios: suelen ser vegetación.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los datos de la capa vegetal serán mejores cuanto menor ángulo de incidencia haya sobre la cubierta, tal y como muestra la Figura nº 12, de ahí que sea importante el tratamiento adecuado de las zonas de solape o extremos de las pasadas, donde los haces son más inclinados.



Figuras n<sup>os</sup> 11 y 12: ecos o rebotes del láser en zonas arboladas. Fuente: tomado de (González Aguilera, 2012).

## 2.6. REVISIÓN DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN

Las primeras referencias internacionales en el uso del **LIDAR en los mapas de orientación** datan del año 2005. Así, (Ditz & Gartner, 2005), redundan en la facultad del láser para penetrar el dosel vegetal, aunque atisban los problemas que pueden darse en la interpretación correcta de los ecos, que depende mucho del algoritmo de detección. Por su parte, (Lennon, 2005) profundiza más en el análisis del LiDAR para estos mapas y establece 1 pto / m<sup>2</sup> como una densidad de puntos adecuada, si bien con 0,5 ptos / m<sup>2</sup> podría ser suficiente para definir el terreno, consiguiendo mapas base satisfactorios. También indica una serie de recomendaciones en cuanto al empleo de esta fuente de datos y augura que el empleo del láser reemplazará el uso de las técnicas fotogramétricas para estos mapas y que su combinación con la fotografía aérea en un GIS, facilitará el desarrollo de mapas base de calidad haciendo más rápida la creación de la cartografía final, si bien seguirá siendo inevitable el trabajo de campo. Así mismo ya vaticina que incluso podrá ser empleado en forma de perfiles verticales a través de la vegetación en los dos primeros metros sobre el suelo, para definir áreas con diferente penetrabilidad, si bien se requerirá mayores densidades de puntos y nuevos algoritmos e incluso el uso de láseres terrestres.

Hacia 2007 aparecen publicaciones como (Gartner, Ditz, Briese, Mücke, & Pfeifer, 2007) que comparan mapas ya realizados con la Fotogrametría y el uso del LiDAR e inciden en el interés del láser en la orientación para la reducción del trabajo de campo y ayudar a definir la *runnability* en un futuro. En 2009, (Zentai, 2009) advierte del peligro de ilegibilidad que corren los mapas de orientación con la profusión excesiva de detalles derivados del uso del láser y afirma que "*no importa que nuevas técnicas cartográficas se desarrollen, siempre quedará trabajo de campo en los mapas de orientación*".



Posteriormente, en la catorceava edición de las *International Conference on Orienteering Mapping* (en adelante, ICOM), queda patente el interés creciente del LiDAR para la generación de mapas de orientación y su repercusión en las futuras ISOM y en el software OCAD ©. Así, según (Gartner & Ditz, 2009), centran su exposición en el uso de alta densidad de puntos para penetrar la cubierta forestal y detectar distintas formas del terreno. Además, experimenta con la generación de MDS y la clasificación de la vegetación a fin de determinar las áreas con penetrabilidad limitada, que podría ser definida mediante LiDAR con los oportunos desarrollos. En esas mismas ICOM, (Hederskog, 2010) expone el uso del LiDAR en Suecia en los mapas de orientación y afirma que el vuelo que se ha realizado sobre el país, con un mínimo de 0,5 pto / m<sup>2</sup> es suficiente para los mapas de orientación, y expone las bondades de su uso sobre todo en combinación con otras fuentes como la ortofotografía. Queda patente a lo largo de esta convención cartográfica, lo adecuado del uso de esta tecnología para la definición del MDT y las curvas de nivel derivadas sobre todo en zonas con cubierta vegetal frondosa, donde la Fotogrametría se encuentra limitada. Paralelamente (Bergeron, 2010) ofrece los resultados de su experimentación con la densidad de vegetación en base a la densidad de retornos. Para llevar a cabo estas pruebas, en primer lugar diferencia entre los retornos del suelo y de la vegetación, calculando su altura, para posteriormente, analizar cuántos de retornos de vegetación se producen por unidad de superficie a fin de avanzar en el mapeo de la densidad del sotobosque.

Ya en 2012, (Olivant & Peckett, 2012) afirman que el LiDAR será sin duda la tecnología a emplear en la cartografía de orientación, sobre todo en la generación del MDT y las curvas de nivel, siendo necesaria una generalización de los contenidos para evitar la ilegibilidad de los mapas. Realizan varias pruebas sobre vegetación de coníferas y frondosas concluyendo que en ambos casos los resultados son aceptables si bien en las formaciones más densas se produce una cierta degradación de los resultados. Por otro lado, ahondan en el uso del sombreado del MDS para la definición de la vegetación y sus límites. El empleo de este modelo para la extracción de información sobre la vegetación también es mostrado en (Ditz & Gartner, 2014) donde se indica la diferenciación entre coníferas y frondosas, así como la necesidad de que el vuelo LiDAR esté actualizado y la importancia de la fecha, de manera que en invierno hay menos rebotes sobre las masas de frondosas lo cual influye en la generación del MDS. También (Gloor, 2013) indica como el conocido software OCAD ©, en su versión 11 ya incorpora la clasificación de alturas de vegetación a partir de ficheros \*.las; sin embargo, no se muestra optimista en cuanto a la clasificación de la penetrabilidad a partir del LiDAR sin la supervisión en campo por parte de un experto, y propone el uso del escáner láser terrestre para resolver el problema, a la manera de (Lennon, 2005). Recientemente, (Zentai, 2014) afirma que el LiDAR podría ser la tecnología ideal para la creación de mapas de orientación, siempre que esté disponible de antemano dado el excesivo coste de su empleo exclusivo para los proyectos de o - mapas. Además, indica la posibilidad de la extracción de información valiosa para la cartografía de vegetación en cuanto a densidad y penetrabilidad debido a la posibilidad de atravesar el dosel del bosque. A día de hoy, el LiDAR sigue siendo una revolución a nivel mundial en la cartografía de orientación, como demuestran las recientes Decimosextas ICOM, de julio de este mismo año, donde las conferencias han estado enfocadas en el uso de esta fuente de datos.



En España, las primeras iniciativas en el uso del LiDAR en la cartografía de orientación se ponen de manifiesto en el *Clinic* de la FEDO del año 2010, aunque ya existían algunas menciones anteriores. En este evento, el cartógrafo Javier Arufe (Arufe, 2010), tras una interesante exposición sobre LiDAR y los distintos software de tratamiento (principalmente *opensource*) expone sus pruebas en cuanto al reconocimiento de la penetrabilidad. Entre sus conclusiones cabe reseñar:

- La densidad de la vegetación puede hacer que no lleguen rebotes al suelo.
- Si la vegetación baja es muy densa, puede confundirse con el suelo.
- Problema al distinguir entre varias clases de vegetación y cultivos.
- En la modelización del bosque, analizar los datos a distintas alturas a fin de hallar la continuidad de la masa, a fin de distinguir p.ej. entre un bosque con claros y un área de terreno abierto con árboles dispersos.
- Recomienda procesar únicamente los datos situados en el intervalo de alturas de un corredor medio, así como emplear rejillas de distintas superficies de cálculo de forma iterativa para evaluar la continuidad del bosque.

El año siguiente, en el *Clinic* correspondiente, (Santoyo, 2001) habla de la introducción de esta tecnología en España y el empleo para la definición del terreno y el análisis de la vegetación. Expone así mismo el trabajo realizado por (Ruiz & Soro, 2011) en la Fageda D'en Jordà, que supuso un primer hito en el empleo de esta tecnología en España, consistiendo en la revisión de un curvado procedente de LiDAR por parte de diversos expertos orientadores. Sus conclusiones son que el uso de un mapa base LiDAR permite reducir muchos los costes y mejora los resultados frente a la Fotogrametría en áreas pobladas de vegetación, siendo necesario editar manualmente la clasificación de los puntos para aprovechar mejor el potencial. Por otro lado, afirma que cuanto mayor sea la densidad de puntos, más sencillo es distinguir entre vegetación y suelo. Otras experiencias en España como las realizadas por (Pascual Orcajo, 2012) sugieren que a mayor densidad de puntos mejor definición del MDT si bien con 0,5 ptos / m<sup>2</sup> podría ser suficiente, y ahonda en el problema de identificar bien las rocas de distintos tamaños. Al igual que (Arufe, 2010), comprueba como los arbustos densos (espinos y acebos, en su caso) son considerados "suelo" si no se filtran adecuadamente los ecos.

Por otro lado, se realizaron consultas sobre la materia a título personal a diversos cartógrafos españoles, a resultas de las cuales se comprueba como el LiDAR se está empleando actualmente de forma generalizada para la definición del relieve y la altimetría, mientras que para la vegetación no se emplea si bien muchos de ellos conocen los avances como el software Karttapullautin o las novedades introducidas en OCAD 11 ©, que ya permiten elaborar modelos digitales de la altura de la vegetación. Finalmente, es importante reseñar que en la actual Directiva Cartográfica (Comité de Cartografía - Dirección Técnica FEDO, 2013) se reconoce el aumento de la calidad de los mapas base a través de los MDT obtenidos con LiDAR y se muestra el interés por el análisis de la vegetación y la geomorfología con esta tecnología.



## 2.7. HACIA LA CARTOGRAFÍA AUTOMÁTICA

Con la inclusión del LiDAR en el proceso de formación de los mapas de orientación, han surgido algunas iniciativas en el desarrollo de software con algoritmos capaces de producir cartografía de forma automática, con el objetivo de reducir al máximo el trabajo de campo. De esta manera, desde 2011 el software como OCAD 11 © u **OL Laser** ([http://www.oapp.se/Applikationer/OL\\_Laser.html](http://www.oapp.se/Applikationer/OL_Laser.html)) ya incorporan la generación automática de curvas de nivel para los mapas base partiendo de ficheros \*.las. Sin embargo, no es hasta el pasado año 2013 cuando empiezan a aparecer aplicaciones capaces de generar el resto de elementos del mapa de orientación. Ya en el último volumen de la revista *Scientific Journal Of Orienteering* aparecen dos artículos relacionados con esta materia; en el primero de ellos, (Ditz & Gartner, 2014) hacen un compendio del estado de la cuestión indicando que se está avanzando en la derivación automática de los mapas siendo el software libre **Karttapullautin** (<http://routegadget.net/karttapullautin/>), el más impresionante. El otro artículo, de (Petrovic, 2014), analiza a fondo esta última herramienta y compara entre un mapa producido exclusivamente de forma automática (incluyendo la vegetación) y uno mejorado y corregido manualmente mediante la interpretación visual de otras cartografías existentes. Realiza una encuesta a corredores que utilizan en una prueba de orientación ambos mapas, y obtiene mucha mejor nota el mapa corregido, si bien el mapa automático también obtiene buena nota en la definición de curvas de nivel. De su análisis se concluye que las herramientas para automatizar los mapas a partir de LiDAR como única fuente no pueden ser usadas para competición, pero pueden servir para entrenamientos o formación específicos (p.ej. interpretación del relieve). Añadiendo cierta interpretación manual en oficina podrían ser usados en algunas modalidades de orientación (Ski - O, Bike - O).

Además de las experiencias de las citadas publicaciones, existen otras como las que aparecen en conocidos foros y blogs de la materia como <http://www.attackpoint.org/discussion.jsp?refs=6.1+1.0> y <http://okansas.blogspot.com.es>, que a pesar de tener menor valor académico constituyen pruebas realizadas por los propios cartógrafos por lo que pueden ser tenidas en cuenta. Como representación de las experiencias encontradas, fundamentalmente basadas en la clasificación de las alturas de la vegetación y la posterior evaluación de la densidad de puntos, destacan las realizadas por (Mathisen, 2013) con el software **LAStools** en el tratamiento de la penetrabilidad mediante láser, con las siguientes prescripciones:

- Establece cuatro clases de alturas de la vegetación: 0 - 0,3 m, clasificándolo como "ruido" en forma de hierba o matas bajas; 0,3 - 1,3 m como vegetación baja que disminuye la velocidad de carrera; 1,3 - 4 m como vegetación media (con límite superior de 4 m establecido tras experimentar) que afecta también a la visibilidad, y por encima de 4, la vegetación alta. Mide la cantidad relativa de puntos en cada clase.
- Posteriormente promedia la distribución de puntos en círculos de 5 m de radio centrados en una malla de celdas de 2 x 2 m, terminando con un filtro de paso bajo de la imagen resultado para evitar el ruido excesivo.



Para la documentación de este Estudio, se analizó someramente el funcionamiento del más renombrado de las tres herramientas informáticas citadas, es decir, **Karttapullautin**, programada por el finlandés Jarkko Ryyppo, autor también de uno de las herramientas más empleadas en el mundo de la orientación, **RouteGadget**. Karttapullautin es un software libre para uso no comercial y está concebido como una "máquina de hacer mapas" de entrenamiento sin ser necesario el trabajo de campo para la confección del mapa. La ayuda del programa (Ryyppo, 2014) especifica que ha de contarse con una zona donde ya se haya verificado el mapeo de la penetrabilidad previamente. El funcionamiento del programa consiste en la asignación de valores a una serie de parámetros que son ajustados de forma sucesiva (volumen de puntos, separación entre tonos de verde y altura de los puntos). El autor hace mención al problema de la no penetración de puntos por la densidad de las copas de los árboles, de forma que los espacios verticales por debajo de las copas pueden aparecer sin retornos cuando realmente sí hay vegetación que impide la carrera, precisamente a las alturas que realmente interesan para la penetrabilidad (0,5 - 5 m según el autor). Para resolverlo el programa cuenta el número de puntos estratificándolos en altura, considerando suelo a los más cercanos a la superficie, y otorgando diferentes pesos a cada estrato (mayor valor del entre 0,5 y 5 m, reduciéndolo con la altura). P.ej., si el valor del estrato 0,5 - 5 m es muy superior al de los cercanos al suelo, sería una zona "más verde".

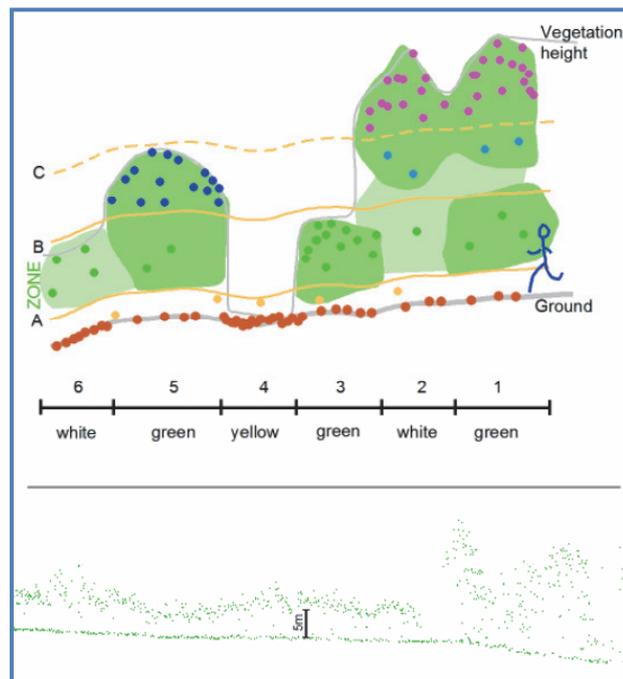


Figura nº 13: gráfico explicativo del cálculo. Fuente: tomado de la ayuda del programa Karttapullautin (Ryyppo, 2014).

Por último, indica el problema de que dado que los vuelos LiDAR (al menos en su país) se realizan cuando no hay hojas en los árboles caducos, siempre parecerá "más verde" las áreas del bosque con especies de hoja perenne.



### 3. OBJETIVOS

Una vez analizados los antecedentes deportivos, cartográficos, normativos y tecnológicos de las cuestiones que atañen directamente a este Estudio, pueden determinarse, de forma resumida, los siguientes objetivos:

- El objetivo principal es **investigar acerca de la validez del uso del LiDAR aerotransportado para la determinación, bajo parámetros matemáticos, de la penetrabilidad en los mapas de orientación.**
- Como objetivos complementarios:
  1. Analizar los mapas empleados en el deporte de orientación y el cómo se representa la vegetación en ellos: forma de determinación, clasificación y aspectos normativos.
  2. Diseñar un método para la clasificación de superficies vegetales en los diferentes tipos de penetrabilidad empleando datos LiDAR aerotransportados.
  3. Valorar la utilidad del vuelo PNOA - LiDAR del IGN en la categorización de la penetrabilidad.
- Los objetivos con enfoque personal son:
  1. Profundizar en el tratamiento de datos LiDAR enfocado a la obtención de parámetros sobre masas forestales en distintos tipos de bosque.
  2. Adiestrarme en el empleo de datos PNOA - LiDAR del IGN.
  3. Superar el Máster en Geotecnologías Cartográficas en Ingeniería y Arquitectura, elaborando PFM Investigador de 12 créditos.



## 4. INFORMACIÓN DE PARTIDA Y SOFTWARE

El presente Apartado se indicarán los **datos de partida** que han sido necesarios para la elaboración del PFM, así como los **programas informáticos** empleados para su manejo. La forma de uso y las tareas elaboradas con los elementos indicados se describirán en el siguiente epígrafe (**5. Metodología**).

### 4.1. MAPAS DE ORIENTACIÓN

A fin de obtener los mapas de orientación empleados en el Estudio, dato evidentemente clave, se han empleado tres fuentes de datos siguiendo los criterios mostrados en el Apartado 5.2.2:

- Mapas registrados en el **registro de la Federación Española de Orientación**. Este registro es accesible desde la página web <http://www.fedo.org/web/cartografia/localizador-de-mapas>, donde se encuentran clasificados por provincias, si bien no todos los mapas están disponibles para su consulta y descarga.

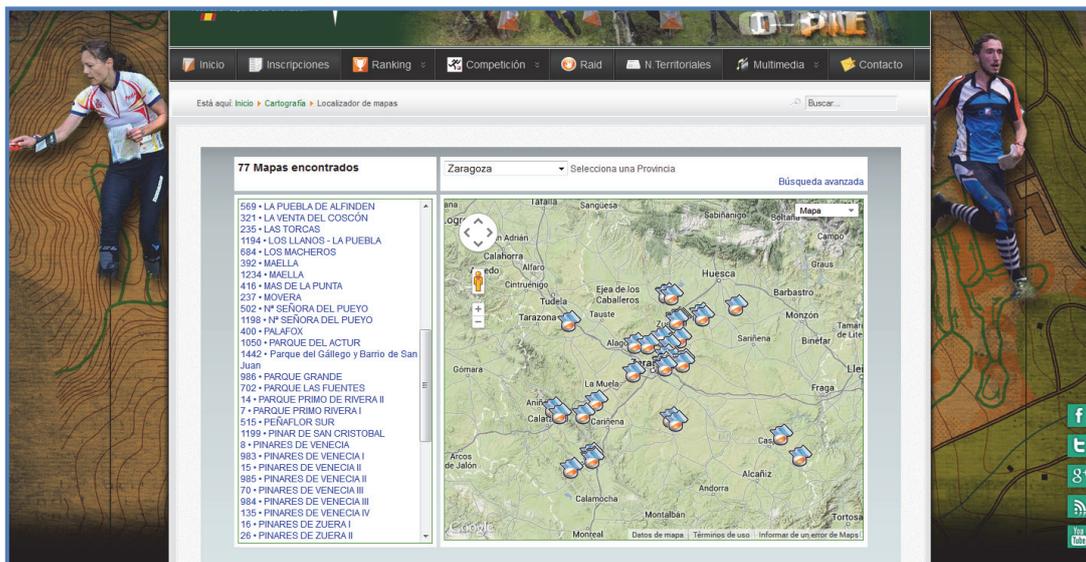


Figura nº 14: visor web del registro de la FEDO. Tomado de <http://www.fedo.org/web/cartografia/localizador-de-mapas>.

A fin de facilitar la tarea la localización de los mapas con un Sistema de Información Geográfica, desde la FEDO fue proporcionado un archivo \*.xls que contiene la Base de Datos externa de dicho Registro. Esta base no tiene todos sus registros completos y por otra parte se aprecia cierta falta de uniformidad en cuanto a la forma de cumplimentación; no obstante, sirve para el fin buscado. Los campos que contiene son:



- |                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1. Provincia.             | 10. Escala.                   |
| 2. Número.                | 11. Superficie.               |
| 3. Año.                   | 12. Formato.                  |
| 4. Denominación.          | 13. Observaciones.            |
| 5. Localidad.             | 14. Autores.                  |
| 6. Provincia.             | 15. X del centro del mapa.    |
| 7. Comunidad Autónoma.    | 16. Y del centro del mapa.    |
| 8. Año del cartografiado. | 17. Cota del centro del mapa. |
| 9. Club / entidad.        |                               |

Se acordó que una vez localizados los mapas considerados útiles para el Estudio dentro de este Registro, el Comité de Cartografía de la FEDO se pondría en contacto con los propietarios de los mapas a fin de que fuesen cedidos en forma de imagen digital de alta resolución y a ser posible con documentación complementaria (georreferenciación, vegetación de la zona, fecha de elaboración, etc.).

- Página web colaborativa con mapas de orientación: <http://omaps.worldofo.com/>. Esta página, perteneciente a la web <http://worldofo.com/>, **World of O** (*International Orienteering News*), pretende que los practicantes del deporte de orientación de todo el mundo suban los mapas de las carreras en las que han participado, incluyendo en la mayoría de los casos los datos geolocalizados del transcurso de su carrera, cuyos resultados se muestran dibujados sobre el mapa (obtenidos con utilidades como *QuickRoute* y similares). Además, tiene la particularidad de poder funcionar como una red social ("me gusta", Twitter...). Estos mapas presentan el aspecto de haber sido digitalizados mediante escáner convencional.

Los mapas se encuentran clasificados por país, tipo de competición, últimos mapas y mapas más vistos, colecciones de determinados especialistas, etc. e incluso cuenta con un visor de mapas basado en la API de *Google Maps* mediante la cual se puede buscar directamente por ubicación geográfica (ver Figura nº 15). Además de este buscador por localización, puede buscarse mediante el rótulo *Search*, en cualquier campo de la base de datos donde se almacenan los mapas.



Figura nº 15: interfaz de <http://omaps.worldofo.com/gmaps.php>.

Una vez obtenido el resultado (mapa de interés), bien sea mediante el comando *Search* o bien por localización geográfica, pulsando en el enlace asociado se accede a los datos completos del mapa, que muestran, entre otros: los datos de la persona que ha subido el mapa a la web, la carrera donde se utilizó, su ubicación geográfica, fotografías de la zona, colección a la que pertenece, mapas cercanos, etc.



Figura nº 16: interfaz web del resultado de la búsqueda (ejemplo). Tomado de <http://omaps.worldofo.com/index.php?id=96373>.

El mapa así localizado puede descargarse en forma de imagen, si bien no con la resolución deseada y normalmente con pequeños defectos como arrugas o



dobleces del papel, e incluso con la información superpuesta obtenida de la utilidad *QuickRoute*. Por todo ello, se empleará esta herramienta web principalmente para la localización de los mapas, intentando evitar en lo posible el uso en el Estudio de los mapas directamente descargados desde esta fuente.

- **Mapas empleados** en carreras de orientación **digitalizados mediante escáner** y suministrados a título personal por aficionados practicantes de este deporte.

## 4.2. DATOS PNOA - LiDAR

El **Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)** es uno de los tres planes nacionales que conforman a su vez el Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT) llevado a cabo por el Consejo Superior Geográfico, órgano de dirección del Sistema Cartográfico Nacional que depende del Ministerio de Fomento (<http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesObst.do>) en el marco de la Directiva *Inspire* (2007). El PNOA forma parte de la primera fase del PNOT, ya que tiene como objetivo la obtención de coberturas periódicas con vuelos fotogramétricos, obteniendo Modelos Digitales del Terreno y ortofotografías. Toda la información sobre este Plan puede consultarse en las páginas vinculadas a este enlace <http://www.ign.es/PNOA/index.html> aunque puede sintetizarse en los siguientes aspectos:

- El objetivo es obtener ortofotografías aéreas digitales con resolución de 25 ó 50 cm y modelos digitales de elevaciones (MDE) de alta precisión.
- Los vuelos han de cumplir unas especificaciones técnicas consensuadas entre todas las Administraciones Públicas participantes. La producción es así descentralizada pero cooperativa, obteniendo finalmente una base cartográfica coherente.
- El IGN es el responsable de la validación final y la integración de los productos.

A fin de conseguir un Modelo Digital de Elevaciones de alta precisión, se ha planificado la realización de un vuelo LiDAR sobre todo el territorio español (PNOA - LiDAR del © Instituto Geográfico Nacional de España) con las siguientes características técnicas generales:

	Densidad Nominal (p/m <sup>2</sup> )	Distancia nominal entre puntos (m)	Exactitud altimétrica de la nube de puntos	Exactitud altimétrica del Modelo Digital del Terreno	Paso de malla
<b>LiDAR</b>	0,5	1,4	RMSE z ≤ 0,20 m	RMSE z ≤ 0,50 m	5m x 5m

Figura nº 17: características técnicas del PNOA - LiDAR del © Instituto Geográfico Nacional de España. Tomado de [http://www.ign.es/PNOA/caracteristicas\\_tecnicas.html](http://www.ign.es/PNOA/caracteristicas_tecnicas.html).



Aunque desde hace varios años vienen realizándose diversos vuelos LiDAR sobre bosques españoles principalmente con fines de inventariación forestal, como por ejemplo, el realizado sobre una amplia zona de la Sierra de la Demanda en la provincia de Soria en 2011 (4 pts / m<sup>2</sup>), es importante reseñar que en el último Congreso Forestal Español (2013) se han presentado ponencias en las que ya se emplea PNOA - LiDAR en la **investigación forestal**. Así, (Valbuena Rabadán, Cantero Amiano, Santamaría Peña, & Sanz Adán, 2013) estiman variables dasométricas a nivel de masa en pinares, y (Montalvo Rodríguez, y otros, 2013) hacen un cálculo del carbono contenido en una zona boscosa, relacionada con el volumen de biomasa, y la densidad de la vegetación.

Por otro lado, indagando en la disponibilidad de otros vuelos LiDAR para el presente Estudio, alguna administración territorial, como la Comunidad Autónoma del País Vasco, realizó un vuelo LiDAR previo al PNOA en 2008, a 2 pts / m<sup>2</sup>; Murcia también desarrolló, en el mismo año, el proyecto NATMUR-08 (<http://www.murcianatural.carm.es/natmur08/>) con una densidad de unos 0.25 pts / m<sup>2</sup>. Incluso Diputaciones provinciales o Ayuntamientos encargan vuelos LiDAR puntuales de alguna zona concreta, si PNOA no cubre sus necesidades (Rodríguez Borreguero, 2014).

En cuanto a los propios datos PNOA - LiDAR, algunas Comunidades Autónomas como las citadas, o Galicia a través de su servicio CDIX - Centro de Descargas de Información Xeográfica (<http://visorqis.cmati.xunta.es/cdix/mapa.html>), permiten descargar gratuitamente los archivos \*.las con distintos grados de tratamiento. Otras como Navarra, suministran los datos en dicho formato \*.las sin compresión y sin clasificar, en el sistema de referencia EPSG: 25830 y alturas elipsoidales.

Esta dispersión de fuentes cartográficas, densidades de diseño del vuelo, tratamientos previos de los datos e incluso formato de suministro, hace que sea más apropiado para un Estudio como éste, que abarca distintas áreas geográficas del país, optar por una fuente única de datos que los proporcione de una manera **homogénea**, a pesar de lo que pueda parecer una baja densidad de puntos a priori (0,5 pts / m<sup>2</sup>). En las fechas de realización del presente PFM, la cobertura PNOA - LiDAR es la siguiente:



Figura nº 18: cobertura del PNOA - LiDAR del © Instituto Geográfico Nacional de España.  
Fuente: tomado de [http://www.ign.es/PNOA/vuelo\\_lidar.html](http://www.ign.es/PNOA/vuelo_lidar.html).



Una vez contactado el servicio de Consultas del Centro Nacional de Información Geográfica ([consultas@cing.es](mailto:consultas@cing.es)) a fin de interesarme por el suministro de los datos para las zonas de trabajo del Estudio, se concluye que:

- Aún no se han puesto a descarga los datos LiDAR y *"por el momento no se pondrán a descarga, pero posiblemente sí en el futuro"* (Rodríguez Borreguero, 2014).
- Los datos LiDAR se pueden solicitar mediante el documento denominado *Solicitud\_no\_comercial\_General\_distribuido.pdf*, que consiste en un formulario de petición (solicitante / información solicitada / descripción del uso) *"bajo un coste de servicio. Este coste no es lineal, es decir no hay un coste fijo por unidad (fichero de 2 x 2 km). Cuanto más se solicite más "barata" sale el servicio por unidad. Haga la petición y le responderemos con un coste aproximado, y si le cuadra, le enviaremos un presupuesto formal. Para que se haga una idea una hoja entera de MTN25 (unos 30 ficheros 2 x 2 km) ronda los 200 €. Desde el 2008 no se aplican descuentos, pues se trata de servicios. Otra opción es escribir una carta al reciente director del CNIG Emilio Lopez Romero, calle General Ibáñez de Ibero 3 28003 Madrid (o a [consulta@cnig.es](mailto:consulta@cnig.es)), argumentado la solicitud de no cobrar el servicio, que a día de hoy se aplica. A veces funciona."* (Rodríguez Borreguero, 2014).

Por ello, una vez determinadas las zonas de trabajo, se procedió a solicitar los datos conforme a dicha solicitud a nombre de la Universidad de Salamanca, a través de las gestiones de mi tutor, Ángel Luis Muñoz. La citada solicitud puede consultarse en el Anexo I. Tras la aceptación de la solicitud por parte del IGN y aprobada la exención de los costes del servicio dado el carácter investigador del presente PFM bajo las condiciones estipuladas en la solicitud, se recibieron los datos \*.las de las zonas de trabajo mediante enlace a servidor FTP. Las características de la entrega fueron las siguientes:

- Suministro en 61 ficheros \*.las (8,56 GB) en \*.las versión 1.2 formato 3 (ver listado de ficheros en el Anexo I), clasificados (ver clasificación según ASPRS para la versión 1.2 del \*.las en la Figura nº 9) y coloreados en RGB tomado de las ortofotografías correspondientes, acompañados de:
  1. Ficheros \*.xls con las especificaciones técnicas del vuelo.
  2. Ficheros \*.xls con los datos del vuelo de cada zona.
  3. Ficheros shapefile con las líneas de vuelo (fechas).
  4. Ficheros \*.pdf de calibración de los sensores.
  5. Ficheros \*.trj con las trayectorias, para software TerraScan ©.
- Nube de puntos que definen la superficie (incluyendo vegetación y edificaciones), obtenido mediante sensores LiDAR con una densidad media de 0,5 pts / m<sup>2</sup>. Densidad de un punto cada 2 metros cuadrados.



- Sistema de Referencia Geodésico ETRS89 (REGCAN95 en Canarias compatible con ETRS89 / WGS84).
- Proyección Cartográfica UTM huso correspondiente.
- ALTURA en ortométrica (sobre el nivel del mar Alicante) procedente de altura elipsoidal (EGM08 - REDNAP, 4 - 5 cm RMS)
- Fecha de vuelo LiDAR: varios años.
- Los ficheros cubren hojas de 2 x 2 km, en los que la esquina superior izquierda es una coordenada entera par y cuyas 3 y 4 primeras cifras aparecen en el nombre del fichero. Pueden estar sueltos o agrupados por hojas del MTN25, y comprimidas.
- En el propio nombre del fichero aparece codificada alguna información, por ejemplo: PNOA\_2009\_Lote5\_CLM\_454-4346\_ORT-CLA-COL.las:
  1. El fichero corresponde al vuelo PNOA - LiDAR del año 2009
  2. Lote5 (Número de lote interno).
  3. CLM: Zona Castilla la Mancha
  4. Las coordenadas de la esquina superior izquierda del fichero son X= 454.000, Y= 4.346.000,
  5. ORT: Las altitudes son ortométricas
  6. CLA: el fichero se encuentra clasificado automáticamente (Clase terreno editada) según los estándares del ASPRS. Actualmente pueden encontrarse ficheros clasificados o no clasificados según zonas.
  7. COL: los puntos tienen información de color (RGB) procedente a la ortofoto. Actualmente pueden encontrarse ficheros coloreados o no coloreados según zonas.
- Por otro lado, y también en comunicación con el IGN, se informó del procesado que se realiza en aquella institución en relación con sus datos LiDAR, además del control de calidad y homogeneidad (Ojeda Manrique, 2014):

*"Normalmente un procesado puede consistir en las siguientes fases:*

  1. *Paso de altitudes elipsoidales a ortométricas con el modelo del geoide EGM08 - REDNAP.*
  2. *Clasificación automática de los datos en clase suelo, edificación, tres clases de vegetación y solape.*
  3. *Edición y depuración de la clase terreno.*
  4. *Asignar color a los puntos.*
  5. *Y en algunos casos:*
    - *Ajuste de fluctuaciones.*
    - *Edición y depuración de las clases edificación y vegetación".*



6. Control de calidad: *"ten en cuenta que nosotros hemos realizado en control de calidad de los datos, con campos de control, en los que se ha comprobado que el error medio cuadrático se encuentra por debajo de los 20 cm. Ten en cuenta también que en zonas de montaña o vegetación densa, al haber un error máximo en planimetría de los datos, esto se puede traducir en error en altitud"*.

#### 4.3. FUENTES CARTOGRÁFICAS COMPLEMENTARIAS

Además de la información de partida fundamental que son los mapas de orientación y los propios datos PNOA - LiDAR cedidos por el © Instituto Geográfico Nacional de España, se han empleado otras fuentes cartográficas **complementarias** gestionadas mediante GIS. Esta cartografía se ha empleado con distintos fines en función de su representación y procedencia:

- Recabar información adicional sobre las zonas de interés.
- Obtener información sobre la vegetación y usos del suelo.
- Georreferenciar los mapas de orientación.
- Comparar a simple vista lo mostrado en los mapas de orientación con la realidad del terreno (fotointerpretar).
- Editar manualmente las nubes de puntos.

Entre la cartografía empleada cabe citar:

- **Ortofotografías aéreas** del PNOA del IGN (<http://www.ign.es/PNOA/>), de las zonas de interés, en el año más próximo posible a la fecha de realización del mapa de orientación (se supone aproximado a la fecha de celebración de la carrera correspondiente) y / o a la fecha del vuelo LiDAR. Así, se han empleado:
  1. Servicio WMS Ortofotos PNOA máxima actualidad: <http://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma?>, que indica la fecha del vuelo y la resolución del mismo, para toda España.
  2. Servicio WMS ORTOFOTOGRAFIA JCyL: <http://orto.wms.itacyl.es/WMS?>, concretamente los vuelos 2009 y 2010 (zona de Palencia y Peguerinos respectivamente).
  3. Servicio WMS de IDENA - Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra: <http://idena.navarra.es/ogc/wms?>, concretamente los vuelos 2004 y 2011.
- **Mapa Forestal de España**, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente Aérea  
(<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/mapa-forestal-de-espana/>) que representa los ecosistemas



forestales españoles y es la base del Inventario Forestal Nacional. A través de su servicio WMS: <http://wms.magrama.es/sig/Biodiversidad/MFE/wms.aspx?>

- **Cartografía ráster del IGN**, que muestra la cartografía topográfica en formato ráster y de distinta escala en función de la escala de visualización (desde 1 : 1.250.000 hasta 1 : 25.000). Consultado a través de su servicio WMS: <http://www.idee.es/Server-MTN/SgdWmsMTN25.dll/WMS?>
- **Cartografía de los Espacios Naturales Protegidos (ENP) de España**, que contiene información de las distintas figuras de protección como resultado de la recopilación de aquellas declaradas conforme a la normativa vigente en los distintos gobiernos autonómicos y el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Tomado en formato vectorial desde: <http://cdr.eionet.europa.eu/es/eea/cdda1/envuqm2tg/>
- **Cartografía topográfica** a gran escala (1 : 10.000 - 1 : 5.000) y **otras cartografías** complementarias, variables en función de cada uno de los organismos autonómicos responsables de los distintos territorios:
  1. Servicio WMS de IDENA - Infraestructura de Datos Espaciales de Navarra: <http://idena.navarra.es/ogc/wms?>
  2. Euskadiko DAE (Euskadiko Datu Espazialen Azpiegitura)- IDE de Euskadi(Infraestructura de Datos Espaciales de Euskadi). Oinarrizko kartografiaren WMS zerbitzua - Servicio WMS de Cartografía Base: [http://www.geo.euskadi.net/WMS\\_CARTOGRAFIA?](http://www.geo.euskadi.net/WMS_CARTOGRAFIA?)
  3. Servicio web de mapas de información topográfica de Castilla y León: <http://www.idecyl.jcyl.es/IGCyL/services/MedioFisico/Topografia/MapServer/WMSServer?>
  4. Cartografía topográfica de Asturias: [http://sitpa-servicios.cartografia.asturias.es/WMS\\_CARTOGRAFIA/Request.aspx?](http://sitpa-servicios.cartografia.asturias.es/WMS_CARTOGRAFIA/Request.aspx?)
  5. Servicios WMS integrados en el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, como por ejemplo la base topográfica 1 : 5.000 icc\_bt5m\_v\_r, cuya dirección es: [http://galileo.icc.cat/arcgis/services/icc\\_bt5m\\_v\\_r/MapServer/WMSServer?](http://galileo.icc.cat/arcgis/services/icc_bt5m_v_r/MapServer/WMSServer?)
  6. Servizo web de mapas (WMS) da Cartografía básica de Galicia: <http://ideg.xunta.es/WMS/Request.aspx?>

**En el Anexo V puede observarse un gráfico resumen con el que se pretende sintetizar las fuentes cartográficas empleadas en el presente Estudio.**



#### 4.4. SOFTWARE EMPLEADO

A continuación se describe sucintamente el software empleado, utilizando como hardware un PC de sobremesa de las siguientes características:

- Procesador AMD Phenom II X4 975 a 3,60 GHz.
- 8 GB RAM.
- Windows 7 Professional 64 bits.
- Tarjeta gráfica ATI Radeon HD 5700 Series.

##### 4.4.1. TRATAMIENTO DE DATOS LIDAR

A fin de realizar el tratamiento de las nubes de puntos procedentes de los datos PNOA - LiDAR cedidos por el © Instituto Geográfico Nacional de España, cabe distinguir entre dos tipos de operaciones o necesidades principales, que definen a su vez el programa informático a emplear:

- Depuración de datos, filtrado, recorte de nubes de puntos, clasificación manual, generación de Modelos Digitales del Terreno.
- Extracción de parámetros estadísticos de los puntos clasificados como vegetación.

##### 4.4.1.1. TERRASOLID ©

Se trata de una suite de diversos programas informáticos enfocados al tratamiento de los datos obtenidos mediante escáneres láser móviles o aerotransportados, empleándose habitualmente por las empresas que proporcionan estos servicios para realizar tareas de pre - procesado de las nubes de puntos antes de su entrega al cliente.



Figura nº 19: Terrasolid ©. Fuente: <http://www.terrasolid.com/home.php>.

El "paquete" informático completo está compuesto por hasta 14 módulos, siendo *TerraScan* ©, *TerraPhoto* ©, *TerraModeler* © y *TerraMatch* © las aplicaciones que permiten realizar el flujo de trabajo completo de los datos LiDAR desde su volcado desde el escáner hasta la entrega de productos derivados.



Está desarrollado por la empresa finlandesa Terrasolid Oy © (<http://www.terrasolid.com/home.php>) y funciona solidariamente con el software de diseño gráfico CAD **Microstation** ©, de la casa **Bentley Systems** ©, de forma que constituye una extensión o aplicación de éste. Ambos software tienen licencia propietario, de alto coste económico, a pesar de lo cual Terrasolid © es uno de los programas más potentes y ampliamente extendidos del mercado en lo que a software de tratamiento de datos LIDAR hace referencia.

Su funcionamiento está enfocado a usuarios avanzados, siendo las interfaces de sus herramientas relativamente complejas al contar con multitud de parámetros a definir por el especialista. Los resultados se muestran en 2D y 3D empleando la potencia gráfica de Microstation ©, del que también deben tenerse algunas nociones para su manejo.

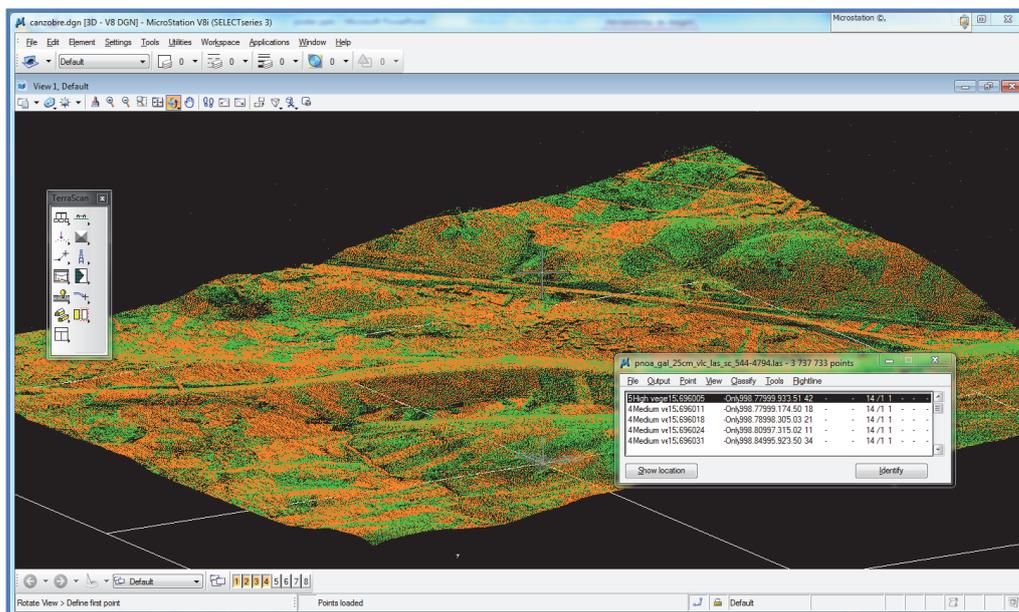


Figura nº 20: TerraScan © sobre Microstation ©. Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.1.2. FUSION

Se trata de un software gratuito estadounidense, desarrollado por el investigador **Robert J. McGaughey**, perteneciente al *Vegetation Monitoring and Remote Sensing Team (Pacific Northwest Research Station)* del *Forest Service* del *U.S. Department of Agriculture (USDA)*. Uno de sus proyectos lo constituye este programa informático, destinado especialmente al tratamiento y procesamiento de datos LIDAR con objetivos de carácter forestal, una vez que las nubes de puntos han sido previamente pre - procesadas. Se descarga e instala la última versión del software (3.42) junto con su manual (marzo de 2014), desde la página web: <http://forsys.cfr.washington.edu/fusion/fusionlatest.html>. Para instalarlo basta con pulsar dos veces sobre *FUSION\_Install.exe* y a continuación, *Next* en todos los cuadros de diálogo.

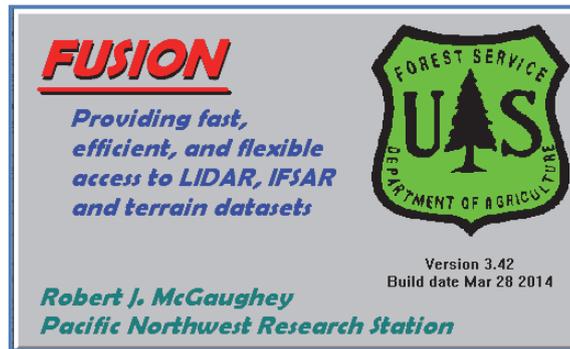


Figura nº 21: FUSION. Fuente: tomado del arranque del programa.

- La interfaz está compuesta a su vez por dos programas: FUSION y LDV (*LiDAR data viewer*) desarrollados en C++. FUSION es la interfaz 2D, funcionando como un SIG rudimentario, pudiendo incorporar distintas fuentes de datos, y LDV es la librería 3D basada en *OpenGL*. Además, posee otro visor 3D (PDQ) que permite observar los puntos coloreados en función de la intensidad y clasificación de los datos. Para activar este visor PDQ hay que señalar la casilla de verificación de dicho visor en la interfaz.
- Permite mostrar y analizar rápidamente grandes conjuntos de datos LiDAR, contando con diversas posibilidades de visualización.

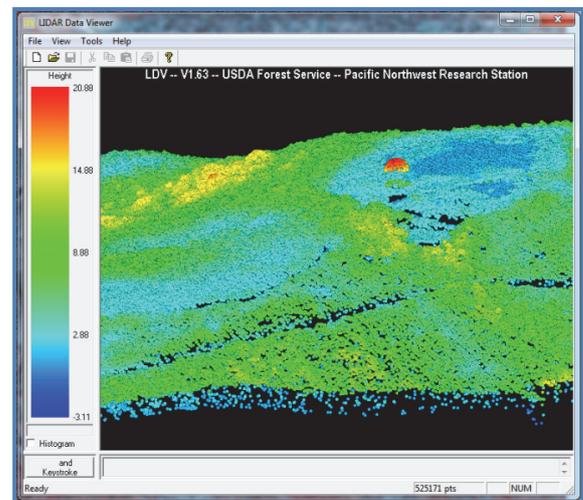
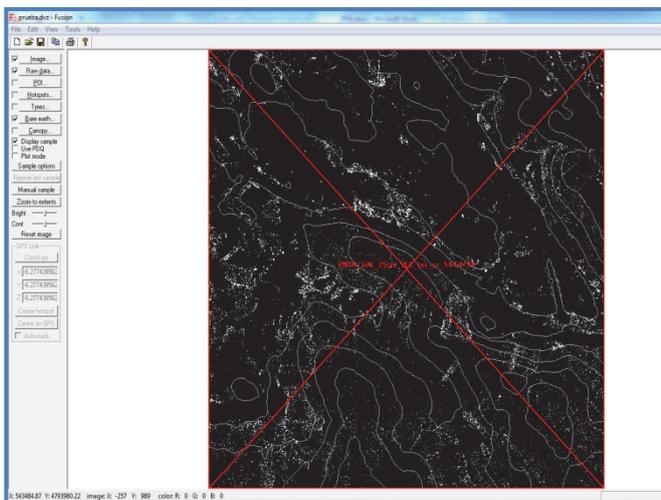


Figura nº 22: interfaces de FUSION y LDV. Fuente: elaboración propia.

- La interfaz es sencilla de manejar, pero no muestra toda la potencialidad del programa con los clásicos botones o cuadros de diálogo, sino que las herramientas de análisis específicas se despliegan en las llamadas utilidades del *FUSION LiDAR Toolkit*. Estas utilidades son algoritmos implementados en forma de fichero ejecutable \*.exe y que se almacenan en la carpeta de instalación del programa (C:/ FUSION).

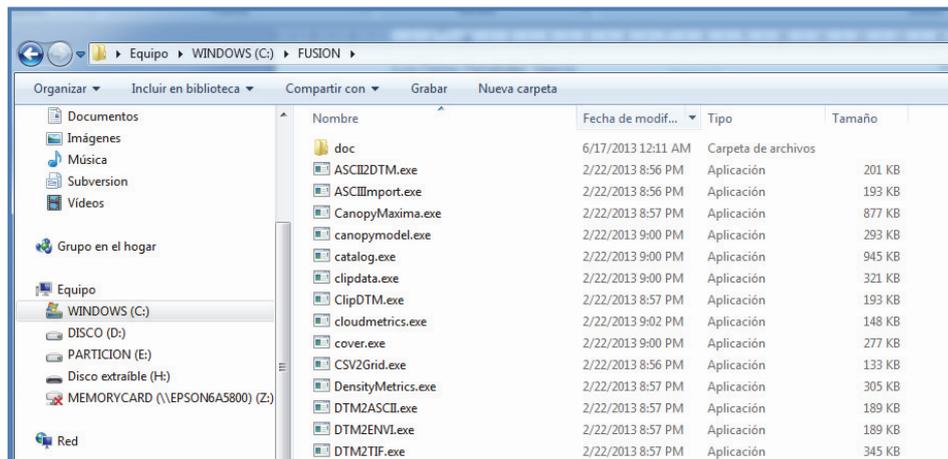


Figura nº 23: carpeta C:/FUSION y algoritmos. Fuente: elaboración propia.

- Para hacer funcionar estas herramientas, es necesario trabajar en línea de comandos desde el símbolo del sistema (CMD) con sentencias del tipo:

*GroundFilter [switches] outfile cellsize datafile*

Donde el primer término es el algoritmo a ejecutar, los *switches* son los distintos parámetros de configuración del mismo, y el resto de términos alude a los archivos de entrada y salida, con sus rutas de acceso. Todos los algoritmos son desarrollados explicados en el manual del programa: *FUSION\_manual.pdf* (McGaughey, 2014). Estas líneas de comando se escriben en el bloc de notas y se guardan como archivo de lotes de Windows © con extensión \*.bat. Cuando se pulsa dos veces sobre estos archivos \*.bat, el algoritmo comienza a correr mostrando su proceso en una ventana de MSDOS y terminando con el guardado del fichero resultado correspondiente.

#### 4.4.1.3. FUGRO VIEWER

Software gratuito para la visualización de datos geomáticos entre los cuales destacan las nubes de puntos LiDAR (<http://www.fugroviewer.com/>). Es un programa con un gran poder de visualización de datos, de interfaz muy amigable y sencilla de usar. Se ha empleado de forma complementaria para el análisis visual rápido de archivos \*.las observando gráficamente la mayoría de datos asociados a los puntos (elevación, intensidad, clasificación, RGB...).

#### 4.4.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS)

De forma complementaria al software de tratamiento de datos LiDAR, se han empleado Sistema de Información Geográfica (SIG) a fin de realizar las siguientes operaciones:



- Consulta, superposición y análisis de la cartografía complementaria empleada.
- Observación de las características del territorio a través de ortofotografía aérea.
- Georreferenciación y vectorización de mapas de orientación.
- Gestión de las capas y cartografía generada.
- Tareas de geoprocésamiento.
- Obtención de estadísticas.
- Realización de comparativas entre los resultados obtenidos de la clasificación y los mapas de orientación.
- Producción de mapas e imágenes contenidas en este PFM.

#### 4.4.2.1. ARCGIS ©

Para el desarrollo de estas actividades se ha optado por usar principalmente el programa **ArcGIS** © en su versión 10. Se trata de un software muy extendido entre los usuarios de SIG y con una amplísima cuota de mercado aunque se observa una cierta tendencia al uso de software *Open source*, debido al alto coste de la licencia original del programa. Está desarrollado por la casa comercial estadounidense ESRI © (*Environmental Systems Research Institute*, <http://www.esri.com/>) y se compone, entre otros, de 4 módulos principales que funcionan integrados en una sola *suite* (*ArcMap* ©, *ArcCatalog* © *ArcToolBox* © y *ArcScene* ©) donde sin duda el primero de los componentes es el más empleado como interfaz de trabajo. Además, dispone de numerosas extensiones y barras de herramientas así como una gran compatibilidad con multitud de formatos de archivo que hacen de este software el más completo del mundo SIG.

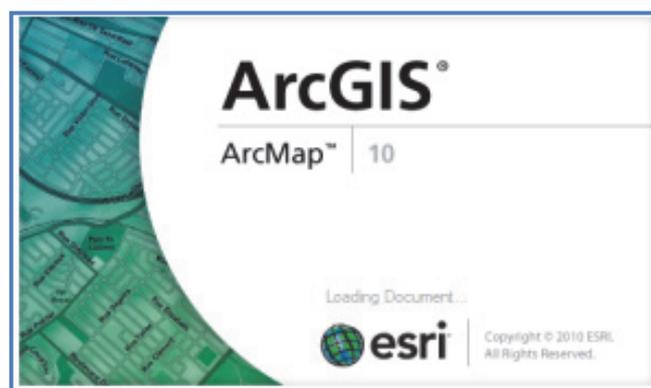


Figura nº 24: ArcGIS ©. Fuente: tomado del arranque del programa.

#### 4.4.2.2. QUANTUM GIS

Para algunas tareas puntuales, como la obtención de Modelos Digitales de Rugosidad, se ha empleado también el software libre **Quantum GIS**



(<http://www.qgis.org/es/site/>). En este caso se trata de un programa de código abierto que viene desarrollándose con gran profusión desde hace varios años y cuya utilización entre los usuarios SIG está creciendo, formando una *comunidad* muy activa.

#### 4.4.3. TRATAMIENTO DE IMÁGENES - GIMP

En algunas de las tareas enfocadas a la integración de los datos procedentes de los mapas de orientación, ha sido necesario realizar tratamientos específicos como cambios de formato de imagen, realces de color, disminución de ruido, etc. La práctica totalidad de todos ellos han sido llevados a cabo empleando el software libre **GIMP** (<http://www.gimp.org/>), posiblemente uno de los programas *opensource* más potentes en cuanto a la manipulación de imágenes.



## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. TRABAJO DE CAMPO

Dado el desconocimiento previo del autor hacia el deporte de orientación y lo que su modalidad a pie implica, se estimó necesario realizar una **salida de campo**, junto con la observación in situ de una **carrera**, a fin de familiarizarse con esta práctica deportiva.

Consciente de la subjetividad que implica la determinación de la penetrabilidad de la vegetación en la confección de los mapas de orientación, y a fin de conocer de primera mano al menos un terreno boscoso en el que se desarrollen este tipo de carreras, se escoge un área próxima al lugar de residencia del autor que cuente con diversas categorías de penetrabilidad y definición de la vegetación según las ISOM 2000. Así, se escoge el mapa denominado *El Esparragal* (registro FEDO: VA - 444 - 01) ubicado en el término municipal de Puente Duero (Valladolid), sobre terreno arenoso (dunas) con predominancia de pinar de pino piñonero (*Pinus pinea*) y con manchas dispersas de encina (*Quercus ilex*). El sotobosque está formado principalmente por jaras y por diversas especies de matorral de porte bajo, como tomillo.

Se realiza un recorrido a pie desde el punto de salida de una de las carreras celebradas empleando este mapa y siguiendo inicialmente su trazado hasta los puntos de control 1 y 2, empleando mapa y brújula de limbo móvil según las tradicionales técnicas de orientación somera, deduciendo el rumbo con la brújula apoyada sobre el mapa orientado. De esta manera se toma conciencia de la necesidad del uso del mapa y de la observación de los elementos contenidos en él, para el posicionamiento y la elección de la ruta adecuada. Una vez realizado el paso por la situación aproximada donde se situarían las primeras balizas, se recorrió el espacio representado en el mapa localizando áreas con distinta penetrabilidad, obteniéndose algunas conclusiones que pueden ayudar a llevar a cabo la realización del presente trabajo:

- Importancia de elementos característicos: árboles singulares.
- El cartografiado de las características de la vegetación se realiza de forma relativa, es decir, respecto al propio entorno donde se desarrolla.
- Mayor presencia de detalle en el mapa, cerca de los caminos y sendas.
- Rápida identificación de las áreas con carrera intransitable (410), en las áreas ocupadas por matas de encina de hasta unos 2.5 metros de altura.
- Rápida identificación de las áreas de carrera fácil en bosque abierto (405).
- Dificultad en campo, de distinguir entre la categoría de bosque abierto con árboles dispersos (402 y 404) y los claros en el bosque abierto (401 – 403), posiblemente debido a la baja densidad de pies en una formación de pino piñonero. Sí se aprecia que en áreas de clase 404 suelen aparecer pinos de pequeño tamaño.

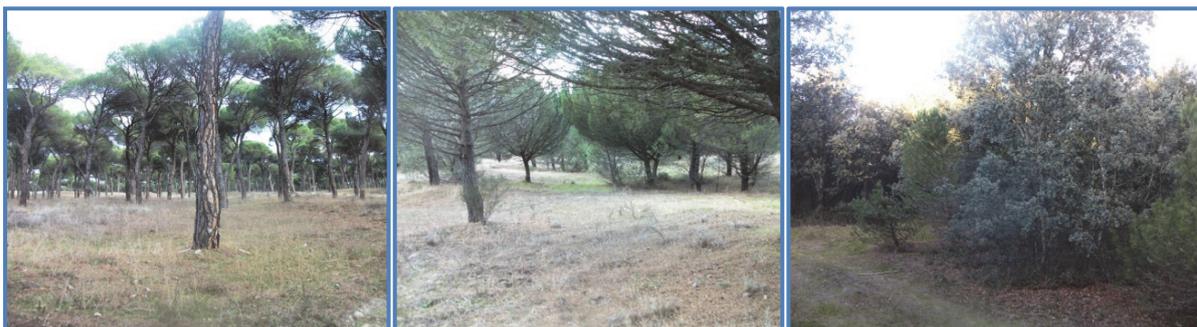


Figura nº 25: áreas de categoría 405, 404 y 408 respectivamente. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se asistió a una carrera de orientación celebrada el día 26 de enero de 2014 en el denominado *Cerro de las Contiendas*, parque periurbano de la ciudad de Valladolid (registro FEDO: VA – 1376 – 12), con el objetivo de conocer en persona la forma en la que se realiza un campeonato de esta modalidad deportiva. Aunque la zona de desarrollo no es natural, sino fuertemente antropizada, sí tiene áreas vegetales con diferente clasificación de la penetrabilidad.

En primer lugar se realizó un recorrido a pie por la zona de desarrollo de la carrera, asistiendo como espectador a los procedimientos de salida, paso por distintas balizas y meta, para las diversas categorías de edad que participaban (4ª Liga Escolar 2013 - 2014). Una vez concluida la carrera, y por parte de personal perteneciente al Club de Orientación Valladolid (C.O.V.), se recibió información detallada sobre diversas técnicas de orientación, de ejecución de la carrera, los elementos del mapa y las definiciones de penetrabilidad, etc. realizando así mismo un “simulacro” de la carrera completa, pasando por las balizas dispuestas en la categoría “alevín”.



Figura nº 26: baliza para carrera de orientación en el Cerro de las Contiendas. Fuente: elaboración propia.



## 5.2. ÁREAS DE ESTUDIO

España presenta la ventaja, a diferencia de otros países con más tradición en el deporte de orientación (especialmente los nórdicos), de contar con un gran abanico de tipos de terreno donde llevar a cabo las carreras. Esta variabilidad procede de la gran riqueza y diversidad que posee nuestro país, donde se dan, en una relativamente pequeña superficie (teniendo en cuenta únicamente la parte española de la Península Ibérica), un buen número de ecosistemas distintos. Esta circunstancia viene dada principalmente por la diversidad de condiciones geográficas, orográficas, geológicas y climáticas. Así, según (Santoyo, 2001), podemos distinguir en nuestro país hasta **22 tipos de terrenos distintos para la orientación**. Esta obra, que constituye uno de los pocos documentos de síntesis de esta materia en España, ha sido tomada como referencia para la elección de los terrenos a considerar en este Estudio.

Por otra parte, se han establecido como dos de los objetivos de este trabajo, el diseño de un método para la clasificación de superficies vegetales en los diferentes tipos de penetrabilidad de los mapas de orientación y el análisis de los parámetros LiDAR en distintas masas forestales. Además, han de tenerse en cuenta dos consideraciones importantes:

- La definición de la penetrabilidad tiene una fuerte componente subjetiva, tal y como se indica en el Apartado 2.3 de este Estudio.
- El distinto comportamiento de los datos obtenidos con un sensor LiDAR en función de la especie y el estado vegetativo de las masas forestales.

Dada la gran variabilidad de tipos de terreno para este deporte y de formaciones vegetales que se pueden encontrar en España, indicadas anteriormente, y dada la imposibilidad técnica, económica y de tiempo, de hacerlo extensivo a toda la casuística existente, es necesario establecer una **muestra** lo más representativa posible para el Estudio. Dicha muestra consistirá en un número no predeterminado de **áreas de estudio** con diferente tipología forestal representadas cada una de ellas por un **mapa de orientación** característico. La elección tanto de los terrenos forestales como de los mapas de orientación es un proceso complejo y dependiente de variables relacionadas entre sí, como se describe en los siguientes Apartados.

### 5.2.1. ELECCIÓN DE LOS TERRENOS FORESTALES

Para realizar esta selección, se han tenido en cuenta diversos criterios, teniendo presente siempre sus características desde el punto de vista de la **vegetación** en el deporte de orientación:

- Publicación "**Los terrenos de orientación en España: los mapas españoles**" (Santoyo, 2001), donde se describen las características de los 22 distintos tipos de terreno para la orientación definidos por el autor. Para cada tipo, se relatan sus peculiaridades atendiendo a su relieve, elementos

singulares, grado de antropización (red de caminos), superficie del suelo y vegetación (penetrabilidad). Una selección de ellos, realizada por el Club de orientación "La Brújula" en base a su singularidad, son mostrados en la web <https://sites.google.com/site/labrujulaasturias/10-mapas>.

- **Cobertura de los vuelos PNOA - LIDAR del sobre el bosque.** Esta es una condición inexcusable; en las fechas de realización del presente Estudio, la cobertura LiDAR es la mostrada por la Figura nº 18, donde se aprecia como toda la comunidad autónoma andaluza así como el sector Suroeste de Castilla y León aún no dispone de datos obtenidos con este sensor.
- **Bosques característicos de las regiones biogeográficas** de la España peninsular. Dentro de la dificultad que supone establecer unos límites claros entre unas regiones y otras en el sentido ecológico, se opta por tomar como referencia las definidas por la Directiva Hábitat (92/43/CEE) y representadas cartográficamente por el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente en 2012 (ver Figura nº 27).



Figura nº 27: regiones biogeográficas de la España peninsular. Fuente: elaboración propia

En la Península Ibérica, los bosques más típicos y representativos de estas regiones están dominados por (López González, 1982):

1. **Hayedos:** las hayas, que ocupan altitudes entre 800 y 1500 m de zonas frescas y montañosas, generan ambientes muy sombríos donde el sotobosque es muy escaso; en ocasiones, ni siquiera las herbáceas sobreviven. Cuando el bosque es menos espeso, aparecen especies accesorias como el serbal de cazadores, el mostajo o el abedul y otras, que pueden ser espinosas como el majuelo, las zarzas, etc.
2. **Robledales:** los bosques formados por carballos y robles albares son los más representativos de la región atlántica y ocupan la zona de



transición entre los hayedos de las zonas altas y las fresnedas y bosques de ribera de los fondos de valle. Ha sido muy alterado por el cultivo y los prados. Los robles aparecen acompañados de castaños y abedules de forma habitual; cuando se degradan, aparecen formaciones espinosas (zarzas, rosales silvestres...) y brezales.

3. **Melojares:** se trata de bosques de roble melojo o rebollo situados sobre todo en zonas relativamente húmedas de media montaña (700 - 1600 m), ocupando grandes extensiones de transición entre áreas atlánticas y mediterráneas. A veces aparecen mezclados los quejigos. En sus claros aparecen las jaras, los brezales y escobas, así como formaciones espinosas.
4. **Bosques de ribera y fondos de valle:** se trata de formaciones caducifolias situadas normalmente a lo largo de los ríos y arroyos, en las zonas más húmedas de las vaguadas. Están formados por una gran diversidad de especies: fresnos, olmos, alisos, chopos, sauces...a los que acompañan tilos, avellanos, arces e incluso formaciones espinosas. En las zonas más húmedas, aparece un sotobosque de helechos.
5. **Encinares:** se trata del bosque más extendido de la Península gracias a la amplia variedad ecológica que soporta, ocupando desde el nivel del mar hasta las laderas soleadas de las montañas. Puede distinguirse entre la subespecie *rotundifolia* que ocupa áreas del interior, y la subespecie *illex*, propia de zonas litorales. En el primero de los casos genera unas formaciones típicas de zonas frías y secas (continentales) donde las encinas se disponen en forma de "matas" casi impenetrables ocupando toda la estructura vertical de la vegetación, y acompañadas por quejigos y pinos en muchas ocasiones y en los claros por sabinas, enebros y formaciones arbustivas de romeros, jaras, espliegos y tomillos. Los encinares de las zonas litorales presentan una vegetación densa y muy variada donde se dan numerosas especies de arbustos (madreselvas, hiedras, durillos, etc.).
6. **Alcornocales:** extendidos fundamentalmente por el cuadrante suroccidental de la Península, se trata de formaciones que en los límites de su distribución aparecen mezclados con encinas y quejigos. Se acompañan normalmente de olivo silvestre, madroños y escobas, genistas, jaras y brezos. Un caso especial lo constituyen las dehesas, donde la acción antrópica y del ganado ha generado un ecosistema abierto con amplias extensiones herbáceas.
7. **Pinares:** su extensión es distinta de la que ocupaba de forma natural por su uso frecuente en repoblaciones. Están formados por diversas especies, siendo más habituales los pinos albares (*Pinus sylvestris*) que ocupan grandes extensiones en áreas montañosas, acompañados por sotobosque muy variado en función del área que se trate; disminuyendo en la altitud se hace frecuente el pino resinero (*Pinus*



*pinaster*) y el pino negro (*Pinus nigra*). En la costa mediterránea y en repoblaciones del interior, ambos sobre suelo calizo, predomina el pino carrasco (*Pinus halepensis*), mientras que en los arenales del interior y en Cádiz y Huelva destaca el pino piñonero (*Pinus pinea*).

**8. Matorrales:** en este subgrupo, la variabilidad es elevadísima, desde las formaciones leñosas en áreas casi desérticas (Almería, Murcia) hasta los matorrales y piornales de montaña. En el caso de los terrenos de orientación, los más importantes son los que aparecen en los claros, orlas y etapas de degradación de los bosques, ocasionando muchas veces un gran obstáculo a la carrera (penetrabilidad reducida), máxime cuando se trata de formaciones espinosas (rosales silvestres, zarzas, espinos albares o majuelos, endrinos, tojos). Otros matorrales habituales son los formados por el aligustre, el guillomo, cornejos y boj. En zonas de bosque es normal ver también escobas, brezos, carrascas (en los más secos) así como otros matorrales de menor porte como los jarales, tomillos, jaguarzos, romerales...

Además de estos bosques, habría que considerar que muchas carreras se realizan en otras masas forestales procedentes de plantación productiva, destacando por su particularidad, los **eucaliptales**.

- **Opinión de corredores de orientación:** dado que el autor del presente Estudio desconoce en su faceta puramente práctica y deportiva cómo afecta la vegetación a la realización de las carreras, se realizaron consultas a título personal a diversos corredores habituales, preferentemente experimentados y federados, a los que se sometió a un pequeño cuestionario. Fruto de ella pueden extraerse las siguientes conclusiones:
  - Los sitios más habituales de celebración de carreras son la Sierra de Madrid, la Región de Murcia y el área de la sierra de Urbasa.
  - Los bosques más transitables son los hayedos y los pinares de Valladolid, y los menos, los bosques gallegos y asturianos.
  - A su juicio, los bosques más significativos son (con descripciones personales):
    - Los hayedos de Entzia y Urbasa, con su particular orografía y rugosidad, donde el primero es más rocoso y el segundo es más abrupto, claro y con menos rocas. Los *verdes intensos* suelen ser zarzales.
    - Pinares de Valladolid (La Parrilla, Negral), con dunas y microrrelieve arenoso.
    - Encinar del Monte el Viejo (Palencia), formado por encinas donde hay que correr entre los *pasillos* que forma la vegetación, con apenas curvas de nivel.
    - Robledales continentales de rebollo de la provincia de Burgos (ejemplo Puerto Lumbreras).



- Pinar de Peguerinos y San Rafael, Almorox, Navas del Marqués. Son pinares de pino silvestre con terreno en pendiente y piedra suelta (muy físicos) y con la vegetación arbustiva más variada que en los pinares de Soria y Burgos.
  - Terreno mediterráneo con mucha vegetación baja. Poco bosque alto y procedente de repoblación. Monte *sucio*. En los casos extremos, no hay bosque, siendo un terreno formato por piedras y muy irregular.
  - Eucaliptales gallegos de Santiago de Compostela, Teixidó...con un sotobosque incómodo de zarzas, helechos, tojos y jaras. Los mapas suelen ser blancos y rayados.
  - Dehesa y alcornoques de Cádiz y Punta Umbría.
  - Bosque atlántico de Barazar, con mucho desnivel, vegetación compleja y variada en toda la estructura vertical. Parecido a algunos bosques europeos.
- **Consultas realizadas al Comité de Cartografía de la FEDO:** dada la importancia que tiene para el Estudio la correcta elección de los terrenos forestales a considerar, se solicitó opinión a dicho comité, formado por los especialistas *Mario Vidal, Javier Arufe y Ferrán Santoyo*, tras realizar el autor una primera "criba" en base a los criterios anteriores, que incluía:
1. Hayedos de Urbasa.
  2. Pinares del Sistema Central: Almorox y Peguerinos.
  3. Eucaliptales gallegos.
  4. Bosque atlántico del Norte de España: Barazar.
  5. Terreno mediterráneo catalán.
- Como conclusión de la correspondencia mantenida en este aspecto, se determinó:
- Los terrenos seleccionados son adecuados.
  - Para el terreno mediterráneo catalán, tomar como referencia la Sierra de Collserola.
  - Incluir los terrenos con carrasca / encina tan frecuentes en casi toda España.
- Sin embargo, aquí no concluye el proceso de selección puesto que una vez definidas a priori las zonas de trabajo, se trató de localizar **al menos un mapa de orientación** adecuado para el Estudio y en fecha y / o época vegetativa lo más coincidente posible con el vuelo LIDAR de la zona correspondiente. Este proceso será detallado en el siguiente Apartado.



### 5.2.2. SELECCIÓN DE LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN

De forma complementaria y simultánea al procedimiento de elección de los terrenos forestales representativos descrita en el Apartado anterior, se realizó una selección de mapas de orientación que cumpliesen los siguientes requisitos:

- Estar realizado conforme a las **ISOM 2000**, donde se regulan los parámetros para definir la penetrabilidad.
- Debe tratarse de un mapa realizado para el deporte de orientación en su modalidad **a pie**, que es el más habitual, adecuado al Estudio por la escala de trabajo y el definido básicamente en las especificaciones.
- Estar ubicados en **zonas de distribución de las masas forestales** consideradas en el apartado anterior. Para ello, además de los conocimientos propios, se empleó como referencia la cartografía del Mapa Forestal de España.
- Debe existir **cobertura de los vuelos PNOA - LiDAR** sobre el área que abarca el mapa.
- Que su fecha de realización sea **coincidente con la del vuelo PNOA - LiDAR**. Con esta condición se pretende que estas fechas de mapa y vuelo sean lo más próximas entre sí a fin de que los datos LiDAR representen lo más fielmente posible los datos e información mostrada por el mapa, a fin de evitar cambios importantes como incendios, actuaciones selvícolas sobre la masa forestal, enfermedades y / o eventos meteorológicos que puedan afectar al estado vegetativo...

Para un ajuste óptimo se han tenido en cuenta:

1. La fecha de realización del trabajo de campo del mapa de orientación correspondiente, obtenido mediante consulta en el propio mapa y comunicación personal con los consultas a las entidades depositarias de los mapas en el registro de la FEDO.
2. La fecha de realización del vuelo PNOA - LiDAR, obtenida mediante comunicación personal con el responsable del Área de Productos Geográficos del Centro Nacional de Información Geográfica - CNIG, del IGN. (Ministerio de Fomento), entidad que cede los datos.
3. En el caso de especie principal sea de hoja caduca, es fundamental que el vuelo haya sido realizado con la hoja en las mismas condiciones (sobre el árbol ó caída) que estaba durante la fase de trabajo de campo de realización del mapa. La presencia o no de hoja afecta a los retornos LiDAR, tal y como se describe en (Popescu, Wynne, & Nelson, 2003) donde se preconiza diferenciar en el análisis entre frondosas y perennes.



El ajuste de todos los mapas a estos criterios ha entrañado una gran dificultad hasta lograr el mejor resultado posible a juicio del autor, que se describe en el Apartado siguiente.

- **Consultas realizadas al Comité de Cartografía de la FEDO:** dada la importancia fundamental de la correcta elección de los mapas a emplear, se solicitó también opinión a dicho comité, tras realizar el autor una preselección en base a los criterios anteriores que incluía los mapas relatados a continuación. Todos ellos han sido elegidos entre el gran número de mapas contenidos en las tres fuentes de datos consideradas (Apartado 4.1):
  1. Hayedos: de Urbasa. Mapa Bioitza - Larreaundi - El Estrecho de la 6ª Liga Norte 2011; mapa revisado al parecer en mayo de 2011. Basado en una revisión del Mapa NA-679-04 del registro de la FEDO: [http://www.liganorteorientacion.org/doma/show\\_map.php?user=Quique+Hern&map=297](http://www.liganorteorientacion.org/doma/show_map.php?user=Quique+Hern&map=297)
  2. Pinares del Sistema Central, Peguerinos. Mapa del Campeonato de Madrid de Relevos por Clubes; mapa revisado parcialmente en 2010. Basado en el Mapa AV-411-01 del registro de la FEDO: [http://web.entrebalizaciones.org/Doma/show\\_map.php?user=imingorance&map=177](http://web.entrebalizaciones.org/Doma/show_map.php?user=imingorance&map=177)
  3. Eucaliptales gallegos: mapa del Monte (Santiago de Compostela), del Trofeo de Orientación Universidade de Santiago, de una carrera celebrada en noviembre de 2012. Basado en el Mapa C-699-04 del registro de la FEDO: [http://mapas.joaquimsousa.com/show\\_map.php?user=jsousa&map=212](http://mapas.joaquimsousa.com/show_map.php?user=jsousa&map=212)
  4. Bosque atlántico del Norte de España: mapa de Quirós (Asturias) de la XII Liga Norte 2013. Mapa AS-1466-13 del registro de la FEDO. A este respecto cabe indicar que la zona seleccionada en un principio (Barazar) fue descartada por ubicarse sus mapas en un bosque mixto con especies autóctonas y diversas especies de plantación productora forestal alóctona, y la falta de correspondencia de fechas con el vuelo PNOA - LiDAR correspondiente.
  5. Terreno mediterráneo catalán. Mapa de L'Olla de Can Mayolas (Barcelona), de la Copa Catalana - Trofeu Boti - Farra. Parece corresponder con el B-1011-08 del registro de la FEDO: <http://omaps.worldofo.com/index.php?id=3880>
  6. Encinares - carrascales del interior. Mapa del Monte el Viejo Oeste, del III Trofeo de Orientación Ciudad de Palencia. P-1175-10 del registro de la FEDO. [http://web.entrebalizaciones.org/Doma/show\\_map.php?user=imingorance&map=174](http://web.entrebalizaciones.org/Doma/show_map.php?user=imingorance&map=174)



Como conclusión de la correspondencia mantenida en este aspecto, se determinó:

- Sustituir el mapa seleccionado para el eucaliptal gallego por el mapa de Canzobre, Arteixo, utilizado en el Campeonato gallego de relevos 2010. Basado en el Mapa C-228-97 del registro de la FEDO. Para el descarte del mapa inicial y la selección de éste, se atendió al criterio de Javier Arufe, especialista en orientación y participante del Comité de Cartografía. Según su criterio, el mapa de Santiago de Compostela estaba formado más por pinar y bosque autóctono que eucaliptos siendo más recomendable usar el de Canzobre.
- Sustituir el mapa del terreno mediterráneo catalán seleccionado por el mapa La Marató, de la XXIV Cursa San Cugat, celebrado en diciembre de 2013 en la Sierra de Collserola. Para el descarte del mapa inicial y la selección de éste, se atendió al criterio de Ferrán Santoyo, especialista en orientación y participante del Comité de Cartografía.
- El resto de mapas seleccionados son adecuados, con alguna duda en el caso del mapa de Peguerinos.

### 5.2.3. ÁREAS DE ESTUDIO Y MAPAS DE ORIENTACIÓN SELECCIONADOS

Aunando los criterios mostrados en los Apartados anteriores en cuanto a la selección de bosques y mapas, que son procesos estrechamente vinculados entre sí, finalmente se seleccionaron las siguientes **áreas de estudio** con su correspondiente **mapa de orientación**, de cual se muestran todos los metadatos e información complementaria que ha sido posible conseguir. A fin de recabar la mayor cantidad de datos sobre los mapas y las zonas de estudio, así como para obtener una copia digital georreferenciada de la mayor resolución y calidad de imagen posible, se contactó con las entidades (autores, clubes, etc.) depositarias de los mapas, con la mediación de Mario Vidal y a través de los medios (email, teléfono, etc.) facilitados por la FEDO.

#### 5.2.3.1. HAYEDOS DE URBASA

Se trata de un área situada en el Parque Natural de las Sierras de Urbasa y Andía, en el extremo Oeste de la Comunidad Foral de Navarra, cerca de su límite con la Comunidad Autónoma del País Vasco, es decir, en plena región biogeográfica atlántica. Su altitud media está por encima de los 1.000 metros, siendo un área de clima frío y húmedo (1.300 - 1.800 mm) asentada sobre roca madre caliza.

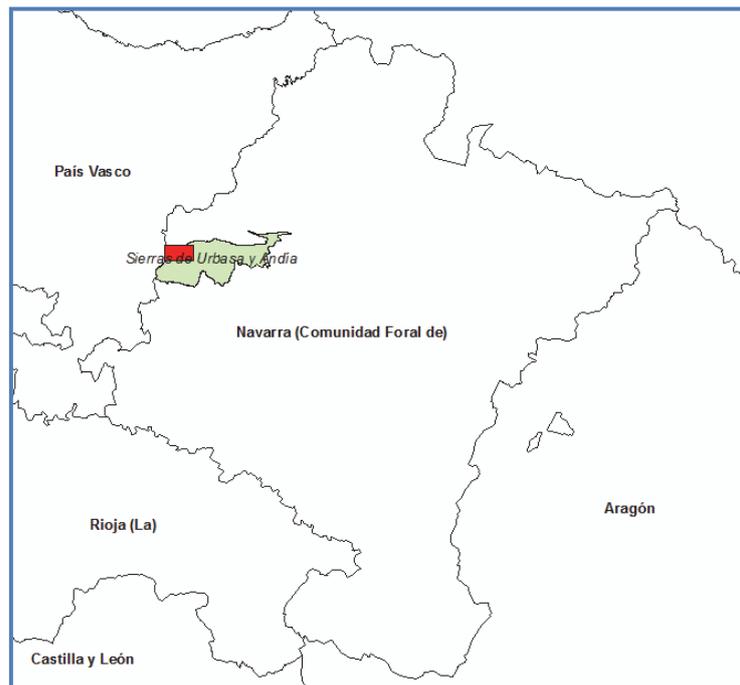


Figura nº 28: zona de estudio (en rojo) en la Comunidad Foral de Navarra, sobre zona protegida (en verde). Fuente: elaboración propia.

La **vegetación** está compuesta fundamentalmente por hayedos naturales de la serie de los *hayedos montanos, húmedo - hiperhúmedos, basófilos, cantábricos* y por pastos de montaña. Aunque la especie dominante es el haya, está acompañada por especies como arces, tilos, tejos, acebos y fresnos. El estrato arbustivo, dada la sombra proyectada por el hayedo, es escaso, si bien en los bordes del bosque y zonas aclaradas los espinos y los rosales silvestres (información tomada de <http://www.parquedeurbasa.es/>). Los datos aportados por el Mapa Forestal de España indican que se trata mayoritariamente de un hayedo en estado de fustal (adulto) en un 80% acompañado de espino albar en estado de monte bravo (10%) y arce adulto (10%); sumando las tres especies, la fracción de cubida cubierta total es de un 90 %, correspondiendo a la cubierta arbórea un 80 %.

Según (Santoyo, 2001) estos terrenos se corresponderían, desde el punto de vista del orientador como del tipo *12.Continental Noreuropeo: hayedos* y con la siguiente descripción:

*"Terreno de bosques de este tipo de caducifolio, muy común en otros países europeos. La haya origina un bosque muy penetrable, con pocos arbustos en su superficie. Si se asienta sobre un substrato ácido rico en relieve y elementos como rocas, cortados, etc. conforma un terreno muy atractivo, donde no suele haber numerosos elementos producidos por el hombre. Red de caminos variable según la accesibilidad del terreno. En otoño, es un bosque estéticamente fascinante, debido a sus tonos multicolor y a la alfombra de hojas caídas. Valor orientador: muy alto, permite múltiples modos de orientación y una gran velocidad de desplazamiento. En España existen diferentes zonas de hayedos, si bien por el momento bien pocas están cartografiadas. El ejemplo más representativo es el hayedo de Entzia, en Araba".*



Figura nº 29: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: cedidas por corredor de orientación.

El mapa seleccionado para este área de estudio es el **Bioitza - Larreaundi - El Estrecho de la 6ª Liga Norte 2011**, que puede observarse en la Hoja nº 1 del Anexo IV y cuyas características son las que se muestran en la siguiente Tabla (nº 2). Dada la importancia de la fecha del vuelo LiDAR, se indica también en la misma tabla, así como una justificación del uso del mapa, la versión que finalmente se emplea en el Estudio y las restricciones a tener en cuenta en su uso. A través del Comité de Cartografía de la FEDO, se contactó con Roberto Pascual Orcajo "Paski", cartógrafo de este mapa, el cual ayudó mediante comunicaciones personales, a obtener información complementaria sobre el mapa.

Característica	Detalle
Observado en	<a href="http://www.liganorteorientacion.org/doma/show_map.php?user=Quique+Hern&amp;map=297">http://www.liganorteorientacion.org/doma/show_map.php?user=Quique+Hern&amp;map=297</a>
Versión empleada	El cartógrafo autor del mapa suministró una versión en formato digital *.pdf con una alta calidad, sin georreferenciar.
Fecha de carrera	28 y 29 de mayo de 2011



Característica	Detalle
Trabajo de campo	Julio de 2004
Revisado en	Mayo de 2011 <i>*pero no en vegetación, está igual que en 2004"</i>
Cartógrafo	Roberto Pascual "Paski"
Mapa base	Gobierno de Navarra
Escala	1 : 15.000
Registro de la FEDO	No aparece, pero está basado en el mapa NA-679-04
Consulta hacia el autor	¿En la fecha de revisión del mapa, las hayas ya tenían hoja?
Respuesta	<i>* En general no y cuando se hizo en 2004 tampoco.</i>
Otros comentarios	<i>* Los verdes se deben más a espinos que a hayas jóvenes, salvo al norte de las balizas 8-10. Ese verde medio eran hayas más jóvenes que actualmente es blanco. En alguna zona central del mapa hay bosque mixto de hayas y pinos adultos. * El vuelo LiDAR en esa zona de Navarra se realizó sin hoja en el haya y es muy fiel al terreno. La gran mayoría de los impulsos laser llegaron al suelo, salvo en el caso de los espinos donde puede ser que dé algo de ruido según con que parámetros se configure la obtención del MDT.</i>
Fecha del vuelo LiDAR sobre la zona	8 de abril de 2011
Justificación de uso	A pesar de la diferencia de fechas entre la revisión de la vegetación y el vuelo LiDAR, el uso de este mapa está justificado por: <ul style="list-style-type: none"><li>• Época de vuelo LiDAR coincidente con la época de ausencia de hojas en las hayas y coincidente también con la época de revisión del mapa.</li><li>• No son previsibles grandes cambios dado el rango de protección ambiental de la zona y la baja antropización del territorio.</li><li>• Las descripciones proporcionadas por el cartógrafo se consideran suficientes para complementar la información sobre la vegetación indicada en el mapa.</li></ul>
Restricciones	Debido a los comentarios del cartógrafo, no se tendrá en cuenta la zona de verde medio situada sobre las balizas 8 y 10 de la versión del enlace web.

Tabla nº 2: características del mapa escogido para Urbasa. (\*) Comentarios del autor del mapa, Roberto Pascual.

#### 5.2.3.2. PINARES DE PEGUERINOS

Se trata de un área situada en el Parque Natural de la Sierra Norte de Guadarrama, cerca de la confluencia de los límites de las provincias de Ávila y Segovia con la Comunidad de Madrid, es decir, en la región biogeográfica mediterránea. Este Parque presenta una gran diversidad orográfica y geológica; centrandolo en la zona de estudio, ésta se sitúa entre los 1.400 - 1.500 m, siendo un área de clima frío y relativamente húmedo (800 mm) asentada sobre roca madre silíceas.

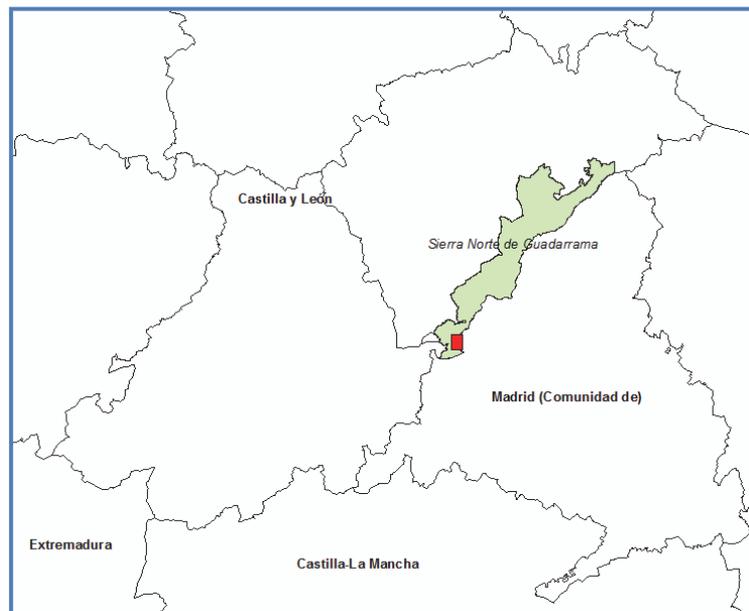


Figura nº 30: zona de estudio (en rojo) sobre zona protegida (en verde). Fuente: elaboración propia.

La **vegetación** está compuesta fundamentalmente por pinares de pino silvestre (*Pinus sylvestris*), acompañados de manera aislada por abedules, fresnos, tejos, acebos, serbales, helechos... (Información tomada de [http://www.patrimonionatural.org/ren.php?espacio\\_id=42](http://www.patrimonionatural.org/ren.php?espacio_id=42)). El Mapa Forestal de España muestra un predominio total de los bosques de pino silvestre con datos que oscilan entre el 90% de presencia en forma de fustal y con fracción de cabida cubierta total 80 %, de la cual la arbórea es el 65 %.

Según (Santoyo, 2001), estos terrenos se corresponderían, desde el punto de vista del orientador como del tipo 9. *Continental Media montaña Sierra Central* y con la siguiente descripción:

*"Los terrenos de la Sierra Central, concentrados en las provincias de Madrid y Segovia, son quizás los más apreciados por el colectivo orientador español. Y es que ofrecen un atractivo tanto estético como técnico difícil de evitar; muchos orientadores extranjeros tiene una consideración máxima de estos terrenos, incluyéndolos entre los mejores del mundo.*

*¿Cómo son estos terrenos? Enormes extensiones de pino rojo, con multitud de claros, con un sotobosque nulo, en algunas zonas más denso por la presencia de jara, un relieve moderado con multitud de vaguadas y espolones. Una red de riachuelos aseguran pequeños cursos de agua, surgencias naturales y pequeñas marismas. Zonas de prados, y afloramientos rocosos en algunas zonas, de tipo granítico, intrincados, con multitud de rocas, cotas, y pequeños cortados. Rocas de diferente tamaño aparecen dispersas por el terreno. Existen también caminos, y alguna ruina. Se puede correr a máxima velocidad en una buena parte de la superficie, tapizada de musgo o hierba. Un placer para la orientación!*

*Mapas: Todos los pertenecientes a la zona de Peguerinos y Almorox.*



De este terreno podemos establecer dos variantes:

*Pedrizas:* las características zonas de grandes afloramientos graníticos de la Sierra de Madrid también tienen su representación en la orientación. En este caso grandes superficies rocosas, entre las cuales afloran pequeñas vaguadas, riachuelos, bosquecillos y pequeños senderos. Mapas: Hoyo de Manzanares.

*Rocas:* en algunas zonas de la sierra los afloramientos rocosos son tan numerosos que buena parte del terreno es una sucesión de rocas, pequeños cortados y vaguadas y espolones, en medio del bosque de pino rojo y de los helechos, ya que son zonas bastante húmedas. Mapas: Virgen de la Nueva.

*Valor orientador:* máximo. El orientador necesita utilizar técnicas avanzadas y una permanente concentración.

*En el terreno de rocas, especial atención a la selección de elementos y a la agilidad para pasar entre los cortados y los grupos de rocas".*



Figura nº 31: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente:

<https://www.facebook.com/media/set/?set=a.625340744203367.1073741844.116367271767386&type=3> y <http://andand-o.blogspot.com.es/> respectivamente.



El mapa seleccionado para este área de estudio es el del **Campeonato de Madrid de Relevos por Clubes**, que puede observarse en la Hoja nº 2 del Anexo IV y cuyas características son las que se muestran en la siguiente Tabla (nº 3). Dada la importancia de la fecha del vuelo LiDAR, se indica también en la misma tabla, así como una justificación del uso del mapa, la versión que finalmente se emplea en el Estudio y las restricciones a tener en cuenta en su uso. A través del Comité de Cartografía de la FEDO, se contactó con Miguel Angel Carrillo, del club ADYRON, el cual ayudó mediante comunicaciones personales, a obtener información complementaria sobre el mapa.

Característica	Detalle
Observado en	<a href="http://web.entrebalizaciones.org/Doma/show_map.php?user=imingorance&amp;map=177">http://web.entrebalizaciones.org/Doma/show_map.php?user=imingorance&amp;map=177</a>
Versión empleada	No fue posible localizar una mejor versión, empleándose la imagen *.jpg sin georreferenciar descargada desde el enlace superior.
Fecha de carrera	6 de junio de 2010
Trabajo de campo	No figura
Revisado en	No figura
Cartógrafo	No figura
Mapa base	No figura
Escala	1 : 10.000
Registro de la FEDO	No aparece, pero parece basado en el mapa AV-411-01
Consulta hacia el depositario	¿Fue revisado antes de la carrera de junio de 2010? Si es así, ¿aproximadamente, en qué fecha?
Respuesta	<i>* Ese mapa fue revisado en 2008 pero no en su totalidad. Se puso especial énfasis en las zonas por las que discurriría la carrera del TROFEO MARTIN KRONLUND de ese año. Es por ello que puedes encontrar sitios donde la vegetación difiera de la marcada en el mapa debido, principalmente, a trabajos de limpieza que llevan a cabo en los montes. Creo que puede hacer uso de él sin mucha dificultad.</i>
Fecha del vuelo LiDAR sobre la zona	27 de septiembre de 2010
Justificación de uso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transcurridos 2 años entre el vuelo LiDAR y la revisión del mapa. La época es indiferente dado que la especie principal es de hoja perenne.</li><li>• El Trofeo Martin Kronlund de ese año se celebró en El Espinar (<a href="http://asturiasorientacion.wordpress.com/2008/02/11/xxi-trofeo-internacional-martin-kronlund/">http://asturiasorientacion.wordpress.com/2008/02/11/xxi-trofeo-internacional-martin-kronlund/</a>), así que dada la situación geográfica de los pinares que hay entre ambos municipios, la zona que fue más arduamente revisada fue la que está localizada más al Norte del plano.</li><li>• Comparando las ortofotografías de 2001 y 2010 no se aprecia una diferencia significativa de la fracción de cabida cubierta arbolada.</li><li>• Dado el rango de protección ambiental de la zona y la baja antropización del territorio, los cambios que podría haber (en su caso) en la vegetación serían tratamientos selvícolas.</li><li>• Comentario final aportado por el depositario del mapa.</li></ul>
Restricciones	Debido a los comentarios del depositario del mapa, se empleará en el Estudio preferentemente la zona Norte del plano.

Tabla nº 3: características del mapa de Peguerinos. (\*) Comentarios del depositario del mapa.



### 5.2.3.3. EUCALIPTAL GALLEGO DE CANZOBRE

Se trata de un área situada en el término municipal de Arteixo, provincia de A Coruña, en la región biogeográfica atlántica. No se encuentra bajo ningún régimen especial de protección natural. La zona tiene una orografía ondulada entre los 100 - 200 m, siendo un área de clima suave y húmedo (800 - 1.200 mm) asentada sobre roca madre silíceo.

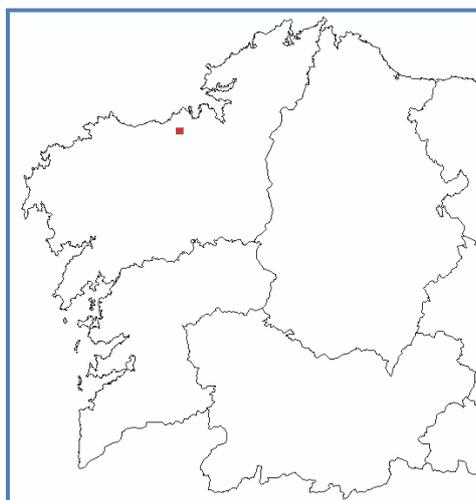


Figura nº 32: zona de estudio en la comunidad autónoma de Galicia. Fuente: elaboración propia.

La **vegetación** está compuesta por eucaliptales (*Eucalyptus globulus*) de plantación en diversos estados de desarrollo que en algunos rodales están mezclados con pinares de pino negral (*Pinus pinaster*), con sotobosque de helechos, brezos, zarzales y tojos, acompañados de forma muy aislada por algún roble. Aparecen intercaladas, pequeñas parcelas ocupadas por pastos y / o matorral. Dadas las especies presentes, de clara explotación forestal, suelen ser habituales las tareas selvícolas apareciendo áreas recién taladas o repobladas. El Mapa Forestal de España muestra un claro predominio del eucalipto con datos que oscilan entre el 70% y el 100% de presencia en forma de fustal y / o latizal (a partir de 8 - 10 m de altura de árbol) y con fracción de cabida cubierta de hasta el 80 %, de la cual la arbórea puede llegar al 60%.

Según (Santoyo, 2001), estos terrenos se corresponderían, desde el punto de vista del orientador como del tipo *17. Atlántico gallego eucaliptico* y con la siguiente descripción:

*"Terreno muy abundante en la zona gallega, y famoso por sus peculiares características. Bosque en una buena parte de eucalipto, con algunas zonas de pinar u otro tipo. Vegetación baja muy densa, con predominio del tojo, variable según la estación del año y la gestión forestal. Terreno clásico aparcelado, pudiendo ser cada parcela de un tipo de vegetación o explotación diferente. Las parcelas pueden estar delimitadas por vallas o muros. Claros, campos y cultivos en diferentes zonas. Construcciones de diferente tipo (caseríos, casetas de labranza, etc.). Pocas zonas de rocas o de cortados. Red de caminos muy desarrollada, si bien va cambiando a lo largo del tiempo dependiendo de la*



*utilización humana de dichas vías. Los trabajos de gestión forestal y el clima atlántico hacen que la vegetación sea cambiante en poco tiempo; los datos de vegetación y de tipos de camino pueden quedar “caducados”. Progresión en muchas zonas lenta, navegación complicada.*

*Valor orientador: terreno peculiar que obliga a elegir muy bien la ruta; bueno para la lectura de vegetación. Requiere habilidad para correr y para pasar zonas de vegetación espesa; es bastante físico.*

*Mapas: Irixoa, Coirós”.*

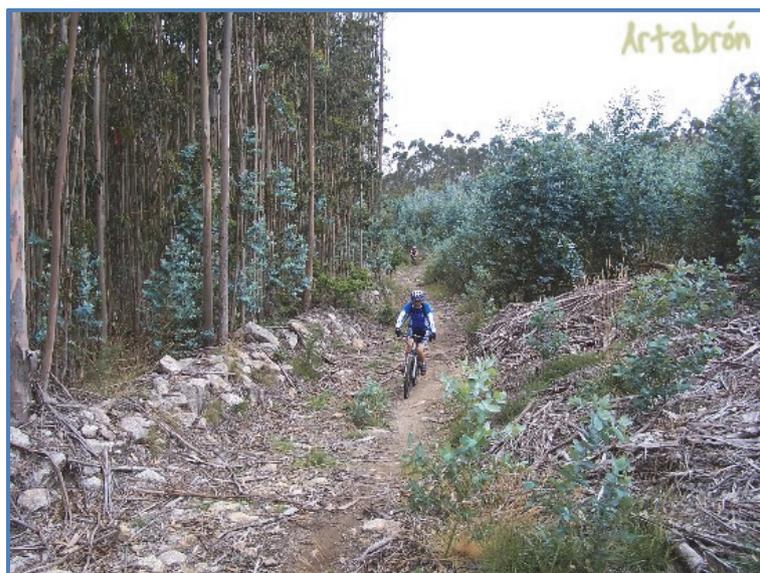


Figura nº 33: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: tomado de <http://artabron.blogspot.com.es/2011/05/canzobre-orro.html> y Google Street View, octubre 2012, respectivamente.

El mapa seleccionado para este área de estudio es el del **Campeonato de gallego de Relevos 2010, Trofeo Concello de Arteixo**, que puede observarse en la Hoja Nº 3 del Anexo IV y cuyas características son las que se muestran en la siguiente Tabla (nº 4). Dada la importancia de la fecha del vuelo LiDAR, se indica también en la misma tabla, así como una justificación del uso del mapa, la versión que finalmente se



emplea en el Estudio y las restricciones a tener en cuenta en su uso. A fin de obtener más información sobre el mapa y la zona, se contactó con Javier Arufe, del Comité de Cartografía de la FEDO. Gracias a él, fue posible acceder al *Boletín 1: proba de liga galega modalidade scoring e campionato galego de relevos* (ver Anexo II), donde se ofrecía, entre otra información para los corredores, datos sobre el terreno donde discurría la carrera así como indicaciones acerca de la interpretación de la leyenda de vegetación del mapa.

Característica	Detalle
Observado en	<a href="http://www.liganorteorientacion.org/doma/show_map.php?user=r0derik&amp;map=246">http://www.liganorteorientacion.org/doma/show_map.php?user=r0derik&amp;map=246</a>
Versión empleada	El cartógrafo coautor del mapa suministró una versión en formato *.tiff de alta resolución (300 pp) de un área más extensa que el mapa de referencia. Se acompaña de fichero *.tfw de georreferenciación al sistema ETRS89 UTM29N
Fecha de carrera	7 de noviembre de 2010
Trabajo de campo	No figura, pero por la documentación complementaria proporcionada a los corredores, lo fue una semana antes de la carrera (octubre 2010).
Revisado en	
Cartógrafo	José Samper y entre otros, Javier Arufe
Mapa base	No figura
Escala	1 : 7.500
Registro de la FEDO	C-228-97
Consulta hacia el coautor	-
Comentarios del coautor	<p><i>* Los mapas originales son muy viejos, pero se fueron actualizando para las diferentes pruebas que se fueron organizando. De hecho, el de Canzobre ya era muy grande en su día pero es que hicimos otros adyacentes que fusionamos y ahora forman uno mucho más grande. El área que aparece en el enlace está llena de zonas de eucaliptos. Los eucaliptos forman las zonas más verdes del mapa. También hay zonas de árboles autóctonos y también de pinares.</i></p> <p><i>* Canzobre es una elección acertada.</i></p> <p><i>* Si sólo es helecho, la penetrabilidad depende mucho de la época (rayado 1 en invierno, rayado 2 ó verde desde finales de primavera hasta entrado el invierno).</i></p> <p><i>* La revisión del mapa que te envié es de octubre del 2010, para una prueba del 07/11/2010, por lo que la vegetación baja puede ser bastante diferente En marzo los helechos suelen estar todavía secos y la penetrabilidad en algunas zonas puede ser un punto mejor.</i></p> <p><i>* Verás que en el mapa se da una combinación de símbolos que no es correcta y es porque se trata de una versión que viene del original, el cual era muy antiguo y se había hecho de esa manera. La combinación es la de bosques con verde 1 y 2 (símbolos 406 y 408 de OCAD) con vegetación baja 1 y 2 (símbolos 407 y 409 de OCAD).</i></p> <p><i>* Has de tener en cuenta que el mapa fue creado originalmente sin material georreferenciado, con mucha labor de ajuste manual directamente sobre las lecturas de campo. Eso se nota especialmente en algunas zonas del mapa completo, con una dificultad notable de ajuste correcto.</i></p>



Característica	Detalle
Fecha del vuelo LIDAR sobre la zona	7 de Marzo de 2011
Justificación de uso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transcurridos 5 meses entre el vuelo LiDAR (posterior) y la revisión del mapa (anterior). La especie principal es de hoja perenne, pero la gran presencia de helechos (caducos) puede influir en la determinación de la vegetación baja.</li><li>• La zona que fue revisada en fechas cercanas a la carrera es la representada por el mapa del enlace que aparece al principio de la tabla.</li><li>• Dada la vegetación presente, podría haber cambios debidos a tratamientos selvícolas.</li><li>• La simbología difiere ligeramente de la marcada por las ISOM 2000, si bien en este caso aporta información complementaria sobre la vegetación baja.</li></ul>
Restricciones	El Estudio abarcará la zona representada en el mapa de la carrera.

Tabla nº 4: características del mapa de Canzobre. (\*) Comentarios del coautor del mapa, Javier Arufe.

#### 5.2.3.4. BOSQUE ATLÁNTICO DEL NORTE DE ESPAÑA

Se trata de un área situada al Norte del Parque Natural Las Ubiñas - La Mesa, concretamente en el término municipal asturiano de Quirós, es decir, en la región biogeográfica atlántica. Este Parque abarca un área relativamente grande dentro del Principado, presentando por ello una gran diversidad de ambientes; centrandolo en la zona de estudio, ésta se sitúa en una ladera orientada al Norte, entre los 400 y los 1.000 m de altitud, siendo un área de clima templado y húmedo (800 - 1.200 mm) asentada sobre roca madre caliza.

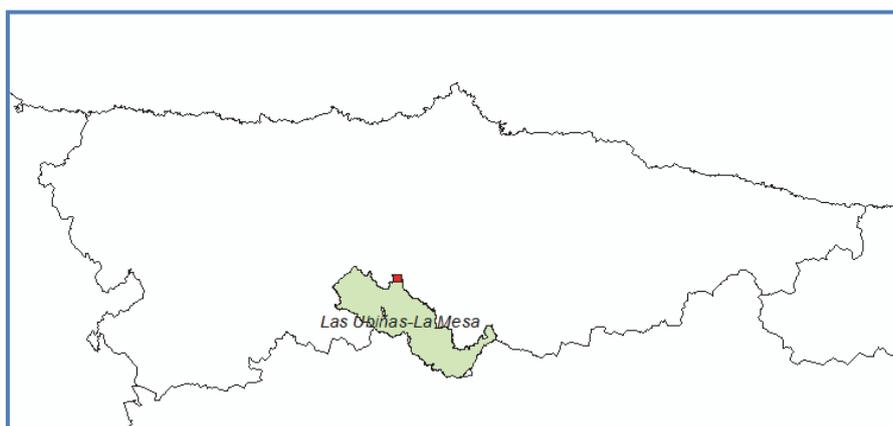


Figura nº 34: zona de estudio (en rojo) sobre zona protegida (en verde) en el Principado de Asturias. Fuente: elaboración propia.

La **vegetación** está influida por la gran diferencia de altitud, estando presentes en el Parque diversos pisos bioclimáticos, pero compuesta fundamentalmente por bosques maduros de frondosas caducifolias como abedules en las zonas más altas, hayedos, y en zonas más bajas robledales de varias especies (rebollo, carballo, albar...) con fresnedas, alisedas... Por otro lado, aparecen formaciones arbustivas en las etapas de degradación



del bosque, y numerosos pastizales y prados en las zonas más próximas a las poblaciones (información tomada de <http://www.asturnatura.com/naturaleza/parque-natural-de-las-ubinas-la-mesa.html>). Para conocer la vegetación de una zona tan diversa como ésta, es útil acudir al Mapa Forestal de España, que para la zona muestra una abundancia de castañares (70%) desarrollados (mayoritariamente fustales) mezclados en ocasiones con encina y con altas fracciones de cabida cubierta (más del 80%). En las zonas más accesibles y cercanas a las localidades, son frecuentes las praderías arboladas o los mosaicos de castaños con pastizales, donde la fracción de cabida cubierta se reduce. En las áreas de altitud más elevada, la vegetación está compuesta por bosques mixtos con otras especies de frondosas como el avellano, el roble albar y la encina. En este caso, la fracción de cabida cubierta se valora en un 60%, y 20% en el caso de la considerada arbolada.

En este caso ha sido más difícil establecer un parecido con algún terreno orientador de la clasificación realizada por (Santoyo, 2001); de los descritos, podría corresponderse con el tipo *18. Atlántico norte*:

*"Terreno del norte de la península, de relieve variado, y bosques de diferentes especies (piceas, caducifolios), de tipo mixto, con diferentes grados de penetrabilidad. Abundante vegetación en algunas zonas de tipo húmedo, como musgo y líquenes, en otras es más espinosa y casi intransitable. Claros, red de caminos, algunas construcciones humanas. Cursos de agua, zonas empantanadas en invierno. Pueden existir trabajos de gestión forestal que modifiquen el bosque. Rocas y cortados variables, según zona.*

*Valor orientador: buen terreno para desarrollar la lectura de vegetación. Las zonas de bosque desarrollado pueden ser buenas para la navegación.*

*Mapas: Otxandio, Barazar".*





Figura nº 35: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: <http://www.quiros.es/galeria-fotografica> y <http://azarielproductions.com/galeria/?album=XII Liga Norte 2013 Quiros>, respectivamente.

El mapa seleccionado para este área de estudio es el de **Quirós (Asturias) de la XII Liga Norte 2013**, que puede observarse en la Hoja nº 4 del Anexo IV y cuyas características son las que se muestran en la siguiente Tabla (nº 5). Dada la importancia de la fecha del vuelo LiDAR, se indica también en la misma tabla, así como una justificación del uso del mapa, la versión que finalmente se emplea en el Estudio y las restricciones a tener en cuenta en su uso.

Característica	Detalle
Observado en	Suministrado por corredor participante en la carrera.
Versión empleada	Se suministraron varias versiones, eligiendo finalmente para el estudio una editada el 23 de septiembre de 2013, que parte de una revisión de campo realizada en agosto de ese mismo año, y que abarca más superficie que la representada en el mapa considerado. El formato es *.jpg de alta resolución, acompañado de fichero *.jgw de georreferenciación al sistema ETRS89 UTM30N.
Fecha de carrera	27 de octubre de 2013
Trabajo de campo	No figura, pero por comunicación con uno de los autores, el trabajo de campo para la versión elegida data de agosto de 2013.
Revisado en	
Cartógrafo	No figura
Mapa base	No figura, pero por contacto con el autor se deduce "restitución del Principado a 1/5000".
Escala	1 : 7.500
Registro de la FEDO	AS-1466-13
Consulta hacia el coautor	¿Qué tipo de vegetación forma el sotobosque o matorral de la zona? ¿en qué mes fue realizado el trabajo de campo?
Respuesta	* <i>El sotobosque está formado por helechos, zarzas principalmente.</i> Para la versión elegida data de agosto de 2013.



Característica	Detalle
Fecha del vuelo LIDAR sobre la zona	24 de mayo de 2012
Justificación de uso	<ul style="list-style-type: none"><li>• A pesar de transcurrir 1 año entre la revisión del mapa y el vuelo LiDAR, en las épocas de vuelo y trabajo de campo (mayo y agosto), la actividad vegetativa de las plantas es prácticamente la misma, lo cual es de vital importancia dado que las especies principales son de hoja caduca. En este caso, en la época de vuelo (finales de mayo) la hoja ya debería estar plenamente desarrollada.</li><li>• Comparando el mapa con la última ortofotografía de la zona (agosto de 2011), se aprecia una gran correspondencia con la fracción de cabida cubierta arbolada.</li><li>• Dado el rango de protección ambiental de la zona los cambios que podría haber (en su caso) en la vegetación serían tratamientos relacionados con el mantenimiento o creación de pastizales.</li><li>• La búsqueda de un mapa representativo de un bosque autóctono de frondosas ha entrañado una gran dificultad, logrando el mayor ajuste a los criterios considerados, con este mapa.</li></ul>
Restricciones	El Estudio abarcará la zona representada en el mapa de la carrera.

Tabla nº 5: características del mapa de Quirós (Villarorille). (\*) Comentarios del coautor del mapa.

A través del Comité de Cartografía de la FEDO, se contactó con Pablo Fernández Liria, coautor del mapa, el cual ayudó mediante comunicaciones personales, a obtener información complementaria. Además, para este mapa, se tuvo acceso a la Información Técnica suministrada a los corredores (ver Anexo II), donde se hace especial mención a la presencia de *muros de piedra o arbolado impenetrable. Algunos terrenos están desatendidos y expuestos al crecimiento imparable de zarzas* así como a que se trata de un tipo de bosque caducifolio muy variado con distintas penetrabilidades y dependiente de la época. También se contó con la opinión de un corredor experimentado que participó en la carrera para la que fue realizado el mapa, y según su opinión personal: *"en muchas de las zonas del bosque color blanco, de cara a la velocidad de la carrera, tenían que haber dibujado una trama rallada, más o menos densa, según zonas, porque existían bastantes zonas con zarzas, helechos y vegetación baja, que ralentizaban mucho la carrera"*.

#### 5.2.3.5. TERRENO MEDITERRÁNEO CATALÁN

En este caso, se seleccionó la Sierra de Collserola como muestra representativa, por recomendación de Ferrán Santoyo, del Comité de Cartografía de la FEDO. La Sierra de Collserola es un espacio natural protegido (Parque Natural y Plan Especial de Protección - PEIN Serra de Collserola), situado muy próximo a la ciudad de Barcelona, al oeste de la localidad. Por la ubicación geográfica se trata de un representante adecuado de la región biogeográfica mediterránea. El Parque Natural es relativamente extenso pero uniforme en sus características; centrando el objetivo en la zona del mapa, ésta se sitúa en un área de orografía muy ondulada y abrupta situada entre los 200 y 400 m de altitud, siendo un área de clima marcadamente mediterráneo y cálido con influencia costera (600 - 800 mm de precipitación).

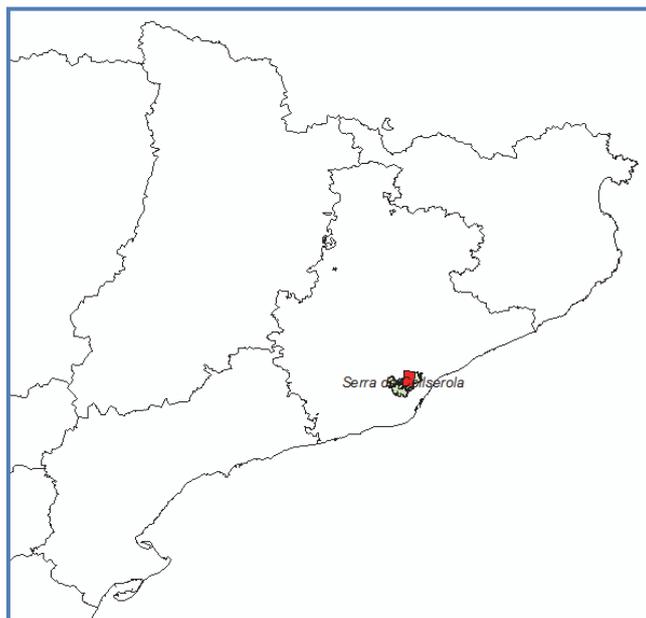


Figura nº 36: zona de estudio en Cataluña (en rojo), sobre terreno protegido (en verde).  
Fuente: elaboración propia.

La **vegetación** (información tomada de <http://www.parcnaturalcollserola.cat/es/pages/ambients-forestals>), está formada principalmente por pinares de pino carrasco (*Pinus halepensis*) que forman el estrato superior, y por las encinas (*Quercus ilex*), los robles (*Quercus cerroides*) y otras especies rebrotadoras, que conforman el inferior. Este sotobosque, formado por las especies del encinar típicamente mediterráneo original de la zona, es especialmente denso y formado por arbustos perennifolios. A su vez, podemos diferenciar un estrato arbustivo alto (1,5 - 3 m) formado por durillos, aladiernos, agracejos y madroños así como enredaderas tipo zarzaparrilla y madreSelva, que lo acaban haciendo impenetrable. En el estrato arbustivo más bajo (0,5 - 1 m) se encuentran el rusco, la esparraguera, la hiedra y el helecho, etc. También pueden encontrarse otras áreas de pinares más abiertos situados en antiguas zonas de cultivo y explotación que han ido colonizándose por vegetación silvestre. Ya dispersos, se encuentran pequeños terrenos de cultivo de las fincas o masías, así como una intrincada red de caminos, construcciones y áreas más humanizadas. Según los datos del Mapa Forestal de España, la práctica totalidad del área que abarca el mapa, está formada por un pinar de pino carrasco (80% de presencia) con una muy alta fracción de cabida cubierta (95%, de la cual 75% es arbolado).

Según (Santoyo, 2001), estos terrenos se corresponderían, desde el punto de vista del orientador como del tipo *3.Mediterráneo collserolenco* y con la siguiente descripción:

*"Terreno ubicado en las Sierras Litorales Mediterráneas, preferentemente en las catalanas, que debe su nombre a la Sierra tipo, el Collserola. Relieve muy marcado y moderado con zonas fuertes, a pesar de la escasa altura de las montañas (500 m.). Las vertientes Norte de las diferentes cadenas de la sierra suelen ser muy húmedas y están ocupadas por una vegetación muy densa compuesta por pino blanco y abundantes*



especies arbustivas entre los árboles, incluyendo lianas y enredaderas. Los torrentes estacionales suelen bajar con un poco de agua buena parte del año. Las vaguadas acostumbran a ser totalmente impenetrables, siendo menos espeso el sotobosque en las terrazas y espolones. Los elementos puntuales como rocas y cortados no suelen ser demasiado abundantes. La red de caminos es muy amplia, y de diferentes tipos. Líneas de alta tensión con cortafuegos, algunas casas con pequeños cultivos en las zonas bajas. Mapa intensamente verde.

Valor orientador: es un terreno muy favorable para la orientación de iniciación y escolar, poco muy pobre técnicamente, ya que casi no se puede salir de los caminos y la navegación resulta prácticamente imposible; la elección de ruta se reduce muchas veces a elegir el camino por el que se accede al control.

Mapas: Vista Rica, Can Coll".



Figura nº 37: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: <https://plus.google.com/photos/107806342251507954276/albums/5958830319296322801>.

El mapa seleccionado para este área de estudio es el de la carrera de **La Marató, de la XXIV Cursa San Cugat, celebrado en diciembre de 2013 en la Sierra de Collserola (Collserola - Montbau - Vistarica)**, que puede observarse en la Hoja nº 5 del Anexo IV y cuyas características son las que se muestran en la siguiente Tabla (nº 6). Dada la importancia de la fecha del vuelo LiDAR, se indica también en la misma tabla, así como una justificación del uso del mapa, la versión que finalmente se emplea en el Estudio y las restricciones a tener en cuenta en su uso. A través del Comité de Cartografía de la FEDO, se contactó con Ferrán Santoyo, el cual ayudó mediante comunicaciones personales, a obtener tanto el propio mapa como información complementaria.

Característica	Detalle
Observado en	Suministrado por Ferrán Santoyo a través del club Senglar - O
Versión empleada	Se suministró una versión de 1994 (ISOM 1990) y otra posterior, que ya sí cumplía las ISOM 2000, realizada para una carrera celebrada en diciembre 2013, en formato digital *.pdf con una alta calidad, sin georreferenciar.



Característica	Detalle
Fecha de carrera	15 de diciembre de 2013
Trabajo de campo	Diciembre de 2013
Revisado en	
Cartógrafo	Serguei Simakin, Valentin Pravilo, Guennady Vorontsov
Mapa base	No figura
Escala	1 : 15.000
Registro de la FEDO	B-326-94
Consulta hacia el depositario	-
Respuesta	<i>* Por lo que me consta el terreno no ha variado demasiado en su formato vegetal global al ser un parque natural, quizás alguna construcción nueva, o alguna pequeña zona limpiada junto líneas de alta tensión o caminos por el tema incendios forestales...</i>
Fecha del vuelo LiDAR sobre la zona	Julio del 2010 en su mayoría, pero muy al sur algunos de 2008; y hacia el centro - Oeste y algo al centro - Norte hay puntos de noviembre de 2010.
Justificación de uso	<ul style="list-style-type: none"><li>• A pesar de transcurrir unos 3 años entre la revisión del mapa y el vuelo LiDAR, y ser de épocas distintas (invierno - verano, respectivamente), se prevé pocos cambios a juzgar por las palabras de Ferrán. Además, las especies principales son de hoja perenne por lo que la época de vuelo tiene una importancia relativa.</li><li>• Dado el rango de protección ambiental de la zona los cambios que podría haber son pequeñas nuevas construcciones y tareas de mantenimiento forestal preventivo de incendios.</li><li>• Criterio de experto de Ferrán Santoyo.</li></ul>
Restricciones	El Estudio abarcará la zona representada en el mapa de la carrera.

Tabla nº 6: características del mapa de Collserola. (\*) Comentarios de Ferrán Santoyo.

#### 5.2.3.6. ENCINARES - CARRASCALES DEL INTERIOR

Como representante de este tipo de terreno, recomendada su inclusión por parte del Comité de Cartografía de la FEDO y por el competidor de orientación encuestado (ver Apartado anterior), se ha escogido el terreno conocido como el *Monte el Viejo*. Se trata de un área situada en el término municipal de Palencia, en la región biogeográfica mediterránea. Se encuentra bajo el régimen de Zona Natural de Interés Especial y Esparcimiento, siendo un monte público que es área de recreo de los habitantes de la capital palentina. La zona tiene una orografía muy llana (páramo) de una altitud media entorno a los 865 m, con un clima típicamente continental y seco (unos 500 mm de precipitación).

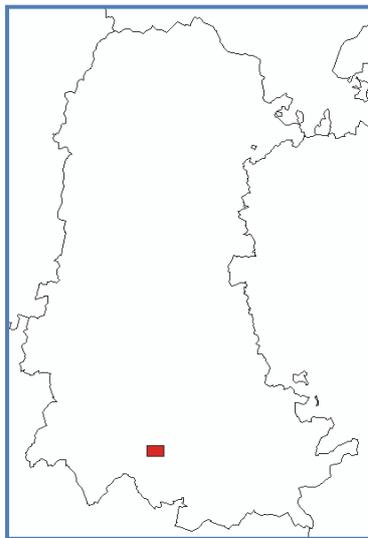


Figura nº 38: zona de estudio en la provincia de Palencia. Fuente: elaboración propia.

La **vegetación** arbórea está compuesta por encinas (*Quercus ilex rotundifolia*) y quejigos, aunque la primera también se distribuye por gran parte de la superficie formando unas intrincadas y laberínticas "matas" desarrolladas a partir del rebrote de raíz, mientras que el sotobosque lo ocupan espinos albares, artos y rosales silvestres acompañados de madreselvas y arbustos como lino, romero y tomillo... También aparecen ocasionalmente especies como la genista, la jara y la coscoja (información tomada de <http://observandonaturaleza.com/publicaciones-articulos-de-investigacion/monte-el-viejo-un-oasis-de-verdor-en-la-tierra-de-campos/>). El Mapa Forestal de España corrobora la información sobre el arbolado mostrando unos datos según los cuales predomina la encina mezclada con quejigo (70% - 20% de presencia respectivamente), en estado de latizal, y con fracción de cabida cubierta 75 %, de la cual la arbórea puede llegar al 65%.

En este caso, tampoco es fácil asimilar el terreno a una clasificación concreta de las establecidas según (Santoyo, 2001). Este monte podría corresponderse, desde el punto de vista del orientador como de los tipos *6.Continental plano* y *11.Continental de media montaña arbustivo (carrasca)*, mostrando características intermedias entre ambas tipologías:

El primero de ellos correspondería con "*Terrenos situados en zonas internas de la península, con una importante acción humana en siglos anteriores. Se caracterizan por un relieve suave, con elevaciones y cadenas de escaso desnivel, donde se concentra el bosque o zonas abiertas rústicas. El bosque suele corresponder a encinar y pino con un sotobosque de variado espesor según las zonas; las zonas abiertas están cubiertas con diferentes arbustos de variada penetrabilidad (coscoja, romero, jara), que suele ser buena si se siguen itinerarios en zig-zag. Las zonas llanas están ocupadas por cultivos. Existen casa de campo, ruinas, y una red viaria que enlaza carreteras locales con pistas y caminos. Se pueden formar zonas de erosión (trincheras) cerca de los torrentes, más marcadas cuanto más blando sean los materiales. Escaso en rocas, si pueden haber numerosos muros, sobre todo en zonas cercanas a los cultivos.*



Valor orientador: los campos de cultivo y la importante red de caminos condicionan los trazados de navegación y orientación fina. El terreno si ofrece una orientación exigente en zonas boscosas, de muros y ruinas o de surcos de erosión.

Mapas: Parc Cretaci, Los Cerrillos, Mas de la Punta, el Vedado".

El segundo, tendría la siguiente descripción: "Terreno de relieve marcado, con sucesión de vaguadas y espolones, algunos afloramientos rocosos, cursos de agua estacionales, y red de caminos variable, abundante en diversas zonas interiores de España. Su principal característica es la vegetación arbustiva compuesta por carrasca, que conforma una especial e intrincada red de pasadizos y pasillos entre la vegetación carrasquera, espesa y generalmente casi impasable. La carrasca se alterna con zonas de pinos o claros de variada vegetación.

Valor orientador: bueno para una orientación por vegetación y relieve, que demande una buena lectura de estos elementos. No permite excesivamente la navegación.

Mapas: El Sotillo, Vilafranca del Cid (zona sud)".



Figura nº 39: fotografías descriptivas de la zona de estudio. Fuente: <http://www.panoramio.com/photo/99847502> y <http://www.panoramio.com/photo/53575532>.

El mapa seleccionado para este área de estudio es el del **Monte el Viejo Oeste, creado para el III Trofeo de Orientación Ciudad de Palencia** de que puede observarse en la Hoja nº 6 del Anexo IV y cuyas características son las que se muestran en la siguiente Tabla (nº 7). Dada la importancia de la fecha del vuelo LiDAR, se indica también en la misma tabla, así como una justificación del uso del mapa, la versión que finalmente se emplea en el Estudio y las restricciones a tener en cuenta en su uso. A través del Comité de Cartografía de la FEDO, se contactó con el Club Orientación Río Carrión (ORCA), el cual ayudó mediante comunicaciones personales, a obtener tanto el propio mapa en una mejor versión, como información complementaria.

Característica	Detalle
Observado en	<a href="http://web.entrebalizadas.org/Doma/show_map.php?user=imingorance&amp;map=174">http://web.entrebalizadas.org/Doma/show_map.php?user=imingorance&amp;map=174</a>
Versión empleada	Se suministró una versión en formato digital *.tiff de alta resolución con una georreferenciación aproximada mediante *.tfw



Característica	Detalle
Fecha de carrera	22 de mayo de 2010
Trabajo de campo	No figura, pero por la comunicación recibida, se realizó entre febrero y abril de 2010
Revisado en	
Cartógrafo	Juan Manuel García Crespo, Jacinto García Crespo y José María Mediavilla Ruiz
Mapa base	No figura
Escala	1 : 10.000
Registro de la FEDO	P-1175-10
Consulta hacia el depositario	¿Qué tipo de vegetación forma el sotobosque o matorral de la zona? ¿en qué mes fue realizado el trabajo de campo?
Respuesta	<i>* El mapa está situado en una meseta de encinas y carrascas con algunos robles dispersos por toda la zona. Se elaboró durante los meses de febrero y abril de 2010. Como digo estamos en plena actualización de esa zona. Las diferentes zonas de color se deben a las limpiezas que se realizan, ya que es una zona de esparcimiento junto a la capital palentina.</i>
Fecha del vuelo LiDAR sobre la zona	3 / 4 Agosto 2010
Justificación de uso	<ul style="list-style-type: none"><li>• El vuelo LiDAR y la revisión del mapa son del mismo año. A pesar de ser de épocas distintas (verano - invierno, respectivamente), las especies principales son de hoja perenne (o en su caso marcescente) por lo que la época de vuelo tiene una importancia relativa.</li><li>• Dado el rango de protección ambiental de la zona los cambios que podría haber son tareas de mantenimiento forestal.</li></ul>
Restricciones	El Estudio abarcará la zona representada en el mapa de la carrera.

Tabla nº 7: características del mapa de Palencia. (\*) Comentarios del club ORCA.

### 5.3. TRATAMIENTO DE LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN

Una vez recopilados los 6 mapas representativos de las distintas zonas o masas forestales, deben tratarse digitalmente con el fin de obtener en un **formato vectorial compatible con software de GIS y de tratamiento de datos LiDAR, las distintas manchas o recintos de distinta penetrabilidad de los que constan**. Es decir, se trata de aislar dichos recintos (provenientes de los mapas en formato imagen ráster), creando polígonos vectoriales en los que su tabla de atributos asociada muestre el grado de penetrabilidad según las ISOM.

En un principio se barajó la posibilidad de obtener los ficheros originales de edición de los mapas en el formato del software OCAD ©, especializado para la cartografía de orientación, sin embargo, se optó por rechazar esta posibilidad debido a las siguientes razones:



- En ocasiones fue complicado establecer contacto con el autor o el club depositario del mapa, por lo que se consideró altamente improbable obtener además en todos los casos los ficheros de edición originales.
- En el caso de haber conseguido sólo algunos de ellos, habría sido necesario diseñar dos metodologías diferentes en función de la fuente de datos, con la disparidad en cuanto a transmisión de errores que ello supone.
- OCAD © es un software propietario de baja distribución en el mercado generalista, por lo que habría sido difícil de conseguir. Además, implicaría el tiempo de aprendizaje necesario para manejar un nuevo software.

Con el propósito del Estudio, una vez desechada la opción de intentar obtener los ficheros de OCAD ©, y a fin de intentar mantener los colores y formas de los mapas evitando a la vez la transmisión de errores y manteniendo la compatibilidad con el software SIG elegido, se considera el formato digital \*.tiff (sin compresión) de **alta resolución** (300 ppp) y **georreferenciado** (con fichero \*.tfw) como el idóneo para el trabajo. Por este motivo, se solicitó a los autores y clubes depositarios contactados la cesión de una versión de cada mapa elegido en dicho formato. Sin embargo, no siempre fue posible obtenerlos todos con las características indicadas, tal y como se indica para cada uno de ellos en el Apartado anterior.

Una vez obtenidas las imágenes a emplear para cada uno de los mapas, a fin de vectorizar las entidades de distinta penetrabilidad, es necesario diseñar un tratamiento cartográfico consistente básicamente (será desarrollado más adelante) en:

- Conversión de formatos de imagen.
- Georreferenciación.
  1. Extracción de entidades vectoriales.

Durante el proceso de tratamiento, a fin de simplificar las denominaciones, se identificarán los mapas como sigue:

- Mapa 1: **Urbasa.**
- Mapa 2: **Peguerinos.**
- Mapa 3: **Canzobre.**
- Mapa 4: **Villaorille.**
- Mapa 5: **Collserola.**
- Mapa 6: **Palencia.**

### 5.3.1. CONVERSIÓN DE FORMATOS DE IMAGEN

En primer lugar, se realizó un tratamiento de los mapas recibidos en forma de imagen ráster o vectorial (\*.pdf) consistente en obtener una imagen ráster de la mayor



resolución posible. A fin de resumir los procesos realizados para los seis mapas de los que consta este Estudio, se muestra el procedimiento seguido en la siguiente Tabla (nº 8):

Mapa	Formato recibido	Procedimiento	Formato final
Urbasa	*.pdf	Transformación a formato *.tiff de 300 ppp con software libre GIMP	*.tiff de 300 ppp
Peguerinos	*.jpg de 96 ppp	-	*.jpg de 96 ppp
Canzobre	*.tiff de 300 ppp	-	*.tiff de 300 ppp
Villaorille	*.jpg de 96 ppp	-	*.jpg de 96 ppp
Collserola	*.pdf	Transformación a formato *.tiff de 300 ppp con software libre GIMP	*.tiff de 300 ppp
Palencia	*.tiff de 300 ppp	Se detecta un error en la escritura del archivo al importarlo al SIG, por lo que fue necesario abrirlo y exportarlo de nuevo con software Microsoft Paint ©	*.tiff de 300 ppp con compresión LZW

Tabla nº 8: conversión de formatos de imagen. Fuente: elaboración propia.

### 5.3.2. GEORREFERENCIACIÓN

Al igual que lo ocurrido con los formatos de imagen, y tal y como se muestra en el Apartado anterior, la disparidad en este caso también es grande, presentándose las circunstancias iniciales que se muestran en la siguiente Tabla (nº 9). Dado que en muchos de los casos se desconoce el sistema de referencia, se ha tenido en cuenta su fecha, respecto al Real Decreto 1071 / 2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España. En todo caso la proyección es UTM, dependiendo el huso de la ubicación geográfica.

Mapa	Formato imagen	Diagnóstico	Sistema de referencia
Urbasa	*.tiff, sin georreferenciar	Necesaria georreferenciación. Dada la fecha de realización del mapa en el que se basa (2004), anterior al RD 1071, se presupone European Datum 1950 UTM 30N	European Datum 1950 UTM30N
Peguerinos	*.jpg sin archivo de georreferenciación	Necesaria georreferenciación. Dada la fecha de realización del mapa en el que se basa (2001), anterior al RD 1071, se presupone European Datum 1950 UTM 30N	European Datum 1950 UTM30N
Canzobre	*.tiff con archivo de georreferenciación *.tfw	Se compara el mapa georreferenciado, que según Javier Arufe está en el sistema de referencia <i>ETRS89, zona 29 de la proyección UTM</i> , con las ortofotografías de la zona. Para su empleo en este Estudio no es una buena georreferenciación, por lo que es necesario georreferenciarlo de nuevo.	ETRS89 UTM29N



Mapa	Formato imagen	Diagnóstico	Sistema de referencia
Villaorille	*.jpg con archivo de georreferenciación *.jgw	No es necesaria la georreferenciación, archivo *.jgw y sistema de referencia correctos. Superposición total a la cartografía oficial.	ETRS89 UTM30N
Collserola	*.tiff sin georreferenciar	Necesaria georreferenciación. Dada la fecha de realización del mapa en el que se basa (1994), anterior al RD 1071, se presupone European Datum 1950 UTM 31N	European Datum 1950 UTM31N
Palencia	*.tiff con archivo de georreferenciación *.tfw	Se compara el mapa georreferenciado, con la cartografía de la zona. Se trata de una georreferenciación aproximada o bien el fichero *.tfw no está bien conformado, por lo que es necesario georreferenciarlo de nuevo. Dada la fecha de realización del mapa, posterior al RD 1071, se presupone ETRS89 UTM30N	ETRS89 UTM30N

Tabla nº 9: necesidad de georreferenciación de los mapas. Fuente: elaboración propia.

Así, de los 6 mapas del Estudio, es necesario georreferenciar, es decir, asignar coordenadas conocidas, a 5 de ellos. A fin de llevar a cabo este proceso, se emplean las herramientas de la utilidad *Georeferencing* del software SIG ArcMap ©, con los siguientes criterios:

- Colocar el **sistema de proyección** de la ventana de trabajo en el que corresponde a cada uno de los mapas.
- Georreferenciarlos teniendo como referencia **cartografía oficial**, preferentemente la cartografía topográfica de mayor escala disponible, recibida a través de servicios WMS. En el caso de no estar disponible dicha cartografía, como en el caso del Mapa 3, se emplean las ortofotografías aéreas de la zona de la fecha lo más cercana posible a la de edición del mapa, a fin de localizar puntos de control en el "mundo real" y sus homólogos en el mapa. Debe tenerse en cuenta también que se trata en su mayoría, de zonas con baja antropización, por lo que la distribución de elementos fijos en el terreno como puedan ser construcciones u otras infraestructuras no es regular a lo largo de la imagen; por ello, no todas las áreas de la imagen tendrán una misma calidad de ajuste ni una misma distribución de puntos de control.
- Utilizar transformaciones **polinomiales de grado n** para la georreferenciación, es decir, transformaciones globales en lugar de las locales que el programa también permite. El grado del polinomio empleado depende en este caso de la fuente de los datos. Así:
  - Cuando se trate de mapas confeccionados a partir fuentes fiables (mapa base conocido - cartografía oficial) y la versión del mapa haya sido obtenida directamente mediante la exportación a un formato compatible desde sus archivos originales, se aplicará una transformación afín (polinomio de grado 1), que desplaza, rota y escala



la imagen pero no la deforma. En este caso bastaría con 3 puntos de control.

- o En caso de dudar de la confección original de los mapas que puede haber sido incluso manual con lecturas de campo y no con modernas técnicas cartográficas digitales, sobre todo en el caso de los mapas más antiguos (según la fecha del primer registro de la FEDO), o bien han sido claramente escaneados, es necesario un polinomio de tercer grado que estire, escale, gire y doble la imagen. Esta transformación provoca deformaciones sobre todo en los extremos de la imagen. Para ajustar el polinomio son necesarios al menos 10 puntos de control (cuantos más mejor) distribuidos por toda la imagen a georreferenciar, tanto cerca de los extremos como por el interior de la misma.

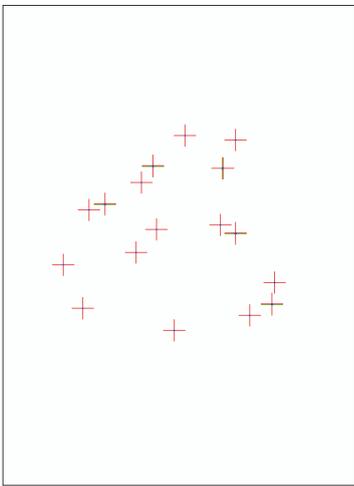
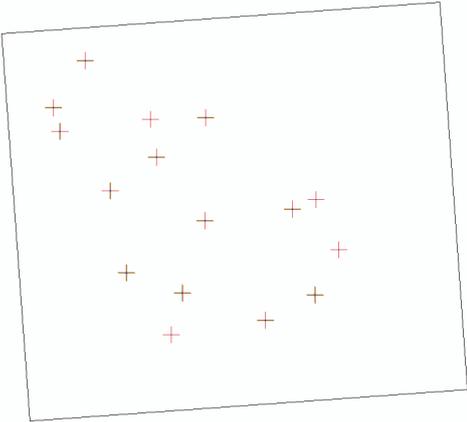
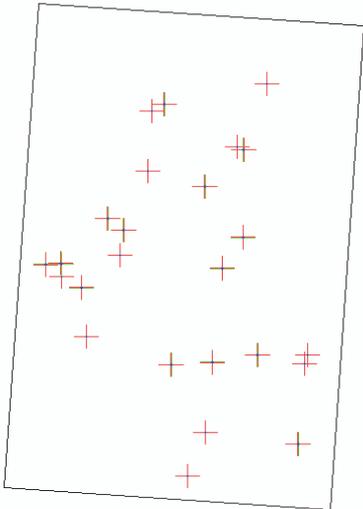
En ambos casos el programa emplea un algoritmo de adecuación por mínimos cuadrados (LSM), devolviendo un error medio cuadrático RMSE para el ajuste, que está optimizado para la precisión global, pero no garantiza la precisión local (Ayuda del software ArcMap ©). Asimismo, el programa devuelve para cada punto de control, un error residual que indica la distancia desde el punto considerado hasta su posición final.

- Una vez logrado el ajuste considerado adecuado para cada mapa, se rectifica la imagen de forma que se crea un nuevo archivo ráster al que se aplicarán los tratamientos posteriores. Para esta rectificación ( $\approx$  remuestreo) se emplea el método de la asignación del **vecino más próximo**, que es el adecuado cuando se emplean datos categorizados como es el caso, ya que no modifica el valor de las celdas de entrada. El formato de salida será \*.tiff sin compresión.

En la siguiente Tabla (nº 10) se muestra de forma resumida el resultado de la georreferenciación de cada uno de los mapas y datos sobre el mapa base:

Mapa	Método de transformación	Puntos de control	Distribución	Error RMSE	Año mapa base
Urbasa	Polinomio de grado 1	19		2.46483	2004



Mapa	Método de transformación	Puntos de control	Distribución	Error RMSE	Año mapa base
Peguerinos	Polinomio de grado 3	17		3.68737	2001
Canzobre	Polinomio de grado 3	16		4.34783	1997
Collserola	Polinomio de grado 3	25		6.68360	1994



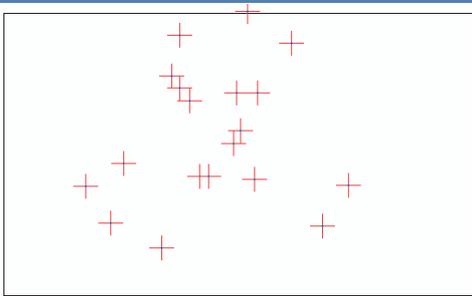
Mapa	Método de transformación	Puntos de control	Distribución	Error RMSE	Año mapa base
Palencia	Polinomio de grado 1	19		2.27214	2010

Tabla nº 10: resultado de la georreferenciación de los mapas. Fuente: elaboración propia.

Ha de tenerse en cuenta que en este tipo de mapas, la precisión planimétrica no es tan relevante como la relativa, así como la tradicional escasa importancia que se ha concedido habitualmente a los sistemas de referencia y de coordenadas, lo cual dificulta el ajuste de estos mapas a la cartografía oficial y su integración en un GIS (ver Apartado 2.2). Por otro lado, se aprecia una correlación directa entre el error RMSE y la antigüedad del mapa original o mapa base, cuya fecha puede observarse en la Tabla nº 10, de forma que disminuye dicho error conforme el mapa base es más reciente, observándose una superposición total a la cartografía oficial en el caso del mapa más actual (Villaorille, ver Tabla nº 9).

### 5.3.3. EXTRACCIÓN DE ENTIDADES VECTORIALES

Una vez georreferenciados los mapas, se procede a extraer las entidades vectoriales que corresponden con cada uno de los recintos de penetrabilidad de la vegetación indicados en ellos y considerados en este Estudio (categorías 401 a 410 de las ISOM 2000). El procedimiento seguido a fin de extraer la información vectorial partiendo de las imágenes ráster de los mapas ha combinado distintas técnicas cartográficas de adquisición de datos, que se desarrollan en los siguientes Apartados de este epígrafe. A continuación se muestra un ejemplo del resultado obtenido:



Figura nº 40: ejemplo de vectorización de entidades (Urbasa). En la primera imagen, ortofotografía de la zona, mapa de orientación (segunda) y en la tercera, resultado de vectorización y atributos. Fuente: elaboración propia.



### 5.3.3.1. VECTORIZACIÓN AUTOMÁTICA

Consiste en la extracción automática, mediante un determinado software informático, de entidades vectoriales a partir de imágenes ráster. A pesar del automatismo que proporcionan los algoritmos, es recomendable que este procedimiento se realice con la supervisión del usuario con el fin de obtener resultados óptimos. Así, la tarea completa consta de los siguientes pasos (no necesario en todos los mapas):

- Realizar un tratamiento de las imágenes georreferenciadas, mediante el software libre GIMP y enfocado a:
  1. Mejorar el histograma de la imagen realzando los colores. Para ello se emplea la herramienta *Niveles*.
  2. Eliminar en lo posible el ruido de la imagen. Para ello se emplea la herramienta *Desparasitar*.
  3. Detectar los bordes existentes en la imagen. Para ello se aplica el *operador de Sobel* en las direcciones horizontal y vertical.
  4. Umbralizar la imagen mediante la herramienta *Umbral*.
- Importar la imagen tratada y la original en ArcMap © y otorgar a la primera de ellas 8 bits de profundidad, exportándola a un nuevo archivo \*.tiff.
- Binarizar esta imagen convirtiéndola en una imagen de blancos y negros, ya apta para su tratamiento para la herramienta *ArcScan* de ArcMap ©.
- Mediante esta herramienta se llevan a cabo pruebas de vectorización en sectores repartidos por la imagen, determinando, mediante su previsualización, la mejor configuración para la conversión de ráster a vector: tratamiento de intersecciones, determinación del color de fondo, creación de vértices, suavizados y tratamiento de huecos, etc.
- Una vez configurados los parámetros, realizar la vectorización automática, generando líneas y polígonos.

### 5.3.3.2. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE IMÁGENES

Esta técnica, utilizada tradicionalmente para la creación de clases temáticas a partir de imágenes de satélite (Teledetección) consiste en utilizar firmas espectrales obtenidas desde muestras determinadas inicialmente por parte del usuario, para identificar aquellos píxeles que corresponden a una misma clase. En el caso del presente Estudio, se ha adaptado esta técnica a fin de facilitar las tareas de vectorización sobre todo en aquellos mapas con mayor número de entidades (por ejemplo, el mapa Palencia) y para la vectorización rápida de elementos antrópicos ("elementos hechos por el hombre", según las ISOM 2000) como edificaciones, carreteras y caminos de gran entidad.



De esta forma, mediante los comandos contenidos en la herramienta *Image classification* de ArcMap © se identifican los píxeles de una serie de muestras tomadas sobre la imagen RGB georreferenciada del mapa, de cada una de las clases de penetrabilidad y del color negro característico de elementos antrópicos. Una vez revisadas las firmas espectrales correspondientes de las muestras en cada una de las bandas de la imagen, se extrapola la clasificación al resto de la imagen, obteniendo una imagen ráster con los píxeles clasificados automáticamente en las distintas categorías. Tras ello, se vectoriza dicha imagen clasificada, obteniendo las entidades con categoría asignada.

### 5.3.3.3. EDICIÓN VECTORIAL MANUAL

Los procesos automáticos descritos anteriormente, que permiten extraer de forma rápida las entidades vectoriales presentes en el mapa, adolecen de frecuentes errores que es preciso corregir mediante las herramientas de edición manual de ArcMap ©:

- Unir entidades de la misma clase de penetrabilidad separados por elementos como curvas de nivel
- Crear y vectorizar las clases que no han podido ser definidas automáticamente por la clasificación supervisada.
- Corregir la topología de las capas creadas mediante la herramienta *Topology*, haciendo especial hincapié en evitar la superposición de entidades y descomponer las formas "multiparte" en sus correspondientes formas individuales.

Además, se llevan a cabo las siguientes tareas de edición:

- Eliminar los polígonos correspondientes a los elementos de la serie 400 (411 - 417), no considerados en el Estudio, así como aquellos con combinaciones de símbolos no permitidas por las ISOM 2000.
- Tratar los llamados "Elementos especiales de vegetación" (categorías 418. 419. 420): la descripción literal de estos elementos en las ISOM 2000 es "*Estos símbolos se pueden utilizar para representar pequeños elementos especiales de vegetación. En la leyenda del mapa debe figurar la descripción exacta de su significado*". Estos elementos aparecen frecuentemente y normalmente son puntuales, por lo que se integra su superficie (por definición escasa = *puntual*) dentro de la "mancha" de penetrabilidad donde se ubique.
- Eliminar los componentes antrópicos más significativos así como los elementos accesorios no considerados en este Estudio, como las grandes infraestructuras viarias, vallas, edificaciones, manchas de agua, áreas excluidas de la carrera, etc.

De esta manera, se ha digitalizado el número de entidades indicado en la siguiente Tabla (nº 11):



Mapa	Nº de entidades
Urbasa	3.705
Peguerinos	491
Villaorille	732
Palencia	27.936

Tabla nº 11: resultado de la digitalización de entidades. Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla anterior, no se han incluido los datos de los mapas Canzobre y Collserola. El motivo de esta exclusión es que durante la realización de fase de Extracción de entidades vectoriales se estimó inviable por cuestiones de tiempo el poder completar adecuadamente el Estudio incluyendo la totalidad de los mapas realizando el tratamiento de datos con la calidad que se requiere. Este tratamiento e integración de toda la información supone un volumen de trabajo ingente, por lo que se optó por descartar aquellos mapas con mapa base más antiguo y con peores resultados en la georreferenciación de los mapas; ambas condiciones son cumplidas por los dos mapas excluidos.

#### 5.3.3.4. EDICIÓN DE LAS TABLAS DE ATRIBUTOS

Los archivos vectoriales acompañan su descripción gráfica de una tabla de atributos alfanumérica donde se organizan las entidades en forma de filas, a cada una de las cuales les corresponde una serie de columnas donde se almacenan los datos. La tarea realizada en este sentido consiste básicamente en la adición de un campo donde se indica la **penetrabilidad** de cada entidad vectorial, anotando manualmente la categoría de las ISOM 2000 y sus combinaciones que corresponde a la "mancha" observada en el mapa correspondiente.

#### 5.3.3.5. CAMBIO DE SISTEMA DE REFERENCIA

Puesto que los datos PNOA - LiDAR se distribuyen en el sistema de referencia *European Terrestrial Reference System 1989*, en proyección UTM y huso 30 Norte, en vigor en España desde la promulgación del Real Decreto 1071 / 2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, es necesario transformar algunos de los mapas vectoriales creados, a este sistema, a fin de asegurar la correcta superposición de los datos.

Mapa	Sistema de referencia	Cambio necesario
Urbasa	European Datum 1950 UTM30N	Cambio de datum
Peguerinos	European Datum 1950 UTM30N	Cambio de datum



Mapa	Sistema de referencia	Cambio necesario
Villaorille	ETRS89 UTM30N	-
Palencia	ETRS89 UTM30N	-

Tabla nº 12: necesidad de transformación de los mapas. Fuente: elaboración propia.

A fin de realizar estos cambios, se utilizan las herramientas incluidas en el software GIS ArcMap ©. Para la transformación de datum se emplea la rejilla PENR2009.gsb proporcionada por el IGN y convenientemente implementada en este programa.

## 5.4. TRATAMIENTO DE LOS DATOS LIDAR

Una vez recibidas las nubes de puntos PNOA - LiDAR por parte del IGN, y antes del análisis en profundidad propiamente dicho de los datos, se realiza un tratamiento previo de la información con el software Terrasolid ©. Conocido el postprocesado y el control de calidad de las nubes de puntos que se realiza en el IGN (descrito en el Apartado 4.2), este tratamiento consiste básicamente (será desarrollado más adelante) en:

- Creación de bloques.
- Extracción de la nube de puntos de cada de una de las zonas de trabajo.
- Eliminación de puntos innecesarios.
- Revisión y edición manual de la clasificación realizada por el IGN, incluyendo la eliminación de puntos potencialmente erróneos.

Otras tareas como el ajuste de fluctuaciones se ha descartado tras intercambio de impresiones con personal del IGN; así: *"La única zona donde han realizado ajuste de fluctuaciones ha sido Cataluña. No obstante, los datos de fluctuaciones se han calculado en el IGN en unos cuantos bloques de vuelo, y únicamente han servido para detectar errores groseros, ya que los resultados del cálculo estaban entorno a los 10 cm, que está muy por debajo de la precisión nominal de los datos"* (Ojeda Manrique, Comunicación personal, 2014). Tras esta afirmación se considera que la ganancia de precisión no es significativa en el Estudio dado su objetivo y el volumen de trabajo de procesado que requeriría la operación.

### 5.4.1. DEFINICIÓN DE HOJAS PNOA - LIDAR

Cuando se realizó la petición de los datos al IGN, se mayoró ligeramente la superficie de cada zona de estudio a fin de evitar trámites burocráticos posteriores innecesarios. Con la definición definitiva de cada área ya es posible elegir las hojas PNOA - LiDAR que finalmente intervendrán. Así, dichas hojas son las indicadas en el

Anexo I. Para esta elección se han creado en primer lugar los polígonos de cierre convexos que envuelven cada área donde se ha realizado la vectorización de entidades según lo descrito en el Apartado 5.3.3 mediante la herramienta correspondiente de ArcMap © y posteriormente se han superpuesto a la capa que representa las teselas de 2 x 2 km solicitadas al IGN.

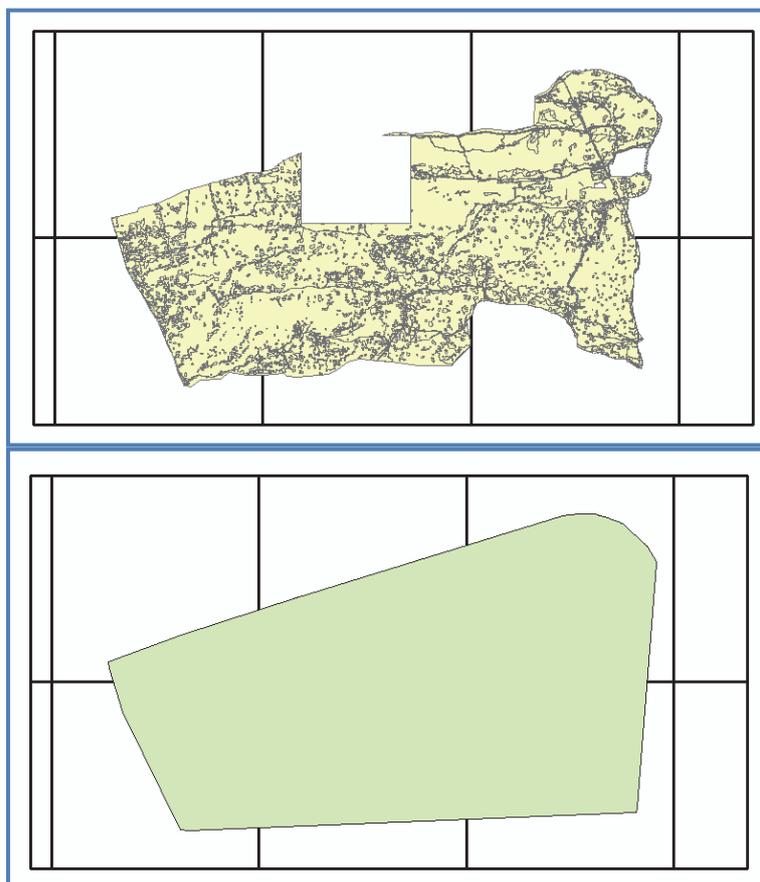


Figura nº 41: ejemplo de polígono convexo sobre teselas. Fuente: elaboración propia.

#### 5.4.2. CREACIÓN DE BLOQUES

El objetivo de este paso es facilitar el manejo de las nubes de puntos en cuanto a su edición y depuración. Para ello se crea un nuevo fichero en Microstation © tomando como "semilla" un fichero 3D donde se leen los puntos de las hojas seleccionadas en el paso anterior. En éste, se crea para cada zona un proyecto de TerraScan © formado por bloques de 2.000 x 2.000 m, a los cuales se importan las nubes de puntos de las hojas correspondientes.

#### 5.4.3. EXTRACCIÓN DE LOS PUNTOS

A continuación se trata de extraer los puntos incluidos en la zona que abarca el polígono de cierre convexo definido anteriormente. Para ello se emplea la herramienta



*Delete* de la ventana principal de TerraScan ©, lo que permite seleccionar en base a un contorno definido por un polígono.

#### 5.4.4. ELIMINACIÓN DE PUNTOS INNECESARIOS

Los ficheros \*.las proporcionados por el IGN ya se encuentran clasificados de forma automática. En casi todos ellos se encuentran las clases 0 a 12 según el estándar versión 1.2 (ver Figura nº 9). Teniendo esto en cuenta, se lleva a cabo la eliminación de las clases 7 (*Low points*) siguiendo las indicaciones de personal del propio IGN: "*Normalmente este tipo de puntos no se utilizan en los cálculos, ya que son puntos que pueden ser erróneos*" (Ojeda Manrique, Comunicación personal, 2014) así como de la clase 12, que constituye el denominado "solape" entre pasadas contiguas, y que normalmente corresponde con los extremos de las bandas, donde mayor error se produce debido a la inclinación del haz de barrido. Para ello se emplea la herramienta *Delete* de la ventana principal de TerraScan ©, lo que permite seleccionar en base a las clases. Tras realizar esta operación, las zonas de trabajo presentan las siguientes características:

Mapa	Área (km <sup>2</sup> )	Nº de puntos	Densidad (ptos / m <sup>2</sup> )	Clases	Cota (m)	
					Max	Min
Urbasa	11,884268	11.981.355	<b>1,006</b>	1 - 6	829,59	1045,00
Peguerinos	2,438934	1.312.830	<b>0,536</b>	1 - 5, 10, 13	1.411,09	1.522,38
Villaorille	1,310163	405.033	<b>0,356</b>	1 - 6	306,36	639,05
Palencia	6,480255	3.373.857	<b>0,519</b>	1 - 6	802,04	893,46

Tabla nº 13: datos básicos de las nubes de puntos. Fuente: elaboración propia.

Se aprecia como hay una gran disparidad en la conformación de las nubes de puntos, sobre todo en lo que a la densidad, por la importancia de este parámetro, hace referencia.

#### 5.4.5. EDICIÓN DE LAS NUBES DE PUNTOS

Aunque el posproceso realizado por el IGN, que como se indica en el Apartado 4.2 incluye la clasificación automática y la edición manual de la clase suelo, es de una alta calidad evidente en términos generales al comparar las nubes de puntos con lo que se puede apreciar en las zonas de trabajo, es conveniente realizar la edición de los datos con el objetivo de afinar aún más y así emular (en lo posible) el trabajo que realizaría un cartógrafo de orientación. Como se indicó en el Apartado 2.2, la creación de un mapa base destinado a la producción de un mapa de orientación es un trabajo muy meticuloso que supone un gran volumen de edición y tratamiento de datos por parte del cartógrafo hasta adecuarlo a las características del área donde se realiza la carrera. De esta manera, el procedimiento que a continuación se relata supone la inversión de una gran cantidad de horas de tratamiento de datos.

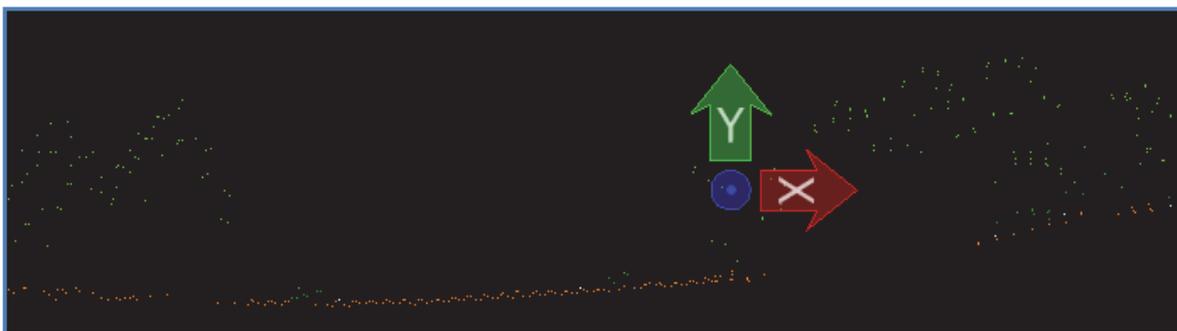


Figura nº 42: nube de puntos aceptable (Urbasa). Fuente: elaboración propia.

Así, se realiza en primer lugar una edición **automática** con TerraScan ©, consistente en aplicar las siguientes herramientas a la totalidad de la nube de puntos:

- La creación de una nueva clase de puntos en la que almacenar aquellos que resulten de la aplicación de las rutinas que se indicarán a continuación, con las que se trata de identificar puntos de calidad dudosa.
  - *Air points*: identifica los puntos que se sitúan por encima de los de su alrededor.
  - *Isolated points*: identifica los puntos que se sitúan aislados con respecto a los de los de su alrededor.
  - *Below surface*: identifica los puntos que se encuentran por debajo de los puntos clasificados como terreno.
- Eliminación de la clase que agrupa dichos puntos.

A continuación, se lleva a cabo una edición **manual** de las clases terreno (clase 2 ASPRS v.1.2) y vegetación (clases 3, 4 y 5 ASPRS v.1.2), consideradas las clasificaciones clave para el resto del presente Estudio. Para apoyar la toma de decisiones, se genera en primer lugar un Modelo Digital del Terreno (MDT) de dicha clase 2 mediante la herramienta *Create editable model* y su observación mediante Terramodeler ©. Por otro lado, se conecta Microstation © a los servicios WMS de ortofotografía indicados en el Apartado 4.3 del presente Estudio. Observando ambas vistas (MDT y ortofotografía), así como los perfiles transversales correspondientes, se localizan visualmente las áreas donde el MDT muestre artefactos extraños en su superficie, editando los puntos situados en dichas zonas mediante las herramientas de edición manual y automática de TerraScan ©. En este caso, las herramientas se aplican no sobre la totalidad de la nube de puntos, sino de forma más localizada, sobre contornos reducidos de interés definidos interactivamente en Microstation ©. Así, se aplican:

- *Ground routine*: determina los puntos correspondientes al terreno en base a un algoritmo iterativo donde se emplea como "semilla" puntos clasificados previamente como terreno.
- *Clasification by intensity*: identifica los puntos que almacenan un determinado valor de intensidad, en este caso con el objetivo de discriminar aquellos puntos "suelo" con valores de intensidad propios de la vegetación.



Recomendable usar cuando la diferencia entre la vegetación "elevada" y la situada sobre el suelo es suficientemente clara.

- *Clasification by color*: identifica los puntos que almacenan un determinado valor de color HSV, en este caso con el objetivo de discriminar aquellos puntos "suelo" con valores de color (tomado de la ortofotografía) propios de la vegetación. Recomendable usar cuando la diferencia entre la vegetación "elevada" y la situada sobre el suelo es suficientemente clara.
- *Clasification by absolute elevation*: identifica y clasifica los puntos con determinado rango de valores de cota, en una clase definida por el usuario. Empleado para asignar puntos a la clase "vegetación".
- Herramientas apoyadas en los perfiles transversales y agrupadas en el *Model tool box* de TerraScan ©: *Classify using brush*, *Classify below line*, *Classify above line*. Permiten clasificar de interactivamente.

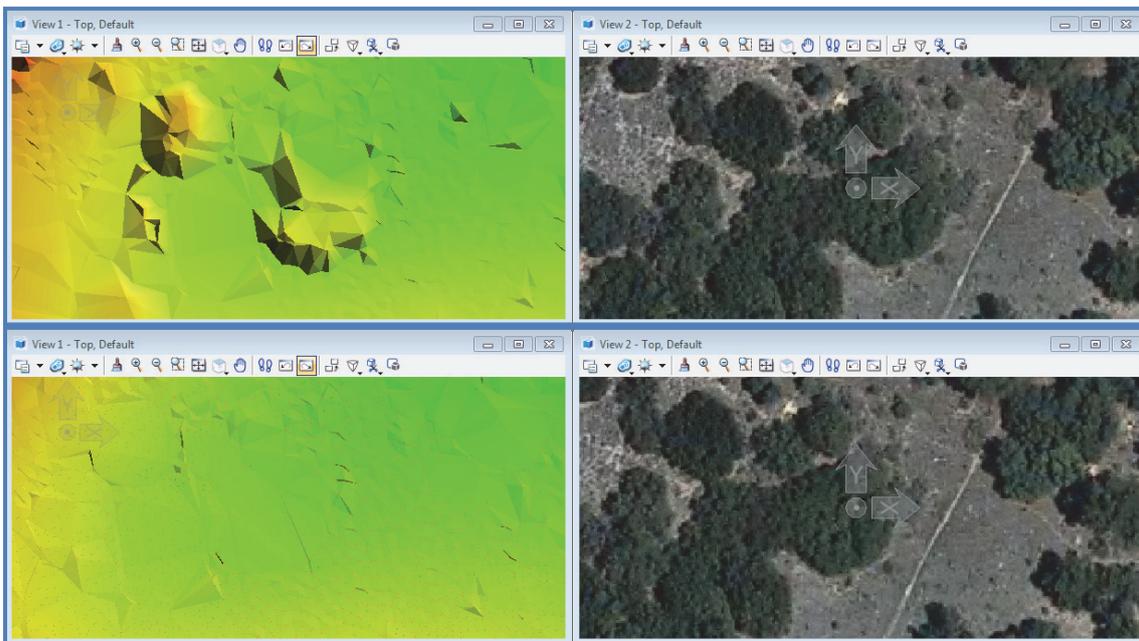


Figura nº 43: ejemplo de edición de clases suelo y vegetación. Fuente: elaboración propia.

Las **incidencias** más habituales encontradas son, principalmente:

- Existencia de árboles y arbustos densos que el láser no atraviesa, especialmente en el caso del mapa de Palencia:

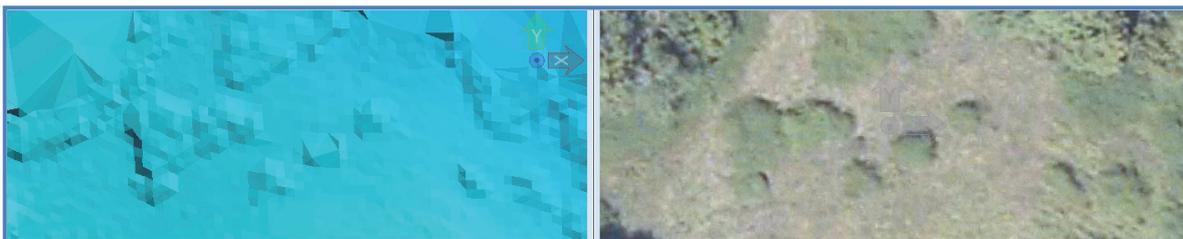


Figura nº 45: arbustos interpretados de forma automática como clase suelo. Fuente: elaboración propia.



- Indefinición del suelo por baja densidad de puntos combinado con lo anterior, resultando en ocasiones difícil reconocer el verdadero terreno. Este hecho se produce especialmente en el caso del mapa de Villaorille, donde la densidad de puntos es la menor de la muestra analizada. Esta indeterminación del MDT debido a la escasa penetración del láser en la masa forestal de forma que no llegan los suficientes pulsos hasta el suelo (efecto sombra de la vegetación) es un hecho contrastado ya en publicaciones de gran relevancia científica como (Ahokas, Hyyppa, Yu, & Holopainen, 2011).

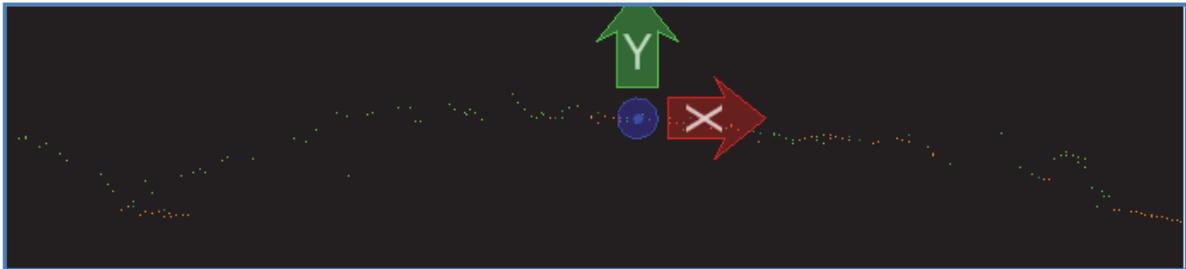


Figura nº 45: falta de definición del suelo (Villaorille). Fuente: elaboración propia.

- Gran variabilidad en la densidad de nubes de puntos, lo cual podría redundar en diferencias en los resultados; así, en el caso del mapa de Urbasa, existen zonas con densidad de hasta 2,3 pto / m<sup>2</sup>.



Figura nº 46: alta densidad de puntos localizada (Urbasa). Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se agrupan los puntos clasificados como vegetación baja (3), media (4) y alta (5) en una única clase (5, *High vegetation*) para facilitar su manejo posterior. Para ello se aplica la rutina *By class* de TerraScan ©.

**En el Anexo V se muestra un gráfico - resumen que recoge el tratamiento de datos realizado a lo largo del estudio hasta llegar a la obtención de las variables que son descritas en el Apartado siguiente.**



## 5.5. CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES

### 5.5.1. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN

En el presente Apartado se trata de definir una metodología para la clasificación de superficies vegetales en diferentes tipos de penetrabilidad empleando variables calculadas a partir de datos PNOA - LiDAR. Las premisas consideradas son:

1. Se asimilará la penetrabilidad a una variable **dependiente**, y las distintas variables que se pueden obtener del terreno y la vegetación a partir del estudio de las métricas de los retornos del láser, como los parámetros **independientes**. Una vez extraídos los valores de las variables en cada mapa, se analizará en primer lugar la existencia de tendencias globales en la clasificación de penetrabilidad representada por éstos, a fin de deducir aquellas de mayor relevancia. A continuación, se profundizará en el análisis de los intervalos de valor que toman las variables en cada categoría representada en cada mapa.
2. Los GIS permiten manipular y operar espacialmente con las variables de forma que es factible el diseño de una metodología empírica o **experimental** a fin de obtener una suerte de "algoritmo" o "fórmula" que relacione el conjunto de las variables seleccionadas con las distintas categorías de penetrabilidad que los cartógrafos han determinado para cada uno de los mapas considerados en este Estudio. Dicha experimentación, por la naturaleza del Estudio y la materia en cuestión, podría ser *iterativa*, tanteando en cada ocasión distintas combinaciones sencillas entre los valores de las variables y las categorías de penetrabilidad. Esta definición de las categorías por tanteo ya se documenta en experiencias previas e incluso en la formulación del software Karttapullautin (ver Apartados 2.6 y 2.7).
3. A fin de valorar los resultados, efectuando una suerte de control de calidad de los mismos eminentemente sencillo, se **comparará la superficie** de cada clase de penetrabilidad obtenida mediante la aplicación del algoritmo seleccionado, con la superficie de cada clase contenida en los mapas de orientación, de forma que a mayor superficie explicada, mejor considerado será el resultado. El autor es consciente de la existencia de métodos más complejos, como la elaboración de matrices de confusión, habituales en las técnicas Teledetección, con las que determinar la fiabilidad de la clasificación obtenida.

### 5.5.2. DETERMINACIÓN DE RANGOS DE ALTURA

Las categorías de penetrabilidad se establecen en función de la oposición que supone la vegetación a la carrera y la visibilidad que permite, según la definición de las normas ISOM 2000. Por otra parte, por lo observado tanto en experiencias previas en la materia (ver Apartados 2.6 y 2.7) como a través de consultas al Comité de Cartografía de la FEDO, parece clara la necesidad de establecer diferentes estratos de análisis medidos



según su altura sobre el suelo (definido por el MDT), si bien existe disparidad en cuanto a cuáles han de ser los extremos que definen los intervalos. Tras indagar distintas opciones, en el presente Estudio se han considerado los siguientes tres estratos:

- **0 - 1 m:** la definición del límite superior se establece en función de la altura recomendada por las normas ISOM 2000 para la determinación de la clase de penetrabilidad 403. En el contexto de este Estudio, se hace extensiva también a las clases 407 y 409 (zonas de maleza con buena visibilidad).
- **1 - 4 m:** en este caso el límite superior viene dado por las experiencias previas de (Mathisen, 2013) y por la mayoración de la altura media de un corredor a fin de tener en cuenta la reducción de la visibilidad.
- **> 4 m:** por encima de esta altura de la vegetación, se considera que no tiene influencia en la determinación de la penetrabilidad si bien puede ayudar a definir categorías como la 405 (bosque abierto).

### 5.5.3. SELECCIÓN DE VARIABLES

En primer lugar han de seleccionarse las variables independientes que se prevé puedan estar relacionadas con el valor de *runnability*, y que sean extraíbles mediante las herramientas informáticas descritas en los Apartados anteriores. En la selección de variables se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- La penetrabilidad, por su propia definición y forma de estimación por parte de los cartógrafos, es un parámetro relacionado con la consideración de la vegetación en las **3 dimensiones**, de forma que han de seleccionarse variables que expliquen su distribución tanto en planimetría (XY) como en su componente vertical (Z). En este sentido, el LiDAR, al atravesar la cubierta forestal, es una herramienta muy indicada para su análisis estructural (ver Apartado 2.5).
- Dado el ámbito del Estudio, enfocado a distintos tipos de bosque, se analizarán principalmente variables de uso común en **Dasometría e Inventariación forestal**.
- Por las razones esgrimidas en los puntos anteriores, y a fin de focalizar el estudio, únicamente se tendrán en cuenta los parámetros **métricos** de los retornos, sin incluir la intensidad.
- Existen dos opciones de análisis en las modernas técnicas de inventariación forestal con LiDAR (Agresta S.Coop., 2013):
  - Métodos de árbol individual: consiste en localizar árboles individuales a partir de la información LiDAR. Una vez localizado el árbol, se evalúa sobre la nube de puntos normalizada algunas variables como la altura, el diámetro normal, el volumen...



- **Métodos de masa:** su objetivo es estimar parámetros dasométricos a partir de los estadísticos de estructura de vegetación que se pueden calcular empleando información LiDAR. Las variables objetivo son el área basimétrica, la altura dominante, el volumen con corteza, etc. que se estiman calculando su relación con variables obtenidas con el sensor LiDAR. En la práctica requiere dos fases de muestreo: en la primera se mide la variable auxiliar en toda la superficie con el LiDAR, y una segunda en la que, en un número reducido de parcelas de campo se miden tanto la variable objetivo como la variable auxiliar y se correlacionan entre sí mediante un modelo de regresión

En este caso, el método desarrollado es análogo a una inventariación por métodos de masa si bien se obvia la fase de trabajo en parcelas de campo, que quedaría representada en las categorías de penetrabilidad mostradas por el mapa de orientación correspondiente (verdad - terreno).

- Se tendrán en cuenta las **experiencias y trabajos previos** en la relación entre los parámetros obtenidos con LiDAR y la penetrabilidad, descritos en los Apartados 2.6 y 2.7 del presente Estudio.
- Se valorará la influencia de la **microtopografía** del terreno en la determinación de la penetrabilidad.

Con todo ello, se tienen en consideración las siguientes variables independientes:

- Directamente proporcionales a la espesura de una masa forestal en cuanto a su estructura horizontal:
  - A. **Densidad de pies:** expresa el número de árboles por unidad de superficie (normalmente por hectárea).
  - B. **Fracción de Cobida Cubierta:** mide en %, la relación entre la proyección vertical sobre el suelo que ocupan las copas de los árboles presentes en una determinada superficie, y dicha superficie. Se medirá para los extremos rangos de altura considerados: 1 m ( $B_1$ ) y 4 m ( $B_2$ ). En adelante, se consignará como FCC.
- Relacionados con la densidad de la masa forestal en el sentido de su estructura vertical:
  - C. **Altura de la vegetación.**
  - D. **Densidad de rebotes o ecos LIDAR:** se mide como el número de ecos por unidad de superficie considerada. Se medirá en los dos estratos considerados: 0 - 1 m ( $D_1$ ) y 1 - 4 m ( $D_2$ ).
  - E. A fin de determinar la influencia del problema de la falta de penetración del dosel forestal debido a la densidad de las copas por parte del haz LiDAR lo cual podría falsear los resultados, es necesario designar un nuevo parámetro. Esta posible falta de datos para la determinación correcta de la penetrabilidad por debajo de las copas de los árboles, ya



ha sido experimentado y tratado de resolver en el software Karttapullautin. Así, se crea una variable denominada **densidad del dosel**, con la siguiente definición gráfica:

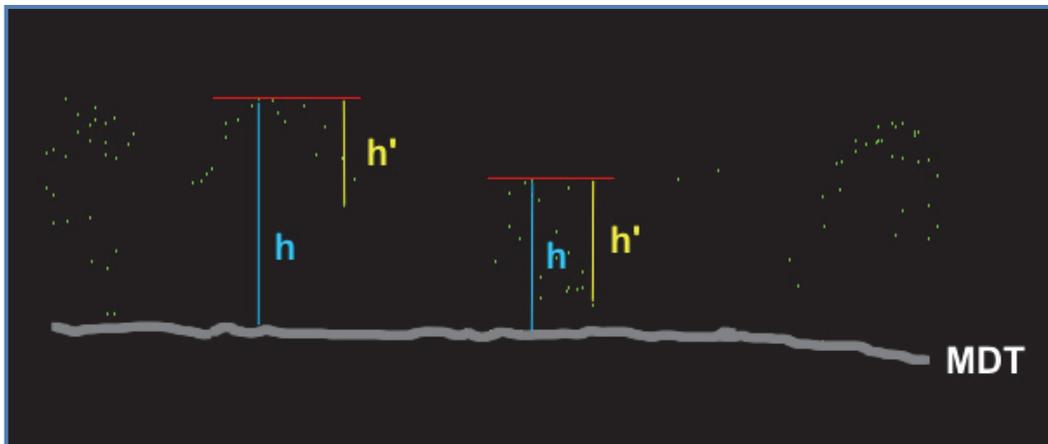


Figura nº 47: definición gráfica del parámetro densidad del dosel. Fuente: elaboración propia.

De esta manera:

- $h$  es la altura del primer eco, y  $h'$ , la altura del último eco que no llega al suelo.
- Si  $h - h'$  son valores grandes, implica que la densidad de la vegetación es alta.
- Si  $h - h'$  son valores pequeños, significa que la vegetación es poco densa.
- Los valores  $h = h'$ , por lo observado en los tanteos realizados, constituye un número de celdas no significativo.

▪ Microtopografía:

- F. **Rugosidad del terreno:** representa de forma relativa, la variabilidad de la orografía del terreno, de manera que a valores altos de rugosidad, el terreno será muy cambiante, rugoso o abrupto (más difícil de transitar), mientras que cuando la rugosidad se aproxima a valor cero, el terreno se puede considerar uniforme. Además, podría indicar la presencia de vegetación baja que no ha sido correctamente filtrada y que por lo tanto ha sido incorporada incorrectamente a la clase suelo quedando integrada en el MDT (ruido).

#### 5.5.4. EXTRACCIÓN DE VALORES DE LAS VARIABLES

Salvo en el caso de la variable rugosidad, que se realizará mediante QGIS, el tratamiento y análisis estadístico de las nubes de puntos localizadas en las zonas de estudio y previamente tratadas, se llevará a cabo mediante el software libre FUSION (versión 3.42), especializado en el tratamiento de datos LiDAR con objetivos forestales y



que ya fue descrito en el Apartado 4.4.1.2. Para la observación gráfica de los análisis en la interfaz de FUSION es necesaria la preparación previa de una serie de archivos:

- **MDT:** generado como se indica en el punto siguiente, a partir de la clase "suelo" de la nube de puntos editada según se describe en los Apartados anteriores.
- Archivo **\*.las** que contiene la nube de puntos ya editada y depurada.
- **Imagen:** a fin de poder funcionar, el programa requiere de la creación de una imagen (normalmente de intensidades) a partir de la propia nube de puntos, como paso previo a la integración de los datos. Es creada con las propias herramientas implementadas en FUSION.

#### 5.5.4.1. GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DEL TERRENO

Una vez editadas con TerraSolid © las nubes de puntos hasta llegar a una calidad considerada suficiente del MDT, éstas se almacenan en forma de fichero \*.las depurado mediante las herramientas de TerraScan ©. Puesto que los siguientes pasos de este Estudio se realizarán en el software FUSION para el análisis de los retornos LiDAR y en el software ArcMap © únicamente para la producción cartográfica y cálculo del algoritmo, resulta más adecuado generar los **Modelos Digitales del Terreno (MDT)** mediante las propias herramientas del primero de estos programas. Para ello, se emplean como fuente los puntos clasificados como "suelo" de las nubes de puntos editadas. Ha de tenerse en cuenta que el tamaño de celda o resolución de estos MDT y sus derivados podrá ser de un mínimo de 1,41 x 1,41 metros, tal y como indica la distancia nominal entre puntos promedio del PNOA - LiDAR del © Instituto Geográfico Nacional de España. A fin de fijar un número entero de orden superior para dicho tamaño de celda, se generan los distintos modelos con una resolución de **2 x 2 m**. Consecuentemente, la representación de las variables independientes se hará también en forma de ficheros ráster de 2 x 2 metros.

FUSION dispone de la herramienta *GridSurfaceCreate.exe* dentro de su amplio *Toolkit* mediante la que se pueden obtener mallas MDT de anchura definida por el usuario e interpoladas a partir de archivos \*.las. El valor de cota asignada a cada celda se obtiene hallando la media de los valores de altitud de los puntos que caen en ella. La sintaxis general del comando es la siguiente, donde los *switches* son los parámetros específicos, descritos en el manual de FUSION:

```
GridSurfaceCreate [switches] surfacefile cellsize xyunits zunits coordsys zone horizdatum vertdatum datafile1 datafile2...
```

La línea de comandos convenientemente programada se escribe en el bloc de notas y se guarda como archivo de lotes de Windows © con extensión \*.bat. Cuando se pulsa dos veces sobre estos archivos \*.bat, el proceso comienza, terminando con el guardado del MDT en forma de \*.dtm. Un ejemplo de la sintaxis utilizada es la siguiente:

```
C:\FUSION\GridSurfaceCreate.exe /class:2  
E:\MAPAS_ORIENTACION\LiDAR_IGN\TRATAMIENTO\Villaorille\FUSION\MDT.dtm 2 M
```



M 1 30 0 0  
E:\MAPAS\_ORIENTACION\LiDAR\_IGN\TRATAMIENTO\Villaorille\Villaorille\_DEF.las

Donde se aprecia que en el cálculo únicamente se ha tenido en cuenta la clase "suelo" (clase 2 del fichero \*.las) así como las unidades en planimetría y altimetría (metros: M) y la proyección UTM (1) y su huso (30). Pueden observarse los MDT generados para todos los mapas en el Anexo IV.

#### 5.5.4.2. GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE RUGOSIDAD

Existen distintos métodos para el cálculo de la rugosidad del terreno, muchos de los cuales necesitarían ser programados para su obtención con un GIS. A fin de evitar este paso, que queda fuera del objeto del presente Estudio, se toma el Índice de Rugosidad Topográfica implementado en el plugin GDAL de Quantum GIS. En este caso, el programa emplea un algoritmo mediante el cual calcula la diferencia media entre un píxel central y las celdas que la rodean, según la metodología de *Wilson et al 2007, Marine Geodesy 30:3-35* (tomado de <http://www.gdal.org/gdaldem.html>) tal y como indica la Ayuda del programa. Se calculan de esta manera los Modelos Digitales de Rugosidad, con celdas de 2 x 2 metros, a partir de cada uno de los MDT generados. Estos modelos representan directamente la distribución de la variable **F**.

#### 5.5.4.3. GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DE LAS COPAS Y DE ALTURA DE LA VEGETACIÓN

En FUSION se genera el **Modelo Digital de las Copas** de los árboles (MDCopas), que no deja de ser un Modelo Digital de Superficies (MDS), mediante la herramienta *CanopyModel.exe*. Su algoritmo elige el retorno más elevado dentro de la celda de cálculo determinada. Además, puede proporcionar un suavizado de la superficie generada por filtros de media o mediana, si se desea, pero en todo caso ajustando las superficies a los máximos locales (ápices de las copas).

La línea de comandos general de este programa es la siguiente:

```
CanopyModel [switches] surfacefile cellsize xyunits zunits coordsys zone horzdatum  
vertdatum datafile1 datafile2
```

Además, con esta misma herramienta se calculan los **Modelos Digitales de Alturas de la Vegetación** (MDHV) introduciendo el parámetro */ground:archivo* que representa el MDT, mediante el cual se normalizan las alturas de las copas restando el valor de la cota del terreno, obtenida desde dicho MDT. Así, la operación matemática puede describirse como:

$$MDHV = MDCopas - MDT$$

A fin de evitar los frecuentes valores extraños (valores negativos, valores excesivos) que se producen en la operación matemática descrita encima de estas líneas y que se dan principalmente en los bordes de la imagen, también se introduce el parámetro */outlier:0.00,50.00* de manera que todos los valores sean positivos y con un



máximo de 50 m de altura de la vegetación, más que suficiente para las especies presentes en las zonas analizadas en este Estudio.

Así pues, a continuación se indican dos ejemplos de las líneas de comando empleadas:

MDCopas:

```
C:\FUSION\CanopyModel.exe  
E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Peguerinos\FUSION\MDCopas.dtm 2 M M 1 30 0 0  
E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Peguerinos\Peguerinos_DEF.las
```

MDHV:

```
C:\FUSION\CanopyModel.exe /outlier:0.00,50.00  
/ground:E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Peguerinos\FUSION\peguerinos_mde_def_fusion.dtm  
E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Peguerinos\FUSION\MDHV.dtm  
2 M M 1 30 0 0  
E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Peguerinos\Peguerinos_DEF.las
```

El resultado son ficheros ráster de 2 x 2 m en formato \*.dtm por lo que no son directamente compatibles con ArcGIS © y requieren de algunos pasos intermedios para su transformación:

1. Exportación a formato ASCII. El toolkit de FUSION dispone de una herramienta para la transformación denominada DTM2ASCII.exe cuya línea de comandos es del tipo *DTM2ASCII [switches] inputfile [outputfile]* y a la que únicamente ha de añadirse el switch */raster* para la adecuada transformación.
2. Importación desde ASCII a formato \*.grid de ArcGIS © mediante la herramienta *ASCII to Raster* de las *Conversion Tools* del *ArcToolBox*, teniendo la precaución de importarlo como ráster con decimales.

Pueden observarse los MDHV, que representan la distribución de la variable **C** en cada caso, en el Anexo IV.

#### 5.5.4.4. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE ÁRBOLES

A fin de estimar el número de árboles presentes en cada área de estudio, valor necesario para la estimación de la variable que representa densidad de pies por hectárea, se emplea el comando *CanopyMaxima.exe* de FUSION. Su algoritmo identifica máximos locales dentro de una ventana de búsqueda definida por el tamaño de la copa media del árbol, de forma que su uso permite localizar árboles individuales de forma aproximada. Por otro lado, funciona mejor para coníferas que para frondosas, por el tipo de copa, y hay que tener en cuenta que únicamente distingue árboles dominantes y codominantes en la masa (McGaughey, 2014). Además, los estudios previos confirman que es complicado definir las características de la copa en especies de frondosas con



densidades LiDAR inferiores a 1 pto / m<sup>2</sup> (Popescu, Wynne, & Nelson, 2003). Para aplicar este comando de forma estricta, debería calcularse un tamaño de ventana deducido a partir del tamaño de copa calculado mediante una regresión realizada con datos procedentes de muestreo de campo para la especie presente en el área de estudio, según la metodología de *Kini y Popescu, 2004*, según indica el manual del programa.

La línea de comandos general de este programa es la siguiente:

*CanopyMaxima [switches] inputfile outputfile*

Como valor de entrada, debe emplearse el MDHV generado en el proceso anterior. Cuenta con un parámetro */mult:*, el cual permite tantear el resultado del comando variando proporcionalmente el tamaño de la ventana.

Así pues, a continuación se indican dos ejemplos de las líneas de comando empleadas:

N de árboles:

```
C:\FUSION\CanopyMaxima.exe /mult:0.2
E:\MAPAS_ORIENTACION\LiDAR_IGN\TRATAMIENTO\Palencia\FUSION\MDHV.dtm
E:\MAPAS_ORIENTACION\LiDAR_IGN\TRATAMIENTO\Palencia\MAPAS\arboles
```

El resultado del comando es una hoja de cálculo donde para cada árbol estimado se indica, entre otros datos, las coordenadas del centro de la copa. Los valores del parámetro */mult:* (obtenido a partir de tanteos) junto con los árboles estimados en cada caso, han sido:

Mapa	Parámetro /mult:	Nº de árboles estimados
Urbasa	Por defecto	84.607
Peguerinos	Por defecto	22.521
Villaorille	0.,25	7.662
Palencia	0,2	424

Tabla nº 14: valor del parámetro */mult:*. Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se aprecia cómo se cumplen las prescripciones indicadas en el manual del programa en cuanto al tipo de vegetación y la detección únicamente de árboles dominantes. Así, en el caso del mapa de Palencia, donde el encinar - quejigar que conforma el estrato superior no se adapta bien al uso de esta herramienta (copa de forma redondeada y pequeño tamaño) y donde finalmente se opta por no emplear esta variable. Se aprecia a simple vista (superponiendo los árboles identificados con las ortofotografías aéreas en el GIS) como en el mapa de Villaorille se obtienen mejores resultados sin llegar a ser del todo idóneos, probablemente debido a la presencia de frondosas también de copa globosa (castaños) y a la baja densidad de puntos. Los mapas de Urbasa y Peguerinos, por el contrario, obtienen resultados más que aceptables con los parámetros por defecto del programa. A fin de calcular la densidad de árboles por hectárea y generar el fichero ráster de 2 x 2 m de resolución que representa su distribución, es necesario un proceso adicional consistente en aplicar la herramienta *Point Density* de ArcGIS ©. El resultado de su aplicación, que puede observarse en las Hojas nºs 7.3, 8.3 y 9.3 del Anexo IV, representa la distribución espacial de la variable **A**.



#### 5.5.4.5. ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA

FUSION cuenta con varias herramientas con las cuales calcular este parámetro, de enorme importancia en el ámbito forestal. Una de las más directas es el comando *Cover.exe*. Su algoritmo calcula el valor de FCC dividiendo el número de primeros retornos por encima de la altura a la cual se desea calcular dicha FCC, entre el número total de retornos. Así, en el ejemplo de la siguiente Figura (nº 49), de los 21 pulsos que atraviesan la cubierta, 16 se quedan por encima de la altura a la que se desea calcular la FCC, marcada por la línea horizontal. Así, la FCC sería  $16 / 21 = 0.76$  o FCC = 76 %.

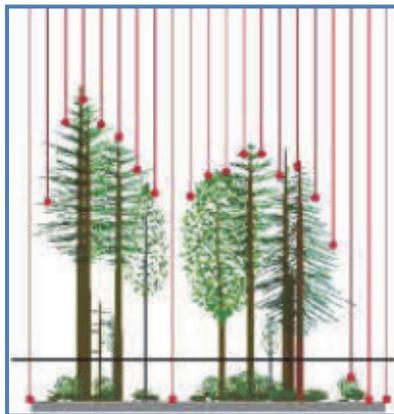


Figura nº 48: definición gráfica del cálculo de FCC. Fuente: Manual de FUSION.

La línea de comandos general de este programa es la siguiente:

```
Cover [switches] groundfile coverfile heightbreak cellsize xyunits zunits coordsys zone  
horizdatum vertdatum datafile1 datafile2...
```

El programa requiere como ficheros de entrada el MDT para normalizar las alturas de la vegetación así como la nube de puntos \*.las. Entre los parámetros y *switch* a considerar en el manejo de este algoritmo, destacan, por su importancia en el objeto de este Estudio, los siguientes:

- **Tamaño de celda (*cellsize*):** define el tamaño de celda cuadrada en los cuales se calcularán los estadísticos. A este respecto, el manual del programa indica explícitamente que para obtener unos resultados óptimos de cálculo de la FCC, el tamaño de celda debe ser mayor que el tamaño de copa de los árboles presentes en la zona de estudio. Así, si el lado de la celda es demasiado pequeño, la distribución de valores de la fracción de cabida cubierta tiende a los extremos (0 - 100 %) ya que estará considerando prácticamente sólo árboles individuales en lugar de una muestra de ellos. El propio manual recomienda un tamaño de celda de 15 metros o más. Dada la importancia que tiene este parámetro de aquí en adelante, se optó por consultar directamente al autor del programa FUSION sobre su experiencia en cuanto al tamaño de celda en especies como las que ocupan mayoritariamente las áreas de estudio. Su respuesta fue (McGaughey, Comunicación personal, 2014): "*The recommended size of 15 m should work*



*well for these species...The reason for the recommendation on the cell size is so you don't end up with small cells where the cell is fully covered by a single crown or clump of trees. As the cell size gets smaller, the distribution of cover values tends to move towards a bi-modal pattern with more values near 0% and 100%. The larger cells result in a more useful distribution of cover values".*

<sup>1</sup> Este comentario, junto con algunos tanteos realizados con los mapas disponibles, han permitido definir un tamaño de 15 metros para las celdas de todos los mapas salvo para el mapa de Palencia, el cual presenta ciertas peculiaridades debidas a las especies principales presentes y su morfología: encinar en forma de matas y quejigo, ambos con copas mayoritariamente globosas y de menor tamaño que el resto de las formaciones vegetales analizadas en este Estudio. En este caso, se empleará tamaño de celda 10 m.

- **Altura de corte (*Heightbreak*):** debe introducirse el valor de la altura a la que se requiere calcular la FCC. En este caso, puesto que se pretende analizar la estructura de la vegetación en dos rangos, 0 - 1 m y 1 - 4 m, los valores de *Heightbreak* serán, en dos aplicaciones sucesivas del comando, 1 y 4 m respectivamente ( $B_1$  y  $B_2$ ).
- **Clase de puntos** del fichero \*.las (*/Class:*): mediante este *switch*, el programa permite seleccionar para el cálculo sólo aquellos puntos de la clase de interés. En este caso, se emplearán los puntos clasificados como clase 5: *high vegetation*.

Así pues, a continuación se indica un ejemplo de las líneas de comando empleadas:

FCC a 1 m de altura:

```
C:\FUSION\Cover.exe /class:5
E:\MAPAS_ORIENTACION\LiDAR_IGN\TRATAMIENTO\Peguerinos\FUSION\MDT.dtm
E:\MAPAS_ORIENTACION\LiDAR_IGN\TRATAMIENTO\Peguerinos\MAPAS\FCC1.dtm
1 15 M M 1 30 0 0
E:\MAPAS_ORIENTACION\LiDAR_IGN\TRATAMIENTO\Peguerinos\Peguerinos_DEF.las
```

El resultado del comando son archivos ráster de 15 y 10 metros de lado de malla donde cada celda representa el valor de FCC para las dos alturas de corte dadas. Para su correcta importación en ArcGIS © es necesario realizar las transformaciones indicadas en el Apartado 5.5.4.3. Además, se da la circunstancia de que al emplear únicamente puntos de la clase 5 de los ficheros \*.las, no toda la superficie se encuentra cubierta por lo que en aquellos lugares que no cuenten con esos puntos, las celdas del ráster

<sup>1</sup> "El tamaño recomendado de 15 m debería funcionar bien para estas especies...La razón del consejo sobre el tamaño de la celda es que no acabes con celdas pequeñas completamente cubiertas por una única copa o un grupo de árboles. A medida que el tamaño de la celda se hace más pequeño, la distribución de los valores de cubierta tiende a moverse hacia un patrón bimodal con más valores cerca de 0% y 100%. Las celdas más grandes resultan en una distribución más útil de valores de cubierta. *Traducción del autor.*



aparecerán con valores "NoData" que pueden interferir en la clasificación final de superficies. Por ello, se cambian dichos valores "NoData" por valores "0" de la FCC. Por último, se cambia la resolución de los ráster a los 2 m de lado mediante las herramientas de ArcGIS ©, a fin de homologarlos al resto de imágenes ráster que se emplean en este Estudio, constituyendo así la representación espacial de la variable **B**.

#### 5.5.4.6. ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN

FUSION permite, con el mismo comando *Cover.exe* anteriormente detallado, estimar la densidad relativa de la vegetación en estratos verticales. En este caso su algoritmo calcula el % de densidad dividiendo el número de todos los retornos por encima de la línea de corte y por debajo de un límite superior dado, entre el número total de retornos. Como en el caso anterior, a fin de que que la cobertura quede adecuadamente representada ha de adaptarse una malla de anchura suficiente; en este caso, se emplean los mismos valores que los determinados anteriormente (15 y 10 m). Para calcular la densidad relativa se introducen los siguientes parámetros además de los descritos en el Apartado anterior:

- **Switch /all:** con él se introducen todos los retornos en el cálculo, no solamente los primeros retornos, empleados en el cálculo de la FCC.
- **Altura de corte (*Heightbreak*):** debe introducirse el valor inferior del estrato del que se requiere calcular la densidad. En este caso, puesto que se pretende analizar la estructura de la vegetación en dos rangos, 0 - 1 m y 1 - 4 m, los valores de *Heightbreak* serán, en dos aplicaciones sucesivas del comando, 0 y 1 m respectivamente ( $D_1$  y  $D_2$ ).
- **Límite superior (*Upper*):** se introduce el valor superior del estrato; siguiendo la lógica anterior, los valores serán, en dos aplicaciones sucesivas del comando, 1 y 4 m respectivamente.

Así pues, a continuación se indica un ejemplo de las líneas de comando empleadas:

Densidad para el rango entre 0 - 1 m de altura:

```
C:\FUSION\Cover.exe /all /class:5 /upper:1
E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Urbasa\FUSION\MDT.dtm
E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Urbasa\MAPAS\densidad01.dtm
0 15 M M 1 30 0 0
E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Urbasa\Urbasa_DEF.las
```

El resultado del comando son archivos ráster de 15 y 10 metros de malla donde cada celda representa el valor de densidad relativa para los estratos dados. Para su correcta importación en ArcGIS © es necesario realizar las transformaciones indicadas en el Apartado 5.5.4.3. Como en el caso anterior, ha de cambiarse su resolución a 2 metros a fin de representar la variable **D** en las unidades consideradas, así como sustituir el valor "NoData" por "0" para cubrir los lugares sin puntos LIDAR clasificados como vegetación.



#### 5.5.4.7. ESTIMACIÓN DE LA DENSIDAD DEL DOSEL

A fin de poder calcular el parámetro, definido en el Apartado 5.5.3 a partir de las nubes de puntos LiDAR, se aplica la herramienta *GridMetrics* sobre ellas, la cual permite obtener una gran variedad de estadísticos descriptivos sobre los retornos, en cuanto a elevación e intensidad, si se desea. Estos estadísticos se calculan individualmente para cada una de las celdas en las que el usuario determine dividir su área de estudio, quedando almacenados en forma de fichero \*.csv organizado por filas (celdas) y columnas (datos estadísticos) cuyos resultados pueden ser fácilmente representado cartográficamente. Así, los datos que pueden obtenerse son, según el manual del programa FUSION (McGaughey, 2014), los indicados en el Anexo III. La línea de comandos general de este programa es la siguiente:

```
GridMetrics [switches] groundfile heightbreak cellsize outputfile datafile1 [datafile2 ... datafileN]
```

El programa requiere como fichero de entrada la nube de puntos \*.las. Entre los parámetros y *switch* a considerar en el manejo de este algoritmo, son los siguientes:

- **/noground:** con este *switch*, el programa calcula las estadísticas métricas sin normalizar los datos (sin tener como referencia un MDT).
- **/nointensity:** con este *switch*, no se calculan las estadísticas de las intensidades.
- **Tamaño de celda (cellsize):** 15 m para todos los mapas excepto para el Mapa de Palencia, donde se usa 10, por las razones expresadas en Apartados anteriores.
- **Altura de corte (Heightbreak):** en este caso es indiferente, se coloca 1.
- **Clase de puntos** del fichero \*.las (/Class:): mediante este *switch*, el programa permite seleccionar para el cálculo sólo aquellos puntos de la clase de interés. En este caso, se emplearán los puntos clasificados como clase 5: *high vegetation*.

Así pues, a continuación se indica un ejemplo de las líneas de comando empleadas:

Cálculo de *GridMetrics*:

```
C:\FUSION\GridMetrics.exe /class:5 /noground /nointensity 1 10  
E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Palencia\FUSION\gridmetrics10  
E:\MAPAS_ORIENTACION\LIDAR_IGN\TRATAMIENTO\Palencia\Palencia_DEF.las
```

Una vez calculadas las estadísticas, y a fin de hallar la densidad del dosel, se extraen los datos de las métricas almacenadas en las columnas **6** (altura mínima de los retornos existentes) y **7** (altura máxima de los retornos existentes) y se plasman en forma de mapa ráster en formato \*.ascii mediante el comando *CSV2Grid.exe*, el cual permite exportar a dicho formato directamente desde el fichero \*.csv. En su línea general de



comandos, basta con indicar el fichero de entrada, el de salida y la columna deseada, como muestra el siguiente ejemplo:

C:\FUSION\CSV2Grid.exe

E:\MAPAS\_ORIENTACION\LiDAR\_IGN\TRATAMIENTO\Palencia\FUSION\gridmetrics10\_all\_returns\_elevation\_stats.csv 6

E:\MAPAS\_ORIENTACION\LiDAR\_IGN\TRATAMIENTO\Palencia\MAPAS\gridmetrics10\_6.asc

El cálculo del parámetro de la densidad del dosel según lo indicado en el Apartado 5.5.3 conlleva el diseño de todo un método cartográfico en sí mismo, programado en ArcGIS © mediante su herramienta ModelBuilder © (ver Figura nº 50), que ha de realizar los siguientes pasos:

- Importar desde formato \*.ascii a formato \*.grid los ficheros con las métricas 6 y 7.
- Remuestrear dichos ficheros homologándolos a la extensión y tamaño de celda de los MDT empleados (2 x 2 m). Los valores "NoData", donde no hay retornos de vegetación (clase 5) se sustituyen por valores "0".
- Calcular el parámetro  $h$  mediante la operación matemática:

$$h = \text{métrica 7} - \text{MDT}$$

- Los valores "NoData", y los negativos, que se deben a errores derivados de la forma de calcular mediante celdas, y que no son lógicos (los retornos en vegetación han de ser más elevados que los situados en el suelo), se sustituyen por valores "0".
- Calcular el parámetro  $h'$  mediante la operación matemática:

$$h' = \text{métrica 7} - \text{métrica 6}$$

- Los valores "NoData", y los negativos, que se deben a los mismos errores indicados anteriormente, y que no son lógicos (los retornos con altura máxima han de ser superiores a los de altura mínima), se sustituyen por valores "0".
- Calcular el parámetro "Densidad del dosel" mediante la operación matemática:

$$\text{Densidad del dosel} = h' - h$$

- Los valores "NoData", y los negativos, se sustituyen por valores "0".

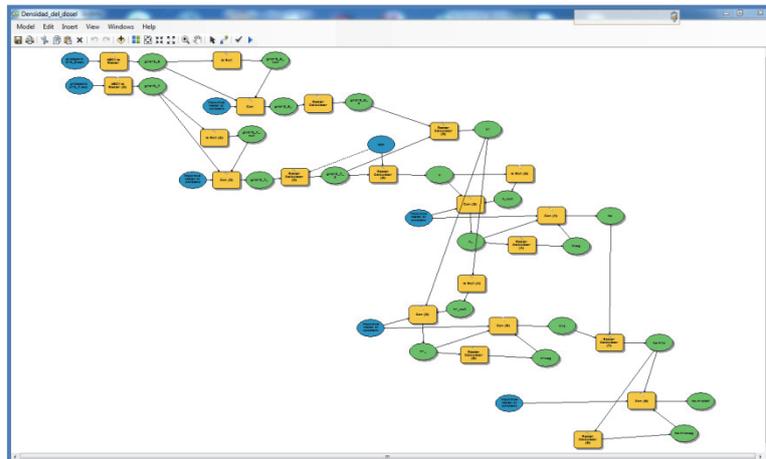


Figura nº 49: diseño del proceso de cálculo en ModelBuilder de ArcGIS ©. Fuente: elaboración propia.

El resultado del comando son archivos ráster de 2 metros de malla donde cada celda representa el valor de densidad del dosel, representando así la distribución de la variable **E** a lo largo de las zonas de estudio. Su valoración se determina de forma que a mayor valor de este parámetro, más difícil resulta para el láser penetrar la capa superior de la vegetación (*más densa es*), cumpliéndose que devuelve valores próximos a "0" en áreas despejadas, donde el haz llega hasta el suelo.

### 5.5.5. CLASIFICACIÓN

#### 5.5.5.1. ANÁLISIS DE LOS VALORES DE LAS VARIABLES

Como paso previo a la clasificación, se realiza un somero análisis empleando datos obtenidos mediante **estadística descriptiva** a fin de buscar alguna relación entre las variables y la clasificación en categorías de penetrabilidad establecida por los cartógrafos. Dado que todas las variables son numéricas y con unidades distintas entre sí, como puede verse en la Tabla nº 15:

Variable	Denominación	Unidad
<b>A</b>	Densidad de árboles	Pies / ha
<b>B</b>	FCC 1 m	%
	FCC 4 m	%
<b>C</b>	Altura de la vegetación	m
<b>D</b>	Densidad 0 - 1 m	%
	Densidad 1 - 4m	%
<b>E</b>	Densidad del dosel	m
<b>F</b>	Índice de rugosidad	IPR

Tabla nº 15: variables y unidades. Fuente: elaboración propia.



A fin de poder comparar estas variables entre sí y entre los distintos mapas, es necesario normalizar los datos. Para realizar este proceso, se emplea la calculadora ráster de ArcGIS © aplicando la fórmula:

$$V_{normalizado} = \frac{V_{pixel} - V_{mínimo}}{V_{máximo} - V_{mínimo}}$$

Una vez normalizadas todas las variables, se aplican las técnicas del análisis estadístico descriptivo a fin de observar los valores de las variables para cada categoría de penetrabilidad (valor mínimo, valor máximo, rango, media, desviación estándar, intervalo definido por  $\bar{x} \pm \sigma$ ) y que han sido calculadas mediante las herramientas de análisis espacial del GIS empleado. Los resultados completos pueden observarse en el Anexo III, mostrándose un resumen de datos y su descripción en el Apartado de Resultados. Los análisis realizados sobre los datos son de dos tipos:

- Comparación entre los **valores globales** de todas las categorías existentes en el conjunto de los cuatro mapas analizados. Mediante este análisis pueden observarse tendencias en los datos obtenidos para las distintas clases, así como posibles relaciones con la tipología de formación vegetal predominante o la época de toma de datos.
- Una vez analizadas las tendencias en conjunto, se procede a observar los valores de los resultados de la estadística descriptiva para **cada categoría en cada mapa** por separado. De esta manera se pretende indagar sobre la existencia de valores límite entre clases o grupos de clases, que permitan separarlas entre sí por sus rangos, clasificando de esta manera las superficies en base a los valores de las variables.

#### 5.5.5.2. MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES

Una vez revisados los datos de cada variable extraídos para cada categoría en cada mapa, se lleva a cabo una clasificación de superficies consistente en:

- Definir **valores límite** (normalizados) de cada categoría o grupo de categorías de penetrabilidad para las variables analizadas.
- Realizar para cada variable la **selección** de aquellas celdas (archivos ráster) que cumplan la condición especificada en el punto anterior, de forma que el resultado son imágenes binarias, de **0** (no cumple la condición) y **1** (sí cumple).
- Cuando la categoría venga definida por una sola variable, las celdas que cumplan la condición, serán las buscadas; si por el contrario la categoría dependa de dos o más variables, su superficie potencial sería aquella fruto del resultado de realizar la operación:

$$\text{Superficie} = \text{Condición 1} * \text{Condición 2} \dots * \text{Condición n}$$



Aplicada operando con la calculadora ráster de ArcGIS ©.

Hay que tener en cuenta que se trata de **4 mapas** en zonas muy diferentes y con **8 variables** y **15 categorías** de penetrabilidad, por lo que resulta un proceso arduo de manejar en su integridad.

#### 5.5.5.3. CONTROL DE CALIDAD

Aunque el autor del presente Estudio es consciente de la existencia de otros métodos de control de calidad del resultado de la clasificación más exhaustivos, como los aplicados habitualmente en Teledetección, en este caso se ha optado por una validación de resultados más sencilla, como se indicó en el Apartado 5.5.1. Consistirá básicamente en la **comparación** entre la superficie clasificada según lo descrito en el Apartado anterior y la ofrecida (se incluyen las combinaciones con 407 y 409 de cada clase) por el cartógrafo orientador que ha realizado cada mapa, representada a través de la superficie ocupada por cada clase en los polígonos vectorizados durante la fase de tratamiento cartográfico de los mapas de orientación.

**En el Anexo V se muestra un gráfico - resumen que recoge la metodología diseñada para el presente Estudio.**



## 6. RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN

### 6.1. CATEGORÍAS EVALUADAS

La metodología descrita en el Apartado anterior se ha llevado a cabo sobre la superficie de todas las categorías permitidas por las especificaciones ISOM 2000 presentes en los mapas seleccionados, cuya superficie total y relativa se muestra en la siguiente Tabla (nº 16):

CATEGORÍA	MAPA							
	URBASA		PEGUERINOS		VILLAORILLE		PALENCIA	
	Superficie (m <sup>2</sup> )	%						
<b>401</b>	1271830	<b>14,11</b>	59684	2,92	344008	<b>32,33</b>	792	0,02
<b>401 409</b>	1736	0,02	-	-	8100	0,76	-	-
<b>402</b>	3088	0,03	-	-	21380	2,01	-	-
<b>403</b>	615144	6,83	36368	1,78	46560	4,38	2762650	<b>57,79</b>
<b>403 407</b>	-	-	-	-	7112	0,67	20260	0,42
<b>403 409</b>	25044	0,28	-	-	7368	0,69	81652	1,71
<b>404</b>	-	-	234584	<b>11,48</b>	8752	0,82	345228	7,22
<b>404 407</b>	-	-	1596	0,08	-	-	29500	0,62
<b>404 409</b>	-	-	6324	0,31	432	0,04	19364	0,41
<b>405</b>	6672300	<b>74,03</b>	1611320	<b>78,82</b>	424112	<b>39,85</b>	19816	0,41
<b>405 407</b>	6596	0,07	44020	2,15	328	0,03	1500	0,03
<b>405 409</b>	31516	0,35	2492	0,12	14836	1,39	12892	0,27
<b>406</b>	241360	2,68	11604	0,57	97960	9,21	217980	4,56
<b>408</b>	82856	0,92	34876	1,71	24216	2,28	104364	2,18
<b>410</b>	61152	0,68	1425	0,07	59028	5,55	1164320	<b>24,36</b>

Tabla nº 16: Categorías cartografiadas y superficie. Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior, donde se muestran en negrita las áreas de % más elevado, se observa como siempre hay a lo sumo dos clases predominantes, si bien están más repartidas las categorías en el caso del mapa de Villorille (Asturias), que corresponde con una zona más antropizada y heterogénea, con variedad de formaciones vegetales, especies, áreas de pastos y de transición forestal, etc. como se muestra en el Apartado 5.2.3.4. En todo caso esta categorización, como no podía ser de otra manera por la propia definición de los mapas de orientación, está íntimamente relacionada con la vegetación y el paisaje de cada área, por lo que no todas son comunes a todos los mapas.



## 6.2. ANÁLISIS DE DATOS

Tal y como se describe en el Apartado 5.5.1, se han llevado a cabo dos tipos de análisis de los datos, basados en los fundamentos de la estadística descriptiva:

- **Comparación entre los valores de todas las categorías existentes en el conjunto de los cuatro mapas analizados**, con el objetivo de localizar *tendencias*. Para ello se elaboran una serie de tablas - resumen que pueden observarse en las siguientes páginas, junto con una descripción de lo observado. A fin de tener una mejor referencia de los órdenes de magnitud, se indican también las medias totales (calculadas mediante el GIS) de los valores para la variable en todo el área cartografiada, así como las medias aritméticas de los valores de cada categoría para los 4 mapas, indicando en **rojo** los valores por encima de la media, y en **azul**, los que están por debajo.

Cabe indicar a este respecto que a la hora de observar los mapas obtenidos para Urbasa, se aprecia un extenso área con valores anormales en determinadas variables (fundamentalmente las relacionadas con la densidad, Hojas nº 7.7, 7.8 y 7.9) que finalmente es excluida del cálculo a fin de que no adultere los resultados; con ello la muestra (superficie) se reduce a la mostrada en la siguiente figura.

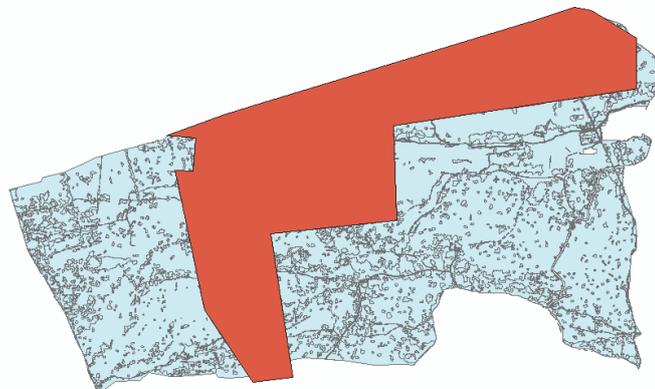


Figura nº 50: área excluida del cálculo (en rojo). Fuente: elaboración propia.



VARIABLE	A: DENSIDAD DE ÁRBOLES				
	URBASA	PEGUERINOS	VILLAORILLE	PALENCIA	MEDIA ARITMÉTICA
MEDIA TOTAL	0.38	0.46	0.18	-	0.34
401	0.25	0.27	0.09	-	0.20
401 409	0.11	-	0.15	-	0.13
402	0.21	-	0.09	-	0.15
403	0.30	0.54	0.07	-	0.30
403 407	-	-	0.11	-	0.11
403 409	0.25	-	0.14	-	0.20
404	-	0.23	0.10	-	0.16
404 407	-	0.34	-	-	0.34
404 409	-	0.22	0.31	-	0.27
405	0.42	0.50	0.27	-	0.40
405 407	-	0.41	0.33	-	0.37
405 409	0.17	0.17	0.18	-	0.17
406	0.42	0.55	0.19	-	0.39
408	0.30	0.51	0.18	-	0.33
410	0.31	0.38	0.17	-	0.29

Tabla nº 17: medias variable A. Fuente: elaboración propia.

Para esta variable, tal y como se indica en el Apartado correspondiente, no se calcularon los valores del mapa de Palencia puesto que la herramienta de análisis de datos LiDAR empleada no se adecúa a la formación vegetal predominante. Para el resto de mapas, se aprecia la influencia del cálculo realizado ya que se han discriminado mejor los ápices de las copas cuando los árboles presentes son más grandes y aislados (Urbasa y Peguerinos).

Si atendemos a los datos, se observa que la densidad de árboles crece aproximadamente conforme lo hace el código de la categoría, de tal manera que a las clases 404 a 410 (y sus combinaciones) le corresponde por lo general, mayor valor de densidad de arbolado, tal y como a priori debería suceder. Sin embargo, se observan valores elevados de densidad en clases como la 401 y la 403, que por su definición deberían estar más despejadas, en los tres mapas. En la combinación de la categoría 405 con 409 se produciría una reducción de la densidad de árboles con respecto a la categoría "pura", lo cual es extraño dado que la dominancia general de esas zonas debería seguir siendo la 405 pero complementada con un denso sotobosque que por su naturaleza (estrato dominado) no aparecería detectado mediante la herramienta empleada.



VARIABLE	B <sub>1</sub> : FCC A 1 m				
	URBASA	PEGUERINOS	VILLAORILLE	PALENCIA	MEDIA ARITMÉTICA
MEDIA TOTAL	<b>0.92</b>	<b>0.92</b>	<b>0.76</b>	<b>0.91</b>	<b>0.88</b>
401	0.67	0.71	0.55	0.88	0.70
401 409	0.56	-	0.47	-	0.51
402	0.97	-	0.80	-	0.88
403	0.95	0.95	0.62	0.87	0.85
403 407	-	-	0.48	0.88	0.68
403 409	0.94	-	0.75	0.89	0.86
404	-	0.80	0.86	0.94	0.87
404 407	-	0.77	-	0.90	0.83
404 409	-	0.60	0.89	0.90	0.79
405	0.97	0.95	0.94	0.98	0.96
405 407	-	0.85	0.91	0.98	0.91
405 409	0.99	0.56	0.82	0.95	0.83
406	0.97	0.97	0.75	0.98	0.92
408	0.97	0.97	0.91	0.98	0.96
410	0.96	0.95	0.86	0.96	0.93

Tabla nº 18: medias variable B<sub>1</sub>. Fuente: elaboración propia.

Esta variable, por la forma en la que es calculada (% de primeros retornos que no llegan al suelo), indica la cobertura por encima de 1 metro sobre el suelo, es decir, una aproximación de la distribución superficial del sotobosque pero sin dejar de tener en cuenta los ecos que hay por encima (ver Figura nº 49). De esta manera resulta habitual observar en general valores muy elevados, siendo en el caso de Villaurille, presumiblemente debido a esa menor presencia de sotobosque (o ausencia de primeros retornos más bajos). Por otra parte, tanto el hayedo de Urbasa como el encinar del "Monte el Viejo" (Palencia) presentan valores máximos en casi todas las categorías, lo cual en el segundo de los casos se corresponde con la formación de este bosque en monte bajo.

Se observa además cierta tendencia a la presencia de los valores medios más bajos en las clases 401 a 404 (combinaciones incluidas) que en las 405 - 410, lo cual en cierto modo confirma las definiciones de la mayoría de las categorías si atendemos a la mayor presencia de arbolado en estas últimas y la forma de cálculo de la variable, explicada en el párrafo anterior. Aun así, es llamativo el caso de la 405 (bosque abierto) donde la cobertura a sólo 1 m por encima del suelo debería ser sustancialmente menor si se tiene en cuenta solamente su definición de penetrabilidad. Se observa además cierta indeterminación entre la categoría 407 y 409, ya que no se observa una tendencia clara a que la 409 indique una cobertura más espesa tal y como harían presuponer las especificaciones.



VARIABLE	B: FCC A 4 m				
CATEGORÍA	URBASA	PEGUERINOS	VILLAORILLE	PALENCIA	MEDIA ARITMÉTICA
MEDIA TOTAL	0.81	0.83	0.54	0.23	0.60
401	0.46	0.60	0.32	0.20	0.40
401 409	0.12	-	0.29	-	0.21
402	0.55	-	0.33	-	0.44
403	0.73	0.87	0.30	0.21	0.53
403 407	-	-	0.27	0.28	0.27
403 409	0.55	-	0.42	0.21	0.39
404	-	0.57	0.45	0.29	0.44
404 407	-	0.55	-	0.23	0.39
404 409	-	0.41	0.84	0.20	0.48
405	0.90	0.88	0.75	0.73	0.81
405 407	-	0.74	0.72	0.63	0.69
405 409	0.80	0.45	0.53	0.53	0.58
406	0.71	0.88	0.57	0.30	0.61
408	0.66	0.87	0.71	0.44	0.67
410	0.59	0.81	0.57	0.23	0.55

Tabla nº 19: medias variable B<sub>2</sub>. Fuente: elaboración propia.

Esta segunda modalidad de la variable B, calculada de la misma manera pero contando el % de primeros retornos por encima de 4 metros, muestra mayor rango de valores que en el caso anterior. Comenzando por describir los valores globales, se aprecia una gran diferencia entre Urbasa y Peguerinos con respecto a las otras dos zonas estudiadas, lo cual se debe claramente al tipo de vegetación predominante (árboles grandes como hayas y pinos silvestres) con respecto a las otras dos áreas y especialmente en el caso del mapa de Palencia, donde las "matas de encina" no superan los 4 m de altura con facilidad.

Al igual que en los casos anteriores, se observa cierta tendencia que las clases de orden menor muestren valores por lo general más bajos, creciendo conforme lo hace la categorización, lo cual es lógico conocida la definición de las clases. La categoría 405 de bosque abierto, presenta claramente los mayores valores en todos los casos, lo que indica que la mayor parte de la cobertura vegetal quedaría por encima del corredor, tal y como se preconiza para esta clase. Al igual que sucede en el caso anterior, la diferenciación entre 407 y 409 no es concluyente, aunque las medias globales (salvo en combinación con 405) sí indican un mayor valor de cobertura en la clase 409.



VARIABLE	C: ALTURA DE LA VEGETACIÓN				
	URBASA	PEGUERINOS	VILLAORILLE	PALENCIA	MEDIA ARITMÉTICA
MEDIA TOTAL	0.26	0.30	0.09	0.09	0.19
401	0.04	0.12	0.02	0.05	0.06
401 409	0.01	-	0.02	-	0.02
402	0.07	-	0.03	-	0.05
403	0.14	0.28	0.03	0.07	0.13
403 407	-	-	0.02	0.07	0.04
403 409	0.13	-	0.04	0.07	0.08
404	-	0.12	0.07	0.07	0.09
404 407	-	0.13	-	0.08	0.10
404 409	-	0.11	0.13	0.09	0.11
405	0.32	0.34	0.15	0.19	0.25
405 407	-	0.27	0.09	0.19	0.18
405 409	0.30	0.12	0.10	0.15	0.17
406	0.16	0.35	0.11	0.11	0.18
408	0.14	0.37	0.13	0.15	0.20
410	0.12	0.28	0.10	0.12	0.16

Tabla nº 20: medias variable C. Fuente: elaboración propia.

En el caso de esta variable se aprecian en general unos valores bastante bajos, seguramente por estar influida la normalización por el valor máximo de las muestras. Como sucede en el caso de la variable anterior, sus resultados también están relacionados con las formaciones vegetales presentes, ya que la altura es significativamente mayor en Urbasa y Peguerinos, y especialmente, para la práctica totalidad de las categorías, en este último bosque.

Sigue observándose la tendencia a que las categorías de orden inferior presenten menores valores medios que las categorías a partir de la 405, lógicamente por la inclusión en estas categorías de árboles de mayor porte, alcanzando su máximo en dicha categoría 405. Se aprecian valores bajos de la categoría 402 lo cual podría indicar que se tiende a escoger áreas con árboles pequeños en esta clasificación. La categoría 403, que representaría áreas despejadas pero rugosas, presenta un valor extrañamente alto, estando su media muy influida por el alto valor de la muestra para el caso de Peguerinos.



VARIABLE	D: DENSIDAD 0 - 1 m				
CATEGORÍA	URBASA	PEGUERINOS	VILLAORILLE	PALENCIA	MEDIA ARITMÉTICA
MEDIA TOTAL	0.49	0.68	0.54	0.43	0.54
401	0.25	0.38	0.62	0.08	0.33
401 409	0.04	-	0.93	-	0.48
402	0.43	-	0.62	-	0.53
403	0.57	0.60	0.63	0.46	0.57
403 407	-	-	0.90	0.38	0.64
403 409	0.73	-	0.88	0.55	0.72
404	-	0.83	0.81	0.23	0.62
404 407	-	1.00	-	0.57	0.79
404 409	-	1.00	0.83	0.69	0.84
405	0.53	0.66	0.43	0.26	0.47
405 407	-	0.94	0.80	0.32	0.69
405 409	0.54	1.00	0.73	0.58	0.71
406	0.52	0.61	0.45	0.18	0.44
408	0.58	0.60	0.52	0.32	0.50
410	0.54	0.82	0.70	0.45	0.63

Tabla nº 21: medias variable D<sub>1</sub>. Fuente: elaboración propia.

Se observa para esta variable como destacan los valores para todas las categorías, del mapa de Peguerinos y en segundo lugar, de Villaorille. En el primero de los casos además aparecen incluso clases con valor máximo (1). Es posible que estos elevados resultados se deban a la influencia del suelo, con abundante presencia de piedras que pueden haber quedado clasificadas como "vegetación" en lugar de "suelo", propiciando así mayor número de retornos en forma de ruido. Algunos autores como (Mathisen, 2013), clasifican como "ruido" por debajo de los 30 cm sobre el terreno.

Por otro lado, para esta variable se observa un cambio de tendencia en los valores respecto a las variables anteriores, de tal manera que crecen entre la 401 - 409 y la 404 (combinaciones incluidas) para luego descender lenta pero sostenidamente a partir de la 405. Estos valores son consecuentes con la definición de las categorías de orden inferior, especialmente en el subgrupo formado por la 403 y sus combinaciones (las especificaciones indican textualmente un metro como límite superior). Además, la clase 401 presenta el valor medio más bajo, como correspondería a un área abierta, si bien hay grandes diferencias entre los mapas. Por otro lado, la categoría 405 presenta uno de los valores más bajos, tal y como le indicaría su definición, mientras que los valores crecen en la práctica totalidad de los casos de forma progresiva desde la clase 406 a la 410. Destacan por otro lado las altas densidades que alcanzan las categorías 407 y 409 para todos los mapas observándose además una tendencia a que la categoría 409 sea superior a la 407, como es esperable.



VARIABLE	D: DENSIDAD 1 - 4 m				
CATEGORÍA	URBASA	PEGUERINOS	VILLAORILLE	PALENCIA	MEDIA
TOTAL	0.39	0.53	0.54	0.89	0.59
401	0.43	0.53	0.40	0.83	0.55
401 409	0.53	-	0.32	-	0.43
402	0.81	-	0.73	-	0.77
403	0.60	0.58	0.51	0.85	0.64
403 407	-	-	0.33	0.85	0.59
403 409	0.78	-	0.57	0.87	0.74
404	-	0.59	0.74	0.91	0.75
404 407	-	0.51	-	0.87	0.69
404 409	-	0.36	0.20	0.88	0.48
405	0.35	0.52	0.64	0.83	0.58
405 407	-	0.43	0.74	0.95	0.71
405 409	0.67	0.21	0.62	0.88	0.60
406	0.69	0.75	0.45	0.96	0.71
408	0.71	0.65	0.63	0.95	0.74
410	0.77	0.66	0.67	0.95	0.76

Tabla nº 22: medias variable D<sub>2</sub>. Fuente: elaboración propia.

Como sucede para la FCC a 1 metro, Palencia muestra en esta variable unos valores próximos al máximo en prácticamente todos los casos, como corresponde a un monte bajo formado por matas casi impenetrables cuya altitud raramente supera los 5 o 6 metros.

En este caso no se observan tendencias generales tan claras como en otras variables en función de las categorías, sin embargo se puede destacar que tanto las clases 402 como 404 (ambas de árboles dispersos) muestran valores más altos que sus categorías próximas, debido probablemente a la presencia de arbolado de porte bajo en su definición. Los valores de las combinaciones de las categorías 407 y 409 no permiten diferenciarlas entre sí con claridad. Se observa por otro lado un crecimiento de los valores acorde con la definición las categorías 406 - 408 - 410, hasta los máximos, con los que habría de indicarse la progresiva mayor dificultad a la carrera y a la visibilidad, si bien son complicadas de diferenciar entre sí. Al igual que sucedía con la FCC a 4 metros, la categoría 405 muestra un valor relativamente bajo respecto a las categorías cercanas, pudiendo mostrar así la mejor posibilidad de tránsito.



VARIABLE	E: DENSIDAD DEL DOSEL				
	URBASA	PEGUERINOS	VILLAORILLE	PALENCIA	MEDIA
<b>TOTAL</b>	<b>0.02</b>	<b>0.08</b>	<b>0.03</b>	<b>0.06</b>	<b>0.05</b>
<b>401</b>	0.02	0.07	0.02	0.06	0.04
<b>401 409</b>	0.01	-	0.01	-	0.01
<b>402</b>	0.02	-	0.02	-	0.02
<b>403</b>	0.01	0.08	0.01	0.05	0.04
<b>403 407</b>	-	-	0.01	0.06	0.03
<b>403 409</b>	0.01	-	0.01	0.05	0.02
<b>404</b>	-	0.03	0.02	0.08	0.04
<b>404 407</b>	-	0.01	-	0.04	0.03
<b>404 409</b>	-	0.01	0.02	0.04	0.02
<b>405</b>	0.01	0.09	0.05	0.10	0.06
<b>405 407</b>	-	0.03	0.02	0.05	0.03
<b>405 409</b>	0.02	0.00	0.02	0.05	0.02
<b>406</b>	0.01	0.06	0.04	0.09	0.05
<b>408</b>	0.01	0.08	0.04	0.07	0.05
<b>410</b>	0.01	0.04	0.02	0.05	0.03

Tabla nº 23: medias variable E. Fuente: elaboración propia.

Esta variable muestra unos valores extremadamente bajos, lo cual indica la influencia por un lado de los valores máximos en el cálculo de la normalización, y la escasa presencia de valores elevados.

Los mayores valores se dan claramente en el caso del mapa de Palencia y Peguerinos, posiblemente debido a la influencia de la época de vuelo, realizado en verano y con plena actividad vegetativa, junto con el carácter perenne y de hoja coriácea de las especies predominantes. En el caso de Palencia resulta significativa la presencia de valores máximos en todas las categorías, debido a la gran espesura y densidad de las copas de las encinas y quejigos, que absorben la mayor parte de los ecos del láser, tal y como se observó en la fase de filtrado de los datos LiDAR. Por contra, los menores valores se dan en Urbasa, que se consideran normales debido a la época de realización del vuelo (las hayas estaban sin hojas y por lo tanto más ecos llegan al suelo, ver Tabla nº 2). A nivel de valor global, los mayores valores se dan en la categoría 405, lógico si se considera textualmente la definición de esta clasificación, en la que las copas deberían absorber mayor número de ecos a mayor altura. Resultan sorprendentes los altos valores que muestran las clases 401 y 403 (terrenos despejados), especialmente en el caso de Peguerinos, ya que normalmente los valores de este parámetro están próximos a 0 en áreas abiertas.



VARIABLE CATEGORÍA	F: ÍNDICE DE RUGOSIDAD				
	URBASA	PEGUERINOS	VILLAORILLE	PALENCIA	MEDIA
TOTAL	0.03	0.06	0.04	0.02	0.04
401	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
401 409	0.05	-	0.03	-	0.04
402	0.01	-	0.03	-	0.02
403	0.03	0.04	0.06	0.02	0.04
403 407	-	-	0.03	0.04	0.03
403 409	0.04	-	0.04	0.02	0.03
404	-	0.07	0.11	0.02	0.07
404 407	-	0.10	-	0.08	0.09
404 409	-	0.11	0.03	0.05	0.06
405	0.03	0.06	0.04	0.02	0.04
405 407	-	0.05	0.03	0.14	0.07
405 409	0.03	0.08	0.04	0.03	0.05
406	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03
408	0.03	0.06	0.03	0.04	0.04
410	0.03	0.06	0.03	0.02	0.04

Tabla nº 24: medias variable F. Fuente: elaboración propia.

Como en el caso anterior, la variable F muestra unos valores muy reducidos. Éste es un parámetro relacionado íntimamente con la microtopografía del terreno al tener sólo en cuenta en su cálculo los puntos clasificados como tales, que muestra como Peguerinos y Villaorille tendrían un terreno más accidentado, rugoso o abrupto, lo cual se corresponde con la alta presencia de rocas de gran tamaño en el primero de los casos, y con la variada orografía y también la presencia de canchales en altura, en la segunda de las zonas. Los valores más bajos los experimenta Palencia, conforme a la mucha mayor horizontalidad con la escasa variación orográfica característica de los páramos calizos castellanos, junto a la escasa presencia de afloramientos pedregosos de gran tamaño.

Los valores más elevados de esta variable se observan en las categorías 404 y sus combinaciones (sobre todo en Peguerinos), lo cual en cierto modo es consecuente con su definición de terreno basto. Se aprecia como aumenta el valor cuando aparecen combinaciones de categorías 407 y 409, salvo con 403, lo cual podría dejar intuir la influencia de la vegetación de bajo porte como "ruido" en el MDT. A este respecto, la clase 403 (terreno basto) presenta valores superiores a la 401.

Como compendio de lo descrito en los párrafos anteriores, se aprecia una gran **disparidad de valores entre los mapas** de orientación para la práctica totalidad de variables, hecho posiblemente influido por la diferente tipología de masa forestal presente y el hecho de haber sido realizados por diferentes cartógrafos. Sin embargo, como ya se ha indicado, pueden intuirse algunas **tendencias generales** considerando los cuatro mapas en su conjunto, para determinadas categorías o grupos de categorías; con estos datos se elabora la siguiente Tabla (nº 25), valorando el posible empleo de las variables en cuanto a la discriminación o identificación de clases:



Variable	Tendencia observada	Categorías
A	Discriminación	401 a 403
		404 a 410
B	1	Identificación
		Discriminación
		Discriminación
	2	Identificación
		Discriminación
		Discriminación
C	Identificación	
	Discriminación	
	Discriminación	
D	1	Identificación
		Discriminación
		Discriminación
	2	Tendencia creciente
		Identificación
		Tendencia creciente
E	Identificación	
F	Identificación	
	Discriminación	

Tabla nº 25: tendencias observadas y categorías. Fuente: elaboración propia.

- **Valores de los resultados de la estadística descriptiva para cada categoría en cada mapa, buscando valores límite entre clases para la posterior clasificación.** En este caso se centra el análisis especialmente en los valores que presentan las medias y los intervalos definidos por  $\bar{x} \pm \sigma$ ; en este sentido, cuanto más estrecho sea dicho intervalo, más sencillo debería ser poder limitar los valores de las variables en una posterior clasificación. Este sondeo de datos se realiza tomando principalmente como referencia las tendencias y categorías analizadas anteriormente, si bien se ha encontrado una gran disparidad de límites y variables que en ocasiones no han permitido seguir *al pie de la letra* las tendencias indicadas anteriormente. Así, en cada mapa se obtienen los siguientes rangos de valores (entre paréntesis, el intervalo) para las variables:

**1. Mapa de Urbasa:**

- Clase **401** si B<sub>1</sub> (0.07 - 1), C (0 - 0.34) y D<sub>1</sub> (0 - 0.63).
- Clase **405** si B<sub>2</sub> (0.57 - 1), C (0.05 - 0.57) y D<sub>2</sub> (0.03 - 0.66).
- Clases **406 a 410** si D<sub>2</sub> (0.41 - 1).
- Combinaciones **409** si F (0.02 - 0.09).



## 2. Mapa de Peguerinos:

- Clase **401** si A (0.10 - 0.69), B<sub>1</sub> (0.29 - 0.71), B<sub>2</sub> (0.15 - 1) y D<sub>1</sub> (0 - 0.87).
- Clase **403 a 404** si B<sub>1</sub> (0.33 - 1), B<sub>2</sub> (0.15 - 1) y C (0.00 - 0.31).
- Clases **405 a 410** si B<sub>1</sub> (0.64 - 1), B<sub>2</sub> (0.48 - 1) y C (0 - 0.61).
- Clases **406 a 410** si D<sub>2</sub> (0.30 - 1), sobre la anterior.
- Clase **405** si C (0.1 - 0.58) sobre la determinada para 405 - 410.
- Combinaciones **407 - 409** si D<sub>1</sub> (0.72 - 1) y F (0.02 - 0.15).

## 3. Mapa de Villaorille:

- Clases **401 a 403** si A (0 - 0.25) y C (0 - 0.09)
- Clase **401** si B<sub>1</sub> (0.10 - 0.96), sobre la anterior.
- Clases **405 a 410** si B<sub>1</sub> (0.38 - 1) y B<sub>2</sub> (0.17 - 1).
- Clase **405** si B<sub>2</sub> (0.46 - 1), C (0.06 - 0.25) y E (0 - 0.12), sobre la anterior.
- Clases **402 y 404** si D<sub>2</sub> (0.42 - 1).

## 4. Mapa de Palencia:

- Clase **401 a 404** si B<sub>1</sub> (0.61 - 1) y C (0 - 0.17).
- Clase **401** si B<sub>1</sub> (0.57 - 1), C (0 - 0.11) y D<sub>1</sub> (0 - 0.35), sobre la anterior.
- Clases **405 a 410** si B<sub>1</sub> (0.86 - 1) y C (0.04 - 0.32).
- Clase **405** si B<sub>2</sub> (0.25 - 0.97), D<sub>2</sub> (0.51 - 1) y E (0.03 - 0.17), sobre la anterior.
- Clase **406 a 410** si D<sub>2</sub> (0.82 - 1).

### 6.3. CLASIFICACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

Una vez determinados en el Apartado anterior y no sin dificultad, algunos **valores límite** para definir categorías, se aplican éstos siguiendo la metodología indicada en el Apartado 5.5.5.2, de tal manera que se seleccionan en cada mapa ráster que representa la variable correspondiente, los valores comprendidos en los intervalos formando imágenes binarias que son operadas entre sí a fin de clasificar las superficies. Realizando estas operaciones en la calculadora ráster de ArcGIS© con sentencias como la mostrada por la siguiente figura, se obtienen los mapas representados en las Hojas n<sup>os</sup> 7.11, 8.11, 9.11 y 10.10.

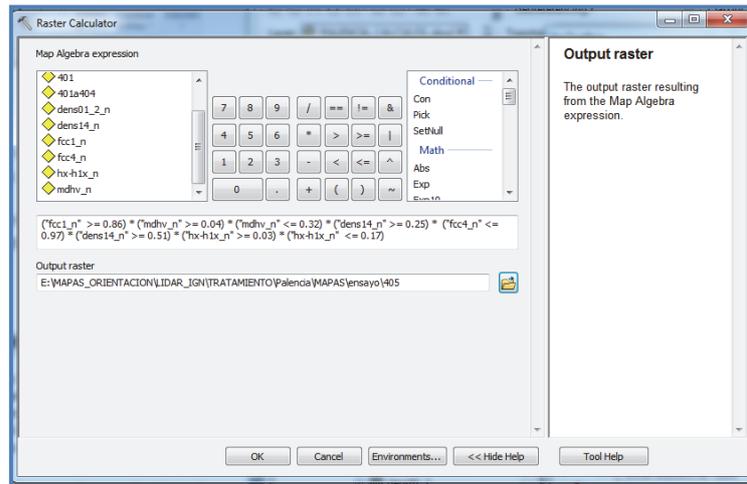


Figura nº 51: ejemplo de aplicación de la calculadora ráster. Fuente: elaboración propia.

Las superficies obtenidas en la clasificación se contrastan con las mostradas en cada mapa de orientación para la misma categoría obteniendo una suerte de *control de calidad* sencillo según el cual, a mayor % de superficie explicada le corresponde mayor éxito de la clasificación. En el cálculo de la superficie total se han sumado entre sí las superficies de las combinaciones correspondientes de las categorías con las clases 407 y 409.

Mapa	CATEGORÍA/S	Superficie en mapa (m <sup>2</sup> )	Superficie clasificada (m <sup>2</sup> )	%
URBASA	401	1012532	217936	21,52
	405	4827016	353179	7,32
	409	32332	924459	2859,27
	406 a 410	278532	761599	273,43
PEGUERINOS	401	59684	169	0,28
	405	1611320	269046	16,70
	403 y 404	278872	236016	<b>84,63</b>
	405 a 410	1705737	402212	23,58
	406 a 410	94417	294992	312,44
	407 y 409	54432	149569	274,78
VILLAORILLE	401	344008	75997	22,09
	405	424112	82187	19,38
	401 a 403	434528	140981	32,44
	402 y 404	30564	166692	545,39
	405 a 410	620480	193834	31,24
PALENCIA	401	792	345178	43583,08
	405	34208	514032	1502,67
	401 a 404	2865354	945518	33,00
	405 a 410	1520872	702681	<b>46,20</b>
	406 a 410	1501056	1000927	<b>66,68</b>

Tabla nº 26: resultado de la clasificación realizada. Fuente: elaboración propia.



Los resultados ofrecidos por la clasificación en su comparación con los valores de superficie originales muestran una tremenda **disparidad**, al igual que se viene observando a lo largo de los resultados del Estudio. Así, hay categorías o clases de categorías a las que se asigna superficie por *defecto* y otras por *exceso*, incluso en amplísimas magnitudes.

En el primero de los casos, se debe a la introducción de varias variables en el cálculo binario, que por su forma de cálculo excluye amplias zonas de los mapas, y en el segundo, está motivada por la ausencia de concreción en otras variables que pudieran combinarse. Sin embargo, algunos resultados concretos, como por ejemplo las categorías 403 y 404 en Peguerinos, o las 405 a 410 y 406 a 410 de Villaorille, podrían atisbar una pequeña esperanza en que realizando los oportunos ajustes de los límites de los intervalos de valores seleccionados, se llegara a una mejor calidad en los resultados. Dichos ajustes serían las *iteraciones* que se preveían en la metodología planteada en un principio para la clasificación de superficies (Apartado 5.5.1), si bien parece **complicado parametrizar un concepto como la penetrabilidad** hasta el punto de definir exactamente los valores extremos de los intervalos para cada clasificación.



## 7. CONCLUSIONES

Como corolario a este Estudio, se exponen a continuación las principales **conclusiones** del Estudio, organizadas de forma que comenzando por describir los resultados del análisis estadístico de las variables y su empleo como clasificadores, se procede a continuación al examen de la propia metodología empleada, valorando el grado de cumplimiento de los objetivos y culminando con las posibles derivaciones y mejoras a tener en cuenta en el análisis de la penetrabilidad con datos LiDAR.

### 7.1. DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Analizados los valores de las variables consideradas, puede concluirse que:

- Se observa una gran **disparidad de valores** de las variables en términos generales y en todas las categorías, con rangos muy amplios salvo en contadas ocasiones. Esto podría estar relacionado con:
  - Subjetividad intrínseca a la definición de la penetrabilidad, ya descrita a lo largo de este Estudio.
  - Dificultad del cartografiado preciso de los contornos en los mapas de orientación, sobre todo en masas heterogéneas, y de la clasificación en categorías de penetrabilidad según las especificaciones.
  - Revisión del mapa de orientación desde el punto de vista "a ras de suelo" en lugar de la tradicional "vista desde arriba", lo cual acentúa el carácter relativo de estos mapas con respecto al área que se está cartografiando.
  - Errores inherentes al proceso de georreferenciación, sumados a la tradicional poca importancia dada a los sistemas de referencia en esta cartografía, que en conjunto hacen que la geometría de los mapas y sus polígonos adolezca de falta de exactitud, mayor cuanto mayor antigüedad del mapa base.
  - Falta de homogeneidad en la densidad de puntos de los vuelos analizados (ver Tabla nº 13).
  - Las diferentes formaciones forestales analizadas.
- Si se valoran **cualitativamente** las variables que a priori más pueden ayudar a definir la penetrabilidad atendiendo a su poder discriminante, reflejado por la Tabla nº 25, son, por este orden:
  1. Densidad de la vegetación entre 0 y 1 metros.
  2. Fracción de cabida cubierta a 1 metro.
  3. Fracción de cabida cubierta a 4 metros.



4. Altura del arbolado.
5. Densidad de la vegetación entre 1 y 4 metros.
6. Rugosidad.
7. Densidad del arbolado.
8. Densidad del dosel.

En todo caso, es evidente que para poder llegar a unas conclusiones con mejor base científica en este sentido, sería más apropiado realizar un análisis estadístico multivariable más pormenorizado, como por ejemplo un análisis de Componentes Principales a fin de averiguar qué parámetro explica mejor la variabilidad.

- En cuanto a la diferenciación en estratos de altura, sería *prudente* incluir una clase cercana al suelo, como p.ej. 0 - 0,3 m según (Mathisen, 2013) a fin de evitar la influencia del "ruido" en forma de pedregosidad, vegetación de porte bajo, etc.
- Si se observan los valores globalmente, se aprecia la existencia de **tendencias** entre las categorías, de tal manera que para la práctica totalidad de las variables, las categorías 404 a 410 presentan unos valores medios más elevados que las de orden inferior. Además, algunas categorías mostrarían mejor predisposición a su **discriminación** en base a los datos extraídos. Así, por este orden:
  1. Categoría 405.
  2. Categorías 407, 409 y 401, y combinaciones de las dos primeras.
  3. Grupo formado por las categorías 406, 408 y 410, si bien la distinción entre las tres podría realizarse con su tendencia creciente, por este orden, para las variables *Densidad 0 - 1 m* y *Densidad 1 - 4 m*.

Siendo las categorías 402, 403 y 404 las que a priori menor facilidad ofrecen a su diferenciación con los datos y variables analizadas.

- Cuando se pone el foco en los valores concretos de las variables que hagan de **límites** o extremos de los intervalos con los que diferenciar entre clases en una clasificación posterior, su definición resulta tremendamente complicada debido a que:
  1. No todas las formaciones forestales analizadas se adaptan por igual a las tendencias anteriormente indicadas.
  2. Existen particularidades en los comportamientos de algunas categorías, según el mapa del que se trate.
  3. Los intervalos definidos por  $\bar{x} \pm \sigma$  son excesivamente amplios.

Estas circunstancias llevan a pensar que la penetrabilidad es un concepto muy **difícil de parametrizar**, al menos en las condiciones del presente Estudio.



- Podría discriminarse adecuadamente entre las distintas **tipologías de bosque** analizadas, empleando las variables A a E, ya que no dejan de estar íntimamente relacionadas con variables de uso común en el ámbito forestal:
  1. Densidad de árboles: permite distinguir cuando las formaciones vegetales están dominadas por árboles de mayor porte y especialmente en coníferas, tal y como se describe en el manual de la herramienta empleada.
  2. FCC a 1 metro: cuando los valores sean máximos en todas las categorías, estaremos posiblemente ante una formación en la que predomina el monte bajo.
  - B. FCC a 4 metros: permite distinguir claramente cuando las formaciones presentan mayoritariamente árboles de gran porte, dado que altos % de los primeros ecos quedan por encima de esta altura sobre el suelo.
  - C. Altura de la vegetación: ídem al anterior.
  - D. Densidad de 0 a 1 metros: no permite discriminar claramente en este sentido.
  - E. Densidad de 1 a 4 metros: el monte bajo presenta valores elevados, como sucedía con la variable B (FCC a 1 metro).
  - F. Densidad del dosel: parece estar relacionada con la época de vuelo y las formaciones vegetales predominantes (especies perennifolias y de densas copas).

## 7.2. DE LA CLASIFICACIÓN

Se ha realizado una iteración de una clasificación consistente en multiplicar imágenes binarias que representan la distribución de los intervalos de valor seleccionados para cada variable en cada categoría o grupo de categorías. Los resultados obtenidos, aunque son muy dispares, podrían invitar a pensar que algunos **grupos de categorías** de penetrabilidad (por ejemplo la formada por las clases 405 a 410) podrían ser definidos con el oportuno ajuste de los límites de los intervalos. Por otro lado, es inevitable que dicha definición de intervalos sea adaptada a cada mapa y tipo de bosque.

## 7.3. SOBRE LA METODOLOGÍA

Una vez concluido el Estudio, con la metodología prevista desarrollada al completo, pueden indicarse los siguientes aspectos:

- Antes de abordar una materia como la definición de la penetrabilidad en los mapas de orientación, resulta indispensable comprender los extremos que atañen al parámetro, no sólo desde el punto de vista puramente cartográfico,



sino también desde la óptica que puede tener un corredor y un cartógrafo de orientación. Por ello, la consulta a corredores, expertos y cartógrafos junto a la comprobación en campo de cómo se define este importantísimo componente de los o - mapas resulta indispensable, máxime cuando se llega a este deporte por primera vez.

- Una vez realizada esta inmersión en el asunto central del trabajo, es posible realizar el intenso trabajo de revisión bibliográfica y del estado de la materia que se ha llevado a cabo. El objeto del Estudio adolece en general de escasez de bibliografía científica, realizada principalmente por un reducido número de autores centroeuropeos. Sí es más abundante, sin embargo, la presencia de ensayos y experiencias realizadas por cartógrafos de orientación a lo largo de todo el mundo, sobre todo en los últimos 4 años, con la mayor facilidad de acceso a datos LiDAR y a la aproximación del mundo de la orientación a la producción cartográfica estándar.
- El trabajo desarrollado para la elección de los terrenos forestales, y por ende, de los mapas de orientación que se emplean en el Estudio, ha supuesto el recabar cuantiosa información por parte de corredores, cartógrafos especialistas y desde el propio Instituto Geográfico Nacional (en cuanto a los vuelos LiDAR sobre cada zona), sin la que no habría podido realizarse una selección como la llevada a cabo. Se han encontrado grandes dificultades en la elección del mapa concreto a hacer intervenir en cada área, debido a la falta de coincidencia entre las zonas apropiadas y las fechas del mapa y del vuelo LiDAR sobre la zona. Finalmente, se han escogido 6 zonas de trabajo como representativas:
  1. Hayedos de Urbasa.
  2. Pinares de Peguerinos.
  3. Eucaliptal gallego de Canzobre.
  4. Bosque atlántico del Norte de España: Villaorille.
  5. Terreno mediterráneo catalán: Collserola.
  6. Encinares - carrascales del interior: "Monte el Viejo" de Palencia.
- La siguiente fase, correspondiente al tratamiento cartográfico de los mapas de orientación seleccionados por un lado desde su formato imagen original hasta su vectorización, y de depuración y filtrado de las nubes de puntos LiDAR, por otro, constituyen sin duda las etapas más laboriosas del Estudio. En lo que a horas globales de trabajo se refiere, la envergadura de esta fase fue una de las razones para limitar el área de estudio a 4 de los 6 mapas inicialmente previstos, descartando el análisis en los mapas Canzobre y Collserola por ser los de mayor dificultad en su georreferenciación. El empleo intensivo de distintos software GIS y de tratamiento de datos ha resultado fundamental en esta fase, en la que se ha primado al máximo la calidad en la preparación de



la información, hecho que resulta fundamental por su influencia en los resultados finales de este trabajo.

- La última etapa, correspondiente al análisis estadístico de los resultados así como al ensayo de clasificación de superficies en las distintas categorías de penetrabilidad de las zonas de estudio, ha conllevado una intensa revisión de los datos buscando posibles relaciones entre tipologías forestales, categorías de penetrabilidad y el propio funcionamiento de la tecnología LIDAR.

#### 7.4. EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El grado de cumplimiento de los objetivos establecidos se considera como sigue:

- Se ha desarrollado un **proceso de investigación** con las fases habituales en este tipo de estudios, a resultas del cual se han obtenido los resultados indicados en los Apartados 7.1 y 7.2.
- Se ha realizado un análisis pormenorizado del **estado actual** de la cuestión de la consideración de la vegetación en los mapas del deporte de orientación.
- Se ha **diseñado una metodología** de clasificación de superficies en base a la definición de variables obtenidas a través de datos LiDAR aerotransportados, realizándose asimismo el análisis descriptivo de sus valores y un ensayo de categorización que no ha resultado del todo fructífero dada la difícil parametrización del concepto de penetrabilidad. En este sentido, y como se ha indicado en el Apartado 7.1, podría haber sido mejorado complementado el trabajo realizado con un análisis estadístico más pormenorizado, y haber concluido con un control de calidad más exhaustivo.
- Se han empleado **datos PNOA - LiDAR** para la realización del estudio; en este sentido, se aprecia una cierta heterogeneidad de sus valores de densidad de puntos, si bien la utilidad de la fuente para un cartógrafo de orientación es máxima, habida cuenta del rigor del pre - procesado con el que se suministran estos datos. De esta manera, solamente sería necesario un sencillo pero muy laborioso (en cuanto a tiempo invertido) proceso de edición y clasificación interactiva de las nubes de puntos, como paso previo al empleo de los datos en la determinación de la penetrabilidad empleando metodologías como la descrita en el Estudio u otras que se desarrollen en un futuro. Esta utilidad será mayor cuando los ficheros \*.las estén a libre disposición en Internet.
- **Personalmente**, los objetivos que tenía con la realización de este Estudio han sido ampliamente cubiertos en lo que al adiestramiento en el manejo de la tecnología LiDAR, y concretamente en el tratamiento los datos PNOA - LiDAR enfocados al análisis forestal hace referencia, siendo ambas cuestiones de gran importancia para mí a nivel profesional.



## 7.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DERIVADAS

A partir de la línea de investigación realizada en el presente Estudio, podrían derivarse otras a fin de seguir avanzando en las relaciones entre el LiDAR y la penetrabilidad:

- Tomar datos de campo en parcelas de muestreo de forma análoga a la manera de trabajar en los modernos inventarios forestales con LiDAR. Así, tras diseñar un muestreo por parcelas en cada recinto de penetrabilidad, se podrían recoger los datos habituales (área basimétrica, diámetro de los árboles, nº de pies, etc.) en dichas parcelas. A partir de ellos podrían establecerse modelos de regresión entre los datos LiDAR y los datos de las parcelas derivando a partir de ellos la penetrabilidad para el resto de la masa (método de masa).
- Variaciones sobre el análisis realizado en este Estudio:
  - En áreas donde se hayan realizado vuelos LiDAR con mayor densidad de puntos.
  - En masas forestales de tipologías distintas, incluyendo las dos descartadas durante el transcurso del Estudio y las que están presentes en todo el país, que podrán analizarse cuando los vuelos PNOA - LiDAR estén disponibles para todo el territorio.
  - Con mapas más modernos, de mapas base más avanzados y realizados con datos georreferenciados, lo cual puede reducir errores de geometría.
  - Utilizar otras rejillas de cálculo distintas de las de 2 x 2 m y 15 x 15 / 10 x 10 m empleadas y otros rangos de altura para los estratos de análisis en el sentido vertical.
  - Emplear también los datos de intensidad almacenados en los retornos LiDAR.
  - Llevar a cabo un control de calidad de los resultados de la clasificación realizada, a la manera habitual en Teledetección, elaborando una matriz de confusión donde la verdad terreno sea la penetrabilidad determinada por el cartógrafo del O - mapa. Con ella podría valorarse la fiabilidad del método de clasificación así como sus errores por omisión o comisión.
- Aplicar técnicas de estadística inferencial (ej. test ANOVA) o multivariante. Es decir, ahondar en la fase estadística del estudio con el fin de explorar a fondo las relaciones entre variables y los resultados. En este sentido también beneficiaría a la validez del Estudio el empleo de una muestra más amplia.
- Ampliar el Estudio a otras modalidades de orientación: bicicleta de montaña, esquí, etc. donde la definición de las manchas de vegetación y su



penetrabilidad no ha de ser tan exhaustiva como en los mapas de la modalidad "a pie".

- Combinar el empleo del LiDAR con otras fuentes cartográficas, a la manera de otros estudios y análisis como los reseñados en el Apartado 2.6.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

Agresta S.Coop. (2013). *Apuntes del "Curso práctico de aplicaciones forestales de la tecnología LIDAR"*.

Ahokas, E., Hyypä, J., Yu, X., & Holopainen, M. (2011). Transmittance of airborne scanning pulses for boreal elevation modeling. *Remote Sensing*, 3 (7), 1365 - 1379.

Arias Pérez, B. (2011). *Láser y RaDAR*. Salamanca.

Arufe, J. (2010). Creación de algoritmos de generalización para la gestión de datos. *V Clinic Nacional de Cartografía 2010*.

ASPRS Board. (2008). *LAS Specification Version 1.2*. Especificación.

Bergeron, E. (29 de Junio de 2010). *Lidar for basemaps. Getting the most from your data*. Recuperado el Julio de 2014, de Catching features: [http://www.catchingfeatures.com/eddie/other/lidar\\_for\\_basemaps.ppt](http://www.catchingfeatures.com/eddie/other/lidar_for_basemaps.ppt).

Comité de Cartografía - Dirección Técnica FEDO. (marzo de 2013). *Web de la Federación Española de Orientación*. Recuperado el junio de 2014, de Directiva Nacional de Cartografía 2013: <https://docs.google.com/viewer?url=http://www.fedo.org/web/ficheros/cartografia/directivas/DIRECTIVA-2013-CARTOGRAFIA-FEDO.pdf&chrome=true>

Ditz, R., & Gartner, G. (2005). Applying laser scanning as a basis for deriving orienteering maps of Vienna. *Proceedings of the 22nd International Cartographic Conference*. A Coruña.

Ditz, R., & Gartner, G. (2014). Laser Scanning and Orienteering Maps. (I. O. (IOF), Ed.) *Scientific Journal of Orienteering*, 19 (1), 13 - 18.

ESTIIC (Encourager l'utilisation de la technologie, l'innovation et la société de l'information pour la compétitivité. (2007). *Aplicaciones industriales de la nanotecnología*. (F. ITMA, Ed.) Recuperado el mayo de 2014, de Web de IDEPA: [http://www.idepa.es/sites/web/Europol\\_D\\_i/Repositorios/galeria\\_descargas\\_Europol\\_D\\_i/folleto\\_aplicaciones\\_industriales\\_nanotecnologia.pdf](http://www.idepa.es/sites/web/Europol_D_i/Repositorios/galeria_descargas_Europol_D_i/folleto_aplicaciones_industriales_nanotecnologia.pdf)

Gartner, G., & Ditz, R. (2009). Laserscanning data as basis for deriving orienteering maps - A survey of the potential and further research. *Proceedings of the 24th International Cartographic Conference*. Santiago de Chile.

Gartner, G., Ditz, R., Briese, C., Mücke, W., & Pfeifer, N. (2007). Laser Scanning Data for Cartographic Data Modelling of Orienteering Maps. *Proceedings of the 23rd International Cartographic Conference*. Moscú.

Gloor, T. (2013). *Página web ICACI*. Recuperado el 1 de agosto de 2014, de Vegetation Height Maps from Digital Elevation Models – the Next Innovation in Producing Orienteering Maps: [http://icaci.org/files/documents/ICC\\_proceedings/ICC2013/slides/S09-F-3\\_Gloor\\_Vegetation\\_height\\_maps.pdf](http://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2013/slides/S09-F-3_Gloor_Vegetation_height_maps.pdf)

González Aguilera, D. (2012). *Procesamiento de datos LiDAR*.

Hederskog, T. (2010). Laser scanning and O-mapping in Sweden. *ICOM and Open Nordic Map Meeting (14th)*. Trondheim.



Kronlund, M. (1991). *Carrera de orientación : técnica, táctica y estrategia de la carrera de orientación y del trazado de recorrido para las competiciones*. Madrid.

Lennon, G. (2005). LiDAR Basemaps Come of Age. *Orienteering North America* , 26 - 28.

López González, G. (1982). *La guía de INCAFO de árboles y arbustos de la Península Ibérica*. Madrid: INCAFO.

Map Committee from International Orienteering Federation. (2000). *International Specification or Orienteering Maps*.

Mathisen, T. (Agosto de 2013). *Using Lidar point clouds for Orienteering base map generation*. Recuperado el julio de 2014, de Web de Terje Mathisen Software Consulting: [http://tmsw.no/mapping/basemap\\_generation.html](http://tmsw.no/mapping/basemap_generation.html)

McGaughey, R. (21 de Julio de 2014). Comunicación personal.

McGaughey, R. (Marzo de 2014). FUSION / LDV: Software for LiDAR Data Analysis and Visualization. Pacific Northwest Research Station, Forest Service, United States Department of Agriculture.

Meroño de Larriva, J. (2012). Equipos LiDAR y procesado de datos LiDAR.

Montalvo Rodríguez, J., Fernández Ulloa, A., Durán Amores, A., Lanaja del Busto, J., Sánchez Jardón, L., Acosta Gallo, B., y otros. (2013). Inventario exhaustivo de carbono en pinares de Coca (Segovia) mediante datos LiDAR. En M. Montero González, & M. Guijarro Guzmán (Ed.), *Actas 6º Congreso Forestal Español* (pág. 13 p). Pontevedra: Sociedad Española de Ciencias Forestales.

Muñoz Nieto, A. L. (2008). Los mapas de orientación: caracterización, análisis normativo y evaluación de la calidad externa. *Colección Vitor 221(1ª)*. (E. U. Salamanca, Ed.) Salamanca, España.

Ojeda Manrique, J. (6 de Mayo de 2014). Comunicación personal.

Ojeda Manrique, J. (15 de Julio de 2014). Comunicación personal.

Olivant, D., & Peckett, E. (2012). *British Orienteering Digital Elevation Project 2012*. Recuperado el Junio de 2014, de British Orienteering: [http://www.britishorienteering.org.uk/images/uploaded/downloads/mappers\\_digitalelevationproject.pdf](http://www.britishorienteering.org.uk/images/uploaded/downloads/mappers_digitalelevationproject.pdf)

Pascual Orcajo, R. (20 de Septiembre de 2012). *Cartografía & LiDAR en Urbasa* . Recuperado el Mayo de 2014, de Web del Club Deportivo Navarra - Sección de Orientación: <http://orientaciondeportivonavarraliganorte.blogspot.com.es/2012/09/cartografia-lidar-en-urbasa.html>

Petrovic, D. (2013). Automation in Orienteering Map Production – Fiction or Reality. *Proceedings of the 26nd International Cartographic Conference*. Dresde.

Petrovic, D. (2014). Reducing Field Work with Automation in Orienteering Map Production. (I. O. (IOF), Ed.) *Scientific Journal of Orienteering* , 19 (1), 3 - 12.

Petrovic, D. (2014). Reducing Field Work with Automation in Orienteering Map Production. *Scientific Journal of Orienteering* , 19 (1), 3 - 12.



Popescu, S., Wynne, R., & Nelson, R. (2003). Measuring individual tree crown diameter with LiDAR and assessing its influence on estimating forest volume and biomass. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 29 (5), 564 - 577.

Rodríguez Borreguero, J. (10 de Febrero de 2014). Comunicación personal.

Ruiz, A., & Soro, M. (2011). *Aplicación de datos lidar a los mapas de orientación en La Fageda d'en Jordà*. Recuperado el Marzo de 2014, de Web del Institut Cartogràfic y Geològic de Catalunya: [http://www.icc.cat/esl/content/download/48069/330362/file/fageda\\_v7.pdf](http://www.icc.cat/esl/content/download/48069/330362/file/fageda_v7.pdf)

Ryyppo, J. (2014). Software Karttapullautin. Finlandia.

Santoyo, F. (2001). *Los terrenos de orientación en España: los mapas españoles*. Recuperado el Febrero de 2014, de Web de la Federación Española de Orientación: [http://www.fedo.org/eeto/Articulos\\_Tecnicos/Terrenos\\_de\\_orientacion\\_en\\_espana.pdf](http://www.fedo.org/eeto/Articulos_Tecnicos/Terrenos_de_orientacion_en_espana.pdf)

Valbuena Rabadán, M., Cantero Amiano, A., Santamaría Peña, J., & Sanz Adán, F. (2013). Cálculo de variables de masa para *Pinus sylvestris* L. en Álava a partir de individualización de copas con datos LiDAR aerotransportado y datos del IFN4. En G. Montero González, & M. Guijarro Guzmán (Ed.), *Actas 6º Congreso Forestal Español* (pág. 11 p). Pontevedra: Sociedad Española de Ciencias Forestales.

Vidal Triquell, M. (2000). *Especificaciones internacionales para la elaboración de mapas de orientación*. Federación Española de Orientación.

Vidal Triquell, M. (2011). Georreferenciación en los O - maps. *IV Clinic Cartofedo*.

Vidal Triquell, M. (2013). ISOM 20XX ¿Una nueva perspectiva? *VII CLINIC CARTOFEDO 2013*. Toledo.

Zentai, L. (2014). Cartography and Orienteering: the Implementation of New Cartographic Techniques in Making Orienteering Maps. (I. O. (IOF), Ed.) *Scientific Journal of Orienteering*, 29 - 37.

Zentai, L. (2001). Development of orienteering maps' standardization. *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference - Mapping the 21st Century*, 4, págs. 2753 - 2759. Beijing.

Zentai, L. (2009). New technologies in making orienteering maps. (I. O. (IOF), Ed.) *Scientific Journal of Orienteering*, 17 (1), 55 - 63.



# **ANEXO I**

## **DATOS PNOA - LiDAR**



Referencia:

**SOLICITUD DE LICENCIA PARA USO NO COMERCIAL, LIBRE Y GRATUITO<sup>1</sup>, DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DIGITAL GENERADA POR EL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL**  
(Orden FOM/956/2008-31 MARZO, BOE del 8 de abril de 2008)

**1. IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE** *(Titular de la licencia)*

Nombre de Empresa, Institución o Particular*	UNIVERSIDAD DE SALAMANCA		
CIF/NIF/VAT:*	Q3718001E	Perfil del solicitante:*	Universidad
Dirección:*	CALLE HORNOS CALEROS 50	Población:*	AVILA
Provincia:*	AVILA	País:*	ESPAÑA
		Código Postal:*	05003
Persona de Contacto:*	Angel Luis Muñoz Nieto	Teléfono:	920353500
		Fax:	920353501
Correo electrónico*:	almuni@usal.es	En caso <sup>2</sup> de requerir disco duro externo, será suministrado por:	<input type="radio"/> el CNIG (se añadiría a factura) <input type="radio"/> el solicitante

Los datos personales recogidos por el CNIG (C/General Ibáñez de Ibero, 3, 28003 - Madrid) en ficheros informáticos se tratan de acuerdo con el Artículo 5 de la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, siendo el CNIG responsable de los mismos. Usted tiene el derecho de acceder a los mismos, rectificarlos o cancelarlos.

**2. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DIGITAL QUE SOLICITA\*** *-Tipo de información y zona geográfica*

Archivos \*.LAS de los vuelos PNOA - LiDAR realizados sobre las zonas delimitadas por el archivo LIDAR.shp que se adjunta. Y a ser posible, también todos los metadatos correspondientes (tratamiento previo, fecha de toma de datos, altitud geoidal u ortométrica...). Las zonas son polígonos regulares enmarcados en las siguientes coordenadas (XYesquina superior izquierda - XYesquina inferior derecha, ETRS89 UTM30N):  
 -VISTA RICA (924927.782, 4605488.259 - 929288.124, 4598841.912)  
 -PEGUERINOS (397665.317, 4503350.825 - 401237.199, 4498477.19)

Si cree necesario adjuntar algún documento, indíquelo en este recuadro. Si necesita consultar qué tipo de Información Geográfica Digital está disponible o ampliar información, escriba previamente un correo electrónico a consulta@cnig.es. Puede también visitar www.ign.es.

**3. DESCRIPCIÓN del USO de la INFORMACIÓN SOLICITADA\***

Título y breve descripción del uso al que va destinado:*	
La información será empleada exclusivamente para la realización del estudio denominado "Clasificación de las masas vegetales en los mapas de orientación a través de imágenes LiDAR"; se trata de un Trabajo Fin de Máster de Investigación de 12 créditos ECTS desarrollado en el marco del Master en Geotecnologías Cartográficas en la Ingeniería y la Arquitectura perteneciente a la Universidad de Salamanca. El proyecto está siendo realizado por el alumno Luis Carlos Fernández García, bajo la supervisión de de Angel Luis Muñoz Nieto, profesor del campus de la ETS de Ávila. El estudio pretende relacionar los parámetros de los	
Ámbito*: Nacional	CCAA/Provincia/Otro:
Áreas Temáticas*: (seleccione al menos una)	Otra área:
<input type="checkbox"/> Cartográfica <input type="checkbox"/> Investigación, Ciencia e Innovación <input type="checkbox"/> Educación y Formación <input type="checkbox"/> Forestal / Biodiversidad <input type="checkbox"/> ---Seleccione otra área adicional----> <input type="checkbox"/> ---Seleccione otra área adicional---->	Observaciones:
Calificación de utilidad 1-poca // 5-mucha	5
Comentarios:	Información fundamental para el estudio.
Necesidad de actualización 1-poca // 5-mucha	3
Comentarios:	Debe existir la mayor coincidencia de fechas posible entre los mapas empleados y el vuelo LiDAR sobre la zona correspondiente.

Esta información descriptiva es necesaria para mejorar la prestación de servicios, así como para poder realizar consultas técnicas sobre los datos solicitados.

<sup>1</sup> Excepto costes de tramitación y servicio, a determinar en cada caso según datos solicitados.

<sup>2</sup> La forma de envío de la Información Geográfica se realizará, según su volumen, por correo electrónico, FTP, DVD o disco duro externo.

\* Campo obligatorio

#### 4. CONDICIONES DE USO DE LA INFORMACIÓN SOLICITADA\*

1. La licencia de uso solicitada ampara exclusivamente el uso no comercial de la información geográfica, entendiéndose como tal el uso que no conlleva aprovechamiento económico directo, indirecto o diferido. Cualquier uso distinto al descrito, incluida la publicación, requerirá la suscripción de una autorización o contrato específico con el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), devengando, en su caso, la contraprestación económica correspondiente. En caso de duda deberá establecerse contacto con el CNIG (consulta@cnig.es).

2. El usuario titular de la licencia se compromete a citar al Instituto Geográfico Nacional (IGN) mediante la fórmula: «© Instituto Geográfico Nacional de España» como origen y propietario de la información geográfica suministrada ante cualquier exhibición o difusión de ella, o de parte de ella o de cualquier producto que, aún siendo de forma parcial, la incorpore o derive de ella.

- Si se tratara de Ortofoto o MDT5 (PNOA®), la mención se sustituirá por: «PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España».
- Tratándose de datos LiDAR, la mención se sustituirá por: «LiDAR-PNOA cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España».
- En caso de datos SIOSE®, la mención se sustituirá por: «SIOSE cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España».
- Tratándose de CartoCiudad®, la mención se sustituirá por: «CartoCiudad cedido por © Instituto Geográfico Nacional de España».

3. En caso de CartoCiudad®, los nuevos productos o servicios que puedan generarse basados en CartoCiudad® no incluirán ninguna referencia a la información catastral, ni suplantarán explícitamente o mediante productos o servicios que puedan dar lugar a confusión a los ofrecidos por la Dirección General del Catastro, del Ministerio de Economía y Hacienda, o a los ofrecidos por la Sociedad Estatal Correos y Telégrafos S.A., a quienes corresponde en exclusiva la competencia para la difusión de la información catastral y postal respectivamente, así como el ejercicio de los derechos de propiedad intelectual inherentes a la información y a las bases de datos catastrales y postales.

4. La cesión de la información digital licenciada, de otra que la incorpore o de cualquier producto derivado de ella, a otra persona física o jurídica, requerirá la concesión por el CNIG de nueva licencia al nuevo usuario, o que el cedente comunique expresamente por escrito al nuevo usuario las condiciones originales de licenciamiento establecidas por el CNIG, y que el nuevo usuario acepte expresamente dichas condiciones. Esta comunicación puede llevarse a término mediante el documento estándar descargable desde [www.ign.es](http://www.ign.es), o bien a través de un documento definido por el cedente y aprobado previamente por el CNIG.

5. Esta licencia de uso no comercial, no supone la concesión de ningún tipo de exclusividad, aval o patrocinio, ni responsabilidad alguna del IGN sobre el uso derivado de los datos geográficos.

#### 5. ACEPTACIÓN

Lugar y fecha*:	Lugar <input type="text" value="Avila"/>	Fecha <input type="text" value="08-abr-2014"/>
-----------------	--	--

Con el envío cumplimentado de esta solicitud, el solicitante, abajo firmante, **acepta expresamente las Condiciones de Uso**, y declara que son ciertos los datos aportados.\*

\* 

Firma digital

Firmado por\*

(Indicar nombre, apellidos y cargo)

Esta solicitud/licencia, una vez cumplimentada deberá ser **FIRMADA**, insertando imagen escaneada de la firma o rubricando con las "herramientas" de Acrobat o mediante firma digital (certificado digital), y devuelta al CNIG por correo electrónico (desde la opción directa del menú superior o manualmente a [consulta@cnig.es](mailto:consulta@cnig.es)); o bien remitiéndola impresa y firmada por fax (915979693) al CNIG además de enviarla, si es posible, cumplimentada por correo electrónico.

#### SR. DIRECTOR DEL CENTRO NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

\* Campo obligatorio



## LISTADO DE FICHEROS PNOA - LiDAR SOLICITADOS

Mapa	Hojas PNOA - LiDAR
Urbasa	PNOA_2012_LOTE_NAV_560-4744_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2012_LOTE_NAV_560-4746_ORT-CLA-COL.ias <b>PNOA_2012_LOTE_NAV_562-4744_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2012_LOTE_NAV_562-4746_ORT-CLA-COL.ias</b> PNOA_2012_LOTE_NAV_564-4744_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2012_LOTE_NAV_564-4746_ORT-CLA-COL.ias <b>PNOA_2012_LOTE_NAV_566-4744_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2012_LOTE_NAV_566-4746_ORT-CLA-COL.ias</b> PNOA_2012_LOTE_NAV_568-4744_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2012_LOTE_NAV_568-4746_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2012_LOTE_PV_560-4744_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2012_LOTE_PV_560-4746_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2012_LOTE_PV_562-4744_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2012_LOTE_PV_562-4746_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2012_LOTE_PV_564-4744_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2012_LOTE_PV_564-4746_ORT-CLA-COL.ias
Peguerinos	PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD_396-4500_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD_396-4502_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD_396-4504_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD_398-4500_ORT-CLA-COL.ias <b>PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD_398-4502_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD_398-4504_ORT-CLA-COL.ias</b> PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD_400-4500_ORT-CLA-COL.ias <b>PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD_400-4502_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2010_Lote7_CYL-MAD_400-4504_ORT-CLA-COL.ias</b>
Canzobre	NOA_2010_Lote10_GAL_542-4792_ORT_CLA_COL.ias PNOA_2010_Lote10_GAL_542-4794_ORT_CLA_COL.ias PNOA_2010_Lote10_GAL_542-4796_ORT_CLA_COL.ias PNOA_2010_Lote10_GAL_544-4792_ORT_CLA_COL.ias PNOA_2010_Lote10_GAL_544-4794_ORT_CLA_COL.ias PNOA_2010_Lote10_GAL_544-4796_ORT_CLA_COL.ias PNOA_2010_Lote10_GAL_546-4792_ORT_CLA_COL.ias PNOA_2010_Lote10_GAL_546-4794_ORT_CLA_COL.ias PNOA_2010_Lote10_GAL_546-4796_ORT_CLA_COL.ias



Mapa	Hojas PNOA - LiDAR
Villaorille	<b>PNOA_2012_LOTE_AST_254-4786_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2012_LOTE_AST_254-4788_ORT-CLA-COL.ias</b> PNOA_2012_LOTE_AST_256-4786_ORT-CLA-COL.ias <b>PNOA_2012_LOTE_AST_256-4788_ORT-CLA-COL.ias</b>
Collserola	PNOA_2010_Lote_CAT_422-4588_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_422-4590_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_422-4592_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_422-4594_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_424-4588_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_424-4590_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_424-4592_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_424-4594_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_426-4588_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_426-4590_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_426-4592_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_426-4594_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_428-4590_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_428-4592_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote_CAT_428-4594_ORT-CLA-COL.ias
Palencia	<b>PNOA_2010_Lote5_CYL-RIO_366-4646_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2010_Lote5_CYL-RIO_366-4648_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2010_Lote5_CYL-RIO_368-4646_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2010_Lote5_CYL-RIO_368-4648_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2010_Lote5_CYL-RIO_370-4646_ORT-CLA-COL.ias</b> <b>PNOA_2010_Lote5_CYL-RIO_370-4648_ORT-CLA-COL.ias</b> PNOA_2010_Lote5_CYL-RIO_372-4646_ORT-CLA-COL.ias PNOA_2010_Lote5_CYL-RIO_372-4648_ORT-CLA-COL.ias

Tabla nº 1: hojas PNOA - LiDAR solicitadas (en negrita las finalmente empleadas). Fuente: elaboración propia.

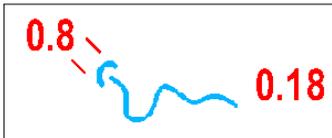
# **ANEXO II**

## **PENETRABILIDAD: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**



### 312. Pozo, fuente

Pozo o fuente, claramente visible en el terreno.  
Color: azul.



### 313. Manantial

Nacimiento de un arroyo con una clara corriente de agua. El símbolo está abierto aguas abajo.  
Color: azul.



### 314. Elemento especial, particularidad hidrográfica

Un elemento pequeño y especial hidrográfico. La definición del objeto irá siempre reflejada en la leyenda del mapa.  
Color: azul.

## 4.4 VEGETACIÓN.

La representación de la vegetación es importante para el orientador pues ésta afectará a su velocidad de desplazamiento y visibilidad proporcionando también elementos o puntos de referencia para la lectura del mapa.

### COLOR

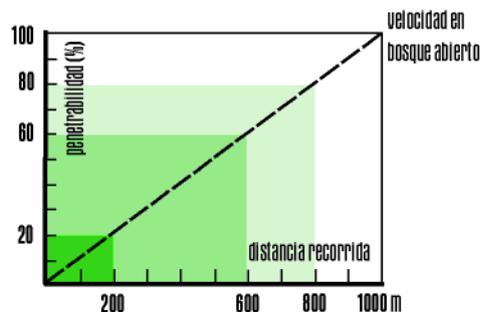
El principio básico es el siguiente:

- El **blanco** representa el bosque atravesable.
- El **amarillo** representa varias categorías de zonas descubiertas o despejadas.
- El **verde** representa la densidad del bosque y de la maleza de acuerdo con la posibilidad de progresión del corredor (penetrabilidad) y se divide en varias categorías.

### POSIBILIDAD DE CORRER (PENETRABILIDAD)

La penetrabilidad depende de la naturaleza del bosque (densidad de árboles, o arbustos y matorrales - helechos, zarzas, ortigas, etc. -) pero no tiene en cuenta los pantanos, el terreno pedregoso, etc. que se representan con símbolos especiales. La posibilidad de correr en un bosque la establecen cuatro categorías de acuerdo con la velocidad de desplazamiento. Sí por ejemplo la velocidad genérica en bosque abierto es de 5 min./Km. se pueden aplicar los siguientes ránkios.

Bosque abierto	80-100 %	5 -	6:15 min./km.
Carrera lenta	60-80 %	6:15 -	8:20 min./km.
Carrera difícil	20-60 %	8:20 -	25:00 min./km.
Carrera imposible	0-20 %	<	25:00 min./km.



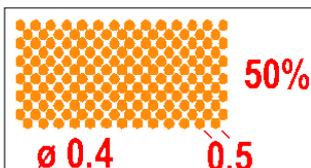
### 401. Terreno abierto



Tierra cultivada, campos, praderas, terrenos de hierba, etc., sin árboles, ofreciendo una carrera fácil. Si el color amarillo es el que se presenta dominante se usará una trama al 75 % en lugar del amarillo a color completo.

Color: amarillo.

### 402. Terreno abierto con árboles dispersos



Praderas con algunos árboles o arbustos, terreno con hierba o similar que ofrecen una carrera fácil. Las zonas más pequeñas de 10 mm<sup>2</sup> de este tipo a escala del mapa se muestran como terreno abierto(401). Se pueden añadir árboles bajo la especificación de símbolos especiales de vegetación (418,419,420). Si el amarillo se vuelve dominante se empleará una trama al 75 % en lugar del amarillo completo.

Color: amarillo (20 líneas/cm).



#### 403. Terreno abierto basto/áspero

Brezales, páramos, terrenos recién plantados (árboles de altura inferior a 1 m) u otro tipo de terreno generalmente con vegetación basta, con arbustos o hierba alta. Este símbolo puede combinarse con los 407 ó 409 para indicar que se reducirá la velocidad de carrera.

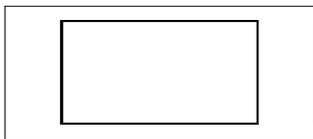
Color: amarillo 50 % (60 líneas/cm).



#### 404. Terreno abierto basto/áspero con árboles dispersos

En zonas de árboles dispersos en terreno abierto, (las áreas de blanco o verde) deberán aparecer en el tono correspondiente. Son zonas de transición en el bosque, cubiertas irregularmente y con baja densidad de árboles. Tal área se puede generalizar utilizando una trama regular de puntos blancos grandes sobre trama amarilla. Áreas menores de 16 mm<sup>2</sup> a la escala del mapa se muestran como terreno abierto basto (403). Se pueden añadir árboles bajo la especificación de símbolos especiales de vegetación (418,419,420).

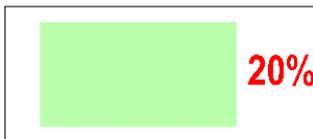
Color: amarillo 70 %(60 líneas/cm), blanco 48,5 %(14,3 líneas/cm)



#### 405. Bosque: carrera fácil

Característico bosque abierto cuando se trata de este tipo de terreno. Si no hay ninguna parte del bosque que sea transitable no debe aparecer nada de blanco sobre el mapa.

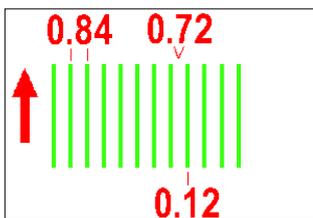
Color: blanco.



#### 406. Bosque: carrera lenta

Una zona con arboleda densa (baja visibilidad) que reduce la carrera al 60-80 % de la velocidad normal.

Color: verde 30 % (60 líneas/cm).



#### 407. Maleza: carrera lenta

Zonas de maleza densa pero con buena visibilidad (brezales, arbustos bajos, e incluso ramas cortadas) que reducen la velocidad de carrera al 60-80 % de la normal. Este símbolo nunca se combinará con los 406 o 408.

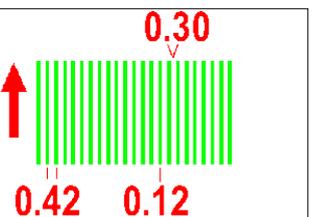
Color: verde 14,3 % (11,9 líneas/cm).



#### 408. Bosque: carrera difícil

Zona densa de árboles o matorrales (poca visibilidad) lo cual reduce la velocidad al 20-60 % de la posible en bosque limpio.

Color: verde 60 % (60 líneas/cm).

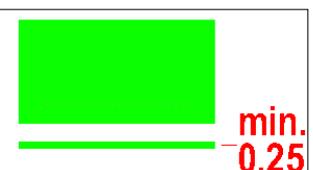


#### 409. Maleza: carrera difícil

Zona de maleza muy espesa con buena visibilidad (ramas, brezales, arbustos bajos, incluyendo ramas cortadas)

reduciendo la velocidad de carrera entre el 20-60 % de la posible. Este símbolo no se puede combinar en ningún caso con el 406 ó 408.

Color: verde 28,6 % (23,8 líneas/cm).



#### 410. Vegetación: muy difícil de correr, impasable

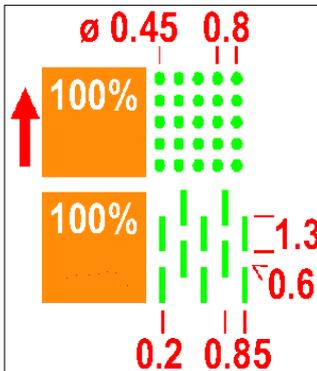
Zona de vegetación muy densa (árboles o maleza), casi inaccesible. Se reduce la velocidad de carrera normal hasta el 0-20 %.

Color: verde 100 %.



#### 411. Bosque: carrera fácil en una dirección

Cuando una zona de bosque es penetrable en una determinada dirección, se dejan pasillos de color blanco indicando esa dirección de carrera fácil.  
Color: verde, blanco.



#### 412. Huertos

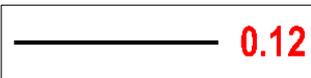
Terreno cultivado con árboles frutales o árboles jóvenes. Las líneas de puntos deben indicar la dirección de la plantación. Si predomina el color amarillo, se usará una trama al 75 % en lugar del amarillo a color completo.

Color: amarillo y verde 25 % (12,5 líneas/cm).

#### 413. Viñedos

Las líneas se deben orientar para indicar la dirección de la plantación del cultivo. Si predomina el color amarillo, se usará una trama al 75 % en lugar del amarillo a color completo.

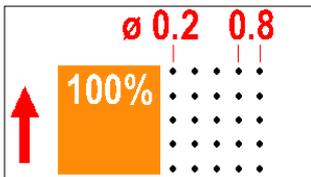
Color: amarillo y verde.



#### 414. Límites claros de zonas de cultivos

Los límites de los terrenos cultivados cuando no se indican por otros símbolos (vallas, paredes, caminos, etc.), se indican con una línea negra continua. Los límites permanentes entre diferentes tipos de cultivo también se indican con este símbolo.

Color: negro.



#### 415. Zona de cultivo

El terreno cultivado estacionalmente puede representarse con trama de puntos negros para indicar esta peculiaridad.

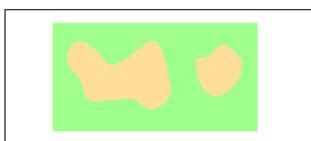
Color: amarillo 100 %, negro 5 % (12,5 líneas/cm).



#### 416. Límite de vegetación preciso.

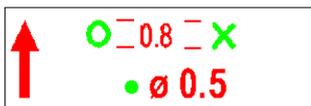
Un borde claro del bosque o un cambio de vegetación muy marcado dentro del bosque.

Color: negro.



#### 417. Límite de vegetación impreciso

En aquellos casos en que no hay una clara diferencia de vegetación, no se dibuja el límite. El paso de una zona a otra, se indica sólo por la diferencia de color o de la trama de puntos.



#### 418. 419. 420. Elementos especiales de vegetación

Estos símbolos se pueden utilizar para representar pequeños elementos especiales de vegetación. En la leyenda del mapa debe figurar la descripción exacta de su significado.

Color: verde.

### 4.5 ELEMENTOS HECHOS POR EL HOMBRE.

La red de carreteras y caminos ofrece un conjunto de información importante para el corredor, y su clasificación debe ser claramente reconocible en el mapa. Particularmente importante es la clasificación de los caminos pequeños. Debe tenerse en cuenta no sólo el ancho, sino también como será de identificable el camino para el corredor.

También son importantes otros elementos artificiales, tanto para la lectura del mapa como para la colocación de los controles.



## PROBA DE LIGA GALEGA MODALIDADE SCORING E CAMPIONATO GALEGO DE RELEVOS

BOLETÍN 1



**Data** domingo, 7 de novembro 2010

**Organiza** SM Ártabros – Club Apa Liceo

### Lugar

Canzobre-Arteixo (campo de fútbol de Freán). O acceso estará sinalizado dende a autoestrada.

### Horario

09:45h	Estarán dispoñibles as estacións de limpeza e comprobación das tarxetas electrónicas para o scoring.
10:10h	Situarse na zona do campo de fútbol de Freán. Ffaranse dous grupos : (percorridos 1, 2, 3, 4, y 5) , e o outro ( percorridos 6 y 7).
10:20h	Reparto dos mapas, que non se poderán ver ata dar a saída.
10:30h	Darase a saída a todos os participantes
Despois de fichar na meta haberá que descargar os datos e despois limpar a tarxeta electrónica para a seguinte proba de relevos.	

### Aluguer da tarxeta electrónica

3€ de aluguer (sen fianza)

28€ que se pagarán no caso de perda ou deterioro.

## Acceso á zona de competición

O campo de fútbol de Freán está a carón da autovía A-6, saída de Uxes (Saída 589 da A-6/E-70, Uxes-Orro-Culleredo), moi cerca do final desta autovía, situado na rotonda de Sabón, en Arteixo. Polo tanto, pódese chegar facilmente tanto para os que entren na autovía pola banda de Arteixo como para os que veñan dende Lugo.

Os que veñan pola autoestrada AP-9, poden facer dúas cousas: acceder á autovía A-6 (Saída 16 da AP-9/E-1, Arteixo-Lugo-Madrid) e seguir as indicacións que aquí se detallan; continuar ata a entrada da Coruña e coller a estrada do Polígono de Pocomaco, á altura do Carrefour.

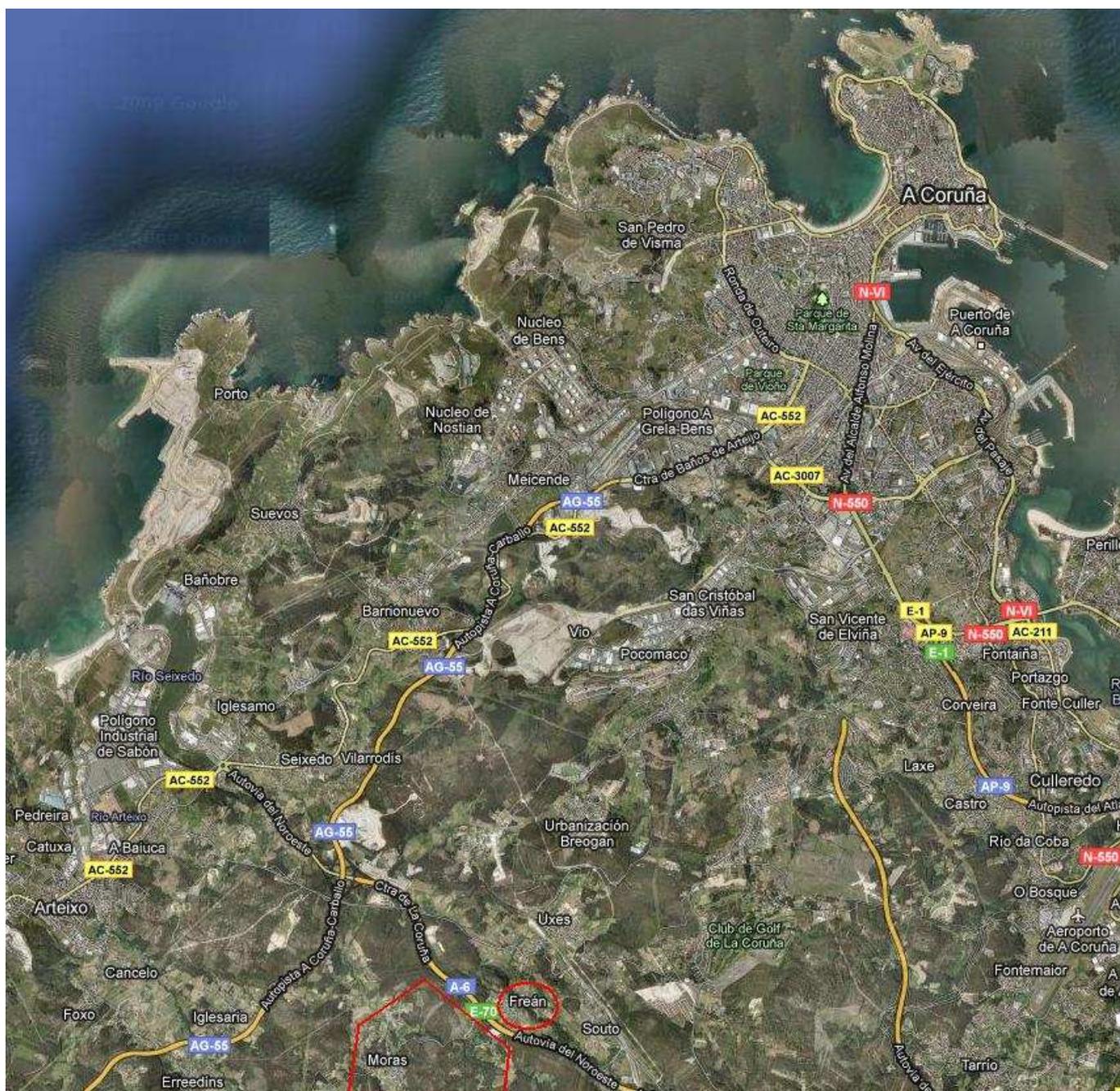


Figura 1. Foto de situación xeral da área de competición (en vermello).

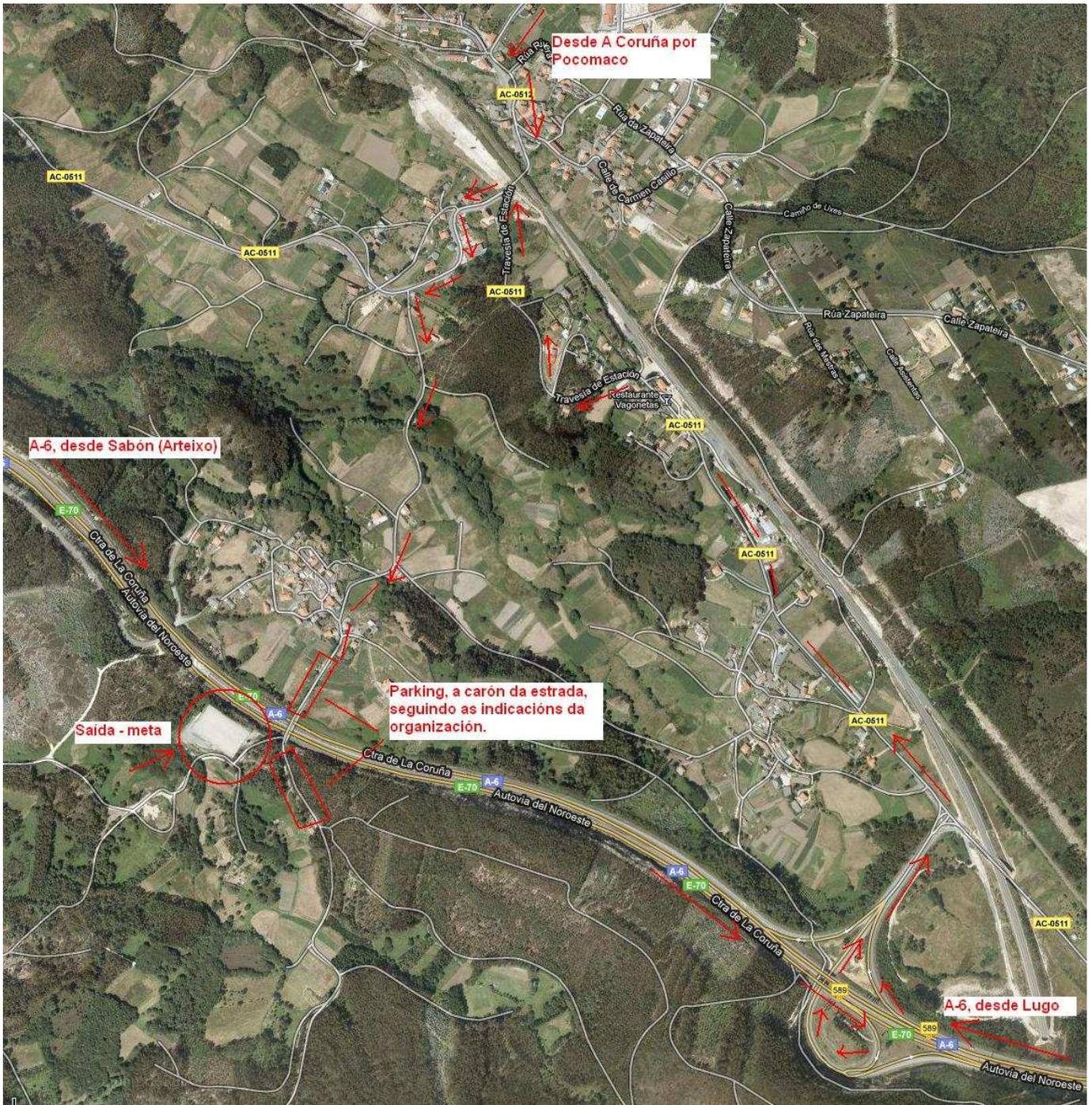


Figura 2. Foto de situación con indicacións de acceso á área de competición.

O espazo para aparcamento dos vehículos é un pouco limitado, porque agora non se pode aparcarse no campo de fútbol, xa que foi arranxado con céspede artificial. Polo tanto, pedimos que os condutores aparcen con moito coidado a carón da estrada que accede ao campo de fútbol, e contando sempre coas indicacións do persoal da organización.

## Datos técnicos

### Scoring

É a primeira proba do día. A saída producirase en masa (todos ao mesmo tempo), ás 10:30 h.

Percorridos	Categorías	Balizas	Tempo límite
6, 7	H-21, H-35, D ELITE, H ELITE	18	45 minutos
1, 2, 3, 4, 5	O resto de categorías	12	40 minutos

### Relevos

A saída da proba de relevos tamén se producirá en masa (primeiros relevistas de cada equipo). Será ás 12:00 h, en canto se prepare o dispositivo correspondente na zona de saída. Antes do comezo daranse as explicacións oportunas para que os competidores teñan o máis claro posible cal é o mecanismo de funcionamento.

Lémbrese que os equipos compostos integramente por homes terán que facer unha das quendas un pouco máis longa (plus).

Categoría	Balizas	Distancia	Desnivel
Cadete	9 (13 co plus)	2.100m (2.900m, plus) aprox.	Entre 110 e 140 m
Junior	10 (15 co plus)	2.100m (2.900m, plus) aprox.	Entre 115 e 140 m
Senior	15 (21 co plus)	3.100m (3.900m, plus) aprox.	Entre 130 e 170 m
Veteranos A	11 (16 co plus)	2.800m (3.600m, plus) aprox.	Entre 120 e 145 m
Veteranos B	10 (15 co plus)	2.100m (2.900m, plus) aprox.	Entre 120 e 145 m

# ESPECIFICACIÓNS DO TERREO

Toda a zona da proba de relevos foi revisada unha semana antes da proba, polo que agás modificacións de última hora (talas, desbroces) o mapa representará de forma fiable todos os elementos que encontredes. Para facilitar a lectura do mapa, a proba de relevos correrase en escala 1:7500

## DESCRINCIÓN DO TERREO:

Terreo moi variable no que podemos destacar:

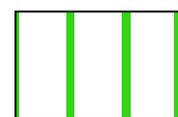
- Ampla rede de camiños que permite nalgúns tramos que a carreira sexa moi rápida.
- Zonas de vexetación moi variada na que é moi importante facer unha boa lectura da vexetación espesa e seleccionar as zonas de paso mellores, para non perder moito tempo en atravesar zonas moi lentas ou de gran dificultade.
- Áreas máis ou menos limpas con abundantes detalles de rochas que esixen unha orientación moi precisa.
- Aínda que se buscaron as zonas máis limpas do mapa, existen outras que se utilizaron debido á abundancia de detalles e que posúen diversos graos de vexetación baixa, polo que se recomenda protexer o corpo co uso de calzado resistente, polainas e roupa longa que suavicen o golpe en carreira contra calquera pau solto, ramas ou similar. Unha boa protección fará que os corredores disfruten máis da proba.

En especial debedes elixir con coidado as zonas polas que ides atravesar tendo en conta as seguintes **especificacións sobre a vexetación**:

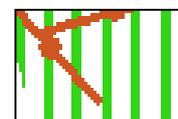
- **Bosques abertos:** Normalmente corresponde a bosque de eucaliptos ou piñeiros que nestas épocas do ano se limparon e permiten a carreira cómoda, ou a vexetación que posúen é mínima ralentizando pouco a marcha.



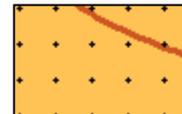
- Bosque con vexetación baixa pouco densa: **Áreas de bosque con algo de monte baixo (brezos baixos ou feitos normalmente) pouco denso que ralentizan pouco a velocidade de carreira. Polo que son áreas de elección para atravesar. Nalgúns casos existen zonas máis pechadas representadas desta forma cando existen moitos pasos entre a vexetación que fan que se poida atravesar facilmente**



- Bosque con vexetación baixa moi densa: **Áreas de bosque con monte baixo con boa visibilidade pero que son difíciles de atravesar (moita densidade de feitos, ou toxos ou silvas baixas). Aínda que en ocasións se poden atravesar, polo xeral non son recomendables (especialmente no caso de silvas e toxos).**



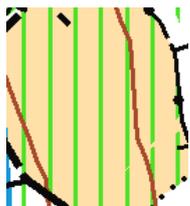
- **Terreos de cultivo:** que deberá respectar o corredor tendo que bordealos.



- **Terreo despexado basto:** en xeral son zonas rápidas, aínda que nalgúns casos a herba pode estar alta e ralentizar algo a marcha .

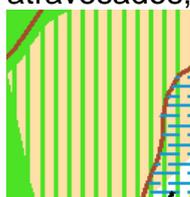


Nalgunhas zonas de tala debido á presenza de ramas ou silvas aparecerán raiados.



A presenza de ramas en zonas de tala recente fai que o tránsito poida ser perigoso, rogamos extremar as precaucións ao transitar por este tipo de terreo

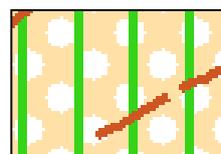
Nalgúns casos os fieitos e silvas creceron tanto nos prados que non poden ser atravesados, aparecendo cun raiado denso ao **permitir a visibilidade pero non o paso.**



- **Área semiaberta con árbores dispersas:** soen corresponder a bosques con árbores novos dispersos. Poden ter algo de vexetación baixa pero en xeral se poden atravesar con facilidade



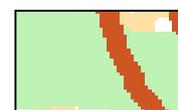
- **Área semiaberta con árbores dispersas pero con vexetación rasteira** (brezos, ramas ou toxos pequenos) que dificulta algo a marcha.(muchas delas son áreas taladas recentemente na que queda algunha árbore de pequeno porte e na que as ramas que quedan no terreo dificultan a carreira). Polo xeral son zonas fáciles de atravesar que permiten a carreira pero a ritmo máis lento



- **Zonas con árbores dispersas con vexetación rasteira alta que impide o paso dos corredores:** débense evitar xa que aínda que a vexetación é baixa e permiten a visibilidade é imposible o paso pola súa alta densidade e/ou polo tipo de vexetación (toxos, silvas)

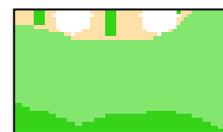


- **Bosques con alta densidade de arborado pero limpos que se poden atravesar facilmente** normalmente son pequenas masas de árbores autóctonas como carballos... con escasa vexetación baixa no seu interior. Ou zonas de eucaliptos moi densas pero limpas de

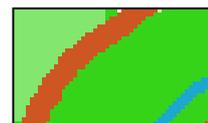


vexetación baixa. Son zonas que non permiten unha carreira rápida pero fáciles de atravesar

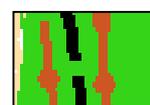
- **Áreas de bosque moi pechadas, poden permitir o paso con moita dificultade** (realmente a forza de esmagar a vexetación, é dicir non son impenetrables pero hai que facer “trocha”): desaconséllase como opción o intentar atravesalas



- **Zonas de bosque ou toxo moi pechadas imposible de atravesar**. Non o intentedes aínda que sexan poucos metros. A diferenza da anterior é imposible facer “trocha”



- Poden existir **camiños marcados como sendas pouco definidas dentro de áreas de vexetación espesa**, son camiños moi marcados no terreo pero nos que xa creceu moito a vexetación e é imposible atravesalos



- Poden existir **pasos a través de zonas verdes** que foron marcados como:

- Sendas: se están ben definidas



- Franxas de vexetación máis fácil de atravesar en medio do verde: se corresponden a pasos difusos, ou sendas pouco definidas (debido ao paso de cazadores, etc...), nestes casos pode estar representado no mapa a zona máis grande da realidade para facilitar a súa visión.



- En ocasións os lindes das leiras con camiños posúen zonas de vexetación moi densa pero si hai ocos se representaron con verdes con zonas descontinuas.



# Información técnica

## ZONA DE CARRERA (al otro lado del embalse)



### DESCRIPCIÓN DEL TERRENO **VILLAORILLE**

Terreno en ladera a orillas de un pantano que limita el mapa al norte. Pendiente tolerable. Tipo de bosque caducifolio muy variado con distintas penetrabilidades y dependiente de la época. Existe una aldea en el interior del mapa y numerosas fincas de pastos con caminos que las circundan y de acceso a las mismas. Normalmente están delimitadas por muros de piedra o arbolado impenetrable. Algunos terrenos están desatendidos y expuestos al crecimiento imparable de zarzas. También se pueden encontrar cabañas abandonadas o en ruinas.

En general, a más altitud se encuentran bosques más limpios y afloran bloques rocosos. El límite del bosque coincide con el límite del plano al sur en las faldas de la sierra en la que existen grandes canchales, penetrando algunos en el bosque. Abundan gran cantidad de rocas sueltas de todos los tamaños por todo el mapa.

El terreno puede resultar peligroso debido a la existencia de mucha piedra suelta por el suelo, que puede resultar tapada por la gran cantidad de hojas secas. Se recomienda proteger bien los tobillos. Asimismo es totalmente recomendable la protección inferior de las piernas con polainas o similares.

La zona de carrera está comprendida entre los 335 y los 525 metros sobre el nivel del mar.

### ÁREA RESTRINGIDA

Estas áreas están prohibidas para todos los orientadores participantes en las pruebas, así como entrenadores o cualquier otra persona que a través del conocimiento del terreno pueda influir en el resultado de las competiciones.

### ÁREA RESTRINGIDA

---

# **ANEXO III**

## **ESTADÍSTICA**



## ESTADÍSTICOS PROGRAMA FUSION

Columna	Métrica de elevación	Descripción	Métrica de intensidad
1	Row	Fila donde se sitúa la celda	Row
2	Col	Columna donde se sitúa la celda	Col
3	Center X	X del centro de celda	Center X
4	Center Y	Y del centro de celda	Center Y
5	Total return count above <i>htmin</i>	Nº total de retornos por encima de la altura mínima considerada	Total return count above <i>htmin</i>
6	Elev minimum	Mínima de los retornos existentes	Int minimum
7	Elev maximum	Máximo de los retornos existentes	Int maximum
8	Elev mean	Media de los retornos existentes	Int mean
9	Elev mode	Moda de los retornos existentes	Int mode
10	Elev stddev	Desviación estándar de los retornos existentes	Int stddev
11	Elev variance	Varianza de los retornos existentes	Int variance
12	Elev CV	Coefficiente de Variación de los retornos existentes	Int CV
13	Elev IQ	Rango intercuartílico de los retornos existentes	Int IQ
14	Elev skewness	Asimetría de los retornos existentes	Int skewness
15	Elev kurtosis	Kurtosis de los retornos existentes	Int kurtosis
16	Elev AAD	Desviación absoluta promedio respecto a la media de la célula	Int AAD
17	Elev L1	Momento de orden 1	Int L1
18	Elev L2	Momento de orden 2	Int L2
19	Elev L3	Momento de orden 3	Int L3
20	Elev L4	Momento de orden 4	Int L4
21	Elev L CV	Coefficiente de variación de los momentos	Int L CV
22	Elev L skewness	Asimetría de los momentos	Int L skewness
23	Elev L kurtosis	Kurtosis de los momentos	Int L kurtosis
24	Elev P01	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 1% de los retornos	Int P01
25	Elev P05	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 5% de los retornos	Int P05



Columna	Métrica de elevación	Descripción	Métrica de intensidad
26	Elev P10	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 10% de los retornos	Int P10
27	Elev P20	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 20% de los retornos	Int P20
28	Elev P25	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 25% de los retornos	Int P25
29	Elev P30	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 30% de los retornos	Int P30
30	Elev P40	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 40% de los retornos	Int P40
31	Elev P50	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 50% de los retornos	Int P50
32	Elev P60	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 60% de los retornos	Int P60
33	Elev P70	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 70% de los retornos	Int P70
34	Elev P75	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 75% de los retornos	Int P75
35	Elev P80	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 80% de los retornos	Int P80
36	Elev P90	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 90% de los retornos	Int P90
37	Elev P95	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 95% de los retornos	Int P95
38	Elev P99	Valor de elevación por debajo del cual se encuentra el 99% de los retornos	Int P99
39	Return 1 count above htmin	Primeros retornos por encima de la altura mínima considerada	
40	Return 2 count above htmin	Segundos retornos por encima de la altura mínima considerada	



Columna	Métrica de elevación	Descripción	Métrica de intensidad
41	Return 3 count above htmin	Terceros retornos por encima de la altura mínima considerada	
42	Return 4 count above htmin	Cuartos retornos por encima de la altura mínima considerada	
43	Return 5 count above htmin	Quintos retornos por encima de la altura mínima considerada	
44	Return 6 count above htmin	Sextos retornos por encima de la altura mínima considerada	
45	Return 7 count above htmin	Séptimos retornos por encima de la altura mínima considerada	
46	Return 8 count above htmin	Octavos retornos por encima de la altura mínima considerada	
47	Return 9 count above htmin	Novenos retornos por encima de la altura mínima considerada	
48	Other return count above htmin	Otros retornos por encima de la altura mínima considerada	
49	Percentage first returns above heightbreak	% de primeros retornos por encima de la altura de corte considerada (análogo a la fracción de cabida cubierta)	
50	Percentage all returns above heightbreak	% de todos los retornos por encima de la altura de corte considerada	
51	(All returns above heightbreak) / (Total first returns) * 100	(Todos los retornos por encima de la altura de corte considerada / Primeros retornos) * 100	
52	First returns above heightbreak	Primeros retornos por encima de la altura de corte considerada	
53	All returns above heightbreak	Todos los retornos por encima de la altura de corte considerada	
54	Percentage first returns above mean	% de primeros retornos por encima de la media	
55	Percentage first returns above mode	% de primeros retornos por encima de la moda	
56	Percentage all returns above mean	% de todos los retornos por encima de la media	
57	Percentage all returns above mode	% de todos los retornos por encima de la moda	
58	(All returns above mean) / (Total first returns) * 100	(Todos los retornos por encima de la media / Total de primeros retornos) * 100	
59	(All returns above mode) / (Total first returns) * 100	(Todos los retornos por encima de la moda / Total de primeros retornos) * 100	



Columna	Métrica de elevación	Descripción	Métrica de intensidad
60	First returns above mean	Primeros retornos por encima de la media	
61	First returns above mode	Primeros retornos por encima de la moda	
62	All returns above mean	Todos los retornos por encima de la media	
63	All returns above mode	Todos los retornos por encima de la moda	
64	Total first returns	Total de primeros retornos	
65	Total all returns	Total de todos los retornos	
66	Elev MAD median	Mediana de las desviaciones absolutas de la media general	
67	Elev MAD mode	Moda de las desviaciones absolutas de la media general	
68	Canopy relief ratio ((mean - min) / (max - min))	Ratio de relieve de la copa, calculado como: (Media - Mínimo) / (Máximo - Mínimo)	
69	Elev quadratic mean	Media cuadrática de la elevación	
70	Elev cubic mean	Media cúbica de la elevación	

Tabla nº 1: métricas obtenidas desde el programa FUSION. Fuente: elaboración propia.

**VARIABLE A: DENSIDAD DE ÁRBOLES**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	L.I.	L.S.	L.S. - L.I.
401	253243	1012970.00	0.00	0.78	0.78	0.25	0.15	0.10	0.40	0.30
401 409	434	1736.00	0.00	0.47	0.47	0.11	0.15	0.00	0.25	0.25
402	772	3088.00	0.09	0.42	0.33	0.21	0.10	0.11	0.32	0.20
403	120786	483144.00	0.03	0.90	0.87	0.30	0.16	0.14	0.46	0.31
403 409	5896	23584.00	0.11	0.68	0.57	0.25	0.14	0.11	0.39	0.29
405	1206610	4826440.00	0.02	1.00	0.98	0.42	0.18	0.24	0.59	0.36
405 409	1789	7156.00	0.19	0.64	0.45	0.28	0.09	0.19	0.37	0.17
406	46627	186508.00	0.03	0.93	0.90	0.42	0.22	0.21	0.64	0.43
408	14881	59524.00	0.03	0.89	0.86	0.30	0.21	0.09	0.52	0.43
410	8262	33048.00	0.04	0.92	0.88	0.31	0.18	0.12	0.49	0.37

**VARIABLE B: FCC A 1 METRO**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	L.I.	L.S.	L.S. - L.I.
401	253243	1012970.00	0.00	1.00	1.00	0.67	0.46	0.22	1.00	0.78
401 409	434	1736.00	0.00	1.00	1.00	0.56	0.49	0.07	1.00	0.93
402	772	3088.00	0.00	1.00	1.00	0.97	0.10	0.87	1.00	0.13
403	120786	483144.00	0.00	1.00	1.00	0.95	0.13	0.82	1.00	0.18
403 409	5896	23584.00	0.38	1.00	0.62	0.94	0.10	0.83	1.00	0.17
405	1206610	4826440.00	0.00	1.00	1.00	0.97	0.07	0.90	1.00	0.10
405 409	1789	7156.00	0.87	1.00	0.13	0.99	0.02	0.97	1.00	0.03
406	46627	186508.00	0.00	1.00	1.00	0.97	0.07	0.90	1.00	0.10
408	14881	59524.00	0.00	1.00	1.00	0.97	0.06	0.91	1.00	0.09
410	8262	33048.00	0.00	1.00	1.00	0.96	0.13	0.83	1.00	0.17

**VARIABLE B: FCC A 4 METROS**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	L.I.	L.S.	L.S. - L.I.
401	253243	1012970.00	0.00	1.00	1.00	0.46	0.42	0.04	0.88	0.84
401 409	434	1736.00	0.00	0.88	0.88	0.12	0.25	0.00	0.37	0.37
402	772	3088.00	0.00	0.99	0.99	0.55	0.34	0.21	0.89	0.68
403	120786	483144.00	0.00	1.00	1.00	0.73	0.28	0.45	1.00	0.55
403 409	5896	23584.00	0.00	1.00	1.00	0.55	0.28	0.26	0.83	0.56
405	1206610	4826440.00	0.00	1.00	1.00	0.90	0.14	0.76	1.00	0.24
405 409	1789	7156.00	0.16	1.00	0.84	0.80	0.23	0.57	1.00	0.43
406	46627	186508.00	0.00	1.00	1.00	0.71	0.25	0.47	0.96	0.49
408	14881	59524.00	0.00	1.00	1.00	0.66	0.25	0.41	0.90	0.50
410	8262	33048.00	0.00	1.00	1.00	0.59	0.27	0.32	0.86	0.55

**VARIABLE C: ALTURA DE LA VEGETACIÓN**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	L.I.	L.S.	L.S. - L.I.
401	253243	1012970.00	0.00	0.86	0.86	0.04	0.10	0.00	0.14	0.14
401 409	434	1736.00	0.00	0.41	0.41	0.01	0.04	0.00	0.05	0.05
402	772	3088.00	0.00	0.57	0.57	0.07	0.12	0.00	0.20	0.20
403	120786	483144.00	0.00	0.95	0.95	0.14	0.20	0.00	0.34	0.34
403 409	5896	23584.00	0.00	0.79	0.79	0.13	0.16	0.00	0.29	0.29
405	1206610	4826440.00	0.00	1.00	1.00	0.32	0.25	0.07	0.57	0.51
405 409	1789	7156.00	0.00	0.78	0.78	0.30	0.25	0.05	0.55	0.50
406	46627	186508.00	0.00	0.76	0.76	0.16	0.16	0.00	0.32	0.32
408	14881	59524.00	0.00	0.81	0.81	0.14	0.15	0.00	0.29	0.29
410	8262	33048.00	0.00	0.84	0.84	0.12	0.15	0.00	0.26	0.26

**VARIABLE D: DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN 0 - 1 m**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	L.I.	L.S.	L.S. - L.I.
401	253243	1012970.00	0.00	1.00	1.00	0.25	0.38	0.00	0.63	0.63
401 409	434	1736.00	0.00	1.00	1.00	0.04	0.18	0.00	0.22	0.22
402	772	3088.00	0.00	1.00	1.00	0.43	0.42	0.01	0.85	0.84
403	120786	483144.00	0.00	1.00	1.00	0.57	0.35	0.22	0.93	0.71
403 409	5896	23584.00	0.00	1.00	1.00	0.73	0.29	0.44	1.00	0.56
405	1206610	4826440.00	0.00	1.00	1.00	0.53	0.30	0.23	0.84	0.61
405 409	1789	7156.00	0.00	1.00	1.00	0.54	0.36	0.18	0.90	0.72
406	46627	186508.00	0.00	1.00	1.00	0.52	0.36	0.16	0.88	0.72
408	14881	59524.00	0.00	1.00	1.00	0.58	0.33	0.26	0.91	0.65
410	8262	33048.00	0.00	1.00	1.00	0.54	0.37	0.17	0.91	0.74

**VARIABLE D: DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN 1 - 4 m**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	L.I.	L.S.	L.S. - L.I.
401	253243	1012970.00	0.00	1.00	1.00	0.43	0.43	0.00	0.85	0.86
401 409	434	1736.00	0.00	1.00	1.00	0.53	0.48	0.05	1.00	0.95
402	772	3088.00	0.00	1.00	1.00	0.81	0.21	0.60	1.00	0.40
403	120786	483144.00	0.00	1.00	1.00	0.60	0.33	0.27	0.92	0.65
403 409	5896	23584.00	0.00	1.00	1.00	0.78	0.20	0.58	0.98	0.39
405	1206610	4826440.00	0.00	1.00	1.00	0.35	0.32	0.03	0.66	0.64
405 409	1789	7156.00	0.00	1.00	1.00	0.67	0.27	0.40	0.95	0.55
406	46627	186508.00	0.00	1.00	1.00	0.69	0.28	0.41	0.97	0.56
408	14881	59524.00	0.00	1.00	1.00	0.71	0.26	0.45	0.97	0.52
410	8262	33048.00	0.00	1.00	1.00	0.77	0.25	0.52	1.00	0.48

**VARIABLE E: DENSIDAD DEL DOSEL**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	253243	1012970.00	0.00	0.73	0.73	0.02	0.05	0.00	0.08	0.08
<b>401 409</b>	434	1736.00	0.00	0.10	0.10	0.01	0.02	0.00	0.03	0.03
<b>402</b>	772	3088.00	0.00	0.10	0.10	0.02	0.02	0.00	0.05	0.05
<b>403</b>	120786	483144.00	0.00	0.80	0.80	0.01	0.05	0.00	0.06	0.06
<b>403 409</b>	5896	23584.00	0.00	0.14	0.14	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02
<b>405</b>	1206610	4826440.00	0.00	0.90	0.90	0.01	0.07	0.00	0.08	0.08
<b>405 409</b>	1789	7156.00	0.00	0.52	0.52	0.02	0.09	0.00	0.11	0.11
<b>406</b>	46627	186508.00	0.00	0.35	0.35	0.01	0.03	0.00	0.04	0.04
<b>408</b>	14881	59524.00	0.00	0.37	0.37	0.01	0.02	0.00	0.03	0.03
<b>410</b>	8262	33048.00	0.00	0.28	0.28	0.01	0.03	0.00	0.05	0.05

**VARIABLE F: ÍNDICE DE RUGOSIDAD**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	253243	1012970.00	0.00	0.29	0.29	0.02	0.02	0.00	0.04	0.04
<b>401 409</b>	434	1736.00	0.00	0.14	0.14	0.05	0.03	0.02	0.09	0.06
<b>402</b>	772	3088.00	0.00	0.08	0.08	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
<b>403</b>	120786	483144.00	0.00	0.49	0.49	0.03	0.02	0.01	0.05	0.05
<b>403 409</b>	5896	23584.00	0.00	0.27	0.27	0.04	0.03	0.02	0.07	0.05
<b>405</b>	1206610	4826440.00	0.00	0.70	0.70	0.03	0.03	0.01	0.06	0.05
<b>405 409</b>	1789	7156.00	0.00	0.24	0.24	0.03	0.02	0.00	0.05	0.05
<b>406</b>	46627	186508.00	0.00	0.48	0.48	0.03	0.02	0.00	0.05	0.05
<b>408</b>	14881	59524.00	0.00	0.25	0.25	0.03	0.03	0.01	0.06	0.05
<b>410</b>	8262	33048.00	0.00	0.32	0.31	0.03	0.03	0.00	0.06	0.06

**VARIABLE A: DENSIDAD DE ÁRBOLES**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
401	59604	0.00	0.69	0.69	0.27	0.17	0.10	0.44	0.34
403	36576	0.11	0.97	0.85	0.54	0.15	0.39	0.69	0.30
404	234432	0.00	0.85	0.85	0.23	0.18	0.05	0.41	0.35
404 407	1580	0.26	0.41	0.15	0.34	0.03	0.30	0.37	0.07
404 409	5860	0.02	0.63	0.61	0.22	0.13	0.10	0.35	0.25
405	1610320	0.00	1.00	1.00	0.50	0.18	0.32	0.68	0.36
405 407	44092	0.00	0.90	0.90	0.41	0.22	0.19	0.63	0.44
405 409	2224	0.09	0.29	0.20	0.17	0.05	0.12	0.22	0.10
406	11576	0.02	0.91	0.90	0.55	0.14	0.41	0.69	0.29
408	34976	0.02	0.85	0.83	0.51	0.19	0.32	0.70	0.38
410	14280	0.01	0.75	0.75	0.38	0.19	0.18	0.57	0.39

**VARIABLE B: FCC A 1 METRO**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
401	59604	0.00	1.00	1.00	0.71	0.42	0.29	1.00	0.71
403	36576	0.18	1.00	0.82	0.95	0.11	0.84	1.00	0.16
404	234432	0.00	1.00	1.00	0.80	0.25	0.55	1.00	0.45
404 407	1580	0.59	1.00	0.41	0.77	0.12	0.66	0.89	0.23
404 409	5860	0.05	1.00	0.95	0.60	0.26	0.33	0.86	0.52
405	1610320	0.00	1.00	1.00	0.95	0.11	0.84	1.00	0.16
405 407	44092	0.00	1.00	1.00	0.85	0.20	0.64	1.00	0.36
405 409	2224	0.09	0.95	0.87	0.55	0.25	0.30	0.81	0.51
406	11576	0.33	1.00	0.67	0.97	0.06	0.91	1.00	0.09
408	34976	0.24	1.00	0.76	0.97	0.07	0.90	1.00	0.10
410	14280	0.00	1.00	1.00	0.95	0.11	0.84	1.00	0.16

**VARIABLE B: FCC A 4 METROS**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
401	59604	0.00	1.00	1.00	0.60	0.39	0.21	0.99	0.79
403	36576	0.10	1.00	0.90	0.87	0.16	0.71	1.00	0.29
404	234432	0.00	1.00	1.00	0.57	0.31	0.26	0.88	0.62
404 407	1580	0.26	0.90	0.64	0.56	0.18	0.38	0.73	0.35
404 409	5860	0.00	0.93	0.93	0.41	0.26	0.15	0.67	0.52
405	1610320	0.00	1.00	1.00	0.88	0.18	0.70	1.00	0.30
405 407	44092	0.00	1.00	1.00	0.73	0.26	0.48	0.99	0.52
405 409	2224	0.00	0.94	0.94	0.45	0.28	0.17	0.73	0.55
406	11576	0.33	1.00	0.67	0.88	0.13	0.75	1.00	0.25

<b>408</b>	34976	0.03	1.00	0.97	0.87	0.18	0.69	1.00	0.31
<b>410</b>	14280	0.00	1.00	1.00	0.81	0.19	0.61	1.00	0.39

**VARIABLE C: ALTURA DE LA VEGETACIÓN**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	59604	0.00	0.82	0.82	0.13	0.19	0.00	0.31	0.31
<b>403</b>	36576	0.00	0.87	0.87	0.28	0.23	0.05	0.51	0.46
<b>404</b>	234432	0.00	0.84	0.84	0.12	0.15	0.00	0.27	0.27
<b>404 407</b>	1580	0.00	0.47	0.47	0.13	0.12	0.01	0.25	0.24
<b>404 409</b>	5860	0.00	0.51	0.51	0.10	0.12	0.00	0.23	0.23
<b>405</b>	1610320	0.00	1.00	1.00	0.34	0.24	0.10	0.58	0.48
<b>405 407</b>	44092	0.00	0.86	0.86	0.26	0.21	0.05	0.48	0.43
<b>405 409</b>	2224	0.00	0.59	0.59	0.12	0.17	0.00	0.29	0.29
<b>406</b>	11576	0.00	0.86	0.86	0.35	0.22	0.13	0.57	0.43
<b>408</b>	34976	0.00	0.92	0.92	0.37	0.24	0.14	0.61	0.47
<b>410</b>	14280	0.00	0.87	0.87	0.28	0.21	0.07	0.49	0.42

**VARIABLE D: DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN 0 - 1 m**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	59604	0.00	1.00	1.00	0.38	0.49	0.00	0.87	0.87
<b>403</b>	36576	0.00	1.00	1.00	0.60	0.49	0.11	1.00	0.89
<b>404</b>	234432	0.00	1.00	1.00	0.83	0.37	0.46	1.00	0.54
<b>404 407</b>	1580	0.96	1.00	0.04	1.00	0.01	0.98	1.00	0.02
<b>404 409</b>	5860	0.93	1.00	0.07	1.00	0.02	0.98	1.00	0.02
<b>405</b>	1610320	0.00	1.00	1.00	0.66	0.47	0.18	1.00	0.82
<b>405 407</b>	44092	0.00	1.00	1.00	0.94	0.23	0.72	1.00	0.28
<b>405 409</b>	2224	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00
<b>406</b>	11576	0.00	1.00	1.00	0.61	0.49	0.12	1.00	0.88
<b>408</b>	34976	0.00	1.00	1.00	0.60	0.49	0.12	1.00	0.88
<b>410</b>	14280	0.00	1.00	1.00	0.82	0.39	0.43	1.00	0.57

**VARIABLE D: DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN 1 - 4 m**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	59604	0.00	1.00	1.00	0.53	0.43	0.10	0.96	0.87
<b>403</b>	36576	0.00	1.00	1.00	0.58	0.38	0.19	0.96	0.76
<b>404</b>	234432	0.00	1.00	1.00	0.59	0.30	0.28	0.89	0.61
<b>404 407</b>	1580	0.29	0.80	0.51	0.51	0.16	0.35	0.67	0.33
<b>404 409</b>	5860	0.00	0.88	0.88	0.36	0.19	0.17	0.56	0.39
<b>405</b>	1610320	0.00	1.00	1.00	0.52	0.38	0.14	0.90	0.76

<b>405 407</b>	44092	0.00	1.00	1.00	0.43	0.27	0.16	0.70	0.53
<b>405 409</b>	2224	0.00	0.61	0.61	0.21	0.18	0.04	0.39	0.36
<b>406</b>	11576	0.00	1.00	1.00	0.75	0.32	0.43	1.00	0.57
<b>408</b>	34976	0.00	1.00	1.00	0.65	0.35	0.30	1.00	0.71
<b>410</b>	14280	0.00	1.00	1.00	0.66	0.29	0.36	0.95	0.59

**VARIABLE E: DENSIDAD DEL DOSEL**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	59604	0.00	0.56	0.56	0.07	0.09	0.00	0.15	0.15
<b>403</b>	36576	0.00	0.67	0.67	0.08	0.12	0.00	0.20	0.20
<b>404</b>	234432	0.00	0.59	0.59	0.03	0.06	0.00	0.10	0.10
<b>404 407</b>	1580	0.00	0.15	0.15	0.01	0.03	0.00	0.04	0.04
<b>404 409</b>	5860	0.00	0.12	0.12	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02
<b>405</b>	1610320	0.00	1.00	1.00	0.09	0.14	0.00	0.22	0.22
<b>405 407</b>	44092	0.00	0.58	0.58	0.03	0.07	0.00	0.10	0.10
<b>405 409</b>	2224	0.00	0.06	0.06	0.00	0.01	0.00	0.02	0.02
<b>406</b>	11576	0.00	0.53	0.53	0.06	0.07	0.00	0.14	0.14
<b>408</b>	34976	0.00	0.69	0.69	0.08	0.12	0.00	0.20	0.20
<b>410</b>	14280	0.00	0.56	0.56	0.04	0.07	0.00	0.11	0.11

**VARIABLE F: ÍNDICE DE RUGOSIDAD**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	59604	0.00	0.21	0.21	0.03	0.02	0.01	0.05	0.04
<b>403</b>	36576	0.00	0.34	0.34	0.04	0.03	0.01	0.07	0.06
<b>404</b>	234432	0.00	1.00	1.00	0.07	0.05	0.02	0.13	0.11
<b>404 407</b>	1580	0.05	0.25	0.19	0.10	0.02	0.08	0.13	0.05
<b>404 409</b>	5860	0.03	0.29	0.26	0.11	0.04	0.07	0.15	0.08
<b>405</b>	1610320	0.00	0.80	0.80	0.06	0.03	0.02	0.09	0.06
<b>405 407</b>	44092	0.00	0.24	0.23	0.05	0.03	0.02	0.09	0.06
<b>405 409</b>	2224	0.01	0.18	0.17	0.08	0.03	0.05	0.11	0.06
<b>406</b>	11576	0.00	0.16	0.16	0.04	0.02	0.02	0.06	0.04
<b>408</b>	34976	0.00	0.41	0.41	0.06	0.04	0.02	0.10	0.07
<b>410</b>	14280	0.01	0.19	0.19	0.06	0.03	0.03	0.09	0.06

**VARIABLE A: DENSIDAD DE ÁRBOLES**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
401	86002	344008.00	0.00	0.49	0.49	0.09	0.09	0.01	0.18	0.18
401 409	2025	8100.00	0.00	0.39	0.39	0.15	0.10	0.06	0.25	0.20
402	5345	21380.00	0.00	0.44	0.44	0.09	0.10	0.00	0.19	0.19
403	11640	46560.00	0.00	0.83	0.83	0.07	0.09	0.00	0.16	0.16
403 407	1778	7112.00	0.00	0.47	0.47	0.11	0.10	0.01	0.20	0.20
403 409	1842	7368.00	0.00	0.51	0.51	0.14	0.12	0.02	0.26	0.24
404	2188	8752.00	0.00	0.39	0.39	0.10	0.07	0.03	0.17	0.13
404 409	108	432.00	0.20	0.49	0.28	0.31	0.08	0.23	0.39	0.16
405	106028	424112.00	0.00	1.00	1.00	0.27	0.21	0.06	0.48	0.42
405 407	82	328.00	0.26	0.40	0.14	0.33	0.04	0.29	0.36	0.07
405 409	3709	14836.00	0.02	0.61	0.58	0.18	0.11	0.07	0.28	0.21
406	24490	97960.00	0.00	0.97	0.97	0.19	0.21	0.00	0.41	0.41
408	6054	24216.00	0.00	0.56	0.56	0.18	0.13	0.05	0.30	0.25
410	14757	59028.00	0.00	0.86	0.86	0.17	0.12	0.05	0.29	0.25

**VARIABLE B: FCC A 1 METRO**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
401	86002	344008.00	0.00	1.00	1.00	0.55	0.41	0.14	0.96	0.82
401 409	2025	8100.00	0.00	1.00	1.00	0.46	0.37	0.10	0.83	0.74
402	5345	21380.00	0.00	1.00	1.00	0.80	0.27	0.53	1.07	0.54
403	11640	46560.00	0.00	1.00	1.00	0.62	0.37	0.26	0.99	0.73
403 407	1778	7112.00	0.00	1.00	1.00	0.48	0.35	0.12	0.83	0.71
403 409	1842	7368.00	0.00	1.00	1.00	0.75	0.21	0.54	0.96	0.42
404	2188	8752.00	0.00	1.00	1.00	0.86	0.15	0.71	1.00	0.29
404 409	108	432.00	0.80	1.00	0.20	0.89	0.07	0.82	0.95	0.13
405	106028	424112.00	0.00	1.00	1.00	0.94	0.13	0.81	1.00	0.19
405 407	82	328.00	0.60	1.00	0.40	0.91	0.09	0.82	1.00	0.18
405 409	3709	14836.00	0.00	1.00	1.00	0.82	0.21	0.61	1.00	0.39
406	24490	97960.00	0.00	1.00	1.00	0.75	0.36	0.38	1.00	0.62
408	6054	24216.00	0.00	1.00	1.00	0.91	0.17	0.73	1.00	0.27
410	14757	59028.00	0.00	1.00	1.00	0.86	0.19	0.67	1.00	0.33

**VARIABLE B: FCC A 4 METROS**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
401	86002	344008.00	0.00	1.00	1.00	0.32	0.36	0.00	0.68	0.68
401 409	2025	8100.00	0.00	1.00	1.00	0.29	0.31	0.00	0.60	0.60

402	5345	21380.00	0.00	1.00	1.00	0.33	0.31	0.02	0.64	0.62
403	11640	46560.00	0.00	1.00	1.00	0.30	0.31	0.00	0.61	0.61
403 407	1778	7112.00	0.00	1.00	1.00	0.27	0.31	0.00	0.58	0.58
403 409	1842	7368.00	0.00	1.00	1.00	0.42	0.30	0.12	0.73	0.61
404	2188	8752.00	0.00	0.98	0.98	0.45	0.24	0.21	0.69	0.48
404 409	108	432.00	0.60	1.00	0.40	0.84	0.13	0.71	0.97	0.26
405	106028	424112.00	0.00	1.00	1.00	0.75	0.28	0.46	1.03	0.57
405 407	82	328.00	0.46	0.95	0.50	0.72	0.20	0.52	0.93	0.41
405 409	3709	14836.00	0.00	1.00	1.00	0.53	0.30	0.24	0.83	0.59
406	24490	97960.00	0.00	1.00	1.00	0.57	0.39	0.17	0.96	0.79
408	6054	24216.00	0.00	1.00	1.00	0.71	0.30	0.41	1.00	0.60
410	14757	59028.00	0.00	1.00	1.00	0.57	0.30	0.27	0.87	0.60

**VARIABLE C: ALTURA DE LA VEGETACIÓN**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	L.I.	L.S.	L.S. - L.I.
401	86002	344008.00	0.00	0.45	0.45	0.02	0.04	0.00	0.06	0.06
401 409	2025	8100.00	0.00	0.26	0.26	0.02	0.03	0.00	0.05	0.05
402	5345	21380.00	0.00	0.38	0.38	0.03	0.05	0.00	0.08	0.08
403	11640	46560.00	0.00	0.40	0.40	0.03	0.04	0.00	0.07	0.07
403 407	1778	7112.00	0.00	0.26	0.26	0.02	0.04	0.00	0.06	0.06
403 409	1842	7368.00	0.00	0.26	0.26	0.04	0.05	0.00	0.09	0.09
404	2188	8752.00	0.00	1.00	1.00	0.07	0.10	0.00	0.17	0.17
404 409	108	432.00	0.00	0.32	0.32	0.13	0.10	0.02	0.23	0.21
405	106028	424112.00	0.00	0.51	0.51	0.15	0.09	0.06	0.25	0.19
405 407	82	328.00	0.00	0.34	0.34	0.09	0.09	0.00	0.18	0.18
405 409	3709	14836.00	0.00	0.44	0.44	0.10	0.08	0.01	0.18	0.17
406	24490	97960.00	0.00	0.53	0.53	0.11	0.10	0.01	0.22	0.21
408	6054	24216.00	0.00	0.41	0.41	0.13	0.08	0.05	0.21	0.16
410	14757	59028.00	0.00	0.44	0.44	0.10	0.08	0.02	0.18	0.16

**VARIABLE D: DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN 0 - 1 m**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	L.I.	L.S.	L.S. - L.I.
401	86002	344008.00	0.00	1.00	1.00	0.62	0.47	0.15	1.00	0.85
401 409	2025	8100.00	0.00	1.00	1.00	0.93	0.18	0.75	1.00	0.25
402	5345	21380.00	0.00	1.00	1.00	0.62	0.46	0.16	1.00	0.84
403	11640	46560.00	0.00	1.00	1.00	0.63	0.44	0.19	1.00	0.81
403 407	1778	7112.00	0.00	1.00	1.00	0.90	0.24	0.66	1.00	0.34
403 409	1842	7368.00	0.00	1.00	1.00	0.88	0.27	0.61	1.00	0.39

<b>404</b>	2188	8752.00	0.00	1.00	1.00	0.81	0.31	0.50	1.00	0.50
<b>404 409</b>	108	432.00	0.00	1.00	1.00	0.83	0.37	0.46	1.00	0.54
<b>405</b>	106028	424112.00	0.00	1.00	1.00	0.43	0.47	0.00	0.90	0.90
<b>405 407</b>	82	328.00	0.00	1.00	1.00	0.80	0.30	0.50	1.00	0.50
<b>405 409</b>	3709	14836.00	0.00	1.00	1.00	0.73	0.40	0.33	1.00	0.67
<b>406</b>	24490	97960.00	0.00	1.00	1.00	0.45	0.48	0.00	0.93	0.93
<b>408</b>	6054	24216.00	0.00	1.00	1.00	0.52	0.49	0.03	1.00	0.97
<b>410</b>	14757	59028.00	0.00	1.00	1.00	0.70	0.43	0.27	1.00	0.73

**VARIABLE D: DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN 1 - 4 m**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	86002	344008.00	0.00	1.00	1.00	0.40	0.39	0.01	0.80	0.79
<b>401 409</b>	2025	8100.00	0.00	1.00	1.00	0.32	0.30	0.02	0.63	0.60
<b>402</b>	5345	21380.00	0.00	1.00	1.00	0.73	0.31	0.42	1.00	0.58
<b>403</b>	11640	46560.00	0.00	1.00	1.00	0.51	0.37	0.14	0.88	0.74
<b>403 407</b>	1778	7112.00	0.00	1.00	1.00	0.33	0.32	0.01	0.65	0.64
<b>403 409</b>	1842	7368.00	0.00	1.00	1.00	0.57	0.25	0.32	0.81	0.49
<b>404</b>	2188	8752.00	0.00	1.00	1.00	0.74	0.22	0.52	0.96	0.44
<b>404 409</b>	108	432.00	0.00	1.00	1.00	0.20	0.27	0.00	0.47	0.47
<b>405</b>	106028	424112.00	0.00	1.00	1.00	0.64	0.40	0.24	1.00	0.76
<b>405 407</b>	82	328.00	0.00	1.00	1.00	0.74	0.14	0.60	0.89	0.28
<b>405 409</b>	3709	14836.00	0.00	1.00	1.00	0.62	0.30	0.33	0.92	0.59
<b>406</b>	24490	97960.00	0.00	1.00	1.00	0.45	0.42	0.03	0.87	0.84
<b>408</b>	6054	24216.00	0.00	1.00	1.00	0.63	0.38	0.25	1.00	0.75
<b>410</b>	14757	59028.00	0.00	1.00	1.00	0.67	0.30	0.36	0.97	0.61

**VARIABLE E: DENSIDAD DEL DOSEL**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	86002	344008.00	0.00	0.47	0.47	0.02	0.04	0.00	0.06	0.06
<b>401 409</b>	2025	8100.00	0.00	0.14	0.14	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02
<b>402</b>	5345	21380.00	0.00	0.31	0.31	0.02	0.03	0.00	0.05	0.05
<b>403</b>	11640	46560.00	0.00	0.37	0.37	0.01	0.03	0.00	0.05	0.05
<b>403 407</b>	1778	7112.00	0.00	0.20	0.20	0.01	0.03	0.00	0.04	0.04
<b>403 409</b>	1842	7368.00	0.00	0.19	0.19	0.01	0.03	0.00	0.04	0.04
<b>404</b>	2188	8752.00	0.00	1.00	1.00	0.02	0.06	0.00	0.08	0.08
<b>404 409</b>	108	432.00	0.00	0.16	0.16	0.02	0.04	0.00	0.07	0.07
<b>405</b>	106028	424112.00	0.00	0.56	0.56	0.05	0.07	0.00	0.12	0.12
<b>405 407</b>	82	328.00	0.00	0.09	0.09	0.02	0.03	0.00	0.05	0.05

<b>405 409</b>	3709	14836.00	0.00	0.38	0.38	0.02	0.04	0.00	0.05	0.05
<b>406</b>	24490	97960.00	0.00	0.43	0.43	0.04	0.07	0.00	0.11	0.11
<b>408</b>	6054	24216.00	0.00	0.32	0.32	0.04	0.05	0.00	0.09	0.09
<b>410</b>	14757	59028.00	0.00	0.36	0.36	0.02	0.04	0.00	0.07	0.07

**VARIABLE F: ÍNDICE DE RUGOSIDAD**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>	<b>L.I.</b>	<b>L.S.</b>	<b>L.S. - L.I.</b>
<b>401</b>	86002	344008.00	0.00	0.17	0.17	0.03	0.01	0.01	0.04	0.03
<b>401 409</b>	2025	8100.00	0.00	0.15	0.14	0.03	0.01	0.02	0.04	0.03
<b>402</b>	5345	21380.00	0.00	0.13	0.12	0.03	0.01	0.01	0.04	0.03
<b>403</b>	11640	46560.00	0.00	0.41	0.41	0.06	0.04	0.02	0.10	0.08
<b>403 407</b>	1778	7112.00	0.00	0.11	0.11	0.03	0.01	0.01	0.04	0.03
<b>403 409</b>	1842	7368.00	0.01	0.11	0.11	0.04	0.02	0.02	0.05	0.03
<b>404</b>	2188	8752.00	0.01	1.00	0.99	0.11	0.14	0.00	0.26	0.26
<b>404 409</b>	108	432.00	0.01	0.06	0.04	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02
<b>405</b>	106028	424112.00	0.00	0.59	0.59	0.04	0.02	0.02	0.06	0.05
<b>405 407</b>	82	328.00	0.01	0.07	0.05	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02
<b>405 409</b>	3709	14836.00	0.01	0.21	0.21	0.04	0.02	0.03	0.06	0.03
<b>406</b>	24490	97960.00	0.00	0.42	0.42	0.03	0.03	0.01	0.06	0.05
<b>408</b>	6054	24216.00	0.00	0.20	0.20	0.03	0.01	0.02	0.04	0.03
<b>410</b>	14757	59028.00	0.00	0.16	0.16	0.03	0.01	0.02	0.05	0.03

**VARIABLE A: DENSIDAD DE ÁRBOLES**

PERENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD
401	198	792.00					
403	690663	2762650.00					
403 407	5065	20260.00					
403 409	20413	81652.00					
404	86307	345228.00					
404 407	7375	29500.00					
404 409	4841	19364.00					
405	4954	19816.00					
405 407	375	1500.00					
405 409	3223	12892.00					
406	54495	217980.00					
408	26091	104364.00					
410	291081	1164320.00					

**VARIABLE B: FCC A 1 METRO**

PERENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD			
401	198	792.00	0.00	1.00	1.00	0.88	0.31	0.57	1.00	0.43
403	690663	2762650.00	0.00	1.00	1.00	0.87	0.26	0.61	1.00	0.39
403 407	5065	20260.00	0.00	1.00	1.00	0.88	0.26	0.62	1.00	0.38
403 409	20413	81652.00	0.00	1.00	1.00	0.89	0.19	0.70	1.00	0.30
404	86307	345228.00	0.00	1.00	1.00	0.94	0.19	0.75	1.00	0.25
404 407	7375	29500.00	0.00	1.00	1.00	0.90	0.15	0.75	1.00	0.25
404 409	4841	19364.00	0.00	1.00	1.00	0.90	0.13	0.77	1.00	0.23
405	4954	19816.00	0.00	1.00	1.00	0.98	0.08	0.90	1.00	0.10
405 407	375	1500.00	0.85	1.00	0.15	0.98	0.04	0.95	1.00	0.05
405 409	3223	12892.00	0.00	1.00	1.00	0.95	0.09	0.86	1.00	0.14
406	54495	217980.00	0.00	1.00	1.00	0.98	0.08	0.90	1.00	0.10
408	26091	104364.00	0.00	1.00	1.00	0.98	0.07	0.91	1.00	0.09
410	291081	1164320.00	0.00	1.00	1.00	0.96	0.08	0.88	1.00	0.12

**VARIABLE B: FCC A 4 METROS**

PERENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD			
401	198	792.00	0.00	1.00	1.00	0.20	0.26	0.00	0.46	0.46
403	690663	2762650.00	0.00	1.00	1.00	0.21	0.25	0.00	0.45	0.45
403 407	5065	20260.00	0.00	1.00	1.00	0.28	0.27	0.00	0.55	0.55
403 409	20413	81652.00	0.00	1.00	1.00	0.21	0.24	0.00	0.45	0.45
404	86307	345228.00	0.00	1.00	1.00	0.29	0.29	0.00	0.58	0.57

<b>404 407</b>	7375	29500.00	0.00	1.00	1.00	0.23	0.29	0.00	0.52	0.52
<b>404 409</b>	4841	19364.00	0.00	1.00	1.00	0.20	0.22	0.00	0.42	0.42
<b>405</b>	4954	19816.00	0.00	1.00	1.00	0.73	0.24	0.49	0.97	0.49
<b>405 407</b>	375	1500.00	0.00	1.00	1.00	0.63	0.26	0.37	0.89	0.52
<b>405 409</b>	3223	12892.00	0.00	1.00	1.00	0.53	0.28	0.25	0.80	0.55
<b>406</b>	54495	217980.00	0.00	1.00	1.00	0.30	0.27	0.03	0.57	0.54
<b>408</b>	26091	104364.00	0.00	1.00	1.00	0.44	0.30	0.14	0.74	0.60
<b>410</b>	291081	1164320.00	0.00	1.00	1.00	0.23	0.24	0.00	0.46	0.46

**VARIABLE C: ALTURA DE LA VEGETACIÓN**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>			
<b>401</b>	198	792.00	0.00	0.27	0.27	0.05	0.06	0.00	0.11	0.11
<b>403</b>	690663	2762650.00	0.00	1.00	1.00	0.07	0.07	0.00	0.14	0.15
<b>403 407</b>	5065	20260.00	0.00	0.49	0.49	0.07	0.08	0.00	0.15	0.15
<b>403 409</b>	20413	81652.00	0.00	0.52	0.52	0.07	0.07	0.00	0.14	0.14
<b>404</b>	86307	345228.00	0.00	0.48	0.48	0.07	0.08	0.00	0.15	0.15
<b>404 407</b>	7375	29500.00	0.00	0.58	0.58	0.08	0.09	0.00	0.17	0.17
<b>404 409</b>	4841	19364.00	0.00	0.44	0.44	0.09	0.07	0.02	0.16	0.14
<b>405</b>	4954	19816.00	0.00	0.99	0.99	0.19	0.12	0.07	0.31	0.24
<b>405 407</b>	375	1500.00	0.00	0.50	0.50	0.19	0.13	0.06	0.32	0.26
<b>405 409</b>	3223	12892.00	0.00	0.52	0.52	0.15	0.10	0.05	0.25	0.20
<b>406</b>	54495	217980.00	0.00	0.60	0.60	0.11	0.08	0.04	0.19	0.15
<b>408</b>	26091	104364.00	0.00	0.61	0.61	0.15	0.09	0.06	0.25	0.18
<b>410</b>	291081	1164320.00	0.00	0.60	0.60	0.12	0.06	0.06	0.19	0.13

**VARIABLE D: DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN 0 - 1 m**

<b>PENETRABILIDAD</b>	<b>COUNT</b>	<b>AREA</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>RANGE</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD</b>			
<b>401</b>	198	792.00	0.00	1.00	1.00	0.08	0.27	0.00	0.35	0.35
<b>403</b>	690663	2762650.00	0.00	1.00	1.00	0.46	0.49	0.00	0.95	0.95
<b>403 407</b>	5065	20260.00	0.00	1.00	1.00	0.38	0.48	0.00	0.86	0.86
<b>403 409</b>	20413	81652.00	0.00	1.00	1.00	0.55	0.50	0.05	1.00	0.95
<b>404</b>	86307	345228.00	0.00	1.00	1.00	0.23	0.42	0.00	0.64	0.64
<b>404 407</b>	7375	29500.00	0.00	1.00	1.00	0.57	0.48	0.09	1.00	0.91
<b>404 409</b>	4841	19364.00	0.00	1.00	1.00	0.69	0.46	0.24	1.00	0.76
<b>405</b>	4954	19816.00	0.00	1.00	1.00	0.26	0.44	0.00	0.70	0.70
<b>405 407</b>	375	1500.00	0.00	1.00	1.00	0.32	0.47	0.00	0.79	0.79
<b>405 409</b>	3223	12892.00	0.00	1.00	1.00	0.58	0.49	0.09	1.00	0.91
<b>406</b>	54495	217980.00	0.00	1.00	1.00	0.18	0.39	0.00	0.57	0.57
<b>408</b>	26091	104364.00	0.00	1.00	1.00	0.32	0.46	0.00	0.78	0.78

410	291081	1164320.00	0.00	1.00	1.00	0.45	0.50	0.00	0.95	0.95
-----	--------	------------	------	------	------	------	------	------	------	------

**VARIABLE D: DENSIDAD DE LA VEGETACIÓN 1 - 4 m**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD			
401	198	792.00	0.00	1.00	1.00	0.83	0.37	0.46	1.00	0.54
403	690663	2762650.00	0.00	1.00	1.00	0.85	0.28	0.57	1.00	0.43
403 407	5065	20260.00	0.00	1.00	1.00	0.85	0.28	0.57	1.00	0.43
403 409	20413	81652.00	0.00	1.00	1.00	0.87	0.21	0.67	1.00	0.33
404	86307	345228.00	0.00	1.00	1.00	0.91	0.23	0.68	1.00	0.32
404 407	7375	29500.00	0.00	1.00	1.00	0.87	0.17	0.70	1.00	0.30
404 409	4841	19364.00	0.00	1.00	1.00	0.88	0.14	0.74	1.00	0.26
405	4954	19816.00	0.00	1.00	1.00	0.83	0.32	0.51	1.00	0.49
405 407	375	1500.00	0.80	1.00	0.20	0.95	0.07	0.88	1.00	0.12
405 409	3223	12892.00	0.00	1.00	1.00	0.88	0.17	0.71	1.00	0.29
406	54495	217980.00	0.00	1.00	1.00	0.96	0.12	0.84	1.00	0.16
408	26091	104364.00	0.00	1.00	1.00	0.95	0.13	0.82	1.00	0.18
410	291081	1164320.00	0.00	1.00	1.00	0.95	0.11	0.84	1.00	0.16

**VARIABLE E: DENSIDAD DEL DOSEL**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD			
401	198	792.00	0.00	0.27	0.27	0.06	0.05	0.01	0.12	0.11
403	690663	2762650.00	0.00	1.00	1.00	0.05	0.05	0.00	0.10	0.09
403 407	5065	20260.00	0.00	0.39	0.39	0.06	0.05	0.01	0.11	0.10
403 409	20413	81652.00	0.00	0.35	0.35	0.05	0.04	0.01	0.09	0.08
404	86307	345228.00	0.00	0.41	0.41	0.08	0.05	0.03	0.14	0.11
404 407	7375	29500.00	0.00	0.28	0.28	0.04	0.04	0.00	0.08	0.08
404 409	4841	19364.00	0.00	0.21	0.21	0.04	0.04	0.00	0.08	0.08
405	4954	19816.00	0.00	0.33	0.33	0.10	0.07	0.03	0.17	0.14
405 407	375	1500.00	0.00	0.20	0.20	0.05	0.05	0.00	0.10	0.10
405 409	3223	12892.00	0.00	0.34	0.34	0.05	0.05	0.01	0.10	0.09
406	54495	217980.00	0.00	0.31	0.31	0.09	0.05	0.04	0.14	0.09
408	26091	104364.00	0.00	0.31	0.31	0.07	0.05	0.02	0.11	0.09
410	291081	1164320.00	0.00	0.36	0.36	0.05	0.04	0.02	0.09	0.08

**VARIABLE F: ÍNDICE DE RUGOSIDAD**

PENETRABILIDAD	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD			
401	198	792.00	0.00	0.28	0.28	0.03	0.05	0.00	0.08	0.08
403	690663	2762650.00	0.00	0.79	0.79	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02
403 407	5065	20260.00	0.00	0.36	0.36	0.04	0.04	0.00	0.04	0.04

<b>403 409</b>	20413	81652.00	0.00	0.31	0.31	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02
<b>404</b>	86307	345228.00	0.00	0.52	0.52	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02
<b>404 407</b>	7375	29500.00	0.00	0.79	0.79	0.08	0.04	0.04	0.12	0.08
<b>404 409</b>	4841	19364.00	0.00	0.30	0.30	0.05	0.05	0.01	0.06	0.05
<b>405</b>	4954	19816.00	0.00	0.71	0.71	0.02	0.03	0.00	0.02	0.02
<b>405 407</b>	375	1500.00	0.04	0.49	0.45	0.14	0.07	0.07	0.21	0.14
<b>405 409</b>	3223	12892.00	0.00	0.46	0.46	0.03	0.04	0.00	0.03	0.03
<b>406</b>	54495	217980.00	0.00	0.59	0.59	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02
<b>408</b>	26091	104364.00	0.00	0.48	0.47	0.04	0.04	0.00	0.05	0.04
<b>410</b>	291081	1164320.00	0.00	0.61	0.61	0.02	0.02	0.00	0.01	0.02

# **ANEXO IV**

## **ANEXO CARTOGRÁFICO**

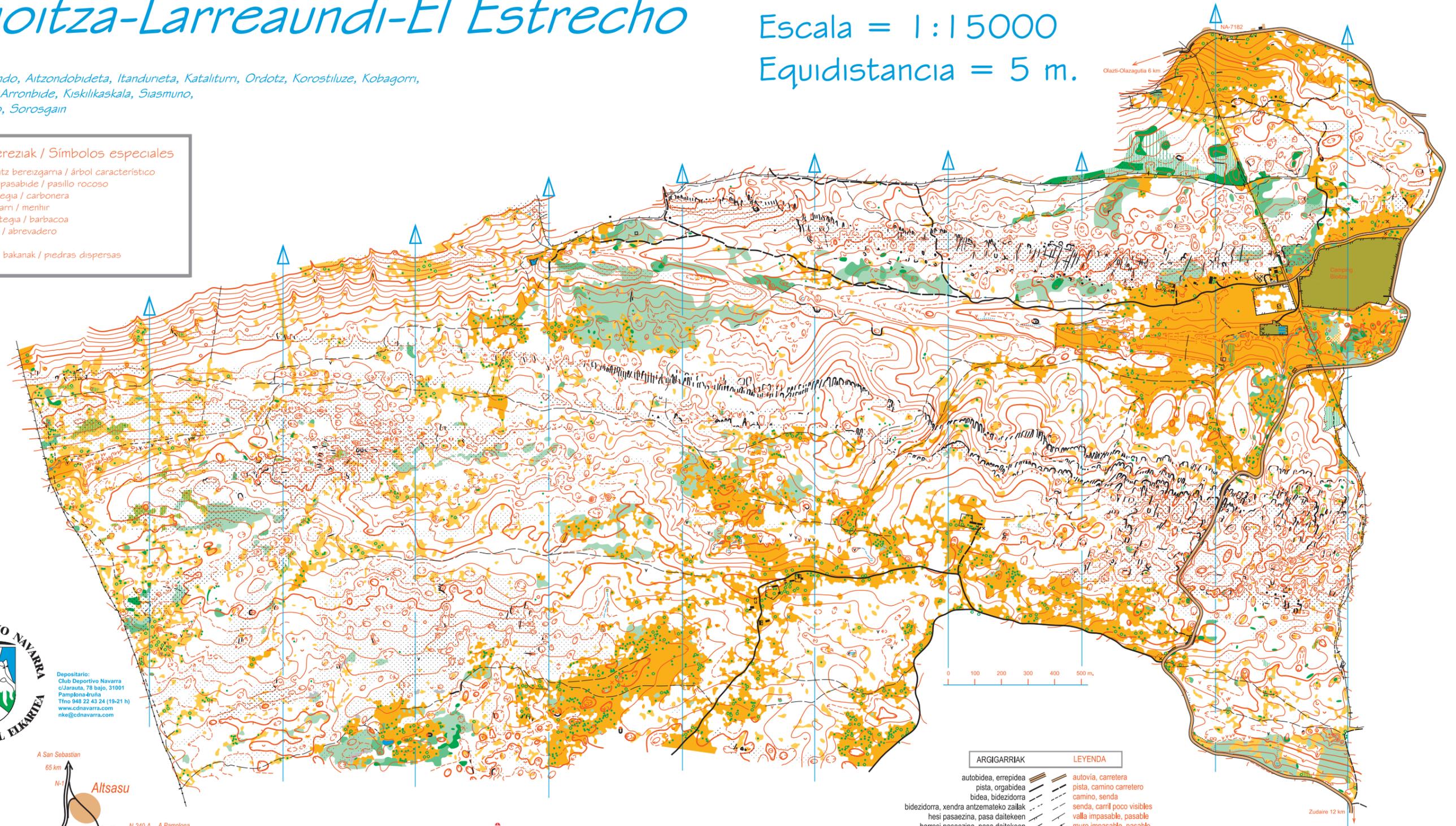
# Bioitza-Larreaundi-El Estrecho

Escala = 1:15000  
Equidistancia = 5 m.

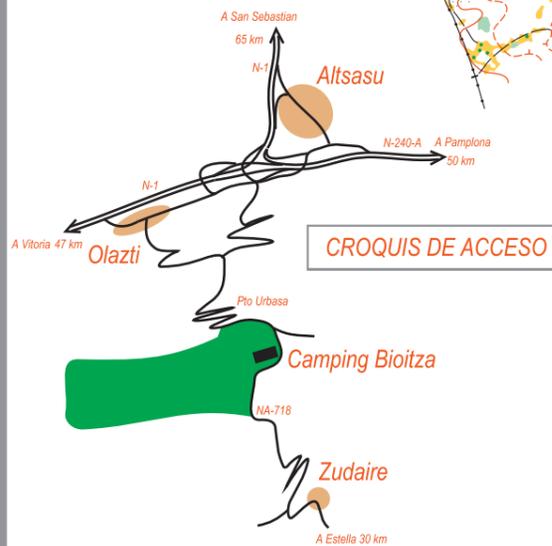
Agilarrondo, Aitzondobideta, Itanduneta, Kataliturni, Ordutz, Korostiluze, Kobagorri, Argibel, Arronbide, Kiskilikaskala, Siasmuno, Jakusoro, Sorosgain

## Ikur bereziak / Símbolos especiales

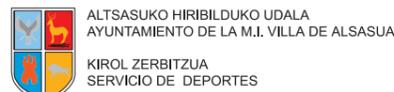
- zuhaitz bereizgarria / árbol característico
- haitzpasabide / pasillo rocoso
- ikaztegia / carbonera
- × trinkam / menhir
- × erretegia / barbacoa
- × aska / abrevadero
- harn bakanak / piedras dispersas



Depositario:  
Club Deportivo Navarra  
c/Aranda, 78 bajo, 31001  
Pamplona-Iruia  
Tfno 948 22 43 24 (19-21 h)  
www.cdnavarra.com  
nke@cdnavarra.com



CROQUIS DE ACCESO



## ARGIGARRIAK LEYENDA

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| autobidea, errepidea                   | autovía, carretera                  |
| pista, orgabidea                       | pista, camino carretero             |
| bidea, bidezidorra                     | camino, senda                       |
| bidezidorra, xendra antzemateko zailak | senda, carril poco visibles         |
| hesi pasaezina, pasa daitekeen         | valla impasable, pasable            |
| harresi pasaezina, pasa daitekeen      | muro impasable, pasable             |
| linea elektrikoak                      | líneas eléctricas                   |
| lubaki pasaezina                       | cortado infranqueable               |
| pasa daitekeen lubakia                 | cortado franqueable                 |
| etxea, hondakina                       | casa, ruina                         |
| harkaitza, harria                      | roca, piedra                        |
| harkaitzak, harriak                    | monton de rocas, de piedras         |
| ezponda, lur-hesia                     | curva de nivel, maestra, auxiliar   |
| kota, zulo bikiak                      | terraplen, pared de tierra          |
| higadurazko lubakia, sakana            | cola, hoyo pequeñas                 |
| zuloa, lubanarroa, haitzuloa           | surco de erosión, barranquera       |
| mugarria, zulabea                      | hoyo, foso, cueva                   |
| errepikagailua ala oroitaria           | mojón, poste                        |
| soroa, fruta-arboladia, mahastia       | repetidor o monumento               |
| landaretzako muga                      | campo cultivo, frutales, viñas      |
| landaririk gabeko eremua               | límite de vegetación                |
| zuhaitz bakanak                        | terreno abierto                     |
| baso garbia, ez oso trinkoa            | terreno con árboles dispersos       |
| baso trinkoa, oso trinkoa              | bosque carrera rápida, lenta        |
| baso trinkoa, oso trinkoa              | bosque carrera difícil, muy difícil |
| zuhaitz bereizgarria, zuhaixka         | maleza carrera lenta, difícil       |
| erreka, errekatsoa                     | árbol característico, arbusto       |
| putzua, iturburua, urmaela             | arroyo, pequeño                     |
| lur zingiratsua                        | pozo, manantial, estanque           |
| lur pribatua edota pasabide debekatua  | terreno pantanoso                   |
| KONTUZ: erategiak                      | terreno privado y/o prohibido       |
|  | ATENCIÓN: colmenas                  |



Nº registro AEEO: NA-679-04  
Trabajo de campo: Jul-2004  
Revisado: May-2011  
Cartógrafo: Roberto Pascual (Paski)  
Mapa base: Gobierno de Navarra  
Superficie: 9,90 km<sup>2</sup>  
Términos municipales: Gobierno de Navarra



R1	R2	R3
----	----	----

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DEL MAPA  
LA POSESION DEL MISMO NO AUTORIZA EL ACCESO A LA ZONA  
LA PRACTICA DEL DEPORTE DE ORIENTACION IMPLICA EL RESPETO A LA NATURALEZA

# CAMPEONATO DE MADRID

## RELEVOS POR CLUBES

ORGANIZADO POR: FEMADO Y CLUB ALABARDA-O  
PEGUERINOS 6 DE JUNIO DE 2010

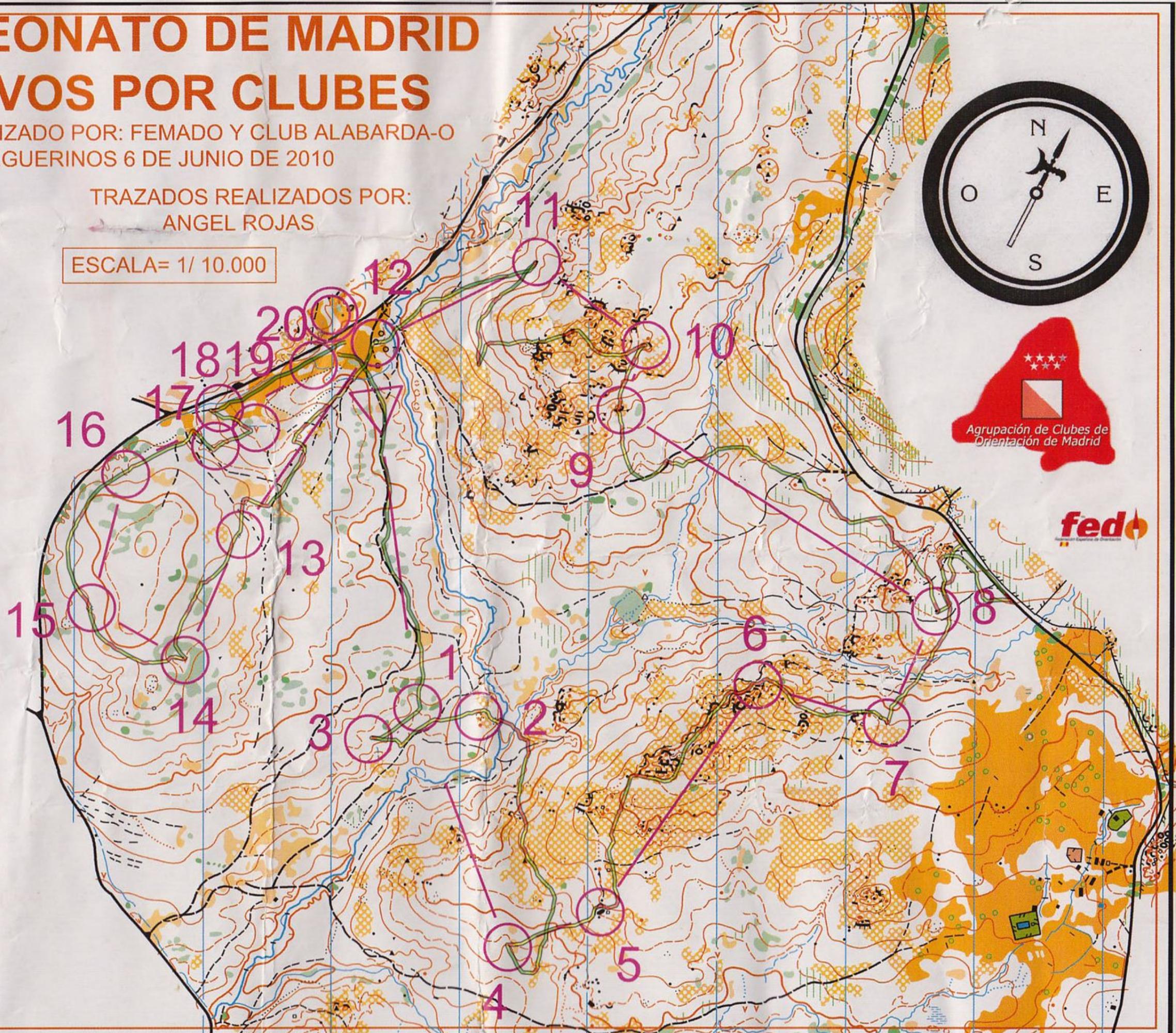
TRAZADOS REALIZADOS POR:  
ANGEL ROJAS

ESCALA= 1/ 10.000



R-1	5,9 km	150 m
▷		
1 37	↖	
2 36	○	○
3 35	∩	
4 38	∩	
5 39	▲	2.5 ○
6 41	↑	2.0 ⊥
7 42	∇	♂
8 43	▲	1.2 ♂
9 44	⌌	2.0 ⊥
10 45	○	○
11 46	▲	○
12 47	○	
13 54	⋈	○
14 49	∇	○
15 50	⋈	○
16 55	↗	
17 52	∩	
18 51	↘	⊥
19 53	∇	Q
20 100	↙	♂

○ 100 m ○



# Canzobre, Arteixo

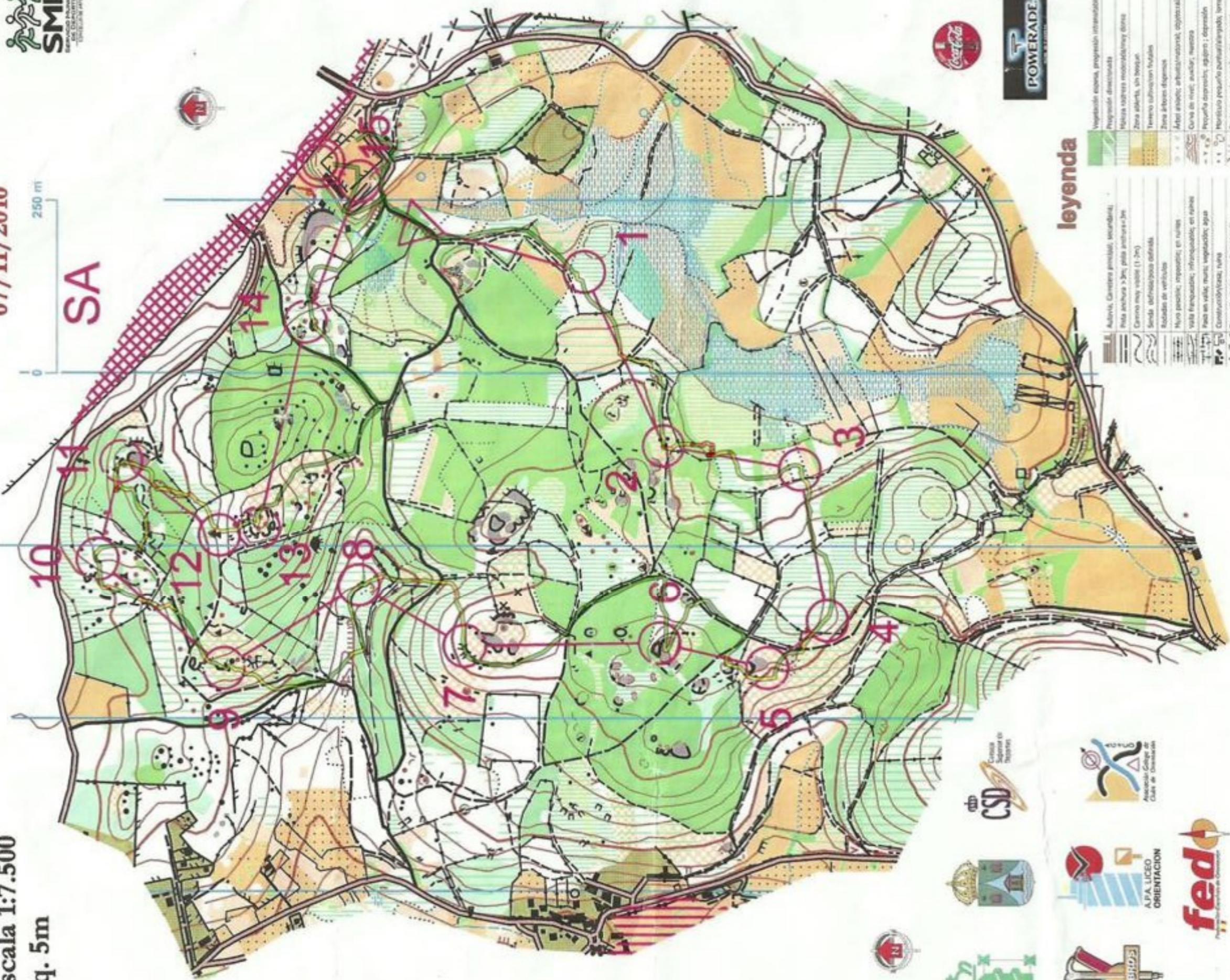
Cto. Gallego de Relevos 2010  
Trofeo Concello de Arteixo  
07/11/2010

Escala 1:7.500

Eq. 5m

250 m

SA




## leyenda

	Vegetación espesa, progresión intrascendente
	Progresión desfavorable
	Matricea acuosa moderadamente dinámica
	Zona abierta, sin bosques
	Terreno cultivado con frutales
	Zona de flores dispersas
	Monte abedule, arbutos, vegetación, objetos calcáreos
	Curva de nivel; avulsión; meandro
	Pequeña depresión; agujero; depresión
	Montículo pequeño pedregal; pedregal; loma
	Zanja; sacro de erosión; etc.; especial
	Muro de tierra; talud
	Resaca; pantano; inundación; charca
	Zona perenne de agua/terreno
	Montaña; loma de agua; laguna
	Agujero de agua; objeto agua entorpecedor
	Área privatizada; parking
	Zona prohibida
	Afluente seco
	Autovía; Carretera provincial; secundaría;
	Pista anchura >3m; pista anchura <3m
	Carrizo muy viejo (1-2m)
	Senda; infraestructura ordinaria
	Sociedad de vehículos
	Muro pedregal; impedimento; el riuo
	Valla franquicia; infraestructura; en obras
	Pared en valla; muro; vegetación; agua
	Construcción; túnel
	Torre alta; bajo; comodoro giratorio
	Hito a región; elemento especial
	Objeto especial; objetos rocosos; gruta
	Cercado; infraestructura; franquicia
	Puerta granica; pantalla; grupo de puentes
	Zona pedregal; paso; explotación; agujero
	Límite área de entubo; vegetación
	Mague; buena visibilidad y progresión
	Bosque; curva; edificio

**R1**  
utilizar en caso de fallo de:

**R2**

**R3**  
Use only if SPORTident fails

INSTITUTO FEDO  
C-1077-09

La política del Departamento de Orientación  
implica respeto y evolución con el medio natural

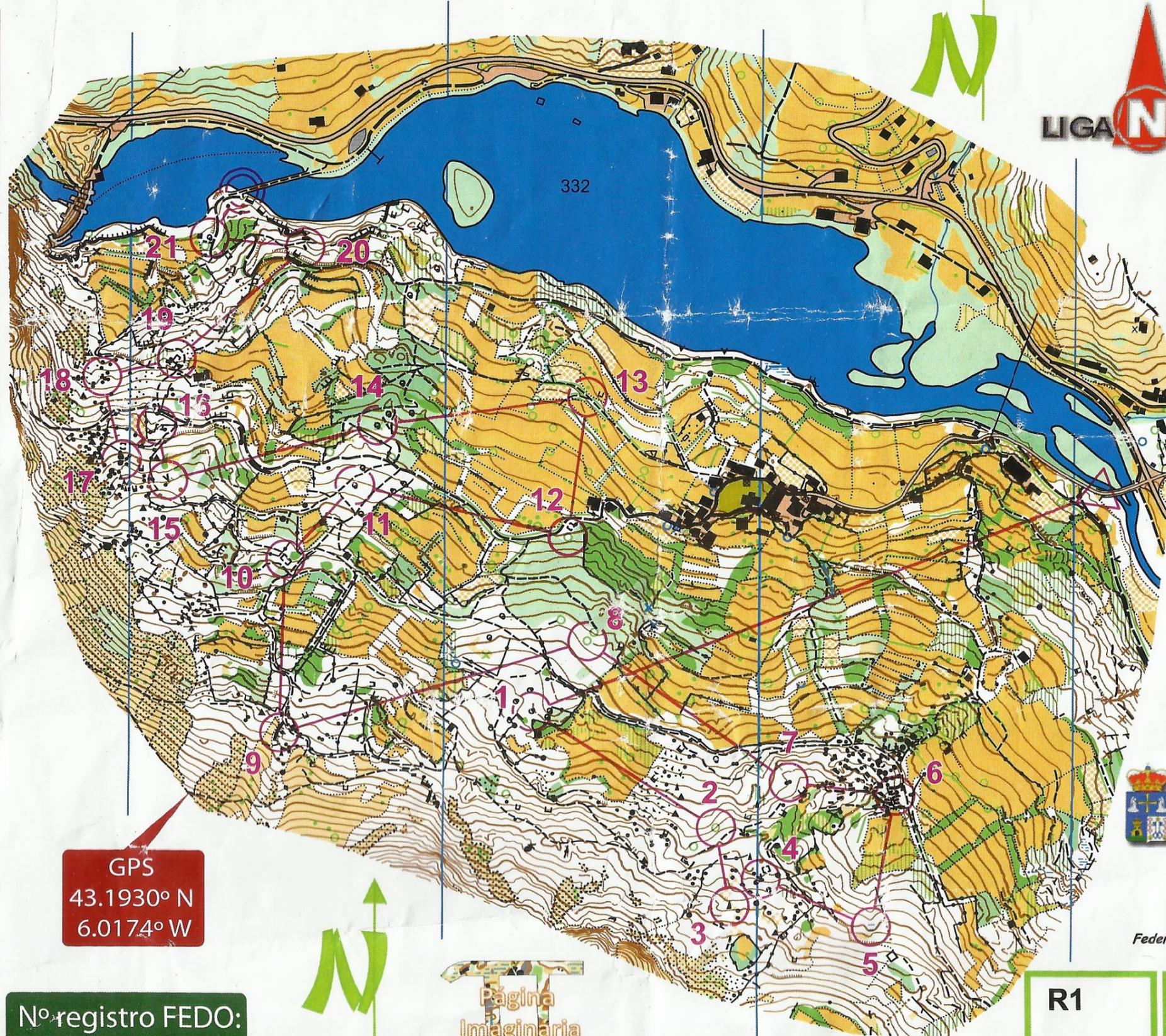
# XII LIGA NORTE 2013

## 27 Octubre Quirós, Asturias

Escala 1:7500  
Equidistancia 5m

Liga Norte QUIRÓS			
H20, H35	4,3 km	325 m	
▷		///	┌
1 129		○	
2 121	△		○
3 117	▲	4/2	○
4 118	∠		
5 119	≡		
6 123	↑	]]	
7 122	▲	▲ 1,7/1	≡
8 130	∠		○
9 113	≡	∠	∠
10 135	□		
11 134	○	▲	
12 132	△		○
13 148	///	∠	∠
14 138	○	▲	
15 107	∠		
16 137	□		┌
17 106	▲	▲	≡
18 104	≡		○
19 103	□		○
20 139	≡		○
21 100	○		○

○ 70 m ○



La Brújula  
orientación



GPS  
43.1930° N  
6.0174° W



Nº registro FEDO:  
AS-1466-2013

AYUNTAMIENTO DE  
**QUIRÓS**



R1	R2	R3
utilizar en caso de	SPORTident	use only if

H20 H35

Escala 1:15.000  
Equidistància 5 m

Treball de camp:  
Sergey Simakin  
Gennady Vorontsov  
Victor Burlinov  
Ramon Casal  
Roger Casal  
Lluís Ollora

Dibuix Ocad :  
Roger Casal  
Ramon Casal  
Lluís Ollora

Desembre 2013

Organització  
626598658

Emergències  
112



R R R

- Bosc: cursa fàcil
- Zona pavimentada amb tràfic
- Zona pavimentada
- Terreny semiobert
- Terreny obert
- Terreny amb herba
- Terreny amb sorra
- Sotabosc
- Zona rocallosa
- Edifici no passable
- Pas en edifici
- Aigua passable
- Aigua no passable
- Vegetació espessa
- Àrea prohibida
- Font
- Roca
- Arbre gran - petit
- Matoll
- Corba de nivell
- Escaleres
- Mur, talús no passable
- Mur, talús passable
- Tanca passable
- Tanca no passable
- Pas soterrani
- Elements particulars
- Camí
- Camí amb arbres caiguts
- Zona prohibida
- Carretera prohibida
- Avituallament

▷ S1	/		
31	△		Q
32	/		<
33	/		
34	△	/	
35	△		♂
36	○		
41	/		
42	↓	/	
43	■	/	
51	/		
52	✓	△	♂
53	/		
54	/	/	X
55	○	/	
56	X	/	○
60	/	/	Y
61	/		
62	□		○
70	/		<
71	○		
72	/		<
73	/		<
80	/	/	Y
81	■		○
90	/		
91	○		
92	○		○
93	○	■	
94	○		
97	△		
200	△		

- S1 Unió de camí i riera
- 31 Al Sud-est de l'arbre
- 32 Recolze del Corriol
- 33 Part baixa de la rassa
- 34 Arbre caigut
- 35 Al nord-est de l'Arbre
- 36 Banda sud de la clariana
- 41 Part alta del talús
- 42 La rassa de més al Sud
- 43 Entre construcció i corriol
- 51 Rassa seca
- 52 A l'arbre del mes al sud-oest
- 53 Entre talusos
- 54 unió de camí i riera
- 55 turó suau
- 56 Banda nord-oest del cotxe
- 60 Unió de camí i riera
- 61 Part alta de la rassa
- 62 Banda Nord-est de la runa
- 70 Recolze del camí
- 71 Clariana
- 72 Extrem nord-oest del corriol
- 73 Recolze del camí
- 80 unió de camins
- 81 Banda sud-oest construcció
- 90 Riera
- 91 Font de la Rata
- 92 banda sud del tró
- 93 Motlló cobert de vegetació
- 94 Motlló
- 97 arbre caracteristic
- 200 arbre

Ajuntament de Sant Cugat  
amb el suport de l'



senglarOrientació  
www.senglarO.cat 626 59 86 58  
Activitats i Curses d'Orientació  
G 65000341



# XXIV CURSA SANT CUGAT

15 desembre 2013

## La Marató 3

3 hores-20 fites

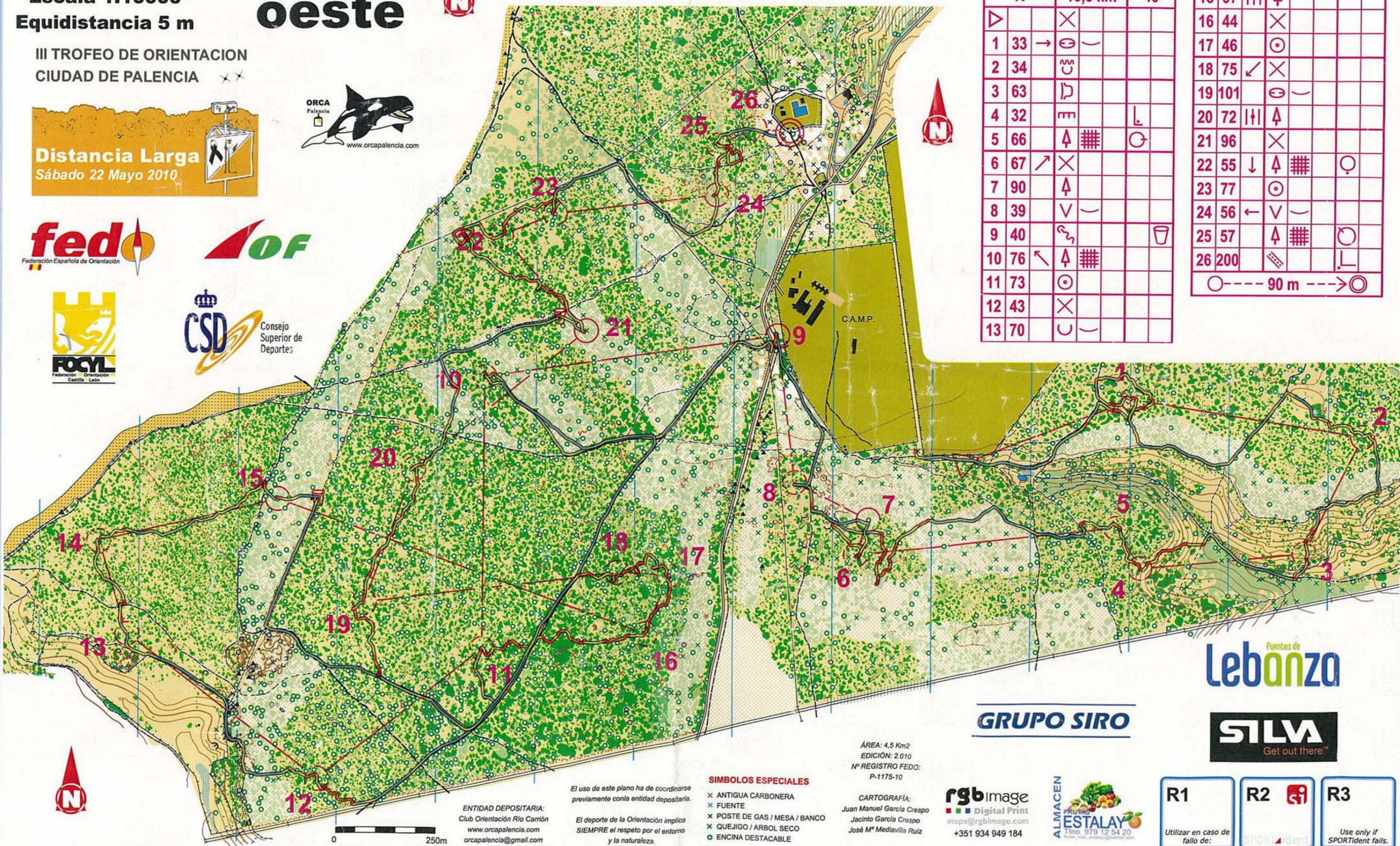
# Monte El Viejo oeste

Escala 1:10000  
Equidistancia 5 m

III TROFEO DE ORIENTACION  
CIUDAD DE PALENCIA

**Distancia Larga**  
Sábado 22 Mayo 2010

PATRONATO MUNICIPAL DE DEPORTES  
Ayuntamiento de Palencia



		H21A	
	K	10,5 km	40
▶		×	
1	33	→ ⊙	—
2	34	⊖	
3	63	⊐	
4	32	⊖	⊐
5	66	⊕ ⊖	⊕
6	67	↗ ×	
7	90	⊕	
8	39	∨ —	
9	40	⊕	⊐
10	76	↖ ⊕ ⊖	
11	73	⊕	
12	43	×	
13	70	∪ —	

14	48	↖ ×		
15	97	⊕		
16	44	×		
17	46	⊕		
18	75	↙ ×		
19	101	⊕ —		
20	72	⊕		
21	96	×		
22	55	↓ ⊕ ⊖	⊕	⊕
23	77	⊕		
24	56	← ∨ —		
25	57	⊕ ⊖	⊕	⊕
26	200	⊕	⊕	⊕

⊕ --- 90 m --- ⊕

0 250m

ENTIDAD DEPOSITARIA:  
Club Orientación Río Carrión  
www.orcapalencia.com  
orcapalencia@gmail.com

El uso de este plano ha de coordinarse previamente con la entidad depositaria.  
El deporte de la Orientación implica SIEMPRE el respeto por el entorno y la naturaleza.

- SIMBOLOS ESPECIALES**
- × ANTIGUA CARBONERA
  - × FUENTE
  - × POSTE DE GAS / MESA / BANCO
  - × QUEJIGO / ARBOL SECO
  - ⊕ ENCINA DESTACABLE

ÁREA: 4,5 Km2  
EDICIÓN: 2.010  
Nº REGISTRO FEDO: P-1175-10

CARTOGRAFÍA:  
Juan Manuel García Crespo  
Jacinto García Crespo  
José Mª Mediavilla Ruiz

rgbImage  
Digital Print  
maps@rgbimage.com  
+351 934 949 184

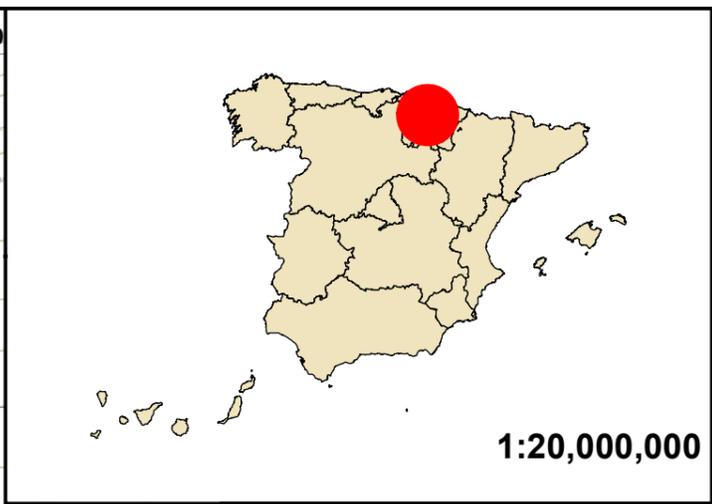
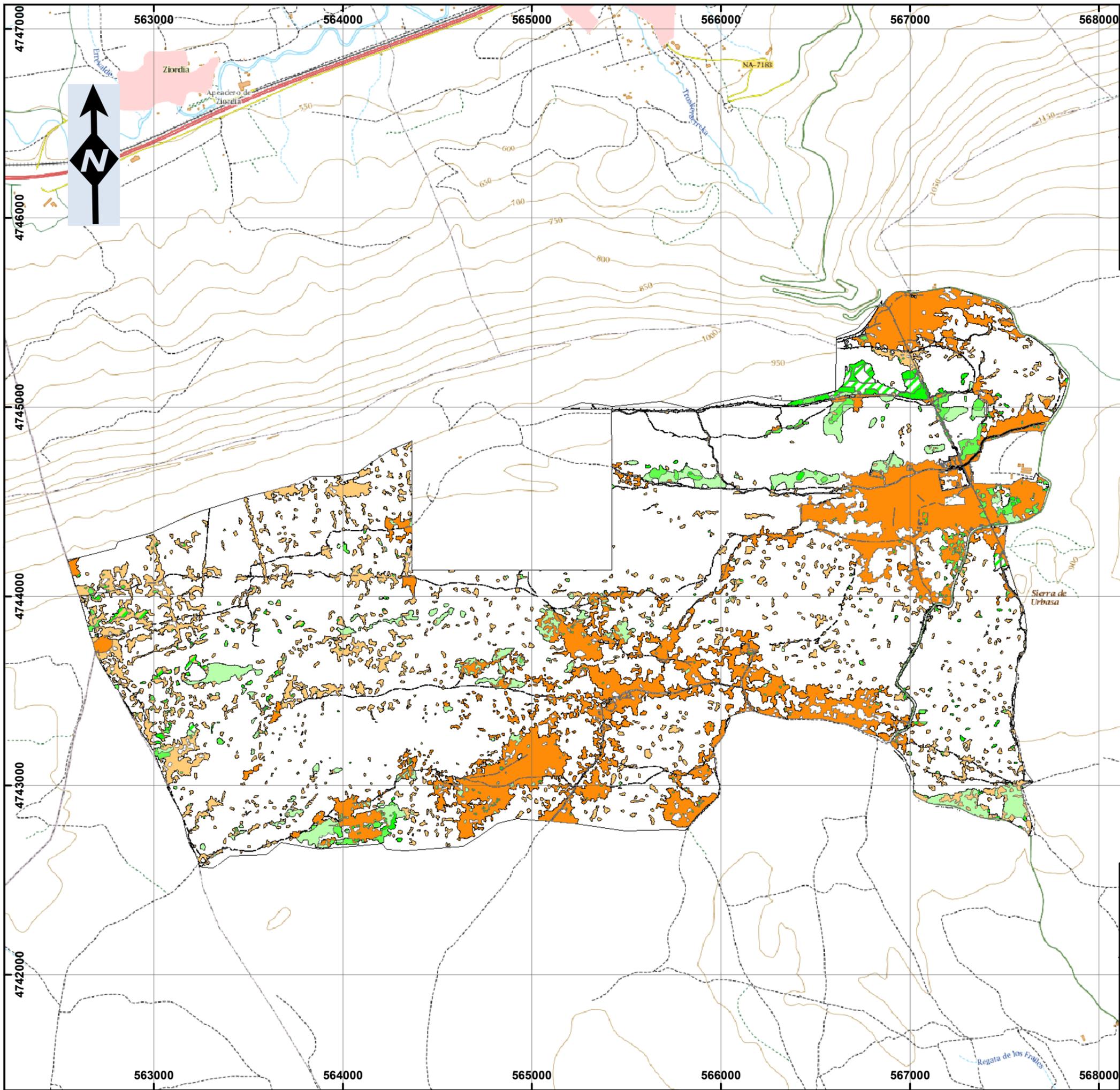
ALMACEN FRUITS ESTALAY  
Tfno. 979 12 54 20

GRUPO SIRO

Fuentes de Lebanza

SILVA  
Get out there™

R1 Utilizar en caso de fallo de: R2 SPORTident R3 Use only if SPORTident fails.



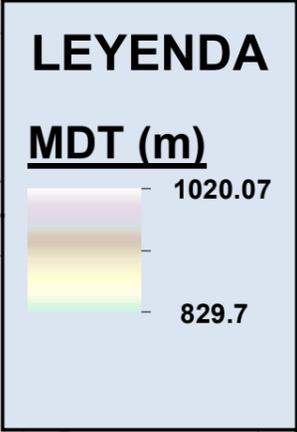
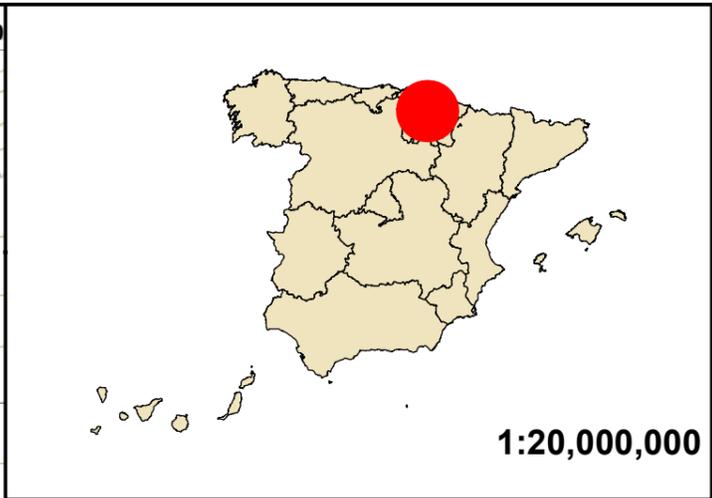
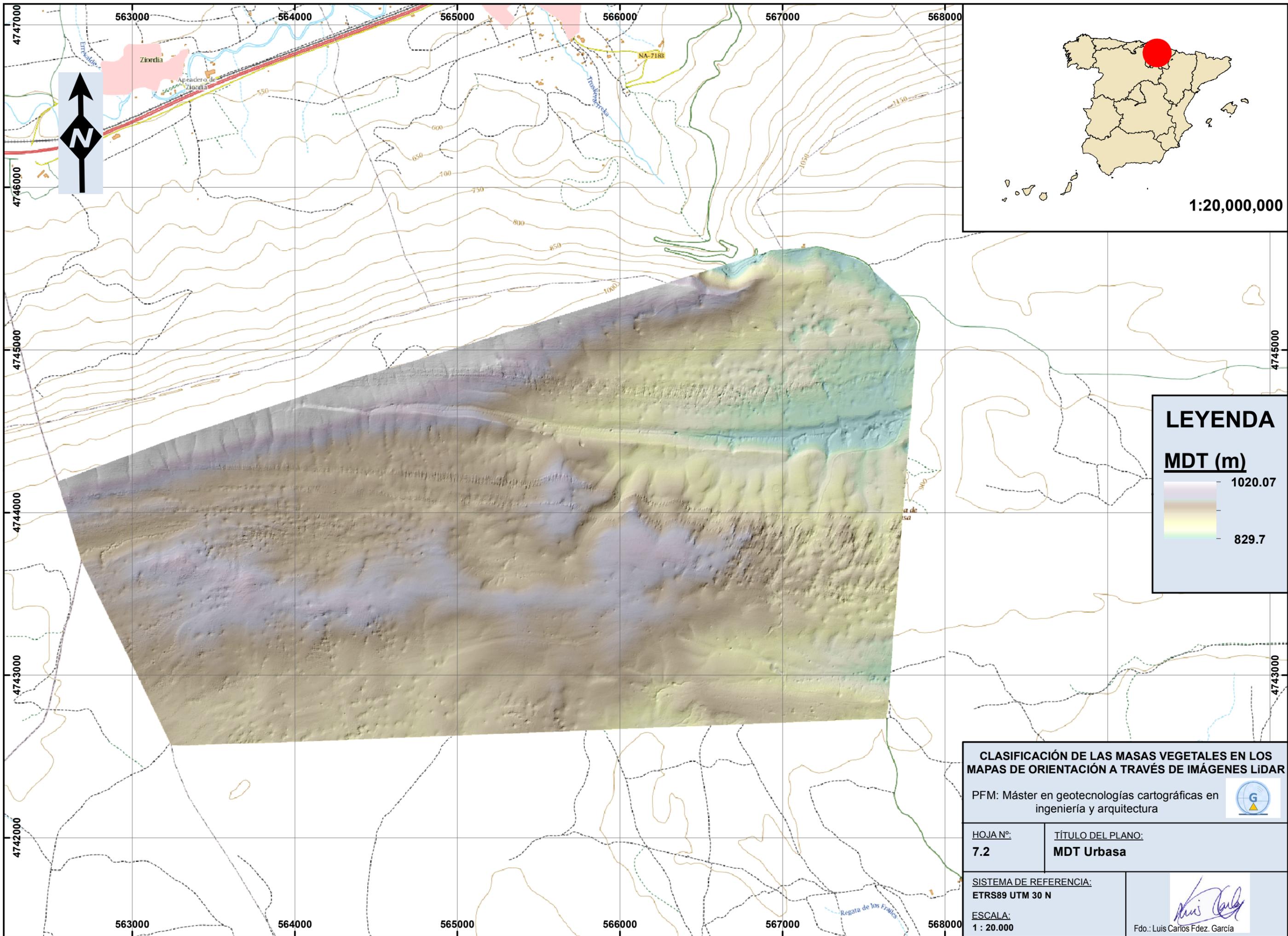
LEYENDA	
PENETRABILIDAD	
	401
	401 409
	402
	403
	403 409
	405
	405 407
	405 409
	406
	408
	410

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA Nº: <b>7.1</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>Digitalización mapa Urbasa</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	
ESCALA: 1 : 20.000	

Fdo.:   
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

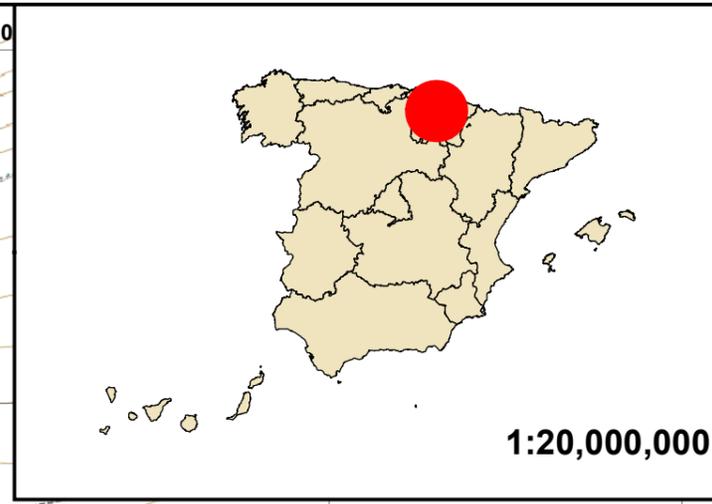
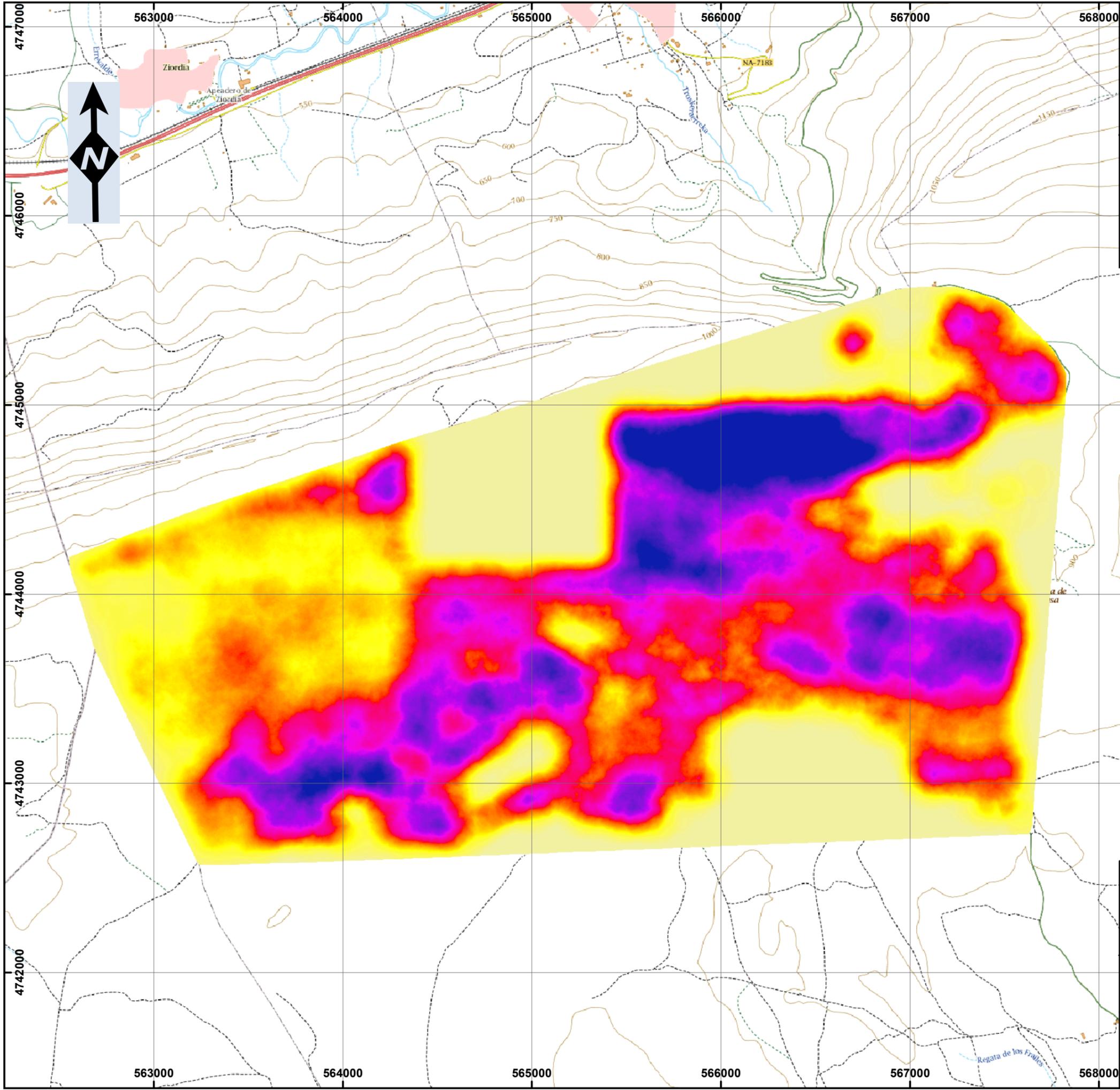
HOJA Nº:  
**7.2**

TÍTULO DEL PLANO:  
**MDT Urbasa**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 20.000

*Luis Carlos*  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



1:20,000,000



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura



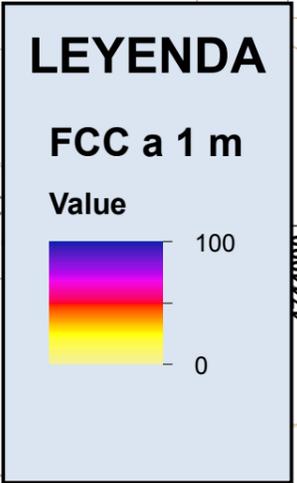
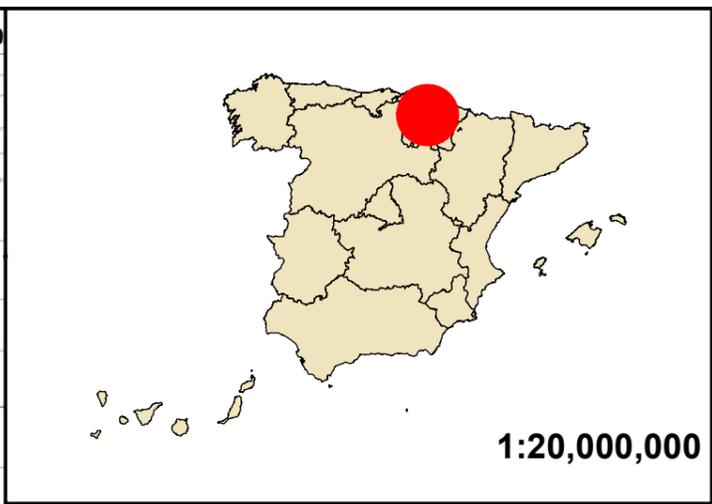
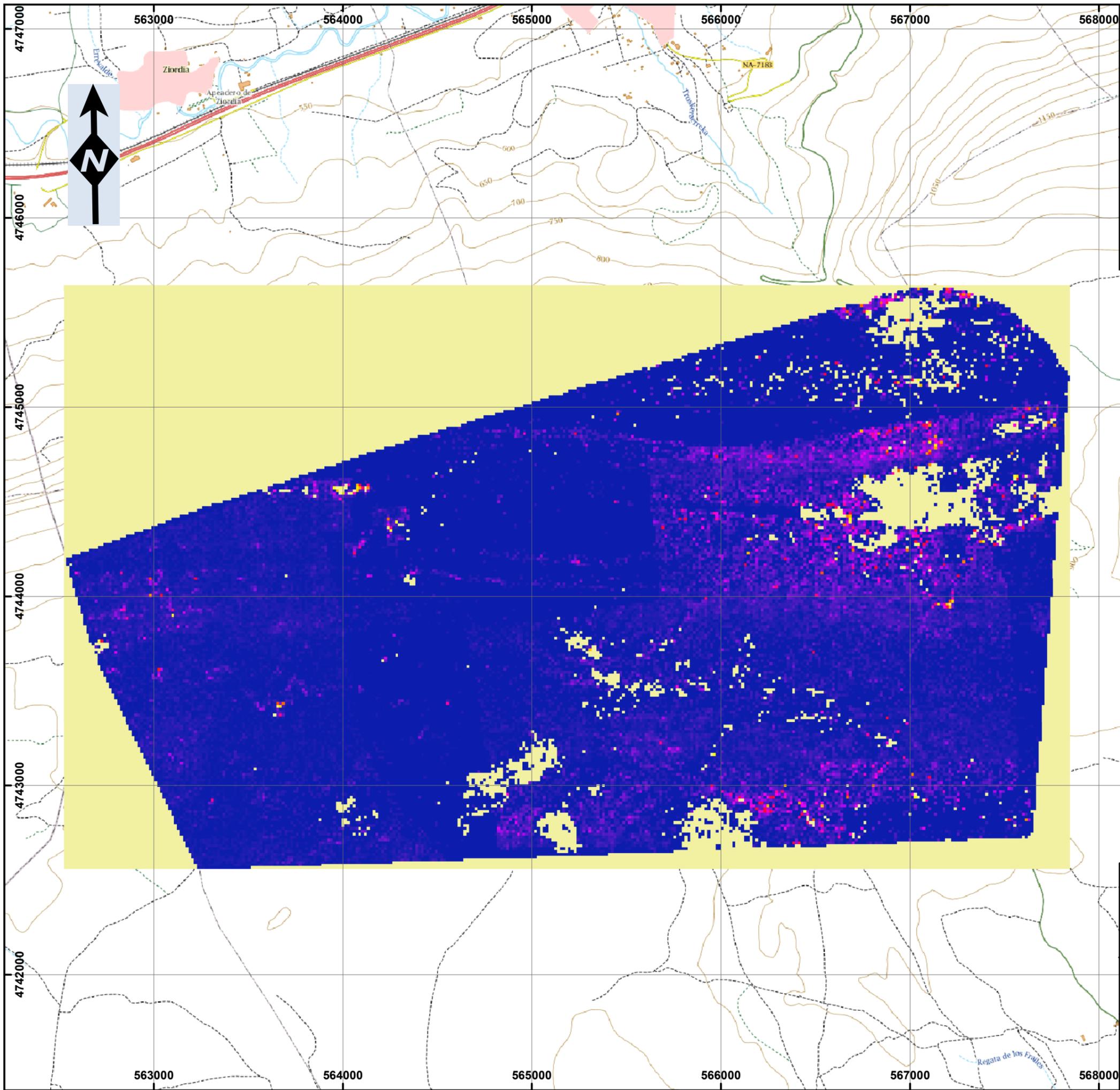
HOJANº:  
**7.3**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE A Urbasa**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 20.000

*Luis Carlos*  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura



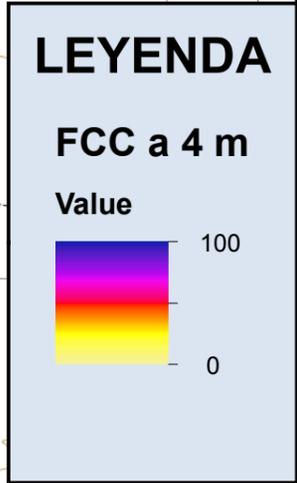
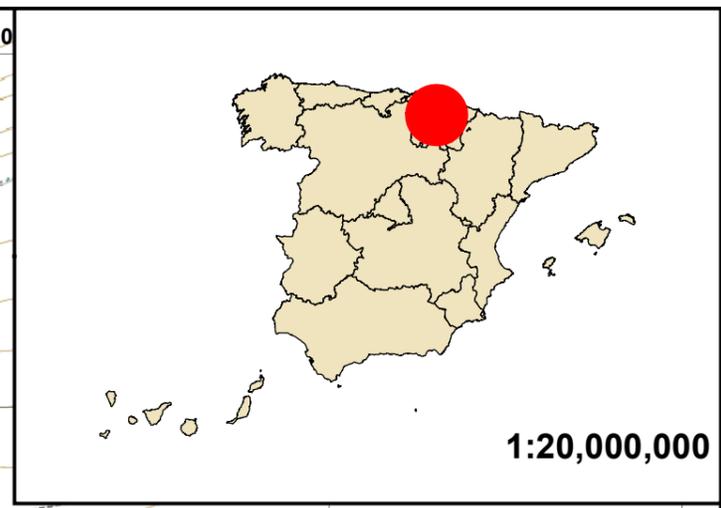
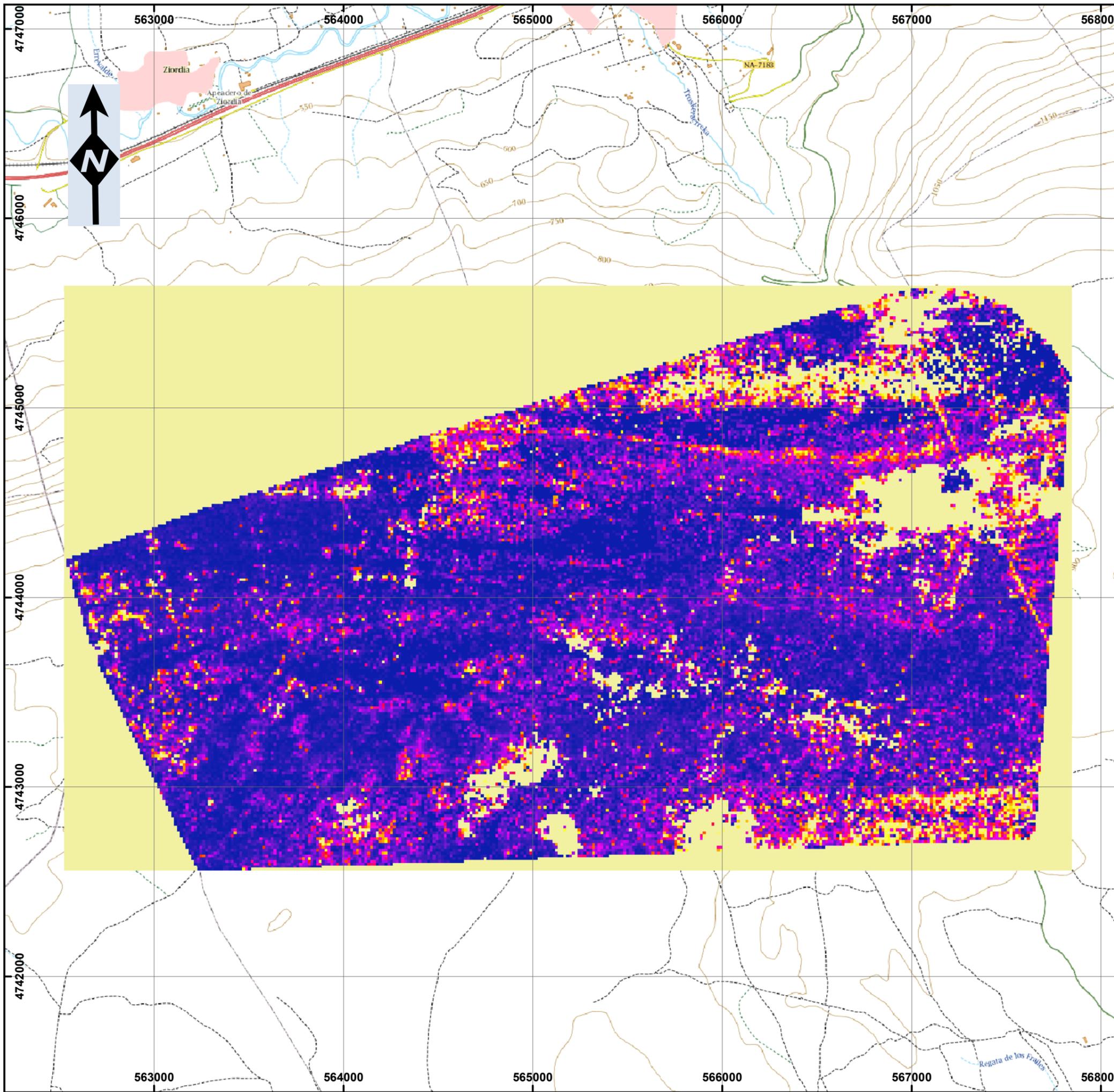
HOJA Nº:  
**7.4**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE B Urbasa**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 20.000

*Luis Carlos*  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García

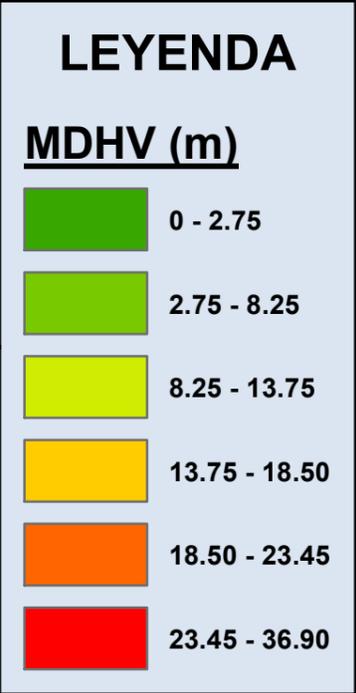
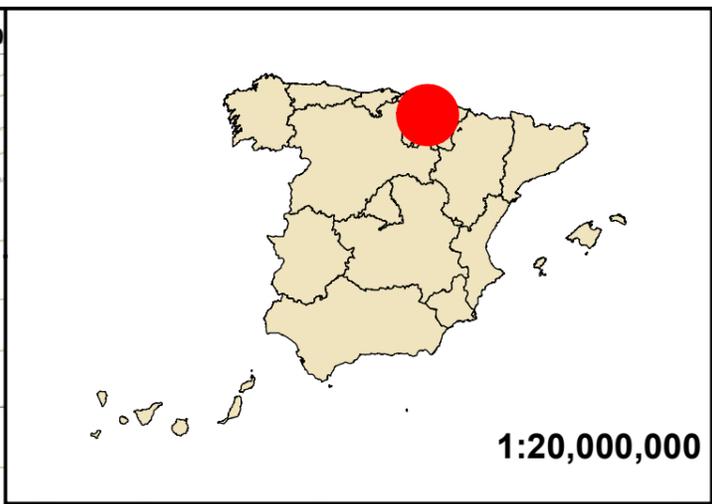
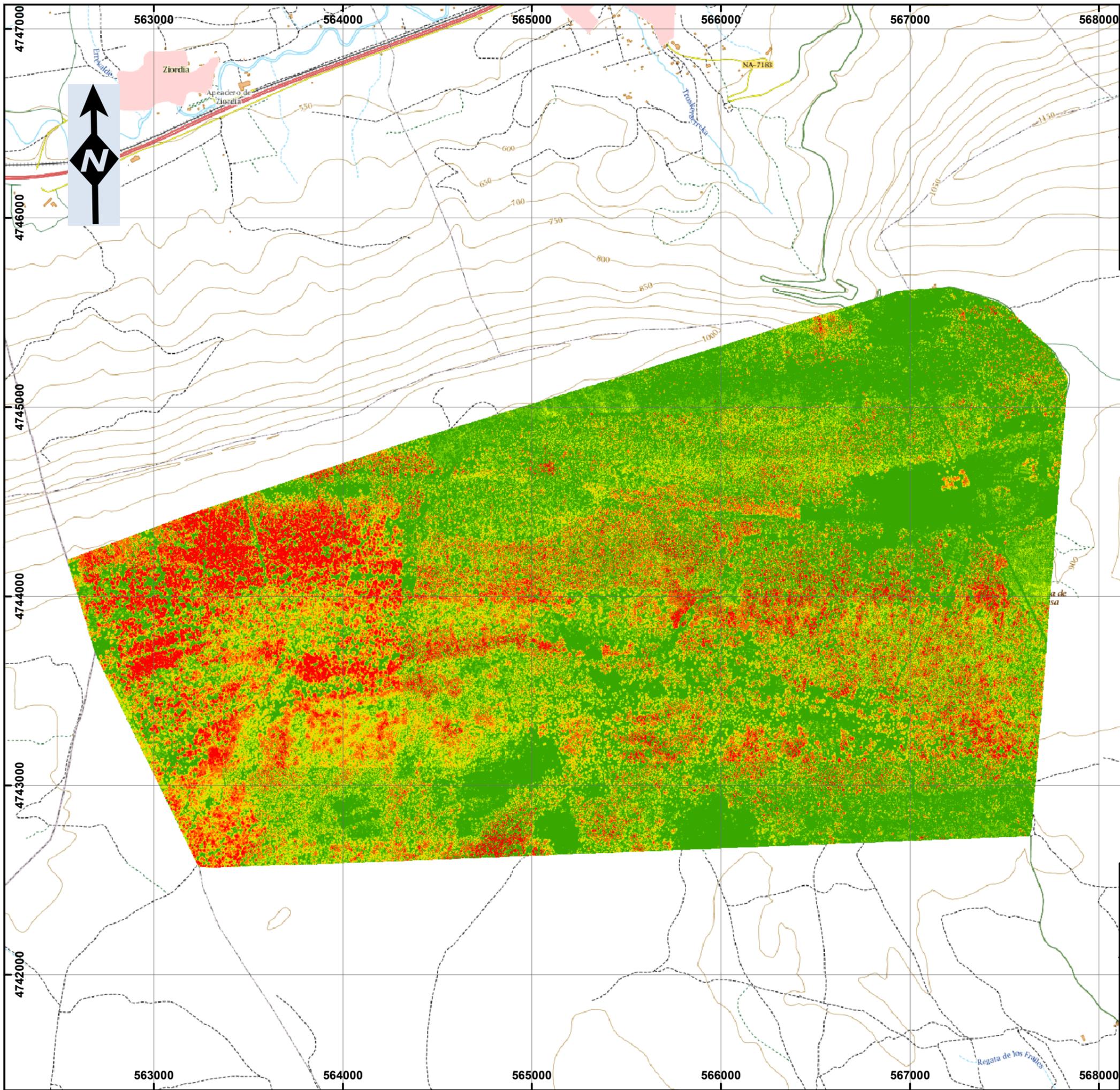


**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA Nº: <b>7.5</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE B Urbasa</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	
ESCALA: 1 : 20.000	

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

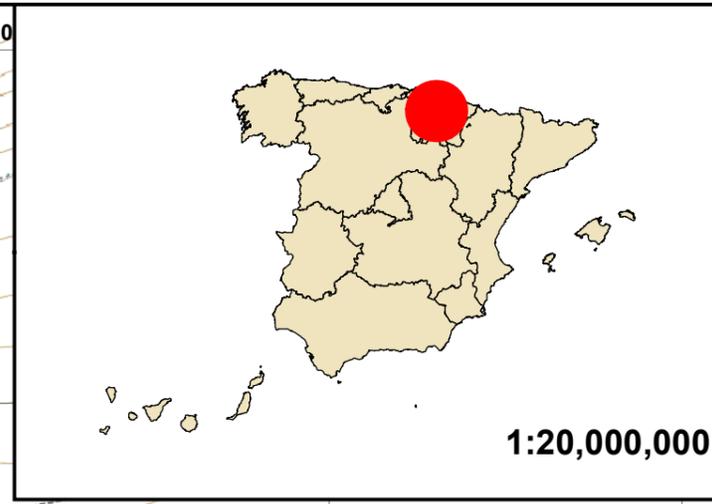
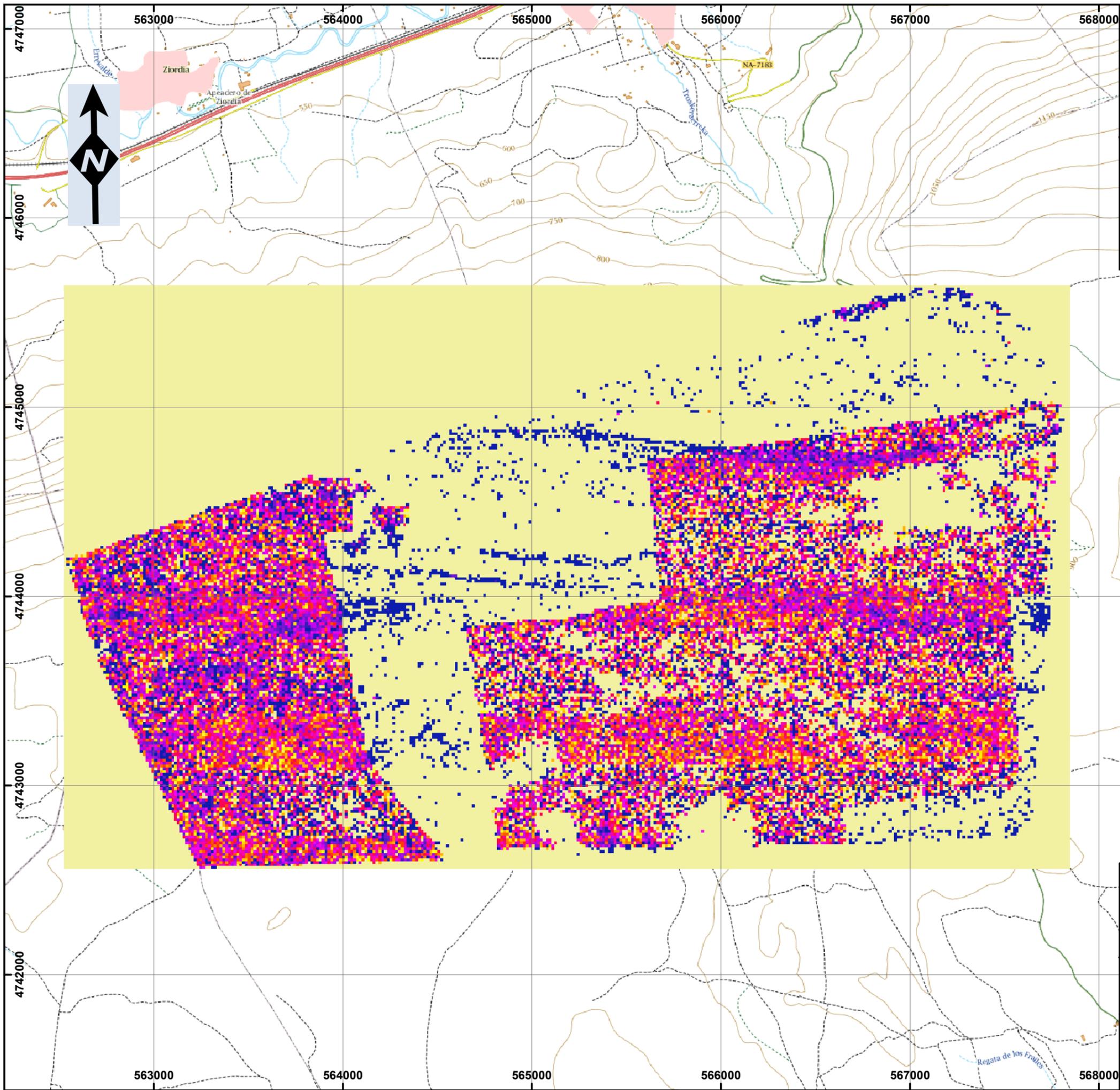
HOJA Nº:  
**7.6**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE C Urbasa**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 20.000

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJANº:  
**7.7**

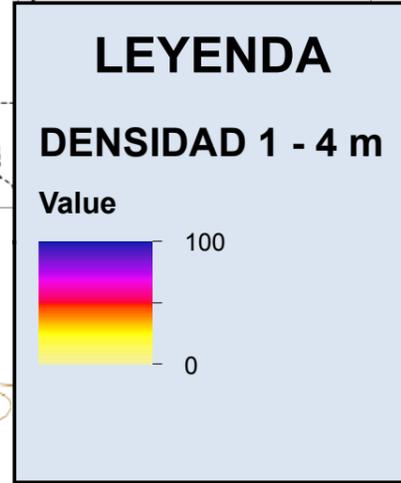
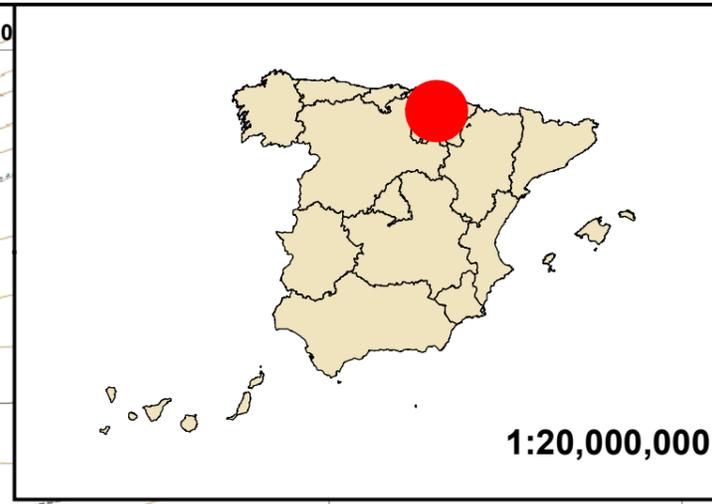
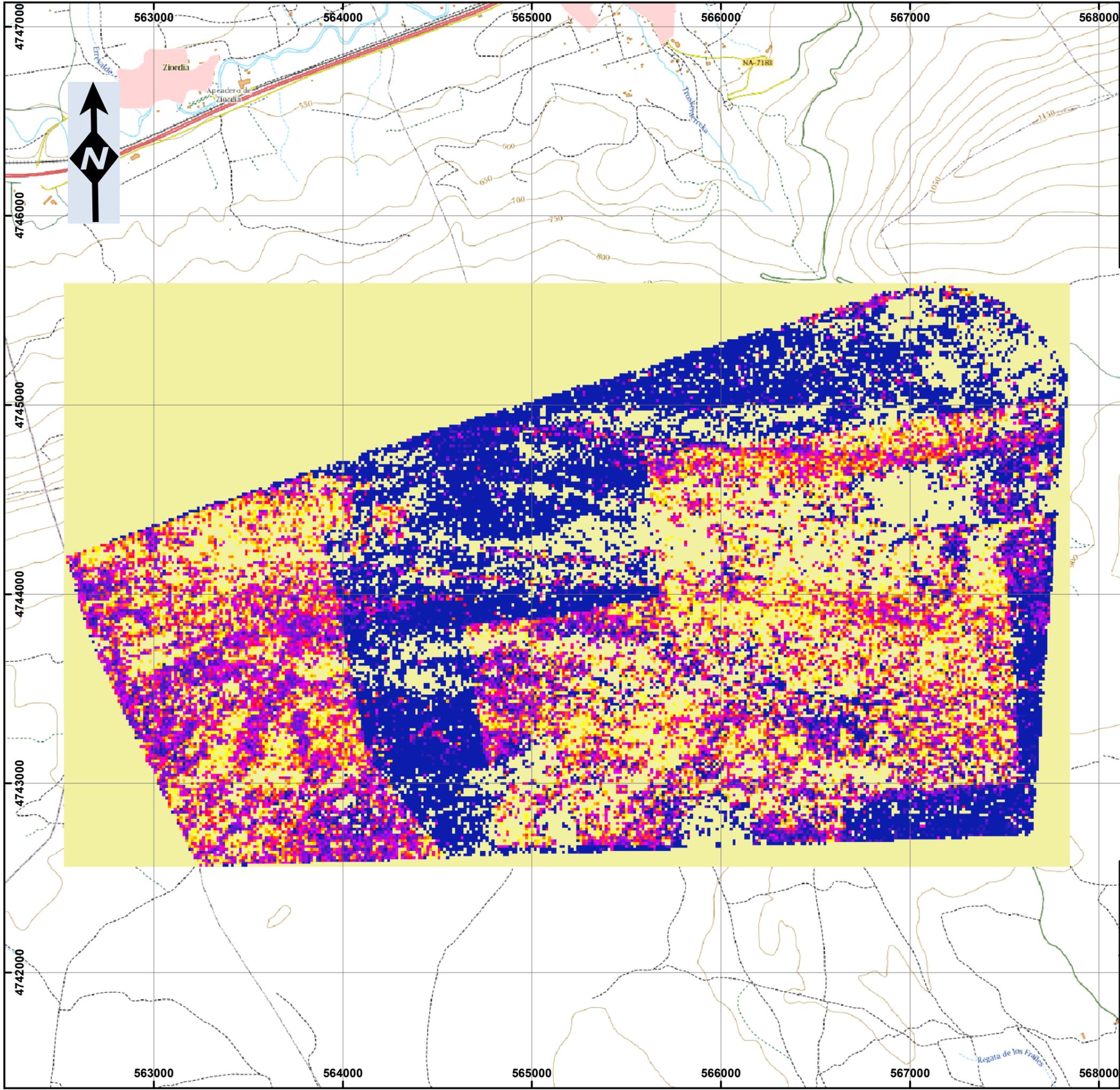
TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE D Urbasa**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 20.000

*Luis Carlos*

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

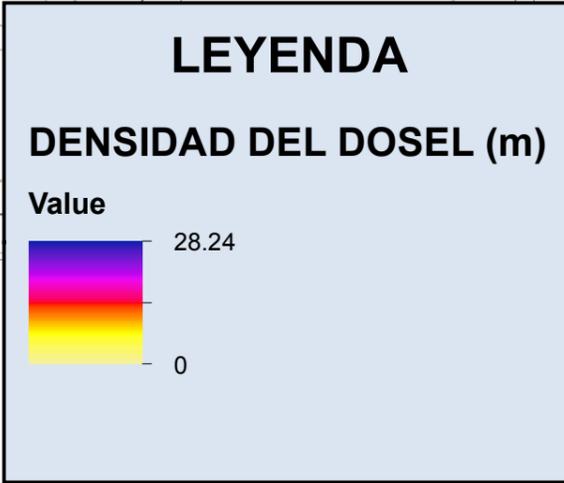
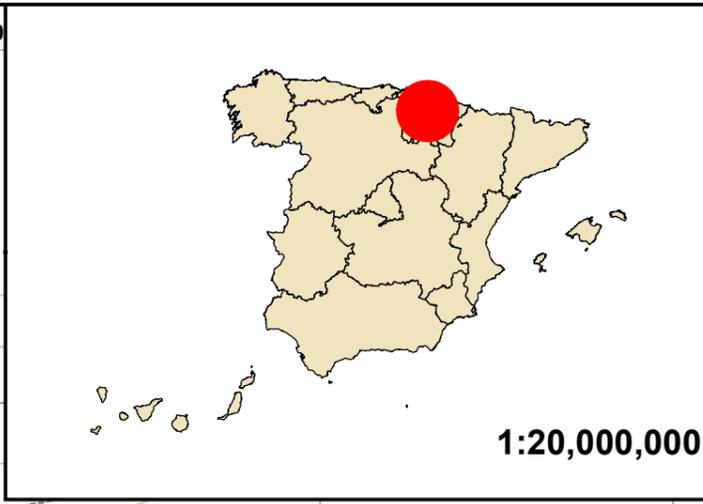
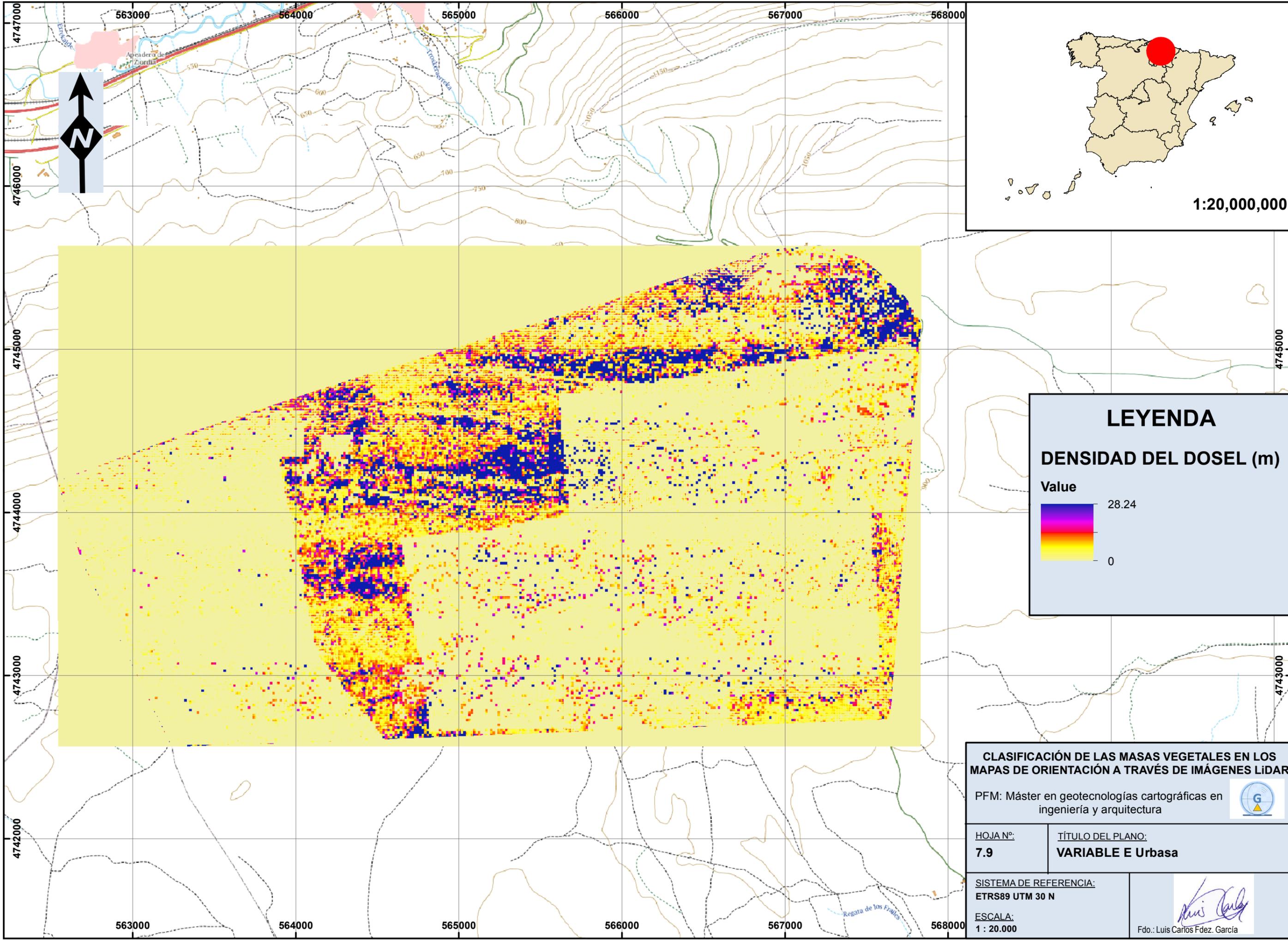
HOJA Nº:  
**7.8**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE D Urbasa**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 20.000

*Luis Carlos*  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García

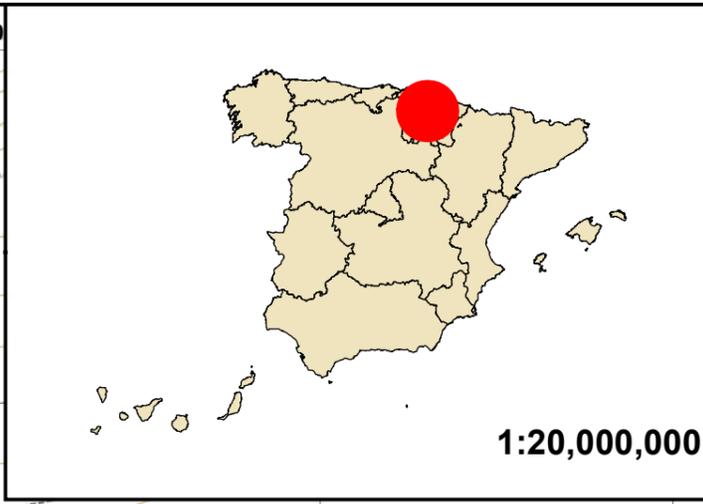
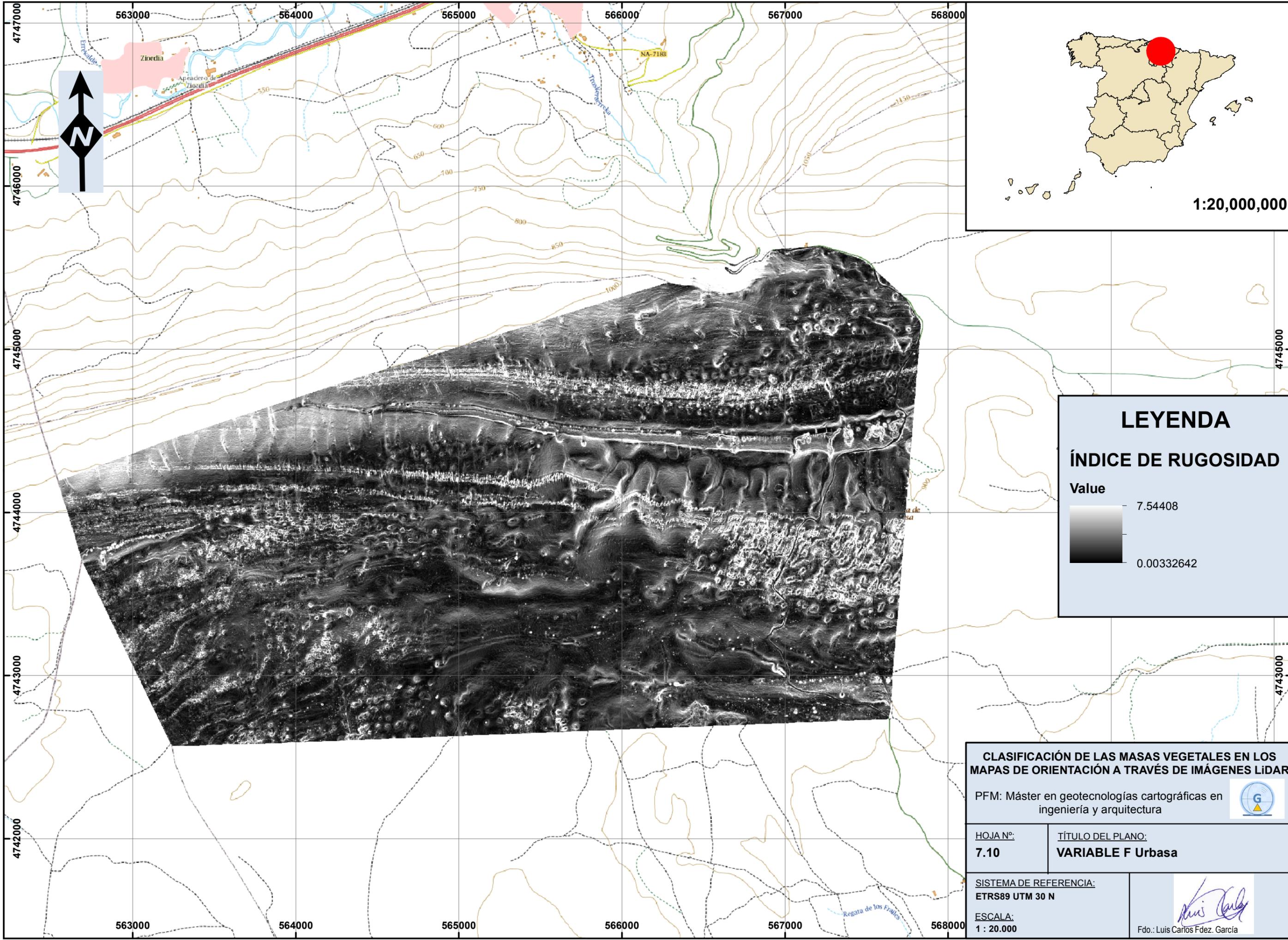


**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA Nº: <b>7.9</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE E Urbasa</b>
------------------------	---

SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 20.000	



1:20,000,000

**LEYENDA**

**ÍNDICE DE RUGOSIDAD**

Value

7.54408

0.00332642

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

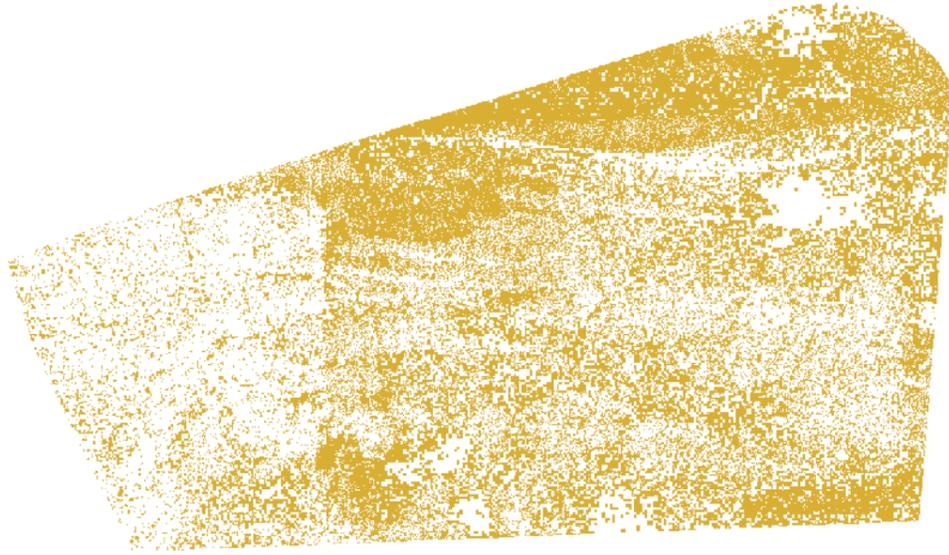
HOJA Nº: <b>7.10</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE F Urbasa</b>
-------------------------	---

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 20.000

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García

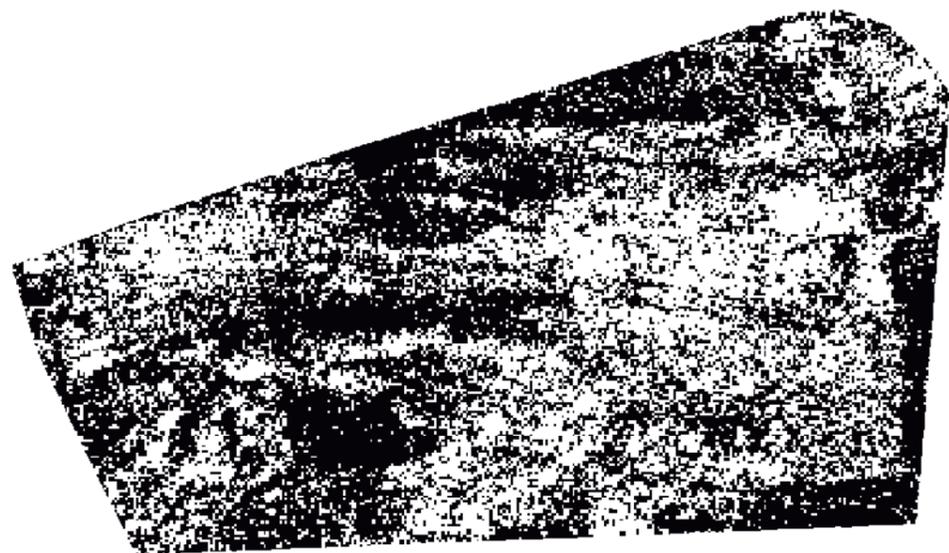
401



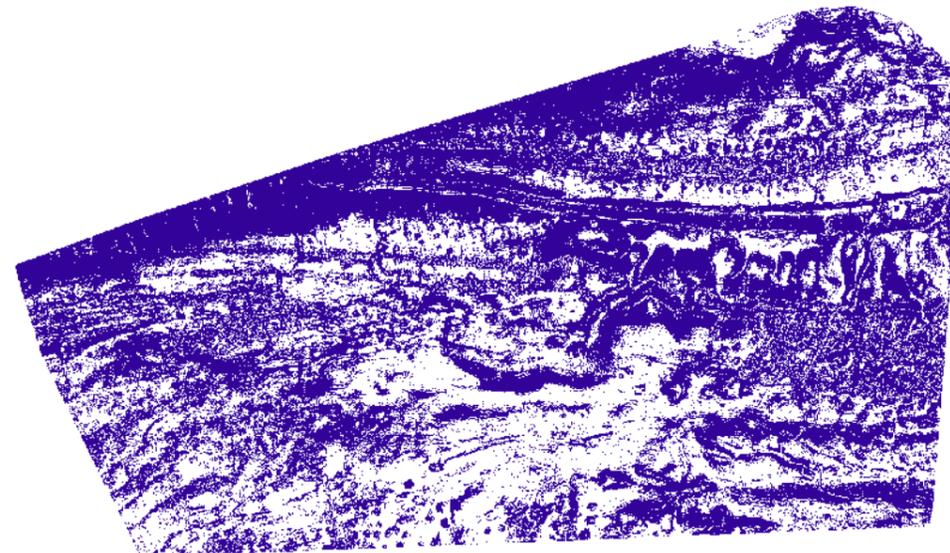
405



406 - 410



409



CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura



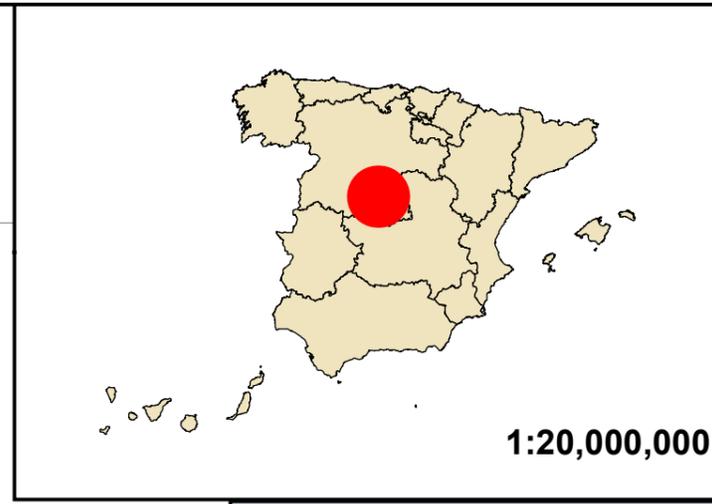
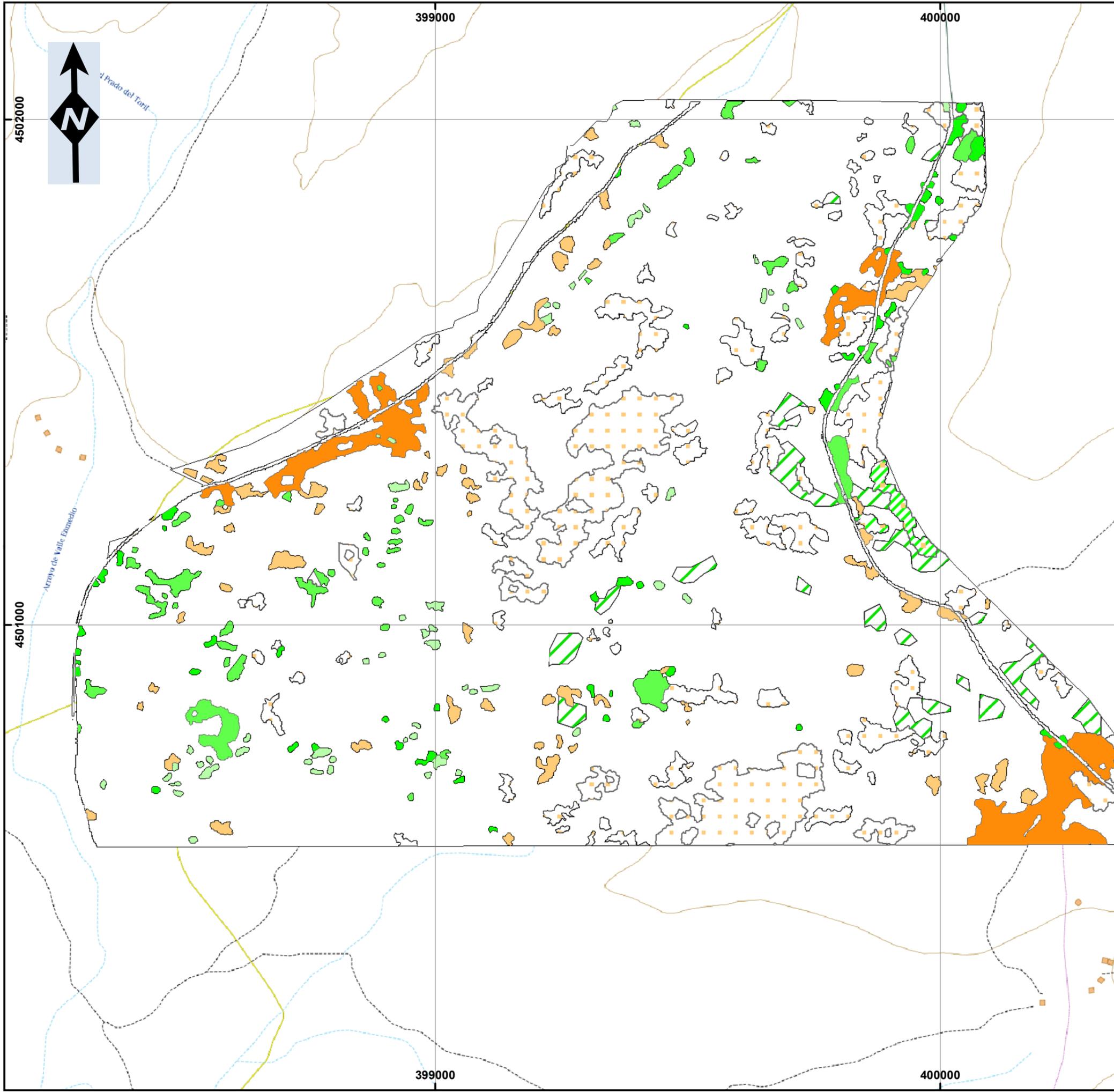
HOJA Nº:  
7.11

TÍTULO DEL PLANO:  
CLASIFICACIONES Urbasa

SISTEMA DE REFERENCIA:

ESCALA:

  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



### LEYENDA

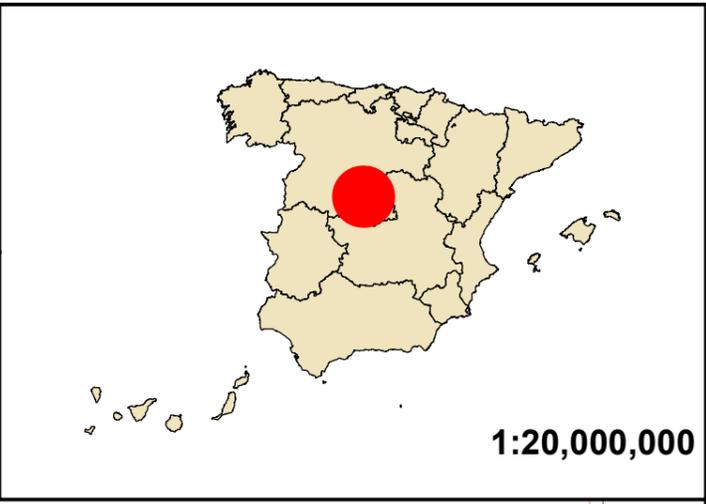
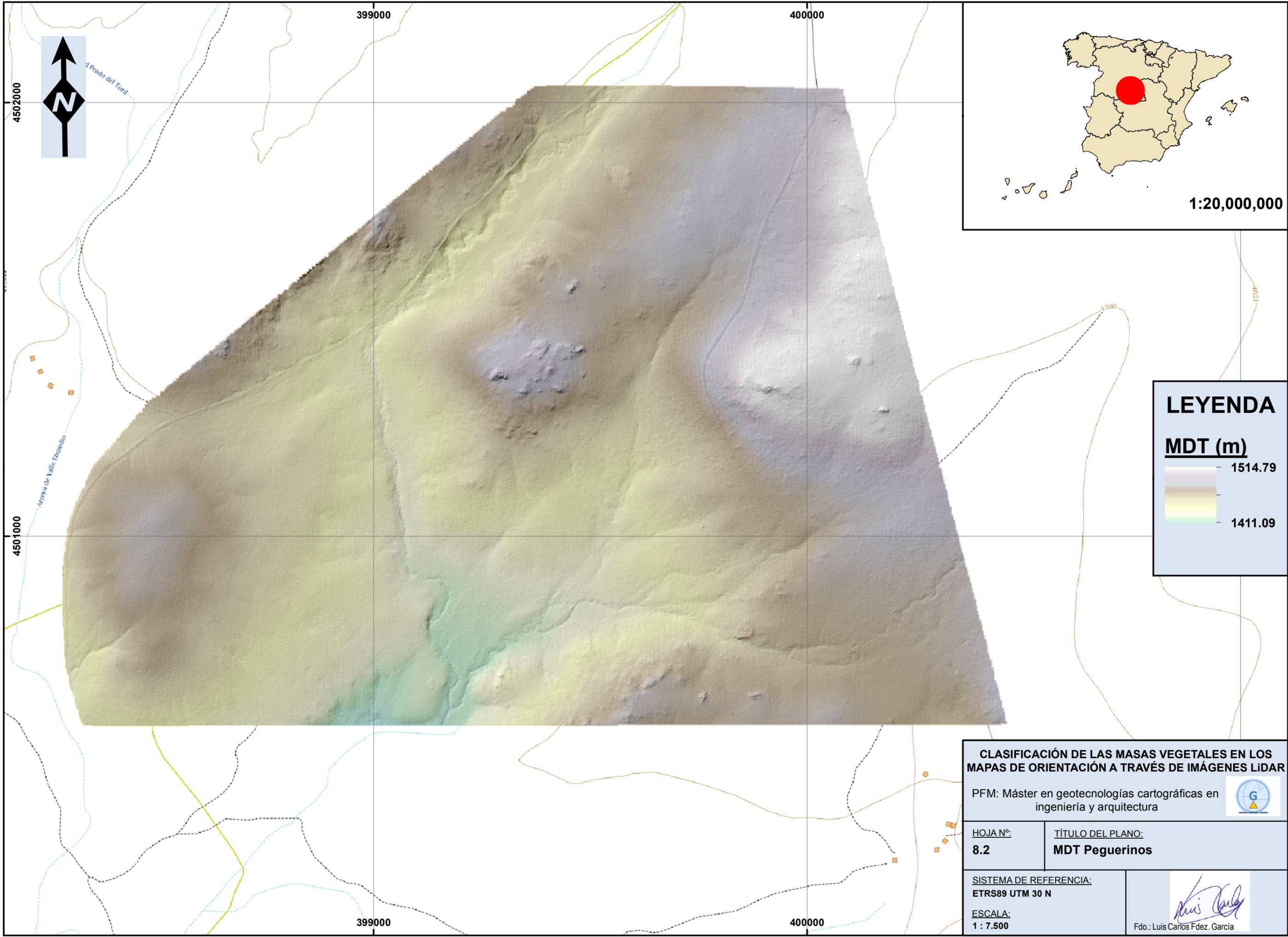
#### PENETRABILIDAD

	401
	403
	404
	404 407
	404 409
	405
	405 407
	405 409
	406
	408
	410

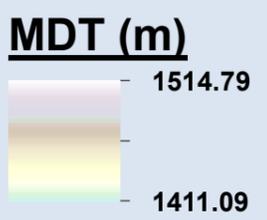
**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA Nº: <b>8.1</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>Digitalización mapa Peguerinos</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	
ESCALA: 1 : 7.500	
 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García	



**LEYENDA**



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura 

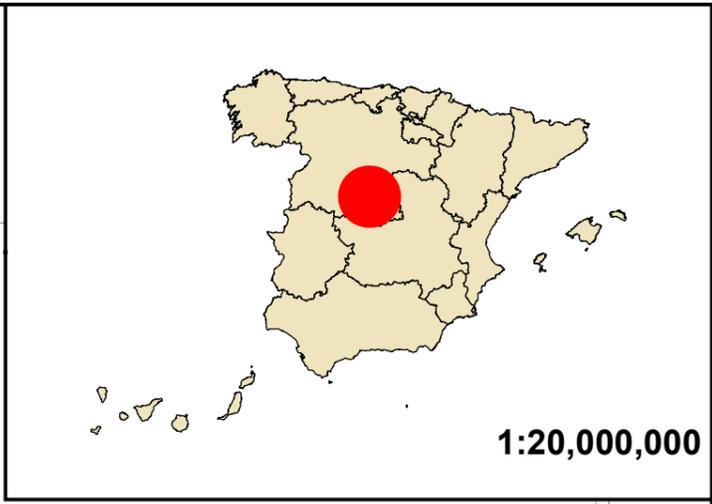
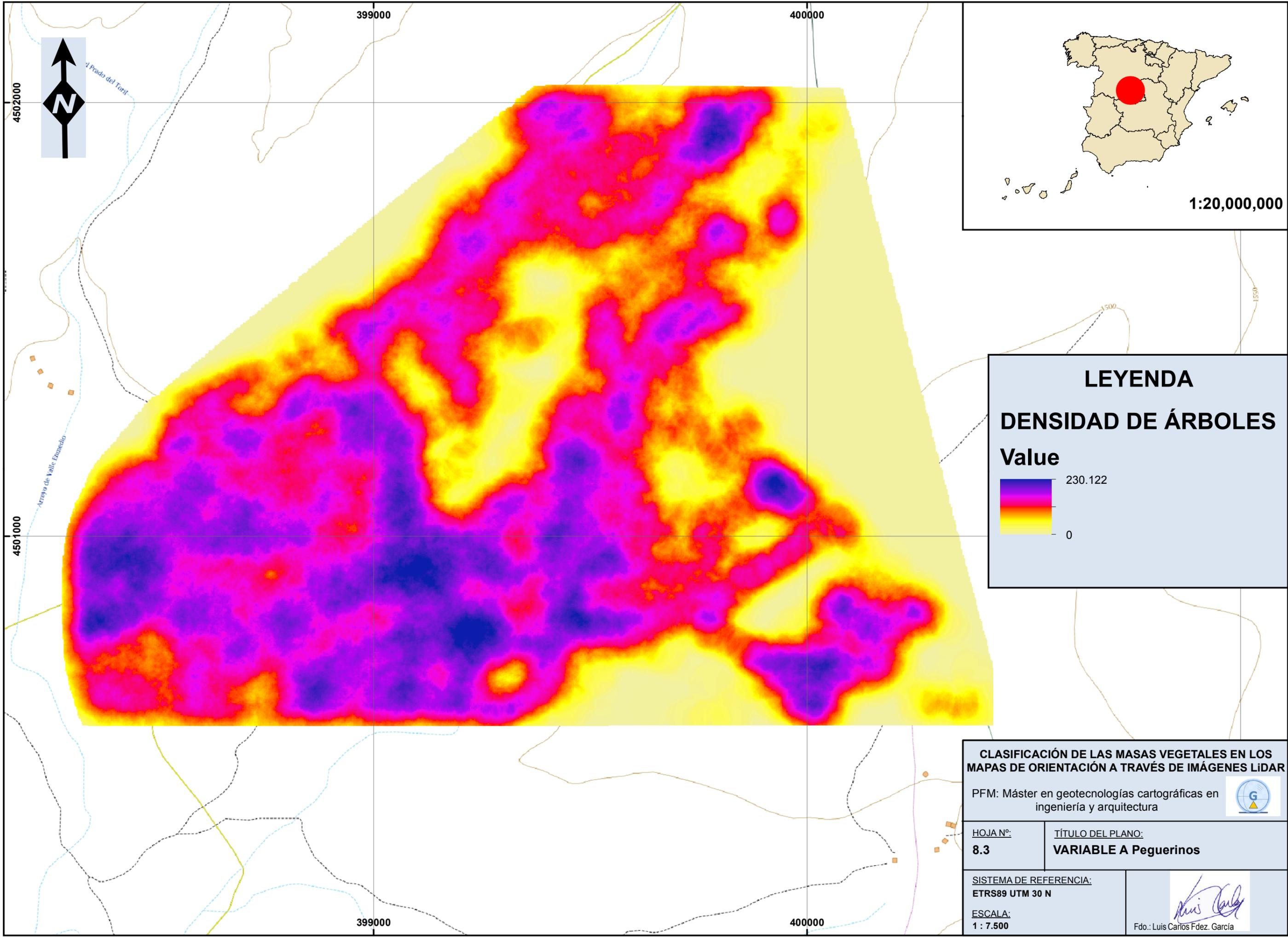
HOJA Nº:  
**8.2**

TÍTULO DEL PLANO:  
**MDT Peguerinos**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 7.500

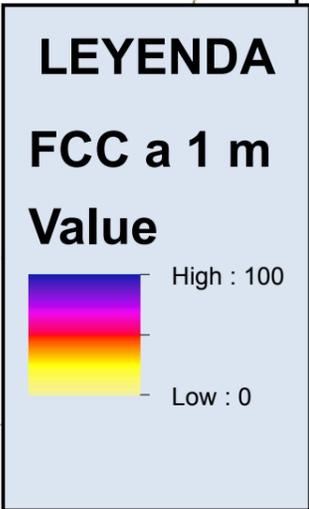
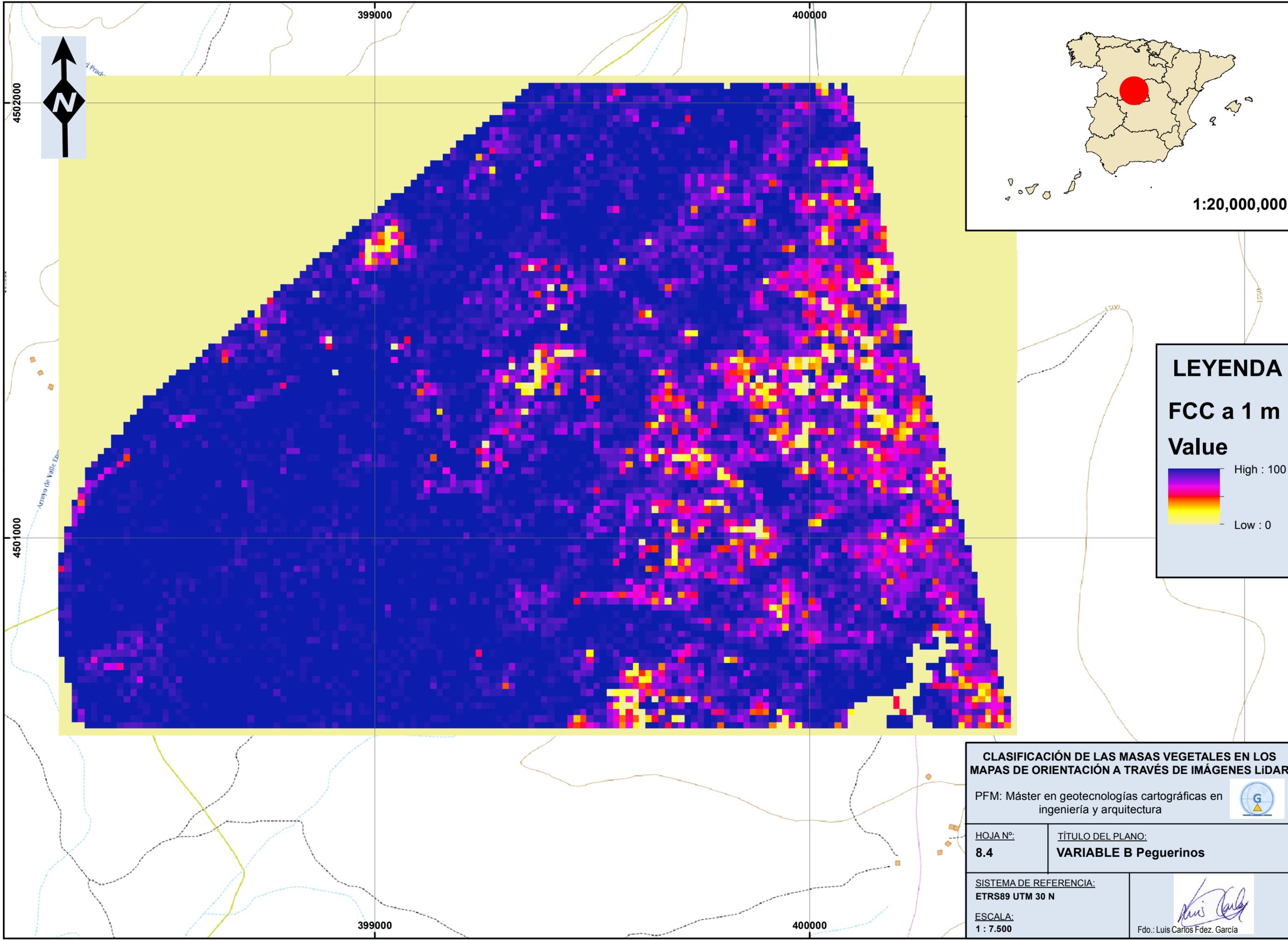
  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA Nº: <b>8.3</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE A Peguerinos</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 7.500	



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

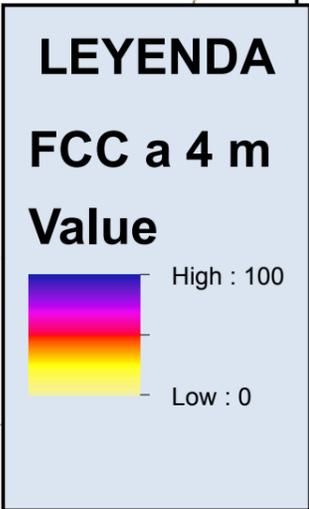
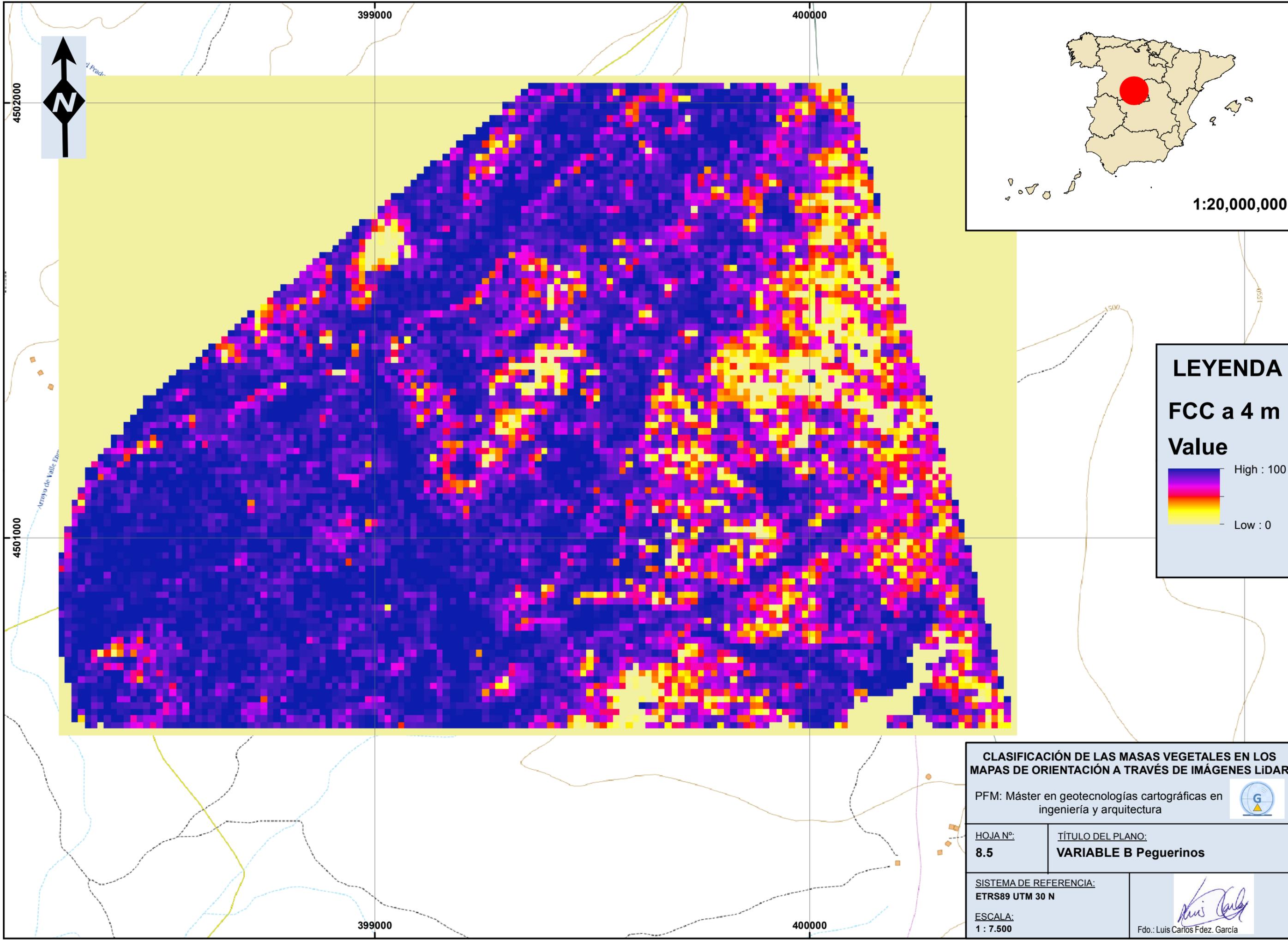
HOJANº:  
**8.4**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE B Peguerinos**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 7.500

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García

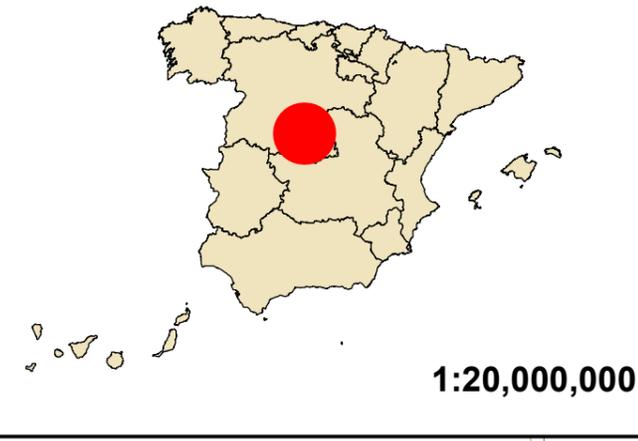
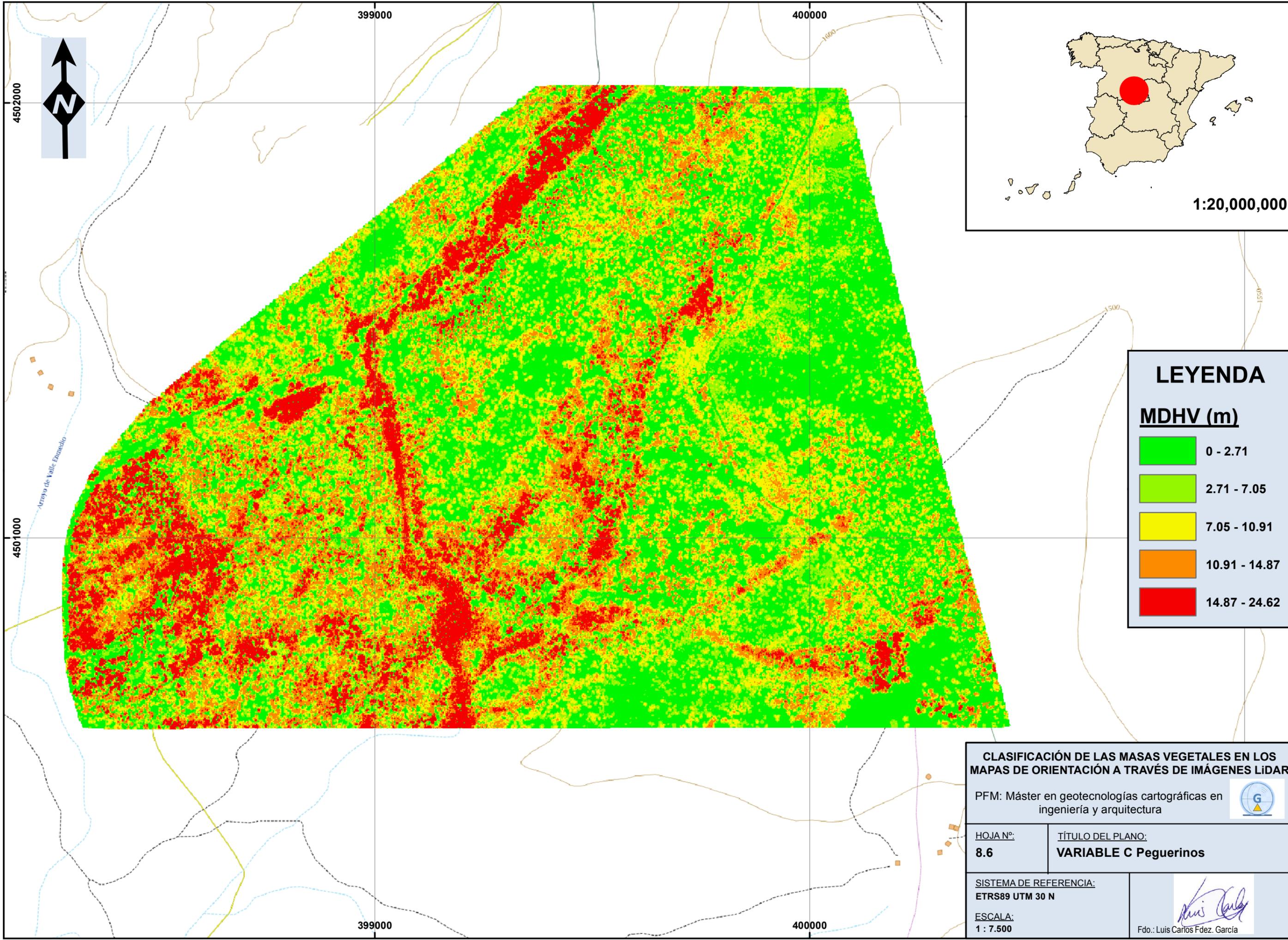


**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA Nº: <b>8.5</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE B Peguerinos</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	
ESCALA: 1 : 7.500	

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**LEYENDA**

**MDHV (m)**

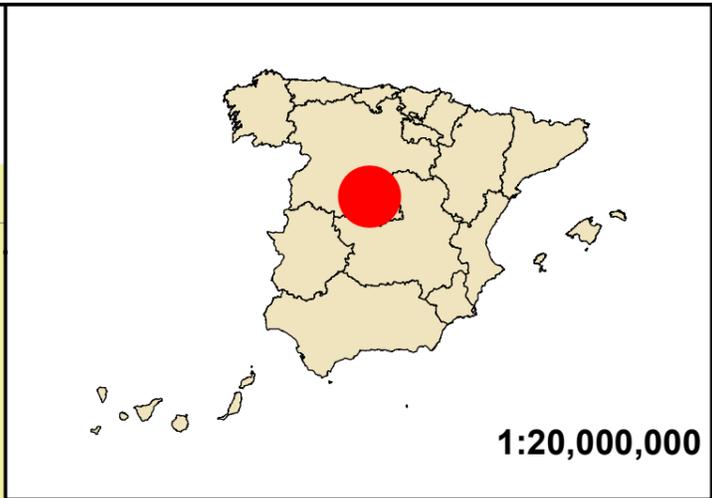
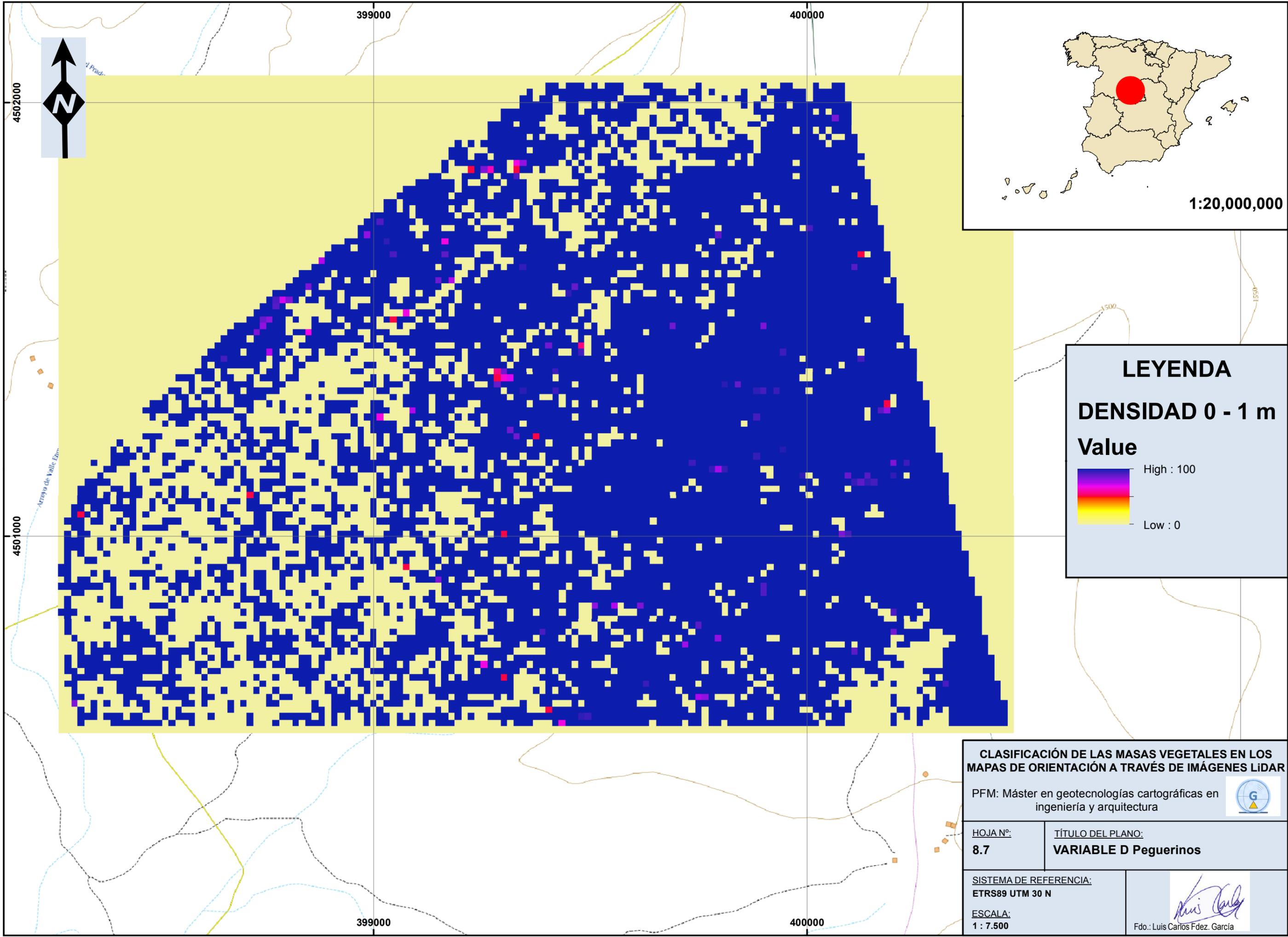
	0 - 2.71
	2.71 - 7.05
	7.05 - 10.91
	10.91 - 14.87
	14.87 - 24.62

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA Nº: <b>8.6</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE C Peguerinos</b>
------------------------	---

SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 7.500	



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

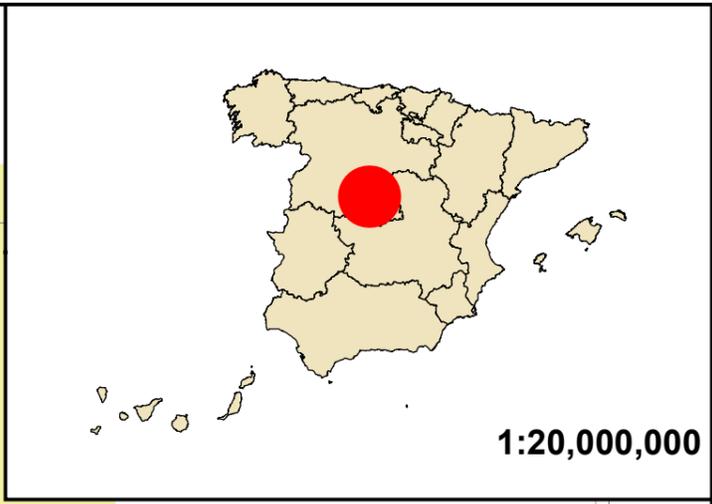
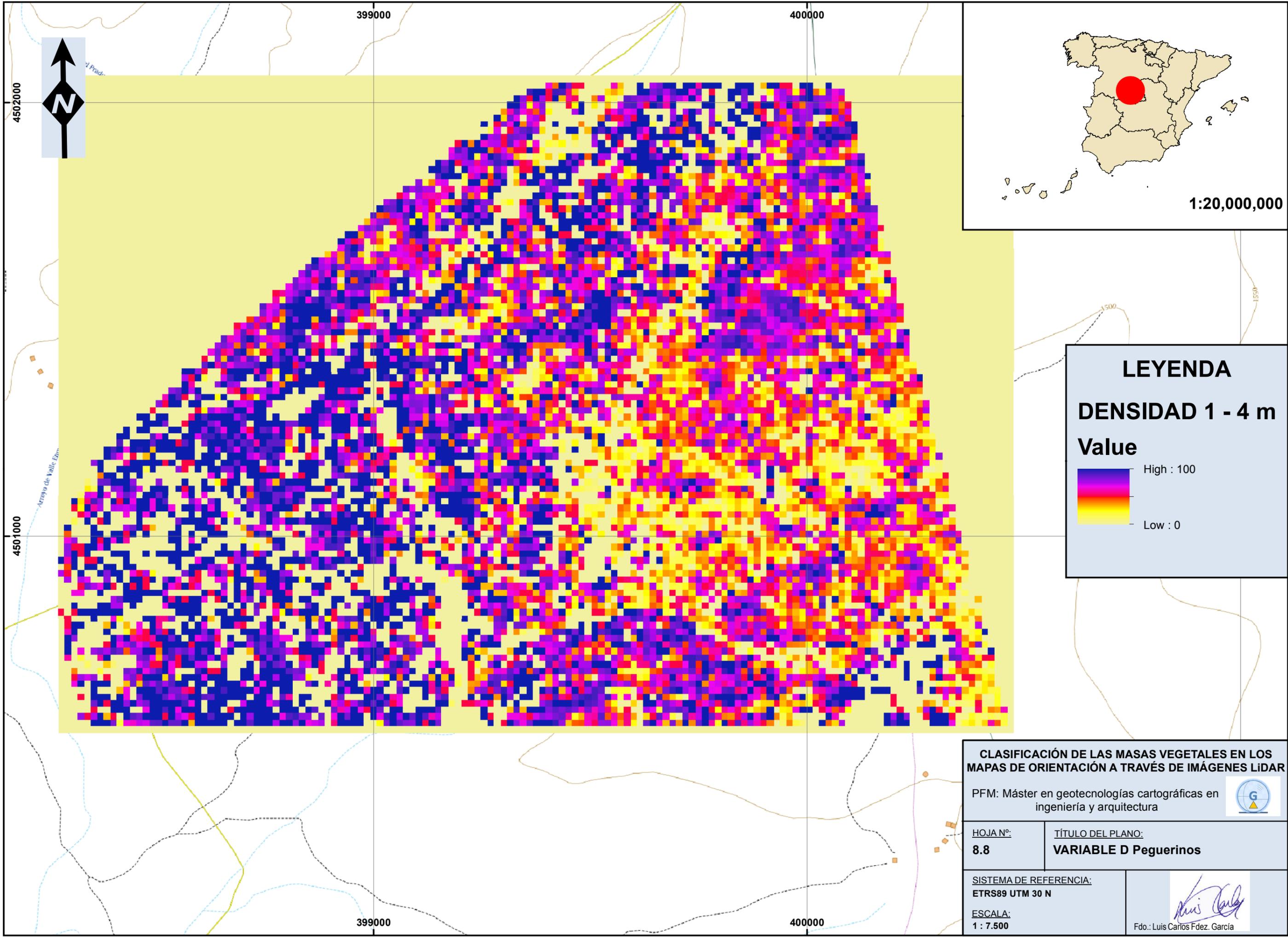
HOJA Nº:  
**8.7**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE D Peguerinos**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 7.500

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**LEYENDA**

**DENSIDAD 1 - 4 m**

**Value**

High : 100

Low : 0

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

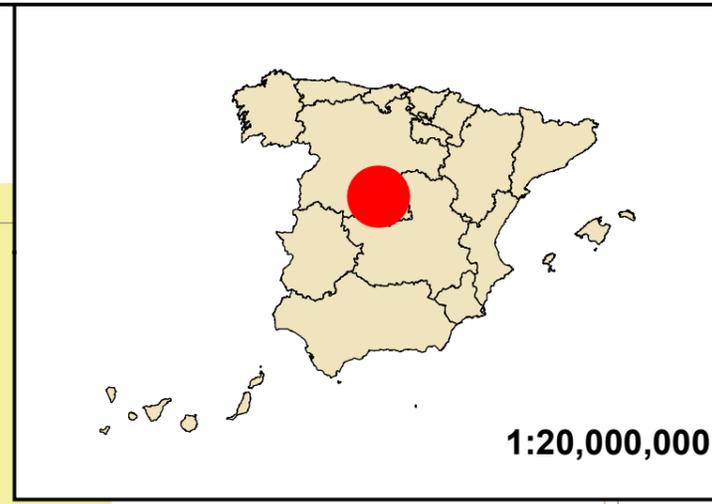
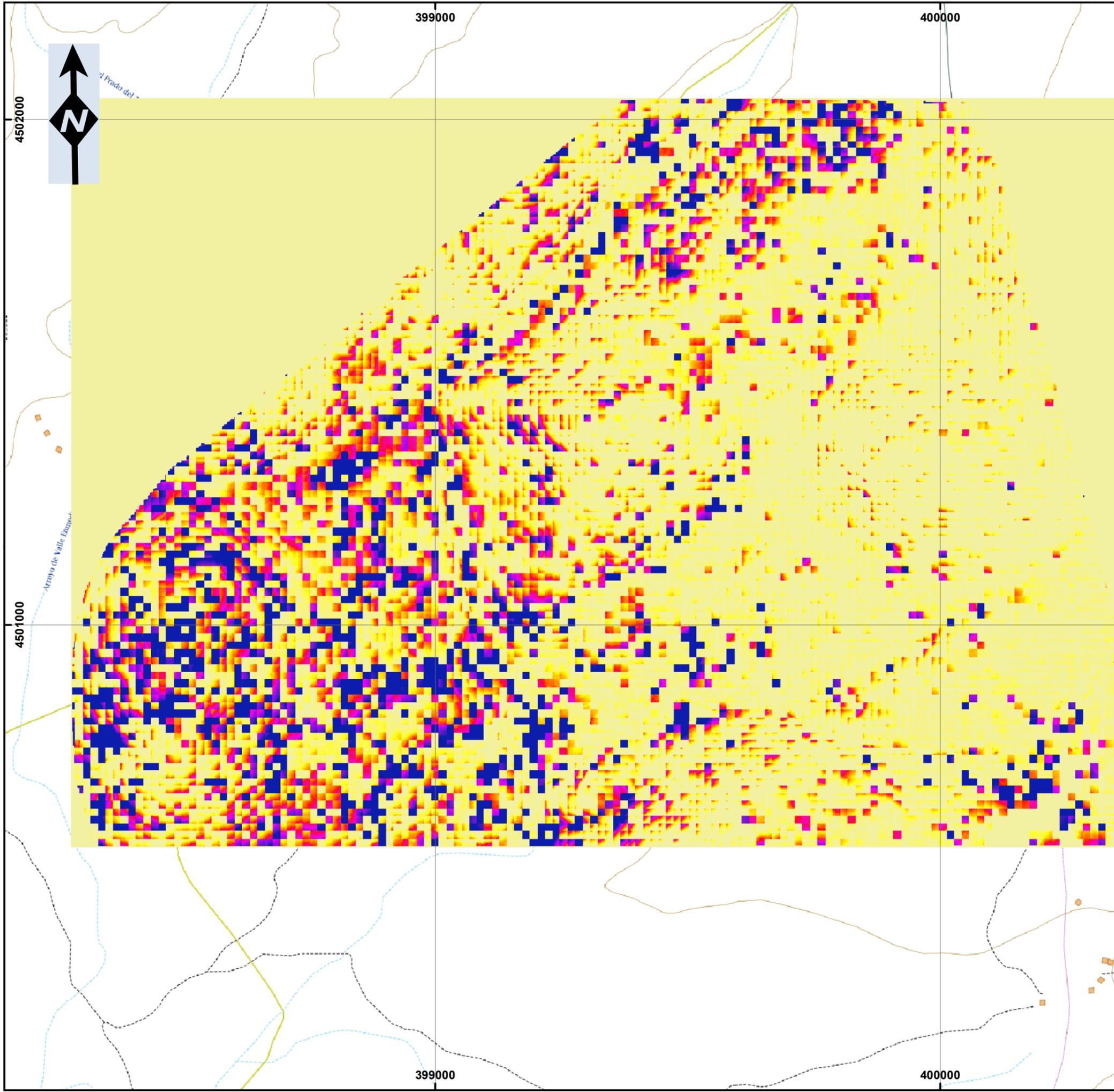
HOJA Nº: **8.8**

TÍTULO DEL PLANO: **VARIABLE D Peguerinos**

SISTEMA DE REFERENCIA: **ETRS89 UTM 30 N**

ESCALA: **1 : 7.500**

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**LEYENDA**

**DENSIDAD DEL DOSEL (m)**

**Value**

17.67

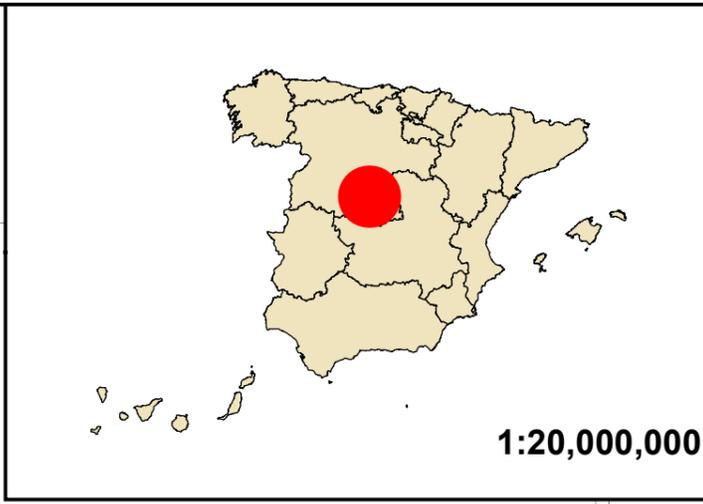
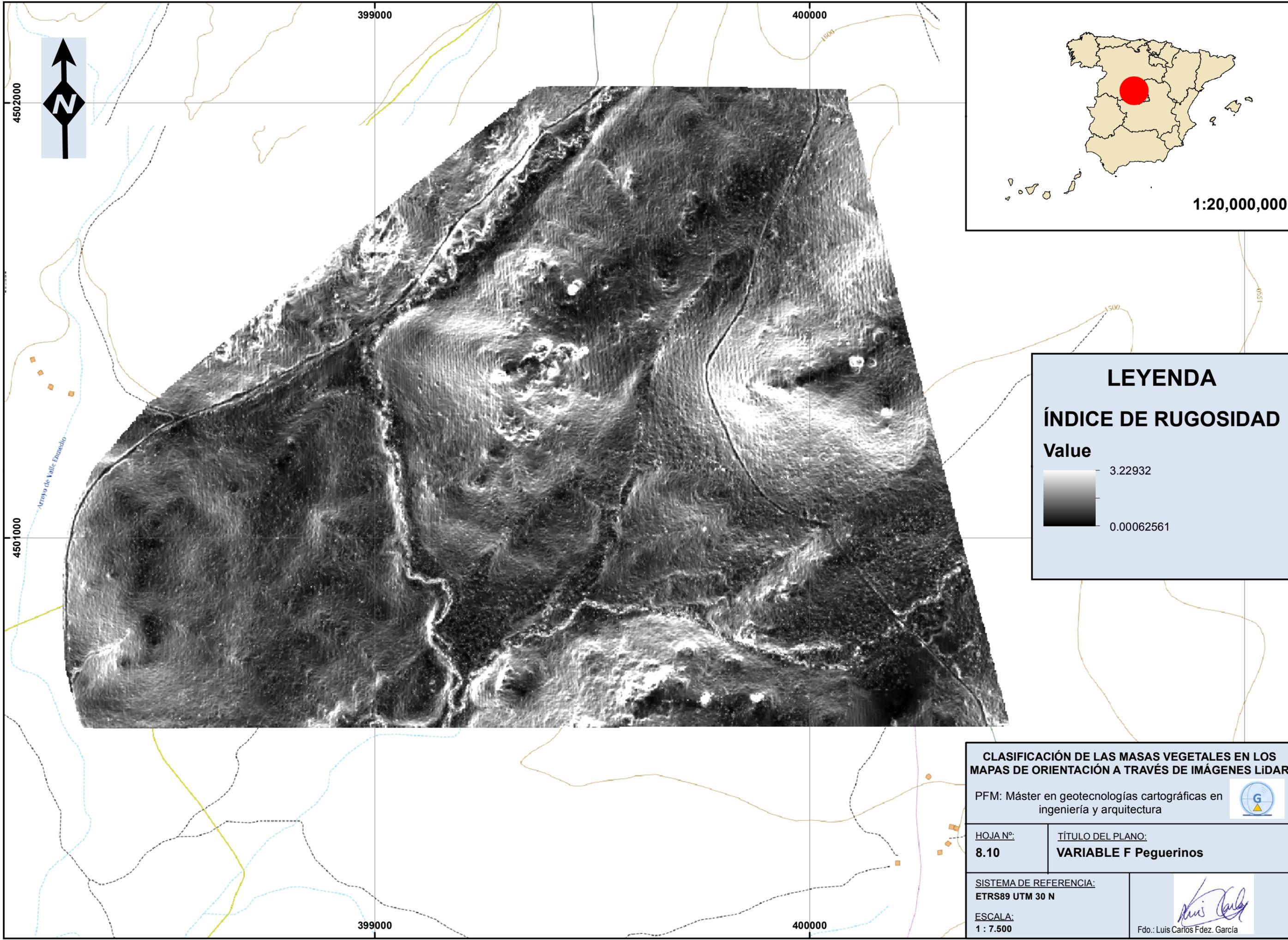
0

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura 

<b>HOJA Nº:</b> 8.9	<b>TÍTULO DEL PLANO:</b> <b>VARIABLE E Peguerinos</b>
------------------------	--

<p><b>SISTEMA DE REFERENCIA:</b> ETRS89 UTM 30 N</p> <p><b>ESCALA:</b> 1 : 7.500</p>	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
--	---



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

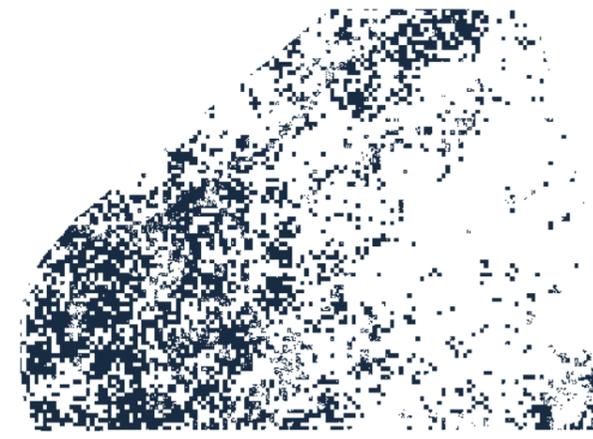
PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA Nº: <b>8.10</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE F Peguerinos</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 7.500	

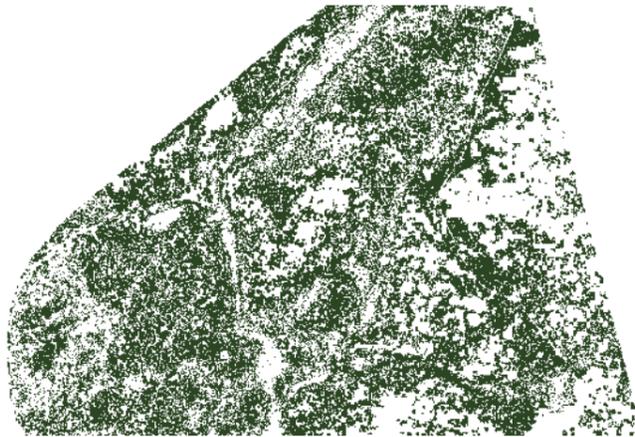
401



407 - 409



405



406 - 410



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura



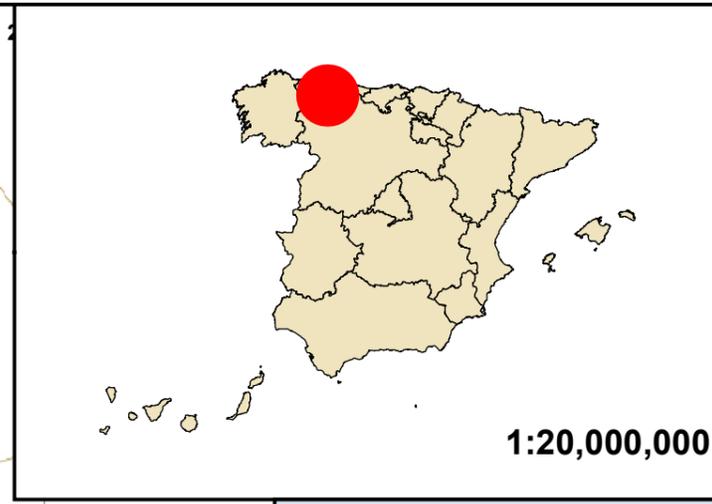
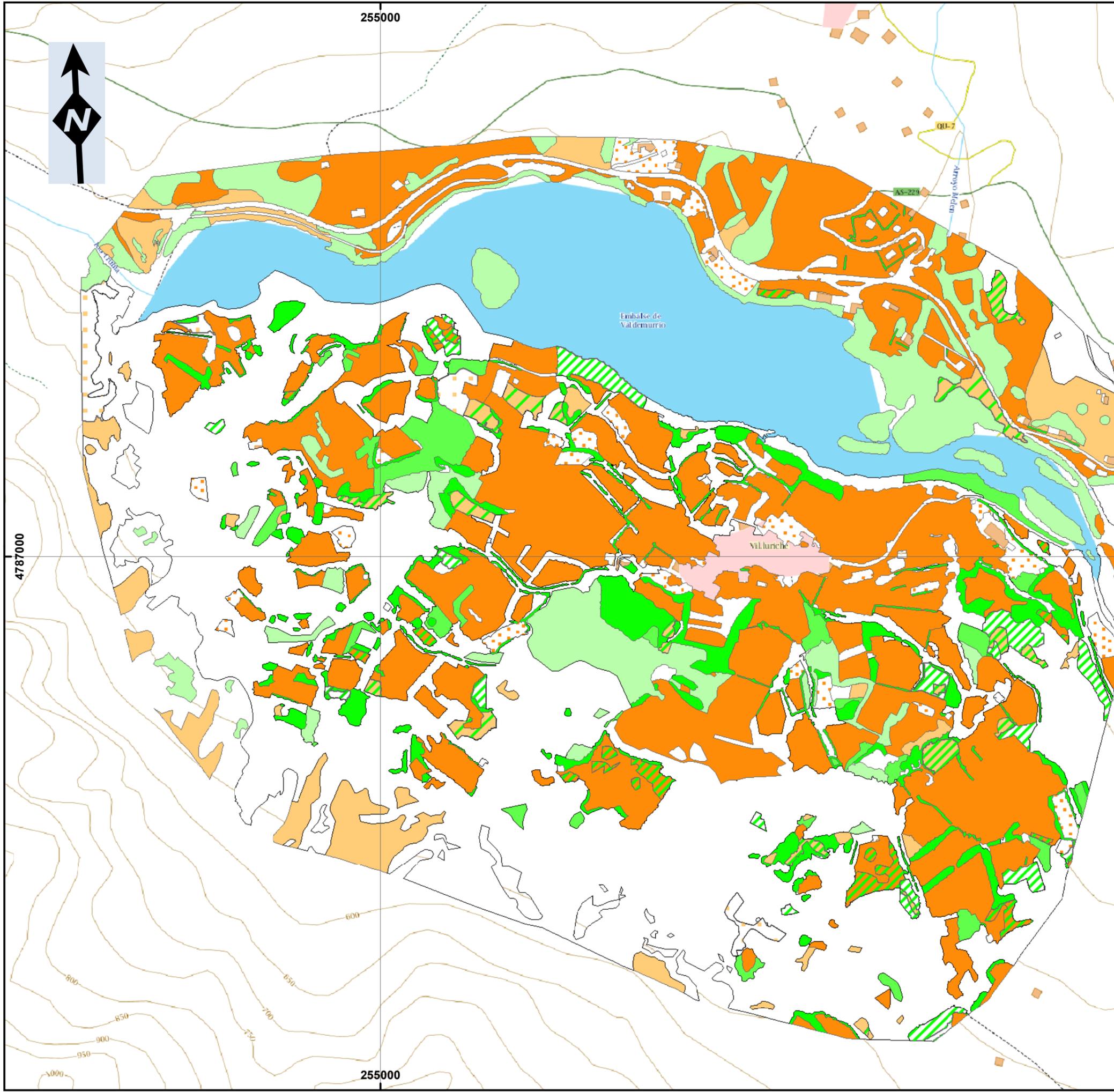
HOJA Nº:  
**8.11**

TÍTULO DEL PLANO:  
**CLASIFICACIONES Peguerinos**

SISTEMA DE REFERENCIA:

ESCALA:

  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**LEYENDA**

**PENETRABILIDAD**

	401
	401 409
	402
	403
	403 407
	403 409
	404
	404 409
	405
	405 407
	405 409
	406
	408
	410

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

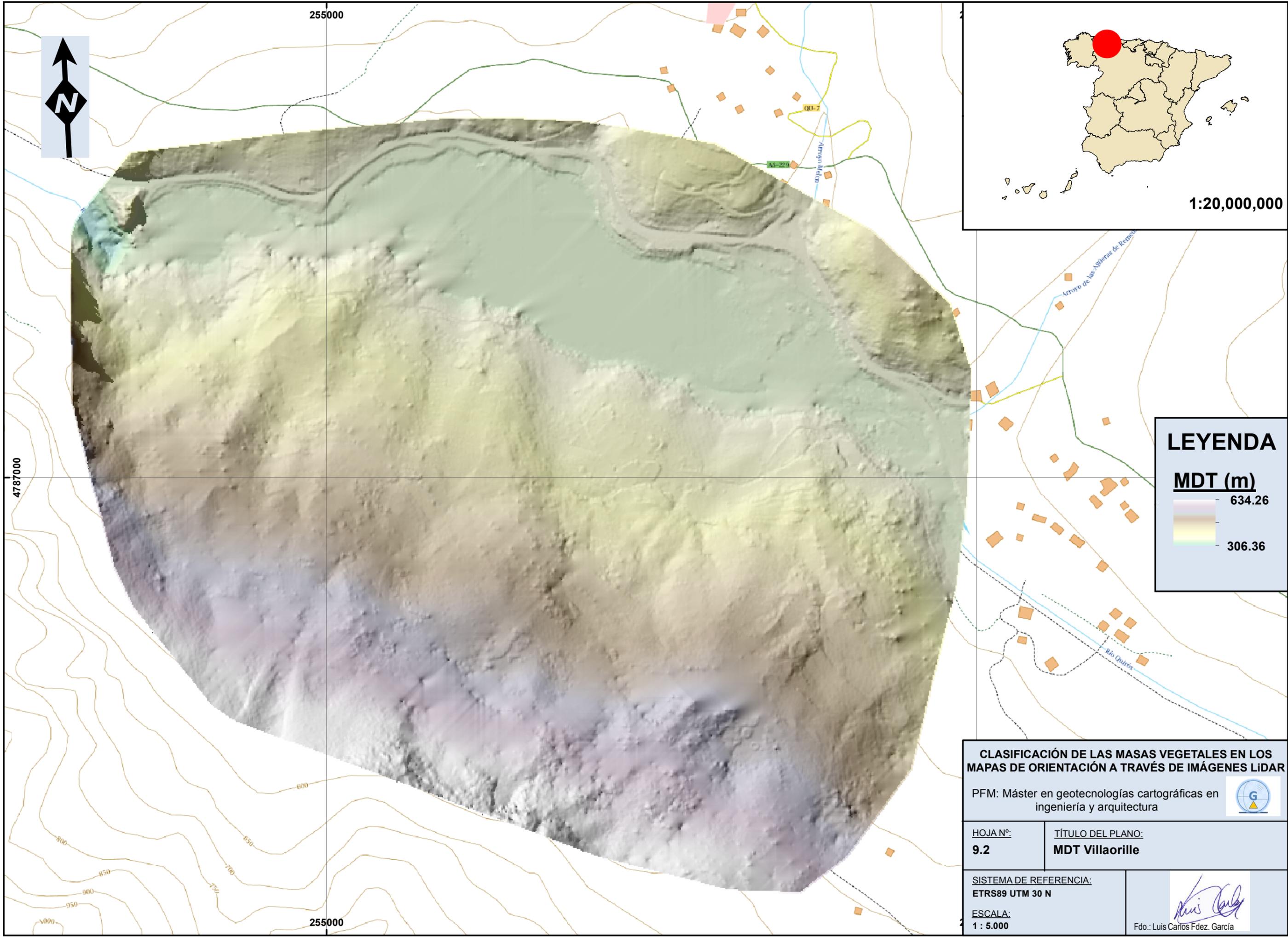
HOJA Nº:  
**9.1**

TÍTULO DEL PLANO:  
**Digitalización mapa Villaorille**

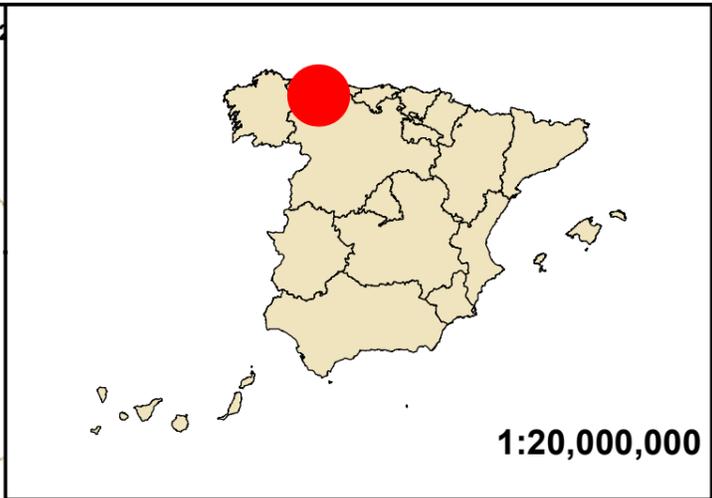
SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 5.000

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



255000



1:20,000,000

4787000

**LEYENDA**

**MDT (m)**

634.26

306.36

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura



HOJA Nº:  
**9.2**

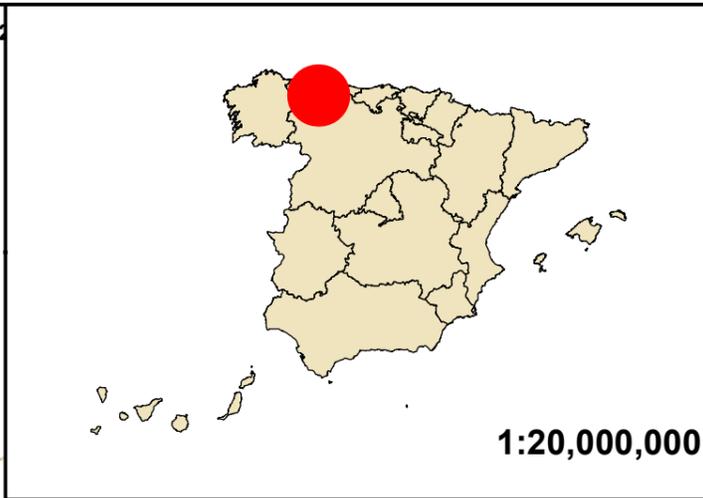
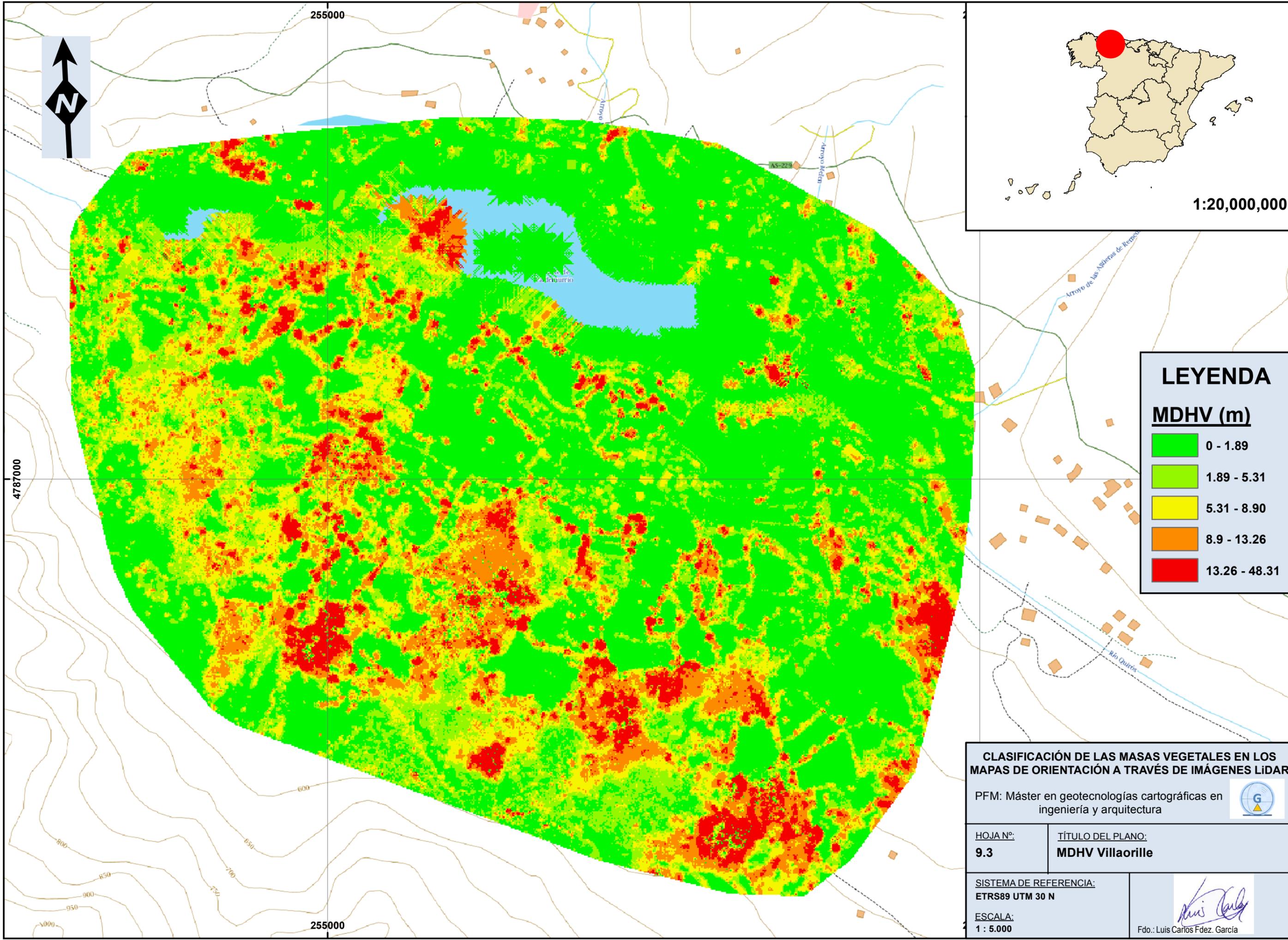
TÍTULO DEL PLANO:  
**MDT Villaorille**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
**ETRS89 UTM 30 N**

ESCALA:  
**1 : 5.000**

*Luis Carlos*  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García

255000



**LEYENDA**

**MDHV (m)**

	0 - 1.89
	1.89 - 5.31
	5.31 - 8.90
	8.9 - 13.26
	13.26 - 48.31

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

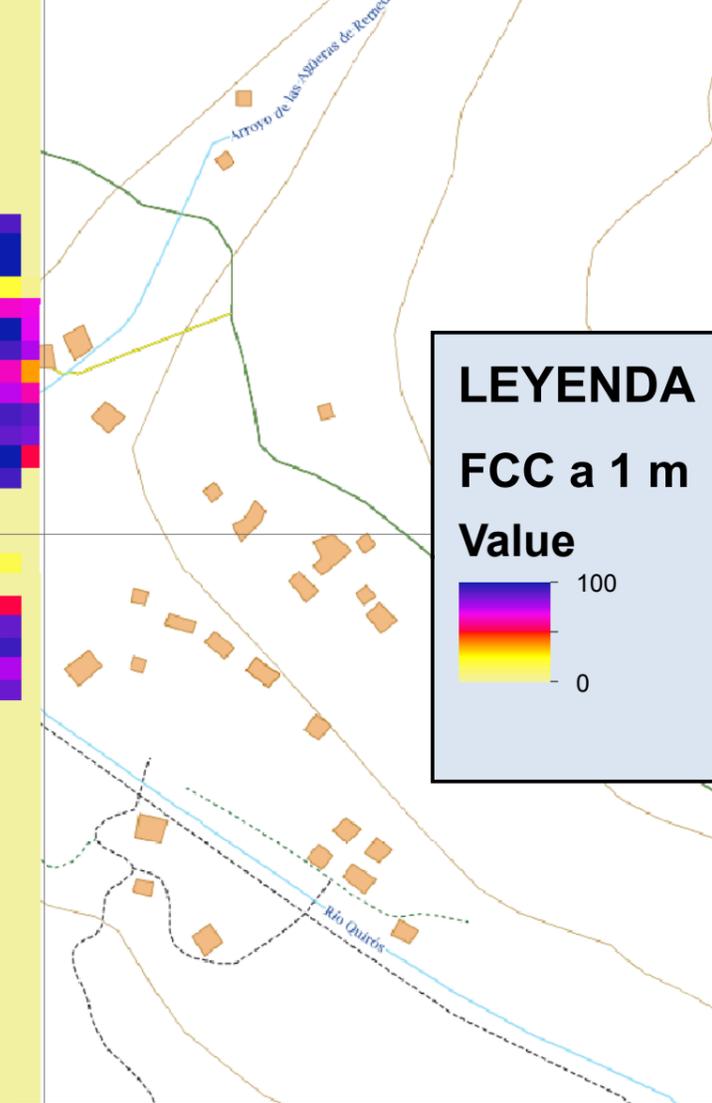
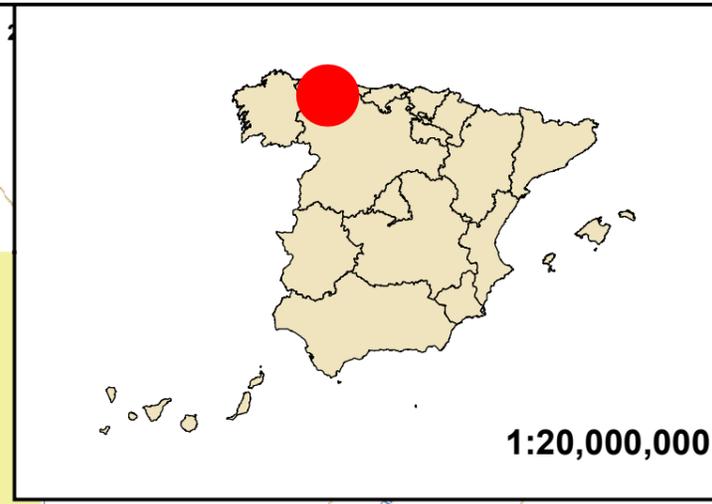
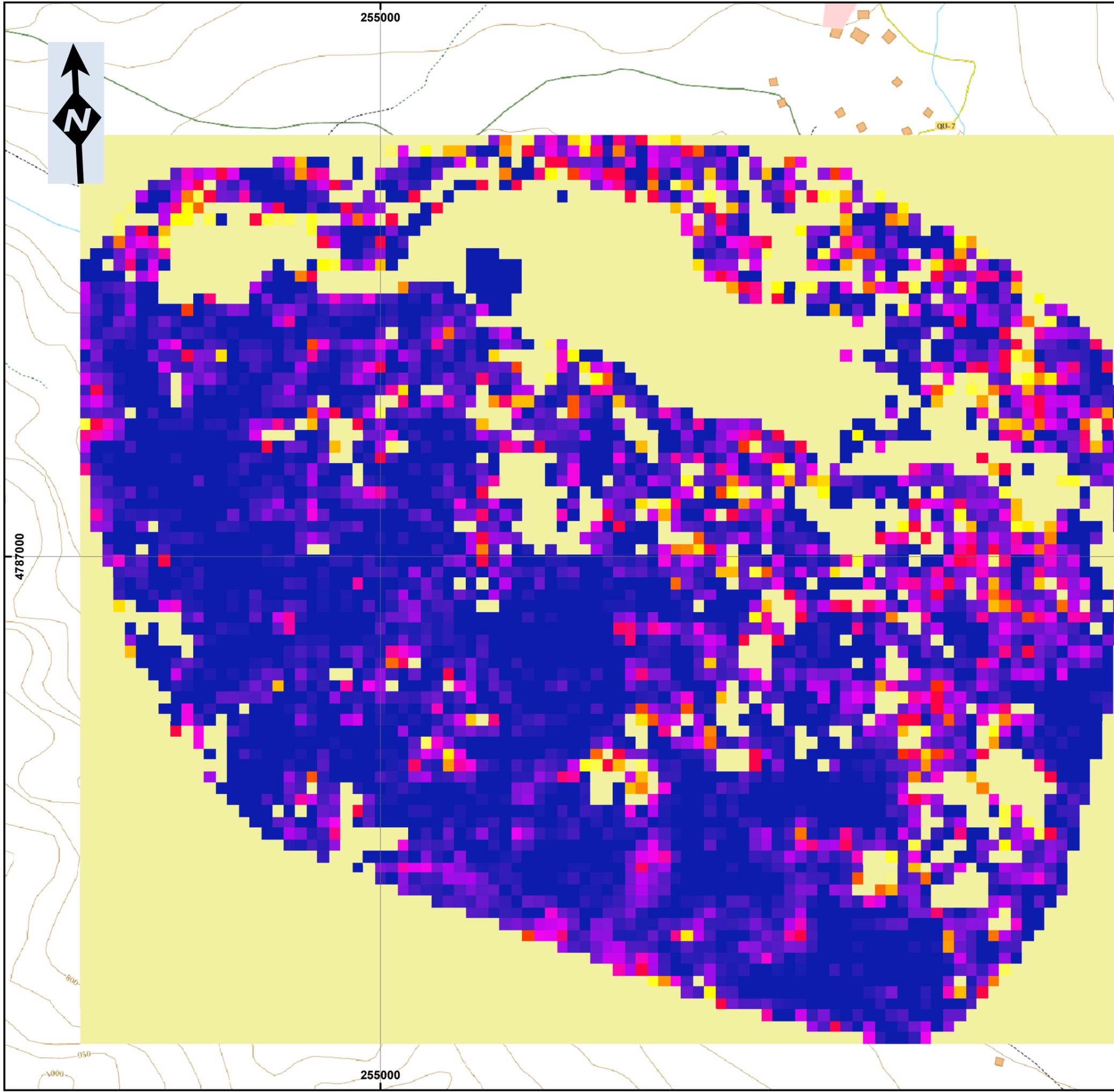
HOJA N°:  
**9.3**

TÍTULO DEL PLANO:  
**MDHV Villaorille**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 5.000

*Luis Carlos*  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García

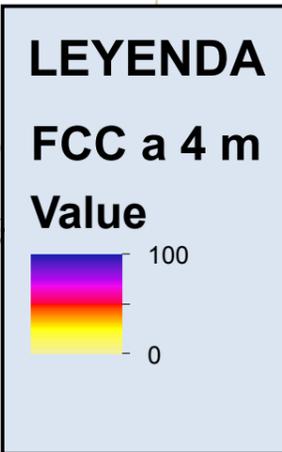
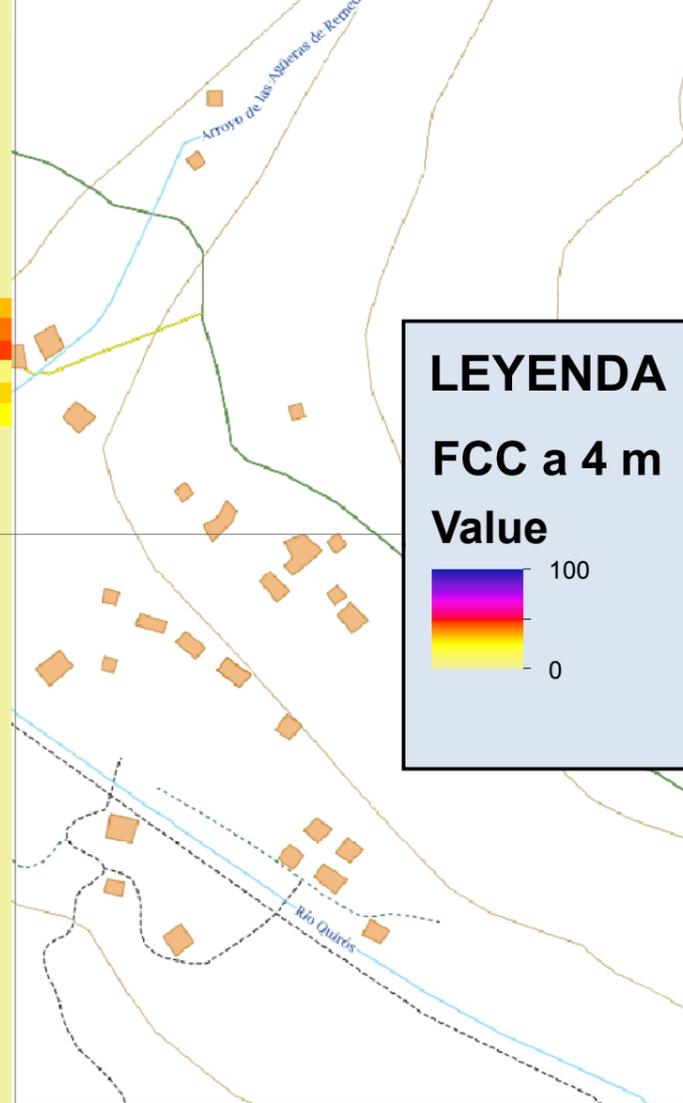
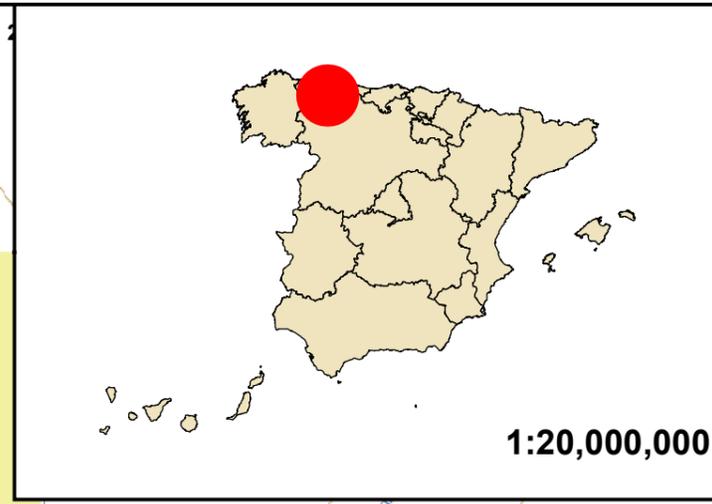
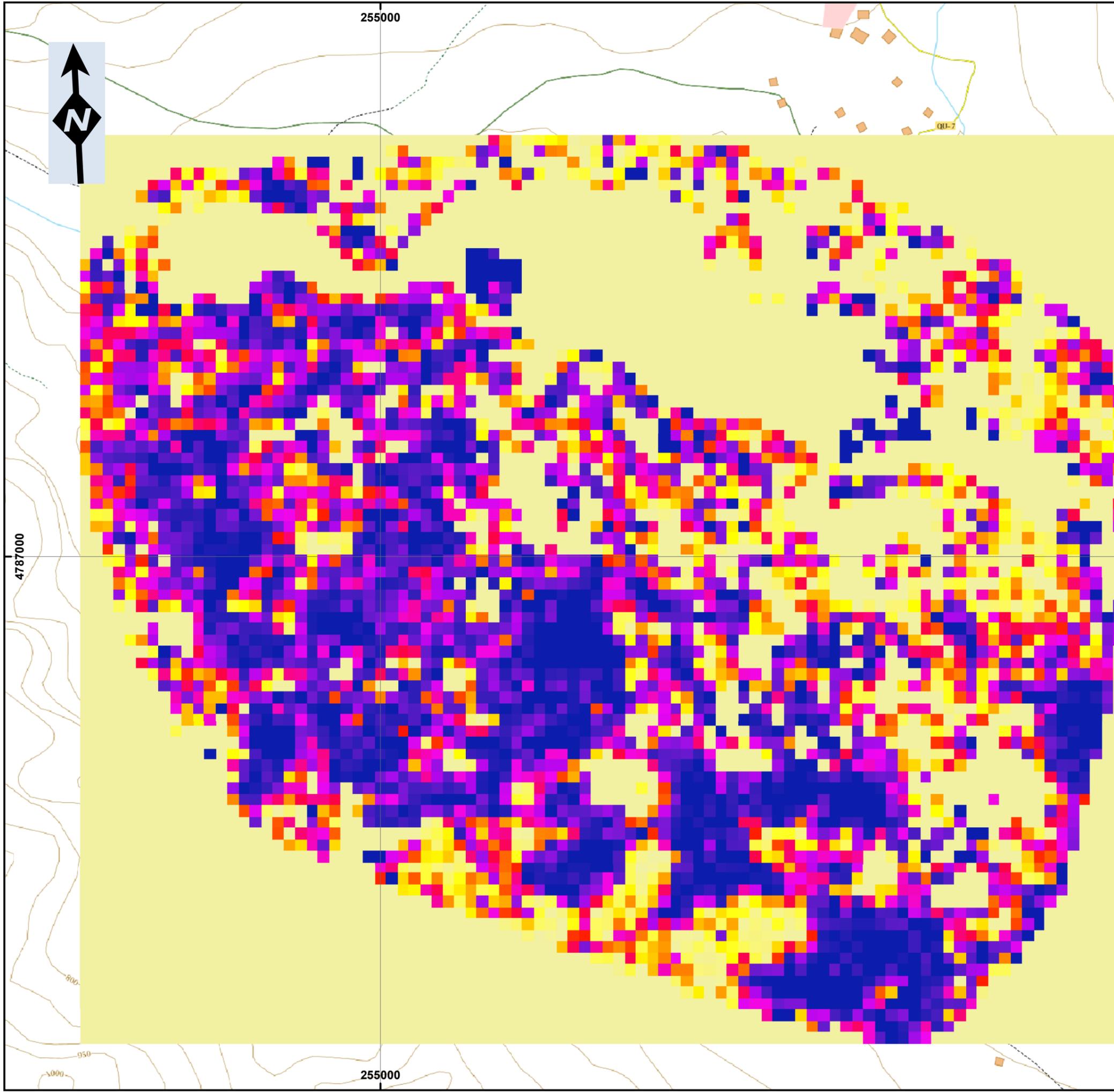


**LEYENDA**  
**FCC a 1 m**  
**Value**

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

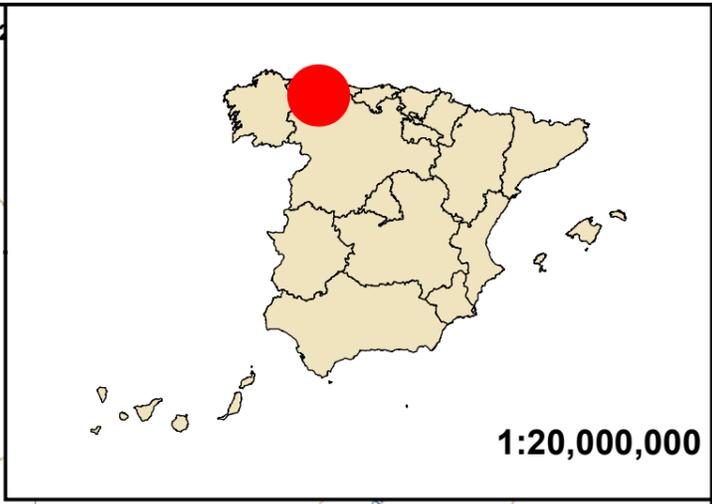
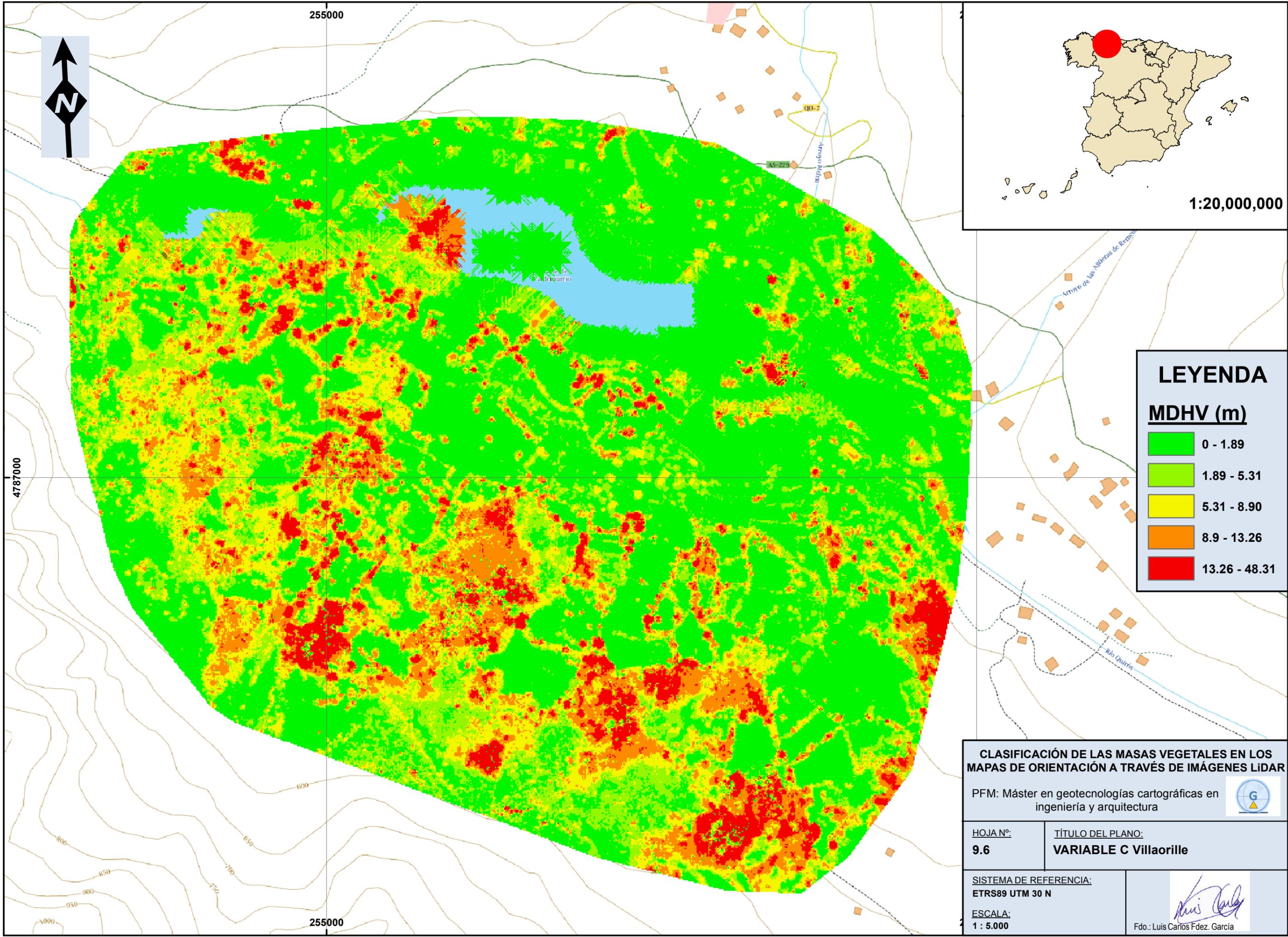
HOJA Nº: <b>9.4</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE B Villaorille</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 5.000	



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA N°: <b>9.5</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE B Villaorille</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 5.000	



**LEYENDA**

**MDHV (m)**

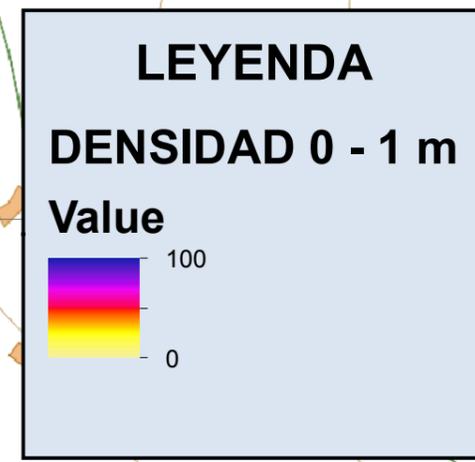
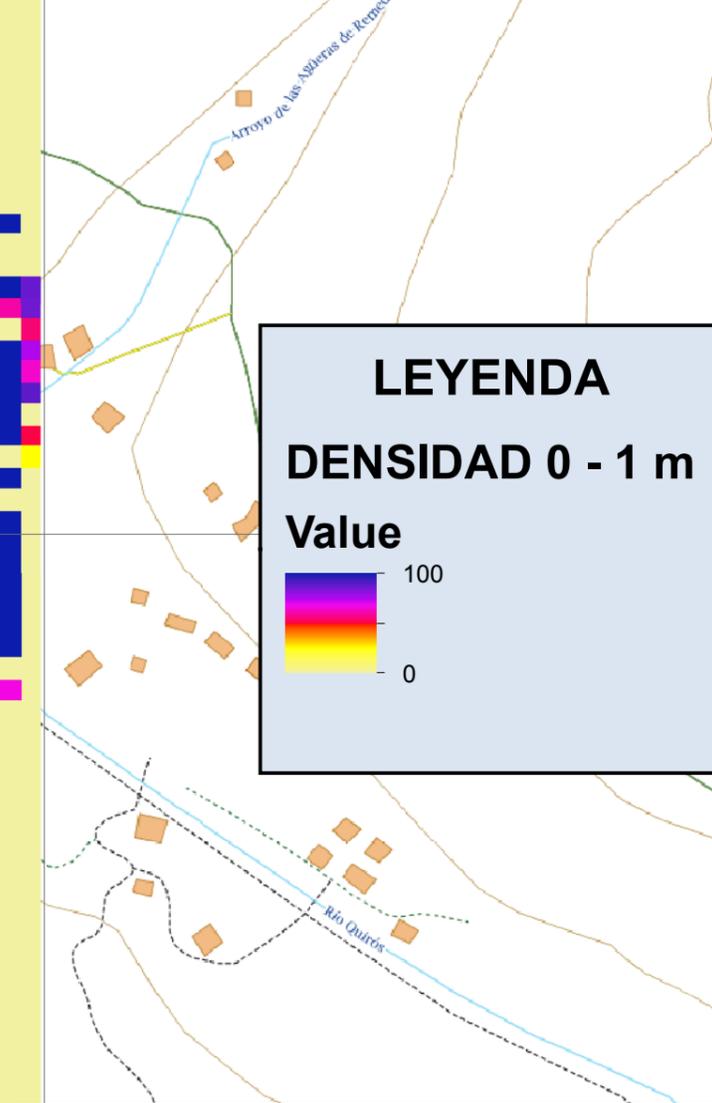
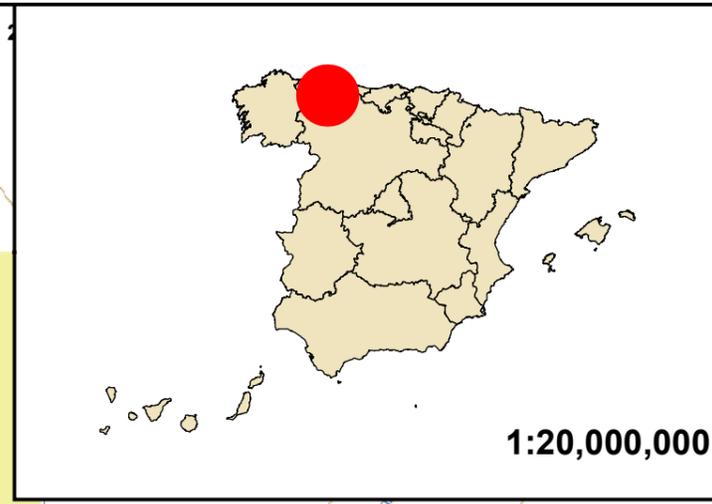
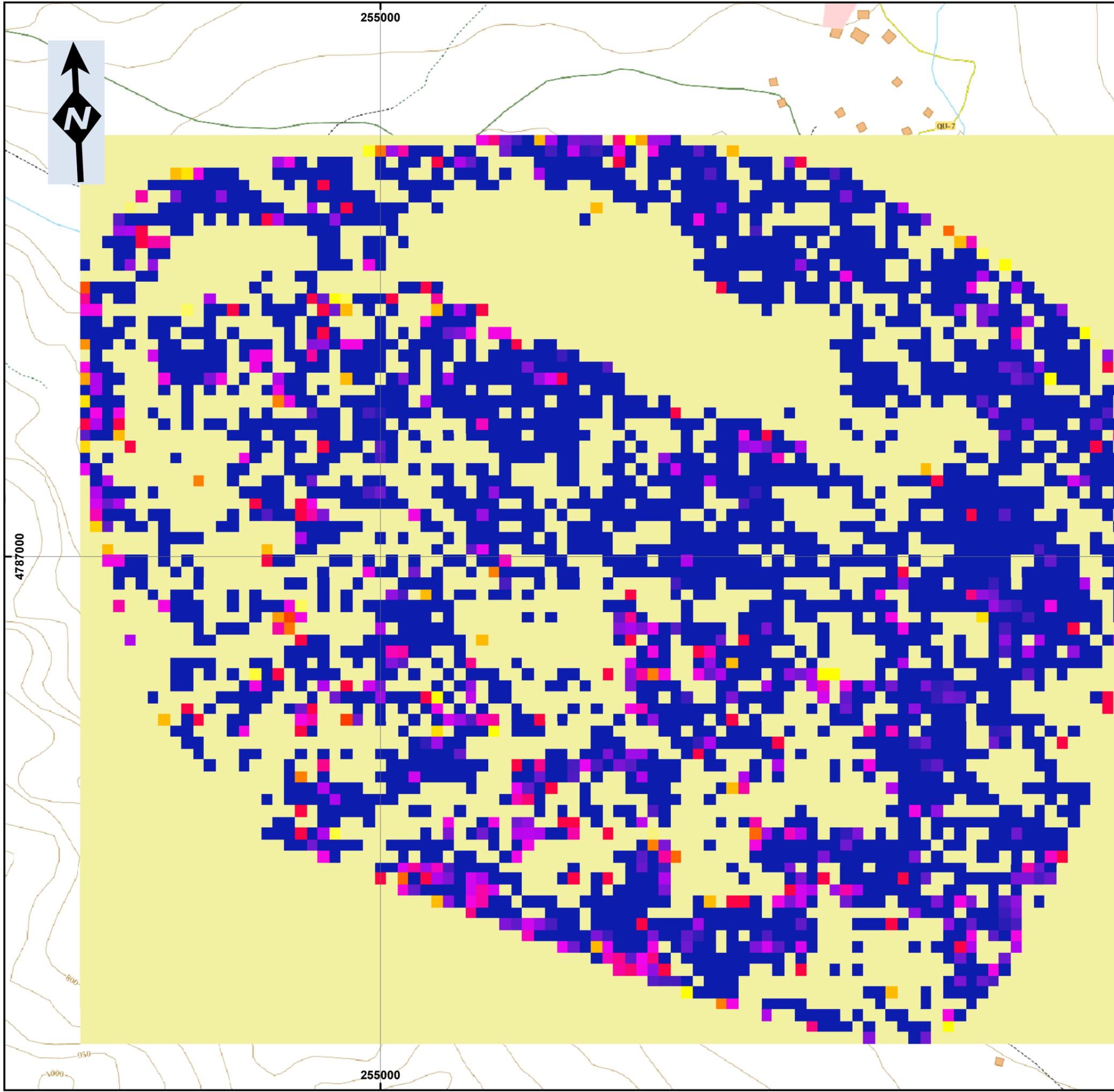
	0 - 1.89
	1.89 - 5.31
	5.31 - 8.90
	8.9 - 13.26
	13.26 - 48.31

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA N°: <b>9.6</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE C Villaorille</b>
------------------------	--

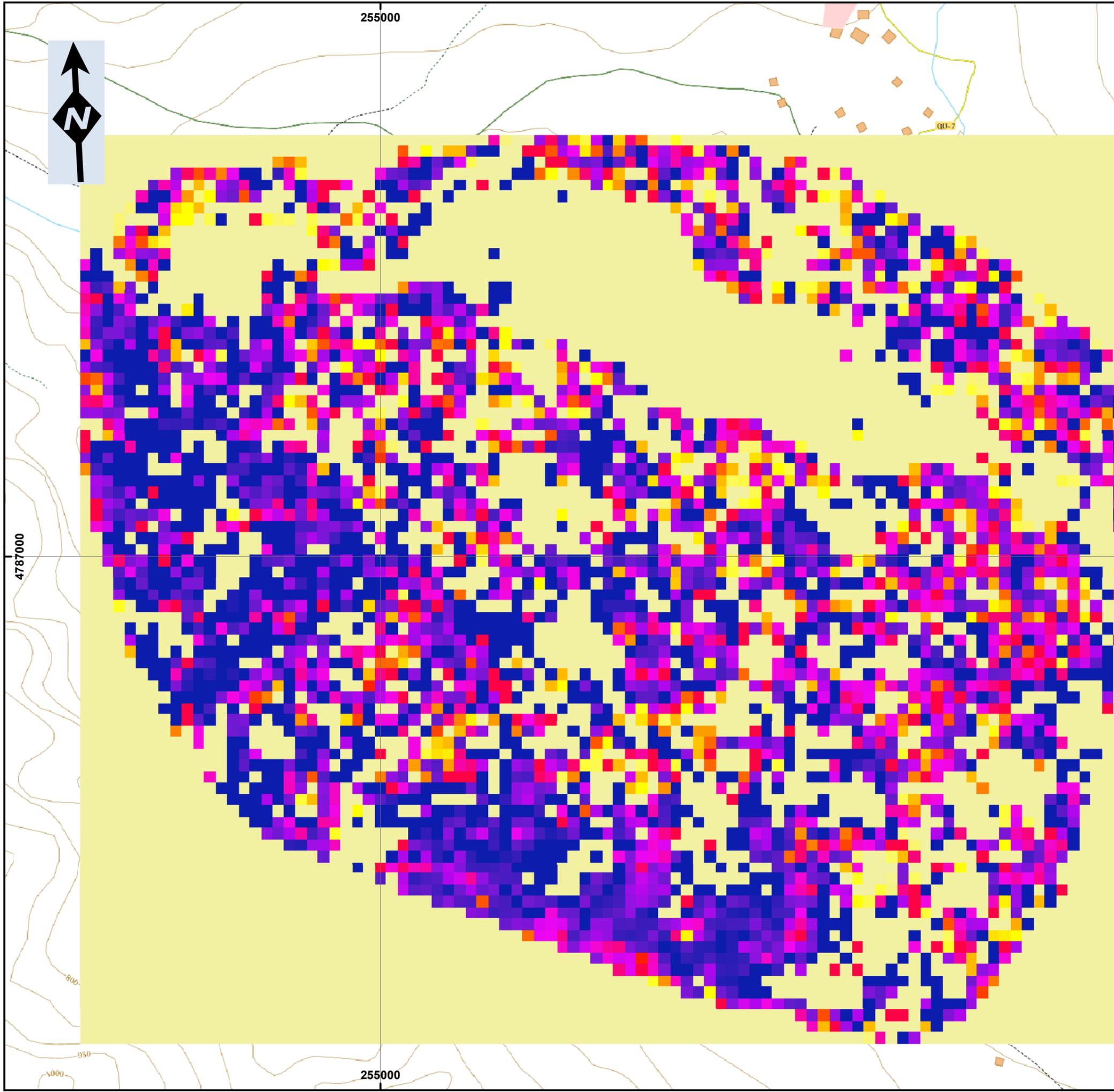
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 5.000	



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

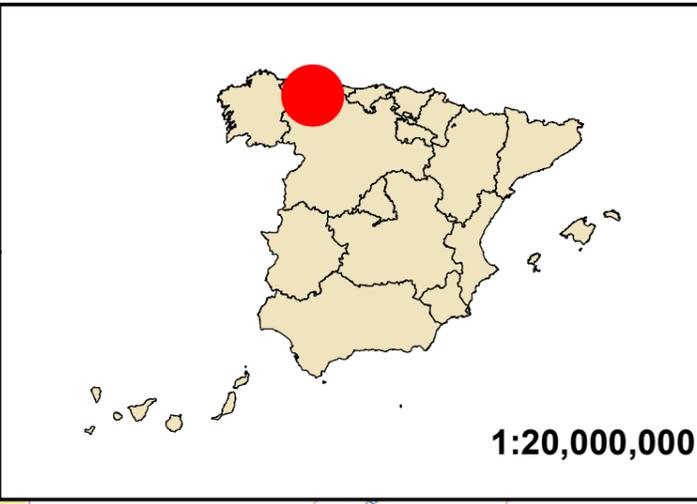
HOJA Nº: <b>9.7</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE D Villaorille</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 5.000	



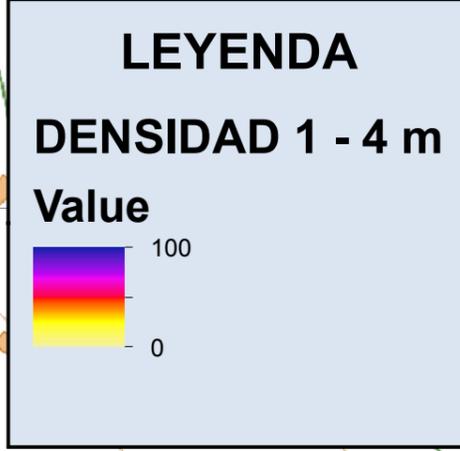
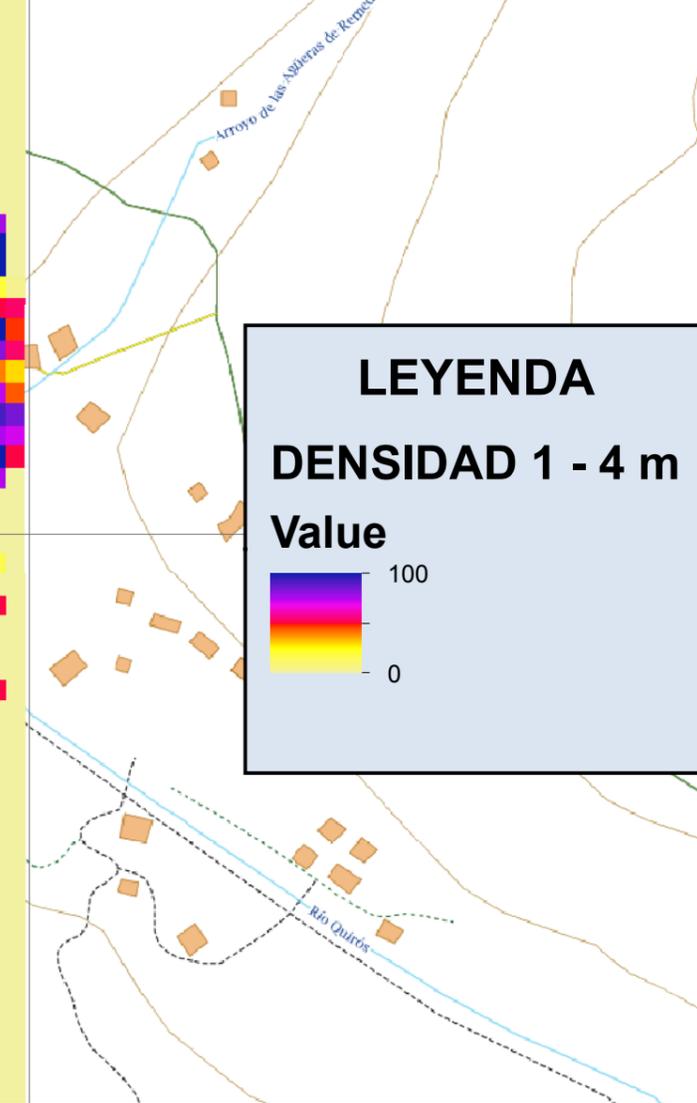
255000

4787000

255000



1:20,000,000



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

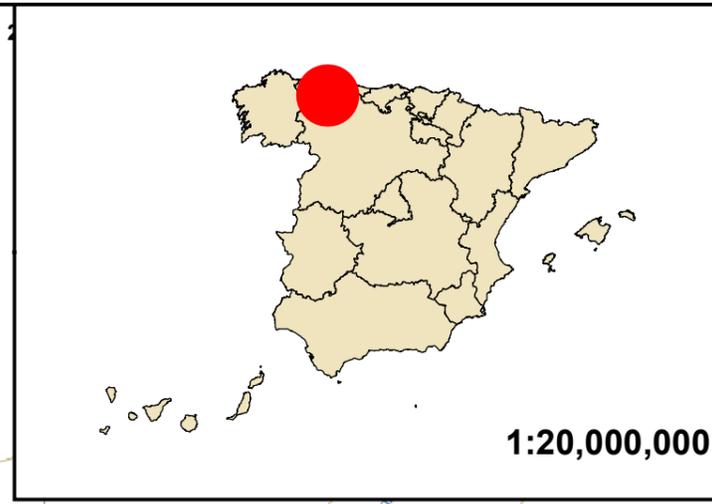
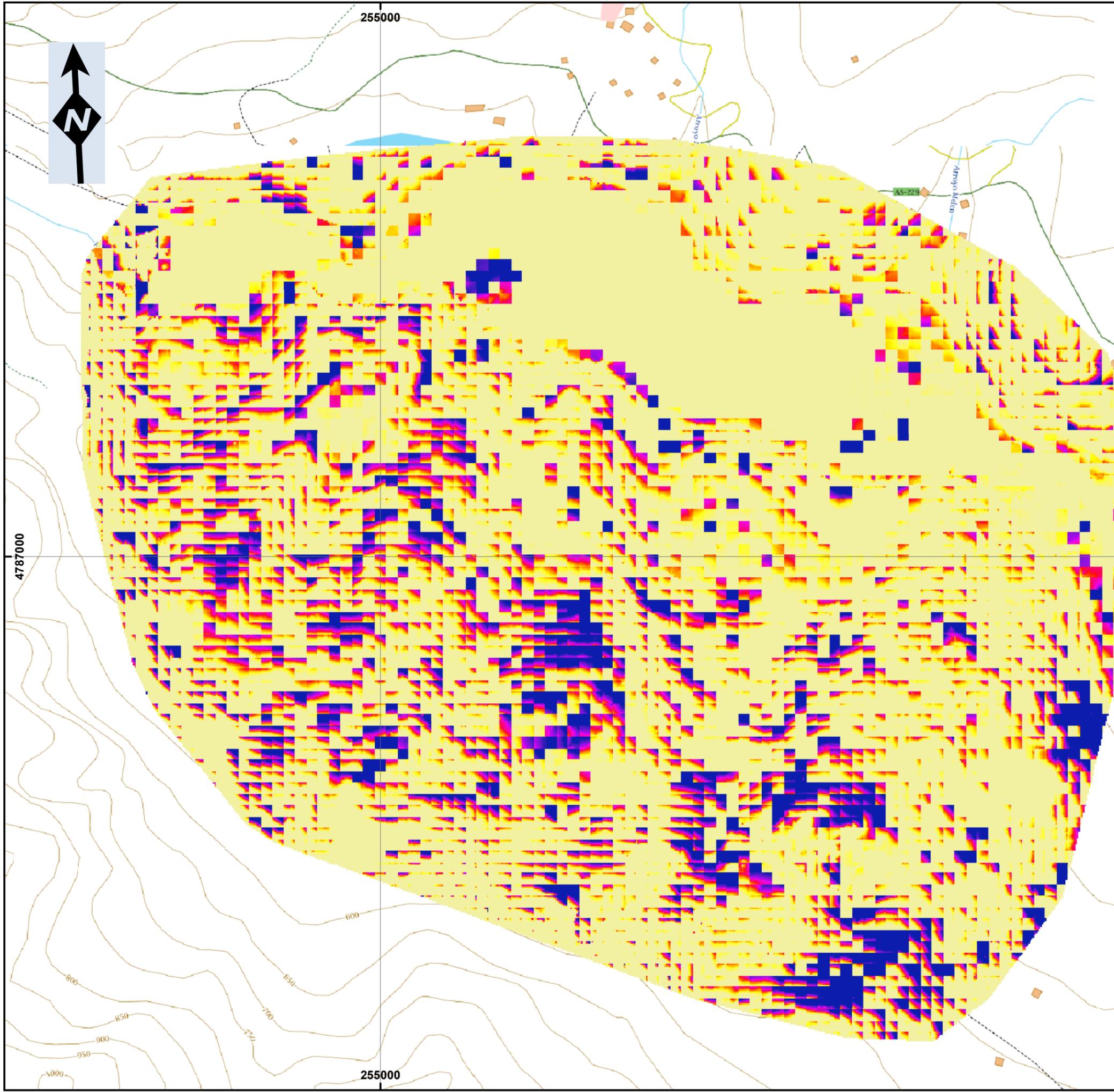
HOJA Nº:  
**9.8**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE D Villorille**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 5.000

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

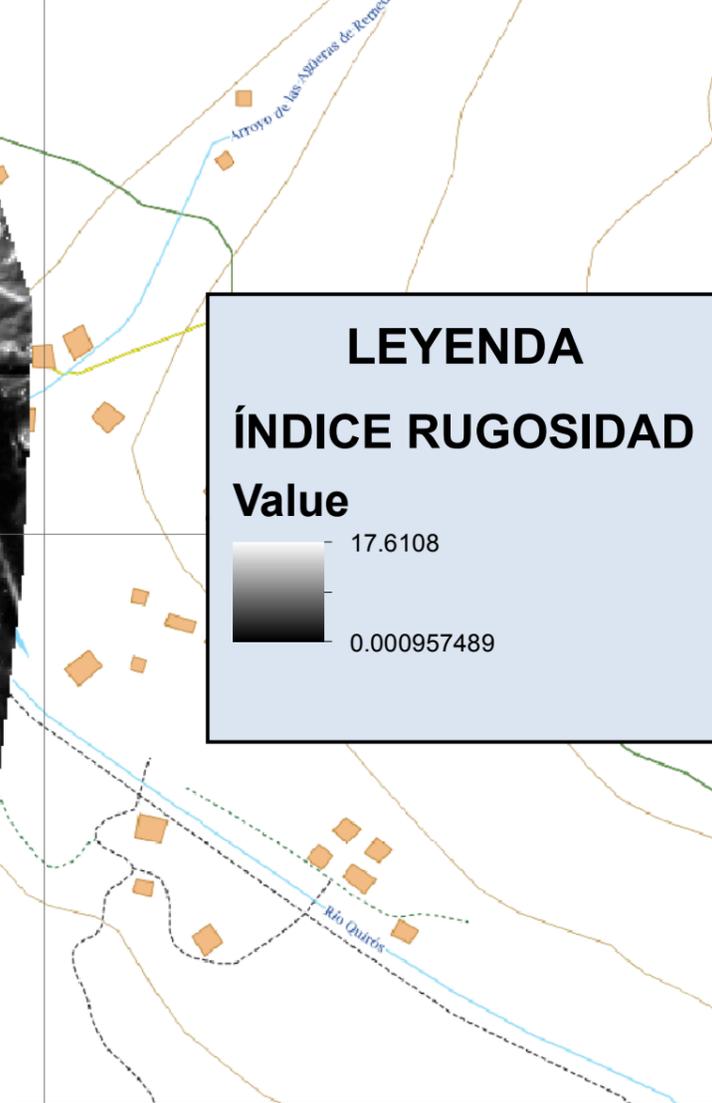
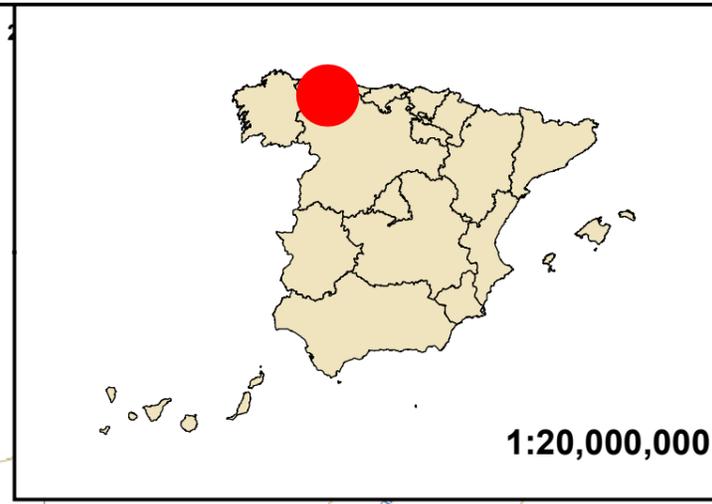
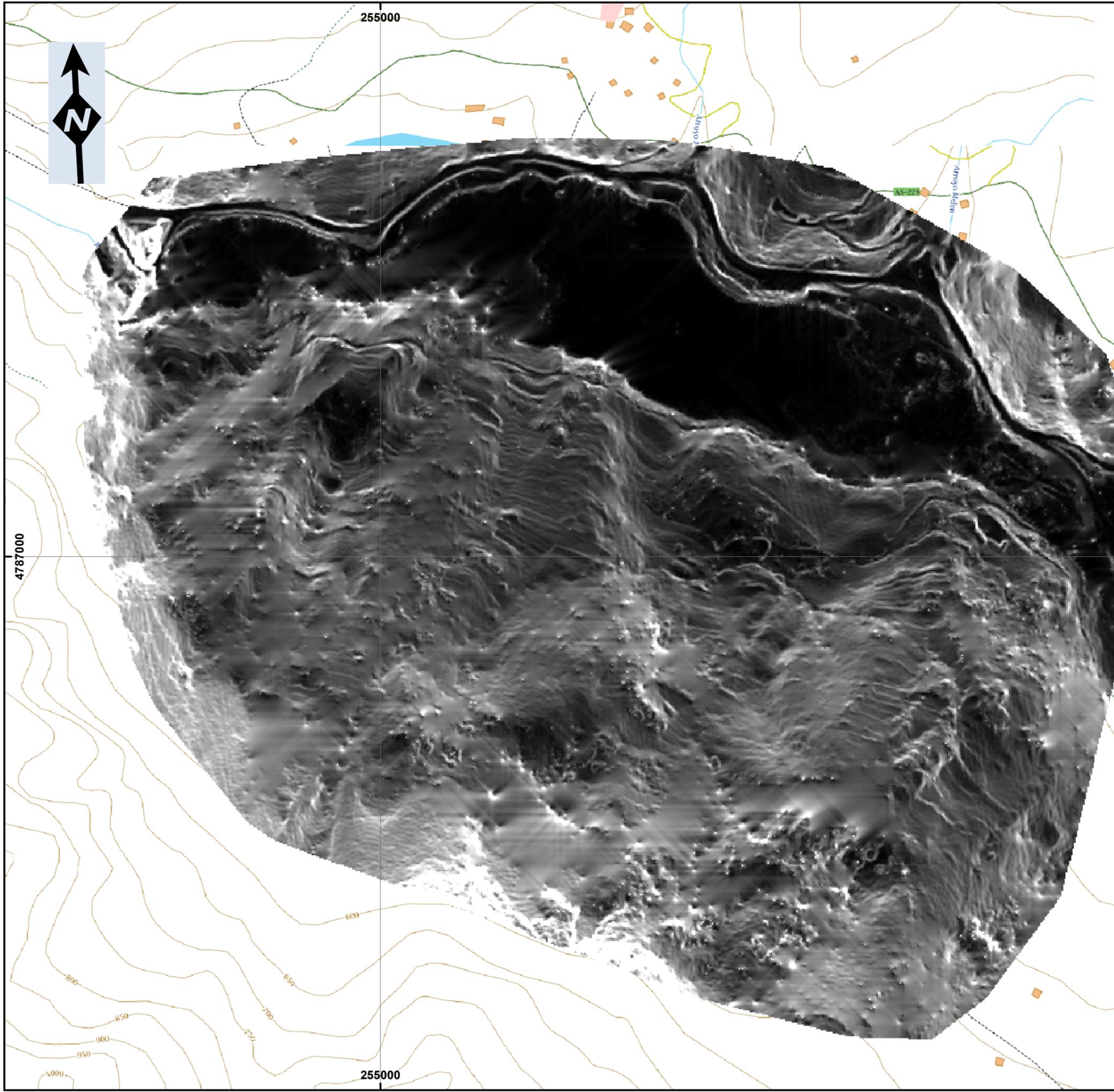
HOJA N°:  
**9.9**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE E Villaorille**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 5.000

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**LEYENDA**

**ÍNDICE RUGOSIDAD**

**Value**

17.6108

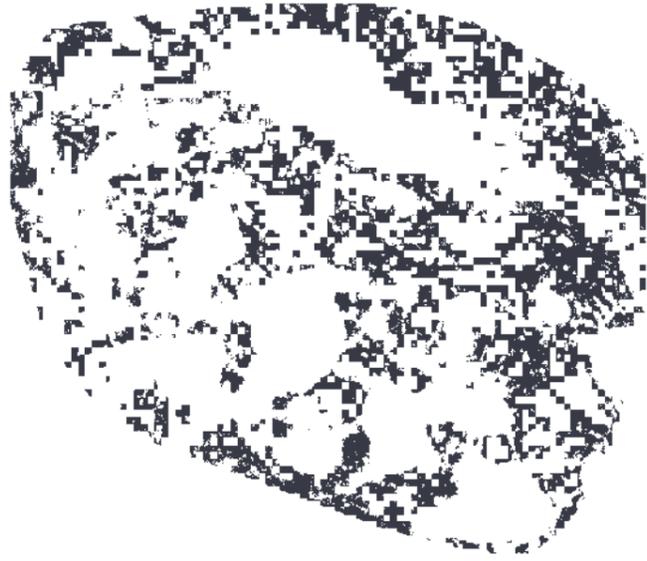
0.000957489

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

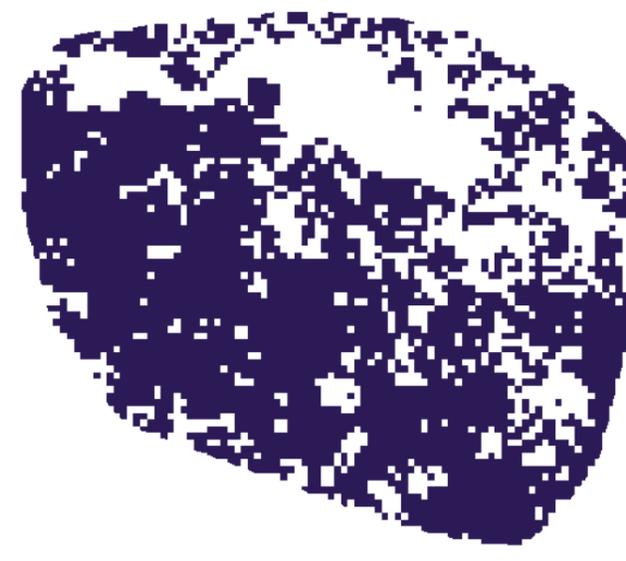
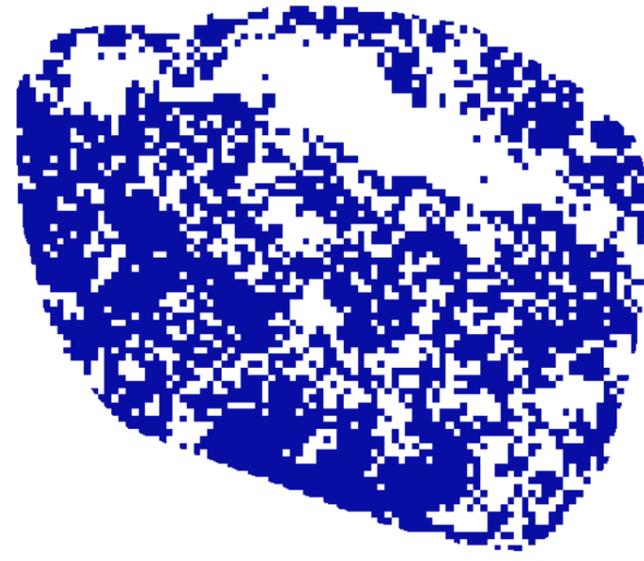
PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA N°: <b>9.10</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE F Villaorille</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 5.000	

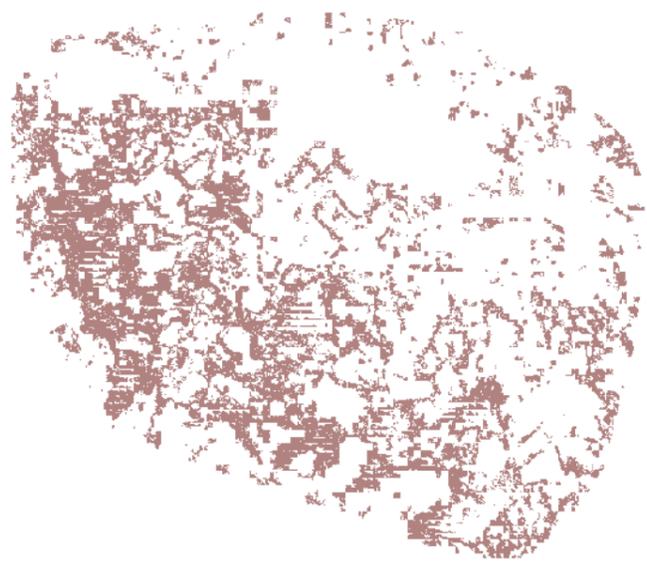
401



405 - 410



405



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura



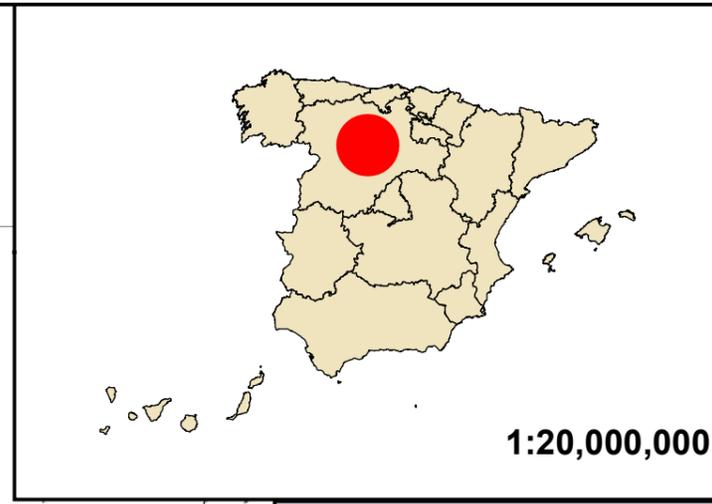
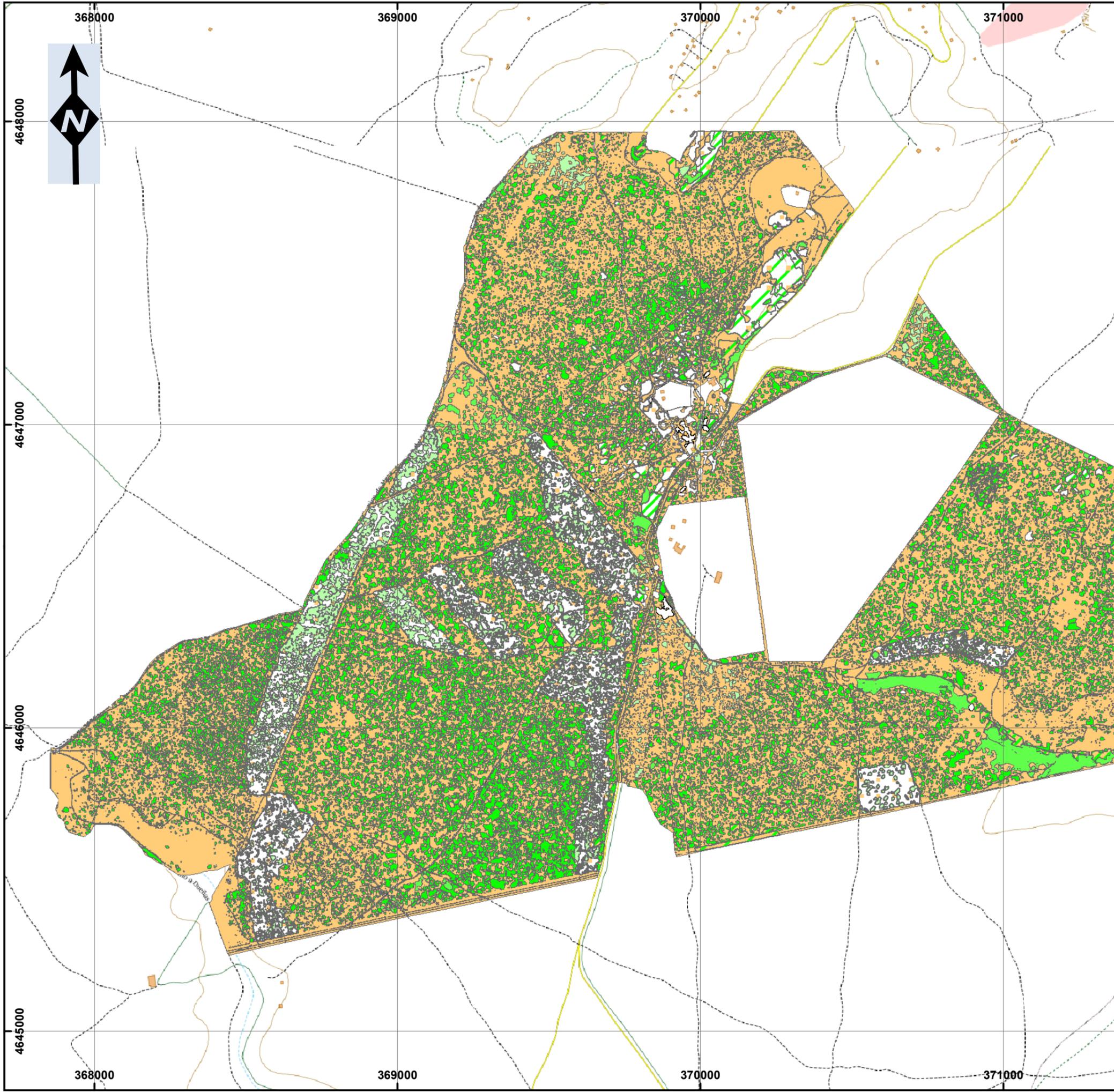
HOJA Nº:  
**9.11**

TÍTULO DEL PLANO:  
**CLASIFICACIONES Villaorille**

SISTEMA DE REFERENCIA:

ESCALA:

*Luis Carlos*  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



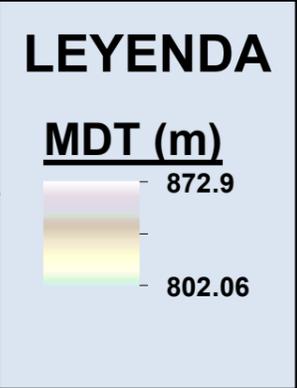
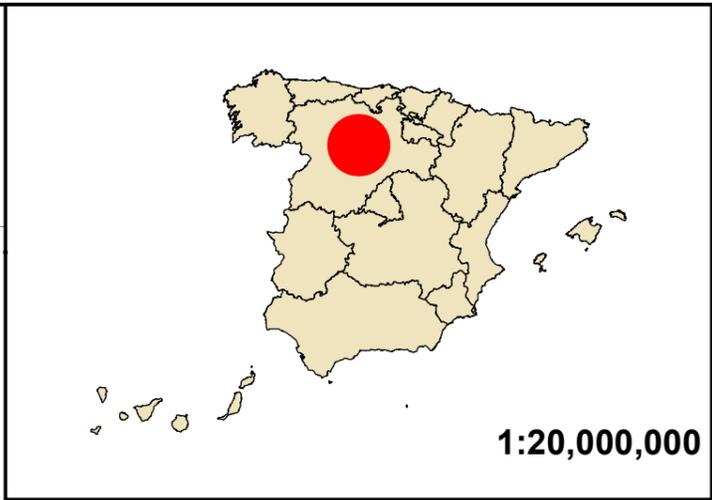
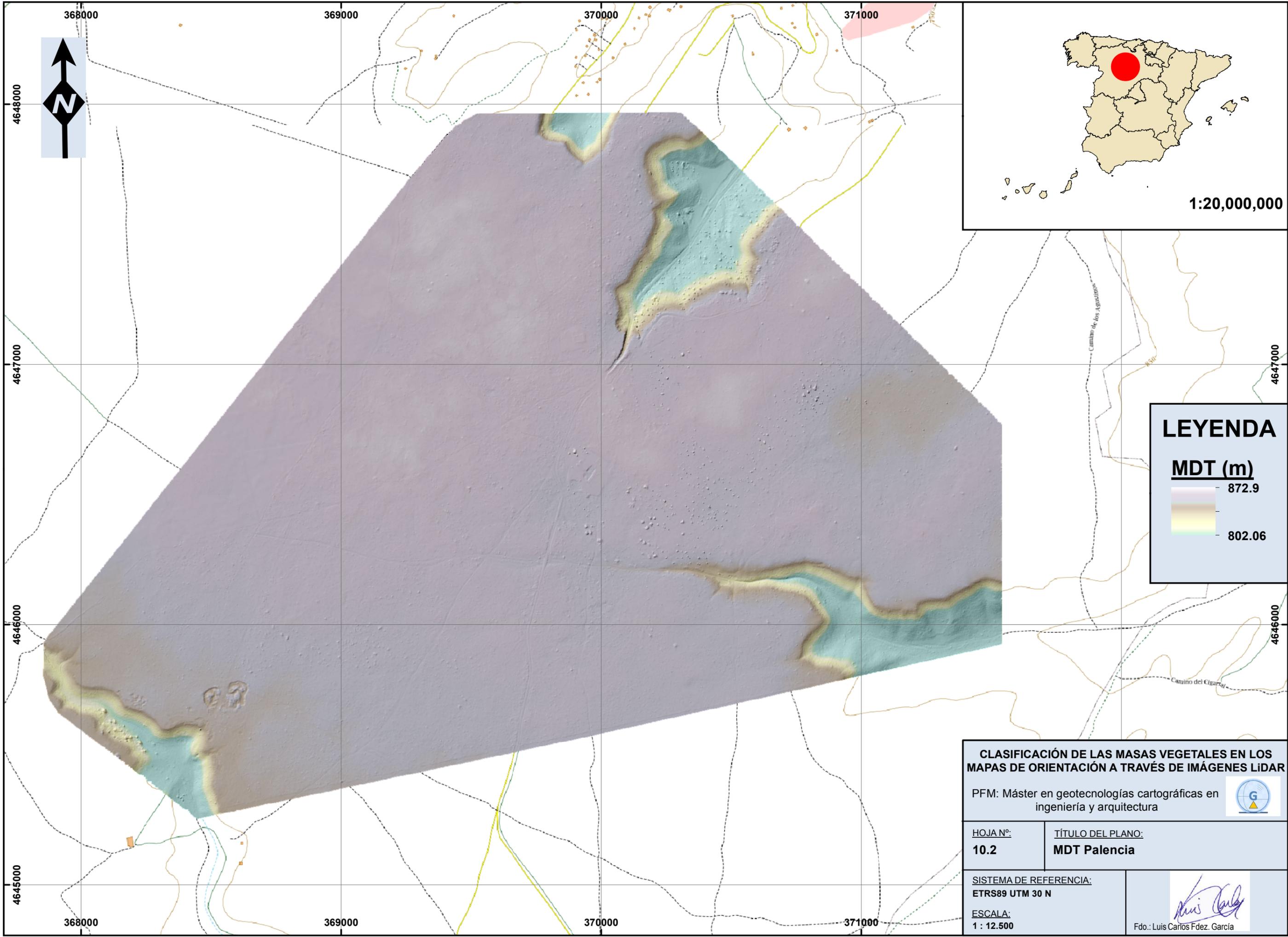
**LEYENDA**  
**PENETRABILIDAD**

	401
	403
	403 407
	403 409
	404
	404 407
	404 409
	405
	405 407
	405 409
	406
	408
	410

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

HOJA Nº: <b>10.1</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>Digitalización mapa Palencia</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 12.500	



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura 

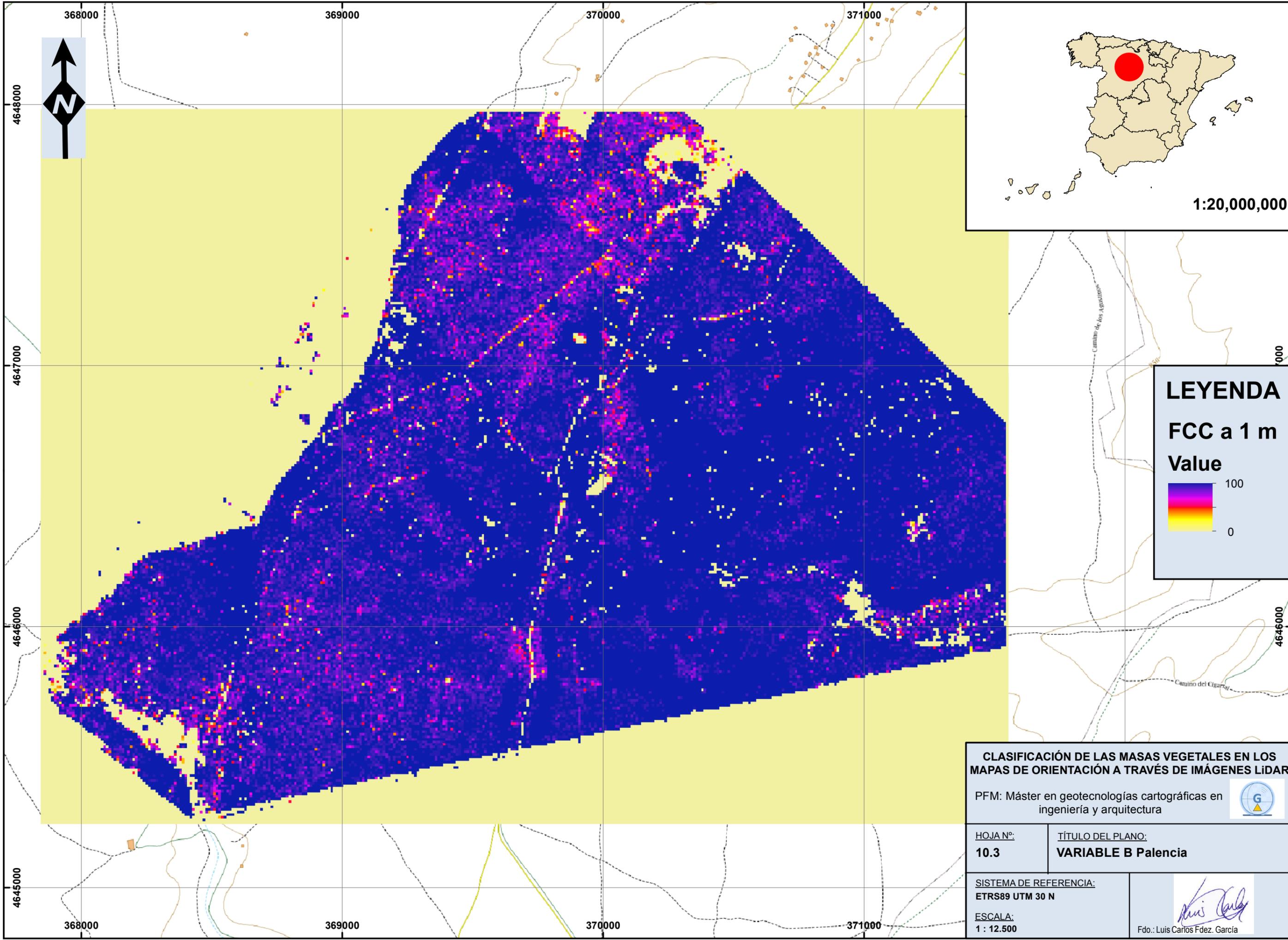
HOJA Nº:  
**10.2**

TÍTULO DEL PLANO:  
**MDT Palencia**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 12.500

  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**LEYENDA**

**FCC a 1 m**

**Value**

100

0

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

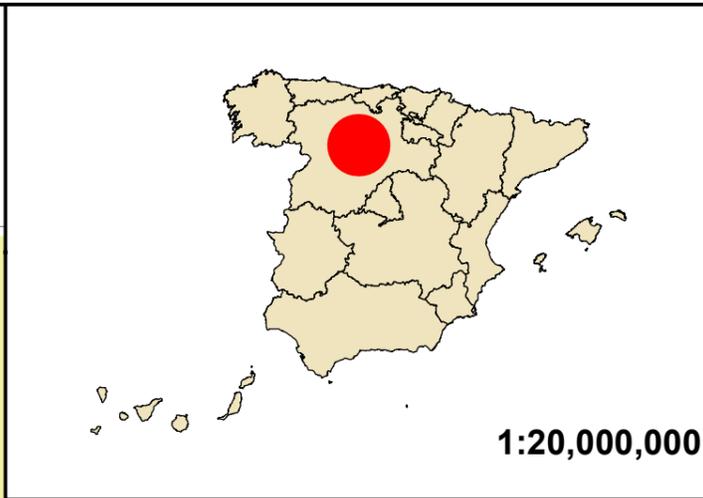
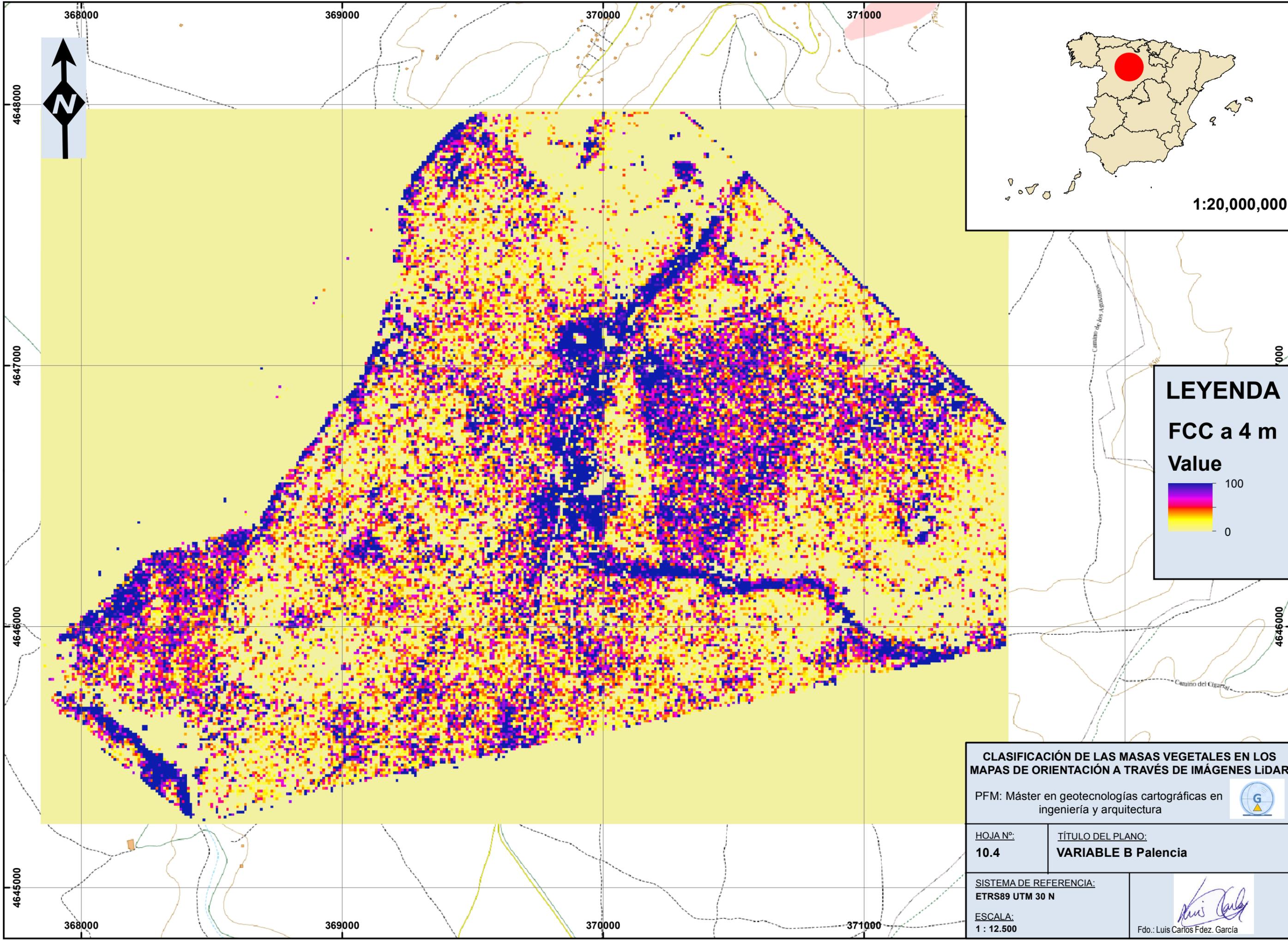
HOJA Nº:  
**10.3**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE B Palencia**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 12.500

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**LEYENDA**

**FCC a 4 m**

**Value**

100

0

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

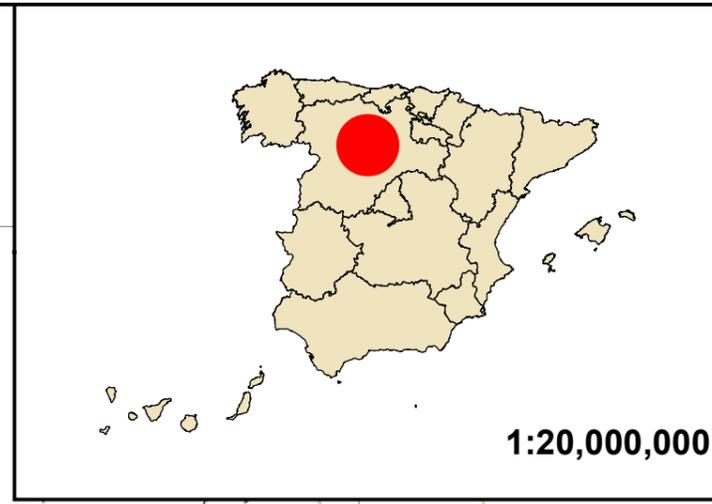
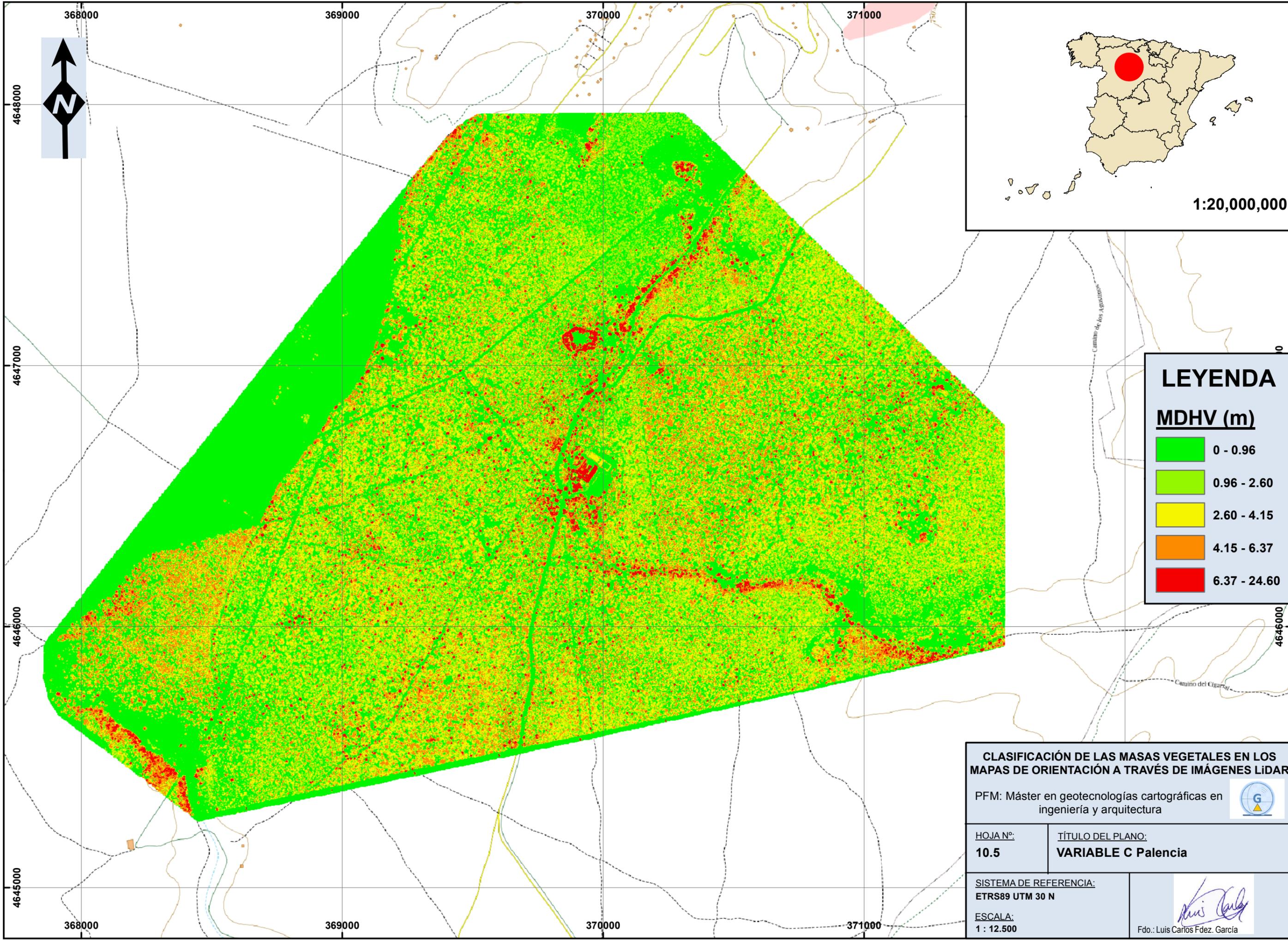
HOJA Nº:  
**10.4**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE B Palencia**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 12.500

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**LEYENDA**

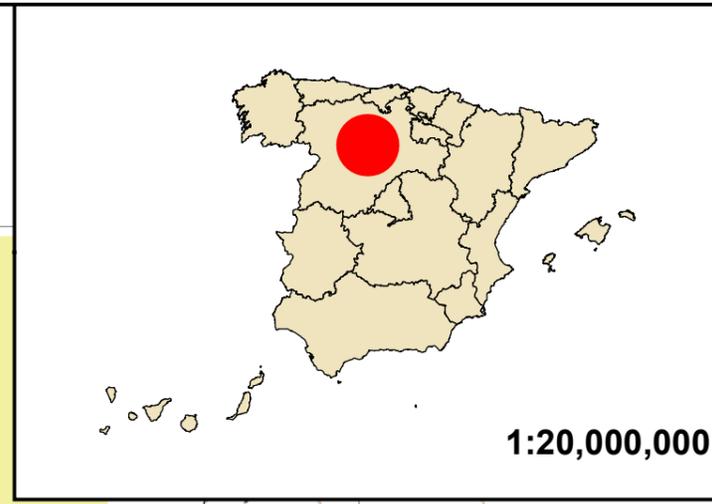
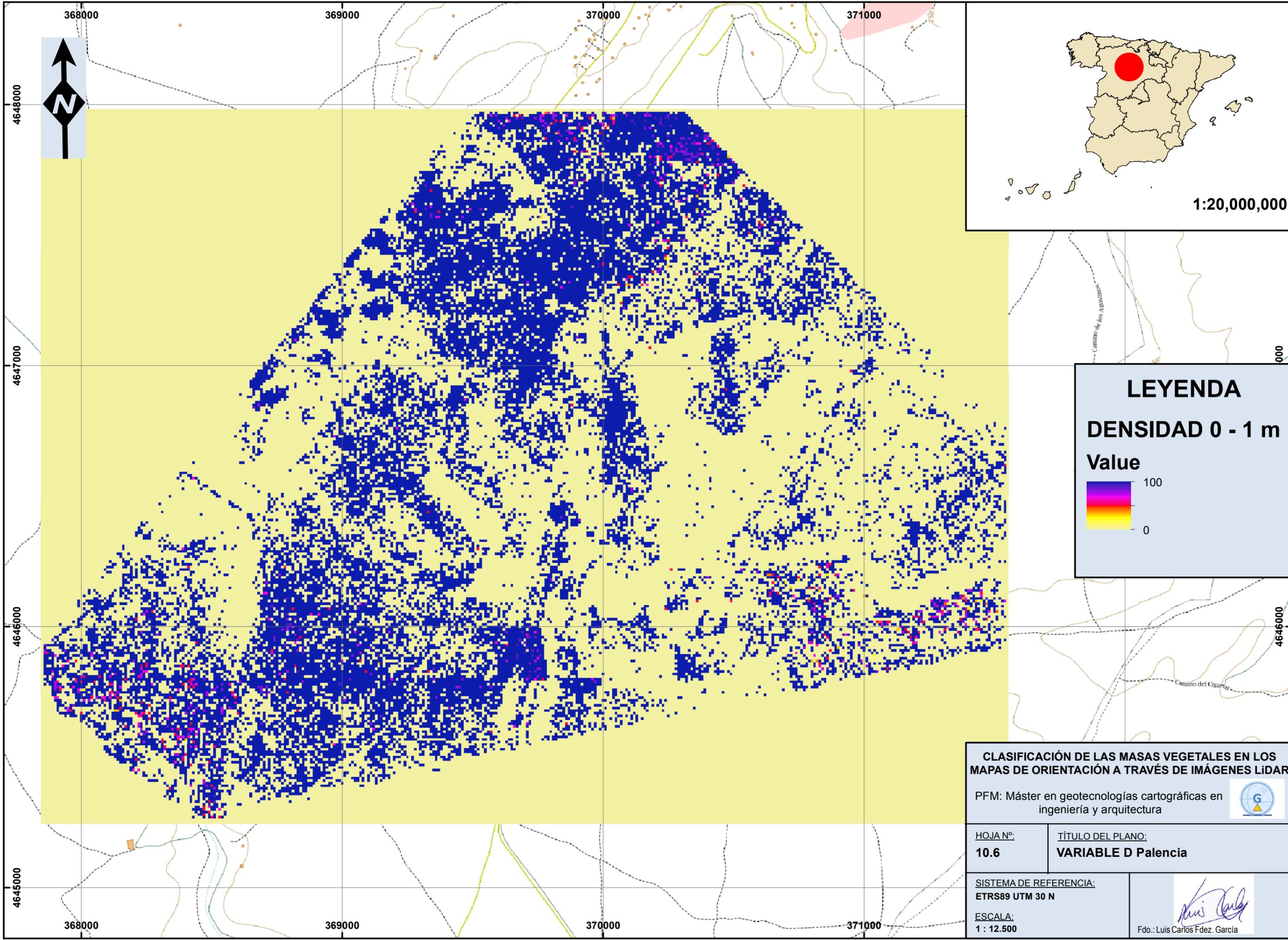
**MDHV (m)**

	0 - 0.96
	0.96 - 2.60
	2.60 - 4.15
	4.15 - 6.37
	6.37 - 24.60

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura 

HOJA Nº: <b>10.5</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE C Palencia</b>
SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 12.500	



1:20,000,000



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

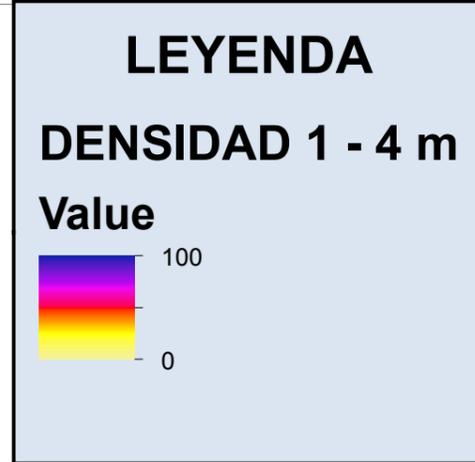
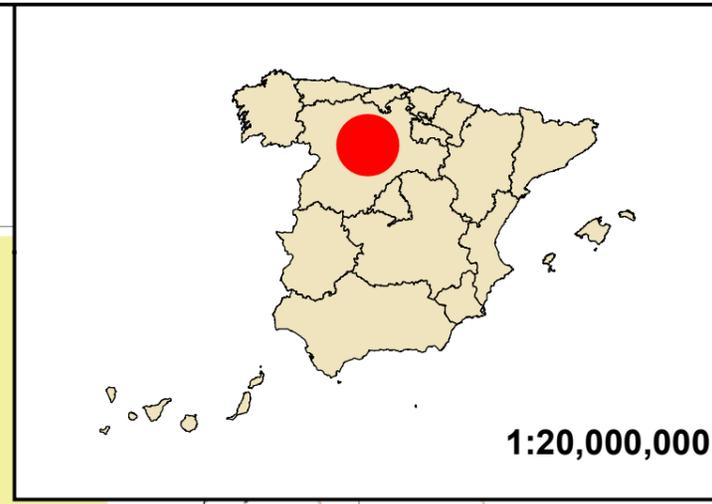
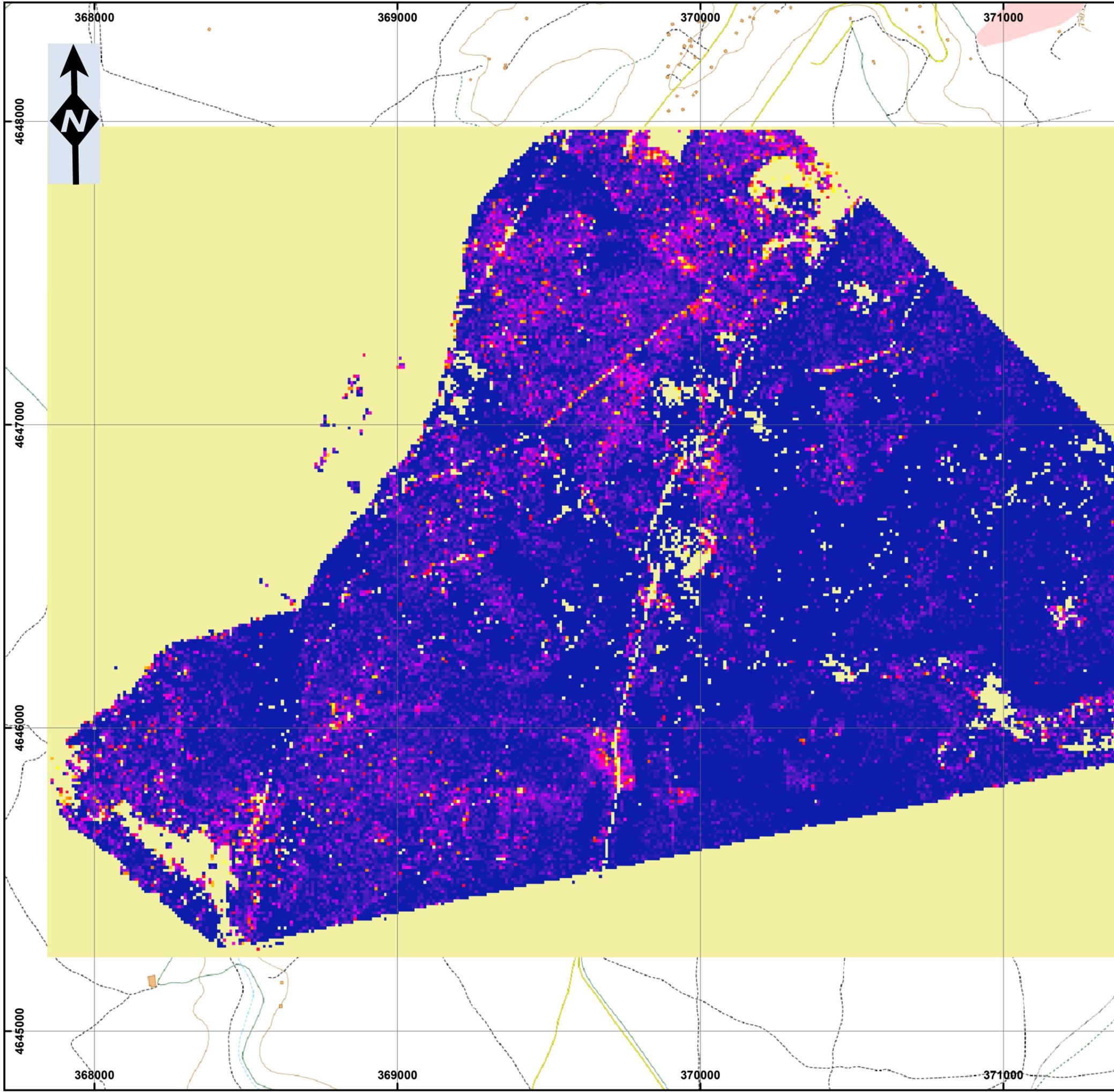
HOJA Nº:  
**10.6**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE D Palencia**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 12.500

Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

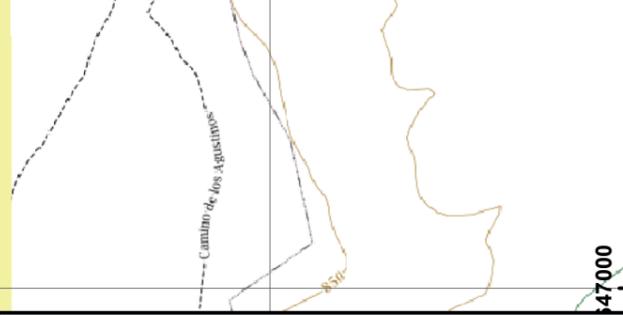
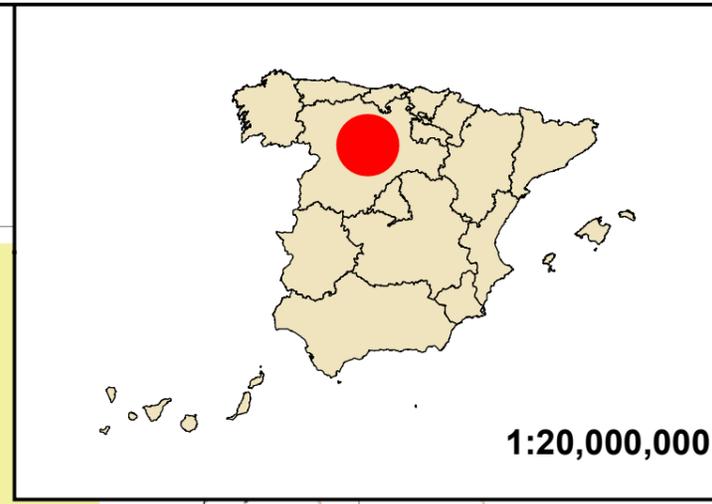
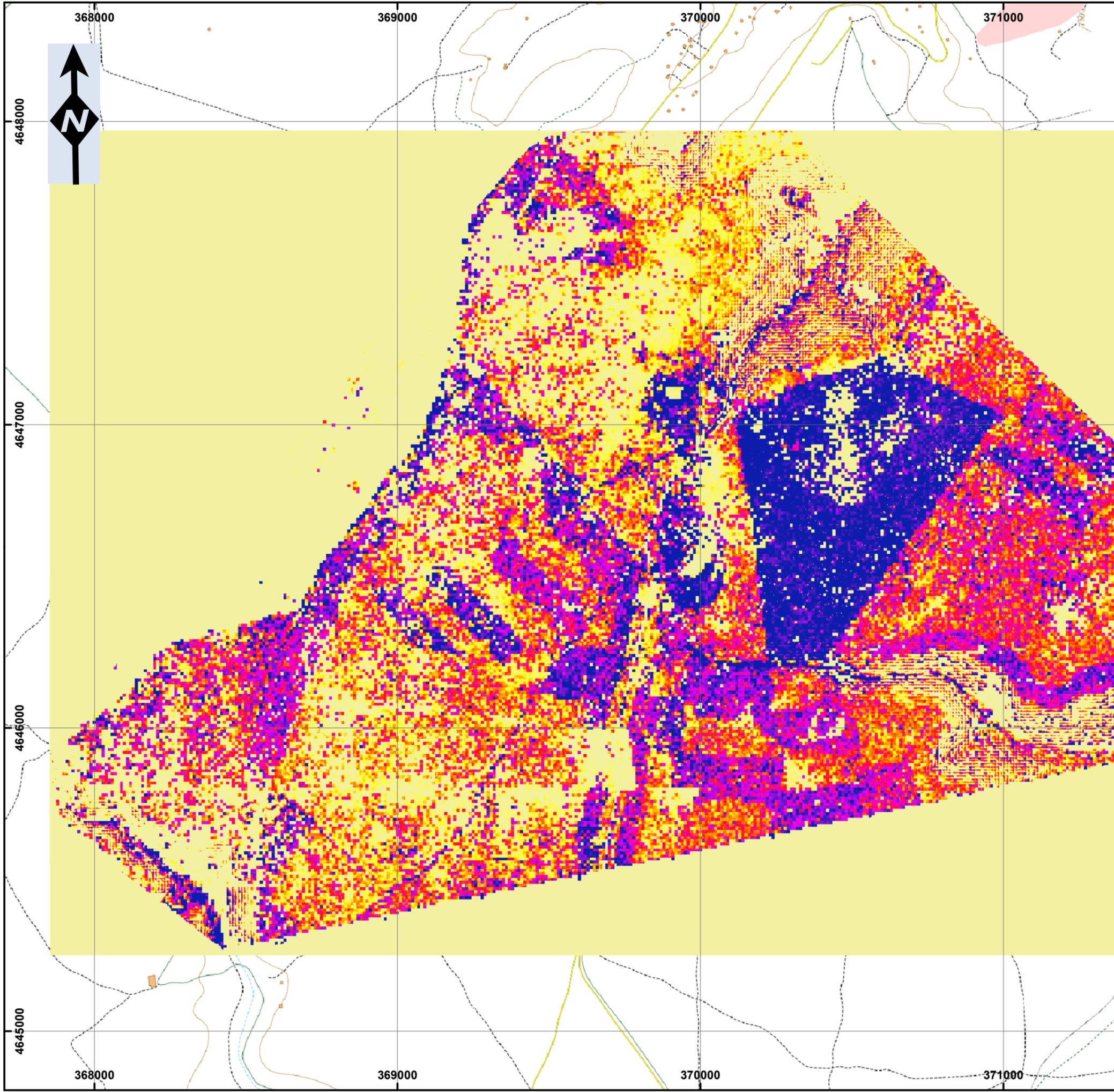
HOJA Nº:  
**10.7**

TÍTULO DEL PLANO:  
**VARIABLE D Palencia**

SISTEMA DE REFERENCIA:  
ETRS89 UTM 30 N

ESCALA:  
1 : 12.500

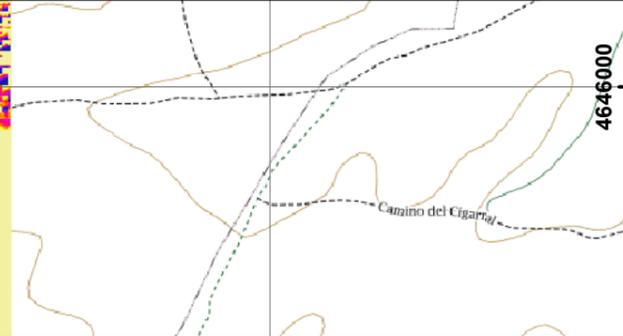
*Luis Carlos*  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García



**LEYENDA**

**DENSIDAD DEL DOSEL (m)**

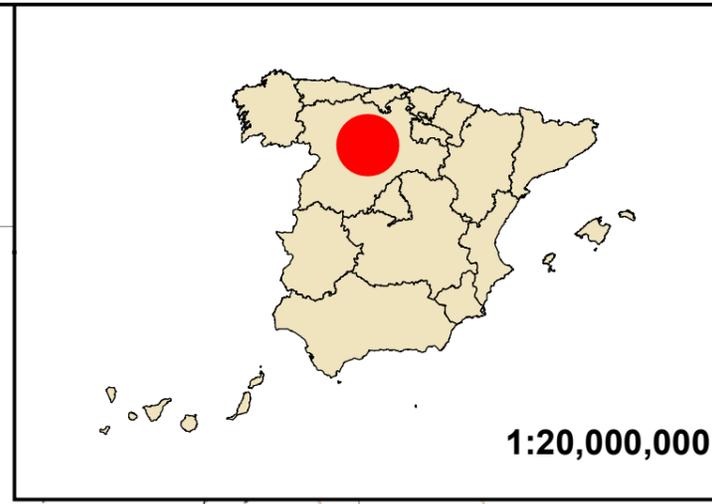
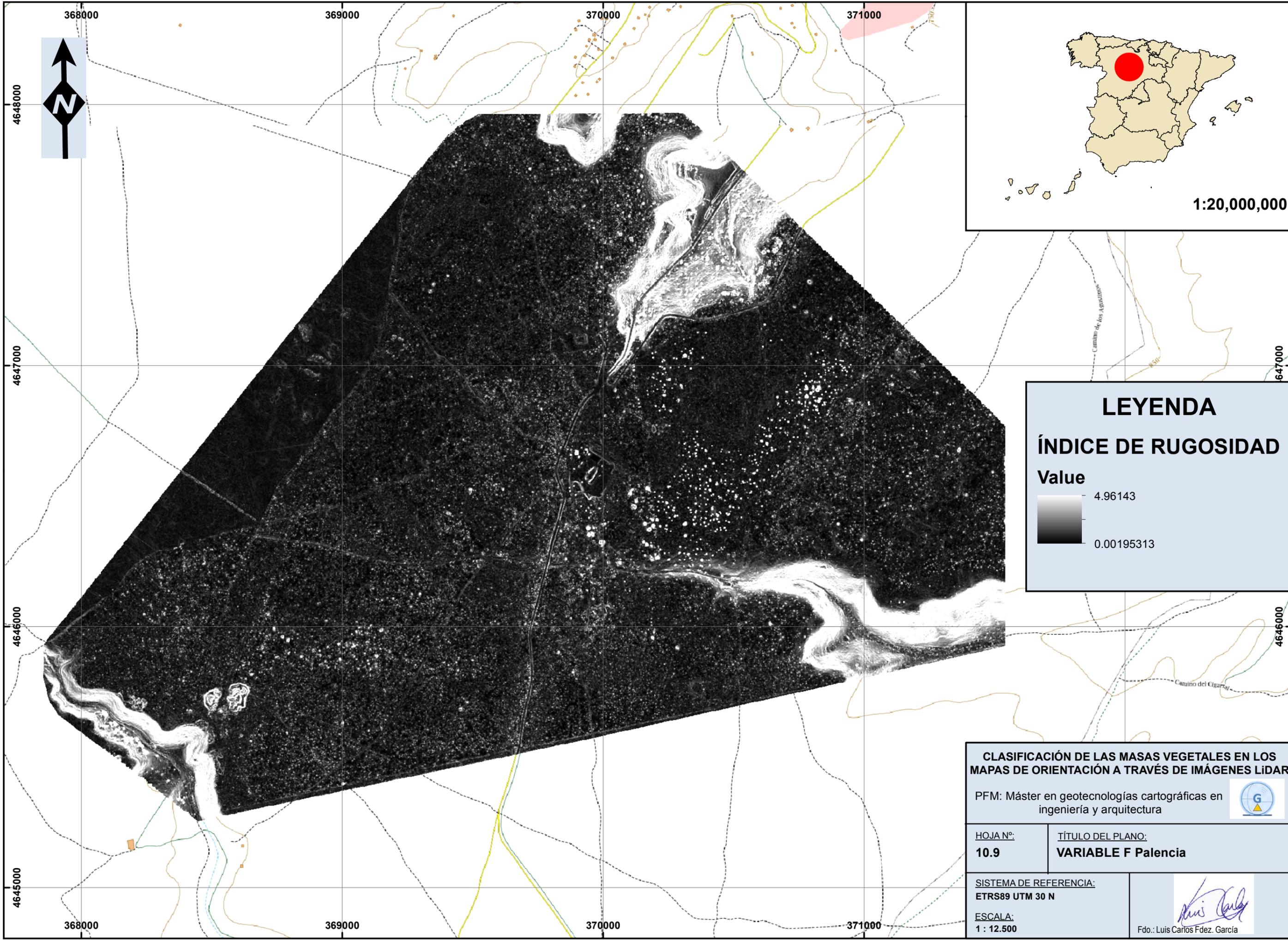
Value



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura

<b>HOJA Nº:</b> 10.8	<b>TÍTULO DEL PLANO:</b> VARIABLE E Palencia
<b>SISTEMA DE REFERENCIA:</b> ETRS89 UTM 30 N	
<b>ESCALA:</b> 1 : 12.500	
 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García	



1:20,000,000

**LEYENDA**

**ÍNDICE DE RUGOSIDAD**

Value

4.96143

0.00195313

**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura



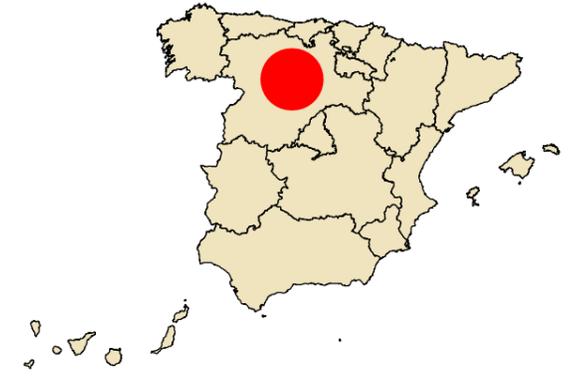
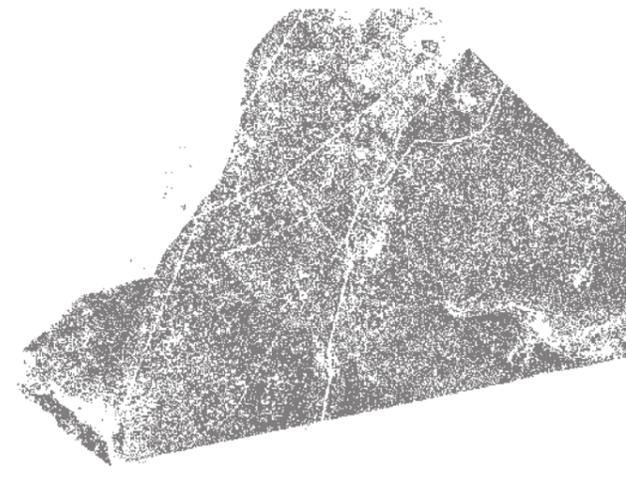
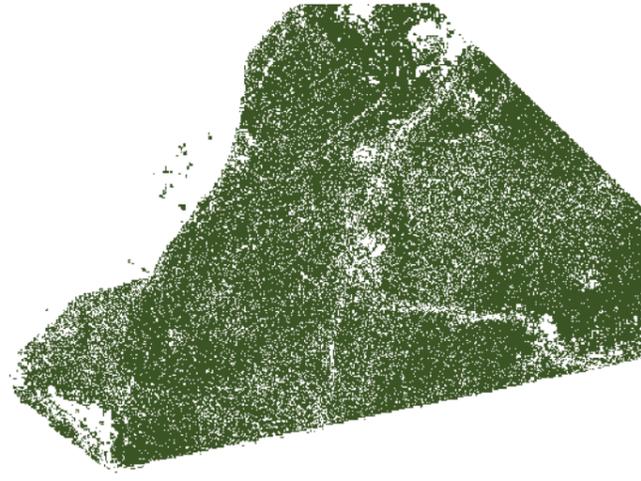
HOJA Nº: <b>10.9</b>	TÍTULO DEL PLANO: <b>VARIABLE F Palencia</b>
-------------------------	---

SISTEMA DE REFERENCIA: ETRS89 UTM 30 N	 Fdo.: Luis Carlos Fdez. García
ESCALA: 1 : 12.500	

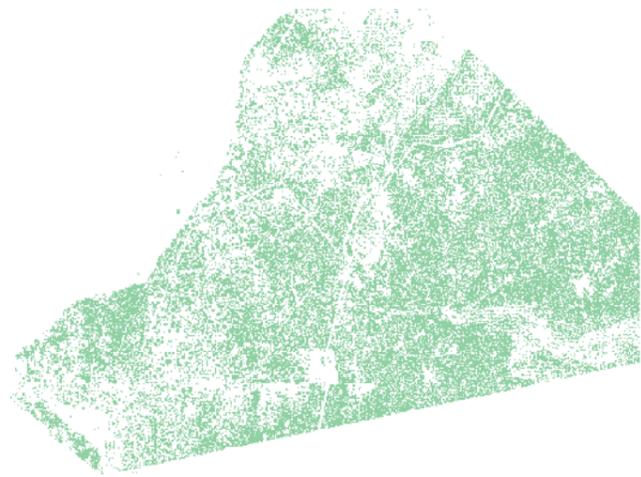
401



405 - 410



405



**CLASIFICACIÓN DE LAS MASAS VEGETALES EN LOS MAPAS DE ORIENTACIÓN A TRAVÉS DE IMÁGENES LIDAR**

PFM: Máster en geotecnologías cartográficas en ingeniería y arquitectura



HOJA Nº:  
**10.10**

TÍTULO DEL PLANO:  
**CLASIFICACIONES Palencia**

SISTEMA DE REFERENCIA:

ESCALA:

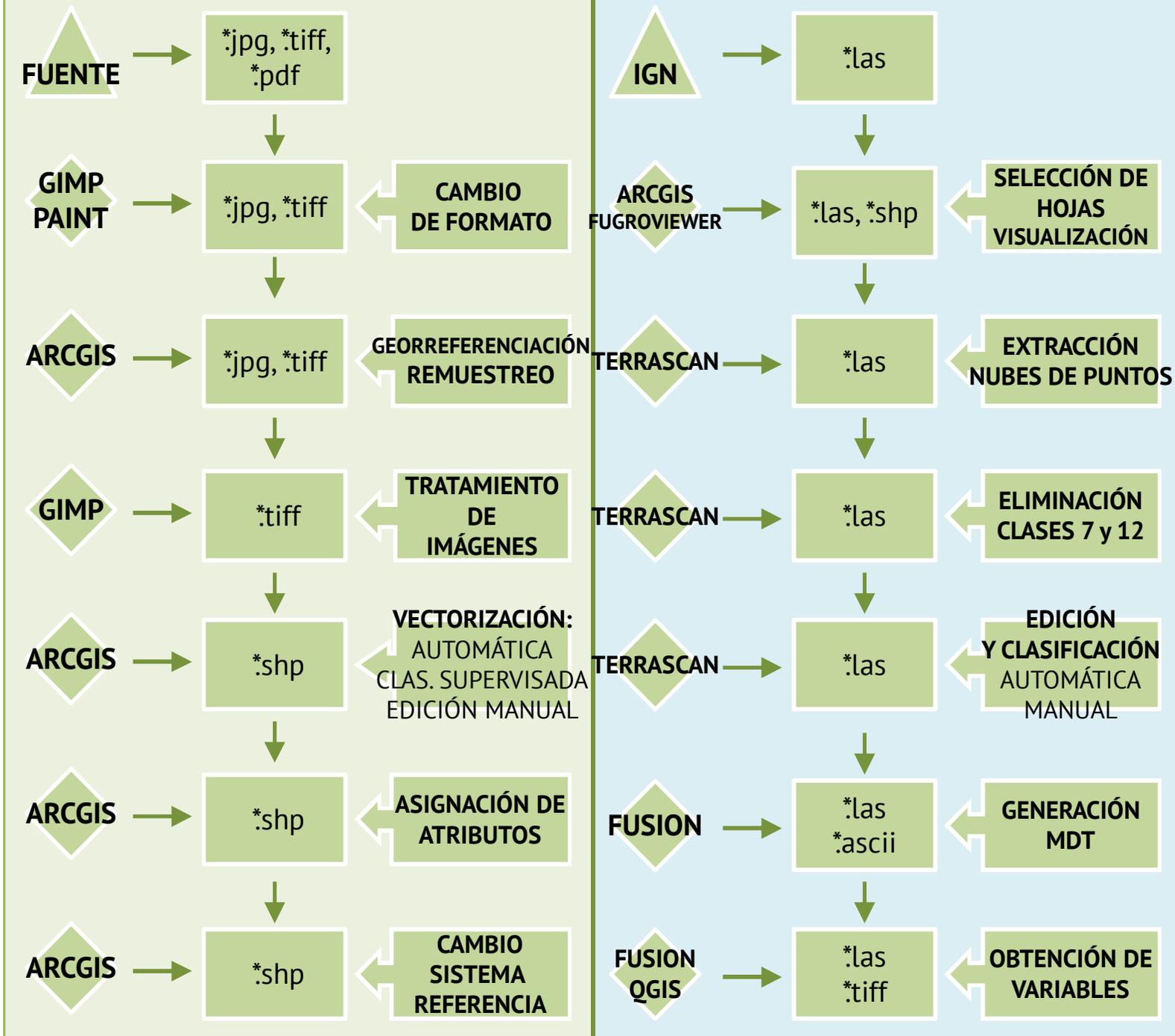
  
Fdo.: Luis Carlos Fdez. García

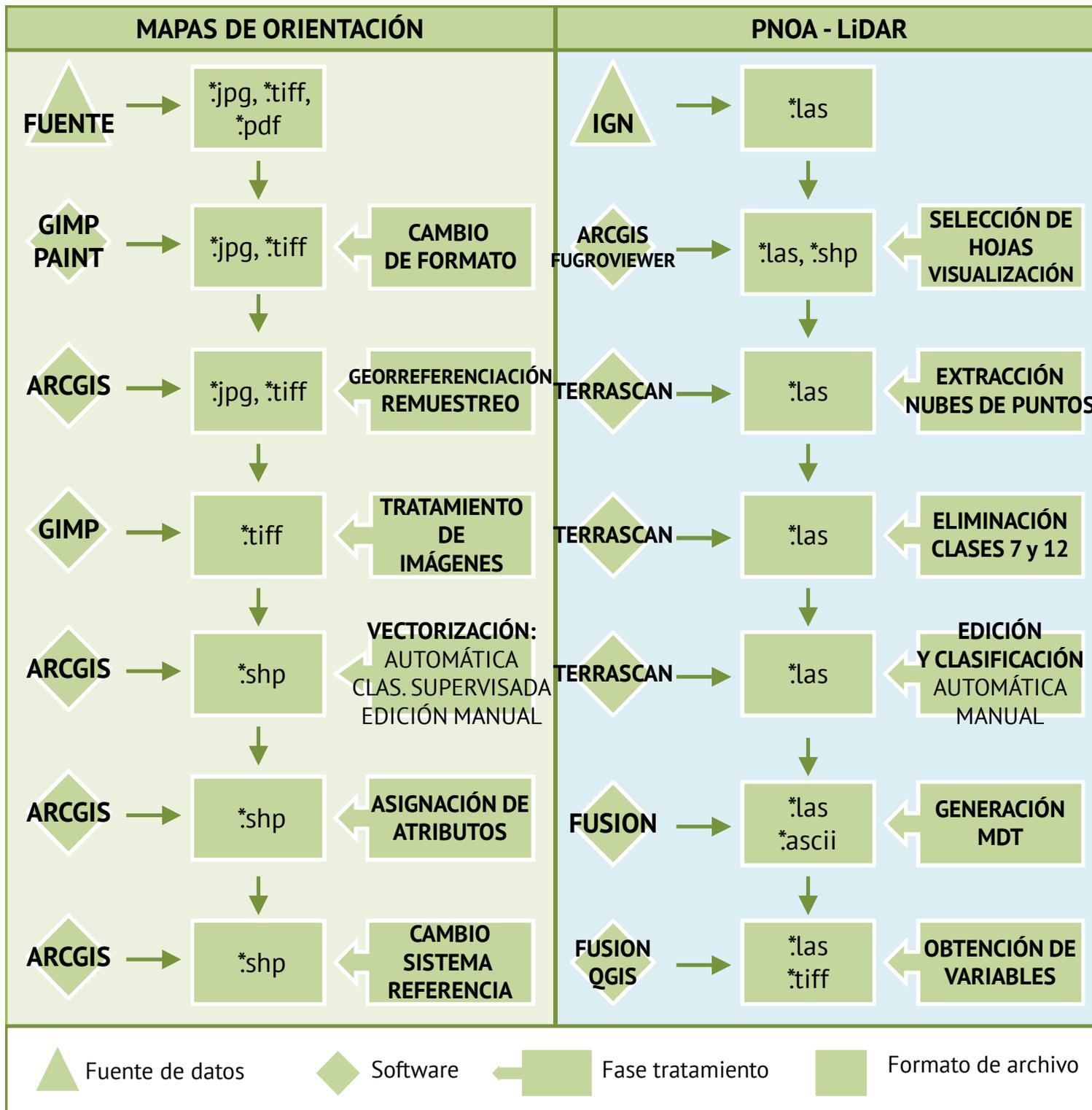
# **ANEXO V**

## **GRÁFICOS - RESUMEN**

## MAPAS DE ORIENTACIÓN

## PNOA - LiDAR





# METODOLOGÍA

