

CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO EN ESPAÑA. PROYECTO SIOSE



DIRECCIÓN GENERAL
DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL



CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO EN ESPAÑA. PROYECTO SIOSE



Edición digital

Cartografía de Ocupación del Suelo en España. Proyecto SIOSE

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado

<http://publicacionesoficiales.boe.es>

© Instituto Geográfico Nacional 2012

© de esta edición: Centro Nacional de Información Geográfica 2012

Edita: Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)

Coedita: Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Castilla-La Mancha

Directores de la Edición: Santiago Castaño Fernández (IDR), Nuria Valcárcel Sanz (CNIG)

Dirección de la edición de la primera parte:

Nuria Valcárcel Sanz

Autores de la primera parte:

¿QUÉ ES LA OCUPACIÓN DEL SUELO? Valcárcel Sanz, N. y Caballero García, M.^ª E.

LA CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO EN ESPAÑA. Villodre Carrilero, J.; Castaño Fernández, S.; Sánchez Pérez, D.; Alfaro Bravo, M.; Ruiz Gallardo, J. R.; López de Coca, E. y Colina Vuelta, A.

LA CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO EN EUROPA Y EN EL MUNDO. Valcárcel Sanz, N.

MODELOS DE DATOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO. Delgado Hernández, J. y Villa Alcázar, G.

DATOS DE REFERENCIA (IMÁGENES AEROSPAZIALES) PARA LA ELABORACIÓN DE BASES DE DATOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO: RESOLUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL, ESCALA, MMU, PRECISIÓN. Arozarena Villar, A.

EL PROYECTO SIOSE. Caballero García, M.^ª E.; Delgado Hernández, J.; Benito Saz, M.^ª A.; Fernández Villarino, X. y Porcuna Fernández-Monasterio, A.

Dirección de la edición de la segunda parte:

Santiago Castaño Fernández

Autores de la segunda parte:

Alfaro Bravo, M.; Castaño Fernández, S.; Colina Vuelta, A.; López de Coca Sánchez-Escribano, E.; Ruiz Gallardo, J. R.; Sánchez Pérez, D. y Villodre Carrilero, J.

Diseño y maquetación:

Servicio de Edición y Trazado

(Subdirección General de Geodesia y Cartografía)

ISBN: 978-84-695-6882-8

NIPO: 162-12-011-4

DOI: <http://dx.medra.org/10.7419/162-6882>

Índice

Índice de figuras y tablas	15
Acrónimos	29
Autores	31
Prólogo	33

Primera parte OCUPACIÓN DEL SUELO

1. LA CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO	37
1.1. ¿Que es la ocupación del suelo?	37
2. LA CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO EN ESPAÑA	41
2.1. El Mapa Forestal de España (MFE)	43
2.2. Mapas Topográficos del Territorio Español	43
2.3. El Catastro Topográfico Parcelario	45
2.4. El Mapa Agronómico Nacional (MAN)	46
2.5. El Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MCA)	47
2.6. El Proyecto CORINE Land Cover	48
2.7. Atlas de los Hábitats Naturales y Seminaturales de España	48
2.8. El Proyecto SIOSE	49
2.9. La Fotografía Aérea	49
2.10. Los Satélites de Observación de la Tierra (Teledetección Espacial)	51
3. LA CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO EN EUROPA Y EN EL MUNDO	53
3.1. Ocupación del suelo en Europa	54
3.2. INSPIRE	54
3.3. LUCAS	55
3.4. CORINE LAND COVER	55
3.5. GMES - «Vigilancia Mundial del Medio Ambiente y la Seguridad»	56
4. MODELOS DE DATOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO	59
4.1. Clasificaciones y Modelos de Datos Jerárquicos	60
4.2. Descripciones y Modelos de Datos orientados a objetos	65
4.3. Manejo de Modelos de Datos orientados a objetos: Análisis y consulta	71

5. DATOS DE REFERENCIA (IMÁGENES AEROSPAZIALES) PARA LA ELABORACIÓN DE BASES DE DATOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO: RESOLUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL, ESCALA, MMU, PRECISIÓN	75
5.1. Características geométricas de las Bases de Datos de Ocupación del Suelo	75
5.2. Imágenes necesarias para la obtención de BBDD de Ocupación del Suelo	78
6. EL PROYECTO SIOSE	81
6.1. Características	82
6.2. Datos de referencia	84
6.3. Modelo de Datos	84
6.4. Fotointerpretación	89
6.5. Productos Siose	90

Segunda parte METODOLOGÍA Y PROBLEMÁTICA

1. INTRODUCCIÓN	97
2. ASPECTOS PREVIOS	99
2.1. Selección de las Unidades Básicas de Trabajo (UBT)	99
2.2. Formación del equipo. Especialización de los fotointérpretes	101
3. METODOLOGÍA	103
3.1. Producción en gabinete. Fases I, II, III, IV y V	107
3.1.1. Fase I: Preparación de la información	108
3.1.1.1. Fase I.1. Solicitud y recepción de los datos	110
3.1.1.2. Fase I.2. Control de los datos recibidos	111
3.1.1.3. Fase I.3. Selección de la hoja de digitalización	112
3.1.1.4. Fase I.4. Despliegue de los datos vectoriales y ráster básicos	112
3.1.1.5. Fase I.5. Recorte de los datos vectoriales con el límite de la UBT ...	112
3.1.1.6. Fase I.6. Integración de la información vectorial en una única capa	113
3.1.1.7. Fase I.7. Corrección topológica	114
3.1.1.8. Fase I.8. Elaboración de metadatos	114
3.1.2. Fase II: Digitalización por hojas	117
3.1.2.1. Fase II.1. Digitalización geométrica de polígonos	118
3.1.2.2. Fase II.2. Corrección topológica	118
3.1.2.3. Fase II.3. Control geométrico	119
3.1.2.4. Fase II.4. Análisis de compleción	122

3.1.2.5. Fase II.5. Elaboración de metadatos	122
3.1.3. Fase III: Homogeneización de hojas contiguas	122
3.1.3.1. Fase III.1. Digitalización de polígonos de cases entre UBT contiguas	124
3.1.3.2. Fase III.2. Corrección topológica	125
3.1.3.3. Fase III.3. Control geométrico de los cases	126
3.1.4. Fase IV: Asignación de coberturas	126
3.1.4.1. Fase IV.1. Asignación de coberturas al bloque mediante fotointerpretación	128
3.1.4.2. Fase IV.2. Corrección topológica	129
3.1.4.3. Fase IV.3. Control semántico	130
3.1.4.4. Fase IV.4. Elaboración de metadatos	131
3.1.5. Fase V: Homogeneización de bloques contiguos en una única capa	134
3.1.5.1. Fase V.1. Digitalización de polígonos de cases entre bloques contiguos	135
3.1.5.2. Fase V.2. Corrección topológica	136
3.1.5.3. Fase V.3. Control de geometría de los cases entre bloques contiguos	136
3.1.5.4. Fase V.4. Asignación de coberturas al case de bloques contiguos mediante fotointerpretación	136
3.1.5.5. Fase V.5. Control semántico de los cases entre bloques contiguos	137
3.1.5.6. Fase V.6. Finalización de metadatos	137
3.2. Producción en campo. Fase VI	137
3.2.1. Fase VI.1. Trabajo de campo	138
3.2.1.1. Material de campo	139
3.2.1.2. Inclusión de la información base en el PC	148
3.2.1.3. Selección de la zona de estudio	151
3.2.1.4. Determinación de los puntos de toma de datos y planificación de rutas óptimas entre dichos puntos	152
3.2.1.5. Toma de datos	155
3.2.1.6. Descarga y estructuración de los datos	157
3.2.1.7. Control de calidad de los datos	162
3.2.1.8. Datos para ayuda y comprobación de la calidad de la fotointerpretación	163
4. PROBLEMÁTICA	165
4.1. Aspectos problemáticos en la fase de digitalización	166
4.1.1. Zonas artificiales	166
4.1.1.1. Polígonos que no respetan la superficie mínima digitalizable	166

4.1.1.2.	Formas de polígonos excesivamente lobulados en la digitalización de vías de comunicación	167
4.1.1.3.	Ausencia de digitalización de algunas carreteras de primer orden incluidos en los requisitos del proyecto	167
4.1.1.4.	Estaciones de servicio de la RED VIARIA digitalizadas de forma independiente	167
4.1.1.5.	Elementos de entidad (glorietas, cambios de sentido, etc.) incluidos en vías de comunicación	168
4.1.1.6.	Unión de tramos de RED VIARIA CON RED FERROVIARIA	168
4.1.1.7.	Digitalización de cursos de agua naturales sobre vías de comunicación	168
4.1.1.8.	Inclusión de caminos de tierra en las vías de comunicación	168
4.1.1.9.	Continuación de la RED VIARIA en el interior de núcleos urbanos	169
4.1.1.10.	Delimitación defectuosa de polígonos urbanos al cometer errores mayores a los admitidos por el proyecto (5 m en el caso del SIOSE)	169
4.1.1.11.	Digitalización de estructuras pertenecientes a coberturas predefinidas distintas (como son CASCO y ENSANCHE) en un mismo polígono	169
4.1.1.12.	Presencia de líneas sobre edificaciones al contrastar la capa SIOSE con la imagen SPOT	170
4.1.1.13.	Escasa diferenciación de polígonos en núcleos urbanos	170
4.1.1.14.	Digitalización defectuosa de PARQUES EÓLICOS	171
4.1.2.	Zonas agrícolas	172
4.1.2.1.	Digitalización de polígonos excesivamente grandes cuando pueden dividirse en otros menores	172
4.1.2.2.	Incumplimiento de la superficie mínima para terrenos agrícolas (2 ha)	172
4.1.2.3.	Heterogeneidad en la incorporación de los caminos de tierra a los polígonos adyacentes	172
4.1.2.4.	Digitalización defectuosa de parcelas agrícolas al no utilizar sus límites más evidentes	173
4.1.2.5.	Dificultad en la digitalización de parcelas en regadío	173
4.1.2.6.	Abuso de mosaicos formados por cultivos de regadío y secano cuando pueden independizarse en polígonos con coberturas simples	173
4.1.2.7.	Abuso de mosaicos formados por FRUTALES y OLIVOS cuando pueden independizarse en polígonos con coberturas simples	173

4.1.2.8. Dificultad en la diferenciación entre polígonos de REGADIO NO REGADO y SECANO	175
4.1.3. Bosques y áreas seminaturales	176
4.1.3.1. Exceso de confianza en algunos límites del MFE	176
4.1.3.2. Uso de líneas demasiado rectas y largas en zonas boscosas y seminaturales	176
4.1.3.3. Inclusión en el mismo polígono de terreno forestal y agrícola cuando es posible independizarlos en polígonos distintos	176
4.1.3.4. Delimitación de polígonos excesivamente grandes cuando pueden ser divididos en otros de menor tamaño	177
4.1.3.5. Delimitación de polígonos multiparte utilizando cortafuegos o vías de acceso a parques eólicos	177
4.1.3.6. Incumplimiento del error máximo admisible (5 m)	178
4.1.3.7. No diferenciación de las clases AFLORAMIENTOS ROCOSOS y CAN- CHALES	178
4.1.3.8. Digitalización de cortafuegos con una anchura inferior a 15 m ..	178
4.1.3.9. Inclusión de sombras en polígonos de árboles, especialmente en formaciones de ribera	179
4.1.3.10. Indeterminación en la digitalización de polígonos de FRONDO- SAS CADUCIFOLIAS DE PLANTACIÓN	179
4.1.3.11. Dificultad en la fotointerpretación de zonas afectadas por in- cendios forestales	179
4.1.4. Zonas húmedas	182
4.1.5. Superficies de agua	182
4.1.5.1. Digitalización conjunta de CURSOS DE AGUA con vegetación de ri- bera cuando es posible independizarlos	182
4.1.5.2. Digitalización de embalses en función de su cota máxima, utili- zando la información aportada por la BCN25	183
4.1.6. Otros aspectos	183
4.1.6.1. Digitalización errónea de pasillos	183
4.1.6.2. Inexactitud del case entre hojas o bloques contiguos	183
4.1.6.3. Entregas de unidades de trabajo no actualizadas	184
4.1.6.4. Entregas de unidades de trabajo sin corrección topológica	184
4.1.6.5. Digitalización interna a los límites oficiales de la comunidad autónoma	185
4.1.6.6. Incumplimiento de superficies mínimas en polígonos limítrofes entre diferentes comunidades autónomas	185
4.1.6.7. Existencia de polígonos vecinos	185
4.2. Aspectos problemáticos en la fase de asignación de coberturas	185
4.2.1. Zonas artificiales	186

4.2.1.1. Exceso de porcentaje en edificaciones aisladas cuando forman parte de un MOSAICO compuesto en su mayor parte por otro tipo de cobertura	186
4.2.1.2. Confusión para diferenciar la tipología de EDIFICACIÓN: EDIFICIO AISLADO de EDIFICIO ENTRE MEDIANERAS	186
4.2.1.3. Simplificación del uso de las tipologías de EDIFICACIÓN presentes en zonas urbanas	187
4.2.1.4. Asignación en zonas urbanas de MOSAICOS IRREGULARES e, incluso, ASOCIACIONES	188
4.2.1.5. Diferenciación entre las coberturas predefinidas de CASCO y de ENSANCHE en polígonos urbanos	188
4.2.1.6. Confusión entre las predefinidas ASENTAMIENTO AGRÍCOLA-RESIDENCIAL y DISCONTÍNUO	189
4.2.1.7. Omisión de coberturas predefinidas de la clase EQUIPAMIENTO DOTACIONAL (tales como: RELIGIOSO, EDUCACIÓN, CULTURAL, DEPORTIVO...) en núcleos urbanos	189
4.2.1.8. Sobreestimación porcentual de la cobertura SUELO NO EDIFICADO cuando aparece junto a otras formando MOSAICOS	189
4.2.1.9. Uso de la cobertura predefinida ASENTAMIENTO AGRÍCOLA-RESIDENCIAL cuando aparece una única vivienda	190
4.2.1.10. No diferenciación entre PARQUES EÓLICOS que se encuentran EN CONSTRUCCIÓN de los ya construidos, y sobreestimación porcentual de los aerogeneradores	190
4.2.1.11. Dificultad en diferenciar DEPURADORAS	191
4.2.1.12. No diferenciación entre piscinas y pistas deportivas de uso particular de aquellas de uso colectivo	192
4.2.1.13. Confusión entre la cobertura simple de edificación tipo NAVE y las coberturas predefinidas de INDUSTRIA AISLADA y AGRÍCOLA-GANADERO	193
4.2.1.14. Uso inadecuado de coberturas predefinidas.	195
4.2.1.15. Dudas para diferenciar entre un POLÍGONO INDUSTRIAL ORDENADO y otro SIN ORDENAR	195
4.2.1.16. Confusión ocasional entre CEMENTERIO e INDUSTRIA AISLADA	197
4.2.1.17. Confusión entre los tipos de cobertura de vías de comunicación RED FERROVIARIA y RED VIARIA	197
4.2.1.18. Asignación de la cobertura VIAL (en lugar de OTRAS CONSTRUCCIONES) a los raíles en la predefinida RED FERROVIARIA	197
4.2.1.19. Uso de MOSAICOS en los nudos de comunicaciones en lugar de la predefinida RED VIARIA	197

4.2.1.20.	Confusión entre las coberturas simples de VIAL, APARCAMIENTO O ZONA PEATONAL SIN VEGETACIÓN y SUELO NO EDIFICADO	198
4.2.1.21.	Dificultad en la identificación de CORTAFUEGOS	198
4.2.1.22.	Confusión entre las coberturas de SUELO NO EDIFICADO y SUELO DESNUDO	200
4.2.2.	Zonas agrícolas	200
4.2.2.1.	Confusión para diferenciar entre PASTIZALES y CULTIVOS HERBÁCEOS DISTINTOS DE ARROZ	200
4.2.2.2.	Diferenciación entre cobertura arbórea y no arbórea en cultivos arbóreos leñosos como OLIVARES	200
4.2.2.3.	Uso poco frecuente del atributo ABANCALADO	201
4.2.2.4.	Confusión para distinguir OLIVARES de FRUTALES NO CÍTRICOS, a pesar de contar con información auxiliar	201
4.2.2.5.	Dificultad para diferenciar entre REDGADÍO NO REGADO y REGADÍO REGADO en cultivos tanto herbáceos como leñosos	201
4.2.2.5.1.	CULTIVOS HERBÁCEOS	203
4.2.2.5.2.	CULTIVOS LEÑOSOS	204
4.2.2.6.	Abstención del atributo PROCEDENCIA DE CULTIVO para algunos PASTIZALES	204
4.2.3.	Bosques y áreas seminaturales	205
4.2.3.1.	Simplicidad de las coberturas asignadas.	205
4.2.3.2.	Uso poco frecuente del atributo DE PLANTACIÓN para definir zonas de repoblaciones forestales	206
4.2.3.3.	Falta de consulta de las especies <i>Sp2</i> y <i>Sp3</i> del MFE	206
4.2.3.4.	Sobrestimación o infravaloración del porcentaje de ARBOLADO	207
4.2.3.5.	Uso poco frecuente del atributo FORMACIÓN DE RIBERA en MATORRAL y/o ARBOLADO en fondos de valle o vaguadas.	207
4.2.3.6.	Uso poco frecuente del atributo DE PLANTACIÓN en zonas próximas a ríos donde pueden aparecer CADUCIFOLIAS con esta condición	207
4.2.3.7.	No diferenciación entre las coberturas de CADUCIFOLIAS DE PLANTACIÓN y FORMACIÓN DE RIBERA	208
4.2.3.8.	Uso poco frecuente de coberturas de la clase TERRENOS SIN VEGETACIÓN	208
4.2.4.	Zonas húmedas	210
4.2.4.1.	Dificultad general en la identificación de ZONAS PANTANOSAS	210
4.2.4.2.	Dificultad para la identificación de SALINAS CONTINENTALES	210
4.2.5.	Superficies de agua	210
4.2.5.1.	Confusión entre las coberturas CURSO DE AGUA con EMBALSE	210
4.2.5.2.	Descripción de una ASOCIACIÓN compuesta por LÁMINA DE AGUA y zonas forestales	210

4.2.6. Otros aspectos	212
4.2.6.1. Asignación de porcentajes extraños	212
4.2.6.2. Entregas de las unidades de trabajo sin los correspondientes campos en su tabla de atributos	213
4.2.6.3. Resistencia inconsciente a la consulta del manual SIOSE del IGN .	213
4.2.6.4. Uso inadecuado de la información auxiliar	214
4.2.6.5. Incremento en el uso de atributos en la asignación de coberturas por parte del equipo de producción	214
4.2.6.6. Dificultades para diferenciar MOSAICO de ASOCIACIÓN	214
4.2.6.7. Asignación de coberturas en base a las ortofotografías PNOA en lugar de las imágenes SPOT	214
4.3. Coberturas dudosas	215
4.3.1. Dehesas	216
4.3.2. Repoblación con frondosas o coníferas	217
4.3.3. Repoblaciones forestales en el monte	217
4.3.4. Frutal / Reforestación en zonas agrícolas	218
4.3.5. Suelos desnudos / Zonas erosionadas	219
4.3.6. Cultivos herbáceos de secano / Regadío no regado	220
4.3.7. Cultivos leñosos de secano / Regadío	223
4.3.8. Naves industriales / Invernaderos / Granjas	223
4.3.9. Naves agrícolas / Invernaderos	224
4.3.10. Asincronía entre imágenes SPOT / Ortofotografía	226
4.3.11. Suelo no edificado / Vertedero / Pastizal	228
4.3.12. Arbolado / Matorral	229
4.4. Problemática de la cartografía de costas	230
4.4.1. La dificultad de definir la línea de costa	231
4.4.2. Aspectos problemáticos en la fase de digitalización	233
4.4.2.1. Zonas artificiales	233
4.4.2.1.1. Errores en la delimitación de los espacios portuarios, en particular en la digitalización del límite entre INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS y MARES Y OCÉANOS	233
4.4.2.1.2. Errores en algunas INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS por la incorporación a las mismas de áreas con usos diferentes a los estrictamente portuarios	235
4.4.2.1.3. Errores en la digitalización de elementos artificiales asociados al borde costero de reducida entidad superficial	235
4.4.2.2. Bosques y áreas seminaturales	237
4.4.2.2.1. Errores en la delimitación del límite entre PLAYAS, DUNAS Y ARENALES y MARES Y OCÉANOS	237

4.4.2.2.2.	Errores en la delimitación de las superficies de DUNAS .	239
4.4.2.2.3.	Problemática en la digitalización geométrica de ACANTILADOS MARINOS	239
4.4.2.2.4.	Otros polígonos costeros que incumplen los requisitos geométricos del proyecto.	242
4.4.2.3.	Superficies de agua	244
4.4.2.3.1.	Errores en la delimitación de coberturas de LAGUNAS COSTERAS	244
4.4.2.3.2.	Dificultades para la definición del límite entre ESTUARIOS y MARES Y OCÉANOS	245
4.4.2.3.3.	Dificultades para la interpretación del límite entre ESTUARIO y AGUAS CONTINENTALES	247
4.4.3.	Aspectos problemáticos en la asignación de coberturas	248
4.4.3.1.	Zonas artificiales	248
4.4.3.1.1.	Dudas o errores en la asignación de coberturas de las infraestructuras de amarre y abrigo de los puertos	248
4.4.3.2.	Bosques y áreas seminaturales	248
4.4.3.2.1.	Dudas o errores en la asignación de coberturas vinculadas al uso recreativo de playas	248
4.4.3.2.2.	Creación de mosaicos compuestos por arenales y dunas vegetadas	250
4.4.3.2.3.	Asignación de la cobertura de acantilados a superficies vegetadas o de afloramientos rocosos	250
4.4.3.3.	Zonas húmedas	252
4.4.3.3.1.	Errores en la delimitación de coberturas de marisma ...	252
4.4.3.4.	Coberturas dudosas y otros aspectos	254
4.4.3.4.1.	Dudas en la clasificación y diferenciación de las COBERTURAS HÚMEDAS (MARINAS y CONTINENTALES) próximas a la costa	254
4.4.3.4.2.	Dudas en la consideración de la LÁMINA DE AGUA en los espacios portuarios	255
4.4.3.4.3.	Dudas en la clasificación de los faros	255
4.4.3.4.4.	Dudas en la clasificación de los islotes: ASOCIACIONES o MOSAICOS	255
4.5.	Problemática del trabajo de campo	256
4.5.1.	Climatología	256
4.5.2.	Zonas de difícil acceso	257
4.5.3.	Problemas mecánicos	258
4.5.4.	Dificultades logísticas	258
4.5.5.	Problemas técnicos	259

5. ESTADÍSTICAS Y COSTES DE PRODUCCIÓN	261
5.1. Estadísticas	261
5.1.1. Período de aprendizaje	262
5.1.2. Desarrollo de las hojas	263
5.1.3. Trabajo de campo	268
5.2. Costes de producción	269
6. BIBLIOGRAFÍA	271

Índice de figuras y tablas

Primera parte LA OCUPACIÓN DEL SUELO

Figura 1: Bosquejo de la Sierra del Segura, uno de los primeros esquemas sobre la distribución de las principales especies (fuente: http://www.marm.es/ca/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/segura_tcm8-22931.pdf)	41
Figura 2: Bosquejo dasográfico de Santander, publicado en 1862 por la Junta Central de Estadística (fuente: http://www.marm.es/ca/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/cantabria_tcm8-22895.pdf)	42
Figura 3: Hoja núm. 629, Toledo, del Mapa Agronómico Nacional (fuente: http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/mapa_forestal/pdf/toledo100.pdf)	47
Figura 4: Fotografía aérea de Guadalajara obtenida a 800 m de altura y obtenida con anterioridad a 1910 (Quirós y Fernández, 1996)	49
Figura 5: Fotografía aérea del vuelo de 1945. Ciudad de Valencia a una escala aproximada de 1:45.000 (Fernández y Quirós, 1997)	50
Figura 6: Satélite SPOT 5 utilizado para la realización del SIOSE en España (fuente: http://www.satimagingcorp.com)	52
Figura 7: Datos de ejemplo del CORINE Land Cover	61
Figura 8: Esquema de la clasificación por enumeración de clases	62
Figura 9: Esquema de la clasificación jerárquica de clases	63
Figura 10: Ejemplos de datos según orientación a objetos	66

Figura 11: Salidas gráficas a demanda para clasificaciones de los polígonos en función de parámetros forestales, agrarios, artificiales y generalistas respectivamente (de arriba-abajo, izquierda-derecha)	71
Figura 12: Selección y salida gráfica	73

Segunda parte METODOLOGÍA Y PROBLEMÁTICA

Figura 1: Diagrama de la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo	105
Figura 2: Diagrama de la Fase I: Preparación de la información y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo	109
Figura 3: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observa la fecha de creación de metadatos, la hoja 1:25.000 que representa la unidad de trabajo (en este caso la hoja H0510-I) y el técnico editor de la misma	115
Figura 4: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observan las coordenadas de la hoja oficial definida como unidad de trabajo (en este caso la H0510-I)	116
Figura 5: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observan la fecha en la que se ejecutó la fase de incorporación de datos, el técnico encargado de hacerla y las fuentes utilizadas como información de referencia en la elaboración de la hoja H0510-I	116
Figura 6: Diagrama de la Fase II: Digitalización básica y de polígonos y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo	117
Figura 7: Anverso de la hoja de ruta que el técnico debía rellenar y entregar junto con la hoja digitalizada para su control de calidad interno. En ella se observan los pasos que se debían seguir ordenadamente desde el 1 hasta el 8	120
Figura 8: Reverso de la hoja de ruta, donde el responsable del control de calidad interno expondrá los motivos de la devolución de la hoja al técnico en caso de que se debieran corregir errores	121

Figura 9: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observan la fecha en la que se ejecutó la fase de digitalización, el técnico encargado de hacerla y las fuentes de información utilizadas para la elaboración de la hoja H0510-I	123
Figura 10: Diagrama de la Fase III: Homogeneización de hojas contiguas en bloques y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo	124
Figura 11: Esquema de la resolución del case entre líneas para evitar la formación de escalones o líneas geométricas extrañas que pueden formarse durante la unión de polígonos	125
Figura 12: Diagrama de la Fase IV: Asignación de coberturas por bloques y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo	127
Figura 13: Ilustración sobre la densidad de tejido urbano (tomado del documento CORINE Land Cover Technical Guide)	132
Figura 14: Variación porcentual de la fracción de cabida cubierta para usar en diferentes escalas de fotografía o diferentes tamaños de arbolado (tomado de Paine y Kiser, 2003) ..	133
Figura 15: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observan la fecha en la que se ejecutó la fase de asignación de coberturas, el técnico encargado de hacerla y las fuentes de información utilizadas para la elaboración de la hoja H0510-I	133
Figura 16: Diagrama de la Fase V: Homogeneización de bloques contiguos en una única capa y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo	135
Figura 17: Diagrama de la Fase VI: Trabajo de campo y su relación con otras fases en la Metodología	139
Figura 18: Ordenador portátil utilizado y soporte para vehículo	140
Figura 19: Arriba izquierda, tablet PC ruggedizada con pantalla retroiluminada (rugged-book, www.ruggedbook.com). Arriba derecha, tablet PC ruggedizada (toughbook), certificado por estándares militares, MIL-STD-810G (www.panasonic.com). Abajo, tablet PC ruggedizada utilizada y diseñada para uso miliar (EMC Madrid, www.emc.es)	141

Figura 20: Arriba izquierda, cámara réflex digital (www.canon.es). Abajo izquierda, cámara de fotos digital compacta con GPS incorporado (www.panasonic.es). Arriba derecha, cámara de fotos con acople de una lente especial que nos permite hacer una fotografía panorámica con una única fotografía (www.pano-pro.com). Abajo derecha, trípode Gigapan Epic Pro. Se trata de un trípode automatizado para la realización de fotografías panorámicas y gigafotos para cámaras réflex. En la actualidad es el único existente en el mercado para este tipo de cámaras de la empresa GIGAPAN (http://gigapansystems.com)	143
Figura 21: Izquierda, GPS manual de la marca GARMIN serie ETREX para trabajo a la intemperie (www.garmin.com). Derecha, GPS de precisión de 1 m de la marca TOPCON (www.topcon-positioning.eu)	145
Figura 22: Ficha de campo utilizada en la descripción de cada punto de control	146
Figura 23: Otro material. Arriba izquierda, cargador de coche para tablet PC (http://tienda.todoumpc.com). Arriba derecha, Transformador de corriente de 220 V para coche (http://www.uxsight.com). Abajo, soporte para situar el tablet PC en el vehículo ..	147
Figura 24: Ejemplo de la red de caminos en función de su tipología	149
Figura 25: Totalidad de las cuadrículas MTN25 que componen Castilla-La Mancha	152
Figura 26: Puntos de toma de datos de la unidad de trabajo H0692-II, donde se puede apreciar cómo se divide la unidad de trabajo en cuadrículas y cómo los puntos de muestreo se sitúan inicialmente en el centro de cada una de las cuadrículas	153
Figura 27: Ejemplo de diseño de una ruta (línea roja) en la hoja H0788-II para acceder a los puntos de toma de datos de la forma más rápida posible	154
Figura 28: Estructura de carpetas para almacenar los datos de campo de la hoja H0561-II	158
Figura 29: Programa de renombrado de archivos, mediante el cual renombramos nuestros archivos de fotografías en función de la unidad de trabajo, punto y orientación en la que fueron tomadas	159
Figura 30: Imagen en la que se muestra la descarga del track y los waypoints del GPS ..	159
Figura 31: Imagen del programa utilizado para darle coordenadas a las fotografías en la que se puede apreciar como, por un lado, se descarga el track realizado a lo largo	

del día del GPS (línea roja) y, por el otro, las imágenes tomadas en ese mismo día (imágenes de la columna de la derecha). Una vez que tenemos el track y las fotos sólo nos queda georreferenciarlas	160
Figura 32: Tras la sincronización con el GPS se puede ver cómo las fotografías son georreferenciadas sin ningún tipo de problema	161
Figura 33: Ejemplo de base de datos de los puntos de campo para el proyecto SIOSE	161
Figura 34: Carpetas en donde se almacenan las diferentes fotografías tomadas en campo, cada una dentro de la carpeta con el nombre de la zona a la que pertenecen	162
Figura 35: Representación de la base de datos espacial de campo mediante un servidor WMS para la ayuda y control de la fase de digitalización y coberturas. En la parte izquierda se observan varias hojas SIOSE digitalizadas con los puntos de toma de datos en campo, donde se ha consultado información a uno de ellos (señalado en azul celeste) que se muestra en la parte derecha. Arriba aparecen los datos relativos al punto: coordenadas X, Y y Z, hoja a la que pertenece y fecha de toma de datos. Las fotografías se encuentran orientadas de manera que la imagen central superior corresponde al Norte, la de su derecha al Noreste (ampliada más abajo), etc., hasta completar las ocho orientaciones	164
Figura 36: Parque eólico entre los municipios de Sisante, Tébar y Vara del Rey (Cuenca) próximo a la A-31. Arriba izquierda: Mosaico SPOT (escena 37-271, julio de 2005). Arriba derecha: ortofotografía PNOA (julio de 2006). Abajo: detalle de la Mosaico SPOT donde se observa la geometría en forma de "peines" de los parques eólicos	171
Figura 37: Cultivos de frutales (A) y olivos (B) en el término municipal de Alhambra (Ciudad Real). Se ha representado por medio de un rectángulo las zonas de detalle que se muestran en las imágenes inferiores. En ellas se observan las características fisonómicas de la copa de frutales y olivos: las primeras presentan una copa más aclarada y abierta mientras que la de los olivos suelen ser más homogéneas, recogidas y compactas. Superiores, imágenes SPOT5 (escena 36-272, junio de 2005). Centrales e inferiores, ortofotografías PNOA (julio de 2006)	174
Figura 38: Cultivo de girasoles (tonos verde claro) en el término municipal de Abadía de la Obispalía (Cuenca). De los puntos de toma de datos en campo que se observan (P1 y P2) se muestra la fotografía con orientación Oeste del punto P1 y la Este del punto P2, en las que se aprecian claramente el cultivo de girasol. A, Mosaico SPOT (escena 37-270, agosto de 2005). B, ortofotografía PNOA (agosto de 2006)	175

Figura 39: Carretera CM-410 entre Mazarambroz y Cuerva, municipio de Mazarambroz (Toledo). Se muestran resaltados (en azul) los polígonos multiparte, es decir, aquellos que presentan la misma información por ser el mismo polígono. Mosaico SPOT (escena 33-270, julio de 2005) 177

Figura 40: Arriba, imagen del incendio que tuvo lugar en la provincia de Guadalajara en julio de 2005 donde ardieron más de 12.000 ha y que afectó a parte de los términos municipales de Ablanque, Anguita, Anquela del Ducado, Ciruelos del Pinar, Cobeta, Luzón, Mazarete, Riba de Saelices y Selas (mosaico de imágenes SPOT5 comprendidas entre agosto y septiembre de 2005, escenas 36-267, 36-268 y 37-268). Abajo, detalle del Mosaico SPOT anterior y ortofotografía PNOA (agosto de 2006) donde se observan zonas que se libraron del incendio 180

Figura 41: Aspecto del incendio de Guadalajara visto por las imágenes SPOT5 (mosaico de imágenes comprendidas entre agosto y septiembre de 2005, escenas 36-267, 36-268 y 37-268) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006). Superpuesta a las imágenes se muestra la cobertura de las hojas 1:25.000, donde se observa que la superficie del incendio ocupa gran parte de la H0488-II. Si el técnico se encuentra trabajando en la parte superior derecha de esta hoja a una escala grande (1:5.000) es muy probable que no aprecie las características del incendio. No obstante, a escalas pequeñas en el Mosaico SPOT (1:100.000) la diferencia de apreciación es notable, no así en la ortofotografía PNOA, lo que reafirma la consulta de ambas imágenes para el desarrollo del proyecto, ya que tanto una como otra nos aportará información útil en función de la escala de trabajo que estemos utilizando 181

Figura 42: Detalle del recuadro destacado en la figura anterior, donde se aprecia una zona perimetral del incendio en la que se observa un terreno provisto de vegetación y otro arrasado por las llamas. Izquierda, Mosaico SPOT (meses después del incendio). Derecha, ortofotografía PNOA (agosto de 2006) 182

Figura 43: Edificios aislados (izquierda) y entre medianeras (derecha) en la ciudad de Cuenca, ortofotografía PNOA (agosto de 2006). Se observa cómo los edificios aislados presentan una cubierta de forma, color y estructura homogéneo, con el mismo número de pisos generalmente. Por su parte los edificios entre medianeras presentan una cubierta de forma, color y estructura diferente. Con respecto a este último caso (imagen derecha) pueden apreciarse sombras (señaladas con flechas) sobre las cubiertas de edificios contiguos, signo inequívoco de la distinta altitud de los edificios 187

Figura 44: Casco (izquierda) y ensanche (derecha) en la ciudad de Toledo, ortofotografía PNOA (agosto de 2006). Se observa cómo en un casco la distribución irregular de los edificios, la presencia de calles estrechas o la escasez de zonas verdes son patentes.

En cambio, en un ensanche predomina la disposición regular de edificios y calles, siendo estas más anchas y rectilíneas, aumentando la superficie de zonas verdes 188

Figura 45: Parque eólico en el centro-oeste del municipio de Maranchón (Guadalajara). En las imágenes SPOT (superiores) se observa la distribución de caminos y las plataformas donde se asentarán los futuros aerogeneradores. Al comparar ambas imágenes (satélite y ortofotografía) se observa en los detalles (derecha) que en la SPOT no aparecen los aerogeneradores (ausencia de sombras) y que los caminos son de tierra. Por su parte, en la ortofotografía los aerogeneradores se encuentran ya instalados y los caminos están asfaltados. Superiores: imágenes SPOT5 (escenas 37-267 y 36-267 de julio y agosto de 2005). Inferiores: ortofotografías PNOA (agosto de 2006) 191

Figura 46: A, depuradora al SE de los núcleos urbanos de Gerindote y Torrijos, en el término municipal de Gerindote (Toledo), donde se observan las formas cuadrangulares de las láminas de decantación (Mosaico SPOT, escena 33-270 de julio de 2005, y ortofotografía PNOA de julio de 2006). B, depuradora de Albacete, donde las formas son circulares (Mosaico SPOT, escena 38-272 de julio de 2005, y ortofotografía PNOA de agosto de 2006) 192

Figura 47: A, centro deportivo en Guadalajara. Se observan diferentes tipos de pistas deportivas dentro de un mismo recinto. Mosaico SPOT (escena 34-268, octubre de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006). B, urbanización próxima a Albacete, donde se muestran piscinas y pistas de tenis de uso privado. Mosaico SPOT (escena 38-272, julio de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006) 194

Figura 48: A, polígono industrial del Corredor de Henares, al este de la localidad de Azuqueca de Henares (Guadalajara), ejemplo de polígono industrial ordenado (Mosaico SPOT, escena 34-268 de octubre de 2005, y ortofotografía PNOA de agosto de 2006). B, conjunto de naves que componen un polígono industrial no ordenado en Quintanar del Rey, Cuenca (Mosaico SPOT, escena 38-271 de julio de 2005, y ortofotografía PNOA de julio de 2006) 196

Figura 49: Cortafuegos en los Montes de Toledo, entre los pueblos de Robledo del Buey y Los Alares, en el municipio de Los Navahucillos (Toledo). En las imágenes superiores se observa la disgregación del monte por medio de cortafuegos. En las vistas seleccionadas (detalles) se muestra: A, cortafuegos intersectado por vías forestales, donde se puede apreciar la diferencia de anchura entre ellos; B, confluencia de cortafuegos; y C, carretera CM-4155 donde se ha desbrozado el suelo de vegetación a ambos lados de la misma haciendo así un cortafuegos más ancho y eficaz. Imágenes SPOT5 (escena 32-270, julio de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006) 199

Figura 50: Cultivos abancalados próximos al río Taibilla, a su paso por la localidad de Nerpio (Albacete). A la derecha se muestran en detalle las características propias de este tipo de cultivo: líneas más o menos paralelas entre sí y perpendiculares a la pendiente de la ladera. Mosaico SPOT (escena 38-273, julio de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006)	202
Figura 51: Plantaciones de caducifolias en las inmediaciones del río Cabriel a su paso por los municipios de Salvacañete (A) y Alcalá de la Vega (B) en la provincia de Cuenca. A: bosque en formación de ribera junto a plantaciones de caducifolias en el sur. B: plantaciones de caducifolias a ambos lados del río donde se observan parcelas de reciente plantación. Mosaico SPOT (escena 38-269, julio de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006)	209
Figura 52: Superior, Mosaico SPOT del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, entre los términos municipales de Daimiel y Villarrubia de los Ojos (Ciudad Real). Medio e inferior, detalles de dos zonas pantanosas del parque, donde se observa la disminución de agua por la diferencia temporal entre ambas imágenes. Imágenes SPOT5 (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografías PNOA de julio de 2006	211
Figura 53: Salinas al este del municipio de Imón (Guadalajara). Mosaico SPOT (escenas 35-267 y 36-267) de agosto de 2005 y ortofotografía PNOA de agosto de 2006	212
Figura 54: Lámina de agua natural de 0,19 ha con pequeños islotes de terreno forestal (Finca Dehesa de Los Llanos, término municipal de Albacete). Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 y mosaico de ortofotografías PNOA de julio y agosto de 2006	213
Figura 55: Dehesa típica en Velada (Toledo) donde se aprecian áreas cultivadas diferenciadas (más claras) y otras no laboreadas (más rojizas), cubierta por pasto ralo. También aparece una lámina de agua al sur, que puede servir de abrevadero. Imagen SPOT (escena 32-270) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de agosto de 2006	216
Figura 56: Repoblación forestal entre Malagón y Fuente del Fresno, provincia de Ciudad Real. Mosaico SPOT (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	217
Figura 57: Aspecto típico de las repoblaciones forestales recientes en áreas montañosas, al sur del término municipal de Hellín, Albacete. Mosaico SPOT de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	218
Figura 58: Aspecto frecuente de repoblación forestal en zonas agrícolas en San Cle-	

mente, Cuenca. Un buen número de marras no son repuestas. Mosaico SPOT (escena 37-271) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	218
Figura 59: Detalle del marco de una plantación forestal en tierras agrícolas. El marco no es regular y el desarrollo de las plantas es bastante heterogéneo, tomada al norte del término municipal de Hellín, Albacete. Mosaico SPOT (escena 40-273) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	219
Figura 60: Aspecto típico de zonas erosionadas, entre los términos municipales de Fernán Caballero y Malagón (Ciudad Real). Mosaico SPOT (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	220
Figura 61: Zonas erosionadas, con acúmulos de piedras, de una zona situada entre los municipios de Fernán Caballero y Malagón (Ciudad Real). Mosaico SPOT (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	220
Figura 62: Arriba, aspecto de unas parcelas agrícolas, aparentemente de secano, al norte de Albacete. Abajo, ampliación de la imagen superior donde se han remarcado las líneas cruzadas del laboreo agrícola (A) y las punteaduras de las coberturas (B). Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de agosto de 2006	221
Figura 63: Arriba, parcelas aparentemente de secano en el término municipal de Tobarra, Albacete. Abajo, imagen ampliada donde se han remarcado los hidrantes de las tuberías secundarias (distanciadas unos 17,5 m), lo que nos muestra que es una parcela de REGADÍO NO REGADO. Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	222
Figura 64: En el caso de las parcelas ocupadas por pívots, son fáciles de determinar como REGADÍO NO REGADO, gracias a su particular forma. Imagen al norte del término municipal de Tobarra (Albacete). Mosaico de imágenes SPOT5 (escena 38-272) de junio y julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	223
Figura 65: Superior, plantación de almendros en regadío, situados al norte de Tobarra (Albacete). Inferior, detalle ampliado visto en fotografía aérea donde se observa que las plantas están unidas (NE-SO) por una delgada línea producto de la infraestructura de riego por goteo (la distancia entre líneas es de 8,50 m, y entre almendros de una misma línea 6,50 m. Si se observa el viñedo que aparece al suroeste de la fotografía se comprueba que este efecto no aparece, por lo que será un VIÑEDO de SECANO. Mosaico de imágenes SPOT5 (escenas 40-272 y 40-273) de junio y julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	224

Figura 66: Grupo de invernaderos (cultivo FORZADO), situados al sur del término municipal de Hellín, Albacete. En su lado más occidental y meridional, se aprecia la sombra producida por el sol. Ello nos indica que son estructuras que están bastante elevadas sobre el suelo. No se observan infraestructuras tipo silo, pediluvios, etc., por lo que se descarta que sean naves de una granja ganadera. Tampoco aparece una gran estructura de caminos y bien asentada, lo que nos hace pensar en invernaderos. Mosaico SPOT (escena 40-273) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006 225

Figura 67: Estructura tipo nave o invernadero en una zona agrícola al SE del término municipal de Malagón, Ciudad Real. En la ortofotografía PNOA se aprecia que la sombra que proyecta el tejado de esta infraestructura está compuesta por tramos semicirculares (al oeste), muy infrecuente en las naves agrícolas, por lo que se puede determinar que es un invernadero (cultivo FORZADO). Mosaico SPOT (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006 225

Figura 68: Mosaico de imágenes SPOT5 (escenas 32-270 y 32-269) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de agosto de 2006, donde se aprecia claramente, una lámina de agua circular al norte del polígono (al O del municipio de Cervera de los Montes, Toledo). En la imagen SPOT la lámina de agua no es tan clara, aunque sí se aprecia una infraestructura con la misma forma 226

Figura 69: Arriba, Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 del NO de Albacete. Abajo, ortofotografía PNOA de agosto de 2006 de la misma zona. Comparando una y otra podemos observar las diferencias existentes debido al desfase temporal entre ellas. Edificios que se encontraban en construcción (EC), están ya acabados (EF); parcelas de nueva construcción (señaladas con flechas); nuevas pistas deportivas (PD), nuevas zonas verdes (ZV), calles asfaltadas, etc. 227

Figura 70: Izquierda, Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 y mosaico de ortofotografías PNOA de julio y agosto de 2006 de una zona muy heterogénea y de clasificación variable (situado al oeste de Albacete). Derecha, ortofotografía PNOA de la ampliación de la zona remarcada donde se aprecian deposiciones producto de la descarga de las cubetas de escombros 228

Figura 71: Detalle de una zona del centro-norte de Alpera (Albacete) donde, mediante flechas, se han marcado ejemplos donde se aprecian las sombras proyectadas por los árboles. Mosaico SPOT (escena 40-272) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006 229

Figura 72: Detalle de una del centro-este de Alpera (Albacete) donde se comprueba que las plantas no proyectan sombras, por lo que se deduce que trata de una zona de mato-

rral. Se resaltan las sombras de dos árboles aislados. Mosaico SPOT (escena 40-272) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006	229
Figura 73: Distribución de las imágenes SPOT5 para la franja costera del Principado de Asturias. En rojo se representan las del año 2005 y en azul las de 2006	230
Figura 74: Imágenes de la playa de Ribadesella, hoja 31-I del MTN. Izquierda, Mosaico SPOT (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS) de julio de 2005, en pleamar. Derecha, Mosaico SPOT (escena 29-263, fusión SPOT5 P+XS) de agosto de 2005, en bajamar	231
Figura 75: Digitalización del puerto deportivo y pesquero de Gijón. Imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS) de julio de 2005	233
Figura 76: Digitalización del puerto pesquero de Tazones, Villaviciosa. Imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS) de julio de 2005	234
Figura 77: Complejo portuario de Gijón. Izquierda, fragmento del "Plano de localización de las instalaciones portuarias" de la Autoridad portuaria de Gijón. Derecha, polígono SIOSE del puerto comercial de Gijón. Imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS) de julio de 2005	236
Figura 78: El faro de San Emeterio no aparece registrado entre las coberturas del polígono al representar menos del 5% de su superficie. Izquierda, fragmento del MTN 1:25.000. Derecha, Imagen SPOT5 (escena 29-263, fusión SPOT5 P+XS) de agosto de 2005	236
Figura 79: Aspecto de las playas de los Quebrantos y de Bayas en la imagen SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS) de octubre de 2006. Superior, bandas 342. Inferior, bandas 124	238
Figura 80: Delimitación de las playas de los Quebrantos y de Bayas. Imagen SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006	239
Figura 81: Playa de Barayo (Valdés y Cudillero). Izquierda, playa (en amarillo) y dunas (en naranja) según la Cartografía Ambiental del Principado de Asturias (hoja 11-IV, 1994). Derecha, delimitación del polígono de playa y duna en el proyecto SIOSE. Imagen SPOT5 (escena 25-262, fusión SPOT5 P+XS) de septiembre de 2005	240
Figura 82: Ejemplo de borde costero acantilado (Ribadedeva) que presenta dificultades para su digitalización conforme a los requisitos del proyecto SIOSE. Imagen SPOT5 (escena 29-263, fusión SPOT5 P+XS) de agosto de 2005	240
Figura 83: Borde costero acantilado (Castrillón). Superior izquierda, imagen SPOT5 (es-	

cena 27-262, fusión SPOT5 P+XS) de octubre de 2006. Superior derecha, ortofotografía PNOA de septiembre de 2006. Inferior, fotografía de campo de julio de 2008	241
Figura 84: Ejemplo de diversas imágenes de un tramo de acantilado (Valdés). De arriba abajo: fragmento del MTN 1:25.000; imagen SPOT5 (escena 25-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 321 y 124) de septiembre de 2005; ortofotografía PNOA de octubre de 2006; polígono sobre fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE	243
Figura 85: Ejemplos de mosaicos irregulares de temática costera (Cudillero). Imagen SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006	244
Figura 86: Lagunas costeras en la ría de Navia. Izquierda y centro, imagen SPOT5 (escena 25-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 432 y 321, respectivamente) de septiembre de 2005. Derecha, cartografía temática auxiliar del estuario según el estudio "Estuarios cantábricos: perspectiva general" (Dirección General de Costas, 2003)	245
Figura 87: Límite exterior de algunos estuarios. Superior, estuario de Avilés. Centro, estuario de Tina Mayor. Inferior, estuario de San Esteban. Imágenes SPOT5 (fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006 (superior e inferior, escena 27-262) y junio de 2005 (centro, escena 31-263)	246
Figura 88: Estuario de Villaviciosa. Izquierda, según la Cartografía Ambiental del Principado de Asturias (hoja 15-III, 1996). Derecha, digitalización sobre la imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 321) de julio de 2005	247
Figura 89: Diferenciación y asignación de coberturas de los usos vinculados a playas y arenales. Superior, playa de Aguilar, Muros del Nalón-Cudillero. Inferior, playas de Los Quebrantos y Bayas, Soto del Barco-Castrillón. Imágenes SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006	249
Figura 90: Afloramiento rocoso en la costa de Valdés. Izquierda, fragmento del MTN 1:25.000. Derecha, imagen SPOT5 (escena 25-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 321) de septiembre de 2005	251
Figura 91: Distintas coberturas en el borde costero	252
Figura 92: Ejemplos de superficies de marisma en la ría del Eo. Superiores, imágenes SPOT5 (escena 24-262, fusión SPOT5 P+XS) de junio de 2005. Superior izquierda, bandas 432. Superior derecha, bandas 321. Inferior izquierda, ortofotografía de agosto de 2007. Inferior derecha, cartografía temática auxiliar del estuario según el estudio "Estuarios cantábricos: perspectiva general" (Dirección General de Costas, 2003)	253

Figura 93: Diferenciación y asignación de coberturas de zonas húmedas en la ría de Villaviciosa. Izquierda, según la Cartografía Ambiental del Principado de Asturias (hoja 15-III, 1996). Derecha, digitalización sobre la imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 321) de julio de 2005	254
Figura 94: Isla la Deva con varias coberturas. Izquierda, fragmento del MTN 1:25.000. Centro, imagen SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006. Derecha, ortofotografía PNOA de septiembre de 2006	256
Figura 95: Izquierda: zona de alta montaña con camino a mitad de una ladera con una elevada pendiente con alto riesgo de desprendimientos. Centro: camino obstruido por un desprendimiento de rocas. Derecha: camino en vías de desaparición	257
Figura 96: Tiempo necesario para la elaboración de una hoja completa. Línea roja superior: media de producción de las hojas (10,16 días). Línea verde inferior: tiempo mínimo de producción media de las hojas. Tiempo medio menos la desviación típica	263
Figura 97: Producción media del equipo de trabajo completo. Se puede observar la gran variación que existe entre las personas que menos producían (y que coincide con aquellos que menos tiempo estuvieron dedicados al proyecto), y las que estuvieron más tiempo	264
Figura 98: Producción media del personal más estable laboralmente. Obsérvese que han desaparecido los picos anteriores, reflejo de la gran influencia que tienen sobre los resultados estadísticos aquellas personas que han trabajado menos de doce meses	265
Figura 99: Producción media en la digitalización geométrica	266
Figura 100: Producción media en la asignación de coberturas	266
Figura 101: Nube de puntos de velocidad y metros digitalizados. Obsérvese la pendiente de la línea de tendencia	267
Figura 102: Nube de puntos de metros y número de polígonos de cada hoja	268

TABLAS

Tabla 1: Cartografía sobre España editada por el Army Map Service 1941-1944 (Fuente: Urteaga, <i>et al.</i> , 2000)	44
Tabla 2: Costes del proyecto SIOSE en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha ...	269

Acrónimos

AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente.
BCN25	Base Cartográfica Numérica 1:25.000.
BCN200	Base Cartográfica Numérica 1:200.000.
BTN25	Base Topográfica Nacional 1:25.000.
CETFA	Compañía de Trabajos Fotogramétricos Aéreos.
CLC90	Corine Land Cover 1990.
CLC00	Corine Land Cover 2000.
CLC06	Corine Land Cover 2006.
CNIG	Centro Nacional de Información Geográfica.
CNR-OS	Centro Nacional de Referencia de Ocupación del Suelo.
CORINE	CoORDination of INformation of the Environment.
GPS	Global Position System.
IFIE	Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias.
IGN	Instituto Geográfico Nacional.
INDO	Instituto Nacional de Denominaciones de Origen.
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe.
MAN	Mapa Agronómico Nacional.
MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
MCA	Mapa de Cultivos y Aprovechamientos.
MFE	Mapa Forestal de España.
MFE50	Mapa Forestal de España a escala 1:50.000.
MFE200	Mapa Forestal de España a escala 1:200.000.
MFE400	Mapa Forestal de España a escala 1:400.000.
MFN	Mapa Forestal Nacional.
MTN	Mapa Topográfico Nacional.
MTN25	Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000.
MTN50	Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.
PNOA	Plan Nacional de Ortofotografía Aérea.
PNOT	Plan Nacional de Observación del Territorio.
PNT	Plan Nacional de Teledetección.

SDIC	Comunidades de Interés sobre Datos (Spatial Data Interest Communities).
SIOSE	Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España.
SGE	Servicio Geográfico del Ejército.
SIGPAC	Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas.
UBT	Unidad Básica de Trabajo.

Autores

Primera Parte

OCUPACIÓN DEL SUELO

Dirección y Coordinación: Valcárcel Sanz, Nuria.

Autores temáticos

LA CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO

Valcárcel Sanz, N. y Caballero García, M.^a E.

LA CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO EN ESPAÑA

Villodre Carrilero, J.; Castaño Fernández, S.; Sánchez Pérez, D.; Alfaro Bravo, M.;
Ruiz Gallardo, J. R.; López de Coca, E. y Colina Vuelta, A.

LA CARTOGRAFÍA DE OCUPACIÓN DEL SUELO EN EUROPA Y EN EL MUNDO

Valcárcel Sanz, N.

MODELOS DE DATOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO

Delgado Hernández, J. y Villa Alcázar, G.

DATOS DE REFERENCIA (IMÁGENES AEROESPACIALES) PARA LA ELABORACIÓN DE BASES DE DATOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO: RESOLUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL, ESCALA, MMU, PRECISIÓN

Arozarena Villar, A.

EL PROYECTO SIOSE

Caballero García, M.^a E.; Delgado Hernández, J.; Benito Saz, M.^a A.;
Fernández Villarino, X. y Porcuna Fernández-Monasterio, A.

Segunda Parte

METODOLOGÍA Y PROBLEMÁTICA

Dirección y Coordinación: Castaño Fernández, Santiago

Autores principales

Alfaro Bravo, Milagros; Castaño Fernández, Santiago; Colina Vuelta, Arturo;
López de Coca Sánchez-Escribano, Enrique; Ruiz Gallardo, José Reyes
Sánchez Pérez, David; Villodre Carrilero, Julio

Prólogo

Para el Ministerio de Fomento y especialmente para esta Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, es una ocasión sumamente grata presentar el libro *Cartografía de Ocupación del Suelo en España: Metodología y Problemática. Proyecto SIOSE*, publicación conjunta del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Castilla-La Mancha, en la que se revisan los principales aspectos técnicos y metodológicos en la producción de sistemas de información y cartografía de Ocupación del Suelo en España y Europa.

La Ocupación del Suelo (coberturas y usos del suelo), recogida tradicionalmente en este Instituto desde su fundación en 1870 en nuestro Mapa Topográfico Nacional, ha tenido una importante transformación a partir de la implantación del programa CORINE (coordinación de la información medioambiental en Europa), proyecto Land-Cover de Ocupación del Suelo a escala 1:100.000 (CLC), realizado por primera vez en 1990 y coordinado desde sus inicios por esta institución.

Esta información está considerada en Europa como una Base de Datos de Referencia fundamental en un gran número de políticas europeas y por tanto para España como País Miembro. La Directiva INSPIRE de mayo 2007 de Infraestructuras de Información Geoespacial, traspuesta a nuestra legislación nacional en la Ley 14/2010 de 5 de julio LISIGE, resalta la importancia y necesidad de dicha información (anexo II). Asimismo, el proyecto GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), servicios operativos a partir de 2014 en Europa, considera como datos esenciales dicha Ocupación del Suelo, recogidos en su programa dentro de GMES/Land en el ámbito continental.

El IGN/CNIG durante el proyecto CLC2000, modificó el sistema productivo a un sistema descentralizado y cooperativo con las CCAA, y en el caso de Castilla La Mancha, con el Gobierno de dicha Comunidad apoyado por el Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Este modelo productivo se ha vuelto a aplicar con éxito en el CLC2006, y en los proyectos del Plan Nacional de Observación del Territorio, y más específicamente, en el SIOSE2005 a escala 1:25.000 (Sistema de Información del Ocupación del Suelo de España),

proyecto que aplicando esta organización, ha conseguido con éxito no sólo armonizar e integrar la información de Ocupación del Suelo a una mayor resolución, en la Administración General del Estado y Comunidades Autónomas según las necesidades españolas y europeas, sino que además ha aplicado los principios INSPIRE y los estándares ISO TC211 y OGC en cuanto a modelización conceptual de ocupación del suelo mediante orientación a objetos.

La Ocupación del Suelo se nos revela, por tanto, como una fuente fundamental de información para el conocimiento del territorio, que necesita estar continuamente actualizada y aplicable a un gran número de políticas medioambientales, de gestión espacial, cartografía..., en definitiva como un gran indicador de calidad de vida.

Este libro aúna por un lado la experiencia del Instituto Geográfico Nacional (IGN), en el cumplimiento de sus funciones como Centro Nacional de Referencia en Ocupación del Suelo de la red europea EIONET (Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente) de la Agencia Europea de Medio Ambiente, además de sus funciones como responsable de la gestión y planificación del Sistema Cartográfico Nacional (SCN) y la Infraestructura de la Información Geográfica en España. Y por otro los conocimientos teóricos y prácticos del Instituto de Desarrollo Regional de la Universidad de Castilla-La Mancha, organismo encargado de la producción de la base de datos de SIOSE2005 en Castilla-La Mancha por encargo de su Gobierno Autónomo, Comunidad que constituye un referente destacado en la producción nacional, tanto por su extensión geográfica como por su variedad territorial y paisajística.

La labor de ambos organismos, en el ámbito administrativo, técnico y científico es fundamental para impulsar el conocimiento del territorio, y posibilitar así su análisis desde distintos criterios sectoriales,

Por todo lo reseñado anteriormente, presentamos esta obra conjunta con la seguridad de que se convertirá en un texto de referencia para los estudios de Ocupación del Suelo tanto en nuestro País como en los entornos europeo e internacional, proporcionando una ayuda y complemento fundamental a todos aquellos que afronten la generación y tratamiento de información geográfica sobre coberturas y usos del suelo de acuerdo con las necesidades existentes en nuestra sociedad, buscando la eficiencia a través de la innovación científico-técnica.

AMADOR ELENA CÓRDOBA

Director General del Instituto Geográfico Nacional

Primera parte

OCUPACIÓN DEL SUELO

Autores temáticos

Alfaro Bravo, Milagros
Arozarena Villar, Antonio
Benito Saz, M^a Ángeles
Caballero García, M^a Elena
Castaño Fernández, Santiago
Colina Vuelta, Arturo
Delgado Hernández, Julián
Fernández Villarino, Xalo
López de Coca Sánchez-Escribano, Enrique
Porcuna Fernández-Monasterio, Ana
Ruiz Gallardo, José Reyes
Sánchez Pérez, David
Valcárcel Sanz, Nuria
Villa Alcázar, Guillermo
Villodre Carrilero, Julio

La Cartografía de ocupación del suelo

Autores: Valcárcel Sanz, N. y Caballero García, M.^a E.

1

1.1. ¿QUÉ ES LA OCUPACIÓN DEL SUELO?

Los estudios de ocupación del suelo desarrollan la transformación de las características de la superficie terrestre en información geográfica y cartográfica. Para su incorporación a sistemas de información geográfica y cartografía a partir de imágenes de satélite o áreas se tienen en cuenta factores como las propiedades biofísicas de los suelos, además de otras propiedades visuales y geométricas (forma, tamaño, textura, y entorno), junto al uso que se les da de acuerdo a parámetros socioeconómicos, como por ejemplo industrial, comercial o recreativo.

Esta información tiene numerosas aplicaciones y todas de suma utilidad por cuanto permiten la mejor gestión de los recursos naturales y medioambientales, además de mejorar la eficacia en las políticas de ordenación del territorio. En España, la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Fomento (IGN/CNIG), como Centro Nacional de Referencia en Ocupación del Suelo, dependiente del Punto Focal Nacional (Ministerio de Medio Ambiente) tiene como uno de sus objetivos prioritarios, entre otros, la producción coordinada con las Comunidades Autónomas de información en materia de Ocupación del Suelo en España, utilizando como soporte para la transmisión de la información, la facilitada por la Red EIONET de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA).

El término ocupación del suelo comprende así dos conceptos bien diferenciados entre sí, que conforman dos aspectos fundamentales de la información geográfica de referencia: cobertura de suelo y uso de suelo.

Estos dos aspectos están contemplados y regulados como temas de los Anexos II y III de la directiva europea INSPIRE [Directiva 2007/2/CE], así como en su transposición a la legislación española en la Ley 14/2010 de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España, de acuerdo a los dos conceptos siguientes, fuertemente interrelacionados entre sí:

- Cobertura de suelo: Cubierta física y biológica de la superficie terrestre, incluidas las superficies artificiales, las zonas agrícolas, bosques, (semi-) los espacios naturales,

humedales y cuerpos de agua. Es una abstracción de las cubiertas sobre la superficie terrestre según sus propiedades físicas y biofísicas.

- Uso del suelo: se define como la caracterización del territorio de acuerdo con su aprovechamiento socioeconómico o dimensión funcional, planeado o existente sobre el terreno (por ejemplo, residencial, industrial, comercial, agrícola, forestal, recreativo).

El estudio, análisis y recopilación de datos de la ocupación del suelo implica a diversos campos de la ciencia, con lo que puede comprender múltiples áreas de aplicación, como por ejemplo:

- Medio Ambiente: estudio de hábitats, biodiversidad, evaluación de impacto ambiental, mantenimiento y observación de la estabilidad ecológica...
- Desarrollo sostenible, como establecer estrategias de gestión de zonas costeras.
- Cambio Climático.
- Hidrología, geología y suelos.
- Agricultura.
- Urbanismo y ordenación del territorio.
- Demografía, expansión urbana.
- Energía y recursos minerales.
- Infraestructuras e ingeniería civil.
- Transporte y logística.
- Zonas de riesgo, protección civil.
- Estudios dinámicos sobre ocupación del suelo, como causa y consecuencia de procesos naturales o artificiales, como la desertificación.
- Obtención de indicadores agroambientales, parámetro objetivo para describir y valorar los distintos fenómenos que se dan en el territorio. Como ejemplos de indicadores, los existentes en el «Banco Público de Indicadores Ambientales» (BPIA), relativos al agua, aire, pesca, hogares, industria, desastres naturales y tecnológicos, residuos, turismo, etc.

A nivel europeo e internacional, destaca la utilización de datos de ocupación del suelo dentro del «Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático» (1992) para el cumplimiento del *Protocolo de Kyoto* (1998), un acuerdo internacional con el objetivo de reducir las emisiones de gases que causan el calentamiento global, en un porcentaje en al menos un 5% durante el periodo 2008 -2012 respecto a las emisiones del año 1990.

Por todo ello, los usuarios de información sobre ocupación del suelo son muchos y con variados intereses, y según las distintas administraciones van facilitando datos tanto en un determinado año de referencia como su evolución en un periodo de años, el número de usuarios va creciendo, y sus aplicaciones por tanto, también.

Los principales demandantes de información de ocupación del suelo son:

- La Administración General del Estado y los gobiernos autonómicos, a través de los distintos Ministerios, Consejerías y Organismos Públicos.
- Universidades, Fundaciones, Centros de I+D+i y organismos de investigación.
- Organismos europeos e internacionales: Naciones Unidas y la Unión Europea, dentro de la Comisión Europea (con programas como GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*) y Agencia Europea del Medio Ambiente.
- Empresas públicas y privadas.
- En menor medida, particulares.

La Cartografía de ocupación del suelo en España

Autores: Villodre Carrilero, J.; Castaño Fernández, S.; Sánchez Pérez, D.; Alfaro Bravo, M.; Ruiz Gallardo, J. R.; López de Coca, E. y Colina Vuelta, A.

2

La elaboración de una cartografía que refleje la ocupación de la superficie de España es una tarea que comenzó hace, relativamente, poco tiempo. En esta introducción veremos un bosquejo de todos aquellos variados elementos que nos han permitido alcanzar el nivel actual y que, a su vez, constituyen la información de apoyo sobre la cual abordar la realización de nuevas cartografías de mayor detalle.

Los primeros mapas que hacen una diferenciación de los usos del suelo en España, son mapas temáticos sobre vegetación, como los de Willkomm. En efecto, en su obra sobre las estepas españolas *Die Strand- und Steppengebiete der Iberischen Halbinsel und deren Vegetation*, escrita en 1852, este autor diferencia las regiones costeras y esteparias de la Península Ibérica y su vegetación. Incluye también un mapa geológico-botánico de la Península Ibérica; puede que este sea el primer mapa general de vegetación de España (González y Álvarez, 2004).

En 1857, con motivo de la Exposición General sobre Productos de la Agricultura que tuvo lugar en nuestro país, se elaboraron unos croquis sobre las masas forestales que constituyen la antesala de los bosquejos dasográficos. Éstos son, probablemente, la primera cartografía en deta-

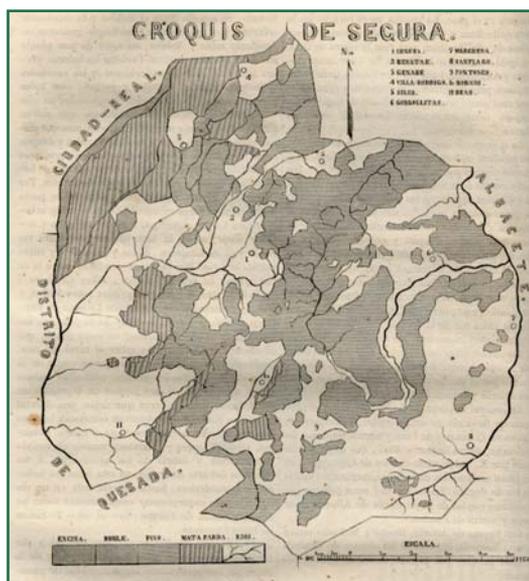


Figura 1: Bosquejo de la Sierra del Segura, uno de los primeros esquemas sobre la distribución de las principales especies.

Fuente: http://www.marm.es/ca/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/segura_tcm8-22931.pdf

lle de masas forestales elaborada en España. En ellos se encuentran los esquemas de las principales regiones forestales de nuestro país, como la Serranía de Cuenca, Liébana y Sierra del Segura (Figura 1). Estos croquis ya nos dan una idea de la distribución de las principales especies vegetales. Su realización va ligada a la aparición de la Escuela de Ingenieros de Montes en 1848.

A mediados del siglo XIX cobra especial relevancia la estadística, ya que informaba de las riquezas que albergaba el país. Por este motivo se constituyó la Junta General de Estadística, que impulsó la creación de los bosquejos dasográficos de las provincias españolas (1862). Estos serían el primer paso en la creación de un proyecto de mayor envergadura, la elaboración del Mapa Forestal de España (MFE). Los trabajos de elaboración de dichos bosquejos dasográficos se desarrollaron hasta el año 1865, donde se paralizaron debido a la inestabilidad política, que irremediamente tuvo repercusión en los presupuestos y que dejará inconcluso el proyecto global. Se puede afirmar que estos bosquejos son los primeros mapas en detalle de vegetación en España (González, 1992), pues dividen las coberturas del suelo en diferentes zonas: agrícola, pastos y forestal y dentro de ésta, en función de la especie predominante (Figura 2). Su finalización hubiera tenido un valor incalculable para el conocimiento de la evolución de la vegetación en nuestro país.

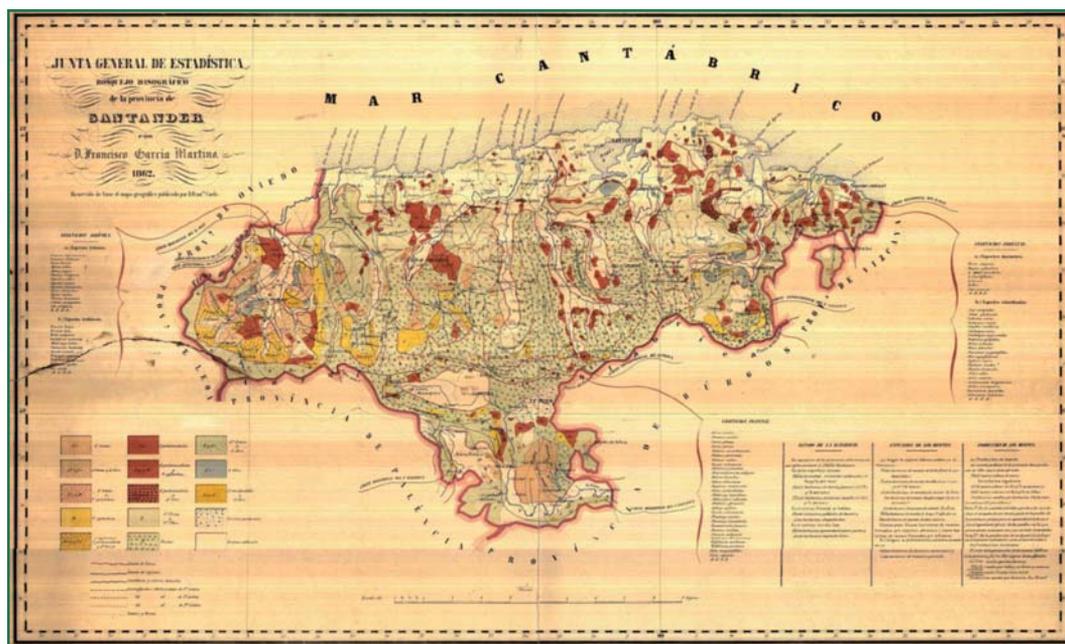


Figura 2: Bosquejo dasográfico de Santander, publicado en 1862 por la Junta Central de Estadística. Fuente: http://www.marm.es/ca/biodiversidad/temas/montes-y-politica-forestal/cantabria_tcm8-22895.pdf.)

2.1. EL MAPA FORESTAL DE ESPAÑA (MFE)

Comenzó a elaborarse en 1896, completando la labor de los bosquejos dasográficos emprendida años atrás. Desde sus albores sufrió diversos vaivenes, hasta que se finalizó en 1966 de la mano de Luis Ceballos Fernández de Córdoba, dentro del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE). Quedó así concluida la labor emprendida en el siglo anterior por la Comisión del Mapa Forestal.

El Mapa Forestal de España de Ceballos tiene una escala 1:400.000 y se publicó en 1966 (MFE400). Contiene 20 hojas con la distribución de las principales especies arbóreas de nuestro país. En él se muestra la distribución de nuestros bosques, gracias al empleo de la fotografía aérea del vuelo americano de 1956.

La actualización del MFE400 a una escala 1:200.000 (MFE200) se realiza entre los años 1986-1998, dirigida por Juan Ruiz de la Torre y contiene 92 hojas. Para su realización se utilizó el vuelo del año 1985 (a escala 1:30.000). Su publicación se realizó entre los años 1990-2000. Proporciona información sobre la cobertura del suelo en el medio forestal.

La versión más actual y de mayor escala del MFE es el MFE50, ya en formato digital, ejecutado durante los años 1997-2006 y con una periodicidad de diez años (al igual que el Inventario Forestal Nacional). Describe coberturas del suelo jerarquizadas en diferentes clases forestales.

La revisión del próximo MFE50, 2007-2017, se plantea a una escala de 1:25.000 y mediante el uso de ortofotografías aéreas suministradas por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

2.2. MAPAS TOPOGRÁFICOS DEL TERRITORIO ESPAÑOL

La realización del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50) supone para España casi un siglo de trabajo, hasta ver finalizada su elaboración. Sus orígenes se remontan al año 1875, en el que se realiza la primera hoja, la número 559 (Madrid). A mediados del siglo pasado, ya se habían publicado 850 de las 1.125 que componían el país. Se finaliza definitivamente en el año 1968 con la hoja 1.125 (San Nicolás de Tolentino), provincia de las Palmas (Paladín, 1991).

Además del MTN 1:50.000 propio, otros países realizaron cartografía sobre nuestro territorio, debido al carácter estratégico que éste ofrecía en el contexto de los enfrentamientos bélicos del pasado siglo.

A comienzos de la década de los cuarenta (1940-1944), el Servicio Cartográfico Alemán generó una colección casi completa del Mapa Topográfico de España a escala 1:50.000. Coetáneamente, es decir, entre el 1940 y el 1944, el ejército británico levantó cartas de las Islas Baleares y Canarias a escala 1:100.000 y publicó una colección parcial del 1:50.000 para el territorio peninsular (*Army Map Service and Directorate of Military Survey British*

Army, 1946). También los Estados Unidos elaboraron cartografía española, con destino a sus fuerzas armadas (Tabla 1).

En este caso cuatro organismos diferentes fueron los encargados de su génesis: *Geography Division Oss* generó cartas a pequeña escala con objetivos estratégicos; *Hydrographyc Office*, junto con *Coast and Geodetic Survey*, fue la encargada de la cartografía náutica y, por último, *Army and Map Service* elaboró, esencialmente, mapas de uso táctico e itinerario (Urteaga et al., 2000).

"A finales de 1944 el ejército norteamericano disponía de un impresionante conjunto de cartas topográficas e itinerarias relativas al territorio español. La utilización de fotografías áreas permitió revisar la línea de costa, los perímetros urbanos y las principales vías de comunicación." (Urteaga et al., 2000, pp. 36).

En 1975 se inicia la producción del MTN a escala 1:25.000, pero sólo para aquellas zonas consideradas como relevantes o prioritarias como costas, fronteras, grandes núcleos urbanos y grandes infraestructuras. Posteriormente se amplía a todo el territorio nacional. Hoy en día, el Instituto Geográfico Nacional (IGN), realiza el mapa topográfico nacional a escala 1:25.000 en formato digital. La actualización del anterior MTN50 se abandonó en la pasada década a favor del actual.

Actualmente, el MTN50 se obtiene, en formato digital, a partir del MTN25, mediante generalización cartográfica asistida, técnica desarrollada por el IGN para procesar la información del MTN25 (Instituto Geográfico Nacional, <http://www.ign.es>).

Al mismo tiempo que se crea el MTN por parte del IGN, se genera el mapa topográfico militar por medio del Servicio Geográfico del Ejército (SGE). Por lo tanto, son estos dos organismos los responsables del mapa topográfico español.

TABLA 1

Cartografía sobre España editada por el Army Map Service 1941-1944 (Urteaga et al., 2000)

Cartografía sobre España editada por el Army Map Service (1941-1944)				
Serie	Denominación	Escala	Número de hojas	Año de edición
	Spain and Portugal Special Strategic Map	1:2.000.000	1	1941
	Railways in Spain and Portugal	1:500.000	1	1941
M481	Spain and Portugal Road Map	1:400.000	10	1943
M581	Iberian Peninsula	1:250.000	80	1943-1944
P611	Canary Islands	1:100.000	7	1943
P731	Spanish Morocco	1:50.000	45	1942
M781-7	Spain	1:50.000	358	1943-1944
M788	Balearic Islands	1:50.000	21	1943

La cartografía militar española comienza a tener relevancia debido al auge de creación cartográfica experimentado con motivo del conflicto de la guerra civil española (1936-1939) (Nadal *et al.*, 2003).

El SGE se crea en 1939 y hasta 1968 realiza diferentes cartografías: la Guía Militar de Carreteras 1:400.000, el Mapa Militar Itinerario 1:200.000, el Mapa de Mando 1:100.000 y el Mapa Nacional 1:50.000.

En el vuelo americano de 1956-1957, el SGE colabora estrechamente con el IGN para su elaboración y es a partir de éste cuando el ejército elabora su Mapa Topográfico Militar nacional de toda España a escala 1:50.000, 1968-1986, (Serie L, actualización de su antiguo Mapa Nacional) en el marco del nuevo plan de cartografía militar. A partir de este año el ejército no sólo actualiza su Mapa Nacional sino que también lo hace con el resto de su cartografía: la Guía Militar de Carreteras pasa a ser la serie 4C (1972); el Mapa Militar Itinerario pasa a ser la serie 2C (1967-1971) y el Mapa de Mando la serie C (1972-1993). El mapa Topográfico a escala 1:800.000 pasa a ser la serie 8C (1975-1977) y el de escala 1:250.000, la serie 5L (finalizada en 1993).

En la actualidad el SGE ha pasado a llamarse Centro Geográfico del Ejército y cuenta con cartografías a mayor escala en aquellas zonas de interés militar específico (serie 5V 1:25.000, serie 2V 1:10.000 y serie V 1:5.000) que completan a las anteriores, aunque su cartografía más conocida y utilizada sigue siendo la serie L (1:50.000). (García *et al.*, 1997).

A todas estas series de cartografía topográfica nacional hay que sumar las que diferentes comunidades autónomas han elaborado a una mayor escala (1:10.000 e incluso 1:5.000) en los últimos años.

2.3. EL CATASTRO TOPOGRÁFICO PARCELARIO

Al referirnos a la historia de las diferentes cartografías sobre la ocupación del suelo en España no podemos olvidarnos del Catastro, ya que, aunque sea un registro sobre la propiedad de los bienes con fines impositivos, no deja de ser una cartografía de parcelas y polígonos sobre los que se describe el uso dado o su cobertura.

El Catastro actual comienza a elaborarse a principios del siglo xx. Hasta entonces el sistema fiscal era de naturaleza real y no tenía un registro actualizado ni fiable sobre los bienes inmuebles. En 1906 se crea la Ley del Catastro Parcelario, iniciándose así (a partir de las planimetrías de cada municipio desarrolladas por el Instituto Geográfico Nacional) la creación del Catastro Topográfico Parcelario, tal y como lo conocemos hoy en día. El levantamiento se realizaba en dos etapas: en una primera fase se dibujaban las parcelas a mano alzada en forma de croquis (Avance Catastral), para después, en una segunda fase, detallarlas con trabajos topográficos (Rectificación del Avance) y obtener al final las parcelas catastrales. En 1923 se había levantado la cartografía de 20 millones de hectáreas y se comenzó el estudio de viabilidad del empleo de fotografías aéreas, con el fin de facilitar y acelerar los trabajos.

A lo largo del desarrollo del proyecto éste sufrió numerosas críticas, fundamentalmente desde aquellos sectores con interés en la ocultación de la realidad y por tanto en la evasión de impuestos. Por este motivo se derogó la ley de 1906 (Moreno, 2008). La nueva ley que articulaba el Catastro Topográfico Parcelario fue la del 3 de abril de 1925, que lo dotó de valor jurídico. Con el nuevo reglamento se introdujo la creación de actas de deslinde entre propietarios y por este motivo se dilató el tiempo en la realización de los trabajos, incrementándose, por tanto, los costes. Por estas razones, en 1932 se deroga la ley de 1925 y se repone la anterior, la de 1906. Es en este periodo cuando se sustituyen los croquis a mano alzada por fotografías aéreas. Tras el paréntesis de la guerra civil, se retoma el modelo en 1941 y es con el que se termina la cartografía catastral a finales de los años cincuenta, aunque con tres calidades diferentes (Moreno, 2008):

- Avance catastral con croquis: 8,3 millones de hectáreas y 1.240 municipios.
- Catastro Topográfico Parcelario: 17 millones de ha y 3.000 municipios.
- Catastro fotográfico: 23, 5 millones de ha y 9.600 municipios.

Entre 1964 y 1979 se abordó la mejora de este catastro, con el fin de homogeneizarlo y actualizarlo para ajustar la fiscalidad a los rápidos cambios inmobiliarios de las ciudades. En este periodo es cuando se crea una continuidad parcelaria, hasta entonces inexistente. Hoy en día el catastro cuenta con la cartografía parcelaria de 33 millones de inmuebles urbanos y 42 millones de inmuebles rústicos registrados (Moreno, 2008).

2.4. EL MAPA AGRONÓMICO NACIONAL (MAN)

Tras el período de la Guerra Civil, en el año 1940 se reinician otras cartografías temáticas en España. En este año se le encarga al *Consejo Agronómico* la elaboración del "*Mapa Agronómico, Técnico y Comercial de Productos Agrícolas*". Para este proyecto se crea la *Comisión del Mapa Agronómico Nacional*, que cuenta en su personal con Ingenieros Agrónomos, de Montes y Veterinarios. Esta cartografía se presentaba a una escala 1:50.000, se basaba en las hojas del MTN del Instituto Geográfico y Estadístico y tenía por objetivo ser la base para la planificación del nuevo régimen agrario a través del análisis de sus componentes más importantes. El resultado de todo ello es una serie de mapas sobre suelos, cultivos agrícolas y forestales, además de, según la hoja o las peculiaridades de la zona, otros mapas como delimitación de las zonas de regantes, delimitación de montes públicos, etc. (Figura 3).

Una de las carencias más destacables de esta cartografía es la falta de homogeneidad entre sus diferentes hojas. Se pueden encontrar hojas elaboradas con gran detalle (llegándose a separar incluso diferentes formaciones de matorral) y otras en las que sólo se discierne monte alto y cultivos. Las publicaciones dejan de aparecer a principios de los años cincuenta y el proyecto se abandona sin haberse completado el territorio nacional.

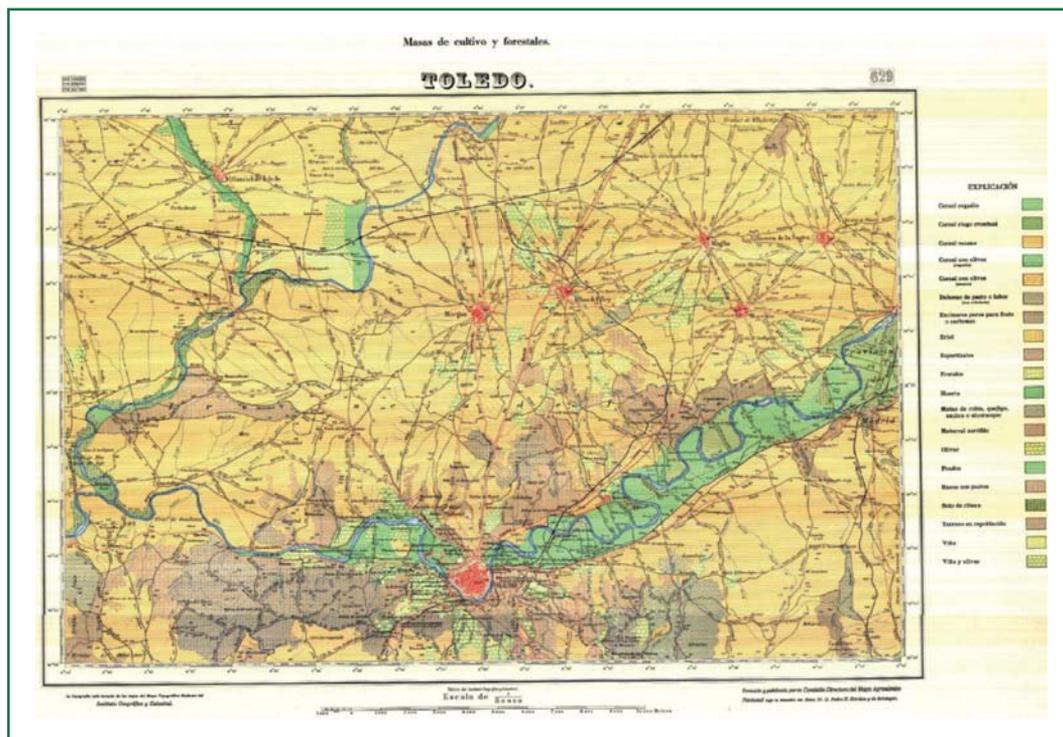


Figura 3: Hoja núm. 629, Toledo, del Mapa Agronómico Nacional.

Fuente: http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/mapa_forestal/pdf/toledo100.pdf.

2.5. EL MAPA DE CULTIVOS Y APROVECHAMIENTOS (MCA)

El Mapa de Cultivos y Aprovechamientos se presentó en el año 1962 a escala 1:1.000.000 y se puede decir que es la continuación del anterior MAN. Este mapa (MCA) pretendía ser el comienzo de una cartografía más ampliada, a escala provincial, que nunca llegó a realizarse. Su importancia reside no sólo en ser la primera estimación nacional sobre la ocupación del suelo, sino en haberse realizado previamente a los grandes cambios que experimenta el país en la década de los sesenta.

En el año 1974 se presentó el MCA a escala 1:50.000 con 1.130 hojas y realizado por la Dirección General de Producción Agraria. A esta serie le sucedieron los mapas provinciales a escala 1:200.000 y, por último, en 1988, el MCA nacional a escala 1:1.000.000. Su versión más reciente fue concluida en diciembre de 2009.

Esta cartografía tiene gran importancia por la escala, extensión y volumen de datos manejados. Con ella nace la cartografía temática digital de usos del suelo, tal y como la

conocemos hoy en día, ya que fue una de las primeras cartografías digitalizadas e incorporadas a los Sistemas de Información Geográfica, de reciente aparición por esas fechas.

Esta obra ha servido de base para mucha de la cartografía posterior como el *II Inventario Forestal Nacional* y el Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (Ministerio de Medio Ambiente, <http://www.marm.es>).

2.6. EL PROYECTO CORINE LAND COVER

La primera cartografía sobre coberturas del suelo s.s. es el proyecto *Coordination of Information of the Environment (CORINE Land Cover)*, a escala 1:100.000. Su primer levantamiento se realizó en el año 1990 (CLC90). En el año 2000 se presentó su primera actualización (CLC00 con revisión del CLC90) y en 2006 (CLC06) se realizó la segunda, con revisión del CLC00.

Este proyecto es una iniciativa de la Agencia Europea de Medioambiente (AEMA). Su objetivo es la creación y actualización permanente de una base de datos a escala 1:100.000 sobre la ocupación del suelo del territorio europeo. Los datos se obtienen mediante la fotointerpretación de imágenes multispectrales obtenidas por los Satélites de Observación de la Tierra, básicamente LANDSAT y SPOT; posteriormente, se integran en un Sistema de Información Geográfica (Castaño *et al.*, 2003).

La importancia de esta cartografía radica en dos aspectos:

- Es la primera cartografía temática desarrollada en España centrada únicamente sobre la ocupación del suelo.
- Es una cartografía homogénea a nivel europeo, debido a que responde a los mismos planteamientos y condicionantes técnicos (datum, escala, precisión, información de base y nomenclatura de las clases), lo que permite establecer comparaciones entre los diferentes territorios de Europa.

2.7. ATLAS DE LOS HÁBITATS NATURALES Y SEMINATURALES DE ESPAÑA

En el período 2000–2003 se realizó otro tipo de cartografía temática sobre los usos del suelo en relación con la asociación vegetal a escala 1:50.000. Como base se utilizó el inventario de hábitat de la Directiva 92/43/CE, realizándose un trabajo de mejora y ampliación de aquellos hábitats no incluidos en dicha directiva. Para su elaboración se utilizaron fotografías aéreas complementadas con trabajos de campo. Se usaron como base las hojas 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército. Su última actualización se ha producido en los años 2004–2005.

2.8. EL PROYECTO SIOSE

Este proyecto, sin duda el más ambicioso abordado hasta la fecha en nuestro país, es el objeto de nuestro trabajo y se encuentra detallado en el punto 6 de la primera parte de este libro (pág. 79).

2.9. LA FOTOGRAFÍA AÉREA

Desde que apareció, todos los trabajos en el ámbito de la cartografía de la ocupación del suelo han estado más o menos ligados al empleo de imágenes aéreas.

El nacimiento y primer desarrollo de la fotografía aérea en España está asociado a la creación del Servicio de Aerostación Militar (1896-1913), en el que se inicia la aviación militar (Quirós y Fernández, 1996). Las posibilidades que ofrecía la utilización de globos propiciaron la puesta en práctica de otras aplicaciones al margen de las militares, entre ellas la obtención de medidas precisas, mapas y planos a partir de fotografías aéreas (Figura 4).



Figura 4: Fotografía aérea de Guadalajara obtenida a 800 m de altura y obtenida con anterioridad a 1910 (Quirós y Fernández, 1996).

A finales de los años veinte comienza a plantearse en España la posibilidad de incorporar la fotografía aérea a los trabajos catastrales. En la siguiente década se realizan ciertos trabajos con uso de fotogrametría, gracias a la Compañía de Trabajos Fotogramétricos Aéreos (CETFA), la cual desarrolla trabajos para confederaciones hidrográficas, diputaciones, ayuntamientos, Instituto Geográfico Nacional y Ministerio de Hacienda. Por aquel entonces existía una gran carencia en cartografía parcelaria y el material cartográfico existente era inadecuado; se hacía necesaria una base cartográfica apropiada para acometer determinados trabajos territoriales y la obtención de fotoplanos gracias a las fotografías aéreas era la manera más rápida de generarla (Fernández, 1998). Sin embargo, el desarrollo de la fotogrametría aérea está completamente ligado al nacimiento y desarrollo de la aviación, fundamentalmente a raíz de la primera guerra mundial. Por tanto, fue en la década de los años cuarenta, cuando la fotografía aérea se desarrolló en España. Su primer y principal hito fue,

sin duda, el vuelo fotogramétrico que las fuerzas aéreas norteamericanas realizaron entre febrero de 1945 y septiembre de 1946 (Figura 5). Los mapas militares desarrollados a partir de ese vuelo son los primeros documentos geográficos de España en los que se utiliza la fotografía aérea para su revisión (Urteaga *et al.*, 2000).



Figura 5: Fotografía aérea del vuelo de 1945. Ciudad de Valencia a una escala aproximada de 1:45.000 (Fernández y Quirós, 1997).

En 1956 y 1957 el ejército norteamericano realizó un nuevo vuelo fotográfico completo de la España peninsular y de las Islas Baleares. Éste se efectuó contando con la colaboración del Servicio Geográfico del Ejército Español y del Instituto Geográfico Nacional, que efectuaron la observación de los puntos de apoyo del vuelo.

Como ya se comentó anteriormente, el vuelo de 1956-1957 es el punto de partida para las cartografías realizadas posteriormente en España. (Urteaga *et al.*, 2000), como la Serie L o la actualización del MTN. La fotografía aérea combinada con otras fuentes y la verdad-terreno permitió elaborar los primeros mapas de ocupación del suelo de diferentes zonas de nuestro país: Navarra (1965), Zaragoza (1971), La Rioja (1976), etc., además de diversas zonas más restringidas que sirven de complemento a trabajos locales y sectoriales. A partir de este momento se produce, aunque de forma muy heterogénea, un gran desarrollo de la fotografía aérea en España. Por destacar algunos vuelos:

- 1977/1983, vuelo del Ministerio de Agricultura.
- 1984/1985, vuelo nacional del IGN.
- 1989/1990, vuelo de la Dirección General de Costas.
- 1989/1990, vuelo de INDO-MAPA-Catastro.

En la década de los noventa se realizan vuelos más homogéneos y continuos a lo largo de todo el territorio:

- 1997, vuelo para el SIG Oleícola.
- 1999/2003, vuelo Nacional del IGN.
- 2000/2002, vuelo del SIGPAC.
- 2007, vuelo del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea.

2.10. LOS SATÉLITES DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA (TELEDETECCIÓN ESPACIAL)

La aparición de los Satélites de Observación de la Tierra, portadores de sensores multiespectrales, ha dado un nuevo impulso a la cartografía en general y a la cartografía de usos del suelo en particular (Figura 6). En efecto, desde el lanzamiento del primer satélite de la serie LANDSAT en 1972, la detección y discriminación desde el espacio de la cobertura del suelo se ha convertido en una de las aplicaciones clásicas de la teledetección, usando tanto el espectro visible como el infrarrojo. El uso de las imágenes satelitales ha permitido grandes avances a la hora de evaluar la ocupación del suelo en grandes extensiones de la superficie terrestre, no siendo el menor la reducción de costes comparado con los métodos tradicionales.

Hoy en día la teledetección permite conocer la ocupación del suelo de forma rápida y revisarla cada cortos periodos de tiempo, pudiéndose obtener la evolución de las coberturas en un amplio territorio a lo largo del tiempo de una manera sencilla. En este sentido hay que destacar el valor añadido que representa el gran banco de datos que a lo largo de los años se ha generado. En efecto, aunque no se hayan utilizado en su momento, es posible acceder a imágenes antiguas para realizar estudios de evolución cuando surja una necesidad concreta.

En general, fotografía aérea e imagen de satélite son complementarias y es frecuente su utilización de forma simultánea. El uso de una u otra depende fundamentalmente de la escala y el nivel de detalle que se quiera obtener. Aunque existen satélites con sensores de gran resolución espacial (60 cm), para trabajos a gran escala se suele usar fotografía aérea. En general, los satélites proporcionan una mayor superficie de estudio, aunque con menor detalle que la fotografía aérea.



Figura 6: Satélite SPOT 5 utilizado para la realización del SIOSE en España (fuente: <http://www.satimagingcorp.com>)

La Cartografía de ocupación del suelo en Europa y en el mundo

Autora: Valcárcel Sanz, N.

3

La transformación de la cobertura terrestre tiene implicaciones ecológicas y económicas de primerísima importancia, ya que dependiendo del tipo de cubierta y actividad económica que allí se realice, los cambios contemporáneos en usos y cobertura del suelo suelen implicar una reducción de la producción primaria neta de los ecosistemas y, como consecuencia, un aumento de los requerimientos de materiales y energéticos para asegurar el funcionamiento del sistema económico asociado. Por lo tanto, desde los años ochenta, y a partir de los datos de los distintos programas emergentes en el ámbito internacional de observación de la tierra por medios remotos o aerotransportados, se han puesto en marcha distintas iniciativas internacionales y regionales (en especial en el ámbito europeo) para conocer el estado de las coberturas terrestres y sus cambios. Sin embargo los datos obtenidos en dichas iniciativas son muy heterogéneos y, según los objetivos de las distintas fuentes, elaborados con distintos grados de precisión y desagregación.

Los principales organismos y organizaciones y consorcios internacionales con programas de observación de ocupación del suelo a escala global son:

- **Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics (GOFCC-GOLD):** GOFCC-GOLD es un esfuerzo coordinado internacional para proporcionar datos de cobertura de suelo (principalmente vegetación) a partir de observaciones remotas o sobre terreno, para la gestión sostenible de recursos naturales y el conocimiento del ciclo de carbono terrestre. Este programa es parte del Global Terrestrial Observing System (GTOS). GOFCC-GOLD propone un programa sistemático de observaciones de cobertura de suelo cada cinco años basado en imágenes de baja resolución (250-1000 m), combinadas con observaciones periódicas de áreas de bosque a alta resolución (25 m).
- **Land-Cover and Land-Use Change Program (LCLUC) de la NASA:** El programa de la NASA Land-Cover and Land-Use Change (LCLUC) es un programa científico interdisciplinar, parte de la División de Ciencias Terrestres del Science Mission Directorate de la NASA. LCLUC es parte del Área temática de Ciclo de Carbono y Ecosistemas.

- **Global Land Cover Facility:** El Global Land Cover Facility (GLCF) es un centro de investigación que estudia la dinámica de cambios de cobertura de suelo, y los desarrollos y causas que explican dichos cambios. En particular, el GLCF desarrolla y distribuye datos de satélite de escalas locales a globales. GLCF es miembro del Research, Education, and Applications Solutions Network (REASoN) de la NASA Earth Science Enterprise.
- **Global Land Project:** programa para los ecosistemas terrestres financiado por el International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) y el International Human Dimensions Programme (IHDP). El Global Land Project Science Plan es un marco de investigación sobre el futuro cercano de dichos ecosistemas, para entender mejor la interacción de las actividades humanas sobre el mismo, desde una perspectiva multidisciplinar e integrada.

3.1. OCUPACIÓN DEL SUELO EN EUROPA

Las principales organizaciones internacionales responsables y participantes en programas de observación de ocupación del suelo en Europa son:

- **Agencia Europea de Medio Ambiente:** European Environment Agency, y su centro temático European Topic Centre for Spatial Information and Analysis ETC/SIA: programas Corine Land Cover y GMES.
- **Eurostat:** Mediante el programa LUCAS.
- **Comisión Europea:** Mediante las direcciones generales de Empresa y Medio Ambiente, y su centro de investigación principal, el Joint Research Centre (JRC), responsable del desarrollo de la directiva Inspire.

Los principales programas e iniciativas europeas en materia de ocupación, que se detallan en los puntos siguientes, son la Directiva Inspire, y los programas LUCAS, Corine Land Cover y GMES.

3.2. INSPIRE

Entre 2010 y 2012 se establece el periodo para la definición de Data Specifications de INSPIRE en sus anexos II y III, y más concretamente, en los temas de Coberturas y Usos del Suelo (anexos II y III respectivamente). España está participando en cada uno de estos dos procesos de definición de especificaciones con dos expertos, procedentes del equipo SIOSE, además de haber proporcionado a INSPIRE especificaciones candidatas procedentes de SIOSE (modelo de datos). Dicha participación está ampliando el enfoque de ambas especifici-

caciones, proporcionando requisitos y bases para que en el futuro pueda intercambiarse de modo eficiente información nacional de alto nivel de detalle en servicios acordes a Inspire.

En concreto, los aspectos de parametrización de coberturas del suelo, obtenidas en SIOSE gracias a la modelización basada en orientación a objetos (que mejora y enriquece los modelos tradicionales jerárquicos aplicados en el pasado a la ocupación del suelo) están siendo recogidos en las especificaciones de INSPIRE. Eso permite garantizar que la adecuación de los datos nacionales en España a las especificaciones INSPIRE en estos dos temas serán muy sencillas de realizar. Además este tipo de modelización se está aplicando en el grupo de trabajo EAGLE de la red EIONET auspiciado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (en el que también participa España con su Centro Nacional de Referencia en Ocupación de Suelo), en línea con INSPIRE, para mejorar el actual modelo de Corine Land Cover (ver a continuación) añadiendo parametrización de sus clases y atributos.

3.3. LUCAS

Iniciado por la Dirección General de Agricultura de la UE y Eurostat, LUCAS establece una clasificación de la cubierta del suelo en 57 clases, jerarquizadas en tres niveles, que combina con 14 diferentes usos del suelo, además de obtener otra serie de datos adicionales a partir de sondeos de campo, en agricultura, medio ambiente, paisaje y suelo. Lucas comenzó en el año 2001, con un proyecto piloto aplicado a 13 estados miembros de la UE, sin contar con Irlanda ni Reino Unido (http://www.ub.es/geocrit/b3w-571.htm-_edn15#_edn15), cuenta en la actualidad con más de 230.000 puntos de sondeo en 23 países de la Unión Europea.

3.4. CORINE LAND COVER

El 27 de junio de 1985, en virtud de una decisión del Consejo de Ministros de la Unión Europea (CE/338/85), se inicia el Programa CORINE, CoORDination of INformation of the Environment: "un proyecto experimental para la recopilación, la coordinación y la homogenización de la información sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales en la Comunidad". Dentro de este programa se crea el proyecto CORINE Land Cover (CLC) —desde 1995 responsabilidad de la Agencia Europea del Medio Ambiente— con el objetivo fundamental de obtener una base de datos europea de ocupación del suelo a escala 1:100.000, útil para el análisis territorial y la gestión de políticas europeas. Actualmente, existen tres ediciones de la base de datos CORINE Land Cover, con fechas de referencia 1990, 2000 y 2006.

Está prevista una nueva actualización de CLC con fecha de referencia 2012, dentro del Land Core Monitoring System de GMES (Global Monitoring for Environment and Security), una iniciativa de la Unión Europea (UE) para desarrollar su propia capacidad operativa de observación de la Tierra en Europa.

3.5. GMES - “VIGILANCIA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y LA SEGURIDAD”

El programa "Vigilancia Mundial del Medio Ambiente y la Seguridad" (GMES) es una iniciativa liderada por la Comunidad Europea para la observación de la Tierra en cooperación con los Estados miembros, que ha decidido desarrollar su propia capacidad operativa de observación de la Tierra para hacer patente su creciente responsabilidad en los asuntos europeos y mundiales. GMES ofrecerá servicios de información bajo control comunitario, de modo que supone una opción estratégica que tendrá un impacto duradero en el futuro desarrollo político, económico, social y científico de la UE. Estos servicios operativos están basados en medios de observación por satélite así como por instalaciones aerotransportadas, navales y terrestres ("infraestructura in situ"), para:

- Vigilancia Terrestre: vigilancia del suelo, agua, bosques, biodiversidad y los recursos nacionales, así como, en general, de la aplicación de las políticas de recogida de información geográfica, planificación urbana, infraestructura y transporte, medio ambiente, agricultura, energía, etc.
- Emergencia y respuesta a crisis: respuesta a emergencias, a nivel internacional, europeo, nacional y regional, ante distintos tipos de desastres, incluidos los peligros de naturaleza meteorológica (como las tormentas, los incendios y las inundaciones), los peligros geofísicos (como los terremotos, los tsunamis, las erupciones volcánicas y los desprendimientos de tierra).
- Marino.
- Seguridad.
- Atmósfera.
- Cambio Climático (para adaptación al cambio climático y su mitigación).

Cada uno de estos servicios, a su vez, tiene dos categorías:

- Servicios Básicos ("GMES Services"), de libre acceso y gratuitos para todos los ciudadanos de la UE.
- Servicios de valor añadido (Downstream Services), a partir de los básicos, a desarrollar por el sector empresarial europeo.

Desarrollo de GMES entre 2011-2013 y a partir de 2014

Hasta 2011 la definición de Servicios GMES se ha realizado, fundamentalmente, en proyectos financiados a partir del 7º Programa Marco. A partir de 2011 y hasta 2013, se entra en la fase Preoperacional (GMES Initial Operations-"GIO") donde se pondrá especial acento

en el desarrollo de los servicios Land y Emergencias, en cooperación con los Estados Miembros, de acuerdo con el Principio de Subsidiariedad, de modo que aumente la participación por parte de los Estados Miembros en la provisión de datos y servicios, cuya materialización se realizaría en forma de acuerdos entre la Comisión, la EEA y cada Estado.

Según los resultados de GIO, se espera disponer de un programa GMES ultimado en el transcurso del próximo marco financiero plurianual (a partir de 2014).

Organización GMES en Europa

Los organismos europeos implicados en GMES son (fundamentalmente):

- Comisión Europea (GMES es coordinado por DG ENT, en cooperación con DE ENV y DG REGIO).
- ESA (coordinadora de la infraestructura espacial).
- Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), como coordinadora de la infraestructura In Situ, y de los servicios Land.
- En menor medida, Eurostat y JRC.

Organización GMES en España

- Representante en el GMES Committee (Principal/Alternativo): Ministerio de Industria/Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial, CDTI (Ministerio de Ciencia e Innovación).
- Delegación española del Foro de Usuarios: los Representantes (Principal/Alternativo) son:
 - Unidad de Información ambiental estratégica del MARM (Dirección General de Política y Calidad Ambiental, en su papel del Punto Focal Nacional de la red EIONET de la Agencia Europea de Medio Ambiente).
 - Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, en materia de datos In situ terrestres fundamentales para GMES, en su papel de responsable de las infraestructuras y datos espaciales de referencia de acuerdo con la Directiva INSPIRE, así como en materia de Land como Centro Nacional de Referencia en Coberturas y Usos del Suelo de la red EIONET de la Agencia Europea de Medio Ambiente).

En momentos anteriores ha existido también representación en foros GMES en cuanto a infraestructuras In Situ por parte de Puertos del Estado, Protección Civil y de la Agencia Española de Meteorología.

Servicio de Vigilancia Terrestre (Land Core Monitoring System) de GMES

Los servicios pre-operacionales de GMES en material terrestre, que serán implantados en colaboración con los Países Miembros, se han agrupado en las siguientes categorías:

- Pan-EU Land Cover services. Constan de los siguientes conjuntos de servicios:
 - High Resolution Layers (HRL) de clases dominantes de cobertura de suelo (en principio, sellado, bosque, veg. herbácea, humedales, agua), obtenidas mediante clasificación semiautomática.
 - Continuidad de la serie temporal CORINE Land Cover (CLC 2012 en adelante).
- Local component ('hot spot' zooming):
 - Urban Atlas.
 - Biodiversidad (Biodiversity hot spot monitoring service), en conexión cercana con las áreas Natura2000.
- Global component:
 - Variables globales (Essential Climate Variables-ECVs) relativas a territorio (land) para la evaluación del Cambio Climático.

GMES Land en España

Gracias a la coordinación que se planteo desde el inicio del proyecto entre SIOSE y Corine Land Cover, es posible asegurar la provisión de datos para las siguientes ediciones de CLC utilizando la información disponible en SIOSE, con una adecuada planificación de su calendario de producción en cuanto a fechas e imágenes de referencia.

De hecho, estando en curso la actualización de SIOSE con fecha de referencia 2009 según el modelo organizativo de SIOSE 2005, se está preparando ya, de acuerdo con las Comunidades Autónomas, la siguiente actualización de modo que pueda producirse la base de datos nacional CLC 2012 a partir de SIOSE actualizado a 2012 (± 1 año).

Además, SIOSE permite abordar no sólo CLC, sino además proporcionar la información básica para la generación de las High Resolution Layers de GMES. Esto permite plantear a la Comisión Europea y a la Agencia Europea de Medio Ambiente un enfoque de abajo a arriba en la generación de información territorial para GMES en el caso de España, de modo que, siempre de acuerdo a Inspire, se capture el dato una vez en el nivel más eficiente (en el caso español, dentro de SIOSE) y se utilice a niveles autonómico, nacional, europeo, y hasta global, con los adecuados procesos de agregación y generalización temática y geométrica. Esta provisión descentralizada de servicios, coordinando las necesidades nacionales con los requisitos europeos, garantizan para el futuro una provisión de servicios de vigilancia territorial sostenibles y eficientes.

Modelos de datos de ocupación del suelo

Autores: Delgado Hernández, J. y Villa Alcázar, G.

4

Como se ha podido ver previamente, la información de la Ocupación del Suelo es, ha sido y será, un **aspecto crítico** del conocimiento del territorio. Gracias a su observación y recuento se puede llegar a describir y entender los entornos presentes, establecer pautas de actuación y planear la utilización del medio en los años futuros.

Pero como ocurre en cualquier proceso de cálculo, los resultados obtenidos dependen enormemente del **método de obtención** de los mismos. La precisión, calidad y alcance estribarán en la metodología aplicada en su observación y tratamiento. Aunque tradicionalmente se ha categorizando las metodologías de la información geográfica en función de su **componente geométrica** (escala, resolución, etc.), no hay que olvidar que la **componente temática**, también puede ser categorizada de manera muy similar, deduciendo diferentes técnicas para la representación de esta información donde cada una de ellas tendrá un propósito y una valía.

Las técnicas para la representación temática en la Ocupación del Suelo juegan incluso, un papel más importante que en otras ramas de la información geográfica, ya que son precisamente el dato fundamental en este tipo de información. Los objetos geométricos, polígonos tradicional y mayoritariamente, presentes en los sistemas de información de Ocupación del Suelo van siempre emparejados con la información temática, pues sin ésta, los objetos no son útiles para el estudio de la ocupación. Los objetos han de recoger entornos de ocupación homogénea, pues si se detecta un cambio en el valor de la ocupación, implicará que se ha detectado un nuevo objeto.

Este apartado se centra precisamente en el inventario de las distintas técnicas de representación temática utilizadas en los sistemas de Ocupación del Suelo, enumerando sus ventajas e inconvenientes, y razones por las que son usados. A grandes rasgos pueden identificarse 3 grandes formas de entender la información temática: mediante métodos de **Clasificación** (ejemplo: clasificaciones jerárquicas), métodos de **Descripción** (ejemplo: sistemas orientados a objetos) o métodos de representación del **Conocimiento** (Ontologías). Este orden de enumeración responde tanto a principios históricos como a principios de complejidad, pues tradicionalmente se empezó con el uso de sistemas clasificatorios (por ejemplo:

CORINE, MURBANDY, MOLAND), actualmente los sistemas orientados a objetos comienzan a imponerse en las nuevas iniciativas (por ejemplo: SIOSE, LISA, INSPIRE), mientras que los sistemas del conocimiento se contemplan como un futuro todavía lejano. Los siguientes sub-apartados se centran en los dos primeros, pues la aplicación de ontologías en bases de Ocupación del Suelo no ha pasado de sencillos ejercicios teóricos.

En lo que se refiere a aspectos técnicos, cada una de las metodologías puede hacer uso de diferentes "herramientas" para ser descritas y entendidas. Serían mecanismos como los Diccionarios de Conceptos, Catálogos de Elementos, Manuales de Fotointerpretación que describen textualmente los componentes de las metodologías; Modelos de Datos que representan gráficamente mediante un lenguaje estructurado las relaciones y características de los componentes; o Glosarios y Tesoros que listan los componentes.

4.1. CLASIFICACIONES Y MODELOS DE DATOS JERÁRQUICOS

Estas técnicas de estudio de la Ocupación del Suelo se fundamentan en los principios de la **Taxonomía**, ciencia de la clasificación. Cuya base fundamental es la definición de un conjunto de clases finitas y distintas, donde los objetos son clasificados atendiendo solamente a una de ellas.

Las **pautas taxonómicas** aplicadas a Ocupación del Suelo podrían resumirse como:

1. Principio de Completitud: las clases han de cubrir todas las posibles tipologías de ocupaciones presentes en el área de estudio.
2. Principio de ausencia de Solape: las clases deben ser mutuamente exclusivas sin solape temático. Esto significa que clases mixtas o transitorias deben ser evitadas para ofrecer una única clasificación de cada objeto. Debido a problemáticas con la unidad mínima de representación (mmu), que posteriormente se mencionará, en muchas ocasiones este principio es obviado para poder recoger mayor cantidad de información.
3. Principio de la independencia de Escala y Herramientas de toma de datos: Una clasificación debe ser independiente de la escala de toma de datos y de la escala de los resultados, así como de los medios y métodos utilizados para la recogida de datos. Es decir, una clasificación debe ser capaz de manejar los datos de diferentes fuentes (Fotogrametría, Teledetección, visitas a campo, etc.) y en diferentes escalas. A igual que ocurre anteriormente, este principio se verá afectado por la mmu.
4. Principio de Dominancia: Está en relación con la multiplicidad de clases en los objetos a clasificar. La clase asignada tendrá prioridad sobre las clases particulares y sectoriales también presentes en el objeto clasificado.
5. Principio de Definición de la clase en el Tiempo de observación: Donde las clases han de ser representativas del momento temporal al que corresponde la información de referencia.

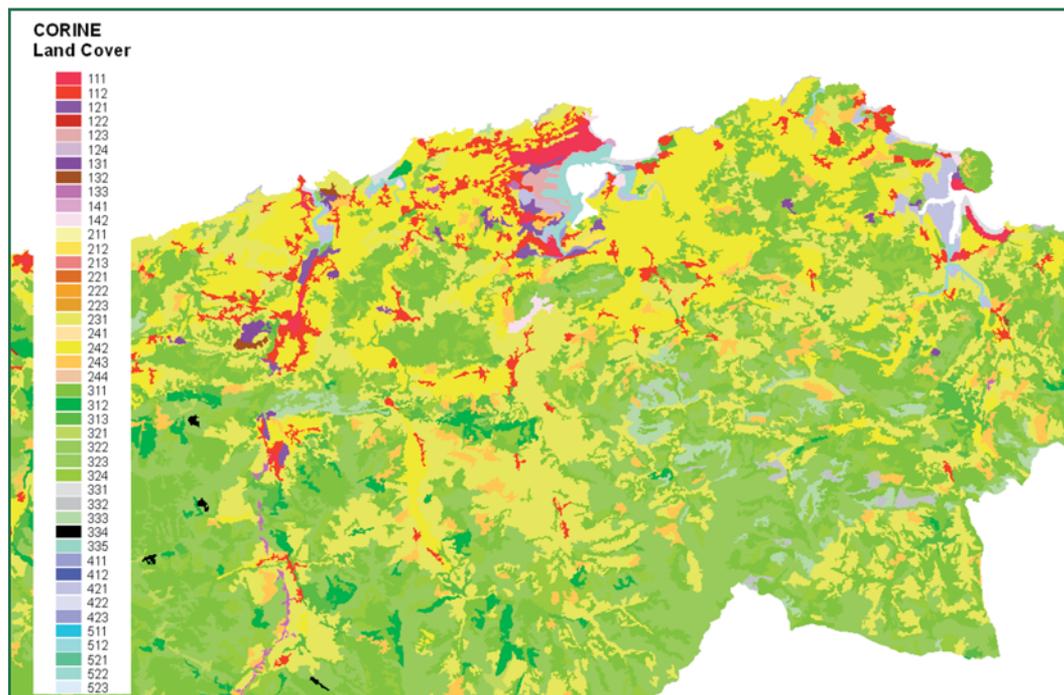


Figura 7: Datos de ejemplo del CORINE Land Cover.

6. Principio de Consistencia Espacial y Temporal: Espacio no disjunto y tiempo uniforme.
7. Principio de Definición de la Clasificación: La clasificación debe ser pragmática y fácil de entender, promoviendo la consistencia terminológica. Las reglas para la definición y nombre de clases deben ser ampliamente reconocidas por la comunidad de usuarios.

UN-Statistical Division, Department of Social Affairs: "SEEA Revision, Outcome paper for global consultation, issue #19a: land use classification" from Di Gregorio and Jansen (1997); Duhamel (1998); Narain and Koroluk (1999) and Young (1994).

La aplicación de estos principios genera una nomenclatura donde cada clase es definida textualmente mediante una etiqueta y un párrafo. Y gracias a ellos el objeto geométrico deberá ser clasificado en función de la clase más aproximada a su aspecto:

- *Ejemplo: Clase 311 del CORINE Land Cover.*
- *Etiqueta: "Bosque de Frondosas".*
- *Párrafo: Formaciones vegetales compuestas principalmente por árboles, incluyendo monte bajo de arbustos, donde predominan las especies de frondosas. Esta clase*

incluye zonas con cubierta vegetal mayor al 30% o de densidad de plantación de 500% pies/Ha, con más del 75% de frondosas en la estructura de plantación. En caso de plantaciones jóvenes o semilleros la producción de frondosas a considerar es, al menos, el 75% del total de plantas.

Estas definiciones de clases normalmente hacen referencia a parámetro biofísicos o elementos del paisaje, que pueden tener diferentes valores o estar o no presentes. Éstos se encuentran en la mayoría de definiciones y son los puntos claves para decidir si un objeto pertenece o no a la citada clase.

- *Ejemplo: La variable física de "Densidad de Arbolado" o el elemento del paisaje "Árbol". En entornos artificiales, "Estructuras residenciales" deben cubrir más del 80% de la superficie del objeto, más del 50% de los edificios tienen tres o más plantas.*

Por definición taxonómica, las clases definidas pueden tener cierta relación de pertenencia y jerarquía entre ellas, pero también pueden darse el caso de nomenclaturas donde el número de clases sea muy escaso y no haya relación entre una clase y otra de la nomenclatura. Atendiendo a las relaciones pueden identificarse dos tipos de sistemas de clasificación en la Ocupación del Suelo.

- **Clasificación por enumeración de clases.** Consiste en la definición de una nomenclatura o sistema de clasificación basado solamente en un conjunto limitado de clases. Entre estas clases no existe ninguna relación, pues son independiente unas de otras y el objeto a clasificar opta de igual manera por cada una de ellas. La presencia de atributos y restricciones en las clases es opcional. Es la forma más sencilla y tradicional de clasificación, de hecho muchas de las clasificaciones automáticas de la cobertura biofísica en la superficie terrestre por imágenes de satélite se basan en este tipo de clasificación. No suelen tener modelos de datos, pues siendo un sistema de información tan sencillo, puede ser descrito por un simple catálogo de clases. Un ejemplo sería la imagen UMD 1km Global Land Cover de la Universidad de Maryland (<http://www.geog.umd.edu/landcover/1km-map.html>).

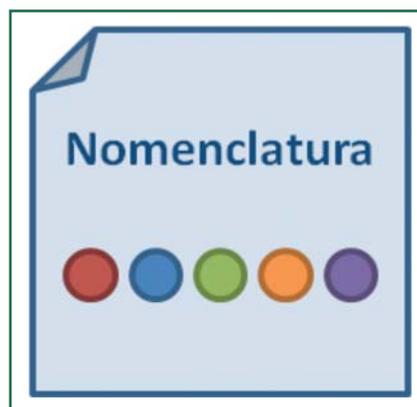


Figura 8: Esquema de la clasificación por enumeración de clases.

- **Clasificación por jerarquía de clases.** Consiste en una nomenclatura o sistema de clasificación evolucionado de la anterior, donde en este caso se definen ciertos

niveles de jerarquía entre las clases. De esta forma, las clases "hijas" pueden heredar de sus predecesoras conceptos, atributos o restricciones. Esta técnica es la base de la ciencia de la Taxonomía Biológica, donde se construyen árboles de herencias y ascendencias. El número de niveles en la jerarquía suele ser limitado, pero con un número mayor de clases dentro de cada uno, haciéndola mucho más útil que la enumeración de clases. La técnica es empleada en las bases de información de Ocupación del Suelo generadas a partir de fotointerpretación, ya que las técnicas automáticas no han alcanzado tal madurez para poder discernir entre tan alto número de clases disponibles. Algunos sistemas de clasificación jerárquicos optan por definir las relaciones mediante modelos de datos, pero en este caso no es siempre necesario, pues mediante un catálogo de clases y relaciones es suficiente. Un ejemplo sería el proyecto europeo (EU, EEA y GMES) CORINE Land Cover, 1990, 2000 y 2006 (<http://www.eea.europa.eu/publications/CORO-landcover>).

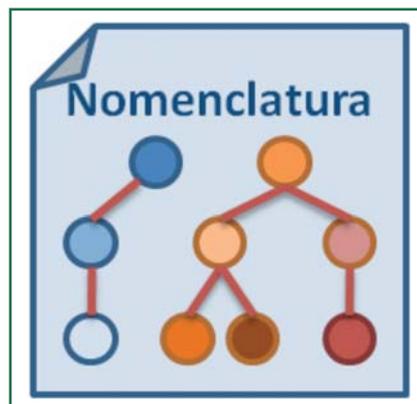


Figura 9: Esquema de la clasificación jerárquica de clases.

Clasificación y nivel de detalle

Con el fin de obtener una base de datos de tamaño razonable y utilizable, desde el punto de vista productivo, y también para limitar el presupuesto de producción, es obligado definir una unidad mínima de representación (mmu). La mmu es la superficie mínima permitida para cualquier tipo de polígono, no pudiendo haber polígonos menores. En sistemas ráster se correspondería con la resolución de la imagen y en las bases de geometría puntual con la densidad de puntos.

Fijado un valor de mmu, repercute en la definición de clases pues está limitando las dimensiones de la ocurrencia de ocupación que puede recoger. Como se ha mencionado, los objetos geométricos representan entornos de ocupación homogénea y si estos entornos poseen una limitación geométrica influirá en el posible contenido que puedan albergar. Además, teniendo la restricción temática de que cada uno de los polígono sólo puede ir clasificado según una clase, la defunción de la nomenclatura, la fotointerpretación y asignación se ve forzada por la mmu.

- *Ejemplo: Manejando valores de mmu superiores a la Ha, se podrán definir clases de Ocupación del Suelo con propósitos paisajísticos, como "Bosques", "Cultivos" o "Com-*

plejo sanitario". Pero no se podrán definir clases de elementos paisajísticos de dimensiones menores como "Árboles", "Planta" o "Edificio".

Este establecimiento de la mmu acarrea dos consecuencias importantes en la nomenclatura:

- Necesidad de clases con **definiciones "flexibles"**: En algunos casos se decide asignar al polígono la clase "dominante" entre las restantes clases que pueden tener suceso en el polígono (normalmente la clase que ocupa el mayor porcentaje de la superficie del polígono). Que implica la flexibilización de la definición, abriendo la puerta a la existencia de otras clases dentro de la misma, y obviando la superficie que éstas últimas representan.

Ejemplo: La anterior clase CORINE (311-Bosques de frondosas), donde se estipula un 30% de cubierta vegetal como baremo para ser clasificados los polígono, obviando el posible resto de ocupaciones.

- Necesidad de clases **mixtas**: En los casos en que no hay un dominio claro de ninguna clase, no se puede aplicar la solución anterior. Así que se debe incluir en la nomenclatura clases mixtas, que puede ser usada en polígonos con más de una clase no dominante.

Ejemplo: La Clase CORINE (313-Bosque mixto), formación de vegetación compuesta principalmente de árboles, incluyendo sotobosque de arbustos y matorrales, donde ni las especies de frondosas ni coníferas predominan.

Implementación física

Cómo plasmar los datos de ocupación obtenidos por clasificación es muy sencillo, y no siempre se manejan en bases de datos, sino que se encuentran muy comúnmente en ficheros geográficos. Pues cada polígono tendrá asignado un valor de etiqueta de clase, y adicionalmente podrán tener campos como los identificadores de polígono o superficie.

Id polígono (opcional)	Superficie [Ha] (opcional)	Etiqueta de clase	Geometría
1178	15,55	Lagos y lagunas	6546422,6487987,...
1211	28,89	Bosque de coníferas	6546578,6487123,...
1962	34,56	Núcleo urbano	6546123,6487559,...
1367	15,55	Puerto costero	6546487,6487000,...
...

Ventajas de las clasificaciones

Sin lugar a dudas su principal ventaja es su **fácil entendimiento y utilización**, pues toda persona está habituada a las metodologías clasificatorias y su extensión para la Ocupación del Suelo no es nada complicada. Los resultados obtenidos desde este tipo de sistemas pueden ser fácilmente difundidos pues no necesitan ningún especial conocimiento.

También estos sistemas tienen una estructura conceptual mucho más firme y permiten la consulta de los mismos de manera interoperable entre niveles jerárquicos, o dicho de otra forma, es posible obtener estadísticas de clases a varios niveles jerárquicos simplemente sumando presencias de clases. Este aspecto también facilita la interrelación y comparación de niveles y clases entre diferentes sistemas de clasificación o nomenclaturas.

Desventajas de las clasificaciones

La principal desventaja de los sistemas de clasificación es que generalizan la información representada, o lo que se desprende de ello, **no son capaces de recoger tanta información** como otros tipos de sistemas. A igualdad de la mmu, sus estadísticas nunca podrán ser tan verdaderas como las de otros tipos de sistemas.

Otra desventaja es la **proliferación de sub-clases** atendiendo a variables biofísicas o elementos del paisaje. La cual puede llegar a no tener fin, pues una sub-clase puede dar respuesta a cada valor de la variable o del elemento. De igual manera, la tipología de clases mixtas puede verse también aumentada sin control.

- *Ejemplo: "Tejido urbano denso", "Tejido urbano medio-denso", "Tejido urbano medio", "Tejido urbano ligero", etc. "Tejido urbano + Cultivos", "Tejido urbano + Terreno despejado", "Cultivos + Entorno vegetal + Rocas", etc.*

Las clases mixtas pueden llegar a tener **definiciones inconsistentes** e incumplir el principio de solape temático, pues con la diversa y posible combinación de clases puede llegar a darse el caso de que alguna clase se encuentre presente en varias etiquetas. Por lo que un polígono puede ser clasificado atendiendo a más de una clase. En general, las definiciones de las clases mixtas suelen ser complicadas de alcanzar y manejar, pues deben dar servicio a multitud de posibles mezclas.

Además si dos nomenclaturas son diferentes, la relación entre ellas es imposible, pues no se puede extraer de los polígonos de una las clases de la otra.

4.2. DESCRIPCIONES Y MODELOS DE DATOS ORIENTADOS A OBJETOS

Esta técnica de estudio de la Ocupación del Suelo se fundamenta en la descripción de los entornos mediante la **identificación de elementos de paisaje**. A diferencia de las metodo-

logías anteriores, las descripciones no intentan clasificar la múltiple variedad de paisajes mediante un número finito de clases, sino que utiliza de manera independiente a sus elementos y son éstos los que describen los entornos, por lo que la posible combinación de los mismos es **infinita**. Las características físicas de estos elementos dentro de un entorno se combinan para formar la cobertura del suelo (INSPIRE Data Specification on Land Cover v2.0).

Los elementos del paisaje también son llamados **parámetros**, pues no siempre representan elementos físicos del paisaje (ejemplo: "Árbol", "Edificio", etc.), sino también variables o parámetros físicos (ejemplo: "Fracción de cabida cubierta", "Sellado del suelo", "Intensidad de riego", etc.). Y también son llamados **objetos semánticos**, por la similitud que recibe su funcionalidad con la de los entornos informáticos orientados a objetos, donde los programas o sistemas se construyen mediante la relación y operaciones sobre los objetos.

Como se ha comentado, es posible asignar a los objetos geométricos un conjunto de parámetros del paisaje para su descripción. Este suceso infiere que preferiblemente los objetos

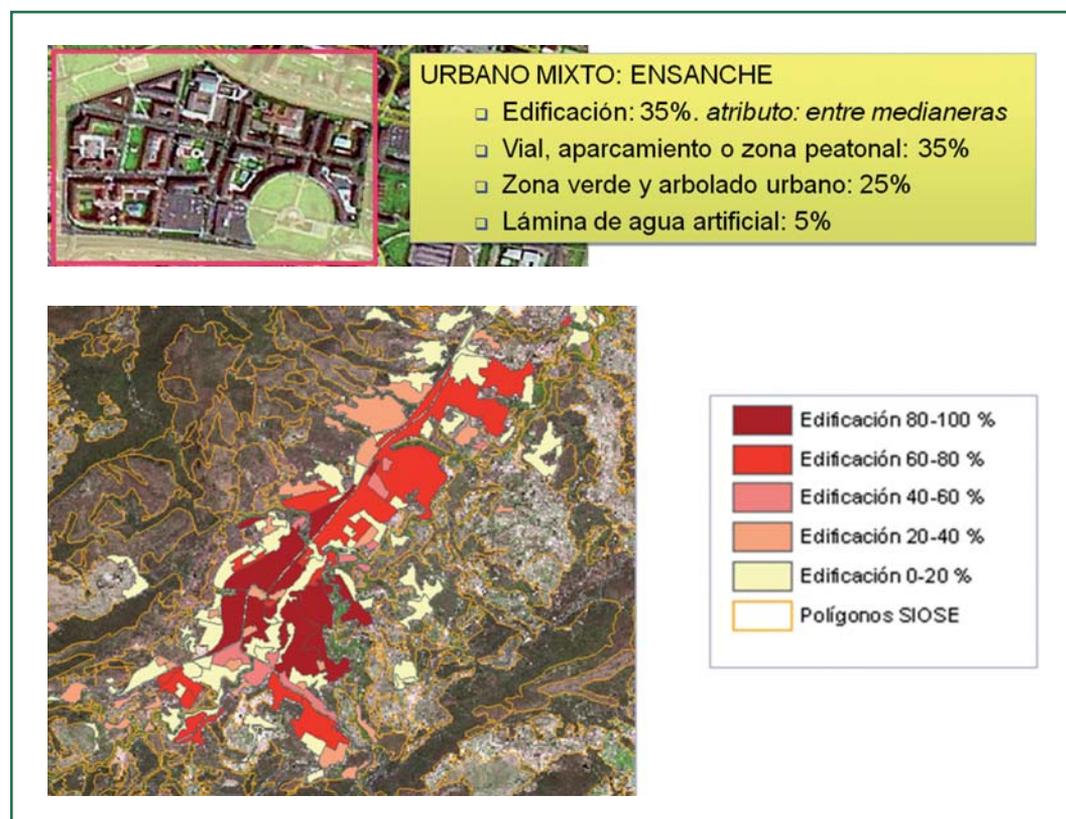


Figura 10: Ejemplos de datos según orientación a objetos.

geométricos se traten de polígonos que encierren en sí mismos una superficie homogénea de Ocupación del Suelo, pero la metodología de descripción también podría funcionar sobre elementos puntuales o celdas ráster. En referencia a la dimensión del mmu, se ha de decir que los sistemas orientados a objetos no tienen una restricción tan alta en función del valor, pues no representa un factor restrictivo para recopilar la información. La mmu marcada en el sistema sólo restringe la dimensión de los polígonos, pero no la de la información temática, pues es posible manejar valores de mmu cercanos a la hectárea y estar recogiendo información temática de elementos superficiales mucho menores, tanto como lo permita la información de referencia. Por lo que la escala de sus datos estadísticos será mayor a la de sus datos geométricos.

Las descripciones tienen varias **dimensiones de información**, la más visible e intuitiva es la que se ha descrito hasta este momento, la asignación a cada geometría de un conjunto de parámetros. Pero no es la única, pues las geometrías también aceptan mayor información acerca de la descripción:

1. **Etiquetado Clasificatorio.** Todas las geometrías aceptan la posibilidad de ser clasificadas mediante cualquier nomenclatura. Estas etiquetas son categorías temáticas delimitadas mediante definiciones conceptuales de criterios biofísicos o socio-económicos (morfología, estructura, etc.). Realmente sería implementar la anterior metodología de clasificaciones en un sistema orientado a objetos. Esto representa una de las técnicas más fiables para representar la Ocupación del Suelo, pues por un lado se dispone de etiquetado clasificatorio que sintetiza a la geometría y por otro se dispone de una descripción más detallada mediante parámetros.
2. **Colección de Parámetros del Paisaje.** Son el conjunto de parámetros previamente mencionados, que se combinan para describir a la geometría.
3. **Metrificación de los Parámetros.** Cuando se está informando sobre los parámetros, es posible especificar su presencia de distintas maneras:
 - a) La más sencilla sería simplemente expresar la presencia del parámetro.
Ejemplo: En este polígono existe (Arboles + Matorral + Suelo desnudo).
 - b) Otra posibilidad es además, indicar el valor absoluto del parámetro en la geometría.
Ejemplo: En este polígono existe un (Aporte medio de agua diario de 10 litros).
 - c) O por el contrario, expresar en términos de porcentaje con respecto a la superficie que representa la geometría, la presencia del parámetro. La suma total de porcentajes ha de ser 100%.
Ejemplo: En este polígono de <5 ha> existe (60% Edificación + 30% Pavimento + 10% Arbolado urbano).
4. **Información Adicional de Etiquetas y Parámetros.** Cada etiqueta o parámetro puede ir acompañado de características o atributos que los describen en mayor detalle.
Ejemplo: En este polígono de "Bosque" en fase de "regeneración", existe (Arboles "de plantación" + Suelo desnudo "con función de cortafuegos").

5. **Relación entre Parámetros.** Una vez que se conocen los parámetros presentes en cada geometría, resulta también de gran interés poder conocer las relaciones de pertenencia y jerarquía que existe entre ellos. Cuando las geometrías representan entornos con una ocupación compleja, pues sólo conocer la presencia y valor de los parámetros no es suficiente, en muchas ocasiones es importante describir también la distribución de los parámetros dentro de las geometrías.

Ejemplo: Un polígono que no puede ser subdividido por motivos de la mmu, presenta dos entornos claramente diferenciados, una mitad de "Pastizal" y la otra de una mezcla entre "Olivar" y "Viñedo". La descripción óptima de este polígono será decir que se compone de: "Pastizal + (Olivar + Viñedo)" dejando patente que los 3 parámetros no se encuentran en igualdad de condiciones, sino que existen dos mitades diferenciadas. Por el contrario, una descripción deficiente de este polígono sería: "Pastizal + Olivar + Viñedo" pues se estaría perdiendo la información referente a la disposición en mitades.

Modelos de datos

Esta metodología de descripción a través de la filosofía de orientación a parámetros del paisaje demanda, no sólo una nomenclatura de parámetros documentada mediante diccionarios de conceptos, sino que también necesita expresamente un modelo de datos que organice las reglas de juego válidas en el sistema de información. Pues no todas las relaciones existentes entre los componentes del sistema (etiquetas, parámetros, atributos, etc.) puede ser fácilmente expresado textualmente en un documento y necesita ser documentado mediante un lenguaje gráfico estructurado. El más difundido en la información geográfica es el UML (Unified Modelling Language, Lenguaje de Modelado Unificado). Mientras se respete un lenguaje estándar, el modelo puede ser de muchas formas, pues cada sistema de información puede ser único, así como sus modelos que los describen. Pero se puede demostrar que para garantizar las dimensiones de información previamente mencionadas, ha de optarse por un **Feature Data Model**, modelo de datos de elementos, o lo que es lo mismo, crear un modelo de datos donde cada parámetro del paisaje esté representado por una clase. De esta forma se podrán añadir atributos y relaciones entre parámetros.

Implementación física

A partir de un modelo de datos es fácil derivar una implementación física sobre una **base de datos relacional** estándar. Donde cada casi toda entidad del modelo de datos corresponderá a una tabla, los atributos a campos, y las relaciones en campos sobre las tablas de las entidades que están relacionando. Un sistema orientado a objetos no puede ser implementado únicamente mediante ficheros geográficos, pues éstos sólo admiten campos sobre las entidades geométricas y no sobre entidades temáticas. Las bases relacionales

almacenan los parámetros y los atributos de una manera estructurada y robusta, y permite la interacción con ellos mediante lenguajes de consulta (ejemplo: SQL, Structured Query Language, Lenguaje Estructurado de Consulta).

Los sistemas orientados a objetos tendrán dos tablas fundamentales de datos, una con referencia a la información **gráfica**, y que podrá ser visualizada como tal, y otra tabla con la información **alfanumérica** restante, acerca de la temática de la ocupación.

La tabla gráfica guarda los polígonos y tendrá tantos registros como polígonos existan. Como campo obligatorio se encontrará el identificador de polígono, que identifique sin ambigüedad a cada polígono dentro de la base de datos, pues luego será necesario para enlazarlo con la información temática. Adicionalmente podrá tener campos de superficie y etiqueta de clase que categorice a todo el polígono desde el punto de vista de las clasificaciones. Su estructura de tabla es similar a la metodología de clasificaciones.

Id polígono (opcional)	Superficie [Ha] (opcional)	Etiqueta de clase	Geometría
1178	15,55	Lagos y lagunas	6546422,6487987,...
1211	28,89	Bosque de coníferas	6546578,6487123,...
1962	34,56	Núcleo urbano	6546123,6487559,...
1367	15,55	Puerto costero	6546487,6487000,...
...

La tabla alfanumérica tendrá un registro por cada parámetro localizado en los polígonos, por lo que será más grande que la geométrica, pero al no poseer campos de coordenadas su manejo no será complicado. Tendrá tantos campos como las dimensiones de información comentadas anteriormente, siendo obligatorios los del identificador del polígono al que ha sido asignado, y el valor nominal del parámetro.

Id parámetro (opcional)	Id polígono	Parámetro	Metrificación del parámetro (opcional)	Atributos del parámetro (opcional)
216498	1178	Agua	80%	Dulce
876814	1178	Arbolado	10%	De ribera
452138	1178	Matorral	10%	
135489	1962	Edificación	60%	Edificio aislado
156498	1962	Pavimento	30%	
187933	1962	Arbolado	10%	
...

Ventajas de las descripciones

La principal ventaja que presentan estos sistemas es la posibilidad de ofrecer **valores estadísticos de la Ocupación del Suelo más fiables** que las clasificaciones. Pues en su metodología de obtención no se pierde información, al fijar un número finito de etiquetas con las que clasificar. A igualdad de la mmu, un sistema orientado a objetos ofrece estadísticas más verídicas que un basado en clasificaciones. Esto repercute también en el **coste económico** de su producción, pues con un poco incremento en el coste, vinculado a la determinación de los parámetros, se obtiene alto incremento de información. Un sistema clasificatorio para alcanzar igual incremento de información demandaría bajar el tamaño de la mmu con un directo y alto coste de producción.

Por el mismo hecho de describir y no clasificar, es eluden las problemáticas derivadas de las incongruencias en las definiciones. Los parámetros, ya sean elementos o variables del paisaje, son únicos en su definición.

Otra ventaja es la posibilidad de obtener **salidas temáticas diferentes**, en función de las necesidades de usuario. Como se comentará más adelante, analizando de manera distinta los parámetros existentes, las salidas son distintas y enfocadas a la diversidad de usuarios existentes. Una consecuencia de esto, es que permiten generar a posteriori diferentes clasificaciones dinámicas. Por el contrario, los sistemas de clasificación tienen una única salida, acorde a su nomenclatura.

Un modelo de datos orientado a objetos es **extensible** para responder a nuevas necesidades. Nuevas tipologías de parámetros pueden ser incluidas en diferentes versiones de la base de datos sin entrar en conflicto con los datos presentes.

Ejemplo: Un sistema que posea el parámetro "Arbolado" con los atributos de "especie" y "plantación", puede ser actualizado mediante nuevos atributos de "edad", "altura", "tipología de hojas" sin que genere incompatibilidades con la información anterior.

Inconvenientes de las descripciones

Posiblemente el punto en contra que tengan los sistemas de descripciones sea su **entendimiento** por usuarios no expertos. Pues su funcionamiento es distinto al clásico de las clasificaciones y la comunidad de expertos en Ocupación del Suelo se encuentra muy habituada al sencillo manejo de estos segundos. Pero como se ha comentado, este incremento de la complejidad viene acompañado de un beneficio en la información, por lo que tras un cierto periodo de adaptación técnica de los productores y usuarios, los sistemas de descripciones pueden manejarse sin dificultad.

Otro inconveniente derivado de la complejidad del sistema es el análisis de la evolución de la Ocupación del Suelo es la detección de cambios, que ha de realizarse no sólo en

la geometría, sino también en la semántica. Ello conlleva que todos los parámetros detectados en la primera versión del sistema deberán ser nuevamente identificados y actualizados.

4.3. MANEJO DE MODELOS DE DATOS ORIENTADOS A OBJETOS: ANÁLISIS Y CONSULTA

Una faceta muy importante a tener en cuenta es que los sistemas orientados a objetos no tienen salida única, sino que son capaces de generar diversas salidas en función de las demandas. Esto significa que, además de mejorar susceptiblemente la descripción del territorio representado, éste puede ser analizado desde diferentes puntos de vista en función de las necesidades de cada uno de los usuarios. Ofrece respuestas multipropósito a analistas territoriales medioambientales, agrónomos, forestales, urbanistas, demógrafos, industriales, o cualquier otro estudio cuyo ámbito de acción sea territorial.

Esto puede llevarse a cabo ya que los sistemas almacenan distintos parámetros, y serán invocados de diferente forma en función del objetivo. Una misma geometría puede tener enlazada un conjunto de parámetros forestales, urbanísticos o agrarios, pudiendo

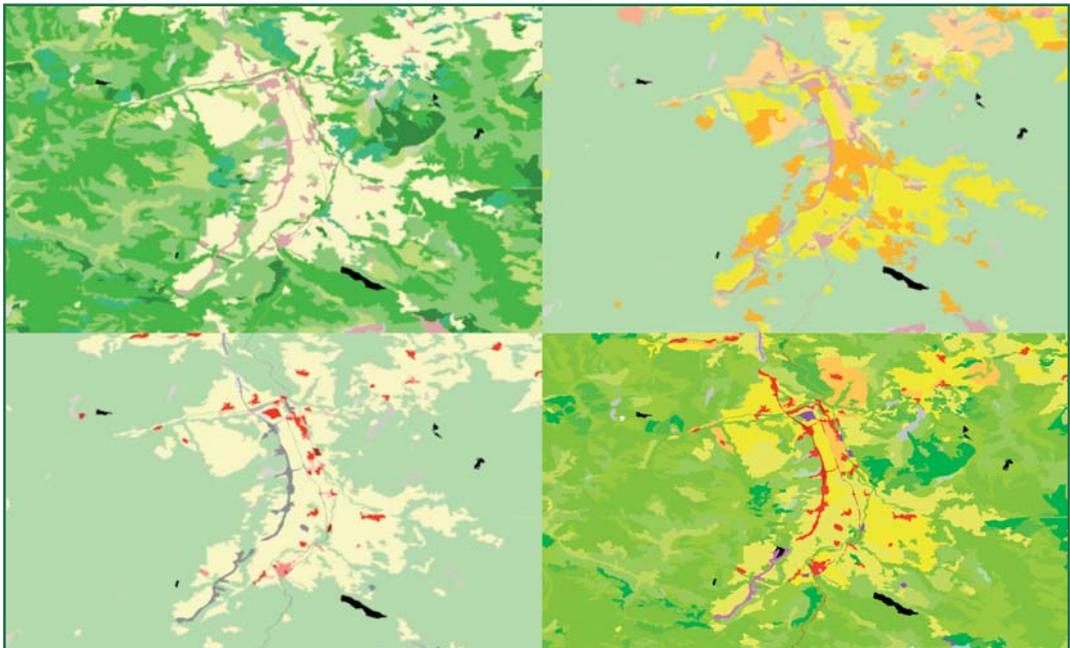


Figura 11: Salidas gráficas a demanda para clasificaciones de los polígonos en función de parámetros forestales, agrarios, artificiales y generalistas respectivamente (de arriba-abajo, izquierda-derecha).

convivir éstos sin conflicto ni inconsistencia de la información. Gracias a esto también es posible generar clasificaciones dinámicas a posteriori.

- *Ejemplo: La independencia de utilización de los sistemas orientados a objetos se puede encontrar en la clasificación de bosques y entornos forestales. La definición de bosque está estrechamente ligada a la "Densidad arbórea", incluso diferentes organismos competentes en la materia discrepan sobre este porcentaje debido a que su ámbito de acción es diferente y densidades distintas. Con estos sistemas se permite localizar y definir los bosques para todos los porcentajes de arbolado forestal requerido y ajustarse así a las necesidades reales de cada organismo. Se podrán obtener las superficies de los polígonos agrupados en función de este parámetro de "Densidad arbórea", sacar tablas estadísticas con las superficies y representarlos.*

	Ocupación Arbolado forestal		Color
	Porcentajes		
	0%		
Clase 1	> 0%	5%	
Clase 2	> 5%	10%	
Clase 3	> 10%	20%	
Clase 4	> 20%	30%	
Clase 5	> 30%	50%	
Clase 6	> 50%	80%	
Clase 7	> 80%	100%	

Como ya se ha esbozado anteriormente, la manera de manejar y explotar las bases de datos de Ocupación del Suelo orientadas a objetos es mediante un lenguaje de consulta. En este apartado se comentarán de manera general las principales pautas en el análisis y la consulta, pero no se entrará en detalle en cómo manejar un lenguaje de consulta.

1.º Paso: Las consultas sobre ocupación se harán sobre la tabla con la información alfanumérica. En esta tabla se podrán seleccionar todos aquellos registros de un concreto parámetro buscado. Indirectamente con esta selección se está identificando todos aquellos polígonos que poseen el cierto parámetro.

- *Ejemplo: Con la selección del parámetro de "Arbolado", se ha identificado que está presente en los polígonos 1178 y 1962.*

Id parámetro	Id polígono	Parámetro	Metrificación del parámetro	Atributos del parámetro
216498	1178	Agua	80%	Dulce
876814	1178	Arbolado	10%	De ribera
452138	1178	Matorral	10%	
135489	1962	Edificación	60%	Edificio aislado
156498	1962	Pavimento	30%	
187933	1962	Arbolado	10%	
...

2.º Paso: Pero sólo con la identificación no es suficiente, hay que poder representarlo gráficamente u obtener estadísticas. Para ello, es necesario enlazar la tabla geométrica con los registros seleccionados previamente. Para ello se cruzan ambas tablas mediante el campo común del identificador de polígono.

Id parámetro	Id polígono	Parámetro	Metrificación del parámetro	Atributos del parámetro
1178	15,55	Arbolado	10%	De ribera
1962	34,56	Arbolado	10%	
...

3.º Paso: Ya es posible obtener salidas gráficas y estadísticas del parámetro seleccionado.

- *Ejemplo: En el polígono 1178 existe 1,555 ha de arbolado, en el 1962 3,456 ha. En total 5,011 ha.*

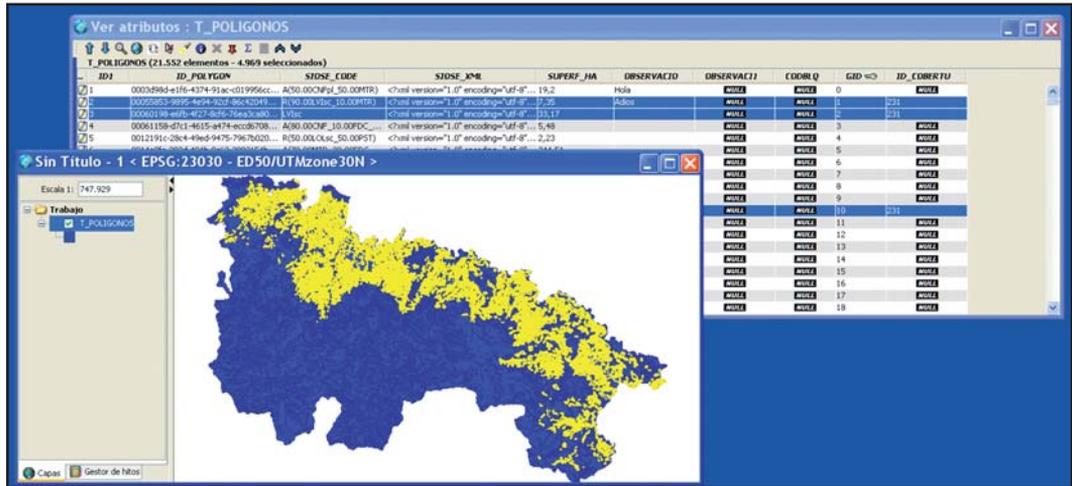


Figura 12: Selección y salida gráfica.

Datos de referencia (imágenes aeroespaciales) para la elaboración de bases de datos de ocupación del suelo: resolución espacial, temporal, escala, MMU, precisión

Autor: Arozarena Villar, A.

5

5.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS BASES DE DATOS DE OCUPACIÓN DEL SUELO

La información geoespacial incorporada a las BBDD Temáticas en general, así como a cualquier información georreferenciable susceptible de ser cruzada (superpuesta) a cualquier otra información espacial, contempla los siguientes aspectos geométricos que condicionaran, no sólo la validez, la captura y los sistemas de explotación de la información, si no también, la capacidad de ser explotada en entornos colaborativos de la red (web 2.0).

Los aspectos *geométricos*, se pueden dividir en:

- Los integrados a las *BBDD de Referencia* (Topográficas), necesarios para la propia contextualización y comprensión espacial de la información temática específica.
- Los integrados a las *propias BBDD Temáticas*.

Como marco geométrico de referencia común debemos de basarnos, en el caso de España, en la definición más amplia de *Exactitud espacial de las BBDD cartográficas*:

- La expresión de exactitud espacial la podemos ceñir al concepto de *Error Máximo Admisible (EMA)* para un *Nivel de Confianza (NC)* de usuario dado.

Este requerimiento, basado en necesidades reales de usuario, van a condicionar la viabilidad completa del proyecto, tanto en sus aspectos económicos en las fases de captura, tratamiento, explotación, almacenaje y transmisión de la información, como en los aspectos técnicos de ejecución en todas sus fases.

Desde el Consejo Superior Geográfico se ha venido empleando como EMA, la expresión de:

$$EMA \leq 0,2\text{mm} \times E$$

Siendo E el denominador de la escala (e) de la Base de Datos correspondiente $e = 1/E$.

Se puede apreciar que dicha definición coincide con la de *Agudeza Visual (AV)*, expresada como la que tiene el ser humano de distinguir cinco líneas en un milímetro (mm).

Por ello, hoy día, en forma digital, se podría decir que para distinguir cinco líneas (negras) en un mm, harían falta otras cinco líneas blancas en el mismo mm.

Aparece un nuevo concepto definible como *Unidad Mínima de Resolución (UMR)* en cualquier BBDD, expresable como la décima parte del mm a la escala correspondiente (0.1 mm).

En ambos casos y en la teoría general de imagen podríamos concluir:

- El *EMA* se corresponde con utilización de imágenes de un tamaño de píxel (*s*) igual o menor a 200 micrómetros:

$$s \leq 200 \mu$$

equivalente a una *resolución de imagen (RI)* de 127 *spi* (píxeles por pulgada).

- La *UMR* se correspondería, asimismo, con utilización de imágenes de un tamaño de píxel (*s*) igual o menor a 100 micrómetros.

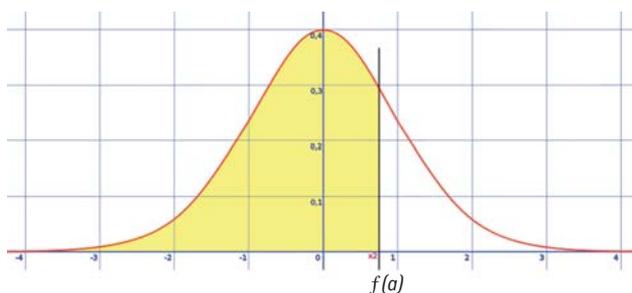
$$s \leq 100 \mu$$

equivalente a una *resolución de imagen (RI)* de 254 *spi* (píxeles por pulgada).

Estos límites de resolución de imagen nunca se deberían sobrepasar, el *EMA* de forma analógica y digital, fundamentalmente a la hora de reproducción con medios analógicos (impresoras, offset...) y la *UMR* en el caso digital, fundamentalmente en todos los tratamientos digitales de imágenes digitales.

Ligado al concepto de *Exactitud (EMA)*, aparece inmediatamente el de *Precisión Geométrica*, expresado como el *Error Medio Cuadrático (EMC)* y con una relación matemática directa con el *EMA*.

Como *EMC* se puede considerar válida, en el mundo de la información geoespacial, la definición y utilización del *EMC* en el contexto de una distribución normal tipificada de distribución de errores, de Error Medio (*EM*) igual a cero y *EMC* (desviación normal o típica) igual a uno.



En ese contexto:

$$EMA \leq EMC \times f(a)$$

Siendo $f(a)$, el valor de la abscisa de la curva de distribución normal tipificada para un valor de **Nivel de Confianza (NC)** dado por el usuario o por las normas establecidas en cada País.

$$f(a) = P(x \geq a) \text{ siendo } a = (1 - NC/100)$$

En el caso de España y para las BBDD de Referencia, se ha establecido un NC del 95%. Esto conlleva que en el 95% de los puntos de dicha Base de Datos el EMA nunca superará los $0,2x\epsilon$ y se establecerán por lo tanto los sistemas de control de calidad correspondientes en todas las fases productivas (captura, tratamiento...).

Con esa definición, se puede definir (ver distribución normal (0,1):

$$f(a) \text{ (NC del 95 \%)} \rightarrow 1,645$$

$$EMA \leq EMC \times 1,645$$

La conexión y conclusiones entre Precisión, Exactitud y costo, son inmediatas y quedan reflejadas en dicha ecuación.

En las *BBDD de Referencia*, debe de cumplirse, por tanto, para todos los pares de coordenadas correspondientes a puntos, líneas y superficies (por ejemplo: hitos, carreteras, polígono...), dicha ecuación de relación entre errores

En las *BBDD Temáticas*, además de lo anterior, aparece un concepto nuevo a definir cuando el aspecto temático a representar es el polígono. Dicho concepto es doble:

- *Polígono mínimo* aconsejable a representar, en función de su posterior visualización a una escala determinada.
- Error admisible en el cálculo de su superficie. Admitiéndose como representativo de dicho error, el *error máximo admisible medio (EMAM)* en el *cálculo de las superficies* de todos los polígonos incluidos en dicha Base de Datos Temática. Cuanto más pequeño es el polígono, el porcentaje de error en el cálculo de su superficie es mayor.

Ambos conceptos están ligados. El error máximo admisible medio se corresponde a una determinada dimensión mínima del polígono a representar. Siempre teniendo en cuenta que el *EMA de todos los puntos del polígono* están dentro del definido a la escala correspondientes.

Para definir estos conceptos, lo haremos en dos fases:

1. El primer paso sería definir cuál es el *polígono mas pequeño* a representar a una escala dada.

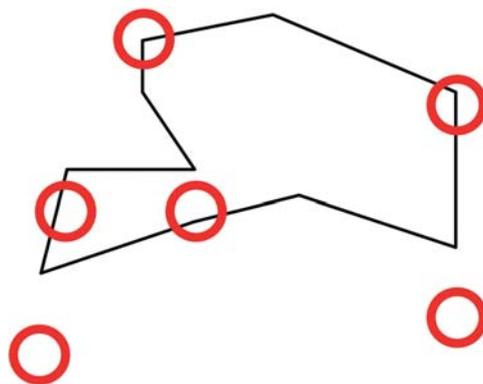
Para ello se admite un *error máximo admisible medio* en el cálculo de las superficies de no más del 10% de la superficie total de cada polígono, considerándose (de forma teórica para su evaluación) polígonos cuadrados cuyas esquinas no tendrían EMA superiores a lo ya definido anteriormente.

2. El segundo aspecto a resaltar sería el representar (capturar) siempre, así como en la generalización de dicho polígono, los *puntos más representativos* (evocadores de la forma del mismo).

Para esta definición evocadora y representativa de cada polígono, tendremos en cuenta el principio de F. Attneave:

"Los puntos más significativos de un polígono son aquellos que se corresponden con una mayor curvatura es decir un menor radio de giro".

Es por tanto esos puntos los que deben ser captados y mantenidos en posteriores generalizaciones, siendo fácil su implementación automática.



5.2. IMÁGENES NECESARIAS PARA LA OBTENCIÓN DE BBDD DE OCUPACIÓN DEL SUELO.

En la definición geométrica de dichas BBDD se hace necesario, asimismo, con vistas a mantener los criterios de Exactitud global anteriormente explicados, el definir las imágenes digitales más adecuadas para el mantenimiento, a lo largo de todo el proceso de extracción de información, de las Precisiones correspondientes en todos los procesos productivos.

En ese sentido un criterio a seguir es el definir que el objeto más pequeño a tener en cuenta en dicha BBDD esté incluido:

- Para el caso de restitución (identificación), en al menos cuatro píxeles.
- Para el caso de visualización, en al menos dos píxeles.

Si identificamos como el objeto más pequeño, con el EMA, se puede concluir:

$$s = EMA/4 \rightarrow \text{para identificación}$$

$$s = EMA/2 \rightarrow \text{para visualización}$$

Siendo "s" el tamaño de pixel necesario para la *definición geométrica* de una BBDD de OS en sus aspectos geométricos de la BD de Referencia y para la BD Temática.

El tamaño de pixel utilizable en la *definición de contenidos temáticos* de una imagen (procesos de clasificación), podría ser definido igualmente incluyendo el polígono de dimensiones mínimas para cada escala, en cuatro píxeles:

$$s = \text{Sup. Mínima (longitud del lado del cuadrado correspondiente)} / 4 \rightarrow \text{para clasificación}$$

Características geométricas de la Base de datos de Ocupación del Suelo (SIOSE) a escala 1:25.000

Seguiremos el mismo orden de la exposición teórica expuesta anteriormente.
Para la definición de Exactitud y Precisión:

- $EMA \leq 0,2\text{mm} \times E \leq 0,2 \times 25000 = 5 \text{ m}$ en el terreno, que se corresponde con 200μ en la imagen
- $EMA \leq EMC \times f(a) \rightarrow EMC \geq EMA / f(a)$

Si el NC es del 95%, sabemos que $f(a) = 1,645$

$$EMC \geq 5 / 1,645 = 3,03 \text{ m} \rightarrow \text{precisiones a controlar en todos los procesos productivos}$$

Para la definición del polígono de superficie mínima, que garantice un error de superficie menor del 10%:

Para escalas $e = 1/25000$ (como es nuestro caso), es fácil calcular que con un $EMAM \leq 10\%$ de la superficie del polígono, las dimensiones no deberían ser más pequeñas de $4 \times 4 \text{ mm}$, que se corresponden con unas dimensiones en el terreno de $100 \times 100 \text{ m}$ y por lo tanto de 1 Ha.

Imágenes necesarias para la definición geométrica de la BBDD de OS:

$$s = EMA/4 = 5/4 = 1,25 \text{ m} \rightarrow \text{para identificación}$$

$$s = EMA/2 = 5/2 = 2,5 \text{ m} \rightarrow \text{para visualización}$$

Imágenes necesarias para la definición de contenidos temáticos de la BBDD de OS:

$$s = \text{Longitud del lado del cuadrado correspondiente}/4 = 100/4 = 25 \text{ m} \rightarrow \text{para clasificación}$$

En el caso de SIOSE, en su componente geométrica, se han empleado conjuntamente imágenes de SPOT 5 Pancromática como imagen de referencia temporal y espacial, estando en algunos casos en los límites de precisión requerida, por lo que se ha utilizado en dichos casos (zonas urbanas, cursos de agua...) las imágenes del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) con píxeles de 0,50m, suficiente para todos los casos.

Para la extracción de contenidos temáticos, se han empleado igualmente las imágenes de SPOT XS Multiespectrales y en algunos casos LANDSAT 5 y 7.

El Proyecto SIOSE

Autores: Caballero García, M.^a E.; Delgado Hernández, J.; Benito Saz, M.^a A.; Fernández Villarino, X. y Porcuna Fernández-Monasterio, A.

6

El proyecto de mayor escala (1:25.000) realizado sobre ocupación de suelo a nivel nacional es el denominado *Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España (SIOSE)*, el cual se apoya en imágenes multiespectrales del satélite SPOT5 (véase figura 6), adquiridas en el año 2005.

El SIOSE se enmarca dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio en España (PNOT), que coordina y gestiona el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Concretamente, el SIOSE es coordinado por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (Ministerio de Fomento) como Centro Nacional de Referencia de Ocupación del Suelo (CNR-OS) dependiente del Punto Focal Nacional (Ministerio de Medio Ambiente) dentro de la Agencia Europea de Medio Ambiente y la Red europea EIONET.

La finalidad del SIOSE es integrar la información de las Bases de Datos de coberturas y usos del suelo de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado con el fin de utilizar una única cartografía de referencia a nivel nacional. Quizás su característica más novedosa, que la distingue del resto de cartografías sobre usos del suelo existentes, es que se trata de una cartografía multicriterio (incluye aspectos como cobertura, uso y especies) y multiparámetro (un polígono puede presentar varios atributos).

Los objetivos específicos de SIOSE son (www.ign.es/siose):

- Establecer una gran infraestructura de información geográfica multidisciplinar, actualizada periódicamente y que satisfaga las necesidades de la Administración General del Estado y Comunidades Autónomas en materia de ocupación del suelo.
- Evitar las duplicidades y reducir costes en la generación de información geográfica periódica relativa a coberturas y usos del suelo.
- Integrar la información procedente de las Comunidades Autónomas a nivel de producción, control y gestión.
- Cumplir con los requerimientos de la Unión Europea en materia de ocupación del suelo.

Además, contempla como hitos importantes:

- Integrar y armonizar bases de datos existentes en el ámbito nacional y en las Comunidades Autónomas.
- Construir las Comunidades de Interés en Datos Geográficos: SDIC en materia de ocupación del suelo en el ámbito nacional e internacional.
- Definir metodologías consensuadas y armonizadas.
- Obtener un modelo de datos normalizado (OGC, ISO) orientado a objetos, en lenguaje UML.
- Repartir costos y favorecer la cooperación en políticas europeas y mundiales.

6.1. CARACTERÍSTICAS

La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Fomento (IGN/CNIG), como Centro Nacional de Referencia en Ocupación del Suelo, dependiente del Punto Focal Nacional (Ministerio de Medio Ambiente) tiene como uno de sus objetivos prioritarios, entre otros, la producción coordinada con las Comunidades Autónomas de información en materia de Ocupación del Suelo (coberturas y usos) en España, utilizando como soporte para la transmisión de la información, la facilitada por la Red EIONET de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA). Con ese fin, y tras una primera actuación coordinada con éxito entre Administración General del Estado (AGE) y Comunidades Autónomas (CCAA) durante la producción descentralizada de la Base de datos europea Corine Land Cover 2000, inicia a finales de 2004 el proyecto SIOSE. En 2009 culminó con éxito la producción del SIOSE por las Comunidades Autónomas, coordinadas por el IGN/CNIG en la Dirección Técnica del proyecto, y en 2010 se realizó la integración y validación final de la Base de datos Nacional, que presenta por tanto el estado territorial de España en cuanto a ocupación del suelo, con información geométrica (polígonos) y alfanumérica continua de toda la superficie española. Esta información, actualizable cada dos años, permite entender la dinámica (natural, agrícola y urbana) de nuestro cambiante territorio, abordando su estudio y análisis desde múltiples criterios.

El SIOSE, o Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España, enmarcado en el Plan Nacional de Observación del Territorio en España que dirige y coordina el IGN/CNIG, integra la información de las Bases de Datos de Ocupación del Suelo existente de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado a escala 1:25.000, con los objetivos de:

- Producir de modo coordinado entre Administración General del Estado y Comunidades Autónomas datos objetivos, homogéneos, cuantitativos y comparables entre sí, del territorio y de las variables medioambientales relativos a ocupación del suelo, es

decir, sobre las coberturas o cubiertas terrestres, categorizando dichas cubiertas en función de sus propiedades biofísicas observables por un lado, y por otro, sobre el uso o aprovechamiento que realiza el ser humano del mismo.

- Evitar las duplicidades y reducir costes en la información de ocupación de suelo en España.
- Satisfacer las necesidades de la Unión Europea, de la Administración General del Estado y de las Comunidades Autónomas en materia de ocupación del suelo.

SIOSE aborda dos aspectos fundamentales de la información geográfica de referencia: *cobertura de suelo* y *uso de suelo*, comprendidos ambos en el término *Ocupación de Suelo* que incluye SIOSE en su nombre. Estos dos aspectos están contemplados y regulados como temas de los Anexos II y III de la directiva europea INSPIRE [Directiva 2007/2/CE], así como en su transposición a la legislación española en la Ley 14/2010 de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España, de acuerdo a los dos conceptos siguientes, fuertemente interrelacionados entre sí:

- Cobertura de suelo: Cubierta física y biológica de la superficie terrestre, incluidas las superficies artificiales, las zonas agrícolas, bosques, (semi) los espacios naturales, humedales y cuerpos de agua. Es una abstracción de las cubiertas sobre la superficie terrestre según sus propiedades físicas y biofísicas.
- Uso del suelo: se define como la caracterización del territorio de acuerdo con su aprovechamiento socioeconómico o dimensión funcional, planeado o existente sobre el terreno (por ejemplo, residencial, industrial, comercial, agrícola, forestal, recreativo).

Además SIOSE se ha convertido además en un referente español y europeo de Información Geográfica sostenible técnica y económicamente, armonizada, y normalizada en sus procedimientos, productos y calidad de los mismos. Proporciona datos gran resolución espacial (1:25.000) y temporal (actualizados cada dos años) sobre el territorio español, que mejoran los resultados del Corine Land Cover para España. Así, SIOSE es una herramienta fundamental para el diseño de políticas de gestión territorial y medioambiental tanto para administraciones y usuarios españoles, como para instituciones europeas como la AEMA y la Comisión europea (Directiva Inspire, programa GMES 'Global Monitoring for Environment and Security', Corine Land Cover), y también para organismos internacionales como el programa GEOS y las Naciones Unidas (por ejemplo facilitando la generación de datos esenciales para evaluar la absorción y emisión de gases con efecto invernadero, según el Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto).

6.2. DATOS DE REFERENCIA

Para la generación de la base de datos SIOSE referente al año 2005, SIOSE2005, se ha utilizado como información básica de referencia:

- Imágenes SPOT5 de 2,5m de resolución captadas en el año 2005 de todo el territorio nacional.
- Ortofotografías del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) con un tamaño de píxel ≤ 1 m del año 2005.
- Límites administrativos oficiales de las Comunidades Autónomas proporcionados por el Registro Central de Cartografía del IGN.
- Bases de datos de ocupación del suelo de mayor escala aportadas por las propias Comunidades Autónomas.

Además, para facilitar el proceso de digitalización y fotointerpretación en que se ha basado el SIOSE, se ha hecho uso de otro tipo de información como:

- Imágenes, ortofotos y otras bases de datos temáticas disponibles por las propias Comunidades Autónomas (previa aprobación por parte del Equipo Técnico Nacional del proyecto).
- Imágenes Landsat5 de fechas distintas (generalmente primavera y otoño).
- Datos vectoriales procedentes de la base cartográfica nacional BCN25 del IGN y de la cartografía catastral de la D.G. del Catastro.
- Información procedente del Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MCA), el Mapa Forestal de España (MFE), el Mapa Geológico (MAGNA) de las Islas Canarias del Instituto Geológico y Minero de España, el SIGPAC (Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas).

6.3. MODELO DE DATOS

El Modelo de Datos SIOSE describe los objetos, atributos, relaciones, reglas de consistencia, estructura y filosofía de los datos geográficos digitales vectoriales del Sistema de Ocupación del Suelo en España. Se trata de un Modelo de Aplicación en el sentido que define ISO 19101 "Geographic Information-Referente Model", un modelo conceptual de datos, normalizado, interoperable y armonizado de la ocupación del suelo. Sus principales características son:

- El polígono es la única entidad con geometría propia en el modelo. Se corresponde con el elemento GM_Multisurface de la norma ISO 19107 "Geographic Information-Spatial schema".

- Los polígonos se definen por el Uso y la Cobertura del Suelo que encierran en superficie. Cada polígono puede tener uno o más usos del suelo pero solamente una cobertura. (El concepto Uso del Suelo en esta primera versión del SIOSE, SIOSE2005, no ha sido abordado aunque se espera hacerlo en próximas ediciones).
- La Cobertura del Suelo de cada polígono debe ocupar siempre el 100% del mismo. Esta cobertura puede ser:
 - Simple: cuando la cobertura del polígono es única, uniforme y homogénea, que no puede descomponerse en otras.
 - Compuesta: cuando se encuentra formada por dos o más coberturas simples y/o compuestas a su vez.
- En función del tipo de combinación, la cobertura compuesta será Asociación (combinación de coberturas sin distribución fija, entremezcladas indistintamente) o Mosaico (combinación de coberturas cuya distribución geométrica es claramente perceptible, ya sea en forma de superficies de tipo poligonal o en superficies irregulares pero diferenciadas unas de otras).

Las coberturas que el SIOSE ha identificado y cartografiado en todo el territorio español han sido (070322. Manual de Fotointerpretación SIOSE v.1.2):

A) COBERTURAS SIMPLES:

1. CULTIVOS

1.1. CULTIVOS HERBÁCEOS

1.1.1. ARROZ

1.1.2. CULTIVOS DISTINTOS DE ARROZ

1.2. CULTIVOS LEÑOSOS

1.2.1. FRUTALES

1.2.1.1. CÍTRICOS

1.2.1.2. FRUTALES NO CÍTRICOS

1.2.2. VIÑEDO

1.2.3. OLIVAR

1.2.4. OTROS CULTIVOS LEÑOSOS

1.3. PRADOS

2. PASTIZALES

3. ARBOLADO FORESTAL

3.1. FRONDOSAS

3.1.1. PERENNIFOLIAS

- 3.1.2. CADUCIFOLIAS
- 3.2. CONÍFERAS

- 4. MATORRAL

- 5. TERRENOS SIN VEGETACIÓN
 - 5.1. PLAYAS, DUNAS Y ARENALES
 - 5.2. RAMBLAS
 - 5.3. ROQUEDO
 - 5.3.1. AFLORAMIENTOS ROCOSOS Y ROQUEDOS
 - 5.3.2. COLADAS LÁVICAS CUATERNARIAS
 - 5.3.3. CANCHALES
 - 5.4. SUELO DESNUDO
 - 5.5. ZONAS QUEMADAS

- 6. COBERTURA ARTIFICIAL
 - 6.1. EDIFICACION
 - 6.2. ZONA VERDE ARTIFICIAL Y ARBOLADO URBANO
 - 6.3. LÁMINA DE AGUA ARTIFICIAL
 - 6.4. VIAL, APARCAMIENTO O ZONA PEATONAL SIN VEGETACIÓN
 - 6.5. SUELO NO EDIFICADO
 - 6.6. OTRAS CONSTRUCCIONES
 - 6.7. ZONAS DE EXTRACCION O VERTIDO

- 7. COBERTURAS HÚMEDAS
 - 7.1. HUMEDALES CONTINENTALES
 - 7.1.1. ZONAS PANTANOSAS
 - 7.1.2. TURBERAS
 - 7.1.3. SALINAS CONTINENTALES

- 8. COBERTURA DE AGUA
 - 8.1. AGUAS CONTINENTALES
 - 8.1.1. CURSOS DE AGUA
 - 8.1.2. LÁMINAS DE AGUA
 - 8.1.2.1. LAGOS Y LAGUNAS
 - 8.1.2.2. EMBALSES

B) COBERTURAS COMPUESTAS:

9. MOSAICO

10. ASOCIACIÓN

10.1. OLIVAR- VIÑEDO. Compuesta por las coberturas simples:

- Olivar
- Viñedo

10.2. DEHESAS. Compuesta por las coberturas simples:

- Arbolado forestal.
- Matorral
- Pastizal
- Cultivos herbáceos
- Lámina de agua artificial

10.3. HUERTA FAMILIAR. Compuesta por las coberturas simples:

- Cultivos herbáceos
- Cultivos leñosos
- Edificación
- Lámina de agua artificial

10.4. ASENTAMIENTO AGRÍCOLA RESIDENCIAL. Compuesta por las coberturas simples:

- Edificación
- Lámina de agua artificial
- Cultivos herbáceos
- Cultivos leñosos.
- Pastizal
- Matorral
- Arbolado Forestal

10.5. ARTIFICIAL COMPUESTO.

10.5.1. URBANO MIXTO

10.5.1. CASCO

10.5.2. ENSANCHE

10.5.3. DISCONTINUO

10.5.2. PRIMARIO

10.5.1. AGRÍCOLA/GANADERO

10.5.2. FORESTAL

10.5.3. MINERO EXTRACTIVO

10.5.4. PISCIFACTORIA

10.5.3. INDUSTRIAL

10.5.3.1. POLÍGONO INDUSTRIAL ORDENADO

- 10.5.3.2. POLÍGONO INDUSTRIAL SIN ORDENAR
- 10.5.3.3. INDUSTRIA AISLADA
- 10.5.4. Terciario
 - 10.5.4.1. Comercial y oficinas
 - 10.5.4.2. Parque recreativo
 - 10.5.4.3. Complejo hotelero
 - 10.5.4.4. Camping
- 10.5.5. Equipamiento/dotacional
 - 10.5.5.1. Administrativo institucional
 - 10.5.5.2. Sanitario
 - 10.5.5.3. Cementerio
 - 10.5.5.4. Educación
 - 10.5.5.5. Penitenciario
 - 10.5.5.6. Religioso
 - 10.5.5.7. Cultural
 - 10.5.5.8. Deportivo
 - 10.5.5.9. Campo de golf
 - 10.5.5.10. Parque urbano
- 10.5.6. Infraestructuras
 - 10.5.6.1. Transporte
 - 10.5.6.1.1. Red viaria
 - 10.5.6.1.2. Red ferroviaria
 - 10.5.6.1.3. Aeroportuario
 - 10.5.6.2. Energía
 - 10.5.6.2.1. Eólica
 - 10.5.6.2.2. Solar
 - 10.5.6.2.3. Hidroeléctrica
 - 10.5.6.2.4. Nuclear
 - 10.5.6.2.5. Térmica
 - 10.5.6.2.6. Eléctrica
 - 10.5.6.2.7. Gaseoducto/oleoducto
 - 10.5.6.3. Suministro de agua
 - 10.5.6.3.1. Depuradoras y potabilizadoras
 - 10.5.6.3.2. Conducciones y canales
 - 10.5.6.4. Telecomunicaciones
 - 10.5.6.5. Residuos
 - 10.5.6.5.1. Vertederos y escombreras
 - 10.5.6.5.2. Plantas de tratamiento

6.4. FOTOINTERPRETACIÓN

La metodología de trabajo del SIOSE está orientada a la fotointerpretación asistida por ordenador. Para ello se hace uso de herramientas que permiten realizar funciones básicas de tratamiento de imágenes, superposición de datos vectoriales sobre datos ráster, edición topológica de datos vectoriales, etc.

La Dirección Nacional del proyecto ha proporcionado una herramienta denominada *AppSIOSE* para facilitar la asignación de coberturas a los polígonos de acuerdo al modelo de datos SIOSE, dejando a elección de los equipos autonómicos la herramienta a utilizar para la edición geométrica de los datos.

La unidad de trabajo en SIOSE2005 ha sido la hoja 1:25.000 del MTN25 (Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 del IGN). La escala cartográfica de referencia es 1:25.000. Se ha empleado el sistema geodésico ETRS89, según las recomendaciones dictadas por el Consejo Superior Geográfico, atendiendo a los requisitos determinados por la Directiva Europea INSPIRE, y se ha utilizado la proyección conforme Universal Transversa de Mercator (UTM) establecida como reglamentaria por el Decreto 2303/1970, referida al huso correspondiente a cada Comunidad Autónoma (husos 28, 29, 30 o 31).

Edición geométrica

Para la delimitación de los polígonos, los cuales deben cubrir toda la superficie de España, se tiene en cuenta que:

- Cada polígono representa una superficie de terreno con significación a la escala de referencia, claramente distinguible de los polígonos que le rodeen, que encierra en superficie una cobertura que puede considerarse como homogénea (cultivos, agua, matorral, etc.) o una combinación de dichas coberturas homogéneas.
- La superficie mínima que deben tener los polígonos para ser representados depende de su cobertura:
 - Superficies artificiales y láminas de agua: 1 Ha.
 - Cultivos: 2 Ha.
 - Cultivos forzados, coberturas húmedas, playas, vegetación de ribera y acantilados marinos: 0,5 Ha.
 - Resto de áreas de vegetación natural: 2 Ha.
- La superficie mínima que deben tener los polígonos con coberturas compuestas es la que marca la cobertura más restrictiva. Por ejemplo, un polígono de cultivos y cultivos forzados deberá tener un mínimo de 0,5 Ha (y no de 2 Ha) para ser representado (por ser los cultivos forzados la cobertura más restrictiva).

- En los polígonos con coberturas compuestas, todas aquellas coberturas que presenten al menos un 5% de la superficie del polígono deben recogerse.
- El ancho mínimo de los elementos lineales, como líneas de hidrografía o de comunicación, es de 15m.
- Es posible recoger anexos a los polígonos siempre que las líneas de comunicación o hidrografía hayan dividido en varias áreas una misma cobertura y estas presenten áreas inferiores a las de las unidades mínimas para ser representadas.
- Esta edición geométrica se puede realizar con cualquier programa SIG, como GvSIG, ArcGIS, Geomedia, etc.

Fotointerpretación

Una vez editado el polígono, se le asigna la cobertura del mismo utilizando para ello las imágenes SPOT5 y las ortofotos de referencia del proyecto referentes al año 2005 así como toda aquella información externa y adicional, que sin prevalecer sobre la información de referencia, permite facilitar dicho proceso de asignación de coberturas.

La herramienta denominada AppSIOSE proporcionada por el Equipo Técnico Nacional SIOSE permite asignar de manera sencilla las coberturas y atributos definidos en el Modelo de Datos SIOSE a cada uno de los polígonos.

Una vez rellenas las bases de datos SIOSE por cada Comunidad Autónoma, se procede a la integración geométrica y semántica de todas ellas para la obtención de una única base de datos armonizada para toda España. Las Comunidades Autónomas son las responsables del casado de los polígonos dentro de su propia comunidad y la Dirección Nacional del proyecto se encarga del casado de las bases de datos de todas las Comunidades Autónomas entre sí.

Toda la información referente a la edición geométrica y semántica de los polígonos viene recogida en el documento *070322. Manual de Fotointerpretación SIOSE v.1.2* así como en los siguientes anexos donde se muestran ejemplos de las distintas coberturas SIOSE: *070122 ANEXO IV fichas Asociaciones*, *070206 ANEXO IV Fichas AgriForestales*, *070727 ANEXO IV fichas Artificialcomp*.

6.5. PRODUCTOS SIOSE

El principal resultado de la producción de SIOSE es la base de datos geográficos relacional que, siguiendo el modelo de datos orientado a objetos de SIOSE, contiene la capa completa de polígonos de ocupación de suelo de toda España. En total está formada por unos 2,5 millones de entidades geométricas que cuentan con cerca de 10,5 millones de registros de cobertura de suelo asociados.

Además de la base de datos existen productos complementarios, como el banco de fotografías de campo o la documentación técnica, y a partir de ella se generan diversos pro-

ductos derivados, adaptando la información al canal de comunicación utilizado: diferentes formatos de archivo para descarga o servicios web de visualización y consulta.

Tanto el Instituto Geográfico Nacional como el resto de administraciones participantes en el proyecto sirven estos datos al público, a través de diferentes canales y diversos formatos, en un marco general de gratuidad y libre distribución. Se entiende la información que proporciona SIOSE como un servicio público y una infraestructura básica de información territorial que posibilita la realización de estudios y la generación de actividad económica con valor añadido.

El marco legal que determina la publicación y el uso de los productos SIOSE está fijado por sendas leyes en los dos campos a los que afecta este sistema de información: el de la información geográfica y el de la información ambiental. Como sistema de información geográfica SIOSE está sujeto a la *Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE)* (resultado de la transposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva europea INSPIRE, 2007/2/CE) y como información ambiental a la *Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente* (la cual incorpora la Directiva europea 2003/4/CE relativa a esta materia).

Base de datos geográficos

El Instituto Geográfico Nacional distribuye la base de datos geográficos SIOSE, por comunidades autónomas, a través del Centro de Descargas del CNIG (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>) en formatos shp (entidades geométricas) y mdb (datos alfanuméricos).

Además de esta vía normalizada de distribución, la base de datos se facilita en otros formatos comunes de información geográfica o con otra distribución geográfica bajo petición al IGN-CNIG (consulta@cnig.es, para usuarios particulares) o a través del servidor ftp del proyecto (<ftp://ftp.siose.ign.es>, para usuarios institucionales, correo de contacto: siose@fomento.es). Esto es así dado que el gran volumen de información contenido en esta base de datos condiciona en la práctica su forma de distribución on-line.

Otras administraciones participantes en el proyecto también distribuyen la base de datos, mediante descarga o petición y en diversos formatos, a partir de sus propios geoportales.

Servicios web geográficos

Toda la información de SIOSE puede visualizarse y consultarse en la red a través de geoservicios web estándar que, además de mostrar la información de coberturas de los polí-

gonos, permiten diferentes visualizaciones temáticas de los datos a través de distintas capas de los servicios.

Los servicios generados son de tipo WMTS (visualización) y WMS (visualización y consulta básica de información de los polígonos). Se está trabajando en poner a disposición de los usuarios servicios de tipo WFS y WCS para consulta y análisis de entidades geográficas y coberturas. El gran número de entidades poligonales y el volumen del conjunto de información de SIOSE supone un importante obstáculo para conseguir su publicación eficiente en línea mediante servicios de estos dos últimos tipos de forma que resulten realmente útiles para los usuarios.

Las URLs de estos servicios están publicadas en el portal del proyecto (<http://www.siose.es>) e indexadas en el directorio de servicios de la infraestructura de datos espaciales de España (IDEE).

Estos servicios pueden utilizarse con cualquier herramienta de visualización geográfica que admita servicios estándar. Además, el Instituto Geográfico Nacional también publica el SIOSE a través de su visualizador de imágenes Iberpix, que permite ver y consultar la información asociada a los polígonos (<http://www.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>).

Muchos otros participantes en el proyecto SIOSE han publicado también geoservicios web de visualización con la información correspondiente a su ámbito geográfico. Estos servicios son accesibles desde los correspondientes geoportales de estas administraciones.

Fotografías de campo

Como parte de la comprobación en campo de los trabajos de producción del SIOSE se realizó un muestreo de puntos sobre el terreno. En cada uno de ellos se tomaron cinco fotografías georreferenciadas que completasen la vista de la vuelta de horizonte desde ese punto. Este banco de imágenes, de unas 250.000 fotografías de toda España, es otro producto, complementario, del SIOSE. Aporta una importante información gráfica del aspecto y paisajes de nuestro país.

Estas fotografías se pueden consultar y descargar desde los geoservicios web de SIOSE del Instituto Geográfico Nacional y mediante el visualizador geográfico Iberpix (<http://www.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>).

Documentación técnica, estadísticas y metadatos

Todas las características técnicas y aspectos formales del proyecto están documentados estructuradamente. Esta documentación técnica es un producto más de SIOSE como sistema de información y puede ser consultada y descargada en el portal web del proyecto (www.siose.es).

En este mismo portal están publicados los datos estadísticos de ocupación de suelo de España obtenidos con la realización de SIOSE. Estas estadísticas permiten tener una visión de conjunto del estado, en lo que a ocupación de suelo se refiere, de nuestro país en 2005 y, con la incorporación de datos de las futuras ediciones de SIOSE, irán conformando una serie temporal, en porcentajes y superficie ocupada por los distintos tipos de cobertura, que mostrará la evolución de la ocupación del territorio español.

Tanto el conjunto de datos que conforman SIOSE como los productos de información geográfica derivados de él (geoservicios web) han sido debidamente catalogados mediante metadatos siguiendo la normativa y recomendaciones europeas. Estos metadatos posibilitan las búsquedas eficientes en internet de la información geográfica publicada de SIOSE.

Aunque están incorporados como una parte más de la información geográfica del proyecto, los metadatos de datos y servicios pueden también considerarse como un producto en sí mismos.

Estos metadatos son accesibles a través del portal web del proyecto, del Centro de Descargas del CNIG, de los geoservicios web de visualización y están cargados en el servicio web estándar de catálogo de datos y servicios del Instituto Geográfico Nacional.

Segunda parte

METODOLOGÍA Y PROBLEMÁTICA

Autores principales:

Alfaro Bravo, Milagros
Castaño Fernández, Santiago
Colina Vuelta, Arturo
López De Coca Sánchez-Escribano, Enrique
Ruiz Gallardo, José Reyes
Sánchez Pérez, David
Villodre Carrilero, Julio

Introducción

Durante más de diez años dedicados a la elaboración de la cartografía de ocupación del suelo en Castilla-La Mancha y en otras zonas de España, hemos sido conscientes de la ausencia de manuales sobre esta tarea. Hoy intentamos, humildemente, plasmar en papel lo poco o mucho que hemos aprendido sobre este proceso. No es nuestra intención elaborar un documento exhaustivo, ni desarrollar los aspectos científicos del tema; intentamos simplemente construir un manual que pueda servir de ayuda a los profesionales que tengan que enfrentarse con los problemas que nos hemos encontrado durante estos años. Para que no cometan nuestros errores, aquí les ofrecemos nuestras reflexiones, experiencias y resultados, obtenidos en el desarrollo de diversos proyectos. De todos ellos, el Proyecto SIOSE ha sido sin duda el más ambicioso y complejo intento de plasmar cartográficamente la ocupación del territorio. Ha sido también el primero en abordar muchos aspectos novedosos en la cartografía de ocupación del suelo, por lo que ha permitido definir nuevos criterios en la metodología de elaboración de los mismos.

En Castilla-La Mancha se dan prácticamente todos los tipos de ocupación del suelo existentes en España, con una importante ausencia: aquellos relacionados con las costas. Para cubrir este vacío, hemos incorporado la experiencia del proyecto SIOSE en la Comunidad Autónoma de Asturias, región de características geomorfológicas, climáticas y de ocupación del suelo muy diferentes a las de Castilla-La Mancha. Con ambos escenarios cubrimos casi totalmente las diferentes clases de ocupación que pueden darse en el territorio español.

Esta segunda parte del libro es una obra conjunta, en la que hemos participado todos los autores de la misma, intentado huir del formato de capítulos temáticos independientes y especializados, que no reflejaría la complejidad e interdependencia que existe entre todos los aspectos de un levantamiento cartográfico como el que nos ocupa.

Tanto a lo largo de los años como durante la elaboración del texto, numerosas personas nos han ayudado y aportado magníficas ideas. A todos ellos, nuestro agradecimiento. Suyos son los aciertos y nuestros los errores que el lector pueda encontrar.

Aspectos previos

A la hora de plantear una metodología como la que nos ocupa, parece lógico iniciarla pensando de qué manera podemos organizar el proceso de producción para, cumpliendo con los requisitos técnicos y buscando el máximo nivel de calidad, reducir en lo posible el tiempo de ejecución y su coste.

En este nivel previo de organización, y siempre partiendo de nuestra experiencia, consideraremos dos aspectos que pueden condicionar todo el desarrollo posterior:

1. Las unidades básicas de trabajo y producción en las que se va a dividir la superficie a cartografiar.
2. La formación y especialización del equipo de fotointérpretes.

2.1. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES BÁSICAS DE TRABAJO (UBT)

Entendemos por **unidades básicas de trabajo (UBT)** al mínimo elemento de producción. Antes de comenzar el trabajo hemos de decidir qué tipo de unidades superficiales son las más adecuadas para que los fotointérpretes trabajen de una manera cómoda (con unidades demasiado pequeñas se invertiría excesivo tiempo en revisiones, topología, etc., y si son demasiado grandes, pueden tardar demasiado tiempo en finalizarlas, lo que puede ser contraproducente). Otro aspecto interesante a considerar es que estas unidades sean manejables con facilidad por las herramientas informáticas.

A este respecto podemos diferenciar dos planteamientos iniciales:

- A) *Considerar como unidades básicas grandes áreas del territorio, caracterizadas por una cierta homogeneidad de su cobertura*

En este caso, una labor preliminar sería la digitalización correcta y definitiva (en lo máximo posible) de grandes polígonos, con objeto de evitar futuras correcciones y las pérdidas de tiempo que supondrían. Para ello, sería recomendable utilizar como fronteras de estas

áreas elementos lineales fácilmente identificables que estén perfectamente definidos, como vías de comunicación, cursos de agua, etc., y que, a la vez, sean límites naturales de polígonos a digitalizar. Los límites administrativos o municipales no son recomendables porque en la mayoría de los casos, no presentan una diferencia lo suficientemente clara a uno y otro lado desde el punto de vista de la ocupación del suelo, por lo que no configuran límites de polígonos adecuados.

La mayor ventaja del uso de estas unidades reside en que elimina el problema de los casos entre diferentes unidades de trabajo, dado que sus límites coinciden con los límites de otros grandes polígonos adyacentes.

Podría pensarse que, soslayado el problema geométrico, el uso de áreas que presenten una homogeneidad de coberturas simplifica el proceso de identificación de las mismas y puede representar una mejora respecto al tiempo total. En nuestra opinión no es así, dado que la dificultad de digitalizar la geometría de los polígonos es tres veces superior a la de determinar y adjudicar su cobertura (véase el apartado 5.1.2 sobre el desarrollo de las hojas de trabajo).

B) Considerar como unidad básica de trabajo las hojas oficiales del MTN

A pesar de que los límites de las hojas del MTN no corresponden con ningún elemento de cobertura ni de geometría de la superficie, consideramos este planteamiento más operativo que el anterior y así lo hemos adoptado en nuestra metodología debido a las siguientes razones:

1. Permite una mejor organización del equipo (medida en términos de productividad) al contar cada fotointérprete con unidades de producción de la misma superficie.
2. Generalmente, la información de partida necesaria está disponible en un formato adaptado a hojas del MTN (véase el apartado 3.1.1 sobre la preparación de la información dentro de la metodología propuesta en el presente libro). Al coincidir nuestra unidad básica con ésta, se minimiza la cantidad de información que se debe desplegar en el software utilizado para las fases de digitalización y asignación de coberturas, mejorando la operatividad en el proceso productivo.
3. Las hojas del MTN son proporcionadas por el IGN y es la cartografía oficial del territorio, con lo que se asegura su correcta georreferenciación y calidad geométrica.
4. Se optimiza la elaboración de metadatos mediante la utilización de hojas del MTN, al ofrecer estas un marco oficial definido y preestablecido.

Experimentados los dos sistemas y analizadas ambas posibilidades de producción consideramos, en resumen, que:

- Las posibles ventajas del uso de grandes áreas homogéneas quedan minimizadas ante la dificultad de la selección y delimitación de las mismas y ante el hecho cons-

tatado de que atribuir coberturas representa menos de un tercio de la dificultad que conlleva delimitar correctamente la geometría (véase el apartado 5 sobre estadísticas y costes de producción).

- Una producción basada en la organización y distribución de tareas por hojas del MTN resulta más ordenada y homogénea.

Ante estas consideraciones, hemos optado y aconsejamos el uso de unidades de trabajo que coincidan con la delimitación de hojas del MTN.

2.2. FORMACIÓN DEL EQUIPO. ESPECIALIZACIÓN DE LOS FOTOINTÉRPRETES

Un equipo especializado en la elaboración de una cartografía de coberturas del suelo concreta y con unos requisitos determinados, tarda tiempo en conseguirse. De hecho, como se detallará en el apartado 5.1.1 (sobre el equipo humano y su período de formación), todos los técnicos fotointérpretes requieren un período de aprendizaje equivalente a la digitalización de cuatro hojas. Este es el tiempo medio determinado para alcanzar un nivel de producción medio.

En la elaboración de cartografía temática, podemos distinguir dos componentes principales: una geométrica (conjunto de líneas o polígonos que dividen el terreno en parcelas con una forma y superficie determinada en función de la información que queramos obtener de él) y otra semántica (que nos dará información sobre la cobertura que posee). Las dos están íntimamente relacionadas y su determinación en el proceso productivo nos obliga a escoger entre dos planteamientos iniciales que condicionarán todo el desarrollo metodológico posterior.

A) Configurar el equipo buscando la especialización de los fotointérpretes

De esta forma tendríamos técnicos que trabajarían la geometría de los polígonos y otros especializados en la identificación de las coberturas, la semántica. Dentro de estos últimos, si el proyecto es suficientemente grande, cabría la especialización en diferentes tipos de coberturas: Agrícolas, Forestales, Urbanas, etc.

Este planteamiento presenta la dificultad de disponer de un equipo técnico suficientemente grande y de un sistema de producción muy estructurado, de forma que los especialistas en semántica dispongan siempre de material digitalizado geométricamente sobre el que poder trabajar. El problema en este sistema surge cuando la opinión de un especialista en semántica respecto a los límites del polígono que se le ha entregado no coincide con la del especialista en geometría que lo ha digitalizado. Téngase en cuenta que la delimitación geométrica de un polígono debe hacerse en función de la homogeneidad de su cobertura.

B) Configurar el equipo formando a los fotointérpretes de modo generalista

De esta forma tendríamos técnicos que podrían trabajar y desarrollar cualquier etapa del proceso: desde la digitalización de la geometría y la semántica del polígono hasta la elaboración de los metadatos.

La experiencia nos ha mostrado que la fase de digitalización de los límites de los polígonos es inseparable de un proceso mental de interpretación y definición de la cobertura de cada polígono diferenciado. El fotointérprete, al digitalizar la geometría de un polígono (recuérdese que sus límites quedan marcados por la diferencia de coberturas), se adelanta en el proceso físico de producción y comienza a desarrollar un proceso automático de diferenciación e identificación de las coberturas existentes en la zona que está trabajando. Realmente, al determinar los límites geométricos de un polígono, está aprendiendo a diferenciar coberturas y determinando la semántica.

Este planteamiento es el que hemos adoptado y permite que el técnico, si en la fase de adscripción de coberturas encuentra alguna discrepancia con los límites del polígono, al ser el mismo quien los ha determinado, pueda aplicar fácilmente los nuevos criterios para modificarlos.

Metodología

La metodología que aquí se presenta (Figura 1) es producto de más de diez años de trabajo de un equipo que llegó a contar con 38 técnicos dedicados exclusivamente al levantamiento de la cartografía de ocupación del suelo en Castilla-La Mancha y otras zonas de España. Durante estos años y en la elaboración de diferentes proyectos hemos probado y descartado diversos procedimientos y metodologías, quedando la que aquí detallamos, como la que mejores resultados nos ha permitido alcanzar.

Su filosofía se apoya en dos principios básicos:

1. Hay que intentar siempre elaborar el mejor producto posible, incluso por encima de los niveles de calidad solicitados. De lo contrario, si el límite máximo de exigencia del trabajo se sitúa simplemente en el nivel exigido por el proyecto, es casi seguro que el resultado final estará por debajo del mismo.
2. Resulta más rentable dedicar tiempo y esfuerzos a corregir cualquier error en cuanto aparezca que esperar al final del proceso para intentar corregirlos todos juntos. Un error no detectado o permitido en las primeras fases, es seguro que generará nuevos errores asociados y lo que era sencillo corregir en un principio puede resultar irrealizable al final. Otro aspecto importante es la repercusión que este planteamiento tiene en la dinámica grupal que se genera en el equipo. El saber desde un primer momento que no se permite el avance en el proceso si existe un solo error, genera una dinámica de trabajo profesional y eficiente, muy distinta del planteamiento contrario.

La aplicación práctica de estas ideas se lleva a cabo mediante:

1. Un sistema de trabajo cooperativo, muy organizado y estructurado que fomente la responsabilidad compartida.
2. Un sistema de control de los resultados parciales obtenidos en cada fase.

3. Un necesario período de formación de los técnicos para que conozcan y se adapten al sistema.

Nuestro objetivo al detallar la metodología que aquí presentamos es doble:

- Por un lado, dotar a un posible Director de Proyecto de una descripción detallada de los pasos a seguir en la realización del mismo.
- Por otro, suministrar al técnico encargado de la producción una guía que detalle los pasos y herramientas necesarios para el desempeño de sus funciones en cada una de las fases del Proyecto de manera clara y sencilla.

El Director debe conocer, antes de abordar el trabajo:

- Los pasos a seguir.
- Los controles a aplicar.
- Los problemas, puntos críticos que pueden aparecer.
- Los plazos de ejecución.
- Los costes.

El técnico fotointérprete debe tener claro:

- La secuencia de procesos que debe acometer,
- Los posibles problemas de interpretación y su solución.

El esquema de trabajo de la figura posterior muestra el proceso desarrollado y aplicado en la ejecución del proyecto SIOSE, por ser el más complejo y el que permitió desarrollar todos los pasos. Como tal, puede ser aplicado en la elaboración de otros trabajos de carácter similar.

Como se puede observar en el esquema de la Figura 1, esta metodología se desglosa en seis fases:

– FASE I: Preparación de la información básica

Se integra la información de referencia básica para obtener la que denominamos *capa madre* sobre la que trabajar, es decir, aquella capa que constituye el punto de partida de nuestro trabajo. En función de la escala cartográfica definida para un determinado proyecto, se parte de información ya digitalizada que sirve como base para el trabajo al que nos enfrentamos. Esta primera fase del proceso tiene como finalidad localizar aquella información interesante para los objetivos marcados en nuestro proyecto y tratarla para adecuarla a las necesidades técnicas del mismo.

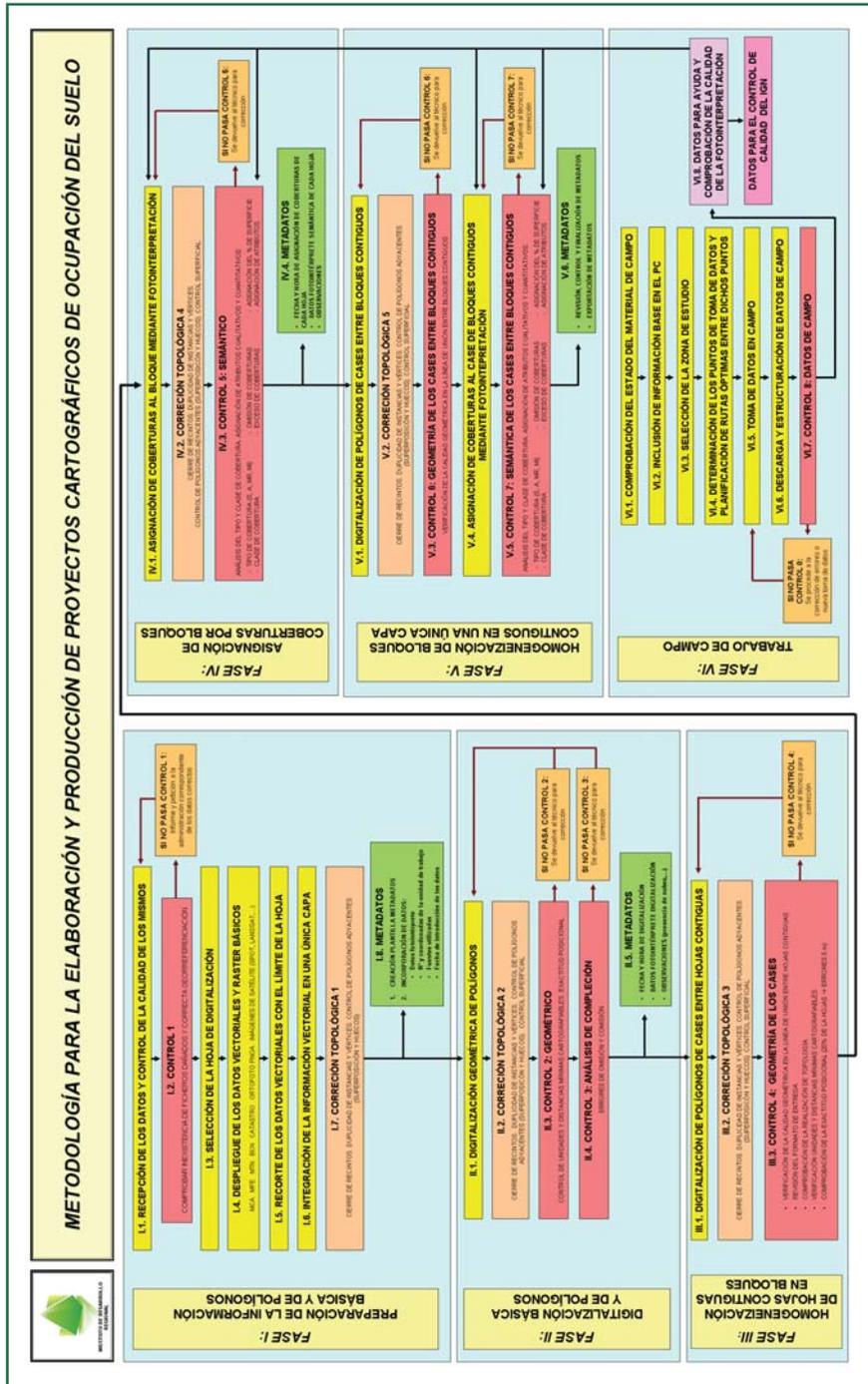


Figura 1: Diagrama de la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo.

– FASE II: Digitalización de polígonos

Se digitalizan todos aquellos polígonos de interés, siguiendo las especificaciones técnicas del proyecto. Una vez integrada toda la información existente y de interés para el desarrollo de nuestro proyecto en la mencionada *capa madre*, la labor consistiría en crear nuevos polígonos, modificar los existentes o eliminar aquellos que no interesen por tener una superficie insuficiente o demasiado grande, bien porque la distancia entre elementos lineales no sea la adecuada, bien porque se cometan errores geométricos, etc. Todos estos factores deberán venir relacionados en las características técnicas del proyecto que se lleve a cabo.

– FASE III: Homogeneización de hojas contiguas en bloques

Se unen varias Unidades Básicas de Trabajo (en nuestro caso hojas 1:25.000 del MTN) contiguas en un mismo bloque. Como ya hemos tratado en el apartado 2.1, cuando la cartografía a desarrollar tiene una extensión considerable, es conveniente dividir el trabajo en unidades más pequeñas que faciliten y mejoren el proceso productivo. Consideramos adecuado utilizar como base las mallas oficiales: 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000,... del IGN. Estas unidades básicas (hojas) son digitalizadas geoméricamente, pero no semánticamente. Antes de dar cobertura a los polígonos, se unen varias hojas elaboradas por un mismo fotointérprete en una unidad mayor que denominamos *bloque*.

– FASE IV: Asignación de coberturas por bloques

Se procede a asignar a cada polígono su cobertura correspondiente. Como explicaremos en el apartado 3.1, en nuestro caso, el mismo técnico es quien digitaliza la geometría de sus hojas y realiza la semántica de cada polígono de sus *bloques*.

– FASE V: Homogeneización de bloques contiguos en una única capa

Se unen todos los bloques y se completa la asignación de coberturas. Dado que hemos trabajado en unidades que dividen la realidad en parcelas de determinado tamaño, se deberá obtener finalmente una superficie continua, es decir, habrá que dotar de continuidad a aquellas líneas o polígonos más allá de los límites de su unidad de trabajo hasta completar la extensión de la que es objeto nuestro proyecto: municipal, regional, nacional, comunitario, etc.

– FASE VI: Trabajo de campo

Todo trabajo de gabinete sobre ocupación del suelo debe corresponderse con un trabajo de campo que compruebe en mayor o menor medida la realidad existente. Por este motivo se incluye también el procedimiento llevado a cabo en campo y que fue tenido en cuenta en las FASES IV y V anteriores, relacionadas con la asignación de coberturas.

Las FASES I a V se realizan en gabinete y son secuenciales, es decir, se desarrollan de forma progresiva desde la I hasta la V. La FASE VI (Trabajo de Campo), a pesar de su ordinal, no mantiene tal secuencia, siendo recomendable su finalización antes de iniciar las FASES IV y V, para que el fotointérprete pueda disponer de la información generada en campo durante el proceso de asignación de coberturas.

Esta estructuración del trabajo facilita el seguimiento y control del proceso productivo a diferentes niveles. Unida a la aplicación de controles de calidad internos (que se tratará en particular en cada una de las fases), aumenta la calidad del trabajo, evitando en la medida de lo posible la permanencia de errores que afectaran al desarrollo posterior.

A continuación se detalla cada una de las fases del procedimiento expuesto, tanto las llevadas a cabo en gabinete por el equipo de fotointérpretes (FASES I a V) como las correspondientes al trabajo de los técnicos de campo (FASE VI).

3.1. PRODUCCIÓN EN GABINETE. FASES I, II, III, IV Y V

Durante la etapa de producción en gabinete, los elementos esenciales son cuatro:

1. **Hardware:** dispositivo con el que el técnico interactúa para llevar a cabo operaciones cartográficas mediante teclado, ratón,... y que muestra la información en una pantalla. Habitualmente se identifica con un ordenador.
2. **Software:** paquete informático especializado en el desarrollo de labores cartográficas.
3. **Bases de datos:** consistentes en la representación digital de aspectos seleccionados de algún área de la superficie terrestre. Pueden dividirse en aquellas ya existentes y utilizadas como información de referencia o apoyo, y otras nuevas que se generan con el desarrollo de nuevos proyectos.
4. **Equipo humano:** encargado de realizar el trabajo encaminado a la producción y elaboración de productos cartográficos.

A lo largo de los años y de los diferentes proyectos hemos evaluado y descartado numerosas herramientas informáticas en función de las labores a desarrollar: Fruto de nuestra experiencia, podemos recomendar las siguientes:

- Para tareas de digitalización es útil utilizar *ArcView* (ESRI), aunque no sea un producto de última generación, por ser un programa robusto, sencillo e intuitivo, además de facilitar la programación de herramientas adaptadas a los requerimientos técnicos de cada proyecto e incorporables mediante extensiones.
- Para realizar las correcciones topológicas, *ArcInfo* (ESRI).
- En la asignación de coberturas, *gvSIG*, software libre de la Generalitat Valenciana.
- Como gestor de metadatos, *CatMDEdit*, una aplicación elaborada por el consorcio TelDE (Tecnologías para Infraestructuras de Datos Espaciales, formado por los grupos I+D de las universidades de Zaragoza, Jaume I de Castellón y la Politécnica de Madrid) junto a otras instituciones. Permite, por un lado, la gestión de metadatos de información geográfica proporcionando herramientas que facilitan su creación, manipulación y publicación; y, por otro, saber si el producto final se adecua a las necesidades técnicas preestablecidas en el desarrollo de un producto de estas características.
- Por último, en el caso del proyecto SIOSE, para el control de calidad, la herramienta específica generada por *GeoMedia* (Intergraph).

3.1.1. Fase I: Preparación de la información

Esta fase inicial del trabajo (Figura 2) se divide en los siguientes NIVELES:

- F.I.1. Solicitud y recepción de los datos.
- F.I.2. Control de los datos recibidos.
- F.I.3. Selección de la hoja de digitalización.
- F.I.4. Despliegue de los datos vectoriales y ráster básicos.
- F.I.5. Recorte de los datos vectoriales con el límite de la UBT.
- F.I.6. Integración de la información vectorial en una única capa.
- F.I.7. Corrección topológica.
- F.I.8. Elaboración de metadatos.

OBJETIVOS

Adquirir y adaptar la información de referencia necesaria para la ejecución del proyecto.

RECURSOS NECESARIOS

Hardware, software especializado, información ráster y vectorial (bases de datos oficiales) y equipo humano.

EQUIPO HUMANO

Establecimiento de relaciones entre el organismo oficial y el equipo técnico responsable de la ejecución del proyecto.

TAREAS A DESARROLLAR

1. Localizar y adquirir la información básica necesaria.
2. Adaptarla al software usado y comprobar que la información recibida es la correcta y que el nivel de calidad de la misma es el adecuado.
3. Preparar la unidad de trabajo con arreglo a la información recibida.
4. Elaborar una plantilla para los metadatos.



Figura 2: Diagrama de la Fase I: Preparación de la información y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo.

3.1.1.1. Fase I.1. Solicitud y recepción de los datos

En la ejecución de un proyecto cartográfico se debe partir de aquella información de referencia y apoyo temático que se considere oportuna (tanto de tipo ráster como vectorial) y que puede venir especificada en la memoria técnica del proyecto. Para ello se debe solicitar a los organismos o empresas correspondientes la información que se considere necesaria para conseguir los objetivos fijados en un primer momento.

En el caso del proyecto SIOSE se ha considerado como información ráster necesaria, la siguiente:

- *Imagen SPOT* (en formato .ecw): cobertura de imágenes de fusión P+XS de SPOT5 de 2.5 m de resolución espacial del territorio objeto de estudio, corregidas geométricamente, en el sistema geodésico de referencia ETRS89, con proyección UTM en el huso correspondiente. Dado que el objetivo del proyecto consistía en representar la realidad del territorio en un momento concreto, se utilizó una única fecha de referencia, el año 2005.

Estas imágenes de fusión se han proporcionado en cuatro bandas, denominadas B1, B2, B3 y B4. Con estas bandas se construyeron las siguientes combinaciones RGB:

COLOR NATURAL: B2; (5B1+B3+B4)/7; B1

PSEUDO COLOR NATURAL: B4; B3; B2.

Uniendo Color Natural y Pseudo Color Natural (al 50% cada una) se generó el denominado MOSAICO SPOT, que es el que se ha utilizado de forma habitual.

- *Imagen LANDSAT* (en formato .ecw): cobertura de imágenes del sensor TM (Landsat 5) suministradas con sus siete bandas, en el sistema geodésico de referencia ETRS89. Imágenes de primavera y otoño de 2005. Mediante las técnicas habituales de teledetección, se puede obtener información relevante sobre el territorio.
- *Ortofotos* (en formato .ecw): procedentes del PNOA, con 0.5 m de tamaño de píxel y una cobertura espacial por imagen de 1:10.000.

Respecto a la información vectorial, es conveniente disponer de:

- *Mapa Topográfico Nacional 1:25.000* (MTN25) o *1:50.000* (MTN50) (en formato .shp): mosaico del escaneado del MTN25 de la región objeto de estudio en el sistema geodésico y cartográfico correspondiente.
- *Bases Cartográficas Numéricas* (BCN) (en formato .shp), definidas como "conjunto de datos concebido y orientado para su carga en un Sistema de Información Geográfica (SIG), que contiene toda la información relevante representada en la cartografía del IGN a la misma escala" (Ministerio de Fomento, www.fomento.es). En la BCN25 encontramos información representada en el Mapa Topográfico Nacional 1:25.000

tal como: autopista, autovía, carretera, ejes de autopistas, autovías y carreteras, ferrocarril y ejes de ferrocarril, estanque, laguna, embalse, etc.

- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MCA) (en formato *.shp*): dividido en hojas 1:50.000.
- Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE) (en formato *.shp*): dividido por provincias.
- Hojas MTN25 (en formato *.shp*): malla de límites de hoja 1:25.000 en el huso correspondiente.
- Límites CC. AA. (en formato *.shp*): límites de las CC.AA. en el huso correspondiente.
- Límites Provinciales (en formato *.shp*): límites de las provincias en el huso correspondiente.
- Urbana (en formato *.shp*):
 - Límites vigentes de cada núcleo de población.
 - Ejes vigentes de cada núcleo de población.
- Vivienda (en formato *.shp*):
 - Áreas urbanas de más de 50.000 habitantes.
 - Grandes Aglomeraciones.
 - Municipios urbanos de menos de 50.000 habitantes.

3.1.1.2. Fase I.2. Control de los datos recibidos

Una vez reunida la información de base es necesario considerar algunos elementos que suelen ser causa de algunas demoras en la puesta en marcha del proyecto. Por un lado, tenemos los formatos en los que la información es recopilada, que puede no ser compatible con los programas que estemos usando, o si lo es, debe ser convertido en el formato de nuestro software para manipularlo con mayor facilidad. En el caso de no ser compatible es necesario buscar programas-pasarela que sean capaces de transformarlos en el formato de nuestro programa o, como alternativa, en otro intermedio que pueda ser abierto por nuestros paquetes informáticos. En estas transformaciones es muy importante vigilar la calidad del producto final ya que, en algunos casos, puede perderse información o verse alterada.

En esta línea, otro problema frecuente es la disparidad en la proyección que tienen las distintas cartografías digitales que estemos utilizando. Es necesario comprobarla y llevar todas a una común, de modo que se hagan completamente superponibles.

Si se trata de un proyecto cartográfico de gran escala, alguno de los principios básicos, que se han debido de tener en cuenta son:

- Emplear el sistema geodésico ETRS89, según las recomendaciones dictadas por el Consejo Superior Geográfico, atendiendo a los requisitos determinados por la Directiva Europea INSPIRE.
- Como sistema de representación cartográfica utilizar el oficial: Proyección Con-

forme Universal Transversa de Mercator (UTM) establecida como reglamentaria por la Directiva Inspire y por el Decreto 2303/1970, referida al huso correspondiente.

3.1.1.3. Fase I.3. Selección de la hoja de digitalización

Para afrontar cualquier proyecto de cartografía temática resulta útil dividir el trabajo en unidades básicas de trabajo, de entidad acorde con la escala de referencia. Como ya hemos comentado en el apartado 2.1, consideramos conveniente trabajar por hojas, según la malla oficial del MTN que mejor se ajuste a la escala del proyecto. Esto permite dividir el trabajo entre diferentes técnicos fotointérpretes en función de las características y los niveles de dificultad de las hojas. A medida que se finalice con la digitalización de la geometría de estas hojas y las adyacentes, deberán agruparse para realizar lo que denominamos *case de hojas*, es decir, homogeneizar los límites entre hojas para configurar los *bloques*.

3.1.1.4. Fase I.4. Despliegue de los datos vectoriales y ráster básicos

Definido nuestro marco de trabajo (la hoja escogida) procederemos seguidamente a visualizar, con las herramientas informáticas que utilicemos, toda la información de la que disponemos para realizar nuestro cometido. Es conveniente utilizar como base la información vectorial que ya dispongamos y que se ajuste lo mejor posible a los objetivos de nuestro trabajo. De esta forma construiremos una capa que denominamos *capa madre*, que será la base sobre la que empezar a trabajar.

Dos capas de información vectorial importantes en España que deben ser tenidas en cuenta para este fin son las correspondientes al Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MCA) y al Mapa Forestal de España (MFE). En función de la cobertura que predomine en el territorio, ya sea agrícola o forestal, podremos utilizar una u otra información como punto de partida.

En el caso de la existencia de información redundante seleccionaremos aquella que nos aporte mejor información, o bien aquella que se ajuste mejor a las exigencias técnicas de nuestro proyecto.

3.1.1.5. Fase I.5. Recorte de los datos vectoriales con el límite de la UBT

Es muy probable que la información vectorial de partida exceda los límites de nuestra unidad de trabajo, por ello, el paso siguiente es adecuar la información seleccionada con la forma de nuestro marco de trabajo (hoja MTN), es decir, seleccionar únicamente aquella información que esté contenida en los límites de este marco. Esta acción es fácil

de realizar gracias a las opciones que actualmente ofrece cualquier software SIG. El proceso se desarrolla superponiendo el límite oficial de nuestra hoja sobre, por ejemplo, el MCA o MFE, obteniendo así una nueva capa de información vectorial con la forma de nuestro marco.

En este punto debemos asegurarnos que nuestro marco dispone de continuidad geométrica, es decir, que no presenta huecos de ningún tipo (con la excepción de aquellos que excedan los límites de nuestra zona de estudio), ya que esta información será la que nos servirá de base para crear nuestra *capa madre*. Si se da el caso de presentar huecos o zonas sin continuidad geométrica, se procederá a corregirlos mediante digitalización, obteniendo así una superficie continua en toda nuestra unidad de trabajo.

Esto último no será tenido en cuenta para aquellos elementos de la BCN que nos resulten interesantes para incorporarlos a nuestra *capa madre* como: vías de comunicación, ríos, lagos, límites oficiales de núcleos urbanos, etc.

3.1.1.6. Fase I.6. Integración de la información vectorial en una única capa

El proceso descrito hasta ahora se repite con toda aquella información de interés, obteniendo así diferentes capas que se integran en la que denominaremos *capa madre*. Esto se realiza por medio de un proceso de actualización basado en la superposición ordenada de capas, que impide pérdida de información, según la siguiente jerarquía:

1. Hidrología.
2. Vías de comunicación:
 - 2.1. Ferrocarril.
 - 2.2. Carreteras.
 - 2.3. Autovías.
 - 2.4. Autopistas.
3. Límites urbanos.
4. Ejes urbanos.

Esta jerarquía de información se explica por el proceso de actualización en sí mismo: dado que la finalidad de esta operación consiste en incorporar información por capas una sobre otra sin perder información, es lógico pensar que las vías de comunicación se disponen en el terreno sobre la hidrología, o que los ejes de las calles se encuentran dentro de los límites urbanos o superpuestos a estos. Procediendo de esta manera, no perderemos información.

Con todo lo detallado obtendremos la *capa madre* definitiva, es decir, aquella que contiene toda la información geométrica que hemos determinado como interesante para nuestra unidad de trabajo (hoja MTN).

3.1.1.7. Fase I.7. Corrección Topológica

Integrada toda la información inicial en una única capa, es necesario depurar los datos por medio de correcciones topológicas que eliminen posibles errores como recintos abiertos, duplicidad de instancias y vértices o la existencia de polígonos superpuestos y huecos.

Debido a la incorporación de diversas capas en una sola, cada una de ellas con su propia geometría y escala, es muy probable que se hayan generado multitud de micropolígonos inútiles. Si en las especificaciones técnicas del proyecto se determina una superficie mínima cartografiable, es interesante (para agilizar las labores de digitalización y mejorar la capa obtenida) eliminar todos aquellos polígonos menores a esa superficie mínima, con la excepción de aquellos que lindan con los límites de nuestra unidad de trabajo, ya que éstos pueden tener continuidad en las unidades adyacentes y podrían superar la extensión mínima.

Por otro lado, trabajar con polígonos evita cometer errores del tipo "arco colgante" con extremos libres (que surgen al digitalizar por medio de líneas y no mediante polígonos). No obstante, y por medio de una corrección topológica a este nivel, se resolverán problemas de anclajes, puntos superpuestos y repetidos o bucles en elementos perimetrales.

3.1.1.8. Fase I.8. Elaboración de metadatos

Según la norma ISO 19115:2003 sobre los metadatos en la información geográfica, reflejada en el *Manual de Metadatos v1.3* proporcionado por el IGN para el desarrollo del proyecto SIOSE, "los metadatos proporcionan información acerca de los datos. Describen un producto permitiendo conocer toda la información necesaria para saber si éste se adecua a unas necesidades determinadas". En síntesis, se trata de recoger la información base utilizada para elaborar el producto.

Una vez preparada nuestra unidad de trabajo (UBT, hoja MTN), se procederá a la elaboración de los metadatos introduciendo toda la información sobre aquellos datos que hasta este momento se han empleado. Si hubiera que realizar metadatos de cada una de nuestras unidades de trabajo, se podría utilizar una plantilla fuente que sirviera como modelo y en la que se introducirían los datos comunes para todas las hojas, como pueden ser los datos de contactos o las fuentes utilizadas (para ir eliminando aquellas no utilizadas según la hoja correspondiente), ahorrando así tiempo en la elaboración de metadatos de otras hojas.

A este respecto, el gestor de metadatos recomendado por el Consejo Superior Geográfico es el denominado *CatMDEdit*, presentado en el apartado 3.1 sobre la producción en gabinete.

Los datos a incorporar en esta fase (Figura 3, Figura 4 y Figura 5) son los correspondientes a:

1. Fecha de creación del metadatos.
2. Número y coordenadas de la hoja oficial definida como unidad de trabajo.

3. Nombre del técnico editor de la hoja.
4. Aquellos datos que hacen referencia a las fuentes utilizadas en la elaboración de la hoja (fecha de imágenes, escalas y año de elaboración de la información vectorial, ...).

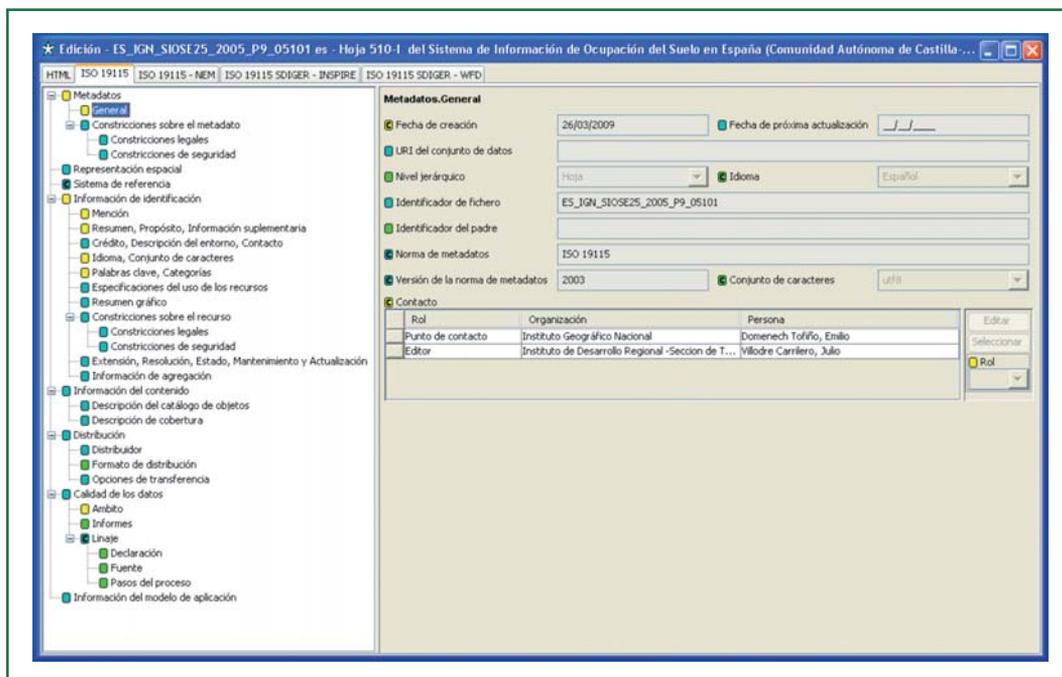


Figura 3: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observa la fecha de creación de metadatos, la hoja 1:25.000 que representa la unidad de trabajo (en este caso la hoja H0510-1) y el técnico editor de la misma.

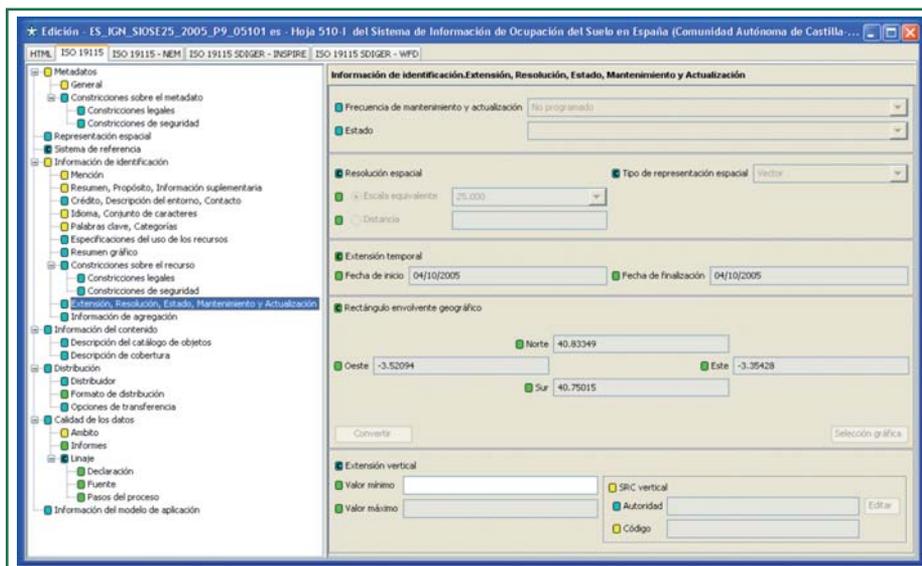


Figura 4: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observan las coordenadas de la hoja oficial definida como unidad de trabajo (en este caso la H0510-I).

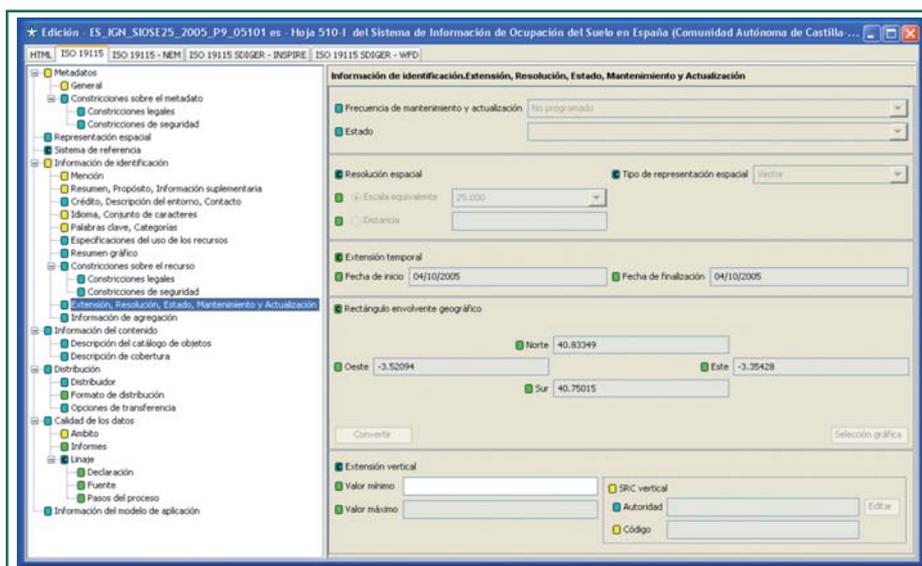


Figura 5: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observan la fecha en la que se ejecutó la fase de incorporación de datos, el técnico encargado de hacerla y las fuentes utilizadas como información de referencia en la elaboración de la hoja H0510-I.

3.1.2. Fase II: Digitalización por hojas

En esta fase del trabajo (Figura 6) se distinguen los siguientes NIVELES:

- F.II.1. Digitalización geométrica de polígonos.
- F.II.2. Corrección topológica.
- F.II.3. Control geométrico.
- F.II.4. Análisis de compleción.
- F.II.5. Elaboración de metadatos.

OBJETIVO

Digitalizar las unidades de trabajo (hojas MTN) en función de las especificaciones técnicas del proyecto.

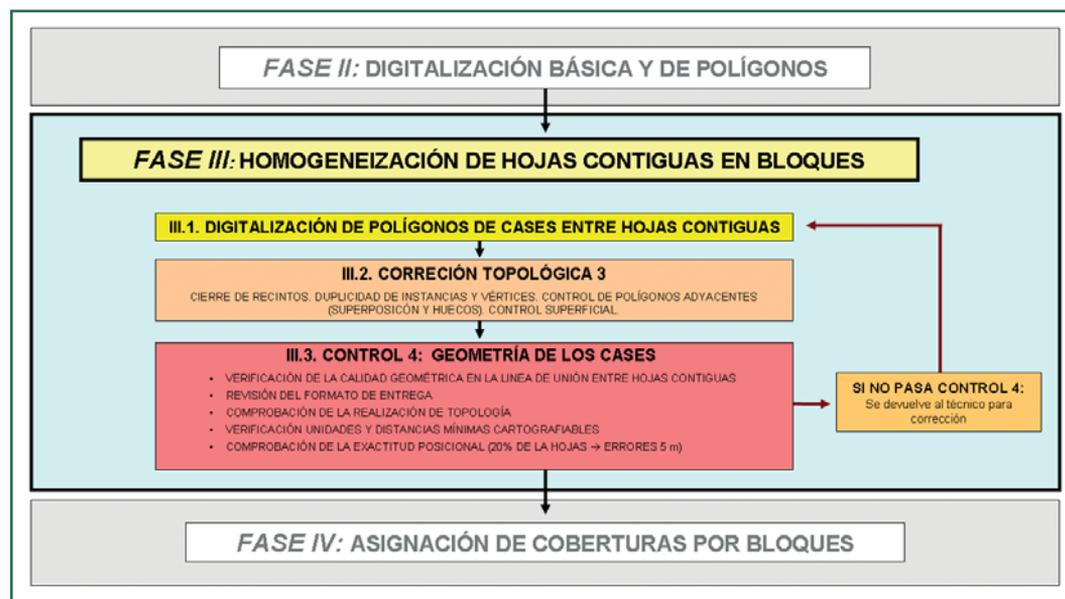


Figura 6: Diagrama de la Fase II: Digitalización básica y de polígonos y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo.

RECURSOS NECESARIOS

Hardware, software especializado en tareas de digitalización, producto de la FASE I y equipo humano ya formado.

EQUIPO HUMANO

Técnicos fotointérpretes y equipo responsable del control de calidad interno.

TAREAS A DESARROLLAR

1. Digitalización de las hojas por parte del técnico fotointérprete.
2. Control de calidad por hojas en función de los requerimientos técnicos propios del proyecto a desarrollar.
3. Elaboración de metadatos.

3.1.2.1. Fase II.1. Digitalización geométrica de polígonos

Obtenida la *capa madre*, que contiene toda la información de partida que consideramos interesante en nuestra unidad de trabajo, se inicia una de las fases más importantes, la correspondiente a la digitalización de la geometría de la hoja.

Durante el proceso se tendrán siempre presentes las características geométricas que el proyecto exija, como:

- Error máximo admisible de digitalización.
- Superficies mínimas digitalizables.
- Escala óptima y máxima de visualización para digitalización. Deberá ser la adecuada para evitar digitalizar a una escala de mayor precisión que la requerida, lo que conllevaría pérdidas de tiempo innecesarias.

Todas ellas tendrán que ser tenidas en cuenta durante el proceso de digitalización.

En el caso de que los polígonos provenientes de la capa madre presenten errores, estos deberán corregirse de acuerdo con la nueva información.

3.1.2.2. Fase II.2. Corrección topológica

Tras la digitalización completa de la geometría de la hoja se procede a una nueva corrección topológica que elimine los posibles errores derivados del propio proceso de digitali-

zación: cierre de recintos; duplicidad de instancias y vértices; control de polígonos adyacentes (evitando superposiciones y huecos) y control superficial.

En el proceso de digitalización se producen ediciones de capas, creación de entidades, eliminación de otras, movimientos de vértices y nodos, etc., que pueden (y de hecho lo hacen) ocasionar errores como los referidos en la capa en la que se esté trabajando sin que seamos conscientes de ello. Con esta corrección topológica se pretende obtener una hoja libre de errores geométricos.

En relación al control superficial, éste se realizará en aquellos proyectos en los que, bien por el nivel de apreciación, por la escala empleada o por sus prescripciones técnicas, se determine un tamaño de polígono mínimo. Puede realizarse por medio de herramientas específicas que seleccionen aquellos polígonos menores a cierto tamaño, despreciando posteriormente los situados en los límites de nuestra hoja, puesto que pueden tener una superficie superior a la mínima al tener continuidad en hojas colindantes.

3.1.2.3. Fase II.3. Control geométrico

Finalizada la digitalización por parte del técnico, y antes de que la hoja realizada continúe el proceso de elaboración, su trabajo ha de ser evaluado por el responsable del control de calidad geométrico en función de los siguientes criterios:

- **Control de unidades cartografiables:** en el caso de contar con superficies mínimas digitalizables, se deberá comprobar que no existen polígonos con superficie inferior a la mínima, salvo en los límites de nuestra unidad de trabajo, ya que tendrán continuidad en hojas adyacentes y podrían cumplir con esta norma.
- **Control de distancias mínimas cartografiables:** al determinar una escala de referencia, se condiciona también la tolerancia gráfica. Este control hace referencia a la distancia entre elementos lineales para que a la escala de referencia se observe como dos líneas y no como una sola.
- **Exactitud posicional:** determinando la escala de referencia y la tolerancia gráfica se definirá un error máximo admisible.

El procedimiento a seguir es sencillo: en caso de que se adviertan errores al aplicar alguno de estos criterios, la hoja debe revisarse. Para ello no es necesario un control exhaustivo que revise todos los polígonos; si al hacer un muestreo aparece un solo error, la hoja vuelve al técnico que la ha elaborado, que es quien debe responsabilizarse de su exactitud y corrección. A partir de este momento, la hoja en proceso de elaboración llevará siempre adjunta una *hoja de ruta* (Figura 7 y Figura 8) que la acompañará durante todo el proceso. En ella constarán todas las incidencias, devoluciones, controles, errores, etc., ocurridos durante el proceso de elaboración.

HOJA DE RUTA				FASE GEOMETRÍA <input type="checkbox"/>										
				FASE COBERTURA <input type="checkbox"/>										
El presente documento representa mi compromiso de que he realizado las comprobaciones que a continuación indico.														
TÉCNICO/A														
BLOQUE		SPOT	FECHA											
HOJA Nº		Versión	HORA											
1	Nº polig.	Al aplicar la herramienta de verificación de topología, ¿se seleccionan polígonos con diferente superficie?			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
	POL.shp	En caso afirmativo indicar...			Nº polígonos con diferencia de área									
	POL.arc				Nº polígonos huecos									
2	¿Se trata de una hoja limítrofe?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	En caso afirmativo, ¿has comprobado que los polígonos tienen continuación más allá de los límites de C-LM?		Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
3	¿Existen vías de comunicación?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	En caso afirmativo, indicar de qué tipo son											
			Vías férreas <input type="checkbox"/>	Carr. RIGE <input type="checkbox"/>										
			Autovías / autopistas <input type="checkbox"/>	Carr. 2º orden <input type="checkbox"/>										
			Carr. 1er orden <input type="checkbox"/>	Otras <input type="checkbox"/>										
4	¿Has realizado los cases con las hojas o bloques limítrofes? En caso afirmativo indica cuáles son	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	<table border="1"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>											
5	Superficies mínimas digitalizables	Superficie		Nº de polígonos	Revisados									
		< 0.5 ha			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
		< 1.0 ha			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
		< 2.0 ha			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
6	¿Existen polígonos multiparte?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Nº de polígonos		Revisados									
					Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>									
7	¿Existen polígonos con pasillos inferiores a 15 m?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	En caso afirmativo, indicar...	Tipo		Nº								
				Por vías de comunicación <input type="checkbox"/>										
				Por vegetación de nbera <input type="checkbox"/>										
				Por hidrología <input type="checkbox"/>										
				Otros <input type="checkbox"/>										
		Total												
8	Campos obligatorios que deben aparecer en la tabla de atributos del shape													
	PREDETERMINADOS		NUEVOS (a crear por el técnico)											
	AREA <input type="checkbox"/>	PERIMETER <input type="checkbox"/>	GUID_SIOSE <input type="checkbox"/>	COMPROBADO <input type="checkbox"/>	OBSERVACIO <input type="checkbox"/>									
	NOTA: Los campos a crear se nombrarán en MAYÚSCULAS y serán de tipo String (cadena alfanumérica) con longitud 50 para GUID_SIOSE y 25 para el resto													
NOTA IMPORTANTE: Una vez rellenado se entregará al responsable de sala firmado junto con la hoja SIOSE														
Fdo: _____														

Figura 7: Anverso de la hoja de ruta que el técnico debía rellenar y entregar junto con la hoja digitalizada para su control de calidad interno. En ella se observan los pasos que se debían seguir ordenadamente desde el 1 hasta el 8.

DEVOLUCIÓN			
Nombre			
Fecha			
Nº revisión	1	2	3
MOTIVO			

Figura 8: Reverso de la hoja de ruta, donde el responsable del control de calidad interno expondrá los motivos de la devolución de la hoja al técnico en caso de que se debieran corregir errores.

Esta hoja de ruta tiene dos objetivos fundamentales:

1. Servir como **control de calidad individual**, asegurando que se cumplen las especificaciones técnicas del proyecto si las tuviera (como superficies mínimas digitalizables, distancia mínima entre elementos lineales, etc.). Permite que el técnico conozca su nivel de producción, que errores comete y cuáles supera, mejorando de esta manera el desarrollo del proceso productivo.
2. Servir como **guión** al técnico, indicándole en todo momento en qué paso del proceso se encuentra. Al estar la ficha dividida en etapas numeradas, ayuda al técnico a orientarse durante el trabajo.

En cuanto a la nomenclatura empleada para definir los archivos de las unidades de trabajo a entregar por los fotointérpretes, se puede tomar como norma utilizar el nombre de la hoja y su versión de trabajo. Así, para una unidad correspondiente a una hoja hipotética H9999-IV del MTN, se nombraría como 99994, y las posteriores versiones como 99994_1, 99994_2, etc. Para el caso de los bloques se podrían nombrar del modo *Bloque99* para indicar el bloque número 99 (empleando tantos dígitos numéricos como se estime oportuno) y, para las versiones *Bloque99_1*, *Bloque99_2*, etc.

3.1.2.4. Fase II.4. Análisis de compleción

Según la norma ISO 19113 sobre Principios de la Calidad en la Información Geográfica (IG), que tiene por objetivo *establecer los principios para describir la calidad de un conjunto de datos e informar sobre la misma*, uno de los elementos de la calidad de una Base de Datos Geográfica (BDG) es la *compleción*, consistente en describir los errores de omisión/comisión en los elementos, atributos y relaciones (Ariza y García, 2008).

Estos errores de comisión y omisión se definen como la presencia en la BDG de elementos que no deberían estar presentes o la ausencia de otros que sí deberían estarlo, respectivamente (Ariza y García, 2008).

Desde el punto de vista de la digitalización de nuestra hoja se podría entender como *error de comisión* la digitalización de elementos que, en función de las especificaciones técnicas del proyecto, no deberían haberse digitalizado. Por otro lado, se entiende *error de omisión* la no digitalización de elementos que, según los requisitos del proyecto, sí deberían haberse digitalizado.

En función de estos dos controles (ver los pasos II.3 y II.4 mostrados en la Figura 6), realizados por el responsable del control de calidad geométrico, se determinará si la unidad de trabajo es apta o no para continuar con el proceso. En caso negativo, se devolverá con su *hoja de ruta* al técnico para que revise y corrija los posibles fallos.

El control realizado por el equipo técnico tratará de localizar, no sólo aquellos errores establecidos por las prescripciones técnicas, sino también los errores sistemáticos de digitalización, para evitarlos en el futuro, en la medida de lo posible. En caso de encontrar errores generales o comunes, se expondrán y tratarán en una reunión, con el objetivo de que todos los fotointérpretes los conozcan y puedan así corregirlos o evitarlos. Se entiende que a partir de esa reunión, esos errores no deben volver a aparecer de forma generalizada.

3.1.2.5. Fase II.5. Elaboración de metadatos

Finalizada la hoja en su aspecto geométrico, el fotointérprete debe introducir en los metadatos (Figura 9) la información de: fecha y hora de digitalización, datos del fotointérprete que ha desarrollado el trabajo y, si fuera oportuno, observaciones en caso de que existiese algún tipo de dificultad añadida (por ejemplo, presencia de nubes en la imagen SPOT, etc.).

3.1.3. Fase III: Homogeneización de hojas contiguas

En esta fase del trabajo (Figura 10), se distinguen los siguientes NIVELES:

- F.III.1. Digitalización de polígonos de cases entre UBT contiguas.
- F.III.2. Corrección topológica.
- F.III.3. Control geométrico de los cases.

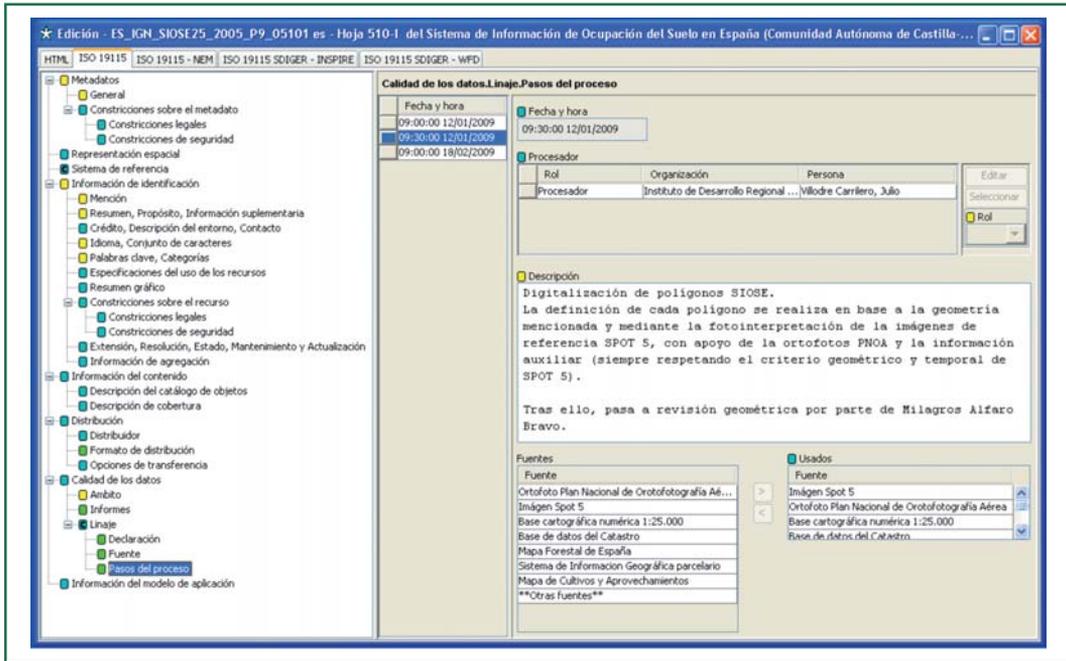


Figura 9: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observan la fecha en la que se ejecutó la fase de digitalización, el técnico encargado de hacerla y las fuentes de información utilizadas para la elaboración de la hoja H0510-I.

OBJETIVO

Formar bloques de hojas contiguas dando continuidad a los polígonos limítrofes de bordes adyacentes.

RECURSOS NECESARIOS

Hardware, software especializado en tareas de digitalización, producto de la FASE II y equipo humano.

EQUIPO HUMANO

Técnicos fotointérpretes y equipo responsable del control de calidad interno.

TAREAS A DESARROLLAR

1. Digitalización del case entre hojas por parte del equipo técnico, cumpliendo los requerimientos del proyecto y guardando continuidad geométrica, asegurando la ausencia de escalones entre una hoja y su vecina.
2. Control de calidad sobre la geometría de los cases realizados por el equipo técnico.
3. Elaboración de metadatos.

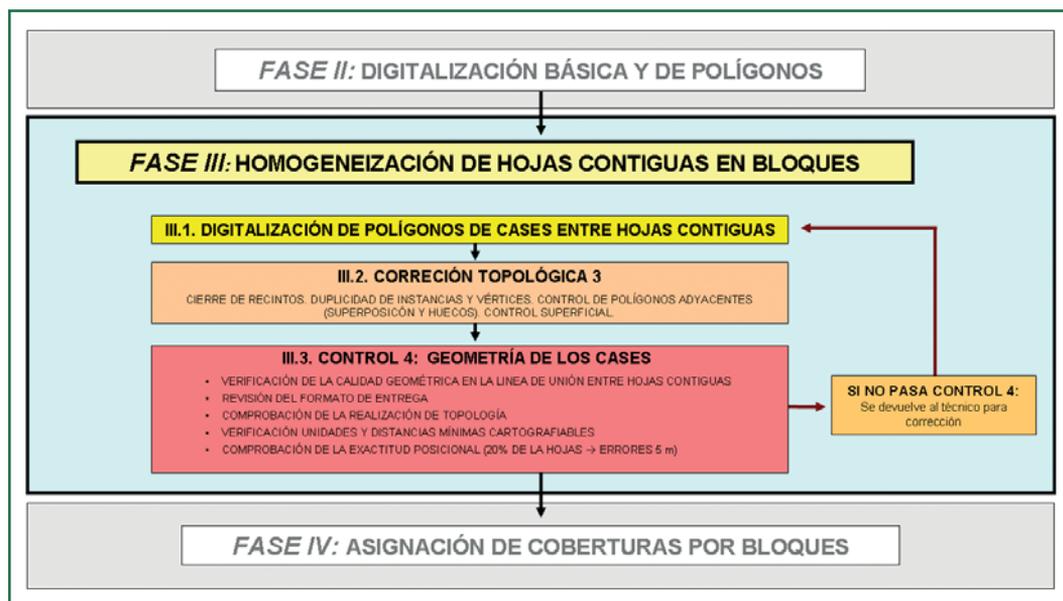


Figura 10: Diagrama de la Fase III: Homogeneización de hojas contiguas en bloques y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo.

3.1.3.1. Fase III.1. Digitalización de polígonos de cases entre UBT contiguas

Puesto que esta metodología considera la integración de las coberturas en bloques en lugar de hojas individuales (véase el punto 3.1.4.1, sobre la asignación de coberturas a un *bloque*), cuando se obtiene un número determinado de hojas adyacentes que han pasado el preceptivo control de calidad interno, se procede a la homogeneización de las mismas en lo que denominamos *bloque*. El proceso consiste en incorporar en una sola capa (*bloque*) la información geométrica de varias hojas, uniendo los polígonos limítrofes con sus adyacentes, eliminando los marcos de las hojas y dando continuidad a la capa.

Se debe tener especial cuidado en la continuidad de líneas de aquellos polígonos presentes en varias hojas para evitar escalones o líneas geométricas extrañas derivadas de la unión de este tipo de polígonos (Figura 11).

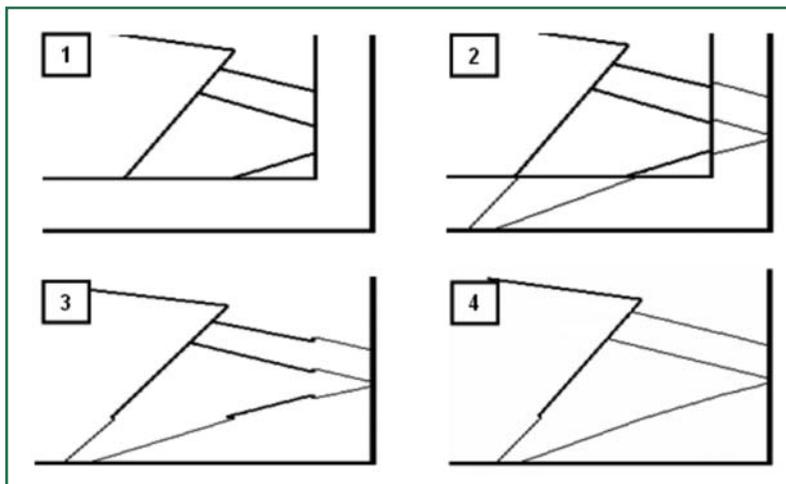


Figura 11: Esquema de la resolución del case entre líneas para evitar la formación de escalones o líneas geométricas extrañas que pueden formarse durante la unión de polígonos.

De la misma manera que para realizar la digitalización de un *bloque* de hojas el fotointérprete debe tener en cuenta la continuidad de los polígonos entre sus hojas, es conveniente que los situados en los bordes de su *bloque* también la tengan con los de *bloques* adyacentes. Para ello, seguiremos un proceso de adaptación a los que ya estén realizados y validados. Es decir, cuando un fotointérprete finaliza su *bloque* y debe unirlos con los adyacentes, si éstos se encuentran finalizados y validados por el control de calidad, el fotointérprete deberá ajustarse a ellos. En los casos de dos *bloques* que se encuentren ambos en proceso de digitalización, serán los fotointérpretes los que deberán ponerse de acuerdo para respetar la continuidad de los polígonos. De esta manera, se agiliza la homogeneización posterior entre *bloques* para generar la capa final continua.

3.1.3.2. Fase III.2. Corrección topológica

Tras completar el *bloque* se procede a una nueva corrección topológica para eliminar los posibles errores generados en la homogeneización de las hojas (véase el apartado 3.1.1.7 sobre la corrección topológica).

3.1.3.3. Fase III.3. Control geométrico de los cases

Para realizar el control de calidad interno, se aplicarán los siguientes criterios:

- *Verificación de la calidad geométrica en la línea de unión entre hojas contiguas:* comprobando la exactitud geométrica de dichas líneas.
- *Revisión del formato de entrega:* debiendo cumplir con las especificaciones internas adoptadas (véase el apartado 3.1.2.1, donde se muestran algunas características a tener en cuenta).
- *Comprobación de la realización de topología:* revisión de la hoja de ruta y ausencia de errores topológicos.
- *Verificación de las unidades y distancias mínimas cartografiables,* en el caso de que se hayan especificado (véase apartado 3.1.2.1).
- *Comprobación de la exactitud posicional:* verificando la proximidad de la posición de los elementos del polígono con respecto a su posición verdadera o asumida como verdadera.

Una vez finalizado el control de calidad interno de esta fase, si no fuera positivo, se devolvería al técnico, especificando en la hoja de ruta la tipología de los errores detectados, a fin de que los corrija. Solamente tras superar éste, se continuará con la siguiente fase (asignación de coberturas).

3.1.4. Fase IV: Asignación de coberturas

En esta fase del trabajo (Figura 12) se distinguen los siguientes NIVELES:

- F.IV.1. Asignación de coberturas al bloque mediante fotointerpretación.
- F.IV.2. Corrección topológica.
- F.IV.3. Control semántico.

OBJETIVO

Asignar semántica (tipo y clase de cobertura) a los polígonos digitalizados en un bloque constituido por varias hojas.

RECURSOS NECESARIOS

Hardware, software, productos de la FASE III y equipo humano.

En función de la complejidad del modelo de datos, el software necesario para la ejecución de esta fase puede ser más o menos complejo. En el caso del proyecto SIOSE en Casti-

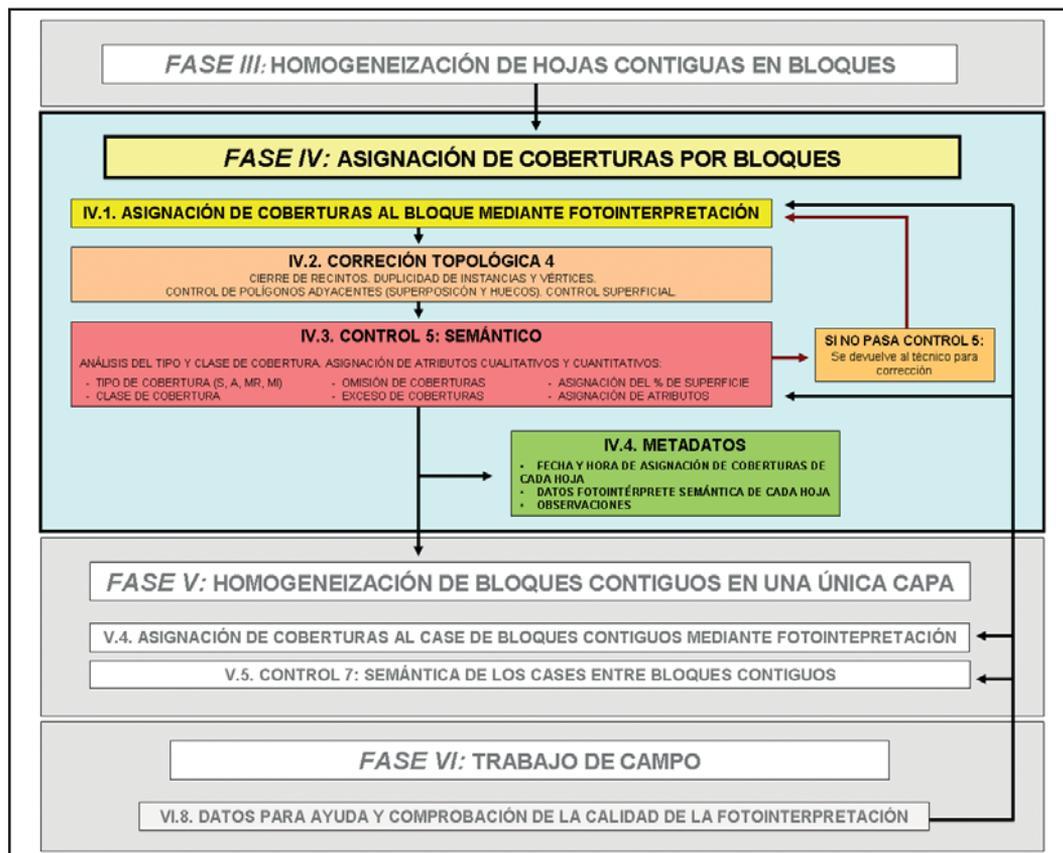


Figura 12: Diagrama de la **Fase IV: Asignación de coberturas por bloques** y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo.

Ila-La Mancha, se trabajó con la aplicación *AppSIOSE* desarrollada por la Universidad de Zaragoza y que, por medio de *gvSIG*, interconectaba la base de datos en formato *.mdb* de Access con nuestro fichero *.shp*.

EQUIPO HUMANO

Técnicos fotointérpretes y equipo responsable del control de calidad interno.

TAREAS A DESARROLLAR

1. Determinación de la cobertura de cada uno de los polígonos e inserción en la aplicación informática.

2. Control del nivel de calidad.
3. Elaboración de metadatos.

3.1.4.1. Fase IV.1. Asignación de coberturas al bloque mediante fotointerpretación

Tras la fase anterior, en la que se obtiene como resultado un bloque formado por varias hojas perfectamente casadas geométricamente, se procede a la asignación de coberturas. Aquí se incorpora la cobertura que mejor representa la ocupación del suelo en cada polígono de las dadas por la leyenda del proyecto.

En nuestra metodología de trabajo, entendemos que la asignación de coberturas se debe dar únicamente a *polígonos definitivos* en su geometría, por lo que la situación óptima sería dar coberturas únicamente cuando toda la zona del proyecto estuviera digitalizada geométricamente. Esto no resulta viable en el caso de grandes superficies, por lo que es necesario encontrar un equilibrio. Veamos tres opciones:

1. Suponiendo que dicho polígono debiera ser modificado por presentar errores de digitalización, es muy probable que la cobertura también debiera ser modificada, por lo que el tiempo invertido en corregir errores de este tipo resultaría excesivo.
2. Otra forma de entender la asignación de coberturas sería por hojas. En este caso, todos los polígonos de borde, aquellos que lindan con los límites de nuestra hoja, quedarían sin cobertura por la razón de que no son definitivos, sino que tienen continuidad en hojas adyacentes. Asignar coberturas a este tipo de polígonos lleva implícito el riesgo de que en las hojas adyacentes aparezcan elementos distintos a tener en cuenta, por lo que habría que modificar la cobertura inicialmente asignada. Por otra parte, y dado que la metodología expuesta considera el empleo de diferentes programas informáticos para cada tipo de fase, sería engorroso y lento estar alternando entre uno y otro por cada hoja digitalizada.
3. La tercera opción es considerar la unión de varias hojas en un bloque, lo que hace aumentar el número de polígonos definitivos, situación óptima para la asignación de coberturas, por la razón expuesta anteriormente.

Como ya hemos explicado (véase apartado B del punto 2.2), consideramos conveniente que el mismo técnico que realiza el trabajo de digitalización asigne coberturas a lo que ha digitalizado, ya que durante el proceso de digitalización geométrica ha ido observando las características del medio y haciéndose una idea de la posible cobertura que representaría cada polígono. Si la labor de fotointerpretación fuera realizada por un técnico distinto, éste se encontraría con la dificultad de enfrentarse por primera vez al medio en cuestión, además de que se le exigiría un esfuerzo extra de adaptación a la delimitación de los polígonos realizada por otra persona. Este esfuerzo, si no nulo, será bastante menor en el caso de que el técnico digitalizador sea el mismo que el técnico fotointérprete de coberturas.

Con todo lo anterior y ante esta disyuntiva, se hace necesario encontrar un punto intermedio. Para nosotros consiste en unir en un bloque no excesivamente grande (para que su manejo informático sea ágil) las hojas digitalizadas por un mismo técnico, que será el que asigne coberturas. De esta manera cumplimos también con el principio de no avanzar en el proceso productivo sin haber validado las fases anteriores, resumido en el proceso de digitalizar primero, seguido del control de calidad de la digitalización y posterior asignación de coberturas.

El producto obtenido en esta fase consiste en un bloque de hojas casadas, con coberturas en todos los polígonos definitivos, es decir, en aquellos que no tienen continuidad más allá del bloque en el que se encuentran. La cobertura de los polígonos que se extiendan fuera del bloque se asignará cuando se realice el caso con sus bloques adyacentes en una fase posterior (véase el apartado 3.1.5 sobre la homogeneización de bloques contiguos).

Para la asignación de coberturas, el técnico fotointérprete debe apoyarse en toda la información posible, tanto en la información de base recopilada en la FASE I (imágenes de satélite, ortofotografías, etc.) considerada como básica para el desarrollo del proyecto, como en la información de campo obtenida en la FASE VI (véase el diagrama de flujo de la Figura 12). Obviamente, la situación ideal para la elaboración de proyectos de este tipo, es contar con imágenes de satélite y ortofotografías de fechas lo más próximas posibles a la actual, de forma que el desfase temporal con el trabajo de campo sea el menor posible y no existan diferencias entre ambas fuentes de información.

En el caso de que, a pesar de toda esta información, existan dudas irresolubles en algún polígono, se informará de sus coordenadas al equipo de campo, el cual realizará visitas específicas a esos puntos.

3.1.4.2. Fase IV.2. Corrección topológica

Esta fase no se limita única y exclusivamente a la asignación de coberturas, sino que, en el caso de que se observara algún tipo de error geométrico no contemplado anteriormente, o si debido a la cobertura a asignar se pensara reestructurar algún polígono, sería necesario realizar una nueva corrección topológica que asegure el cierre de recintos, la ausencia de instancias y vértices duplicados y la inexistencia de polígonos superpuestos o huecos.

En las fases anteriores se ha visto únicamente el aspecto geométrico del trabajo; en esta fase introducimos un elemento semántico que guarda relación con aquel, ya que para cada elemento geométrico (polígono) definitivo se tendrá una cobertura asociada.

Realizar topología a un bloque con información asociada a la geometría requiere la aplicación de un proceso especial que evite la pérdida de información. Durante el proceso de corrección topológica se obtiene una capa de polígonos sin errores pero sin la información de las coberturas asignadas. Para solucionarlo es necesario generar otra capa con los centroides de estos polígonos.

Para recuperar la información semántica sobre la capa de polígonos sin errores, se utiliza un proceso de *asignación de datos por localización*, donde emplearemos como vector de transmisión de datos la nueva capa de centroides. La información de la capa de polígonos sin corrección topológica se incorpora a la capa de centroides y de ésta a la capa de polígonos con corrección topológica. De esta manera obtendremos una capa geométrica libre de errores con la información de las coberturas de cada polígono existente antes de realizar esta corrección.

3.1.4.3. Fase IV.3. Control semántico

El control semántico interno realizado por el equipo técnico responsable debe tener en cuenta los siguientes errores:

- Los relacionados con la *asignación total o parcial del tipo de cobertura*: consistentes en asignar un tipo de cobertura distinto al que tiene en realidad el polígono (para el caso de modelos de datos que considera clases compuestas, como en el caso del proyecto SIOSE, se diferencian los tipos simple y compuesta, y dentro de esta los de asociación y mosaicos regulares o irregulares).
- Aquellos referentes a la *asignación de clases de coberturas*: consistentes en asignar clases diferentes a las que en realidad tiene.
- *Errores por omisión de coberturas que componen el polígono*: producido por poner menos coberturas de las que componen el polígono en realidad (en este caso se podría considerar un límite mínimo a partir del cual considerar su inclusión, como por ejemplo un 5%).
- *Error por exceso de coberturas que componen el polígono*: por poner más coberturas de las que componen el polígono en realidad. Este tipo de error puede surgir bien por introducir coberturas que no aparecen realmente en el polígono, o bien por otorgar a coberturas que sí aparecen una importancia que en realidad no tienen, es decir, no llegarían a representar ese 5% de la superficie del polígono que mencionamos anteriormente.
- *Error en la asignación del porcentaje de superficie ocupada por cada clase*: consistente en asignar a las clases que componen las coberturas una superficie distinta de la que en realidad ocupan.
- *Error en la asignación de atributos*: consistente en asignar a las clases atributos erróneos.

Además de esta tipología de errores, existen también errores sistemáticos humanos, como asignar mayor importancia a un elemento concreto en un polígono determinado, o depreciar otros elementos por considerarlos poco importantes cuando realmente sí lo son.

El origen de estos errores se encuentra en una subjetividad inconsciente por parte del fotointérprete a la hora de valorar esas coberturas. Su corrección pasa por tratar el tema en las reuniones con el equipo de fotointérpretes y destacar su existencia, intentando de esta manera, objetivar la interpretación.

Aunque se comenta con algo más de detalle en el apartado 4.2 sobre los aspectos problemáticos durante la fase de asignación de coberturas, una manera de determinar la importancia de un elemento en un polígono sería pensar en su proporción con respecto al total de la superficie; es decir, si tenemos que asignar un porcentaje pensaremos si ese elemento representa la mitad del polígono (50%), si aproximadamente 3 veces ese elemento cubriría la totalidad del polígono (30-35%) o bien si representa la décima parte (10%).

Para la asignación de coberturas de determinados elementos y a expensas de futuras investigaciones (relacionadas con la clasificación orientada a objetos y dirigida a la ocupación del suelo), que determinen con mayor fiabilidad el porcentaje de un determinado objeto, se sugiere la utilización de plantillas que orienten al técnico en la importancia porcentual de los elementos.

Para el caso de clases artificiales del proyecto CORINE *Land Cover*, en su documentación técnica se incluyó una figura que muestra diferentes clases porcentuales para el tejido urbano (Figura 13). Para el ámbito forestal, también se han realizado plantillas que determinan diferentes porcentajes en la fracción de cabida cubierta (Figura 14), como aparece en la publicación de Paine y Kiser (2003).

3.1.4.4. Fase IV.4. Elaboración de metadatos

Una vez completada la cobertura correspondiente a los polígonos internos del *bloque*, es decir, aquellos que no limitan con los bordes del mismo (a excepción de los límites de la zona de estudio), y superado el control de calidad interno, se elaboran los metadatos correspondientes (Figura 15), esto es: fecha de asignación de coberturas de cada hoja (que para un mismo *bloque* será la misma), datos del fotointérprete que asigna coberturas, y observaciones oportunas.

Tal y como se comentaba para la fase de digitalización, se recomienda hacer uso de la *hoja de ruta* para controlar que se ha cumplido con el procedimiento para el desarrollo del proyecto propuesto por el equipo técnico responsable del mismo.

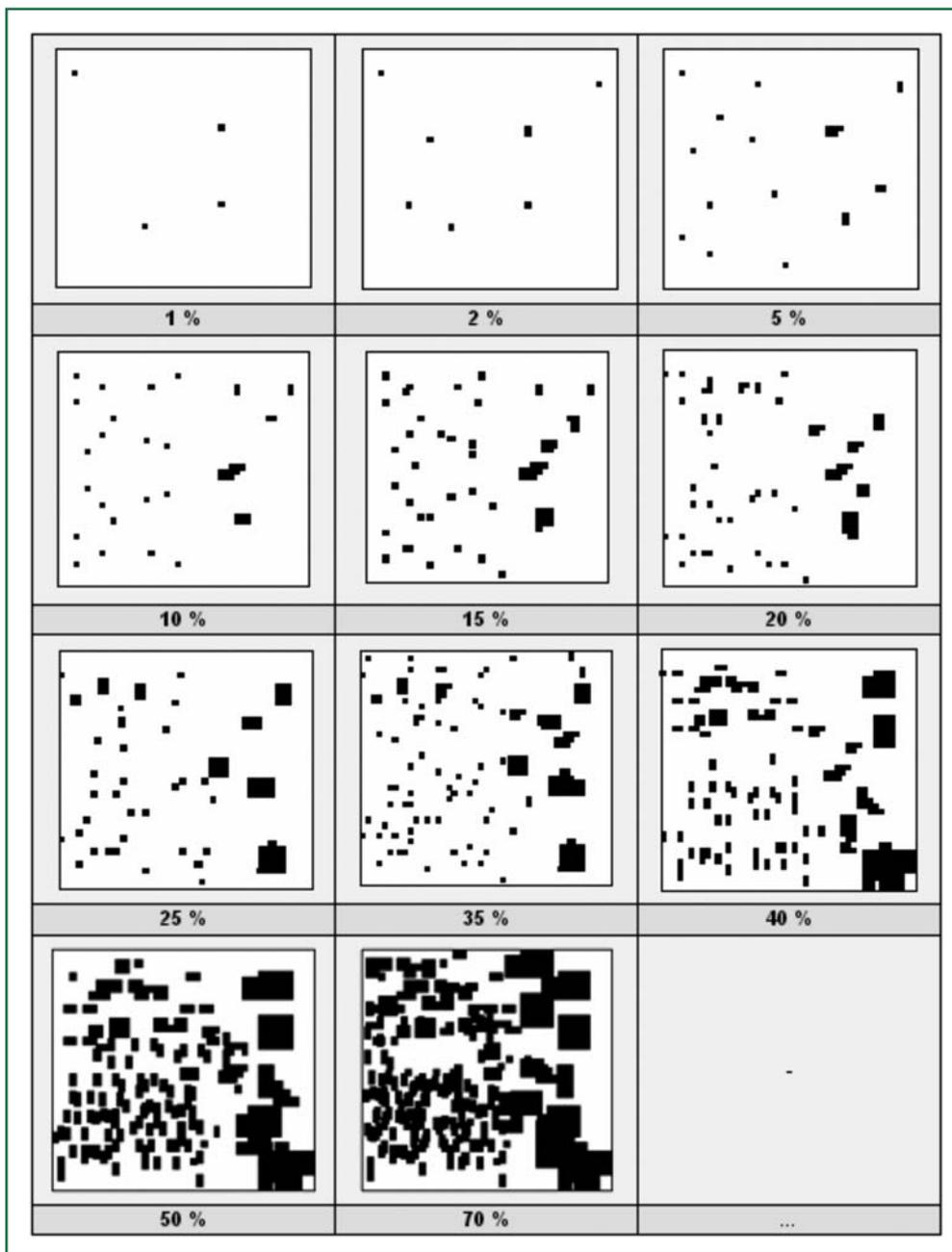


Figura 13: Ilustración sobre la densidad de tejido urbano (tomado del documento CORINE Land Cover Technical Guide).

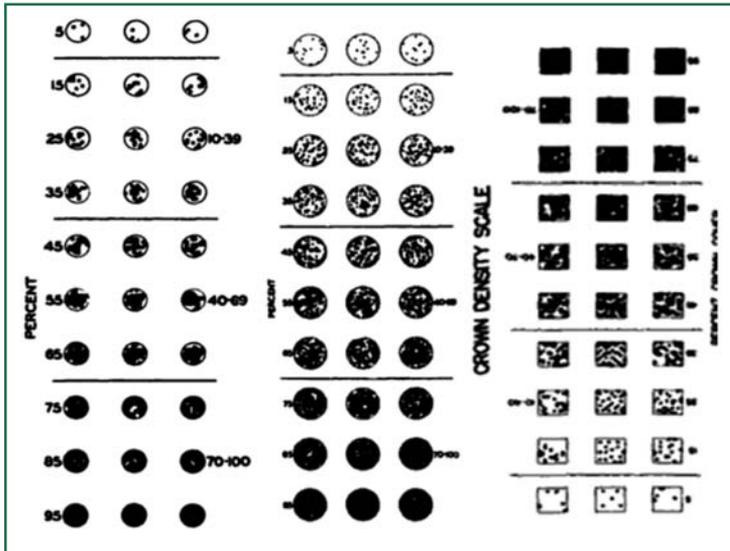


Figura 14: Variación porcentual de la fracción de cubierta cubierta para usar en diferentes escalas de fotografía o diferentes tamaños de arbolado (tomado de Paine y Kiser, 2003).

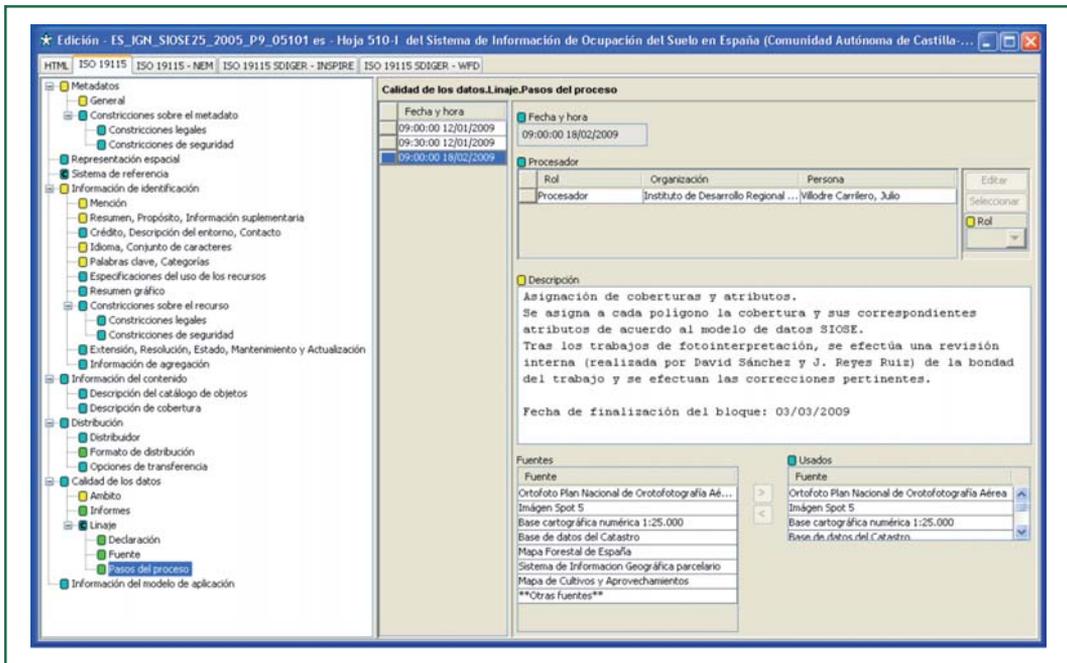


Figura 15: Ventana del programa CatMEdit v.3.8.0 donde se observan la fecha en la que se ejecutó la fase de asignación de coberturas, el técnico encargado de hacerla y las fuentes de información utilizadas para la elaboración de la hoja H0510-I.

3.1.5. Fase V: Homogeneización de bloques contiguos en una única capa

Esta fase del trabajo (FIGURA 16) se divide en los siguientes NIVELES:

- F.V.1. Digitalización de polígonos de cases entre bloques contiguos.
- F.V.2. Corrección topológica.
- F.V.3. Control de la geometría de los cases entre bloques contiguos.
- F.V.4. Asignación de coberturas al case de bloques contiguos mediante fotointerpretación.
- F.V.5. Control semántico de los cases entre bloques contiguos.
- F.V.6. Finalización de los metadatos.

OBJETIVOS

Obtener en una única capa toda la información del territorio objeto de estudio según las especificaciones técnicas del mismo.

RECURSOS NECESARIOS

Hardware, software, producto de la FASE IV y equipo humano.

EQUIPO HUMANO

Técnico fotointérprete y equipo responsable del control de calidad interno.

TAREAS A DESARROLLAR

1. Unión en una única capa (si el volumen de datos del proyecto lo permite) de la información geométrica y semántica de la zona de estudio más su control de calidad geométrico.
2. Asignación de coberturas a los polígonos limítrofes entre bloques más su control de calidad semántico.
3. Finalización de los metadatos.

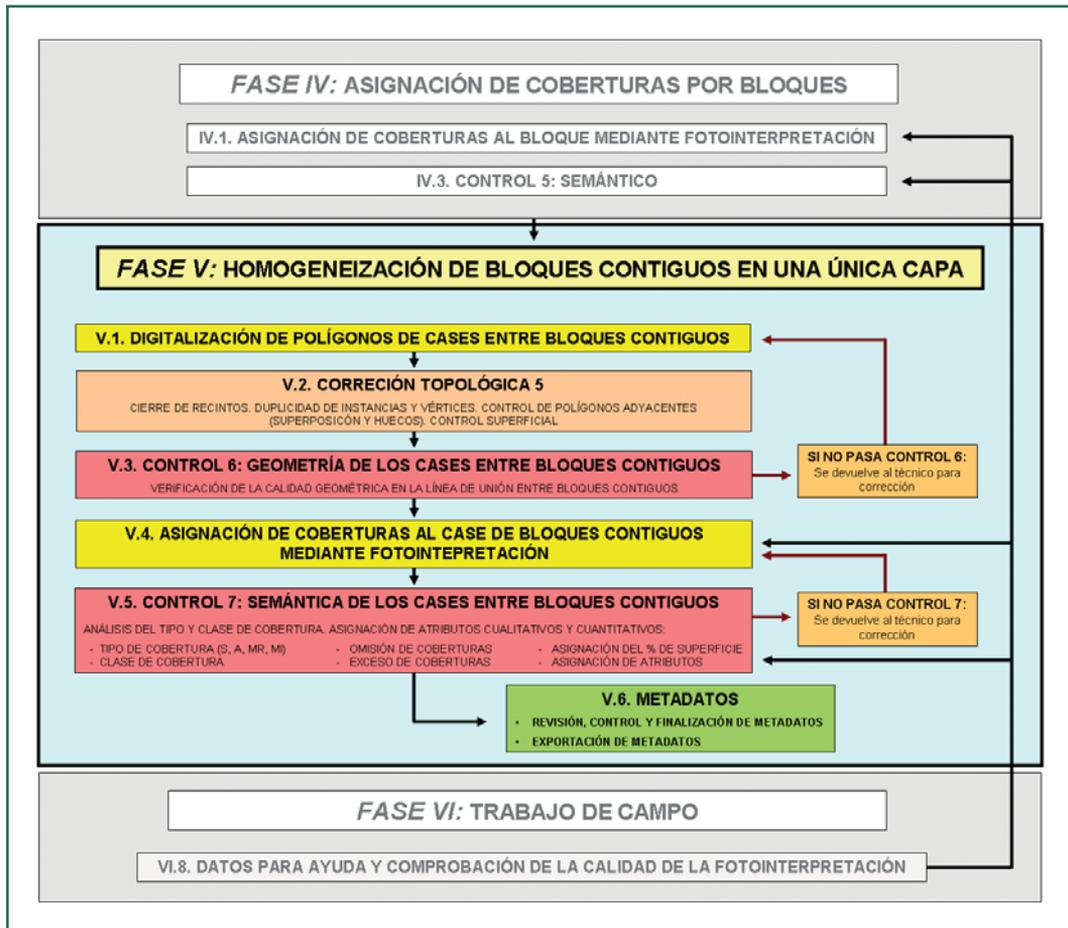


Figura 16: Diagrama de la Fase V: Homogeneización de bloques contiguos en una única capa y su relación con otras fases en la Metodología para la Elaboración y Producción de Proyectos Cartográficos de Ocupación del Suelo.

3.1.5.1. Fase V.1. Digitalización de polígonos de cases entre bloques contiguos

En este momento del proceso nos encontramos con varios bloques con coberturas asignadas a todos los polígonos excepto los limítrofes, por tener continuación en otros bloques adyacentes. El proceso en esta fase consiste, en primer lugar, en realizar el case entre los diferentes bloques, es decir, unir en una única capa toda la información geométrica y semántica de fases anteriores para, posteriormente, asignar coberturas a aquellos nuevos

polígonos formados en la unión de bloques adyacentes. Podríamos entender esta fase como una mezcla de las fases II y IV del proceso a menor escala, ya que las tareas a desarrollar son las mismas: digitalización de polígonos y su asignación de coberturas, únicamente sobre los polígonos conformados entre bloques contiguos.

Si en fases anteriores se comentaba que durante la digitalización de polígonos que tienen continuación en hojas de otros bloques los técnicos debían respetar los bloques finalizados o bien ponerse de acuerdo con aquellos técnicos que digitalizan bloques adyacentes, en este caso y para solventar problemas de decisión, se hace recomendable que estas tareas de digitalización y asignación de coberturas las realice un técnico de mayor experiencia dentro del proceso.

3.1.5.2. Fase V.2. Corrección topológica

Finalizada la digitalización anterior, repetimos un nuevo control topológico que elimine los posibles errores cometidos al proceder con la unión de esos bloques. Como se comentaba en el punto correspondiente a la 3.1.4.2, al realizar topología se pierde la información que tienen asignada los polígonos, por lo que para recuperarla recurrimos a un proceso de asignación por localización.

3.1.5.3. Fase V.3. Control de geometría de los cases entre bloques contiguos

Como en fases anteriores, tras digitalizar la geometría de los cases entre bloques contiguos, se realiza un nuevo control de calidad, revisando, sobre todo, la existencia de picos o escalones en las líneas que constituyen los límites entre bloques contiguos.

3.1.5.4. Fase V.4. Asignación de coberturas al case de bloques contiguos mediante fotointerpretación

Seguidamente, se procede con la asignación de coberturas a aquellos polígonos contruidos tras la fusión de los bloques y que no tengan continuidad en otros. El objetivo será obtener en una única capa toda la geometría del proyecto, con sus coberturas asociadas. No obstante, puede darse el caso de que, por motivos de versatilidad informática, sea aconsejable dividir en varias subzonas la zona objeto de estudio. En este caso, el control geométrico, así como la corrección topológica sobre estas subzonas, debe ser tal que evite la existencia de errores en cuanto a superposición de polígonos o presencia de huecos, tras haber sido unidas en una misma capa.

3.1.5.5. Fase V.5. Control semántico de los cases entre bloques contiguos

Finalizada la asignación de coberturas del nuevo bloque se procederá a un nuevo control de calidad interno consistente en analizar el tipo y clase de coberturas asignadas a los polígonos formados en la unión de bloques, tal y como se comentó en la 3.1.4.3.

3.1.5.6. Fase V.6. Finalización de metadatos

Se completará la información que falte de los metadatos de las hojas que constituyen este último bloque, procediendo a la exportación de los mismos.

Finalmente debe realizarse una revisión y control de los metadatos para comprobar que figuran todos los datos necesarios y que la nomenclatura y el formato de entrega es el predeterminado según las necesidades del proyecto. En caso contrario, como en todos los controles, se devolverá la hoja al fotointérprete para que corrija los errores.

Tras todo el proceso desarrollado durante estas fases hemos obtenido un producto constituido por una capa con continuidad geométrica y semántica según los criterios establecidos en el proyecto. Este producto ya ha sido sometido a un control de calidad interno exhaustivo que garantiza el cumplimiento de los requisitos del proyecto, y está complementado por una serie de metadatos que proporcionan información sobre los datos empleados para su elaboración.

3.2. PRODUCCIÓN EN CAMPO. FASE VI

El proyecto SIOSE ha sido el proyecto que requirió la campaña de campo más compleja y exigente, por lo que será la que aquí describiremos. Esta campaña tenía dos objetivos relacionados y claramente especificados en el manual del proyecto (061020 Manual Fotointerpretación SIOSE_v1.1.pdf), y en el ANEXO I GUIA COMPROBACION CAMPO.pdf:

- 1. Generar una base de datos de fotografías georreferenciadas que aseguren la calidad de la fotointerpretación según las especificaciones técnicas del proyecto SIOSE y que sirva como testimonio gráfico de la cobertura existente en un polígono.*
- 2. Solventar las dudas de fotointerpretación de polígonos surgidas tanto antes como durante el proceso de digitalización de los polígonos SIOSE.*

La metodología que se aplicó fue la observación en campo de una serie de puntos distribuidos por cada hoja MTN25 en una malla regular. Estos puntos debían reflejar en la medida de lo posible la máxima variedad de clases que aparezca en cada unidad de trabajo. Buscando siempre aplicar nuestro principio básico de intentar siempre elaborar el mejor

producto posible, incluso por encima de los niveles de calidad solicitados, se realizó intentando observar 20 puntos como mínimo en cada hoja (el proyecto exigía 16) en una malla regular de 5×4 (el proyecto indicaba 3×3).

En cada punto a revisar se tomaron 8 fotografías (el proyecto pedía 4) (indicando sus coordenadas y el acimut de la dirección de la toma) en las 8 direcciones cardinales: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste y Noroeste.

Coordinados con el proceso de producción en gabinete, estos datos de campo permitieron la revisión de todos los polígonos en los que el equipo de fotointérpretes tuvo dudas sobre la asignación de sus coberturas.

3.2.1. Fase VI.1: Trabajo de campo

Esta Fase (Figura 17) se divide en los siguientes niveles:

- F.VI.1. Comprobación del estado del material de campo.
- F.VI.2. Inclusión de la información base en el PC.
- F.VI.3. Selección de la zona de estudio.
- F.VI.4. Determinación de los puntos de toma de datos y planificación de rutas óptimas entre dichos puntos.
- F.VI.5. Toma de datos.
- F.VI.6. Descarga y estructuración de los datos.
- F.VI.7. Control de calidad de los datos
- F.VI.8. Datos para ayuda y comprobación de la calidad de la fotointerpretación.

OBJETIVOS

Elaborar una base de datos de información obtenida en campo representativa de cada hoja.

RECURSOS NECESARIOS

Hardware, software, vehículo todoterreno, cámara fotográfica, GPS y equipo humano.

EQUIPO HUMANO

Técnicos de campo y equipo responsable del control de calidad interno.

TAREAS A DESARROLLAR

Toma de datos (realización de fotografías, determinación de coberturas y elaboración de fichas de campo) sobre las coberturas en diferentes puntos de la región objeto del proyecto para la ayuda y el control de la fotointerpretación.

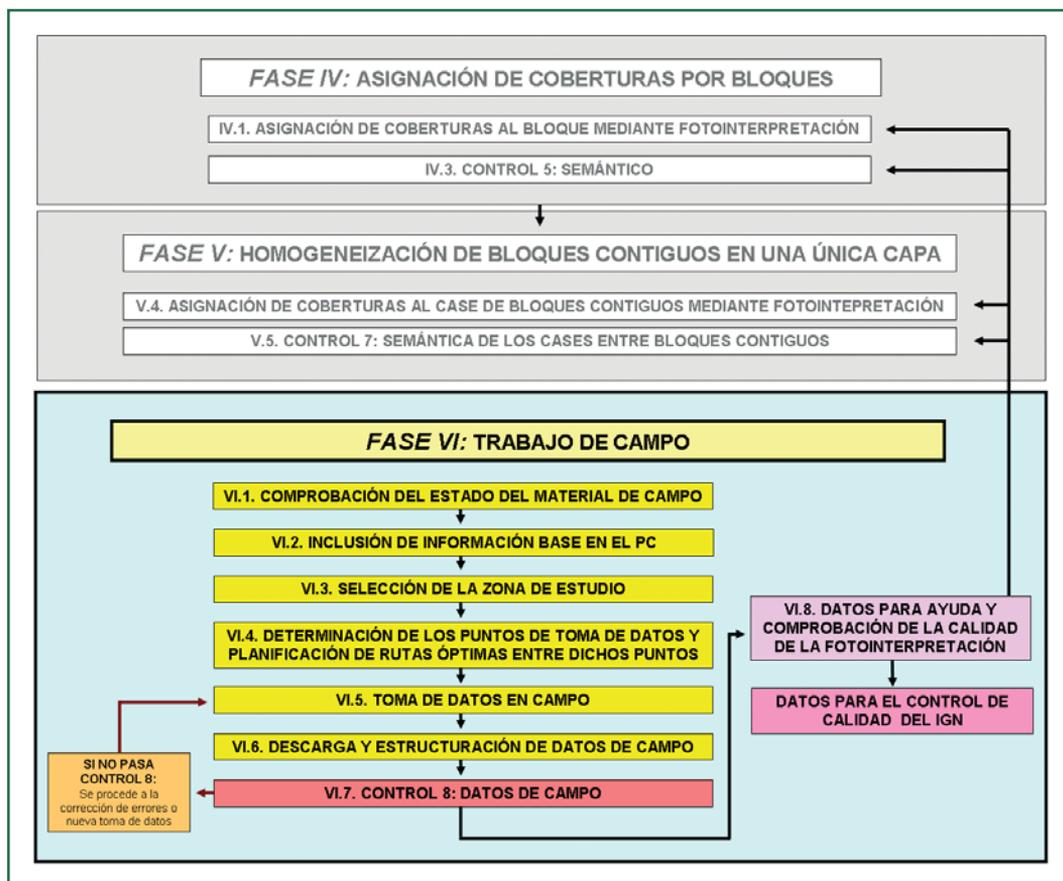


Figura 17: Diagrama de la Fase VI: Trabajo de campo y su relación con otras fases en la Metodología.

3.2.1.1. Material de campo

El material habitual para una campaña de campo de estas características está compuesto por:

1. Vehículo 4 × 4

Necesario para acceder a los diferentes puntos de muestreo en campo. Se recomienda este tipo de vehículo por su robustez, eficacia y seguridad, ya que es el único capaz de adaptarse a la mayoría de condiciones del terreno que podamos encontrar durante la campaña. Para evitar problemas y retrasos, se debe hacer un mantenimiento y cuidado del mismo de forma escrupulosa, por el gran desgaste que puede sufrir, al ser la mayoría de los recorridos por caminos rurales, muchos de ellos en muy mal estado. Así mismo, en el vehículo se deberán llevar todos los útiles o herramientas necesarias para solventar atascos o pequeñas averías: cable remolcador, pinzas de batería, pala, rueda de repuesto, equipo para cambiar una rueda, líquido refrigerador, alambre, bridas, cinta americana, alicates, etc. Por otro lado, y aunque resulte obvio, el técnico deberá conocer y utilizar correctamente todo este material.

2. Tablet PC o Ultra Móvil PC (UMPC)

Necesario para la navegación en campo, así como para el procesado posterior de los datos previo a su inclusión en la base de datos. Este tipo de ordenadores facilita estos trabajos, mejorando el rendimiento respecto a una PDA. Entre sus ventajas tenemos: el tamaño de la pantalla, la versatilidad y mayor compatibilidad con los diferentes software utilizados, el uso de un único equipo para las distintas fases de campo posteriores (nombrar las fotografías, descargar los datos del GPS, diseñar itinerarios, etc.), superior capacidad de almacenamiento, procesador más potente, mayor funcionalidad, etc. Muchos de estos equipos incorporan una antena GPS, gracias a ella y mediante el software adecuado, se permite la navegación hacia los puntos de toma de datos, optimizando el tiempo y minimizando el riesgo de pérdida o desorientación.

Estos equipos son compactos y de reducido tamaño, lo que nos permite ubicarlos en el salpicadero del coche mediante un soporte y utilizarlos de esta forma como un asistente personal de navegación (Figura 18).

Las características más recomendables que deben tener son las siguientes: pantalla retroiluminada (backlight), ordenador ruggedizado (para soporte de golpes, polvo, altas



Figura 18: Ordenador portátil utilizado y soporte para vehículo.

temperaturas, agua, etc.), procesador mínimo 1,1GHz y partir de 1 GB de memoria RAM. En la Figura 19 se pueden ver algunos equipos con todas estas características.



Figura 19: Arriba izquierda, tablet PC ruggedizada con pantalla retroiluminada (ruggedbook, www.ruggedbook.com). Arriba derecha, tablet PC ruggedizada (toughbook), certificado por estándares militares, MIL-STD-810G (www.panasonic.com). Abajo, tablet PC ruggedizada utilizada y diseñada para uso militar (EMC Madrid, www.emc.es).

El empleo de estos equipos es muy importante en el trabajo de campo. Con él podremos, no sólo navegar correctamente, sino también realizar el procesado de los datos, bien posteriormente o in situ.

3. Cámara fotográfica

Una vez que se llega al punto de muestreo, se deberán obtener una serie de fotografías que acrediten la cobertura del suelo en ese punto. Para ello las fotografías deben estar georreferenciadas, anotándose en cada una de las fotografías la orientación en la que fueron tomadas.

Lo ideal sería que fueran tomadas con la máxima resolución posible, con el mayor rango de color que permita la cámara y sin ningún tipo de compresión (formato *.raw*) para su correcto tratamiento de revelado digital posterior. Esta calidad se debe estudiar en función del proyecto a desarrollar, extensión y número de fotografías previsto.

Si se trata de un proyecto en el que no se va a hacer una gran cantidad de fotografías se puede primar la calidad y resolución de las mismas. Debe considerarse el importante aumento de tiempo que ello acarrea en el procesado de las fotografías, además del espacio de memoria necesario para su almacenamiento. En este tipo de casos se puede optar por la obtención de *gigafotografías* panorámicas, técnica en auge en este momento y que explicaremos posteriormente.

En el caso de proyectos sobre una gran extensión de territorio, numerosos puntos de control y por tanto un elevado número de fotografías, se puede optar por fotografías comprimidas (formato *.jpg*) para evitar en lo posible el posterior procesado de las mismas, de forma que una vez tomadas en campo y con un procesado mínimo, se obtenga el producto final listo para la ayuda al fotointérprete y el control de calidad. También se puede optar por un sistema mixto en el que se tomen las fotografías en ambos formatos (*.raw* y *.jpg*), utilizándose solamente el comprimido y guardando el bruto como copia de seguridad por si hiciera falta en el procesado de alguna foto en concreto.

Para este proceso se pueden utilizar dos tipos de cámaras:

- a) **Cámara de fotos digital réflex o compacta**, con la que se toman toda la serie de fotografías en campo (Figura 20). Dichas fotografías no están georreferenciadas, por tanto, se georreferenciarán con la ayuda de un GPS de mano. Para ello se deben sincronizar la cámara de fotos y el GPS en hora, ubicar el GPS en el mismo punto donde se vayan a tomar las fotos y, posteriormente, mediante el empleo del software adecuado, vincular los dos dispositivos (GPS y cámara), dándole coordenadas a las fotografías.
- b) Otra opción es la utilización de una **cámara fotográfica con GPS incluido**, como el que se observa en la imagen inferior izquierda de la Figura 20 . Hoy en día ya existe

una gran variedad de modelos con esta opción. De esta forma en los metadatos de cada foto quedan incrustadas las coordenadas de la toma.



Figura 20: Arriba izquierda, cámara réflex digital (www.canon.es). Abajo izquierda, cámara de fotos digital compacta con GPS incorporado (www.panasonic.es). Arriba derecha, cámara de fotos con acople de una lente especial que nos permite hacer una fotografía panorámica con una única fotografía (www.pano-pro.com). Abajo derecha, trípode Gigapan Epic Pro. Se trata de un trípode automatizado para la realización de fotografías panorámicas y gigafotos para cámaras réflex. En la actualidad es el único existente en el mercado para este tipo de cámaras de la empresa GIGAPAN (<http://gigapansystems.com>).

El manual solicita la toma de fotografías en los 4 rumbos cardinales (Norte, Este, Sur y Oeste). Nuestra recomendación es hacerlas en 8 rumbos (Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste y Noroeste), para poder tener una visión de 360° sin ángulos muertos. Existen también alternativas para la realización de fotografías panorámicas, como es la utiliza-

ción de una lente especial de ojo de pez acoplada a la cámara, como la que vemos en la imagen superior derecha de la Figura 20, de forma que por medio de una sola foto creamos una imagen panorámica de 360°.

Otro sistema es el empleo de un soporte automatizado que se vincula con la cámara para la realización de fotografías panorámicas por medio de varias tomas. Este sistema permite realizar gigafotos (fotografías panorámicas compuestas por multitud de fotos unidas, con lo que tenemos una única foto con una resolución de 1.500 megapíxeles e incluso mayores). Uno de los sistemas más habituales para la toma de estas fotografías es el que vemos en la imagen inferior derecha de la Figura 20.

A este respecto es conveniente advertir que toda mejora introducida en el número, calidad o complejidad de las fotografías redundará en un aumento del tiempo de trabajo, tanto en el campo como en su procesado posterior. Dado que esta fase del proyecto supone una proporción apreciable del presupuesto (véase apartado 5.2), es conveniente tener un estudio completo de tiempos/costes de este aspecto y sus repercusiones desde el principio.

4. GPS

Tanto para la realización de este tipo de trabajos, como para su control y el estudio de costes es fundamental el empleo de un GPS que permita guardar las coordenadas de los puntos de control que se vayan realizando, así como el itinerario seguido por el técnico, la hora de inicio, la hora de fin, los kilómetros recorridos, etc.

Dependiendo de la exactitud requerida por el trabajo se utilizará un tipo de GPS u otro. Para aquellos trabajos en los que no se requiera una precisión mayor a 3-5 metros lo recomendable es utilizar un GPS básico de campo, (como el mostrado en la imagen izquierda de la Figura 21). Mediante este dispositivo se va grabando el itinerario realizado a lo largo del día y será este recorrido el que utilicemos posteriormente, una vez sincronizados la cámara y el GPS, para georreferenciar las fotografías en aquellos casos en que utilicemos una cámara sin GPS incorporado.

Para aquellos trabajos en los que sea necesaria una mayor precisión (para realizar un control en la georreferenciación de una ortofotografía, por ejemplo) será necesario el empleo de un equipo de mayor precisión y más profesional (véase la imagen derecha de la Figura 21).

Aunque para la realización del trabajo se utilicen estos equipos, se recomienda llevar siempre un GPS básico que nos podrá ayudar ante la posible pérdida de señal de la antena receptora de nuestra tablet PC, para no perder en ningún momento la capacidad de navegación.

5. Sistemas de almacenamiento externo

Utilizaremos este tipo de sistemas para guardar una copia de seguridad del trabajo realizado en cada día. Es muy importante realizar esta copia de seguridad todos los días



Figura 21: Izquierda, GPS manual de la marca GARMIN serie ETREX para trabajo a la intemperie (www.garmin.com).

Derecha, GPS de precisión de 1 m de la marca TOPCON (www.topcon-positioning.eu).

debido al elevado coste que supone la recogida de los datos en campo. Si disponemos de ella, se evita volver a recoger los datos ante algún problema que pudiera surgir, como la rotura del tablet PC.

6. Teléfono móvil

El empleo de un teléfono móvil es fundamental para la coordinación de los diferentes técnicos de campo entre sí y con los directores del equipo de producción del proyecto, así como para solventar cualquier problema que pudiera surgir. Para ello se debe escoger aquel dispositivo y compañía que nos ofrezca mayor cobertura.

7. Brújula

La utilización de una brújula es necesaria para conocer la orientación con la que deben ser tomadas las fotografías. Puede tratarse de una brújula sencilla, ya que nos debe indicar únicamente el Norte. Una vez que nos orientamos realizamos las fotografías en ángulos de 45° cada toma.

8. Fichas de campo

Además de la realización de la fotografía en el punto de campo consideramos conveniente rellenar una pequeña ficha en la que se indican las coberturas del suelo en las cuatro orientaciones, incluyendo cualquier dato que se considere relevante para la elaboración de la cartografía por parte de los fotointérpretes. Estas fichas pueden ser en soporte papel o electrónico, rellenas directamente desde el tablet PC. En la Figura 22 se muestra la ficha utilizada por nuestro equipo en el trabajo de campo.

TRABAJO DE CAMPO			
NOMBRE DEL TÉCNICO			
FECHA: / / 2008	HORA:	COORDENADAS	X:
HOJA 1:25.000:	PUNTO:		Y:
FOTOGRAFIA NORTE:			
DESCRIPCIÓN PRIMER PLANO			
DESCRIPCIÓN FONDO			
FOTOGRAFIA ESTE:			
DESCRIPCIÓN PRIMER PLANO			
DESCRIPCIÓN FONDO			
FOTOGRAFIA SUR:			
DESCRIPCIÓN PRIMER PLANO			
DESCRIPCIÓN FONDO			
FOTOGRAFIA OESTE:			
DESCRIPCIÓN PRIMER PLANO			
DESCRIPCIÓN FONDO			
ANOTACIONES:			

Figura 22: Ficha de campo utilizada en la descripción de cada punto de control.

9. Cargadores de corriente de coche para PC

Debido a que el tablet PC se utiliza continuamente, debe ir alimentado con un adaptador de corriente desde la toma de mechero del coche hasta el ordenador (imagen superior izquierda de la Figura 23).

10. Transformador de corriente

Como medida de seguridad, es aconsejable llevar en el coche un transformador de corriente que utilice la corriente del vehículo y la transforme a 220 V, con el fin de utilizarlo



Figura 23: Otro material. Arriba izquierda, cargador de coche para tablet PC (<http://tienda.todoumpc.com>). Arriba derecha, Transformador de corriente de 220 V para coche (<http://www.uxsight.com>). Abajo, soporte para situar el tablet PC en el vehículo.

ante una posible avería del cargador del ordenador o de los cargadores de los teléfonos móviles o para la carga de baterías (imagen superior derecha de la Figura 23).

11. Soporte para tablet PC

Si el ordenador con el que trabajamos no dispone de soporte para su utilización en el vehículo debemos adquirir uno adaptado a nuestro modelo, de tal forma que se pueda ubicar de una manera fácil, tratando de evitar en lo posible la disminución de visibilidad en el parabrisas (imagen inferior de la Figura 23).

12. Pilas y baterías recargables

Se deben llevar dos juegos de pilas recargables y dos de baterías para el GPS y la cámara de fotos, para asegurar en todo momento su funcionamiento a lo largo del día.

13. Cable para la descarga de datos para el GPS básico

Este cable se debe llevar en todo momento, tanto para descargar los datos in situ una vez finalizada la jornada como para utilizar el GPS como antena receptora si deja de funcionar la antena receptora del tablet PC.

14. Cargadores de corriente

Para pilas recargables, baterías, cámaras de fotos y teléfonos móviles.

3.2.1.2. Inclusión de la información base en el PC

En un proyecto de muestreo de campo que aborde grandes extensiones de territorio es imprescindible una exhaustiva preparación, la cual redundará en un importante ahorro de tiempo y costes. Previo al trabajo de campo debemos obtener la información cartográfica necesaria para la correcta navegación y el acceso más rápido a los puntos de muestreo. Esta información, que incorporaremos a nuestro PC, suele ser:

1. **Unidades de trabajo** que componen la zona de estudio. Se debe contar con la capa que contiene todas las unidades de trabajo básicas que conforma nuestra extensión

de trabajo. Es decir, si la unidad básica de trabajo fueran las hojas MTN25, se debe contar en la cartografía base con la capa formada por las hojas MTN25 que cubren la región a estudiar.

2. **Puntos de muestreo.** Capa con los puntos de muestreo de cada una de las hojas para su visualización de forma rápida e inmediata una vez se esté realizando el trabajo de campo.
3. **Capa vectorial de caminos a escala 1:25.000, actualizada.** Esta capa es fundamental para la navegación en campo hasta los puntos de control, ya que muestra no sólo los caminos existentes, sino también sus tipos: pista, camino, senda, vial, etc., lo que ayuda en los desplazamientos (Figura 24).

Una de las carencias que se observa en la capa de caminos es que carecen de la titularidad, es decir, no diferencian entre caminos públicos y privados. El poder diferenciarlos ayudaría mucho para el trabajo de campo.

4. **Capa vectorial de carreteras** (autopistas, autovías, carreteras nacionales, carreteras RIGE, carreteras de primer orden, carreteras de segundo orden, etc.) a escala 1:25.000. Capa necesaria para el acceso a las zonas de muestreo, así como para los desplazamientos a los lugares de pernocta. Esta capa cobra mayor importancia en aquellas zonas que son de difícil acceso a través de la red de caminos por encontrarse éstos vallados, en mal estado, o porque no existen debido a lo escarpado del terreno. En tales casos, la única manera de acercarse a los puntos es a través de las carreteras existentes, dado que son las únicas vías que podemos suponer que no estarán cortadas y, por tanto, constituyen el acceso o aproximación más probable a los puntos de toma de datos.
5. **Límite oficial del área de trabajo;** es decir, si hablamos de una Comunidad Autónoma se debe poseer su límite oficial con el fin de no tomar puntos en zonas no pertenecientes a dicha comunidad.
6. **MTN25 en formato ráster.** Este mapa nos aporta información que nos ayuda a preguntar por alguna zona en la que no encontremos el acceso, conocer las curvas de nivel, tener la ubicación de alguna casa o aldea por si se tuviera algún problema y se necesitara recurrir a alguien del lugar, etc.



Figura 24: Ejemplo de la red de caminos en función de su tipología

7. **Ortofotografías aéreas de las zonas de muestreo.** Debido a que el entorno no es estático y siempre está en continuo cambio, las fotografías aéreas recientes son útiles para detectar pérdida de caminos, nuevas infraestructuras, etc.
8. **Capa vectorial de espacios naturales protegidos.** Este tipo de zonas se deben tener en cuenta a la hora de planificar el trabajo, por la necesidad de notificar que se desarrollarán trabajos en el espacio natural e incluso solicitar permiso en aquellos donde sea necesario (actualmente en Parques Nacionales y Parques Naturales) para poder tomar los puntos de muestreo que se encuentren en las mismas. Además, condicionan la toma de puntos en el tiempo, ya que será imposible su toma en aquellas épocas en las que pueda provocar una afección grave sobre la fauna o la flora que en ellas se encuentren. Por ejemplo, no se podrán tomar puntos incluidos en estas zonas en la época primaveral por estar la mayoría de las especies en época de cría.
9. **Capa vectorial de zonas militares.** Es importante considerarlas porque, o bien no se podrán tomar los puntos incluidos en ellas, o bien se necesitará de un permiso especial.
10. **Capa vectorial de vías pecuarias y caminos públicos existentes a escala 1:25.000** (como por ejemplo la Ruta del Quijote). Esta capa, al igual que la de las carreteras, mencionada anteriormente, cobra importancia en aquellas zonas en las que existan pocos caminos públicos, por encontrarse en zonas con grandes fincas valladas. A menudo van a ser las únicas vías de comunicación que podamos utilizar. En muchos casos se echa de menos una actualización de las mismas, incorporándose su estado, ya que muchas de ellas se han perdido y es imposible su tránsito.
11. **Capa vectorial de los núcleos de población (BCN200_npob:** esta es la capa de núcleos de población proveniente de la BCN1:200.000). Es importante para poder ubicarnos cuando sea necesario. Gracias a esta capa podemos calcular la ruta más eficiente para desplazarnos a comer o pernoctar, el núcleo de población más cercano ante posibles problemas, etc.
12. **Capa vectorial de ríos y zonas húmedas.** Es importante considerarla en el cálculo de planificación de la ruta para la toma de los puntos de muestreo, ya que la existencia de un río implica buscar los sitios puntuales donde poder cruzarlo. Si no se tienen en cuenta nos podemos ver obligados a dar grandes rodeos para ir de un punto al siguiente.
13. **Capa vectorial de líneas ferroviarias.** Al igual que pasa con la capa anterior hay que tener en cuenta si nuestra zona de estudio es atravesada por alguna línea ferroviaria, ya que de ser así, hay que prever los puntos de cruce. De lo contrario se tardará un mayor tiempo en desplazarnos de un punto a otro.
14. **Cartografía que muestre las fincas valladas y, por tanto, la imposibilidad de tomar los puntos de control contenidos en ellas sin un permiso especial o con la ayuda**

de los agentes medioambientales de la zona. Esta información es de gran ayuda en zonas en las que existen grandes fincas, pero no es una información fácil de conseguir.

SOFTWARE

1. **Software GIS.** Utilizado para la navegación en campo y visualización de puntos de muestreo. También para la pronta visualización de las zonas de trabajo terminadas y las pendientes de realización. Debe ser un programa que nos permita ver las diferentes capas y que se pueda conectar a un GPS, de modo que nos muestre en todo momento la posición en la que nos encontramos. Estas condiciones las cumplen los programas *ArcMap (9.1)* y *ArcView (3.3)* (ambos de ESRI) para la generación de los puntos de toma de datos y la automatización en la generación de una base de datos de campo.
2. **Programa para el renombrado de ficheros.** Interesante para nombrar de una forma más ágil, cada una de las fotografías según el punto donde fueron tomadas y su orientación. En este caso el programa utilizado ha sido el gratuito *Lupas Rename 2000 v4.2b*, de Iván Antón Albarraçín.
3. **Programa para la georreferenciación de las fotografías de campo,** así como para la descarga del recorrido y los *waypoints* del GPS (puntos con coordenadas guardados en el GPS, en nuestro caso serán los puntos de toma de datos). Mediante este programa se asignan en los metadatos de las fotografías las coordenadas donde fueron tomadas. Para ello debemos llevar el GPS siempre encendido y sincronizar la cámara de fotos y el GPS en la misma hora, minuto y segundo. En este caso el programa utilizado es el *FotoGPS 6.32.h*.
4. **Base de datos** en la que se almacenan el total de los puntos de campo. La base de datos que se ha utilizado es *Microsoft Office Access 2003*.

3.2.1.3. Selección de la zona de estudio

La elección de la unidad de trabajo dependerá del proyecto a desarrollar, eligiendo una u otra en función de las características del mismo. Como ya se ha explicado, para la elaboración del SIOSE de Castilla-La Mancha se ha considerado como unidad básica de trabajo la hoja 1:25.000 del MTN., por tanto el trabajo de campo abarca todas las cuadrículas MTN25 que componen Castilla-La Mancha (Figura 25).

Previamente a la toma de datos es necesario elaborar un calendario que contemple la secuencia de muestreo de todas las hojas. El orden de muestreo está en función del tipo de proyecto que se pretenda realizar. Depende de los datos que se pretenda conseguir, la evolu-

ción de los mismos y las zonas en las que cambien más rápidamente. Así, para un proyecto centrado en cultivos agrícolas, se priorizarán aquellas zonas en donde la intensidad agrícola sea mayor y se dejarán para una segunda fase de campo aquellas zonas forestales donde la agricultura tenga una menor importancia.

En el caso del SIOSE se realizaron primero las hojas con grandes zonas urbanas, ya que estas sufren cambios más rápidamente que el resto (nuevas urbanizaciones, creación de infraestructuras, ampliación de polígonos industriales, etc.).

Además, el calendario de trabajo de campo debe estar relacionado con el calendario de digitalización geométrica y semántica. Se deben priorizar aquellas zonas en las que se comience la digitalización con el fin que el trabajo de campo sirva de ayuda para la realización del trabajo de gabinete.

Finalmente, deben considerarse las dificultades que puedan surgir en determinadas zonas, dependiendo de la época del año. Para aquellas con grandes fincas de caza mayor (además de las dificultades mencionadas anteriormente) se le suma la imposibilidad de realizar los trabajos durante el otoño, por ser esta la época del levantamiento de la veda. En zonas con grandes superficies forestales y alto riesgo de incendios no se podrá realizar el trabajo durante la época estival. En zonas de montaña, se deberán hacer los trabajos bien avanzada la primavera para evitar los problemas derivados de la nieve y el hielo persistentes en estas zonas tras el invierno.

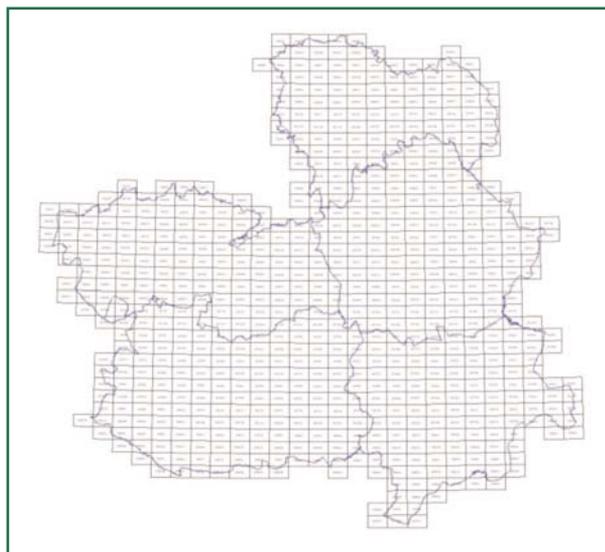


Figura 25: Totalidad de las cuadrículas MTN25 que componen Castilla-La Mancha.

3.2.1.4. *Determinación de los puntos de toma de datos y planificación de rutas óptimas entre dichos puntos*

Determinación de los puntos de toma de datos

La elección de los puntos de muestreo dentro de las unidades de trabajo dependerá de la escala y objetivos que requiera el proyecto. En función de estas características se debe

determinar la intensidad del trabajo de campo. Es decir, en la generación de una cartografía 1:25.000 y mayores, se realizará una mayor densidad de puntos de muestreo que en trabajos a escalas menores, como 1:50.000, 1:100.000, etc.

Como ejemplo, para cada unidad de trabajo anteriormente elegida, y en el contexto de un proyecto sobre una cartografía de usos del suelo a una escala 1:25.000, se estiman como mínimo 20 puntos de muestreo, distribuidos de forma homogénea por toda la unidad. Para ello se divide la hoja en veinte cuadrículas (4 x 5), obteniéndose 20 puntos en el centro de cada una de las cuadrículas, lo que aporta una aleatoriedad y homogeneidad en la distribución de los puntos. Para las zonas prioritarias se puede elevar la toma de datos a 25 puntos por zona, es decir una malla de 5x5. Estos requisitos son superiores a los demandados por el proyecto, que requería un mínimo de 16 puntos por hoja en malla de 3 x 3.

A cada punto se le proporciona un código dependiendo de su posición en la hoja. Esta nomenclatura será utilizada también para nombrar cada una de las fotografías, dependiendo del punto donde estén realizadas como se puede comprobar en la Figura 26.

En nuestro caso, para la subdivisión de cada una de las hojas en cuadrículas y la obtención del centroide en cada una de ellas se ha elaborado una herramienta con la que se

Puntos de toma de datos de la unidad de trabajo 692_II

A1	B1	C1	D1	E1
A2	B2	C2	D2	E2
A3	B3	C3	D3	E3
A4	B4	C4	D4	E4

Figura 26: Puntos de toma de datos de la unidad de trabajo H0692-II, donde se puede apreciar cómo se divide la unidad de trabajo en cuadrículas y cómo los puntos de muestreo se sitúan inicialmente en el centro de cada una de las cuadrículas.

pueden obtener de forma automática. De esta forma se consigue que todos los puntos de muestreo estén distribuidos de forma homogénea en toda la hoja. Este proceso debe realizarse en todas las hojas previamente a la salida al campo.

Además de los polígonos cercanos a estos puntos, se visitará aquellos polígonos en los que haya problemas en su correcta fotointerpretación y por tanto sea necesaria la ayuda complementaria de campo. Todos ellos servirán tanto para apoyo de los fotointérpretes (en la fase de digitalización y asignación de coberturas), como para control a de los resultados.

Planificación de rutas óptimas entre puntos de muestreo

Una vez que tenemos localizados todos los puntos de muestreo de todas las unidades que componen la zona de estudio, procedemos a diseñar la ruta más eficiente de un punto a otro, para lograr pasar por todos ellos de la forma más fácil y rápida, mediante el empleo de las capas de cartografía base (carreteras, caminos, etc.). Aquí es donde se debe tener muy en cuenta si nos encontramos en una zona atravesada por un cauce, infraestructura lineal, fincas privadas, pendientes, etc., para impedir que este tipo de elementos nos retrasen a la hora de la toma de datos, debido a los grandes rodeos que podemos llegar a dar. En la Figura 27 se puede ver un ejemplo en el diseño de una ruta.

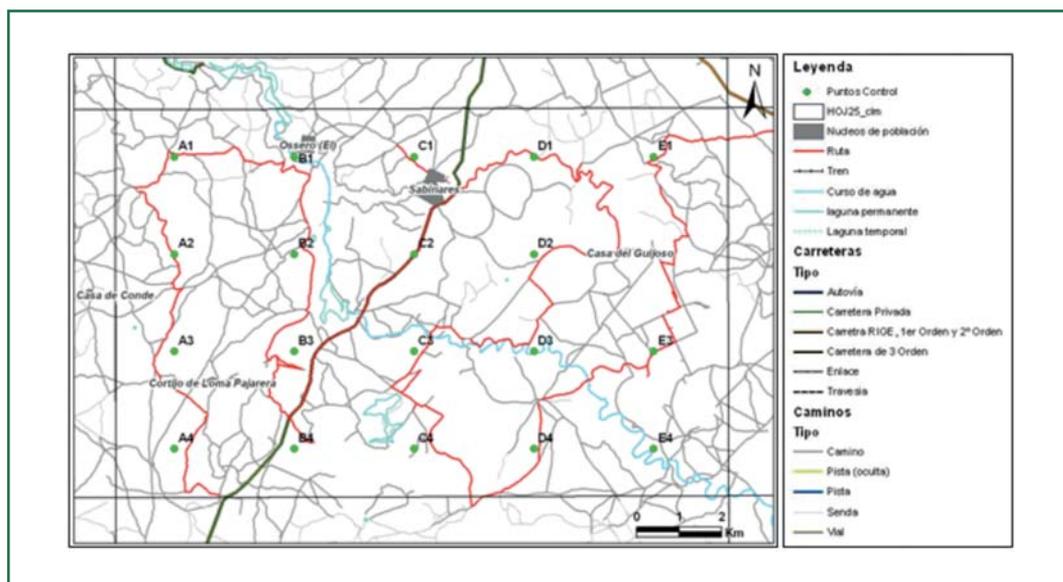


Figura 27: Ejemplo de diseño de una ruta (línea roja) en la hoja H0788-II para acceder a los puntos de toma de datos de la forma más rápida posible.

En aquellas zonas más complicadas para la realización del trabajo de campo, como son las zonas con grandes fincas de caza mayor, por su terreno abrupto y con poca densidad de caminos públicos, nos podemos ayudar de personas del lugar que conocen perfectamente la zona, como pueden ser los agentes medioambientales.

En el caso de zonas agrícolas con una buena densidad de caminos transitables, el diseño de la ruta no tiene tanta importancia, ya que el acceso a los puntos de toma de datos no plantea ningún tipo de problema y, por tanto, se ahorra tiempo al no tener que realizar esta tarea. Además, a medida que se tiene más experiencia en trabajo de campo, es menos necesario el cálculo de rutas, ya que se advierte a primera vista el mejor recorrido de acceso a los puntos.

3.2.1.5. Toma de datos

La dinámica general para un trabajo de este tipo consiste en el desplazamiento a cada uno de los puntos que componen nuestra unidad de trabajo y una vez allí, la identificación del polígono, la toma de fotografías y anotación de las diferentes coberturas del suelo que se observan en las diferentes orientaciones. Las fotografías serán georreferenciadas mediante GPS, en caso de no disponer de cámara con este dispositivo, indicándose en cada una de las fotografías la dirección de la toma.

Tal y como se ha mencionado en el apartado de material, se utilizará el tablet PC y el software SIG para cargar la cartografía base, la unidad de trabajo, sus puntos asociados y, por último, la ruta diseñada. Una vez se tiene todo en el equipo podremos navegar hacia los puntos empleando para ello el GPS incorporado mediante el cual sabemos en cada momento la posición. Podemos de esta manera desplazarnos sin la menor pérdida, a pesar de no conocer el terreno.

Si se utiliza una cámara de fotos convencional sin ningún tipo de complemento de los comentados anteriormente, en cada punto se deben realizar ocho fotografías, en ocho direcciones diferentes, de manera que la primera corresponda al Norte, la segunda al Noreste, y así hasta la octava, que será la Noroeste.

Gracias a la toma de estas fotografías en todos los diferentes puntos de muestreo se solventan las dudas que vayan surgiendo en la digitalización y fotointerpretación de los polígonos. Por este motivo, la toma de puntos es homogénea en las unidades de trabajo, con el fin de ser lo más representativas posible de los usos del suelo que se dan en dicha zona.

Los puntos de muestreo son orientativos, debiéndose llegar lo más cerca posible a ellos pero sin ser necesario llegar al punto exacto. Por ello, el punto de toma de datos se establecerá en un polígono existente en el camino de acceso, lo más cercano posible al punto inicialmente estimado, pero sin tener que desplazarse a pie, para evitar la pérdida de tiempo que supondría.

Una vez que se llega lo más cerca que se puede al punto de control estimado, el técnico se orientará mediante la brújula. Después tomará las ocho fotografías, empezando siempre por el norte y continuando en el sentido de las agujas del reloj, por el noreste, este, sureste, sur, suroeste, oeste y noroeste. A cada una de las fotografías se le asigna un número correlativo que indica la orientación en la que fueron tomadas. El número 1 indica la fotografía tomada con orientación Norte, el 2 se corresponde con la de orientación Noreste, etc.

Dichas fotografías deben estar realizadas mediante un trípode, de forma que todas sean realizadas desde la misma altura y con la misma inclinación, para facilitar posteriormente la posible creación de una panorámica de 360°. En las fotografías no debe aparecer ningún tipo de ruido, como vehículos, personas, maquinaria, etc. Para evitar la presencia de nuestro vehículo, la toma de las fotografías podría realizarse desde el propio techo del vehículo, si ello es factible.

Al comenzar la jornada diaria de campo, el GPS debe estar siempre encendido y configurado para que vaya almacenando un punto cada 30 segundos (*tracklog*). Estos puntos compondrán el recorrido realizado a lo largo del día, tomándose además un punto (*waypoint*) en cada lugar donde se establece el punto de toma de datos.

La cámara de fotos debe estar sincronizada en la misma hora, minuto y segundo que el GPS y éste se debe situar en el mismo punto en que se realizan las fotos de campo, de forma que, a la hora de ser georreferenciadas, se realice con la máxima precisión que nos permita el GPS, que para el caso de un GPS de campo básico es sobre 5 metros.

Tras la realización de las fotografías, el técnico rellena una ficha (Figura 22), en la que se anotan los diferentes campos:

- Técnico: nombre del técnico que realiza el punto de control.
- Fecha y Hora: el día y la hora en que se realiza el punto de toma de datos.
- Hoja: nombre de la unidad de trabajo.
- Punto: nomenclatura del punto estimado.
- Coordenadas X e Y: coordenadas del punto realizado.
- Fotografía Norte:
 - Descripción primer plano: cobertura y uso del suelo que se observa en el primer plano.
 - Descripción fondo: cobertura y usos del suelo en el segundo plano.
- Fotografía Este:
 - Descripción primer plano: cobertura y uso del suelo que se observa en el primer plano.
 - Descripción fondo: cobertura y usos del suelo en el segundo plano.
- Fotografía Sur:
 - Descripción primer plano: cobertura y uso del suelo que se observa en el primer plano.
 - Descripción fondo: cobertura y usos del suelo en el segundo plano.

- Fotografía Oeste:
 - Descripción primer plano: cobertura y uso del suelo que se observa en el primer plano.
 - Descripción fondo: cobertura y usos del suelo en el segundo plano.
- Anotaciones: Cualquier observación que se considere relevante.

En los casos en los que el equipo sea de 3 o 4 personas se debe estructurar con un responsable del grupo. El responsable, además de realizar las mismas tareas que los compañeros de campo, es el encargado de:

- Repartir las diferentes unidades de trabajo entre los diferentes técnicos.
- Llevar al día el estado del trabajo de campo: hojas terminadas, en proceso de finalización y pendientes de realización.
- Anotar las diferentes unidades y puntos realizados cada día por cada técnico.
- Solventar cualquier contratiempo que se pudiera ir produciendo, tanto técnico como mecánico.
- Llevar a cabo el control de calidad de todos los datos generados durante un periodo determinado (por ejemplo una semana).
- Recopilar toda la información de ese periodo de tiempo, una vez pasado el control de calidad y almacenarla, creando una copia de seguridad de la misma.

La forma de abordar el trabajo de campo debe ser en grupo, de manera que todos los técnicos trabajen próximos, cada uno de ellos haciendo una zona contigua a la que está realizando su compañero. De esta forma se pueden ayudar entre ellos si surge cualquier tipo de incidencia, como puede ser un atasco, rotura del vehículo, accidente, etc.

Es conveniente que la cualificación de los técnicos de campo esté relacionada con alguna de las carreras sobre el medio natural (Ing. Agrícolas, Ing. Forestales, Ldo. Medio Ambiente, Geología o Biología, etc.), ya que se ha comprobado que las personas que optan por este tipo de formación están mejor preparadas y más motivadas para este tipo de trabajos.

Durante la realización del trabajo y previniendo posibles problemas, es conveniente estar correctamente acreditado, ante Agentes Ambientales, Guardia Civil, Policía Local y cualquier persona que nos pida acreditación. Es también conveniente dar una imagen corporativa a nivel tanto de vestimenta como de vehículo. Es necesario disponer siempre de los teléfonos de los Agentes Medioambientales de la zona y la Guardia Civil para cualquier problema grave que pudiera surgir (accidente de coche, incendio, agresión, etc.).

3.2.1.6. Descarga y estructuración de los datos

Al final de la jornada, toda la información será descargada en el PC y estructurada de una misma forma (Figura 28). En nuestro caso hemos usado la siguiente estructura en árbol.



Figura 28: Estructura de carpetas para almacenar los datos de campo de la hoja H0561-II.

H0561_II: Carpeta con el nombre de la unidad de trabajo y en su interior tres carpetas: Una llamada **DATOS**, en la que se puede almacenar cualquier tipo de información que se considere relevante para esa unidad. Otra llamada **GPS**, para guardar el recorrido realizado por el GPS, donde se almacenarán los diferentes recorridos nombrados en función del día, en el caso de existir varios. Y una última para guardar las fotografías, llamada **IMG**, compuesta por diferentes carpetas nombradas por fecha (año, mes y día, de la forma *aaaammdd*) en donde se almacenarán las fotos realizadas para cada día.

Es importante que esta estructura sea única a lo largo de todo el trabajo de campo, así como que la tipología de los nombres sea idéntica para todas las unidades, con el fin de automatizar el proceso de generación de la base de datos de campo (Figura 33).

La descarga de las fotografías realizadas en el día se efectúa sin eliminarlas de la cámara y serán renombradas en función de la unidad de trabajo y de la nomenclatura del punto donde fueron tomadas. Para ello utilizaremos el programa de renombrado de ficheros mencionado anteriormente, que se muestra en la Figura 29.

Ejemplo de nomenclatura por fotografía:

H0514_IV_C1_01.JPG

Esta fotografía es tomada en la unidad de trabajo **H0514-IV** en el punto de toma de datos **C1** con orientación norte (**01**).

Tras la gestión de las fotografías llega el turno de la extracción del recorrido del GPS y sus waypoints mediante el programa FotoGPS, mencionado anteriormente (Figura 30). Una vez descargado el trayecto del GPS y los *waypoints*, se guardan dentro de la carpeta con el nombre de la unidad de trabajo llamada "GPS" con dos formatos, *IGC* y *shape*.

Ejemplo:

H0514_IV\GPS\Track20081021.IGC

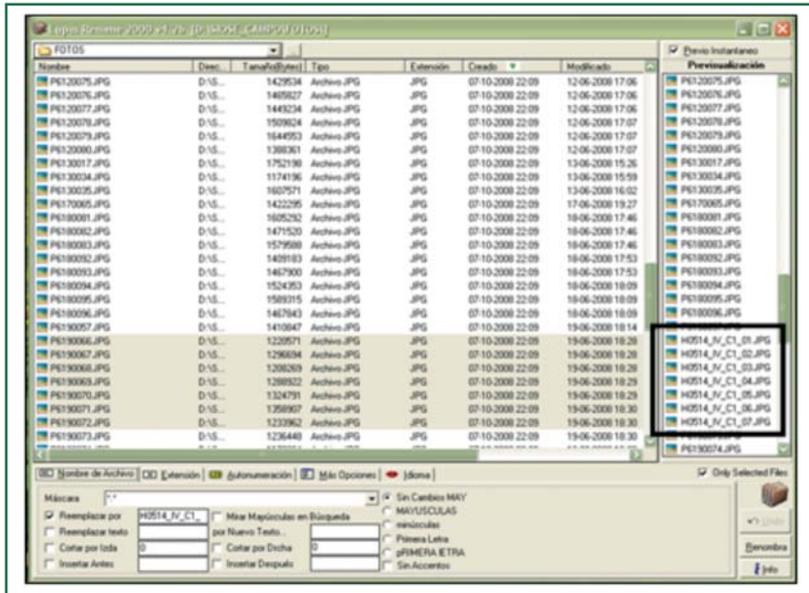


Figura 29: Programa de renombrado de archivos, mediante el cual renombramos nuestros archivos de fotografías en función de la unidad de trabajo, punto y orientación en la que fueron tomadas.

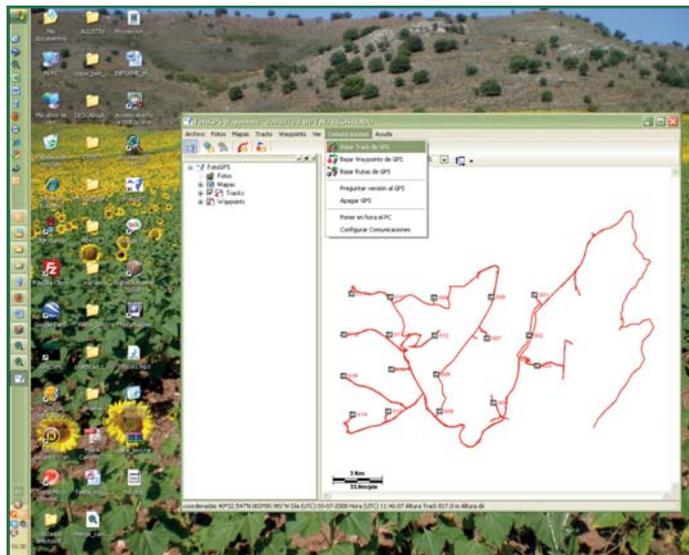


Figura 30: Imagen en la que se muestra la descarga del track y los waypoints del GPS.

Una vez nombradas correctamente estas fotografías y descargado el recorrido realizado durante el día, las fotografías serán georreferenciadas. El programa, utilizando el recorrido del GPS, posiciona las fotografías en aquellas coordenadas en las que fueron tomadas en función de la hora de la toma. Este proceso se puede apreciar en las Figuras 31 y 32.

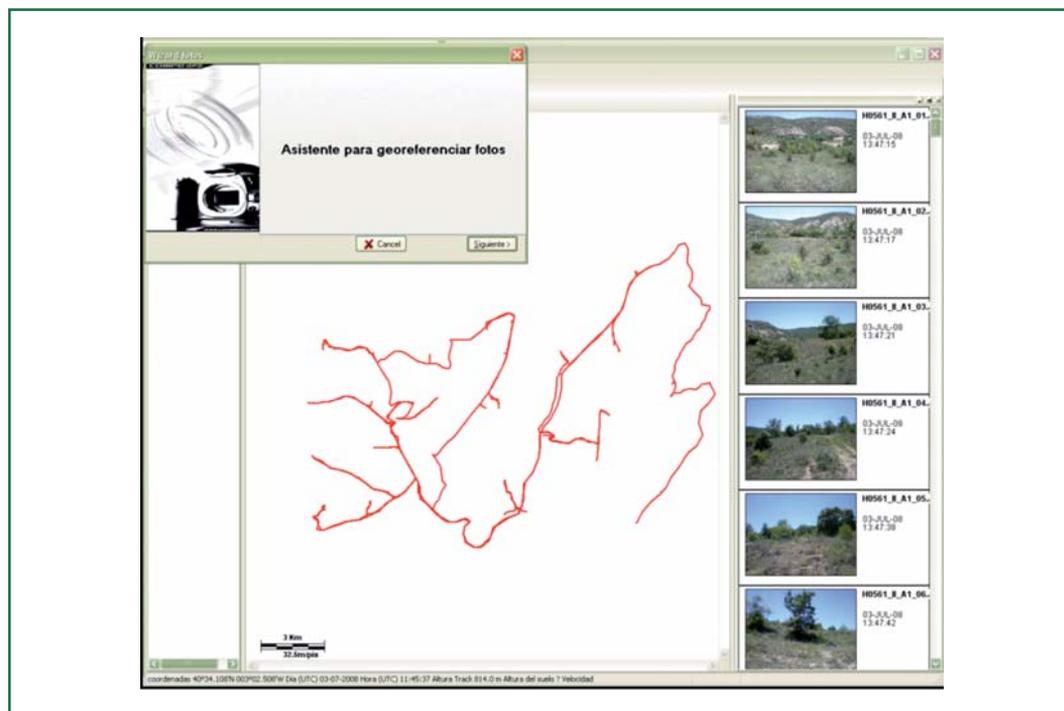


Figura 31: Imagen del programa utilizado para darle coordenadas a las fotografías en la que se puede apreciar como, por un lado, se descarga el track realizado a lo largo del día del GPS (línea roja) y, por el otro, las imágenes tomadas en ese mismo día (imágenes de la columna de la derecha). Una vez que tenemos el track y las fotos solo nos queda georreferenciarlas.

Mediante este proceso no sólo son georreferenciadas las fotos, sino que, el *track* del GPS también se modifica, incluyéndose en él los nombres de las fotografías.

En nuestro caso hemos elaborado una herramienta SIG específica para automatizar el proceso de creación de una base de datos con todos los puntos de campo y sus fotografías. Esta herramienta lee todos los recorridos realizados y genera, por un lado, una base de datos espacial (como la que se puede ver en la Figura 33), en donde, además de los campos como Comunidad Autónoma, provincia, nombre de la foto, fecha, etc., se añade el identificador del polígono generado por el fotointérprete, si existiese, en el que se encuentran si-

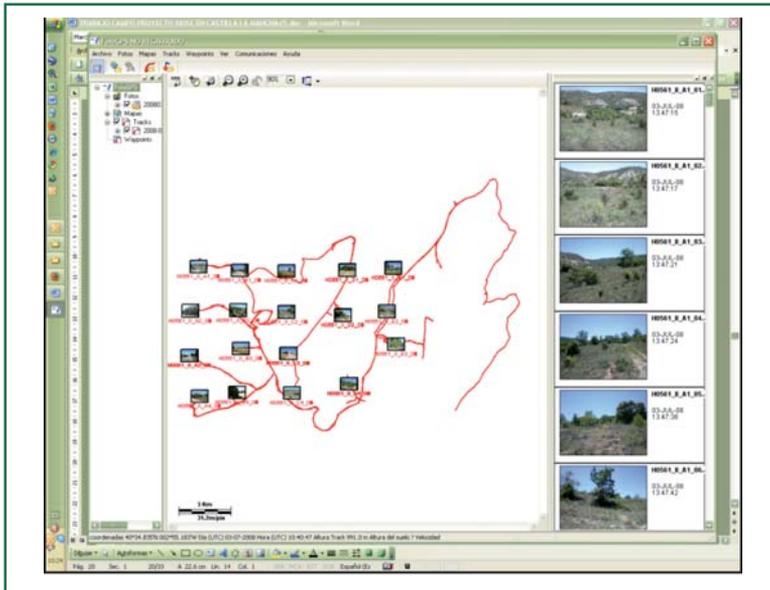


Figura 32: Tras la sincronización con el GPS se puede ver cómo las fotografías son georreferenciadas sin ningún tipo de problema.

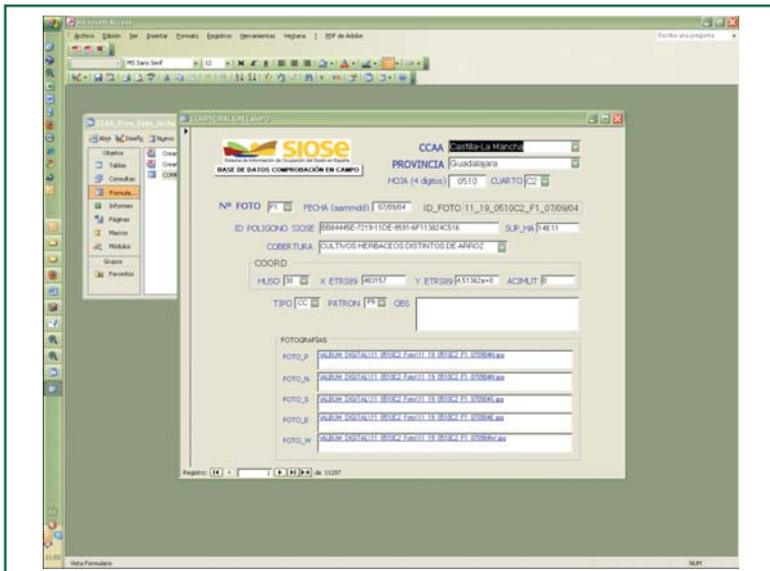


Figura 33: Ejemplo de base de datos de los puntos de campo para el proyecto SIOSE.

tuadas para su posterior control de calidad. Con ello se asegura la calidad de la fotointerpretación en la atribución de coberturas de los polígonos generados.

Y, por otro lado, se crea automáticamente un conjunto de carpetas con todas las fotografías de los puntos muestreadados. Cada carpeta es identificada con el nombre de la zona a la que pertenecen las fotos que contiene (Figura 34).

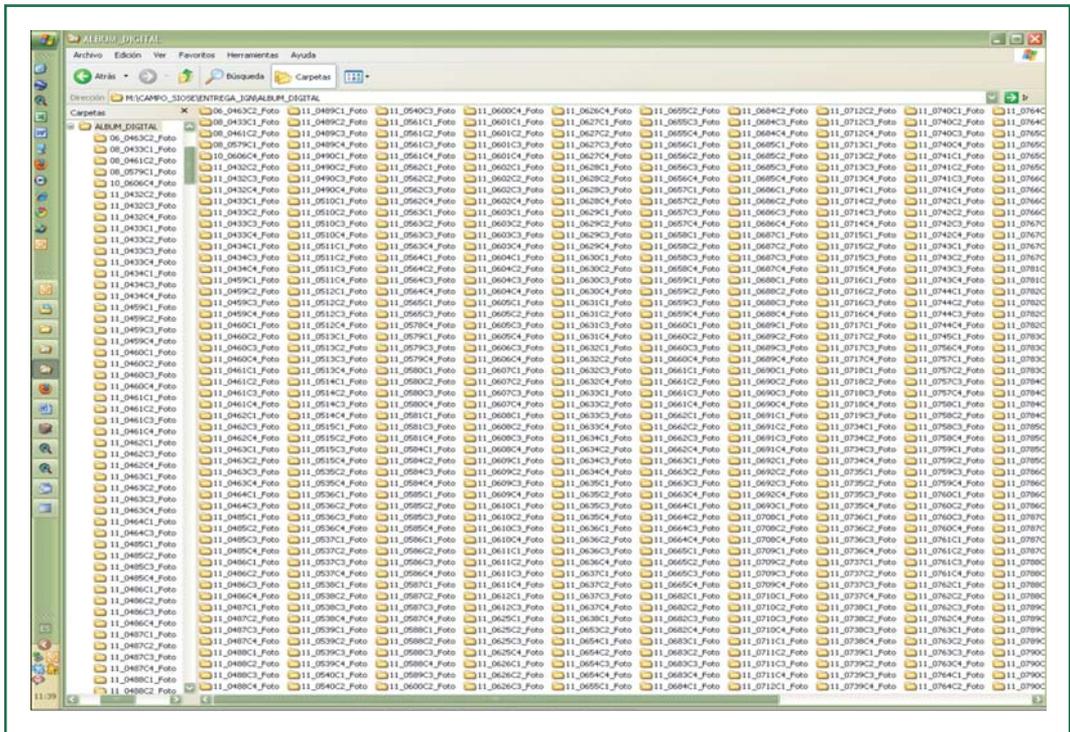


Figura 34: Carpetas en donde se almacenan las diferentes fotografías tomadas en campo, cada una dentro de la carpeta con el nombre de la zona a la que pertenecen.

Todas estas fotografías servirán, posteriormente, para la creación de una fototeca de paisajes, coberturas y usos del suelo.

3.2.1.7. Control de calidad de los datos

Al finalizar cada semana se almacenan los datos obtenidos, pero previamente se realiza un control de calidad de los mismos.

En dicho control se procede a examinar la información con el fin de que no haya errores en la misma. Para ello empleamos los archivos generados y las fichas asociadas para cada punto de campo. Este examen se compone de las siguientes comprobaciones:

1. Que cada hoja contenga el mínimo número de puntos establecidos (20 en este caso) repartidos de forma homogénea por toda la unidad de trabajo. En caso de no ser así se deberán tomar los puntos necesarios para llegar a este mínimo a excepción de aquellas zonas de difícil acceso o restringidas donde la falta de puntos está justificada.
2. Calidad fotos de campo. Se analizan las fotografías tomadas con el fin de comprobar que el archivo no esté dañado y que la toma sea correcta, es decir, que no esté ni demasiado subexpuesta o sobreexpuesta, no tenga ruido y que no haya ninguna foto a diferente altura o inclinación. Aquellas fotos con este tipo de problemas deben ser repetidas.
3. Que existan ocho fotografías por punto. En aquellos puntos en donde falte alguna, se debe tener especial cuidado para no equivocarnos en su orientación. Para ello utilizamos la ficha aparejada con cada punto, indicándose la carencia de alguna de las fotografías en una determinada dirección. Si faltara alguna de las fotografías de las principales orientaciones (Norte, Este, Sur u Oeste) habría que repetir la toma de datos del punto.
5. Que haya el mismo número de puntos control que en las fichas de campo. De esta forma se comprueba si las fotos han sido guardadas en una misma carpeta o si por error las fotografías de alguno de los puntos han sido almacenadas en otra unidad de trabajo.
6. Que las fotografías estén correctamente georreferenciadas. En algunos casos se puede observar que, al no estar correctamente sincronizada la cámara con el GPS, las ocho fotografías de un punto no están todas en el mismo lugar. Para su solución se deben georreferenciar con el correspondiente desfase de tiempo entre el GPS y la cámara fotográfica.
7. Nomenclatura de las fotografías y el *track*. Es importante que las fotografías y los *tracks* tengan la misma nomenclatura para la automatización en la creación de la base de datos y archivo fotográfico. Algunas veces se pueden observar errores como sustitución de ceros por la letra "o", falta de guiones, etc. que interrumpirían el proceso.

3.2.1.8. Datos para ayuda y comprobación de la calidad de la fotointerpretación

La finalidad principal del trabajo de campo es aportar información a los fotointérpretes para una mejora en la calidad de la asignación de coberturas, por eso debe realizarse de forma coordinada con el trabajo de gabinete.

Una vez obtenidas las fotografías, la base de datos de puntos se transforma en una base de datos espacial vinculándose cada punto con cada una de sus ocho fotografías (Figura 35). Los puntos de campo son representados en el entorno SIG de trabajo a través de un servidor para que cada uno de los fotointérpretes pueda verificar la fotointerpretación de cada polígono en donde recae el punto de campo.

La base de datos de campo se irá ampliando regularmente (por ejemplo, semanalmente) una vez los datos hayan pasado el control de calidad.

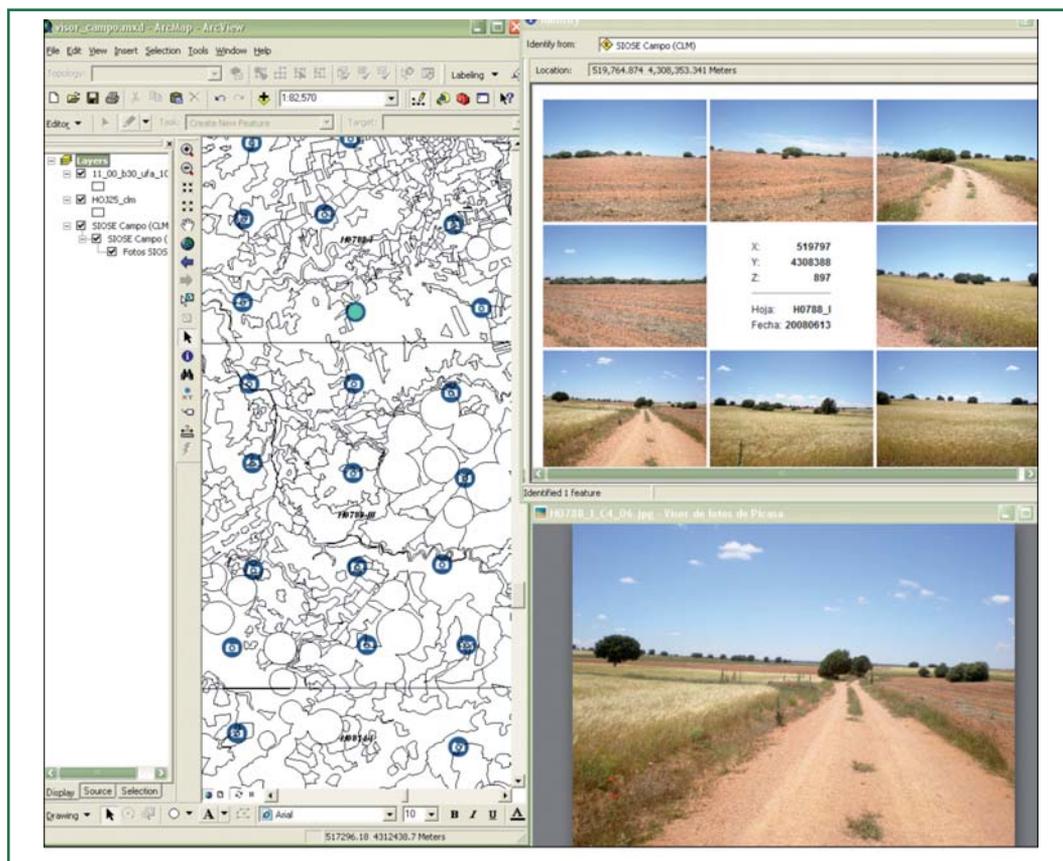


Figura 35: Representación de la base de datos espacial de campo mediante un servidor WMS para la ayuda y control de la fase de digitalización y coberturas. En la parte izquierda se observan varias hojas SIOSE digitalizadas con los puntos de toma de datos en campo, donde se ha consultado información a uno de ellos (señalado en azul celeste) que se muestra en la parte derecha. Arriba aparecen los datos relativos al punto: coordenadas X, Y y Z, hoja a la que pertenece y fecha de toma de datos. Las fotografías se encuentran orientadas de manera que la imagen central superior corresponde al Norte, la de su derecha al Noreste (ampliada más abajo), etc., hasta completar las ocho orientaciones.

Problemática

En el desarrollo de cualquier proyecto sobre cartografía de ocupación del suelo (como ha sido el caso del CORINE y del SIOSE), se diferencian tres fases fundamentales:

1. *Digitalización geométrica (geometría).*
2. *Asignación de coberturas (semántica).*
3. *Trabajo de campo.*

Las cuales, aunque independientes, se encuentran fuertemente interrelacionadas. El trabajo de campo es especialmente importante para la asignación de coberturas, puesto que puede solucionar dudas al fotointérprete, y utilizarse como elemento de entrenamiento en su formación. También resulta importante en la fase de digitalización geométrica, al ayudar en la segregación de zonas de respuesta similar para coberturas distintas, lo que implica geometrías diferenciadas.

No obstante, las fases de geometría y semántica son las que más estrechamente se encuentran relacionadas. En efecto, en la fase de digitalización, el técnico segrega el territorio en función de las pautas establecidas donde, inevitablemente, se tienen en cuenta aspectos semánticos. Por ejemplo, el técnico debe digitalizar los polígonos separando los terrenos forestales, de los agrícolas o de los urbanos. Pero también, dentro de cada una de estas clases, se diferencian otros tantos en función del grado de cobertura de la masa vegetal, el tipo de cultivo, o las diferencias propias de los pueblos y ciudades. Esto conlleva la digitalización de polígonos a los que, en una fase posterior (semántica), se les incorporará una cobertura detallada. De esta forma, en la fase de digitalización se observan características generales y, en la fase de asignación de coberturas, se especifican completamente.

Por todo ello, en los aspectos problemáticos que se definen en este apartado y que han sido clasificados atendiendo a estas fases, podemos encontrar errores clasificados como de geometría con una importante componente semántica, y que podrían aparecer como aspectos propios de la asignación de coberturas, o viceversa.

4.1. ASPECTOS PROBLEMÁTICOS EN LA FASE DE DIGITALIZACIÓN

A la hora de abordar cualquier proyecto de cierta complejidad, resulta de gran ayuda conocer de antemano las dificultades con las que se va a encontrar y los posibles errores en los que puede incurrir el técnico durante el transcurso de su trabajo, a fin de solucionarlos antes de que aparezcan. En lo que respecta a la elaboración de cartografía de coberturas del suelo, la digitalización de polígonos constituye la parte más importante y que más tiempo consume del total del trabajo; es por ello trascendental conocer de antemano los problemas que pueden surgir en este punto. Su previsión y corrección inicial redonda en un importante beneficio en tiempo y calidad del trabajo.

En este apartado, se expondrán los problemas con que nos hemos encontrado durante diferentes proyectos, registrados en los controles internos realizados. La mayoría de ellos corresponden a la elaboración del proyecto SIOSE, por ser el más complejo y, por ello, el que mayor número de dificultades permitió detectar. Todos son casos reales, surgidos durante los procesos de digitalización geométrica y semántica, y que los responsables de los diferentes controles fueron anotando en las *hojas de ruta* (véanse Figura 7 y Figura 8).

Con la idea de que pueda servir de ayuda a la hora de formar fotointérpretes, hemos incorporado a la relación de errores y dificultades su posible solución, planteada siempre desde un punto de vista didáctico.

TIPOLOGÍA DE ERRORES

Para la organización de estos errores, se han clasificado según las cinco clases que se reconocen (a nivel europeo) en el proyecto CORINE LAND COVER. Esto es:

- A. ZONAS ARTIFICIALES.
- B. ZONAS AGRARIAS.
- C. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES.
- D. ZONAS HÚMEDAS
- E. SUPERFICIES DE AGUA.
- F. Hemos añadido un apartado más, denominado "OTROS ASPECTOS", donde se analizan cuestiones y errores más generales.

4.1.1. Zonas artificiales

Los errores más frecuentes han sido:

4.1.1.1. *Polígonos que no respetan la superficie mínima digitalizable*

En proyectos en los que se definan superficies mínimas digitalizables, éstas deberán ser tenidas siempre presentes.

La situación se complica en proyectos en los que se definen superficies mínimas diferentes en función del tipo de cobertura, como sucede con SIOSE. Para evitar tales errores se hace necesario dotar al técnico de herramientas que detecten la superficie del polígono eficazmente. Deben de permitir que, durante la fase de digitalización, en caso de duda, el técnico pueda consultar la superficie del polígono digitalizado de forma directa con solo pulsar un botón.

También es útil disponer de una herramienta que se pueda aplicar cuando se finalice cada hoja y que:

1. determine qué polígonos tienen una superficie mínima no admisible según los criterios establecidos por el proyecto, y
2. los seleccione para su posterior corrección.

4.1.1.2. Formas de polígonos excesivamente lobulados en la digitalización de vías de comunicación

En el proyecto SIOSE, y siempre respetando la referencia de la imagen SPOT, se aconsejaba la digitalización de las vías de comunicación (tanto carreteras de diferente tipo como vías férreas, donde se incluyen los taludes) lo más rectas posibles, con el fin último de evitar este tipo de geometrías. Este error se puede corregir en el período de formación de cada fotointérprete, al destacar el caso.

4.1.1.3. Ausencia de digitalización de algunas carreteras de primer orden incluidos en los requisitos del proyecto

Este error se produce por un descuido del fotointérprete o por desconocimiento de las características de la carretera.

Para asegurarse que todas las carreteras y caminos requeridos por el proyecto se digitalizan, el técnico debe disponer de información auxiliar, como cualquier mapa de carreteras oficial de fecha acorde con la referencia temporal del proyecto. Lo ideal es disponer de la red de carreteras digitalizada de la zona del proyecto. En este caso se extraerán o destacarán las que deben incluirse de manera obligatoria.

4.1.1.4. Estaciones de servicio de la RED VIARIA digitalizadas de forma independiente

Se trata de un incumplimiento de los requisitos del SIOSE. Tal y como indican las especificaciones técnicas del proyecto para superficies artificiales (070727_Manual_Fotointerpretacion_anexo_IV_fichas_Artificialcomp, pág. 53), las estaciones de servicio se debían di-

gitalizar junto a la red viaria, seccionando esta antes y después de la estación, de manera que la superficie del polígono fuera de, al menos, 1 ha. Debe corregirse durante el período de formación.

4.1.1.5. Elementos de entidad (glorietas, cambios de sentido, etc.) incluidos en vías de comunicación

Puesto que uno de los objetivos del proyecto SIOSE consiste en describir de la mejor manera posible la ocupación del suelo, dada la particularidad de estos casos, en los que la composición porcentual puede variar bastante con respecto a tramos lineales (por ejemplo, en cuanto a SUELO NO EDIFICADO o ZONA VERDE ARTIFICIAL Y ARBOLADO URBANO), es recomendable separarlos en polígonos diferentes.

4.1.1.6. Unión de tramos de RED VIARIA con RED FERROVIARIA

Para evitar confundir entre estas vías de comunicación en la imagen SPOT, debemos tener presente que las vías férreas suelen discurrir en tramos rectos durante kilómetros presentando curvas con radios bastante más amplios. No obstante, se recomienda proveerse de información auxiliar, tanto de tipo ráster (ortofotos) como vectorial (mapa topográfico o alguno de carreteras), que ayuden a diferenciar unas de otras.

4.1.1.7. Digitalización de cursos de agua naturales sobre vías de comunicación

Si pensamos en una situación lógica, las vías de comunicación irán siempre sobre cursos naturales de agua por medio de viaductos, puentes, etc. Evitaremos este tipo de errores si seguimos la jerarquía expuesta en la Fase I.6 del apartado 3.1.1.6 sobre cómo integrar la información vectorial en una única capa.

La excepción que puede existir para que un curso de agua se encuentre sobre una vía de comunicación puede darse en el caso de canales o trasvases, fácilmente distinguibles de cursos naturales de agua por la linealidad de los mismos.

4.1.1.8. Inclusión de caminos de tierra en las vías de comunicación

Los caminos de tierra próximos a vías de comunicación (ya sean autovías, carreteras o vías férreas) no se digitalizan junto a estas, sino que formarán parte de los polígonos adyacentes, que suelen ser de tipo agrícola o forestal, asignándoles si fuera oportuno un

porcentaje de SUELO NO EDIFICADO, al ser esta la cobertura que mejor define este tipo de elementos. Esta es otra condición que se debe destacar durante el período de formación.

4.1.1.9. Continuación de la RED VIARIA en el interior de núcleos urbanos

Según la dirección nacional del proyecto, cuando una carretera, que por su grado de importancia debe ser digitalizada, llega a un núcleo urbano, debe ser cortada en los límites del mismo, entrando a formar parte del entramado urbanístico, dentro del cual la referencia a seguir serán los ejes de las calles. Esta condición del proyecto debe quedar clara durante el período de formación.

4.1.1.10. Delimitación defectuosa de polígonos urbanos al cometer errores mayores a los admitidos por el proyecto (5 m en el caso del SIOSE)

En la digitalización de este tipo de estructuras artificiales, se recomendaba emplear como imágenes de base las ortofotografías ya que, al contar con mayor resolución, ayudan a percibir mejor los elementos a diferenciar y, por tanto, digitalizar, tales como edificios singulares, ejes de las calles, etc. No obstante, y como la referencia temporal, geométrica y semántica del proyecto SIOSE es la imagen SPOT 2005, la digitalización efectuada con base a las ortofotografías se considera correcta siempre y cuando no contradiga a esta última, por lo que durante el proceso es recomendable visualizar de manera alterna tanto una como otra para no cometer este tipo de errores.

4.1.1.11. Digitalización de estructuras pertenecientes a coberturas predefinidas distintas (como son CASCO y ENSANCHE) en un mismo polígono

Al ser dos tipos de cobertura artificial que definen una misma ocupación del suelo (la urbana) con diferente distribución y estructura de sus elementos, esto es, la disposición de manzanas, calles, zonas verdes, etc., conviene que estén diferenciados, de esta manera se facilita la posterior asignación de coberturas.

Un aspecto importante a destacar en la metodología expuesta en el presente libro, consiste en que, a pesar de diferenciar claramente los principales procesos de digitalización y asignación de coberturas, no se pueden entender uno separado del otro, sino que existe *per se* una fuerte relación entre ellos. Es decir, ya durante el proceso de digitalización, el técnico debe ir formándose una idea (por sencilla que esta sea) de la posible cobertura del polígono (véase la introducción del punto 4).

En el caso que nos ocupa, al ser dos tipos de coberturas predefinidas que responden a un mismo ámbito (núcleos urbanos), se recomienda independizarlas de la mejor manera posible, evitando para ello digitalizar en el mismo polígono ambos casos de distribución ur-

vana. Por ello, si en la fase de asignación de coberturas se da la posibilidad de introducir una cobertura de un MOSAICO formado por CASCO y ENSANCHE, podríamos deducir que la geometría sería mejorable. Este es un error que debe corregirse durante el período de formación de los fotointérpretes.

4.1.1.12. Presencia de líneas sobre edificaciones al contrastar la capa SIOSE con la imagen SPOT

Es habitual que, en cartografías de cierto detalle, los límites de los polígonos en núcleos urbanos se tracen teniendo en cuenta los ejes oficiales de las calles. Se exceptuarían casos excepcionales, en los que, por ejemplo discreparan con la imagen SPOT al aparecer dichos ejes sobre edificaciones, o que, con objeto de obtener una representación lo más homogénea posible, fuera adecuado trazarlos por otro lugar. En este caso, como se ha comentado en párrafos anteriores, es recomendable utilizar la ortofotografía en el proceso dada su mayor resolución, pero teniendo siempre en cuenta que la imagen de referencia es la SPOT y que la digitalización no puede entrar en contradicción con ella.

Por otro lado, la utilización de los ejes oficiales debe hacerse incluyéndolos en la propia preparación de la hoja (véase el apartado 3.1.1.6 sobre la integración de la información vectorial en una única capa). No sería correcto utilizarlos como calco, es decir, se consideraría error si la digitalización se hiciera situándolos debajo de nuestra capa de trabajo (*capa madre*) para después digitalizar sobre ella, ya que estaríamos falseando la información.

Debe corregirse durante el período de formación.

4.1.1.13. Escasa diferenciación de polígonos en núcleos urbanos

Para digitalizar polígonos en núcleos urbanos, a efectos de delimitar de la mejor manera posible dicho entramado, evitando la creación de polígonos excesivamente grandes, es muy recomendable contar con información auxiliar que ayude en la localización de ciertos elementos singulares (ayuntamientos, colegios, teatros, iglesias, zonas deportivas, grandes zonas verdes urbanas,...) que independizarían cada polígono de mejor manera, al permitir identificar las distintas coberturas artificiales definidas según el modelo SIOSE, y que se codifican como coberturas predefinidas (ADMINISTRATIVO INSTITUCIONAL, EDUCACIÓN, CULTURAL, RELIGIOSO,...).

Este nivel de precisión no es posible obtenerlo de las imágenes SPOT con resolución de 2.5 m. Sin embargo, las ortofotografías permiten determinar algunos de los elementos mencionados gracias a sus rasgos distintivos: muchas iglesias tienen su planta en forma de cruz, o bien presentan elementos característicos como torres que destacan sobre el resto o ábsides; los colegios suelen presentar grandes patios con pistas o pabellones deportivos anexos; la planta de ciertos teatros o recintos culturales suele ser también bastante particular; etc.

Finalmente, es recomendable hacer uso del catastro o de callejeros que suelen destacar este tipo de elementos singulares.

Este error debe de corregirse durante el período de formación y después, con el control de cada fotointérprete.

4.1.1.14. Digitalización defectuosa de PARQUES EÓLICOS

Consideramos que los errores en la digitalización de parques eólicos no son debidos al técnico, sino a una falta de definición en los inicios del proyecto, o también debido a su singularidad. Como la unión entre aerogeneradores se produce por medio de los caminos de acceso y estos tienen una anchura inferior a 15 metros (siendo esta la mínima distancia permitida para elementos lineales), era inevitable la comisión de errores por la presencia de pasillos. Por ello, según indicaciones del Equipo Técnico Nacional, se ha interpretado de forma más generosa las áreas asociadas, a partir de los viales de comunicación internos, considerando además que el entorno de los aerogeneradores suele estar sujeto a ciertas servidumbres de uso. De manera gráfica, podríamos entender la geometría de estos parques eólicos con la forma de «peines» (Figura 36).



Figura 36: Parque eólico entre los municipios de Sisante, Tébar y Vara del Rey (Cuenca) próximo a la A-31. Arriba izquierda: Mosaico SPOT (escena 37-271, julio de 2005). Arriba derecha: ortofotografía PNOA (julio de 2006). Abajo: detalle de la Mosaico SPOT donde se observa la geometría en forma de «peines» de los parques eólicos.

4.1.2. Zonas agrícolas

Los errores y dificultades más frecuentes derivados de las zonas agrícolas han sido los siguientes:

4.1.2.1. *Digitalización de polígonos excesivamente grandes cuando pueden dividirse en otros menores*

Este es un error importante, pero difícil de detectar y que empobrece enormemente la cartografía final. Proviene, sin duda, del deseo o la necesidad de ganar tiempo, de producir con rapidez. El fotointérprete suele justificarlo en función de la subjetividad que conllevan las clases compuestas.

Otro problema añadido es que los polígonos que forman parte de los límites de la hoja de trabajo se harán mucho mayores cuando se realice el case entre hojas o bloques adyacentes.

Su corrección pasa por varias fases:

1. Debe explicarse y razonar el problema durante el período de formación.
2. Debe controlarse desde el principio del proyecto.
3. Debe explicarse individualmente a cada fotointérprete que tienda a cometer este error la manera correcta de hacerlo.
4. Siempre que se detecten estos macropolígonos se intentará dividirlos en otros polígonos más pequeños que se diferencien en al menos un 5% de su cobertura.

4.1.2.2. *Incumplimiento de la superficie mínima para terrenos agrícolas (2 ha)*

Como se comentó en un punto anterior para zonas artificiales (véase el apartado 4.1.1.1), el técnico debe tener siempre presente cuáles son las superficies mínimas digitalizables que el proyecto determina en función de las coberturas que vaya a tener cada polígono. Si dispone de una herramienta que solamente con pulsar sobre el polígono le indique su extensión, no existe más justificación que el descuido para la existencia de este error.

4.1.2.3. *Heterogeneidad en la incorporación de los caminos de tierra a los polígonos adyacentes*

Las directrices técnicas del proyecto indican que pueden digitalizarse bien por el eje del mismo, asignando la mitad a uno y otro polígono adyacente, o bien por el borde, incluyéndolo todo en un único polígono y, si tuviera representatividad en el polígono conformado, se le asignaría el porcentaje de SUELO NO EDIFICADO correspondiente.

Como norma interna, y con el objetivo de obtener una geometría lo más homogénea y coherente posible entre todo el equipo de técnicos fotointérpretes, consideramos oportuno digitalizar los caminos siempre por uno de sus bordes, incorporándolo al polígono con el que mayor relación presente; es decir, si un camino divide un terreno agrícola de otro forestal, lo más lógico sería incluirlo en el primero. Si los dos presentan coberturas similares, se le asignaría a aquel polígono donde mayor entidad manifieste.

4.1.2.4. Digitalización defectuosa de parcelas agrícolas al no utilizar sus límites más evidentes

Es conveniente digitalizar los terrenos agrícolas apoyándonos siempre en líneas claras o contrastadas que ofrezca la imagen SPOT. Estas pueden definirse por las lindes que dividen cultivos de igual o diferente tipo, bordes de caminos, alineaciones de árboles o arbustos,... que se traducen en contrastes evidentes y observables en la imagen del satélite. Esto debe enseñarse durante el período de formación.

4.1.2.5. Dificultad en la digitalización de parcelas en regadío

Este es un problema que surge debido a la dificultad de identificar coberturas en regadío. El no poder discriminar fácilmente las mismas repercute en no poder digitalizar claramente los polígonos que ocupan.

Toda esta problemática se encuentra ampliamente detallada en el apartado 4.2.2.5 referente a la fase de asignación de coberturas al que remitimos al lector.

4.1.2.6. Abuso de mosaicos formados por cultivos de regadío y secano cuando pueden independizarse en polígonos con coberturas simples

Bajo la idea de generar el mayor número de coberturas simples posibles, evitando siempre que se pueda la creación de mosaicos, debe intentarse que los polígonos con cultivos de regadío regado, según la imagen SPOT, ocupen una cobertura del 100%, independizándolos del resto. Lo mismo que en los casos anteriores, es un error que debe corregirse durante el período de formación y en el día a día con los fotointérpretes.

4.1.2.7. Abuso de mosaicos formados por FRUTALES y OLIVOS cuando pueden independizarse en polígonos con coberturas simples

Para delimitar las parcelas destinadas a uno u otro tipo de cultivo leñoso, se hace necesario contar con información auxiliar, como puede ser la que aporta el SIGPAC. Si dispo-

nemos de ortofotografías, también pueden distinguirse entre frutales maduros y olivos, ya que los primeros suelen presentar una copa más aclarada y abierta; en cambio, los olivos muestran una copa más homogénea, recogida y compacta (Figura 37).

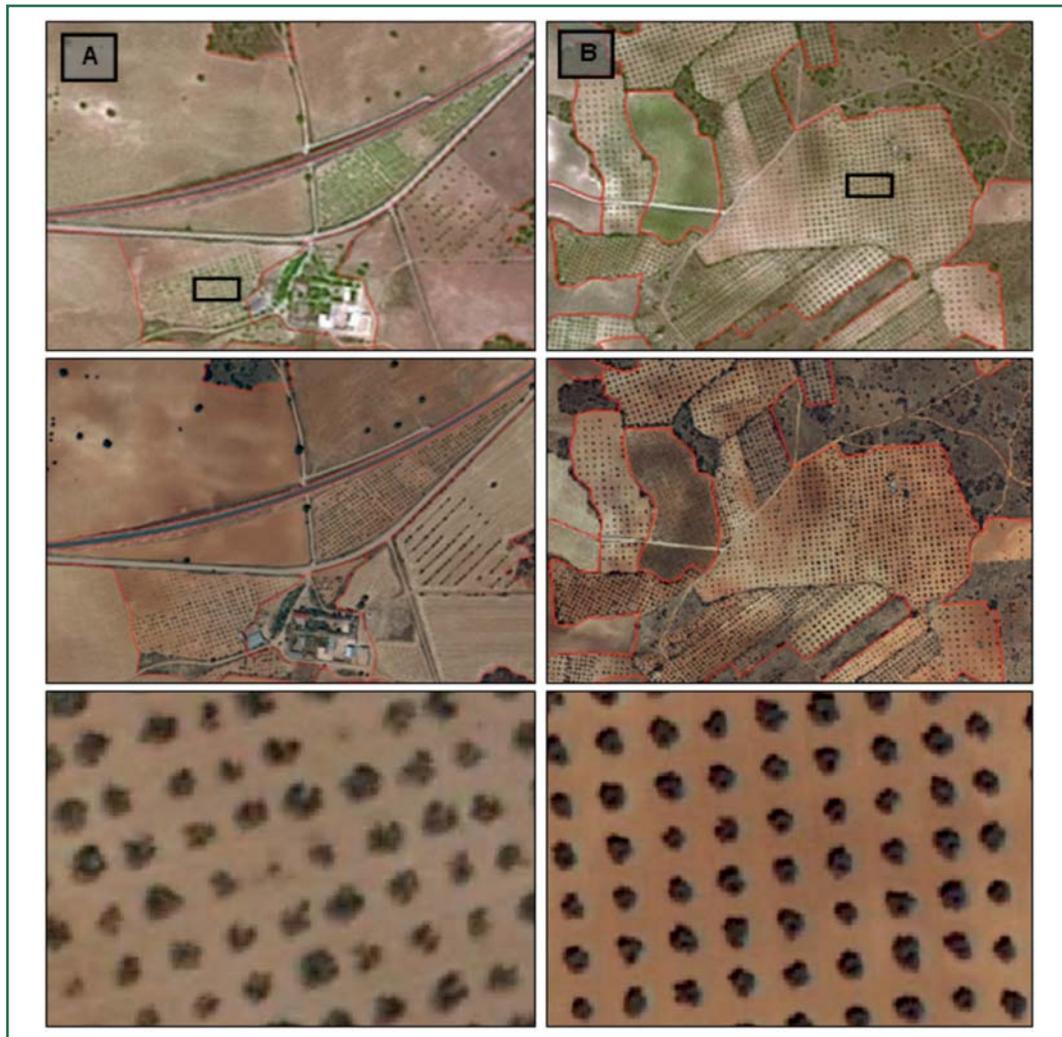


Figura 37: Cultivos de frutales (A) y olivos (B) en el término municipal de Alhambra (Ciudad Real). Se ha representado por medio de un rectángulo las zonas de detalle que se muestran en las imágenes inferiores. En ellas se observan las características fisonómicas de la copa de frutales y olivos: las primeras presentan una copa más aclarada y abierta mientras que la de los olivos suelen ser más homogéneas, recogidas y compactas. Superiores, imágenes SPOT5 (escena 36-272, junio de 2005). Centrales e inferiores, ortofotografías PNOA (julio de 2006).

4.1.2.8. Dificultad en la diferenciación entre polígonos de REGADÍO NO REGADO y SECANO

Por medio de las imágenes SPOT son fácilmente detectables cultivos herbáceos que han sido regados en fechas próximas a la toma de la imagen por el color verde intenso que se observa en ellas. No obstante, existen tonalidades verdosas (según se aprecia en la combinación de bandas SPOT denominada "color natural SIOSE"), que pueden llevar a confusión. En estos casos se hace necesario el empleo de información auxiliar para determinar si un cultivo es o no de regadío (véase el punto 4.3.6 de coberturas dudosas).

Un ejemplo de lo mencionado se observó en aquellas parcelas agrícolas ocupadas por girasoles y otros tipos de CULTIVOS HERBÁCEOS DISTINTOS DE ARROZ de SECANO (Figura 38). Por la propia fenología del cultivo del girasol (en las fechas de las imágenes SPOT), se observa una respuesta de tonalidades verdosas que contrasta con la clásica de los cultivos de secano (colores crema, marrones claros,...), que se encuentran rodeando a los anteriores. Por este motivo, el técnico poco experimentado puede llegar a confundir al girasol como un cultivo de REGADÍO NO REGADO si se tiene presente única y exclusivamente la respuesta del cultivo en las imágenes de satélite, y no otro tipo de información como la existencia de

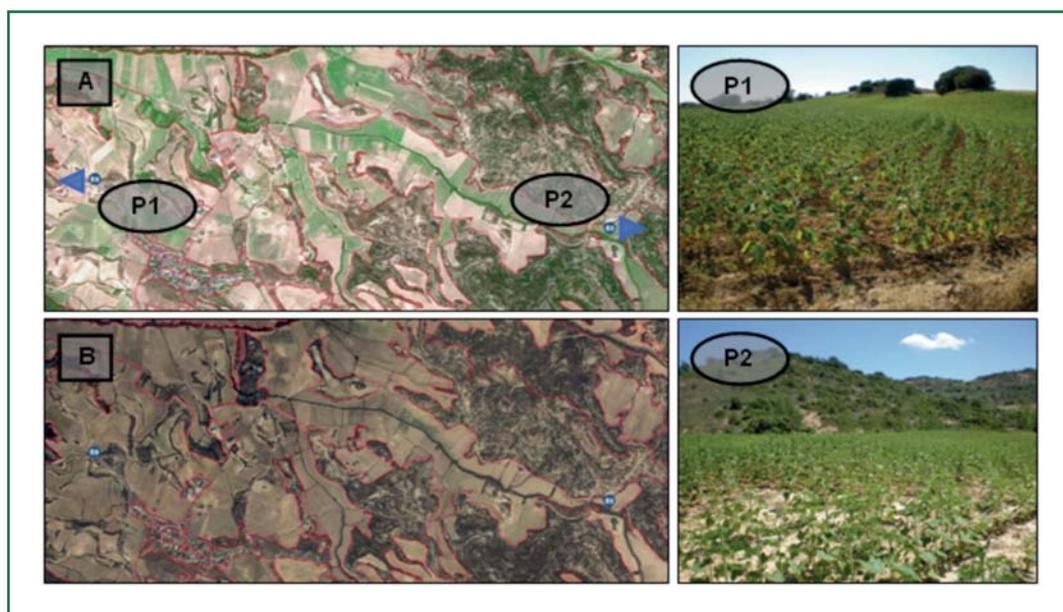


Figura 38: Cultivo de girasoles (tonos verde claro) en el término municipal de Abadía de la Obispalía (Cuenca). De los puntos de toma de datos en campo que se observan (P1 y P2) se muestra la fotografía con orientación Oeste del punto P1 y la Este del punto P2, en las que se aprecian claramente el cultivo de girasol. A, Mosaico SPOT (escena 37-270, agosto de 2005). B, ortofotografía PNOA (agosto de 2006).

elementos de riego. En esta situación lo correcto es considerar ambos casos como cultivos de SECANO.

4.1.3. Bosques y áreas seminaturales

De los errores encontrados, se han seleccionado los siguientes:

4.1.3.1. Exceso de confianza en algunos límites del MFE

A pesar de que el MFE es una información excelente para determinar los polígonos en este tipo de zonas, se debe tener en cuenta la delimitación de los mismos en función de la imagen SPOT, modificándolos si fuera necesario.

Debe corregirse durante el período de formación y en el día a día con los fotointérpretes.

4.1.3.2. Uso de líneas demasiado rectas y largas en zonas boscosas y seminaturales

Puesto que en el ámbito forestal no existen lindes tan definidas como en terrenos agrícolas, la geometría se debe ajustar teniendo en cuenta aspectos tales como la densidad de la vegetación, presencia de roquedos o elementos orográficos que puedan ser fácilmente distinguibles en la imagen. También se debe suavizar la forma de los polígonos utilizando formas naturales, curvadas, sin abusar de líneas rectas y ángulos (propios de ámbitos más antropizados como el agrícola y no característicos del medio natural).

Debe corregirse durante el período de formación y en el día a día con los fotointérpretes.

4.1.3.3. Inclusión en el mismo polígono de terreno forestal y agrícola cuando es posible independizarlos en polígonos distintos

Uno de los objetivos que debe tener el técnico en el proceso de digitalización, consiste en diferenciar polígonos de la manera más lógica posible. De esta manera, siempre que se pueda, se intentarán independizar los polígonos en grandes grupos, esto es: suelo ocupado por terrenos agrícolas por un lado; terreno forestal por otro; las superficies artificiales corresponderían a otro gran grupo, etc.

Se trata de evitar (o minimizar) la digitalización de polígonos que obliguen a introducir como cobertura mosaicos compuestos de elementos sin relación entre ellos (como es el caso de terrenos agrícolas y forestales).

Es un error que debe de explicarse durante el período de formación.

4.1.3.4. *Delimitación de polígonos excesivamente grandes cuando pueden ser divididos en otros de menor tamaño.*

Al igual que se ha comentado en el caso de zonas agrícolas, es recomendable no digitalizar polígonos excesivamente grandes, siempre que sea posible. Para ello, se hace indispensable la consulta de información auxiliar como es el MFE y el empleo de ortofotografías donde se busquen elementos significativos que ayuden a la diferenciación entre polígonos contiguos: presencia de claros o superficies rocosas, diferente tipología de especies, distinta fracción de cabida cubierta, distribución de la masa arbolada en bosquetes, etc.

Su corrección pasa por varias fases:

1. Debe explicarse durante el período de formación.
2. Debe controlarse desde el principio del proyecto.
3. Debe explicarse individualmente a cada fotointérprete que tienda a cometer este error la manera correcta de hacerlo.
4. Siempre que se detecten estos macropolígonos se intentará dividirlos en otros polígonos más pequeños que se diferencien en al menos un 5% de su cobertura.

4.1.3.5. *Delimitación de polígonos multiparte utilizando cortafuegos o vías de acceso a parques eólicos*

Definimos **polígono multiparte** como aquel constituido por uno o varios anexos formados debido a la integración de elementos lineales que han sido considerados para la formación de la capa madre por su importancia (Figura 39). Dichos elementos lineales (vías de comunicación o hidrología) proceden de la información temática de referencia aprobada por la dirección técnica del proyecto. El ejemplo clásico se da en parcelas agrícolas que han sido segregadas ante la construcción de, por ejemplo, una vía de comunicación.



Figura 39: Carretera CM-410 entre Mazarambroz y Cuerva, municipio de Mazarambroz (Toledo). Se muestran resaltados (en azul) los polígonos multiparte, es decir, aquellos que presentan la misma información por ser el mismo polígono. Mosaico SPOT (escena 33-270, julio de 2005).

Se debe tener en cuenta que el Equipo Técnico Nacional del Proyecto SIOSE define la existencia de polígonos multiparte únicamente cuando proceden de elementos lineales digitalizables, esto es, vías de comunicación e hidrología. Debe de explicarse durante el período de formación.

4.1.3.6. Incumplimiento del error máximo admisible (5 m).

Aunque en el ámbito forestal, determinar el error máximo admisible resulta un tanto subjetivo por ser un territorio donde los límites se encuentran más o menos difusos, no hay que obviarlo.

La digitalización de zonas forestales se debe ajustar lo máximo posible a la forma de la vegetación (el MFE tiene un papel predominante como orientador) para no cometer errores de 5 m con las imágenes SPOT. Para ello, el técnico debe tener especial cuidado en aquellas zonas donde exista un contraste claro en las tonalidades de color que nos ofrecen las imágenes de satélite.

4.1.3.7. No diferenciación de las clases AFLORAMIENTOS ROCOSOS y CANCHALES

La respuesta de este tipo de elementos en las imágenes de satélite depende de la composición y estructura del sustrato. No obstante, suelen presentar tonos claros como: blancos, cremas, grises claros. Para evitar la omisión de este tipo de coberturas también se recomienda la consulta de información auxiliar como ortofotografías y mapas geológicos (Serie MAGNA o de mayor escala de la zona si los hubiese).

4.1.3.8. Digitalización de cortafuegos con una anchura inferior a 15 m

En el proyecto SIOSE se define una anchura mínima entre elementos lineales de 15 m (*Manual de Fotointerpretación v1.2*). No obstante, el Equipo Técnico Nacional del Proyecto SIOSE determinó como únicas excepciones a esta regla el caso de **cultivos forzados, coberturas húmedas, playas, vegetación de ribera y la red viaria digitalizable** según la clasificación de carreteras definida en las especificaciones técnicas del proyecto, que podían tener una anchura inferior.

Tanto el equipo técnico como el equipo responsable del control de calidad deben tener siempre presente las especificaciones técnicas del proyecto junto con sus excepciones, si las hubiera.

4.1.3.9. *Inclusión de sombras en polígonos de árboles, especialmente en formaciones de ribera*

El técnico debe prestar atención a la hora de trazar las líneas de digitalización para no tener en cuenta elementos que no son representativos de la realidad y evitar así la representación en la cartografía de "ruidos" de la imagen, como pueden ser las sombras.

Se recomienda contrastar los límites definidos mediante la utilización de ortofotografías.

4.1.3.10. *Indeterminación en la digitalización de polígonos de FRONDOSAS CADUCIFOLIAS DE PLANTACIÓN*

Durante la digitalización, el técnico debe diferenciar aquellos polígonos que se traducirán en la siguiente fase de asignación de coberturas como choperas (FRONDOSAS CADUCIFOLIAS DE PLANTACIÓN) ubicadas en las inmediaciones de cursos de agua, siempre que cumplan con la superficie mínima de 2 ha.

4.1.3.11. *Dificultad en la fotointerpretación de zonas afectadas por incendios forestales*

En principio, los incendios forestales son fácilmente localizables por lo característico de su respuesta en las imágenes de satélite y por el contraste existente con su entorno más inmediato no afectado por el incendio. En algunos casos, también son fácilmente identificables los cortafuegos realizados durante las labores de extinción que conforman el perímetro del incendio.

No obstante se observó un caso especial en el incendio que tuvo lugar en Guadalajara en el verano de 2005 (Figura 40), que afectó a varios municipios arrasando más de 12.000 Ha, y que no fue fotointerpretado en un primer momento por el equipo técnico.

La explicación puede deberse, por un lado a que pasado un tiempo las evidencias se minimizan en la imagen, disminuyendo el contraste con el entorno y pudiendo ser confundido con un pastizal o matorral y, por otro, con mayor probabilidad, a un problema de escala. En efecto, dado que se emplearon como unidades de trabajo las hojas del MTN25 y debido a que el incendio ocupa gran parte de estas hojas, al digitalizar con una escala de trabajo grande (como 1:5.000) el contraste al que hacíamos referencia, entre la zona afectada por el incendio y la que no, no resulta evidente, máxime si se emplean ortofotografías. Las figuras Figura 41 y Figura 42 pueden ilustrar este aspecto.

Esta experiencia nos permite hacer la recomendación de visionar, previamente a la labor de digitalización, la unidad de trabajo a pequeña escala (para hojas del MTN25 podría

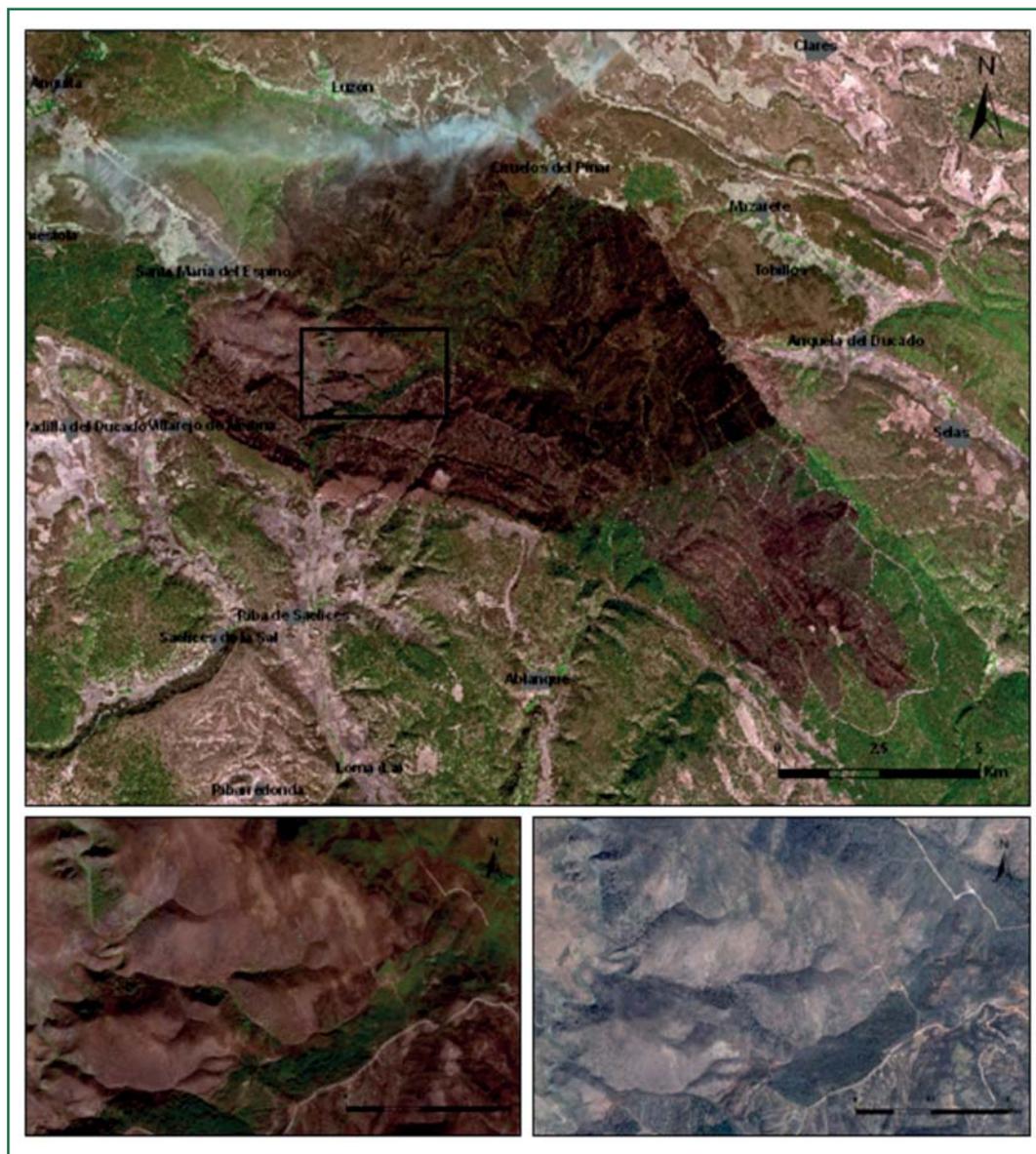


Figura 40: Arriba, imagen del incendio que tuvo lugar en la provincia de Guadalajara en julio de 2005 donde ardieron más de 12.000 ha y que afectó a parte de los términos municipales de Ablanque, Anguita, Anqueña del Ducado, Ciruelos del Pinar, Cobeta, Luzón, Mazarete, Ribera de Saelices y Seda (mosaico de imágenes SPOT5 comprendidas entre agosto y septiembre de 2005, escenas 36-267, 36-268 y 37-268). Abajo, detalle del Mosaico SPOT anterior y ortofotografía PNOA (agosto de 2006) donde se observan zonas que se libraron del incendio.

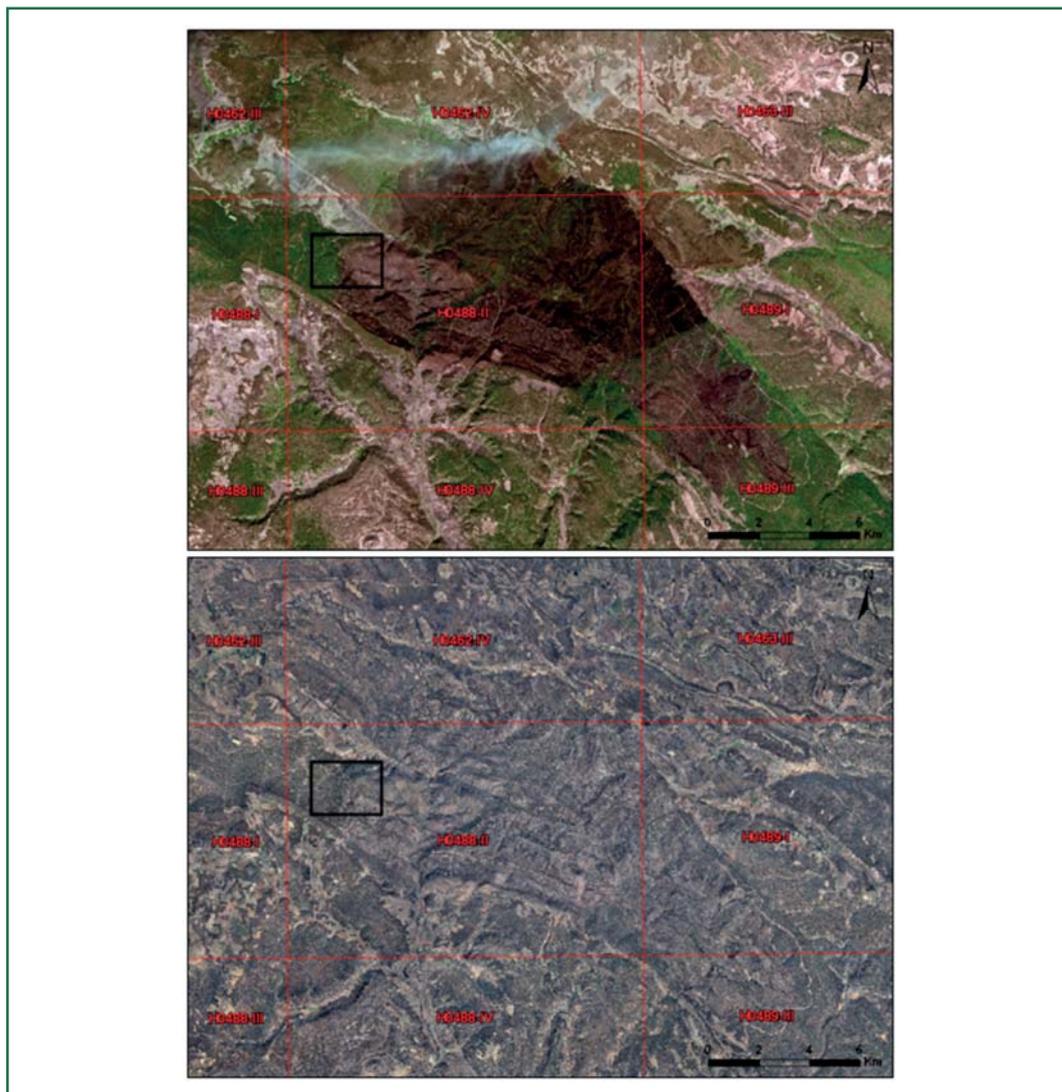


Figura 41: Aspecto del incendio de Guadalajara visto por las imágenes SPOT5 (mosaico de imágenes comprendidas entre agosto y septiembre de 2005, escenas 36-267,36-268 y 37-268) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006). Superpuesta a las imágenes se muestra la cobertura de las hojas 1:25.000, donde se observa que la superficie del incendio ocupa gran parte de la H0488-II. Si el técnico se encuentra trabajando en la parte superior derecha de esta hoja a una escala grande (1:5.000) es muy probable que no aprecie las características del incendio. No obstante, a escalas pequeñas en el Mosaico SPOT (1:100.000) la diferencia de apreciación es notable, no así en la ortofotografía PNOA, lo que reafirma la consulta de ambas imágenes para el desarrollo del proyecto, ya que tanto una como otra nos aportará información útil en función de la escala de trabajo que estemos utilizando.

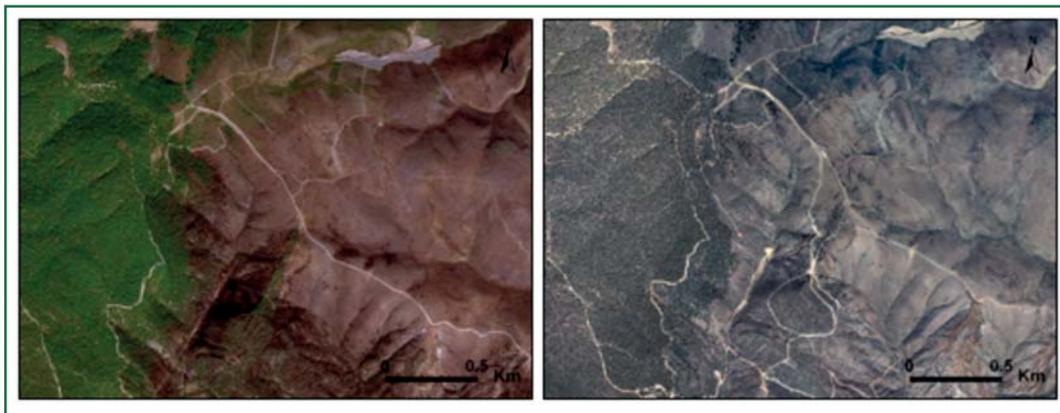


Figura 42: Detalle del recuadro destacado en la figura anterior, donde se aprecia una zona perimetral del incendio en la que se observa un terreno provisto de vegetación y otro arrasado por las llamas. Izquierda, Mosaico SPOT (meses después del incendio). Derecha, ortofotografía PNOA (agosto de 2006).

ser válida una escala de 1:100.000) con el fin de tener una idea de cómo se distribuyen las diferentes ocupaciones del suelo a grandes rasgos. También es recomendable dotar al técnico de algún tipo de formación para este tipo de casos, consultar estas dudas a algún especialista del equipo de producción o, en su defecto, elevar la cuestión al Equipo Técnico Nacional del Proyecto SIOSE.

4.1.4. Zonas húmedas

Debido a las características tan peculiares de este tipo de coberturas, que se diferencian bastante bien del resto, durante el proceso de control de calidad interno no se han detectado errores significativos en la digitalización de las mismas, siempre que las coberturas se diferencien claramente. Otra cuestión es el problema en la asignación de coberturas, lo cual se trata en el apartado 4.2.4.

4.1.5. Superficies de agua

4.1.5.1. Digitalización conjunta de CURSOS DE AGUA con vegetación de ribera cuando es posible independizarlos

Con el objetivo, ya comentado anteriormente, de obtener la mayor proporción de coberturas simples, siempre que sea posible se tratará de independizar las clases de coberturas que el proyecto permita. De esta manera, si disponemos de una superficie mínima de 1 Ha

para láminas de agua, se debe independizar para no incluirla en otros polígonos mayores, junto a otro tipo de coberturas (como puede ser la vegetación de ribera).

4.1.5.2. Digitalización de embalses en función de su cota máxima, utilizando la información aportada por la BCN25

El Manual de Fotointerpretación v1.2 estipula claramente que se debe emplear la cota habitual, puesto que menciona lo siguiente: "los embalses reflejarán la cota habitual de embalse, y no la cota máxima de embalse (recogida en la BCN25), que en ocasiones puede estar invadida por vegetación. Es decir, la información sobre la zona de inundación de embalse no prevalecerá sobre la información correspondiente a polígonos con coberturas de vegetación natural". Y en la Base de Datos de Consultas Núm. 070417_03_010 se identifica la cota habitual como "la línea de separación entre la zona con vegetación natural y el suelo libre de vegetación".

Podemos decir, por tanto, que es un error fácil de corregir una vez conocidos los criterios.

4.1.6. Otros aspectos

Algunos aspectos problemáticos generales que han dado lugar a errores de digitalización y que deberían ser tenidos en cuenta, son los siguientes:

4.1.6.1. Digitalización errónea de pasillos

Para evitar este tipo de errores, aparte de tener en cuenta lo definido en la *Instrucción Técnica nº 1 v0.1* proporcionada por el IGN, donde se definen estrangulamientos o "pasillos" que no se permiten en los polígonos del SIOSE, se hace indispensable dotar al técnico de una herramienta que determine y localice de manera automática la presencia de estos errores. De esta manera se podrán corregir fácilmente.

Al igual que se comentó para determinar errores por superficies mínimas digitalizables, una solución complementaria sería disponer de una herramienta que, pulsando sobre cualquier polígono, te indique si cumple o no la norma de pasillos. Con ello, el fotointérprete puede solventar posibles dudas mientras realiza la labor de digitalización.

4.1.6.2. Inexactitud del case entre hojas o bloques contiguos

Antes de entregar una hoja o bloque, el técnico debe asegurarse que casa perfectamente con las hojas o bloques contiguos ya finalizados, realizando una revisión completa a una escala adecuada (sugerimos 1:5.000 para proyectos a escala 1:25.000) con la finali-

dad de detectar posibles errores de 5 m que hayan podido pasar desapercibidos durante el proceso de digitalización.

Para realizar el case entre hojas o bloques realizados por técnicos distintos, se debe mantener una comunicación fluida entre ellos para discutir qué polígonos son los que finalmente se digitalizarán, para así armonizar y facilitar el proceso posterior de case entre hojas o bloques (véanse los apartados 3.1.3 y 3.1.5, donde se detalla la homogeneización de hojas contiguas en bloques y la homogenización de bloques contiguos en una única capa, respectivamente).

Cabe destacar que, ante el caso de que la homogeneización entre bloques se realice por una tercera persona ajena al proceso desarrollado, es fundamental haber realizado el consenso previamente expuesto, evitando pérdidas de tiempo innecesarias debido a la falta de armonía entre polígonos compartidos entre hojas o bloques.

4.1.6.3. Entregas de unidades de trabajo no actualizadas

Durante el proceso de producción se detectaron fallos y pérdidas de tiempo innecesarios debido a diferentes tipos de confusiones, al entregar al equipo responsable del control de calidad, versiones no actualizadas de las capas de trabajo.

Es recomendable que el técnico disponga de una guía en la que anote por fechas y versión que corresponda, los trabajos realizados por el mismo. De esta manera, evitaría trabajar sobre archivos que no correspondieran o entregar hojas de versiones desfasadas.

En el caso de que el control de calidad interno de una hoja o bloque no fuera positivo, el técnico debía corregir los posibles errores detectados, entregando posteriormente una capa con nomenclatura idéntica a la anterior modificando su versión para evitar confusiones futuras (véase el apartado 3.1.2.3, sobre el control geométrico en la digitalización de hojas).

4.1.6.4. Entregas de unidades de trabajo sin corrección topológica

Otra de las cuestiones que crearon retrasos fue la entrega de hojas o bloques sin haber realizado las correspondientes correcciones topológicas que garanticen la consistencia geométrica, evitando errores como los mencionados en el apartado 3.1.1.7 referente a la preparación de la información para la producción en gabinete.

Los descuidos son inevitables pero, para evitar en la medida de lo posible este descuido, se insiste en la hoja de ruta (Figura 7 y Figura 8), en donde el fotointérprete, antes de entregar su unidad de trabajo, debe haber rellenado los pasos de la hoja de ruta, en la que se incluye la realización de la topología.

4.1.6.5. Digitalización interna a los límites oficiales de la comunidad autónoma

En el proyecto SIOSE, la digitalización de cada comunidad autónoma debía realizarse excediendo sus límites administrativos oficiales, con el fin de facilitar la unión de todas ellas en una única base de datos posteriormente.

De esta manera, en aquellos casos en los que el técnico esté trabajando con hojas o bloques que limitan con otra comunidad, deberá asegurarse que los polígonos tengan continuidad más allá de los límites de la propia. Para garantizar su cumplimiento, es recomendable disponer de los límites administrativos oficiales durante el proceso de digitalización.

4.1.6.6. Incumplimiento de superficies mínimas en polígonos limítrofes entre diferentes comunidades autónomas

Se debe tener en cuenta que los polígonos de hojas o bloques limítrofes entre comunidades deben cumplir con las superficies mínimas determinadas por el proyecto.

Durante el transcurso del proyecto se obtienen bloques de hojas que deben ser casados unidos con sus adyacentes. Nótese que en estos casos, al contar en el límite de los bloques con polígonos que tendrán continuación en bloques contiguos, no se considera error el hecho de no cumplir con las superficies mínimas establecidas. Sin embargo, ante un bloque limítrofe, aquellos polígonos localizados más allá de los límites de la comunidad autónoma, sí que deben cumplir con las superficies mínimas.

4.1.6.7. Existencia de polígonos vecinos

A pesar de encontrarnos en la fase de digitalización, es recomendable realizarla teniendo en cuenta la posible asignación de coberturas para evitar, en la medida de lo posible, digitalizar polígonos que tengan la misma cobertura, algo que es motivo de error.

Aquellos polígonos que comparten más de un nodo y tienen exactamente la misma cobertura se les denomina **polígonos vecinos**, y no son admisibles para el proyecto, por lo que deben ser corregidos. Existen herramientas informáticas que detectan la presencia de este tipo de errores y que facilitan su localización para su posterior corrección.

4.2. ASPECTOS PROBLEMÁTICOS EN LA FASE DE ASIGNACIÓN DE COBERTURAS

Al igual que en el punto anterior, se pudo observar otra serie de errores singulares en el proceso de asignación de coberturas.

Como en el caso anterior los errores expuestos han sido tomados de las especificaciones que los responsables de revisar las coberturas fueron anotando en las diferentes *hojas de ruta*.

4.2.1. Zonas artificiales

Los errores más frecuentes han sido:

4.2.1.1. *Exceso de porcentaje en edificaciones aisladas cuando forman parte de un MOSAICO compuesto en su mayor parte por otro tipo de cobertura*

Cuando aparece un elemento distinto al tipo de cobertura predominante en un polígono, generalmente el técnico tiende a sobreestimar su importancia proporcional. Para evitar esta situación, en la medida de lo posible, se recomienda que el técnico calcule siempre la relación de ese elemento con la superficie total del polígono en que se encuentra. Es decir: si aproximadamente con tres elementos de ese tipo cubrimos todo el polígono, aquel representaría entre un 30-35% la superficie del polígono; si necesitáramos unos diez elementos iguales su importancia sería de un 10%, etc.

En el proceso de adiestramiento de los fotointérpretes, otro método de ayuda es el uso de gráficos (véase el apartado 3.1.4), hasta que se habitúan a calcular las proporciones.

De esta manera se puede determinar qué relación sería la mínima para tener representatividad en la cobertura de un polígono. En el caso del proyecto SIOSE, la superficie mínima a digitalizar puede ser de 1 ha., por lo que, al considerar la mínima representatividad de un elemento en un 5%, la relación de éste con la superficie del polígono sería de unas veinte veces. Esto, sin experiencia previa, es verdaderamente difícil de apreciar y cuantificar, por lo que los fotointérpretes tienden a maximizar cuantitativamente aquello que presenta importancia cualitativa.

4.2.1.2. *Confusión para diferenciar la tipología de EDIFICACIÓN: EDIFICIO AISLADO de EDIFICIO ENTRE MEDIANERAS*

De las cinco tipologías que se pueden encontrar en el modelo de datos definido para la cobertura de EDIFICACIÓN pueden llevar a confusión las dos mencionadas, ya que el resto (VIVIENDA UNIFAMILIAR ADOSADA, VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA y NAVE) son fácilmente diferenciables (Figura 43). Estas dos pueden distinguirse prestando atención a su definición y a la *Base de Datos de Consultas Núm.: 080124_00_001*:



Figura 43: Edificios aislados (izquierda) y entre medianeras (derecha) en la ciudad de Cuenca, ortofotografía PNOA (agosto de 2006). Se observa cómo los edificios aislados presentan una cubierta de forma, color y estructura homogéneo, con el mismo número de pisos generalmente. Por su parte los edificios entre medianeras presentan una cubierta de forma, color y estructura diferente. Con respecto a este último caso (imagen derecha) pueden apreciarse sombras (señaladas con flechas) sobre las cubiertas de edificios contiguos, signo inequívoco de la distinta altitud de los edificios.

- a) EDIFICIO AISLADO: corresponde al típico bloque de viviendas que suelen ser estructuralmente compactos, no una sucesión de edificios diferentes. Se diferencian por presentar una cubierta homogénea en cuanto a forma, color o estructura; suelen tener el mismo número de pisos, por lo que la sombra que produce el edificio será también homogénea,...
- b) EDIFICIO ENTRE MEDIANERAS: forman parte de una sucesión de edificios anexos unos a otros, de tal forma que cada edificio tiene su propia estructura independiente sobre la que se apoyan los edificios colindantes. Por tanto, se debe atender a aspectos tales como la cubierta, si presenta diferente forma, color o estructura; sombras que ayuden a determinar la altura, etc.

4.2.1.3. Simplificación del uso de las tipologías de EDIFICACIÓN presentes en zonas urbanas

Si un polígono presenta diferentes tipologías de EDIFICACIÓN, todas éstas deben ser recogidas en su cobertura, asignándoles el porcentaje que mejor se ajuste a la realidad. Para ello, el técnico debe conocer tanto la tipología de edificaciones como la forma de diferenciarlas basándose en sus particularidades.

4.2.1.4. Asignación en zonas urbanas de MOSAICOS IRREGULARES e, incluso, ASOCIACIONES

El *Manual de Fotointerpretación v1.2* del IGN define MOSAICO REGULAR como aquel que presenta un patrón geométrico de distribución apreciable, "en forma de damero o escases alternados". Por ello se considera adecuado utilizar este tipo de cobertura compuesta como la que mejor representa la distribución de cualquier núcleo urbano, debido a la distribución de los edificios en manzanas y la segregación de estas por viales.

La duda puede surgir para el caso de las zonas definidas como CASCO, debido a que la configuración de sus manzanas, viales y la propia parcelación es más irregular. Sin embargo, dado que un MOSAICO en un núcleo urbano no hace más que indicar la presencia de determinadas coberturas predefinidas (como ADMINISTRATIVO-INSTITUCIONAL, CULTURAL, RELIGIOSO,...) en un determinado polígono, y ya que éstas guardan relación con el entorno en el que se ubican (el propio medio urbano), consideramos que la distribución entre unos y otros elementos se representa mejor como MOSAICO REGULAR.

4.2.1.5. Diferenciación entre las coberturas predefinidas de CASCO y de ENSANCHE en polígonos urbanos

En el mencionado manual, para definir CASCO, se hace referencia a la irregularidad en la distribución de los edificios, calles muy estrechas y escasez de zonas verdes. Por otro lado, si el planeamiento urbano presenta una *trama más regular, viales más anchos y mayor superficie de zonas verdes que el CASCO*, se corresponde con ENSANCHE (Figura 44).



Figura 44: Casco (izquierda) y ensanche (derecha) en la ciudad de Toledo, ortofotografía PNOA (agosto de 2006). Se observa cómo en un casco la distribución irregular de los edificios, la presencia de calles estrechas o la escasez de zonas verdes son patentes. En cambio, en un ensanche predomina la disposición regular de edificios y calles, siendo estas más anchas y rectilíneas, aumentando la superficie de zonas verdes.

Como se comentó en el apartado 4.1.1.11 (sobre los aspectos problemáticos en la digitalización de zonas artificiales), el técnico debe prever durante esa fase, aunque sea de manera somera, la cobertura que asignará al polígono. Es entonces cuando se debe evitar la creación de polígonos que pudieran definirse con ambos tipos de cobertura predefinida (CASCO y ENSANCHE).

4.2.1.6. *Confusión entre las predefinidas ASENTAMIENTO AGRÍCOLA-RESIDENCIAL y DISCONTINUO*

Un DISCONTINUO se caracteriza por una distribución ordenada de sus edificios y estar unido a un complejo CASCO-ENSANCHE únicamente por medio de una vía de comunicación. En este caso se podría decir que lo predominante es la presencia de edificaciones, que suelen responder a un mismo patrón arquitectónico, y de abundantes zonas verdes artificiales.

En el caso de un ASENTAMIENTO AGRÍCOLA-RESIDENCIAL, a pesar de tener un uso del suelo principalmente residencial, la distribución de sus edificios es más arbitraria, no teniendo la misma estructura arquitectónica y presentando parcelas de cultivos de distinto tipo o vegetación natural entre los edificios.

4.2.1.7. *Omisión de coberturas predefinidas de la clase EQUIPAMIENTO DOTACIONAL (tales como: RELIGIOSO, EDUCACIÓN, CULTURAL, DEPORTIVO...) en núcleos urbanos*

Para determinar coberturas destinadas al uso público, como las citadas, las imágenes (ortofotografías o de satélite) suelen ser insuficientes, por lo que deben consultarse referencias temáticas alternativas. Así, el catastro o callejeros de los núcleos de población, donde suelen aparecer destacados los edificios más característicos o importantes, informando de muchos usos.

Sin embargo, por medio de las ortofotografías, y como se comentó en el apartado 4.1.1 (relacionado con las coberturas artificiales de los aspectos problemáticos en la digitalización) se pueden determinar algunos de los elementos mencionados gracias a sus rasgos arquitectónicos distintivos: caso de la planta en forma de cruz de muchas iglesias o la presencia de torres, campanarios o ábsides, presencia de grandes patios con pistas o pabellones deportivos anexos a colegios, etc.

4.2.1.8. *Sobreestimación porcentual de la cobertura SUELO NO EDIFICADO cuando aparece junto a otras formando MOSAICOS*

En MOSAICOS, incluir este tipo de cobertura resulta a veces excesivo, sobre todo cuando los polígonos son demasiado grandes, por lo que se debe evitar en tales casos. Por el

contrario, en polígonos más o menos alargados y no excesivamente grandes, es muy probable que el porcentaje sea superior al mínimo del 5%, pudiendo llegar incluso a un 20-25% según los casos.

Para la asignación de coberturas se recomienda la utilización de plantillas de porcentajes (Figura 13). Así mismo, resulta interesante realizar sencillas comparaciones pensando en las proporciones de cada elemento con respecto a la superficie total del polígono.

4.2.1.9. *Uso de la cobertura predefinida ASENTAMIENTO AGRÍCOLA-RESIDENCIAL cuando aparece una única vivienda*

Dado que este tipo de predefinida viene descrito por el manual del IGN como "aquellas zonas donde hay un claro y principal uso residencial del suelo, caracterizado por un poblamiento disperso de edificaciones o bien concentraciones de pequeños núcleos de casas", podemos pensar que una única vivienda no se ajusta adecuadamente a dicha definición. Por ello, se adoptó el criterio de que, para hacer uso de esta cobertura predefinida, deben aparecer un mínimo de tres viviendas.

4.2.1.10. *No diferenciación entre PARQUES EÓLICOS que se encuentran EN CONSTRUCCIÓN de los ya construidos, y sobreestimación porcentual de los aerogeneradores*

Para la localización de parques eólicos, es recomendable el uso de ortofotografías, ya que en ellas se distinguen mejor que con las de satélite. No obstante, pueden presentar desfase temporal con las imágenes SPOT. En ese caso siempre debemos recurrir a estas últimas para determinar su existencia, por ser las imágenes de referencia temporal del proyecto. En la Figura 45 se pueden observar sombras en las imágenes SPOT, indicio suficiente de la presencia de aerogeneradores (definidos como OTRAS CONSTRUCCIONES en el modelo de datos SIOSE), por lo que el parque eólico se encuentra ya construido.

Por medio de las imágenes de satélite, la diferenciación de este tipo de elementos es relativamente fácil por la red de caminos de acceso que se generan. Para determinar la presencia o no de aerogeneradores nos debemos fijarnos en la existencia de sombras debidas a los aerogeneradores en dichas imágenes (Figura 45). No observarlas puede resultar indicio suficiente para catalogar a un parque eólico como EN CONSTRUCCIÓN.

En cuanto a la proporción de los porcentajes asignados en la ocupación de los distintos elementos de un parque eólico, el técnico debe pensar que los aerogeneradores no son más que puntos en un polígono alargado, donde la principal cobertura (entre un 85-95% según los casos) correspondería a SUELO NO EDIFICADO, referente a los caminos de acceso, quedando el resto como OTRAS CONSTRUCCIONES. En aquellos casos en los que aparezca la

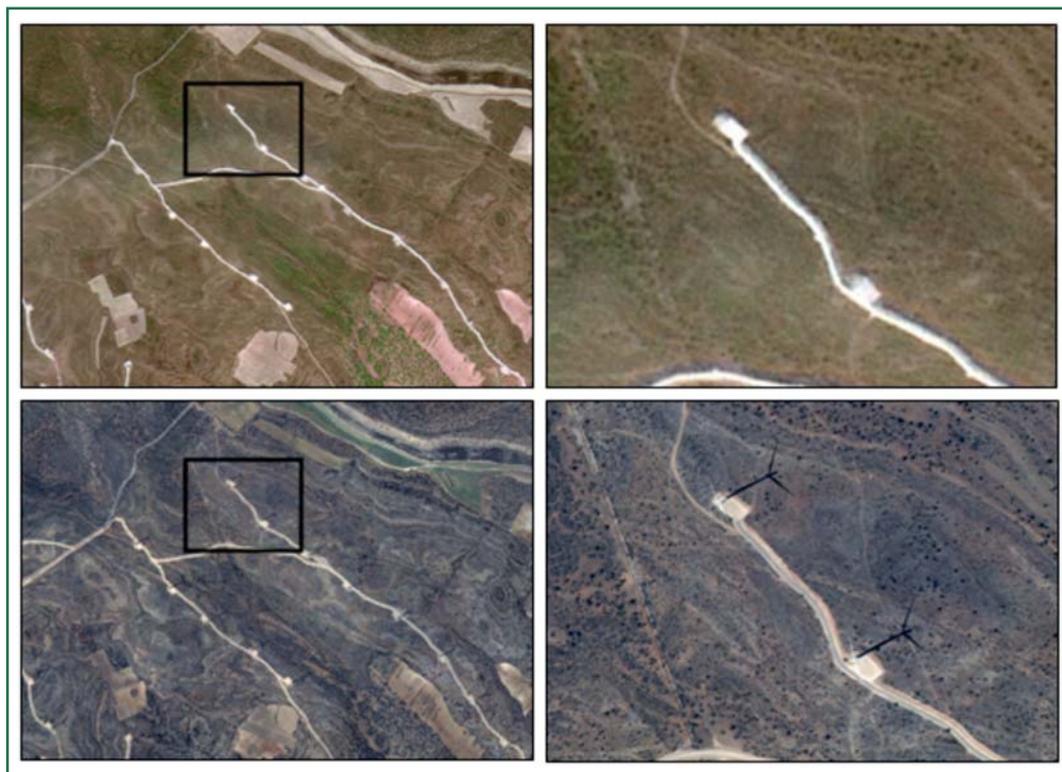


Figura 45: Parque eólico en el centro-oeste del municipio de Maranchón (Guadalajara). En las imágenes SPOT (superiores) se observa la distribución de caminos y las plataformas donde se asentarán los futuros aerogeneradores. Al comparar ambas imágenes (satélite y ortofotografía) se observa en los detalles (derecha) que en la SPOT no aparecen los aerogeneradores (ausencia de sombras) y que los caminos son de tierra. Por su parte, en la ortofotografía los aerogeneradores se encuentran ya instalados y los caminos están asfaltados. Superiores: imágenes SPOT5 (escenas 37-267 y 36-267 de julio y agosto de 2005). Inferiores: ortofotografías PNOA (agosto de 2006).

caseta de transformación, y siempre que tenga importancia suficiente dentro del polígono, se asignará como EDIFICIO AISLADO dentro de la propia predefinida PARQUE EÓLICO.

4.2.1.11. Dificultad en diferenciar DEPURADORAS

Este tipo de estructuras suele aparecer en las proximidades de núcleos urbanos de cierta entidad, donde se aprecian varias láminas de agua de diverso tamaño, agrupadas con formas rectangulares, triangulares o bien circulares (Figura 46). No obstante, para asegu-



Figura 46: A, depuradora al SE de los núcleos urbanos de Gerindote y Torrijos, en el término municipal de Gerindote (Toledo), donde se observan las formas cuadrangulares de las láminas de decantación (Mosaico SPOT, escena 33-270 de julio de 2005, y ortofotografía PNOA de julio de 2006). B, depuradora de Albacete, donde las formas son circulares (Mosaico SPOT, escena 38-272 de julio de 2005, y ortofotografía PNOA de agosto de 2006).

rarse de que este tipo de láminas de agua se corresponden con DEPURADORAS, se recomienda consultar otro tipo de información, como el catastro.

4.2.1.12. No diferenciación entre PISCINAS y PISTAS DEPORTIVAS DE USO PARTICULAR de aquellas de uso colectivo

Hablamos de uso particular para referirnos tanto a las parcelas de uso familiar, utilizadas en muchos casos como segunda vivienda, ubicadas en las proximidades de núcleos ur-

banos y que pueden presentar piscinas y/o pistas deportivas; como a aquellas instalaciones que forman parte de una comunidad de vecinos o residencial. Por otro lado, nos referimos a un uso **colectivo** para aquellos recintos propios de clubes, instituciones privadas para uso exclusivo de sus socios o bien instalaciones municipales.

La diferencia entre un uso *particular* o *colectivo* de estas instalaciones se centra en clasificarlas como MOSAICO junto a otras coberturas, para el primer caso; o utilizar la cobertura predefinida DEPORTIVO, para el segundo.

A pesar de que puedan existir casos en los que realmente sea complicado diferenciarlos, es aconsejable tener en cuenta algunos aspectos que pueden llevar a determinar si el uso es *particular* o *colectivo* (según las definiciones anteriores). La presencia de piscinas con un tamaño medio-grande (mayores a 20-25 m de largo por 10-15 m de ancho) o de varias de diferente tamaño dentro de la misma parcela, con superficies anexas más o menos extensas de césped acordes con el tamaño de las piscinas, la existencia de sombrillas distribuidas por el césped, etc., incitan a pensar que se trata de unas instalaciones de uso *colectivo*. De la misma manera, si observamos dos o más pistas deportivas unidas por alguno de sus lados (tenis, pádel,...) junto a otras de tamaño diferente (pistas de baloncesto, fútbol-sala,...), la presencia de aparcamientos anejos, etc.; son indicio también de zonas de uso *colectivo*. Por otro lado, pequeñas piscinas (de 10-15 m de largo por 4-8 m ancho, normalmente), pistas deportivas individuales (generalmente pistas de tenis), ausencia de zonas de aparcamiento, etc., inducen a pensar en un uso *particular* (Figura 47).

4.2.1.13. Confusión entre la cobertura simple de edificación tipo NAVE y las coberturas predefinidas de INDUSTRIA AISLADA y AGRÍCOLA-GANADERO

Uno de los errores habituales, sobre todo en los inicios del proyecto, consistió en considerar a la mayoría de edificaciones tipo NAVE que aparecen en inmediaciones de zonas urbanas con las clases INDUSTRIA AISLADA o AGRÍCOLA-GANADERO, según el caso.

Dado el carácter especial de las coberturas predefinidas, se debe tener en cuenta su asignación cuando no quepan dudas sobre la realidad de las mismas. Por este motivo, la presencia única de una nave no será indicio suficiente para considerarla como perteneciente a una clase u otra.

También se ha apreciado una ligera tendencia a confundir entre las coberturas de INDUSTRIA AISLADA con AGRÍCOLA-GANADERO (como en bodegas, cooperativas agrarias,...).

Como se define en el *Manual de Fotointerpretación v1.2*, se entiende por INDUSTRIA AISLADA aquella que alberga "una única actividad industrial no incluida en las clases de Infraestructura o Primario", clase ésta donde aparece la predefinida AGRÍCOLA-GANADERO y donde se incluyen todo tipo de instalaciones relacionadas con las actividades del sector primario como las mencionadas.



Figura 47: A, centro deportivo en Guadalajara. Se observan diferentes tipos de pistas deportivas dentro de un mismo recinto. Mosaico SPOT (escena 34-268, octubre de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006). B, urbanización próxima a Albacete, donde se muestran piscinas y pistas de tenis de uso privado. Mosaico SPOT (escena 38-272, julio de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006).

Para diferenciar entre unas coberturas u otras es recomendable consultar ortofotografías u otro tipo de información auxiliar como el catastro, donde se define si el uso de una nave es industrial o agrario. Mediante las primeras se pueden apreciar mejor elementos singulares como silos o depósitos de almacenamiento, cubas para la fermentación, elaboración y conservación de vinos u otros líquidos alimentarios, presencia de corrales, etc., que nos llevan a pensar que se corresponden con la predefinida AGRÍCOLA-GANADERO. La forma de las naves puede ser otro aspecto a tener en cuenta, así: las muy alargadas y estrechas suelen albergar animales de cría (correspondiéndose con AGRÍCOLA-GANADERO), las de cierta entidad pueden ser consideradas como INDUSTRIA AISLADA), etc.

Ante la ausencia de información de apoyo, podemos determinar que la presencia única de grandes naves aisladas en las imágenes, puede determinarse como INDUSTRIA AISLADA.

4.2.1.14. *Uso inadecuado de coberturas predefinidas*

Se puede considerar error el uso inadecuado de coberturas predefinidas. Podemos hablar así de POLÍGONOS INDUSTRIALES ORDENADOS o SIN ORDENAR, ASENTAMIENTO AGRÍCOLA-RESIDENCIAL, AGRÍCOLA-GANADERO,... o como INDUSTRIA AISLADA, muy usado al principio del proyecto cuando aparecía una nave aislada.

Como se ha comentado anteriormente, debido al carácter específico de las coberturas predefinidas, consideramos que deben ser utilizadas únicamente cuando no se tengan dudas al respecto, o éstas sean mínimas. Para ello debemos fijarnos en elementos característicos de cada predefinida unido a la consulta de otro tipo de información auxiliar.

Como elementos singulares podemos citar:

- a) Para POLÍGONOS INDUSTRIALES: presencia de naves de cierta entidad, muelles de carga y descarga, zonas de aparcamiento, etc. La ordenación o no ordenación de los mismos vendrá determinada por su disposición en el terreno (este caso se comenta más ampliamente en el siguiente punto). De esta manera, los POLÍGONOS INDUSTRIALES SIN ORDENAR suelen ser los más antiguos, sin una aparente planificación, donde no existe una distribución clara de viales y las zonas verdes artificiales suelen ser poco frecuentes.
- b) Para ASENTAMIENTO AGRÍCOLA-RESIDENCIAL: presencia de varias viviendas unifamiliares agrupadas o dispersas, presencia de cultivos de diversos tipos e incluso vegetación natural.
- c) Para AGRÍCOLA-GANADERO: como se ha comentado en algún párrafo anterior, presencia de silos o corrales, forma de las naves, etc.

Para el caso de otros tipos de predefinidas es recomendable pensar en cuáles son los elementos característicos de las mismas para, una vez localizados en el terreno, definir la cobertura concreta. De todas maneras, siempre será adecuado contar con información auxiliar como el catastro.

4.2.1.15. *Dudas para diferenciar entre un POLÍGONO INDUSTRIAL ORDENADO y otro SIN ORDENAR*

Este caso resulta similar al definido anteriormente en la diferenciación de CASCO y ENSANCHE, con la salvedad de que las edificaciones corresponden a naves. Como se comentó anteriormente, para la distinción entre uno y otro tipo de POLÍGONO INDUSTRIAL debemos basarnos principalmente en la disposición de los elementos que conforman esta cobertura: naves, viales, zonas verdes artificiales, etc. Si esta estructuración responde a una planificación donde se diferencian claramente sus elementos constituyentes, pertenece a

uno ORDENADO. Estos suelen localizarse en las afueras de los núcleos urbanos constituyendo en sí mismos un entramado urbanístico característico. La presencia de grandes naves y zonas verdes artificiales puede ser otro aspecto a tener en cuenta.

Por otro lado, cuando no existe una distribución organizada de estos elementos, el entramado industrial está muy próximo, o incluso inmerso, en el núcleo urbano, no abundan naves de gran tamaño y la presencia de zonas verdes artificiales es escasa o nula, se asemeja más a un POLÍGONO INDUSTRIAL SIN ORDENAR (Figura 48).

Los casos extremos son fácilmente distinguibles, y son éstos en los que no debiera existir error. Para situaciones intermedias, donde se aprecian características de uno y otro tipo, la asignación de coberturas estará fundamentada en la interpretación del propio técnico.



Figura 48: A, polígono industrial del Corredor de Henares, al este de la localidad de Azuqueca de Henares (Guadalajara), ejemplo de polígono industrial ordenado (Mosaico SPOT, escena 34-268 de octubre de 2005, y ortofotografía PNOA de agosto de 2006). B, conjunto de naves que componen un polígono industrial no ordenado en Quintanar del Rey, Cuenca (Mosaico SPOT, escena 38-271 de julio de 2005, y ortofotografía PNOA de julio de 2006).

4.2.1.16. Confusión ocasional entre CEMENTERIO e INDUSTRIA AISLADA

Como ya se ha comentado en alguna ocasión, para asignar coberturas predefinidas, es recomendable hacer uso de otro tipo de información como el catastro, MTN o, de callejeros, donde se suelen diferenciar edificios singulares o de cierta importancia.

4.2.1.17. Confusión entre los tipos de cobertura de vías de comunicación RED FERROVIARIA y RED VIARIA

Para diferenciarlos, tal y como se mencionó para el caso de la digitalización (véase el apartado 4.1.1.6), se puede tener en cuenta que el trazado de la línea ferroviaria en el terreno presenta un diseño con abundantes tramos rectilíneos y curvas muy abiertas. Para la asignación de coberturas, al igual que en el proceso de digitalización, sería adecuado contar con información adicional a las imágenes de referencia, como puede ser el MTN, mapas de carreteras, etc.

4.2.1.18. Asignación de la cobertura VIAL (en lugar de OTRAS CONSTRUCCIONES) a los raíles en la predefinida RED FERROVIARIA

En el proyecto SIOSE, todas las coberturas predefinidas correspondientes a la clase ARTIFICIAL COMPUESTO vienen definidas por una estructura de coberturas simples que es idéntica en todas ellas: EDIFICACIÓN, ZONA VERDE ARTIFICIAL Y ARBOLADO URBANO, LÁMINA DE AGUA ARTIFICIAL, VIAL, APARCAMIENTO O ZONA PEATONAL SIN VEGETACIÓN, SUELO NO EDIFICADO, OTRAS CONSTRUCCIONES y ZONAS DE EXTRACCIÓN O VERTIDO.

Si para el caso de RED VIARIA utilizamos la cobertura VIAL para representar la superficie asfaltada o cementada por las que circulan los vehículos, para definir los raíles sobre los que circulan los ferrocarriles en la RED FERROVIARIA se debe utilizar la cobertura OTRAS CONSTRUCCIONES.

4.2.1.19. Uso de MOSAICOS en los nudos de comunicaciones en lugar de la predefinida RED VIARIA

Ya que para definir las autopistas, autovías y carreteras existe una cobertura específica en el modelo de datos del proyecto SIOSE (RED VIARIA), parece lógico pensar que los nudos de comunicación que interconectan este tipo de vías se definan de la misma manera. Lo que se debe tener en cuenta es el porcentaje a asignar en estos casos a cada cobertura simple. Es posible que existan nudos donde predomine el terreno no asfaltado (SUELO NO EDIFICADO), debido en parte a las isletas que se forman en los cambios de sentido entre las zonas asfaltadas. También es posible que existan nudos de comunicación donde confluyen carreteras de diferente tipo y donde haya un predominio evidente de la superficie asfaltada (VIAL).

4.2.1.20. *Confusión entre las coberturas simples de VIAL, APARCAMIENTO o ZONA PEATONAL SIN VEGETACIÓN y SUELO NO EDIFICADO*

Para distinguir una cobertura de otra, el técnico debe tener en cuenta las características que las diferencian, es decir: si la superficie se encuentra asfaltada, adoquinada o cementada, o si, por el contrario, no lo está y puede presentar vegetación natural.

Una situación especial se da en aquellos elementos lineales destinados al tránsito de vehículos que en las ortofotografías tienen la apariencia de haber sido asfaltados recientemente y que son fácilmente distinguibles por el tono oscuro intenso (lo que se correspondería inicialmente con VIAL). De esta manera, si en la imagen SPOT se observa que dichos elementos ya están asfaltados, se debe asignar como cobertura VIAL, APARCAMIENTO O ZONA PEATONAL SIN VEGETACIÓN. No obstante, si en esta imagen (que es la referencia temporal, geométrica y semántica del proyecto SIOSE) apareciera sin asfaltar, se correspondería con un camino, por lo que la cobertura ha de ser SUELO NO EDIFICADO.

4.2.1.21. *Dificultad en la identificación de CORTAFUEGOS*

Esta dificultad en su identificación ha llevado, en ocasiones, a ser clasificados erróneamente como SUELO NO EDIFICADO.

Hay situaciones en las que, a uno o ambos lados de un camino preexistente en un monte, se realizan desbroces para crear una franja libre de vegetación con la finalidad de incrementar la efectividad del cortafuegos aprovechando la existencia de un camino (Figura 49). La forma correcta de definir esta situación sería por medio de un MOSAICO compuesto por SUELO NO EDIFICADO (correspondiente al camino) y, en función de que exista o no vegetación herbácea, emplearemos la cobertura de PASTO, o bien SUELO DESNUDO, con el atributo de FUNCIÓN DE CORTAFUEGOS.

Para no confundir un cortafuego con un camino o vía forestal podemos atender a varios aspectos:

- a) La **anchura**, que suele ser mayor en los cortafuegos.
- b) La **pendiente**, atendiendo a la orografía del terreno. Los caminos suelen respetarla manteniendo una pendiente más o menos constante en su recorrido, en cambio los cortafuegos pueden aparecer atravesando montes independientemente de su relieve.
- c) La **forma**. Los caminos suelen presentar formas serpenteantes característicos que no aparecen en cortafuegos siendo estos, por regla general, más rectilíneos.
- d) Los **puntos de principio y fin**. Es decir, atenderemos a si este elemento desprovisto de vegetación conduce o pone en contacto lugares concretos (núcleos urbanos, zonas de acampada, ermitas,...) o, si por el contrario, nace y muere en el propio monte, en cuyo caso puede considerarse como cortafuegos.

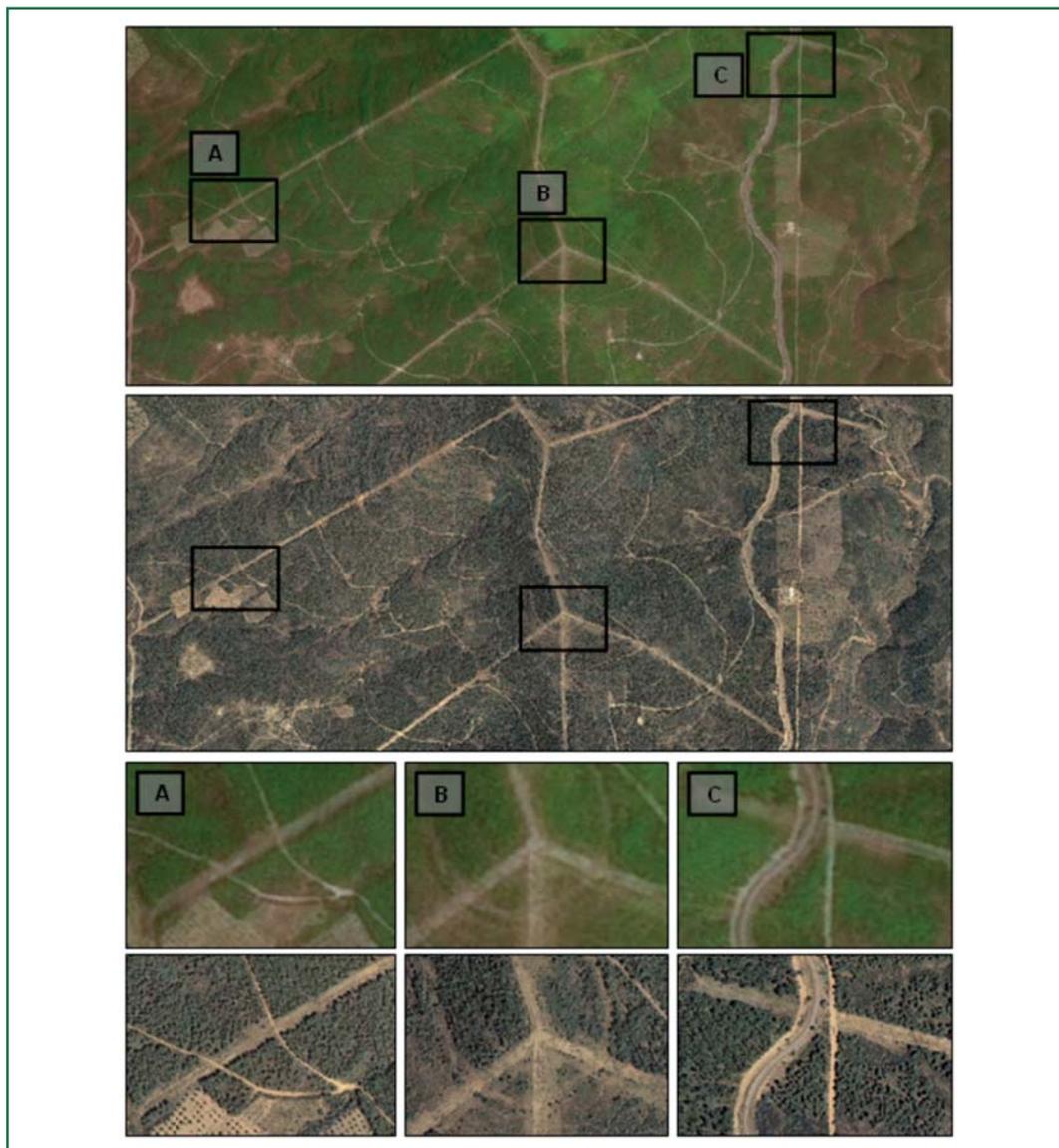


Figura 49: Cortafuegos en los Montes de Toledo, entre los pueblos de Robledo del Buey y Los Alares, en el municipio de Los Navalucillos (Toledo). En las imágenes superiores se observa la disgregación del monte por medio de cortafuegos. En las vistas seleccionadas (detalles) se muestra: A, cortafuegos interseccionado por vías forestales, donde se puede apreciar la diferencia de anchura entre ellos; B, confluencia de cortafuegos; y C, carretera CM-4155 donde se ha desbrozado el suelo de vegetación a ambos lados de la misma haciendo así un cortafuegos más ancho y eficaz. Imágenes SPOT5 (escena 32-270, julio de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006).

4.2.1.22. Confusión entre las coberturas de SUELO NO EDIFICADO y SUELO DESNUDO

A pesar de que la respuesta en las imágenes de satélite es similar, una manera de diferenciarlos, es considerando el carácter artificial del SUELO NO EDIFICADO. Por su parte, un SUELO DESNUDO surge más bien por condiciones naturales, aunque también por erosiones de origen antrópico.

4.2.2. Zonas agrícolas

4.2.2.1. Confusión para diferenciar entre PASTIZALES y CULTIVOS HERBÁCEOS DISTINTOS DE ARROZ

Se trata de un error común en zonas agrícolas, y de difícil identificación empleando únicamente las imágenes de referencia. Consiste en no diferenciar adecuadamente entre las coberturas de PASTIZALES y CULTIVOS HERBÁCEOS DISTINTOS DE ARROZ, sobre todo cuando estos últimos se encuentran en un sistema rotacional de cultivos y barbecho o transitoriamente abandonados.

Dado que los terrenos cultivados en alternativas con barbecho, rastrojo o posío pueden llegar hasta los diez años, pueden ser fácilmente confundidos con PASTIZAL. En efecto, si las parcelas agrícolas llevan algunos años sin cultivar, esa sería la cobertura.

Para diferenciar unos de otros es recomendable utilizar información específica o detallada, como la que aporta el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MCA).

Otro punto a tener en cuenta es la existencia o no de especies leñosas o semileñosas en el terreno, que es una característica propia, aunque no excluyente, de los PASTIZALES. Su apariencia en las imágenes SPOT responde a superficies grumosas con tonalidades heterogéneas, dando la sensación de color sucio. En cambio, los cultivos herbáceos suelen presentarse con una textura suave y colores más homogéneos.

4.2.2.2. Diferenciación entre cobertura arbórea y no arbórea en cultivos arbóreos leñosos como OLIVARES

En los inicios del proyecto, se llegó a asignar a los OLIVARES, que presentaban un suelo de aspecto grumoso, como ASOCIACIÓN entre OLIVAR (haciendo referencia a la superficie ocupada únicamente por los árboles) y PASTIZAL con el atributo PROCEDENTE DE CULTIVO (para representar el propio suelo).

Con el objetivo de evitar este tipo de errores es aconsejable tener muy claro el concepto de las distintas coberturas posibles y lo que en ellas se incluye y excluye. De esta manera, atendiendo al *Manual de Fotointerpretación v1.2*, observamos que OLIVAR viene defi-

nido como la *superficie cultivada con olivos*, por lo que se entiende que agrupa tanto a la especie leñosa como al suelo donde se encuentra ubicado.

En función del nivel de detalle que se quiera alcanzar, sería admisible considerar un olivar abandonado como una ASOCIACIÓN con PASTIZAL PROCEDENTE DE CULTIVO, si pudiéramos distinguir la presencia de otras especies leñosas o semileñosas entre los olivos.

4.2.2.3. *Uso poco frecuente del atributo ABANCALADO*

En líneas generales, el técnico fue reacio a poner el atributo ABANCALADO en aquellos cultivos que realmente lo son.

A la hora de asignar coberturas, el técnico no debe dejarse influenciar por la monotonía o normalidad y huir de aspectos que pudieran parecer extraños *a priori*. Debe ser consciente del amplio abanico de posibilidades que un terreno puede presentar en el medio. A esto ayuda poseer un conocimiento del territorio sobre el que se está trabajando. Así, un cultivo ABANCALADO, puede parecer algo extraordinario visto por primera vez; sin embargo, una vez reconocido, resulta fácilmente identificable (Figura 50). Se caracteriza por presentar líneas más o menos gruesas que delimitan las parcelas y dividen el terreno, conformando un cultivo en terrazas sobre las laderas de las montañas.

4.2.2.4. *Confusión para distinguir OLIVARES de FRUTALES NO CÍTRICOS, a pesar de contar con información auxiliar*

Si se dispone de información auxiliar como el SIGPAC, donde se reúnan capas de información para cada uno de estos cultivos leñosos, éstas podrían incluirse en nuestro entorno de trabajo con diferente color para diferenciarlos rápidamente.

Para aquellas parcelas en las que no exista información auxiliar, y habiendo comparado parcelas definidas por el SIGPAC como OLIVARES y FRUTALES, pueden diferenciarse unos de otros utilizando ortofotografías. En éstas se observa que los olivos suelen presentar una copa más compacta y globosa, de textura gruesa, mientras que las de los frutales son menos recogidas y de textura fina (véase Figura 37).

4.2.2.5. *Dificultad para diferenciar entre REGADÍO NO REGADO y REGADÍO REGADO en cultivos tanto herbáceos como leñosos*

La identificación de este tipo de coberturas presenta una gran incertidumbre y merece una consideración adicional, con especial relevancia en el caso del olivo y la vid por su especial importancia y sensibilidad. Esta problemática distinción ha sido, sin duda, generadora de asignaciones de cobertura erróneas, pero imposibles de corregir, por estar en el límite de las capacidades del sistema.

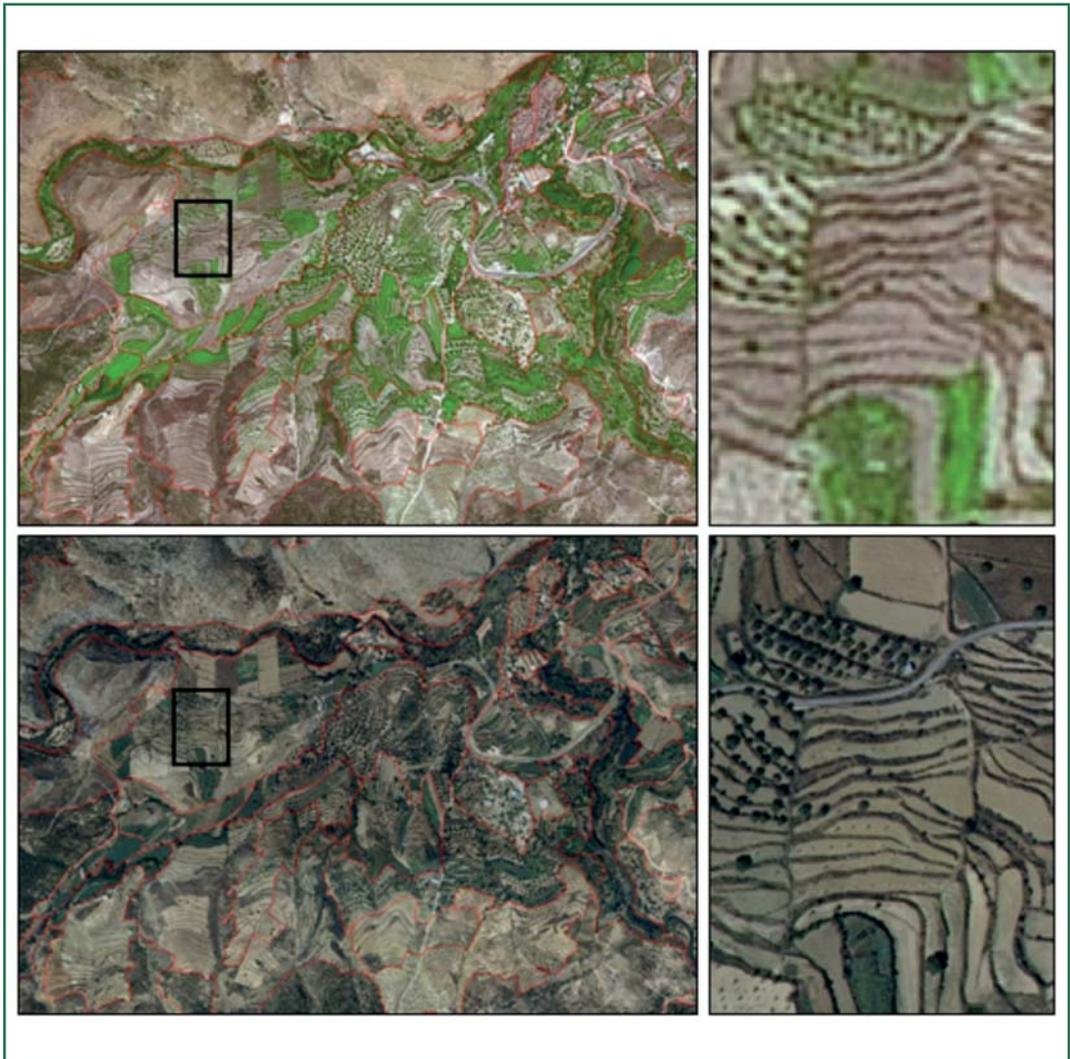


Figura 50: Cultivos abancalados próximos al río Taibilla, a su paso por la localidad de Nerpio (Albacete). A la derecha se muestran en detalle las características propias de este tipo de cultivo: líneas más o menos paralelas entre sí y perpendiculares a la pendiente de la ladera. Mosaico SPOT (escena 38-273, julio de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006).

En efecto, la identificación de superficies de cultivos y especialmente la diferenciación del regadío están afectadas por un margen de incertidumbre asociado a varios factores, como son, entre otros:

1. La variabilidad temporal de los cultivos y su relación respecto a la imagen de referencia u otras imágenes utilizadas en la identificación:
 - La diferencia temporal entre la imagen de referencia SPOT (año 2005) y la ortofotografía de alta resolución PNOA (año 2006).
 - Que las fechas de máximo desarrollo fenológico de los cultivos no coincidan con las de las imágenes. Esto hace que estas superficies no sean observables en la imagen utilizada.
2. La estructura del modelo de datos. La precisión en la asignación de porcentajes dentro de un compuesto puede suponer una fuente de error en la cuantificación, especialmente en aquellos casos cuya delimitación espacial sea vectorial y no coincida con los límites del mosaico ráster.
3. La dificultad intrínseca del intérprete para distinguir el regadío (regadío regado y regadío no regado) en el caso de cultivos leñosos, principalmente en aquellos como viñedo y olivar.

Veamos los casos más importantes:

4.2.2.5.1. *Cultivos herbáceos*

Es posible que las fechas de desarrollo de los cultivos no coincidan con las de las imágenes, sobre todo en el caso de los cultivos herbáceos de primavera e invierno, lo que impide identificar estas superficies.

La imagen SPOT sólo permite diferenciar aquellos cultivos regados en la fecha de toma de la imagen (07/06/2005-05/10/2005). En zonas que dispongan de imágenes Landsat5, debe de haberse utilizado dichas imágenes en dos fechas (primavera y otoño) para la diferenciación de cultivos de regadío no regado; o bien, ortofotografías de alta resolución, donde se puedan llegar a diferenciar los sistemas de riego mediante coberturas (véase el apartado 4.3.6) o pivot. En las zonas donde no se hayan usado estas imágenes u ortofotografías no se podrán diferenciar cultivos de regadío no regado en diferente fecha a la toma de la imagen SPOT.

Las estructuras de riego temporales no se pueden diferenciar con la imagen SPOT. Para ello se debe disponer de información de apoyo de un año distinto al de la imagen de satélite. Si no se ha dispuesto de otra información no se podrán diferenciar dichas estructuras de riego, lo que impedirá identificar esas superficies de regadío no regado.

En muchos casos el sistema de riego por coberturas no se diferencia ni en la imagen SPOT (imagen de referencia) ni en la ortofotografía, por lo que existe una gran dificultad a la hora de identificar los cultivos en regadío no regado con este tipo de sistema de riego.

4.2.2.5.2. *Cultivos leñosos*

La diferencia temporal en algunas zonas del territorio español, entre la imagen SPOT (2005) y la ortofotografía de alta resolución PNOA (2006), hace difícil la diferenciación de muchos cultivos al no coincidir la cobertura del suelo en dos fechas distintas, sobre todo cultivos leñosos con un marco de plantación inferior a la resolución de la SPOT.

En el caso de cultivos leñosos como Viñedo y Olivar, para diferenciar entre regadío regado, regadío no regado y secano podría tenerse en cuenta el marco de plantación de los mismos, pero esta diferenciación es imposible mediante la imagen SPOT al ser el marco de plantación de viñedo en regadío regado y regadío no regado inferior a la resolución de la imagen. Para poder realizar dicha diferenciación deben de haberse usado ortofotografías de alta resolución que permitieran apreciar plantas individuales (véase el apartado 4.3.7). Como ambos cultivos presentan baja cobertura vegetal y resulta difícil la diferenciación entre estos y los cultivos herbáceos (debido a que la respuesta de estos es similar a la del terreno sin vegetación), pueden haberse considerado como cultivos herbáceos de secano.

Incluso usando ortofotografías de alta resolución, a veces es imposible identificar la viña recién plantada, así como distinguir los olivos recién plantados de la viña, si no se observan detalles como el marco de plantación, o bien usar información auxiliar, si existe.

Los cultivos leñosos en su mayor parte son regados por sistemas de goteo, lo que no se distingue ni en las imágenes SPOT ni en las ortofotografías. El máximo grado de apreciación que hemos podido realizar se basa en que, como se indica en el apartado 4.3.7, en algunas ortofotografías se observan líneas paralelas, bastante definidas, a lo largo de las alineaciones del arbolado, lo que induce a pensar que estos cultivos disponen de infraestructura de riego (véase Figura 65). En algunos otros cultivos se ha llegado a observar en la ortofotografía la huella del aspersor al humedecer el terreno por pérdidas de agua (véase apartado 4.3.6 y Figura 63). Aparte de estos casos, estimamos que diferenciar estos cultivos, tanto para REGADÍO REGADO como REGADÍO NO REGADO, conlleva altos niveles de incertidumbre.

4.2.2.6. *Abstención del atributo PROCEDENCIA DE CULTIVO para algunos PASTIZALES*

Según el modelo de datos del proyecto SIOSE, para la clase PASTIZALES se definen cuatro tipos de atributos: PROCEDENCIA DE CULTIVOS, FUNCIÓN DE CORTAFUEGOS, CORTAS y PASTIZALES DE ALTA MONTAÑA, que aumentan la información sobre la procedencia o función de esta cobertura.

A pesar de que existen casos en los que la diferenciación entre las coberturas CULTIVOS HERBÁCEOS DISTINTOS DE ARROZ y PASTIZALES es compleja (sobre todo cuando aquellos forman parte de una alternancia de cultivos de varios años), tratar de definir un pastizal

procedente de cultivo puede resultar arriesgado si no se dispone de otro tipo de información. No obstante, para aquellos pastizales presentes en terrenos con una orografía poco accidentada y que se encuentran rodeados de cultivos de cualquier tipo, podemos llegar a interpretar que esos terrenos estuvieron dedicados al cultivo en épocas pasadas.

4.2.3. Bosques y áreas seminaturales

4.2.3.1. Simplicidad de las coberturas asignadas

Uno de los errores más comunes en los inicios del proyecto SIOSE para zonas forestales consistió en la simplicidad de las coberturas asignadas por los técnicos.

Para este tipo de zonas, siempre que la imagen SPOT mostraba un aspecto grumoso (situación que se daba en la gran mayoría de los casos), se tomó por norma asignar como cobertura la compuesta ASOCIACIÓN, que estaría formada por una componente arbórea, otra arbustiva y una tercera de pastizal. Estas componentes se determinan en función del MFE que, como comentaremos más adelante, presenta un papel preponderante para este tipo de suelos.

En aquellos polígonos en los que se observaban de manera clara diferentes grados de fracción de cabida cubierta para una misma especie o bosquetes formados por especies diferentes (del grupo de las coníferas, de las frondosas perennifolias o caducifolias), se recomendó el empleo de MOSAICOS compuestos de varias ASOCIACIONES, donde cada una de ellas se diferenciaría del resto por el porcentaje de sus componentes y/o especies representativas.

Cuando la vegetación arbórea es muy densa (con porcentajes superiores a un 85-90%), se permitía utilizar MOSAICOS constituidos por las coberturas simples más representativas.

Como se ha comentado anteriormente, consideramos fundamental la consulta del MFE para la asignación de coberturas de las zonas forestales, debido a la información que aporta y que ayuda en la diferenciación de polígonos. Tal vez los atributos más representativos sean:

- La representación de la *fracción de cabida cubierta total* (que nos informa sobre la proyección sobre el suelo de la vegetación arbórea y de matorral);
- La *fracción de cabida cubierta del estrato arbóreo* (junto con la anterior se puede aproximar a la correspondiente de matorral mediante la diferencia entre ambas, sin considerar el posible solape entre coberturas);
- El *tipo de estructura* de la vegetación (donde se puede determinar las zonas que proceden de talas, incendios, etc.);
- La *especie* o especies presentes (necesario para diferenciar entre coníferas, frondosas caducifolias y frondosas perennifolias) junto con su *ocupación* (que informa sobre el porcentaje de ocupación de esa especie en la tesela donde se encuentra); y
- La *fase de desarrollo* (sobre todo para determinar las repoblaciones).

4.2.3.2. *Uso poco frecuente del atributo DE PLANTACIÓN para definir zonas de repoblaciones forestales*

Si atendemos únicamente a la presencia de arbolado es difícil identificar las repoblaciones forestales recientes. En efecto, si son realizadas con plantones no son observables por medio de las imágenes de referencia, por lo que se debe acudir a otro tipo de información. Uno de los indicios que pueden llevar a pensar que una zona ha sido repoblada consiste en la presencia de líneas sobre el terreno siguiendo las curvas de nivel, realizadas por la maquinaria, que ha trabajado el suelo para facilitar las tareas de plantación y arraigamiento. Si además tenemos constancia de que estas líneas aparecen en zonas que sufrieron algún incendio en épocas más o menos recientes, es posible pensar en una repoblación forestal. No obstante, si no se observa respuesta de vegetación en las imágenes de satélite, entendemos más aceptable no hacer uso de una cobertura arbolada con el atributo de PLANTACIÓN. En este caso, en función de la presencia o no de vegetación leñosa, podríamos definir el terreno como MATORRAL, PASTIZAL o simplemente TERRENO SIN VEGETACIÓN.

Cuando el arbolado se encuentra en el terreno y presenta cierto desarrollo, es fácilmente distinguible si procede de repoblación por la distribución alineada que muestran siguiendo las curvas de nivel, a la vez que el marco de plantación suele ser más o menos homogéneo.

Sin embargo, como se ha comentado, podemos consultar los atributos del MFE (relacionados con la fase de desarrollo de la masa arbórea) para ayudarnos en la asignación.

4.2.3.3. *Falta de consulta de las especies Sp2 y Sp3 del MFE*

El MFE define para cada polígono hasta tres especies distintas, denominadas *Sp1*, *Sp2* y *Sp3* en función de su porcentaje de ocupación por medio de un código. El fotointérprete debe considerar que la presencia de dos o tres especies distintas pueden pertenecer a la misma o a las tres clases distintas que el proyecto SIOSE define para el arbolado, esto es: CONÍFERAS, FRONDOSAS PERENNIFOLIAS y FRONDOSAS CADUCIFOLIAS; algo que guardará relación con el porcentaje asignado al elemento arbóreo y a la tipología de los mismos.

Para aquellos polígonos SIOSE que se ajusten de manera idéntica o aproximada a los polígonos del MFE, la consulta de información y posterior asignación de coberturas será directa. No obstante, para aquellos polígonos SIOSE que, debido a las características del proyecto y fotointerpretación del técnico, estén definidos de manera que cubren varias zonas de polígonos distintos del MFE, el técnico debe consultar todos ellos y asignar una cobertura resultado de la suma proporcional de cada una de sus partes.

A pesar de todo lo mencionado, también se pueden determinar estas tres clases arboladas atendiendo a la respuesta que ofrecen en las imágenes de satélites como LANDSAT o SPOT. En las imágenes en falso color SIOSE las tonalidades verdes más oscuras suelen

corresponderse a coníferas, mientras que las más claras suelen asociarse a frondosas caducifolias.

Con todo, podemos observar que, en muchos casos, una manera de diferenciar polígonos en terrenos forestales se basa en determinar la tipología de especies, por lo que se recomendaba al técnico la consulta de esta información (base de datos del MFE).

4.2.3.4. Sobrestimación o infravaloración del porcentaje de ARBOLADO

Sobre todo en los comienzos del proyecto, se vio una ligera tendencia a exagerar el porcentaje de ARBOLADO. Posteriormente sin embargo, si la densidad arbórea era muy elevada, costaba poner porcentajes de *fracción de cabida cubierta* superiores al 75-80%.

A pesar de que el MFE nos proporciona este tipo de información, es posible que nos encontremos con polígonos que difieran bastante de los del MFE, por lo que asignar el porcentaje de cobertura vegetal está directamente determinado por la apreciación del técnico. Si se trata de un técnico poco experimentado, es muy recomendable hacer uso de plantillas sobre porcentajes, que lo orienten y ayude a formarse un juicio lo más objetivo posible (véase Figura 14).

No obstante, y siempre que los polígonos SIOSE y MFE se ajusten en cuanto a forma, la consulta del MFE puede resultar determinante.

4.2.3.5. Uso poco frecuente del atributo FORMACIÓN DE RIBERA en MATORRAL y/o ARBOLADO en fondos de valle o vaguadas

Al ser un tipo especial, el bosque de ribera goza de un atributo específico en el modelo de datos del SIOSE para diferenciarlo del resto. Es por ello que el técnico deberá hacer uso de este atributo siempre que sea necesario.

Estas zonas de vaguadas se caracterizan por presentar un tipo de vegetación con tonalidades de verdes muy llamativos e intensos. Son muy característicos los que se encuentran bordeando cursos de agua naturales.

4.2.3.6. Uso poco frecuente del atributo DE PLANTACIÓN en zonas próximas a ríos donde pueden aparecer CADUCIFOLIAS con esta condición

Se trata de otro error por omisión en la asignación de atributos. Éste se observó en las proximidades de las riberas de los ríos donde es habitual encontrar CADUCIFOLIAS DE PLANTACIÓN (lo que suele corresponderse con el cultivo de especies arbóreas de géneros tales como *Populus* sp., *Platanus* sp.).

El cultivo del chopo se encuentra en terrenos próximos a cauces de ríos, apareciendo en la imagen SPOT con tonalidades verdosas muy llamativas, y un claro marco de plantación en las ortofotografías (Figura 51). Es muy característica también la disposición de los pies respondiendo a un marco de plantación definido. En estos casos, se debe hacer uso del atributo PLANTACIÓN.

En aquellos casos en los que se ha realizado la tala de los árboles se puede interpretar como PASTO, activando el atributo de CORTAS. Por medio de ortofotografías se puede apreciar el lugar donde se ubicaba cada pie.

4.2.3.7. No diferenciación entre las coberturas de CADUCIFOLIAS DE PLANTACIÓN y FORMACIÓN DE RIBERA

Para el caso de la vegetación anexa a zonas de ribera, a pesar de que ambas presenten unas tonalidades de verde similares en las imágenes SPOT, se hace conveniente diferenciar entre unas y otras. Según lo comentado en el apartado anterior para la identificación de cultivos de chopos, podemos diferenciarlo del bosque de ribera por la artificialidad de aquel y lo natural de este, donde la vegetación no responde a ningún patrón de plantación (Figura 51).

4.2.3.8. Uso poco frecuente de coberturas de la clase TERRENOS SIN VEGETACIÓN

En algunas situaciones, el técnico desestimó el uso de coberturas del tipo SUELO DESNUDO, AFLORAMIENTOS ROCOSOS o RAMBLAS, todas ellas pertenecientes a la clase TERRENOS SIN VEGETACIÓN, cuando aparecían tonalidades claras (blancos, cremas, grises,...) en zonas naturales.

Según la *Guía Orientativa de Color para Composiciones en Infrarrojo Color* del anexo IV del *Manual de Fotointerpretación v1.2*, que utiliza una combinación RGB 321, por regla general, la aparición de tonalidades claras en zonas naturales suele corresponderse con zonas carentes de vegetación. En este caso, si tienen representatividad en el polígono en que se encuentran, se debe asignar un porcentaje adecuado.

El SUELO DESNUDO se caracteriza por tonos muy claros y textura relativamente suave, mientras que los AFLORAMIENTOS ROCOSOS suelen presentar tonalidades más grisáceas y un aspecto más rugoso.

Las RAMBLAS, según dicho *Manual*, se definen como: *cauce torrencial habitualmente cubierto de piedras, gravas y arenas, normalmente seco, por donde discurren avenidas esporádicas súbitas, ordinariamente de corta duración; y es típica de zonas semiáridas y áridas de la región mediterránea*. Por lo tanto, en zonas de vaguadas o donde se aprecien indi-

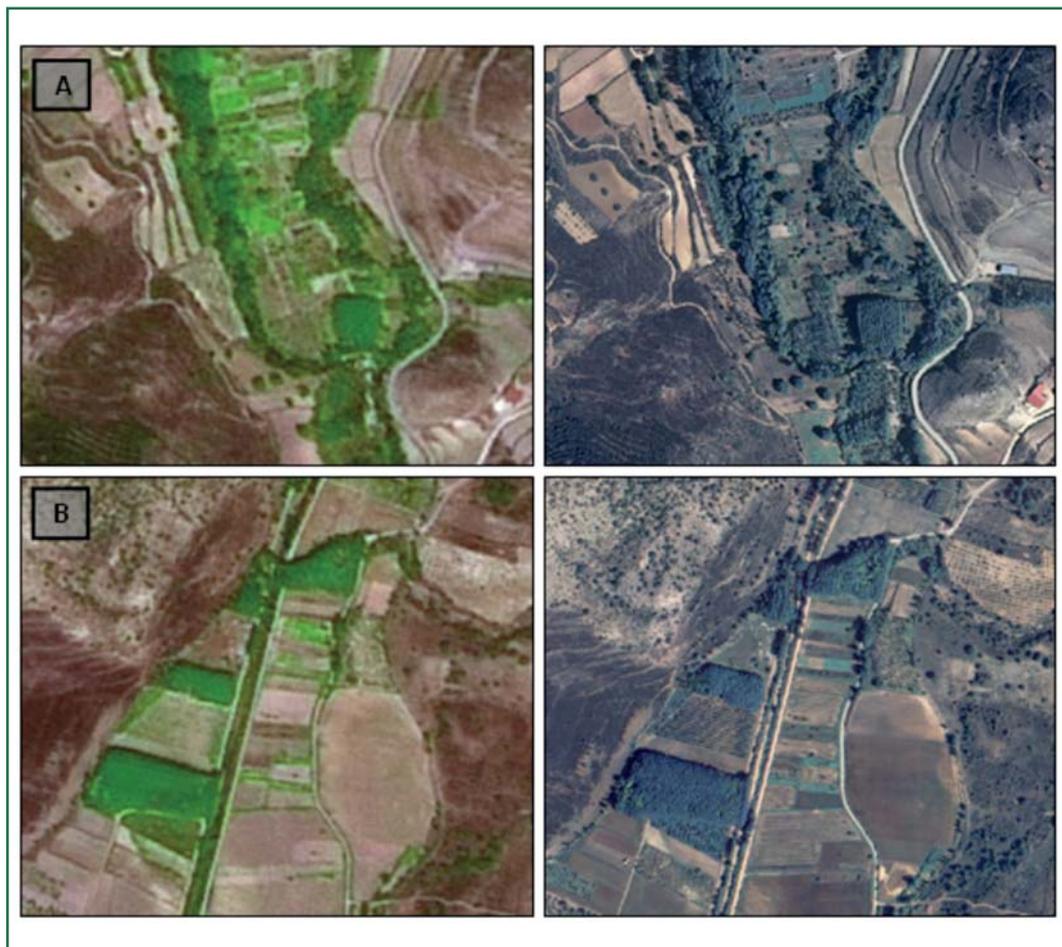


Figura 51: Plantaciones de caducifolias en las inmediaciones del río Cabriel a su paso por los municipios de Salvacañete (A) y Alcalá de la Vega (B) en la provincia de Cuenca. A: bosque en formación de ribera junto a plantaciones de caducifolias en el sur. B: plantaciones de caducifolias a ambos lados del río donde se observan parcelas de reciente plantación. Mosaico SPOT (escena 38-269, julio de 2005) y ortofotografía PNOA (agosto de 2006).

cios de cauces discontinuos se debe contemplar la posibilidad de que se corresponda con este tipo de cobertura. Esto, unido a tonalidades claras (cremas, marrones claros y blancos, según la mencionada guía) y el apoyo del MTN, que da información sobre el relieve del terreno para determinar las zonas de vaguadas, puede ser suficiente para definir esta clase de coberturas.

4.2.4. Zonas húmedas

4.2.4.1. Dificultad general en la identificación de ZONAS PANTANOSAS

Como se ha comentado en el caso anterior, la determinación de elementos singulares resulta complicada para el técnico poco experimentado. Puede servir de ayuda la consulta de otro tipo de información, como el MTN.

La respuesta de este tipo de zonas en las imágenes SPOT se muestra con tonalidades que oscilan entre negro y azul oscuro, apareciendo también tonos rojizos (combinación RGB 321) correspondientes a la vegetación asociada (Figura 52).

4.2.4.2. Dificultad para la identificación de SALINAS CONTINENTALES

Este caso es similar a los anteriores desde el punto de vista de su singularidad, por lo que resulta un tipo de uso del suelo novedoso para el técnico poco experimentado.

En lo relativo a las tonalidades que se pueden observar en las imágenes SPOT, responde a blancos, cianes y grises como los predominantes cuando no hay presencia de agua, siendo los negros y azules oscuros los tonos predominantes cuando sí la hay (Figura 53).

4.2.5. Superficies de agua

4.2.5.1. Confusión entre las coberturas CURSO DE AGUA con EMBALSE

Este tipo de errores debe analizarse desde la fase anterior de digitalización donde, si se independiza correctamente cada polígono en función de su cobertura futura (EMBALSE o CURSO DE AGUA), se tendrá menor probabilidad de incurrir en errores en la fase de asignación de coberturas.

Se dan casos en los que resulta complejo determinar el límite donde empieza un tipo de cobertura y acaba otra, sobre todo cuando el curso de agua que abastece al embalse tiene cierta anchura. Para determinar de la mejor manera posible ambas coberturas, se hace necesaria la consulta de información auxiliar, como puede ser la BCN o el MTN. Lo que debe quedar claro es que a la superficie de agua que limita inmediatamente con una presa, no se le puede identificar como CURSO DE AGUA, sino EMBALSE.

4.2.5.2. Descripción de una ASOCIACIÓN compuesta por LÁMINA DE AGUA y zonas forestales

Dado que el manual define ASOCIACIÓN como la combinación de coberturas superpuestas espacialmente sin distribución fija que se encuentran entremezcladas indistintamente, y MOSAICO como *aquella combinación cuya distribución geométrica es claramente*

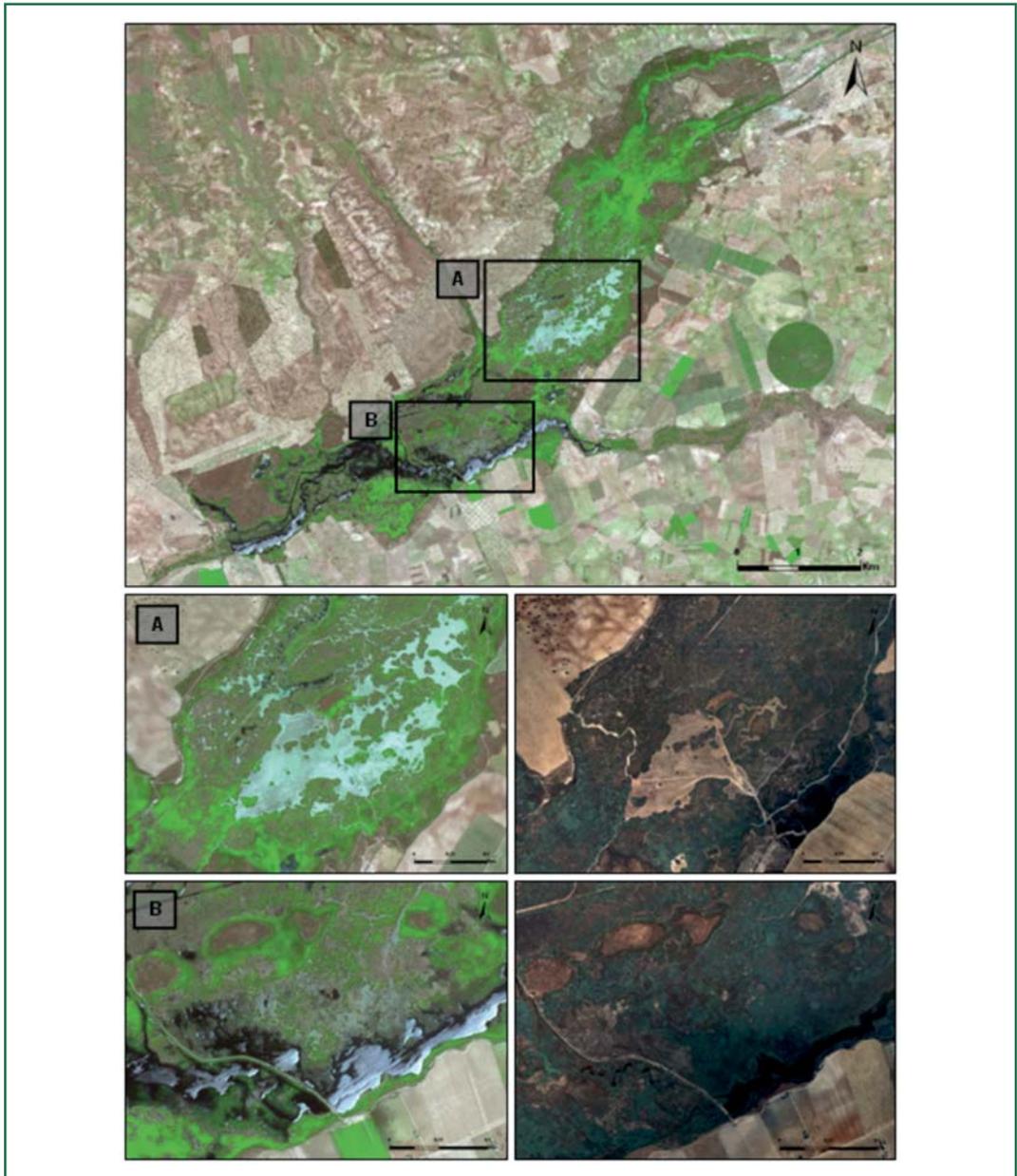


Figura 52: Superior, Mosaico SPOT del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, entre los términos municipales de Daimiel y Villarrubia de los Ojos (Ciudad Real). Medio e inferior, detalles de dos zonas pantanosas del parque, donde se observa la disminución de agua por la diferencia temporal entre ambas imágenes. Imágenes SPOT5 (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografías PNOA de julio de 2006.



Figura 53: Salinas al este del municipio de Imón (Guadalajara). Mosaico SPOT (escenas 35-267 y 36-267) de agosto de 2005 y ortofotografía PNOA de agosto de 2006.

perceptible, consideramos este último como el idóneo para definir aquellas coberturas compuestas donde uno de los elementos constituyentes es una LÁMINA DE AGUA. En efecto, siempre que aparezca una superficie de agua junto a coberturas de otro tipo se definirá como MOSAICO al encontrarse aquella en una posición concreta en el polígono y no entremezclada con el resto de coberturas. Un ejemplo de ASOCIACIÓN con LÁMINA DE AGUA podría darse para manglares (bosques hidrófilos leñosos), pero se trata de bosques que aparecen en zonas tropicales y que no encontraremos en nuestras latitudes.

Con todo, hemos observado un caso especial que puede llevar a confusión (Figura 54). No obstante, consideramos como mejor opción su interpretación por medio de un MOSAICO, en lugar de ASOCIACIÓN.

4.2.6. Otros aspectos

4.2.6.1. Asignación de porcentajes extraños

En algunas situaciones se emplearon porcentajes inferiores al 5% (sin incluir el caso excepcional de un MOSAICO compuesto por VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA y LÁMINA DE AGUA ARTIFICIAL, donde se admite la fórmula 3% para la edificación y 2% para la piscina, o viceversa según sea el caso, debido a la importancia que se les quiere dar a estas superficies de agua). En otros casos se han visto porcentajes extraños: 71%, 24%, 32%, etc.

Ante la subjetividad existente en la asignación del porcentaje de coberturas, se optó por emplear cantidades redondeadas de cinco en cinco, simplificando esta tarea.

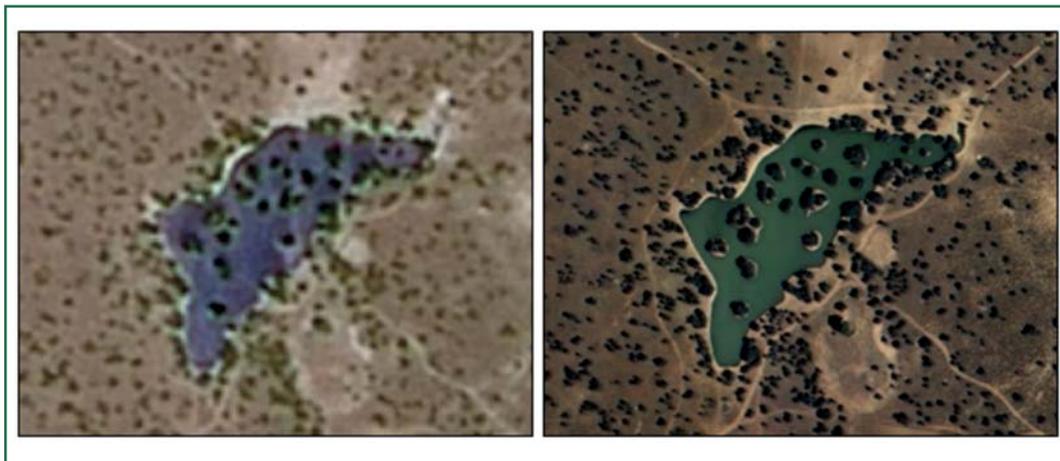


Figura 54: Lámina de agua natural de 0,19 ha con pequeños islotes de terreno forestal (Finca Dehesa de Los Llanos, término municipal de Albacete). Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 y mosaico de ortofotografías PNOA de julio y agosto de 2006.

4.2.6.2. Entregas de las unidades de trabajo sin los correspondientes campos en su tabla de atributos

En el proceso de producción por hojas, el técnico debía entregar la información geométrica y semántica generada en base a unos criterios específicos. Uno de estos consistía en los campos obligatorios que debía tener la tabla de atributos asociada a la capa. En algunos casos el técnico olvidó la creación de los mismos.

Para evitar tal error hacemos referencia a la *hoja de ruta* de la Figura 7, que se ha tratado en el apartado correspondiente a la metodología de trabajo, y que sirve como guión y recordatorio al técnico para saber en todo momento qué pasos debe seguir para la elaboración de una unidad de producción.

4.2.6.3. Resistencia inconsciente a la consulta del manual SIOSE del IGN

Los fotointérpretes afirmaban haber leído dicho manual y conocerlo suficientemente. Sin embargo no ha sido un manual consultado con la asiduidad necesaria. Esto ha sido debido, quizás, a la rutina del trabajo y a una falsa impresión de "pérdida de tiempo" de todo aquello que no fuera producción.

Aunque afecta también al aspecto de digitalización, es en la asignación de coberturas cuando mayor importancia adquiere.

Puede corregirse desde el período de formación, exigiendo el conocimiento del mismo.

4.2.6.4. *Uso inadecuado de la información auxiliar*

Otra clase de error surgió al no emplear adecuadamente la información auxiliar (como la que facilita el SIGPAC), cuando se podía disponer de ella, para determinar las características de un determinado cultivo.

Es posible que por razones diversas: tiempos de entrega, aumento del nivel de trabajo, descuidos, sensación de pérdidas de tiempo, etc., el técnico desestime la consulta de este tipo de información.

Ante tales circunstancias, el equipo técnico debe ser consciente de que su trabajo será evaluado posteriormente por medio de diversos controles de calidad. La no superación de los mismos le acarrearán mayores pérdidas de tiempo por la devolución de las unidades de trabajo, tal y como se detalló en el apartado 3 sobre la metodología de trabajo propuesta en este libro. Por lo tanto, consideramos vital concienciar al equipo técnico de la importancia del buen hacer en el trabajo. Es importante que sean conscientes de que, en las primeras entregas, los tiempos de ejecución serán elevados, y estos irán disminuyendo conforme el adiestramiento produzca sus efectos, a la vez que aumenta la calidad del producto final.

4.2.6.5. *Incremento en el uso de atributos en la asignación de coberturas por parte del equipo de producción*

Cuando comenzó el proyecto SIOSE era raro el uso de atributos (porque no se tenían en cuenta), pero conforme el proyecto avanzó fueron más utilizados, tal vez debido a la mayor experiencia adquirida y a un mejor conocimiento de los fundamentos del proyecto.

4.2.6.6. *Dificultades para diferenciar MOSAICO de ASOCIACIÓN*

Conforme los técnicos adquirían experiencia y veían ejemplos variados, se acostumbraban a diferenciarlos. Pero siempre existen casos intermedios en los que la distinción entre uno y otro tipo de cobertura se encuentra supeditada a la subjetividad del fotointérprete. Se trata de un problema de difícil solución. A veces un mismo polígono puede ser clasificado de dos formas, las dos correctas, aunque siempre esta diferencia debe situarse en ciertos márgenes (véanse los apartados 4.2.1.4 y 4.2.5.2).

4.2.6.7. *Asignación de coberturas en base a las ortofotografías PNOA en lugar de las imágenes SPOT*

Se han observado algunos errores asociados al continuo cambio que sufren las zonas artificiales, sobre todo los núcleos urbanos, al ser estas donde se concentra una mayor actividad constructora: urbanizaciones, viales, zonas verdes artificiales, etc.

Para la digitalización y posterior asignación de coberturas en zonas urbanas, en el SIOSE se aconsejaba la consulta de ortofotografías por su mayor resolución y facilidad para la apreciación de elementos singulares que ayudan al técnico a fotointerpretar las coberturas artificiales. No obstante, se debe tener siempre presente que la imagen de referencia es la SPOT (para este proyecto en concreto), por lo que la fotointerpretación realizada por medio de ortofotografías será válida siempre y cuando no contradiga a aquella.

Estos errores pueden cometerse por la diferencia temporal existente entre ambas imágenes, ya que si la imagen SPOT estaba referida al año 2005, las ortofotografías se corresponden con 2006 o incluso años posteriores, según la zona del territorio nacional.

Véase el apartado 4.3.10 referente a la asincronía entre imágenes SPOT/ortofotografía.

4.3. COBERTURAS DUDOSAS

Se entiende por fotointerpretación, la técnica de extracción de información de una imagen a partir de la observación y asociación de determinados detalles de la misma. En el caso de utilizarse para clasificar coberturas, lo que se hace es asociar los detalles de la imagen, a las características incluidas en la definición de las clases preestablecidas.

La fotointerpretación es un proceso complejo, dado que el sistema ojo-cerebro humano, cuando observa una imagen, es capaz de considerar múltiples criterios, como: formas, patrones de distribución espacial, contexto, etc., detalles que es muy difícil implementar en una clasificación automática realizada por un software.

En el proyecto SIOSE se han utilizado imágenes SPOT y ortofotografías PNOA, las cuales, en algunos casos no han ofrecido al fotointérprete la claridad de detalle suficiente para que pudiera clasificar las coberturas con toda seguridad. En este apartado presentamos todas las coberturas que han suscitado dudas a lo largo del desarrollo del proyecto.

En la descripción de cada caso se indican los detalles que a los fotointérpretes les han sido útiles para poder aplicar los criterios al resto de polígonos con características similares, en el total de la superficie revisada. En la mayor parte de los casos, se realiza una comparación entre coberturas en las que se podría dudar, indicando los elementos que pueden hacer inclinarse por una u otra opción.

Los casos más relevantes han sido:

1. Dehesas.
2. Repoblaciones con frondosas o coníferas.
3. Repoblaciones forestales en el monte.
4. Frutal/reforestación de zonas agrícolas.
5. Suelos desnudos/zonas erosionadas.
6. Cultivos herbáceos de secano/regadío no regado.
7. Cultivos leñosos de secano/regadío.

8. Naves industriales/invernaderos/granjas.
9. Naves agrícolas/invernaderos.
10. Asincronía entre imágenes SPOT/ortofotografía.
11. Suelo no edificado/vertedero/pastizal.
12. Arbolado/matorral.

4.3.1. Dehesas

Las dehesas (Figura 55) se caracterizan por la presencia de arbolado disperso (siempre frondosas, en especial: encina y alcornoque), cubriendo la superficie de forma regular, con mayor o menor densidad (nunca al 100%). En el suelo siempre se aprecian grandes áreas con pastizal, aunque también otras laboreadas, normalmente para sembrar cereales y complementar la alimentación del ganado. Generalmente el matorral está ausente.



Figura 55: Dehesa típica en Velada (Toledo) donde se aprecian áreas cultivadas diferenciadas (más claras) y otras no laboreadas (más rojizas), cubierta por pasto ralo. También aparece una lámina de agua al sur, que puede servir de abrevadero. Imagen SPOT (escena 32-270) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de agosto de 2006.

Es frecuente que aparezcan láminas de agua, que suelen ser de pequeño tamaño, dispuestas a modo de abrevadero. Con mucha atención, pueden incluso detectarse en la ortofotos los animales pastando, especialmente el ganado vacuno.

Deben incluirse en esta categoría todos los ecosistemas que presenten estas características, aunque no pueda asegurarse el aprovechamiento ganadero.

4.3.2. Repoblación con FRONDOSAS o CONÍFERAS

En repoblaciones, como en la mostrada en el centro de la Figura 56, es prácticamente imposible diferenciar si se ha realizado con frondosas o coníferas. Lo mejor es buscar cual es la especie predominante en las zonas naturales colindantes (Mapa Forestal). Si es la encina, lo más probable es que se haya repoblado con esta especie; si son pinos, lo normal es que la repoblación sea de pinos, por lo que incluiremos las coberturas de FRONDOSAS o CONÍFERAS, respectivamente. En la mencionada figura se aprecia también, que aparecen entre la repoblación árboles de mayor tamaño. Suele deberse a que se han respetado algunos árboles que había originalmente en la parcela.



Figura 56: Repoblación forestal entre Malagón y Fuente del Fresno, provincia de Ciudad Real. Mosaico SPOT (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

En algunos casos, en las repoblaciones pueden observarse la aparición periódica de árboles de mayor tamaño. Ello puede explicarse a una repoblación mixta en donde los pinos suelen crecer más rápido que las frondosas, de ahí esa heterogeneidad.

4.3.3. Repoblaciones forestales en el monte

Cuando en áreas montañosas se aprecian líneas más o menos paralelas, claramente marcadas y que siguen las curvas de nivel, se trata de reforestaciones (Figura 57). Al igual que en el caso anterior, lo complicado es averiguar si la reforestación se ha realizado con especies frondosas, matorrales o coníferas. Para ello, debe consultarse el Mapa Forestal, comprobando cuáles son las especies principales, dado que no se alejará mucho de éstas.

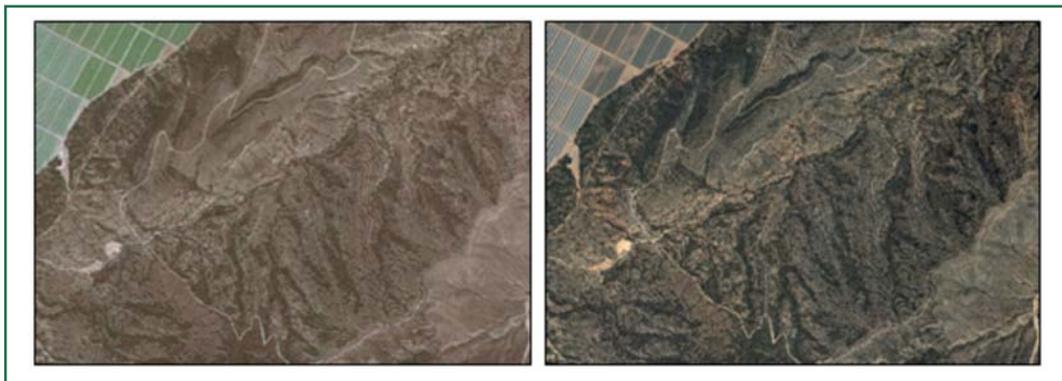


Figura 57: Aspecto típico de las repoblaciones forestales recientes en áreas montañosas, al sur del término municipal de Hellín, Albacete. Mosaico SPOT de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

4.3.4. Frutal/Reforestación en zonas agrícolas

En el centro de la imagen de la Figura 58, encontramos una cobertura que nos hace dudar de si se trata de un cultivo frutal (CULTIVOS LEÑOSOS, CÍTRICO/NO CÍTRICO) o de una plantación con especies forestales en zonas agrarias (repoblación). Podemos inclinarnos por la segunda opción, ya que se observa que es una plantación con algunos años (las copas tienen una magnitud importante) y aparecen muchas marras (plantas que no han prosperado). En el caso de haber sido frutales, que son cultivos altamente productivos, el agricultor se esfuerza por reponer las plantas lo antes posible, para no perder parte del potencial económico de la parcela. No obstante, nunca puede tenerse una certeza absoluta.



Figura 58: Aspecto frecuente de repoblación forestal en zonas agrícolas en San Clemente, Cuenca. Un buen número de marras no son repuestas. Mosaico SPOT (escena 37-271) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

Otro detalle, como se aprecia en la Figura 59, es que, frecuentemente, el marco de plantación no es completamente regular, pudiendo observarse que, dentro de la misma parcela, en algunos casos el marco es cuadrado y en otros prácticamente al tresbolillo. Suele ser frecuente que, como suelen usarse suelos marginales de baja calidad, el desarrollo de las plantas puede ser bastante heterogéneo.



Figura 59: Detalle del marco de una plantación forestal en tierras agrícolas. El marco no es regular y el desarrollo de las plantas es bastante heterogéneo, tomada al norte del término municipal de Hellín, Albacete. Mosaico SPOT (escena 40-273) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

4.3.5. Suelos desnudos / Zonas erosionadas

SUELOS DESNUDOS y ZONAS EROSIONADAS se caracterizan por estar desprovistos de vegetación más o menos estable. Se diferencian entre sí en que las áreas erosionadas suelen aparecer en zonas con elevada pendiente (generalmente, superior a 15°). Muchas veces ambas categorías pueden entremezclarse. En la Figura 60 nos encontramos una zona de montaña, bastante escarpada. En la Figura 61, se trata de un área de canchal, en donde los efectos de las heladas y la escorrentía han depositado gran cantidad de piedras. Ambas pueden considerarse ZONAS EROSIONADAS.

En esta última imagen (Figura 61), estas zonas desprovistas de vegetación podrían confundirse con parcelas de labor secano sin cultivo en ese momento: CULTIVOS HERBÁCEOS DISTINTOS DE ARROZ. La diferencia estriba en que no aparecen caminos de acceso y su forma es bastante irregular, con bordes poco definidos.



Figura 60: Aspecto típico de zonas erosionadas, entre los términos municipales de Fernán Caballero y Malagón (Ciudad Real). Mosaico SPOT (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

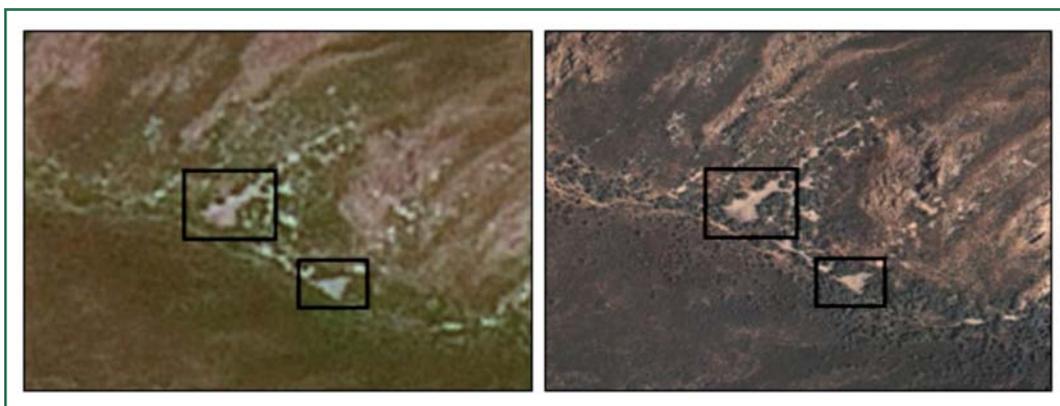


Figura 61: Zonas erosionadas, con acúmulos de piedras, de una zona situada entre los municipios de Fernán Caballero y Malagón (Ciudad Real). Mosaico SPOT (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

4.3.6. Cultivos herbáceos de secano / Regadío no regado

En principio, y a juzgar por la respuesta de la imagen SPOT (imagen superior izquierda de la Figura 62), todas las parcelas podrían considerarse como de secano (CULTIVOS HERBÁCEOS DISTINTOS DE ARROZ, de SECANO). Sin embargo, fijándonos en la ortofotografía (imágenes superior derecha e inferior de la Figura 62), se aprecia cómo, periódica y regularmente, aparecen punteaduras (véase el detalle de la zona B), que están espaciadas 17-18 m, aproximadamente. Se trata, pues, de una cobertura fija (regadío por medio de coberturas),

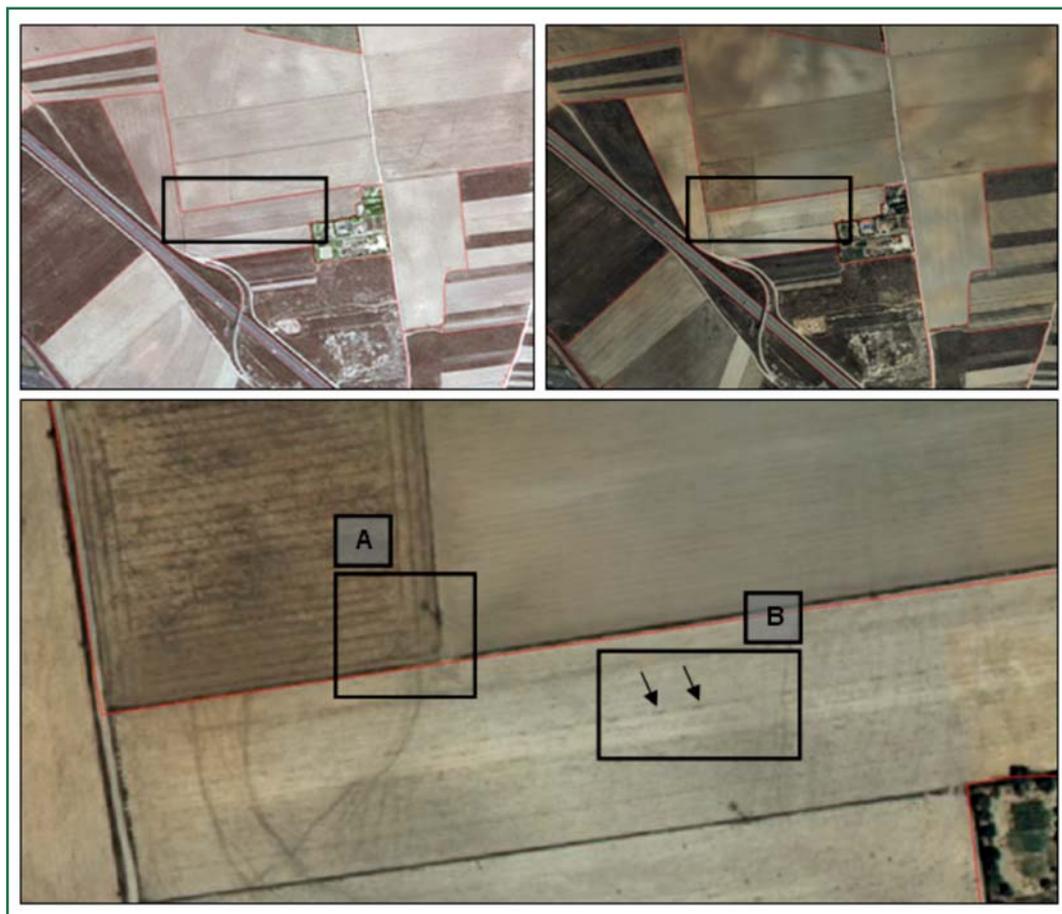


Figura 62: Arriba, aspecto de unas parcelas agrícolas, aparentemente de secano, al norte de Albacete. Abajo, ampliación de la imagen superior donde se han remarcado las líneas cruzadas del laboreo agrícola (A) y las punteaduras de las coberturas (B). Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de agosto de 2006.

que no está en cultivo en el momento de la adquisición de las imágenes. De este modo, debe clasificarse como REGADÍO NO REGADO. En el caso de la parcela que aparece al noroeste, en la ampliación (zona A), las líneas están mucho más cercanas, y al llegar al límite de la parcela, se cruzan unas con otras. En este caso, lo que se observa es el efecto del laboreo y no hay que confundirlo con líneas de coberturas.

En el caso de la imagen de la Figura 63, lo que se aprecia parece ser los hidrantes que alimentarán a las tuberías secundarias, que portan las coberturas. Realmente, las pequeñas punteaduras negras no son estructuras en sí (ni coberturas ni hidrantes), ya que son muy



Figura 63: Arriba, parcelas aparentemente de secano en el término municipal de Tobarra, Albacete. Abajo, imagen ampliada donde se han remarcado los hidrantes de las tuberías secundarias (distanciadas aproximadamente 17,5 m), lo que nos muestra que es una parcela de REGADÍO NO REGADO. Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

pequeños para ser captados. En realidad suelen ser hierbas que crecen en la base de la estructura, debido a pequeñas pérdidas de agua y a que el tractor no puede aproximarse a eliminarlas, para no dañar las tuberías.

Finalmente, en el caso de las estructuras de riego tipo pívot (Figura 64), resulta sencillo determinar cuándo son de REGADÍO REGADO y cuándo de REGADÍO NO REGADO (no debiendo confundirse con SECANO), gracias a la forma circular que dejan en el territorio, fácilmente visible en las imágenes.



Figura 64: En el caso de las parcelas ocupadas por pivots, son fáciles de determinar como REGADÍO NO REGADO, gracias a su particular forma. Imagen al norte del término municipal de Tobarra (Albacete). Mosaico de imágenes SPOT5 (escena 38-272) de junio y julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

4.3.7. Cultivos leñosos de secano / Regadío

En la zona de estudio, son pocos los árboles frutales que subsisten sin necesidad de riego. Los más frecuentes son el almendro y el olivo. No obstante, en muchas ocasiones éstos también se riegan para aumentar su producción. En general, la mayor parte de las plantaciones nuevas tienen apoyo de riego por goteo. Tampoco es extraño encontrar plantaciones antiguas a las que se les ha incorporado este sistema de riego. La forma de determinar si están o no regados por goteo, si se dispone de una imagen de muy alta resolución espacial, es buscar delgadas líneas de unión entre plantas, que aparecen sólo en una dirección (Figura 65). En la imagen inferior de dicha figura, se observan claramente estas líneas oscuras que unen los árboles.

Al igual que en el caso de las coberturas de riego, lo que en la imagen se observa no es la tubería en sí, sino los acúmulos de hierbas que se van generando y de los que, aunque se eliminan con herbicida, queda su residuo, dado que el tractor sólo puede laborear de forma paralela a estas líneas de goteros.

4.3.8. Naves industriales / Invernaderos / Granjas

En primer lugar, para averiguar si la infraestructura en cuestión tiene una altura importante o no, se observa si produce sombra. Así, en la Figura 66 se comprueba que, al oeste de cada estructura, aparece una franja oscura; esa es la sombra que proyectan estas instalaciones, lo que nos hace entender que están elevadas sobre la superficie del suelo. El con-



Figura 65: Superior, plantación de almendros en regadío, situados al norte de Tobarra (Albacete). Inferior, detalle ampliado visto en fotografía aérea donde se observa que las plantas están unidas (NE-SO) por una delgada línea producto de la infraestructura de riego por goteo (la distancia entre líneas es de 8,50 m, y entre almendros de una misma línea 6,50 m. Si se observa el viñedo que aparece al suroeste de la fotografía se comprueba que este efecto no aparece, por lo que será un VIÑEDO de SECANO. Mosaico de imágenes SPOT5 (escenas 40-272 y 40-273) de junio y julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

texto es la segunda clave: dado que no se observan caminos bien definidos o incluso asfaltados, ni aparecen infraestructuras tipo silos propios de las granjas, nos indica que es probable que se trate de invernaderos (cultivos FORZADOS).

4.3.9. Naves agrícolas / Invernaderos

En ocasiones puede ser complicado diferenciar una nave agrícola de una infraestructura de invernaderos. En casos como el de las imágenes de la Figura 67 es fácil determinar que se trata de invernaderos, ya que la sombra proyectada (apreciable en la ortofotografía aérea) se observa que procede de una estructura con tejado redondeado, infrecuente en las naves agrícolas, por lo que lo más probable es que se trate de invernaderos (cultivo FORZADO).



Figura 66: Grupo de invernaderos (cultivo FORZADO), situados al sur del término municipal de Hellín, Albacete. En su lado más occidental y meridional, se aprecia la sombra producida por el sol. Ello nos indica que son estructuras que están bastante elevadas sobre el suelo. No se observan infraestructuras tipo silo, pediluvios, etc., por lo que se descarta que sean naves de una granja ganadera. Tampoco aparece una gran estructura de caminos y bien asentada, lo que nos hace pensar en invernaderos. Mosaico SPOT (escena 40-273) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.



Figura 67: Estructura tipo nave o invernadero en una zona agrícola al SE del término municipal de Malagón, Ciudad Real. En la ortofotografía PNOA se aprecia que la sombra que proyecta el tejado de esta infraestructura está compuesta por tramos semicirculares (al oeste), muy infrecuente en las naves agrícolas, por lo que se puede determinar que es un invernadero (cultivo FORZADO). Mosaico SPOT (escena 34-271) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

4.3.10. Asincronía entre imágenes SPOT/Ortofotografía

En ocasiones, las coberturas cambian desde la imagen SPOT a la ortofotografía. Como es sabido, en el proyecto SIOSE la referencia temporal y semántica siempre ha sido la imagen SPOT. La ortofotografía se puede utilizar como soporte o refuerzo de la imagen de satélite en casos dudosos.

Así, por ejemplo, en la ortofotografía (imagen derecha de la Figura 68) puede apreciarse una clara lámina de agua (punto negro), mientras en la imagen SPOT (imagen izquierda de la Figura 68), se aprecia una infraestructura, pero no el agua tan claramente, con lo que reforzamos la decisión de la infraestructura para lámina de agua (LÁMINA DE AGUA ARTIFICIAL).



Figura 68: Mosaico de imágenes SPOT5 (escenas 32-270 y 32-269) de julio de 2005 y ortofotografía PNOA de agosto de 2006, donde se aprecia claramente, una lámina de agua circular al norte del polígono (al O del municipio de Cervera de los Montes, Toledo). En la imagen SPOT la lámina de agua no es tan clara, aunque sí se aprecia una infraestructura con la misma forma.

Por el contrario, encontramos diferencias significativas en la imagen siguiente (Figura 69). En efecto, en la ortofotografía se aprecian varias zonas de reciente construcción (como pistas deportivas o zonas verdes), y otras en proceso (señaladas con flechas en la imagen), pero que no aparecen en la imagen SPOT. Se tomará ésta como referencia, indicando la cobertura que en ella aparezca.



Figura 69: Arriba, Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 del NO de Albacete. Abajo, ortofotografía PNOA de agosto de 2006 de la misma zona. Comparando una y otra podemos observar las diferencias existentes debido al desfase temporal entre ellas. Edificios que se encontraban en construcción (EC), están ya acabados (EF); parcelas de nueva construcción (señaladas con flechas); nuevas pistas deportivas (PD), nuevas zonas verdes (ZV), calles asfaltadas, etc.

4.3.11. Suelo no edificado / Vertedero / Pastizal

En la Figura 70 se observa un área heterogénea, cubierta parcialmente por vegetación, que podría hacernos pensar en un PASTIZAL con PROCEDENCIA DE CULTIVO abandonado. No obstante, la estructura de la red de caminos que atraviesa el área no parece de zonas agrícolas. En la ampliación, se observan un buen número de lo que parecen ser montones (especialmente al suroeste, véase el detalle en la imagen derecha de la Figura 70). Se trata de un antiguo vertedero de escombros. Estos acúmulos son el producto de la descarga de las cubetas de recogida de escombros.



Figura 70: Izquierda, Mosaico SPOT (escena 38-272) de julio de 2005 y mosaico de ortofotografías PNOA de julio y agosto de 2006 de una zona muy heterogénea y de clasificación variable (situado al oeste de Albacete). Derecha, ortofotografía PNOA de la ampliación de la zona remarcada donde se aprecian deposiciones producto de la descarga de las cubetas de escombros.

4.3.12. Arbolado / Matorral

En muchas ocasiones es difícil distinguir en una imagen u ortofotografía, por su estructura y textura, una zona de matorral de una compuesta por árboles o una mixta (Figuras 71 y 72). La forma más sencilla de averiguar si aparecen árboles en la cobertura, es usar plantas de borde, comprobando si proyectan sombra. Si lo hacen y ésta es suficientemente grande (superior a 1,5 m en verano), se tratará de una estructura boscosa o mixta, en caso contrario, de una cobertura de MATORRAL.

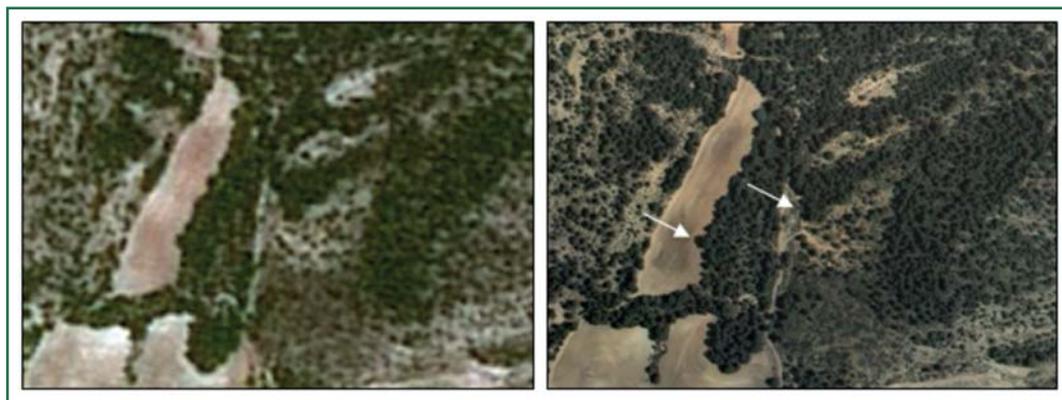


Figura 71: Detalle de una zona del centro-norte de Alpera (Albacete) donde, mediante flechas, se han marcado ejemplos donde se aprecian las sombras proyectadas por los árboles. Mosaico SPOT (escena 40-272) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.



Figura 72: Detalle de una zona del centro-este de Alpera (Albacete) donde se comprueba que las plantas no proyectan sombras, por lo que se deduce que se trata de una zona de matorral. Se resaltan las sombras de dos árboles aislados. Mosaico SPOT (escena 40-272) de junio de 2005 y ortofotografía PNOA de julio de 2006.

4.4. PROBLEMÁTICA DE LA CARTOGRAFÍA DE COSTAS

Como ya comentamos en la Introducción, para tratar el tema de las costas nos basaremos en la experiencia obtenida por el equipo que desarrolló el proyecto SIOSE en la Comunidad Autónoma de Asturias.

Al igual que ocurre con otras partes del territorio, durante los procesos de digitalización y asignación de coberturas del ámbito costero, han surgido ciertas dificultades para la delimitación de polígonos que representen unidades de uso estables, tal y como se señala en los manuales de fotointerpretación de los diferentes proyectos de cartografía de coberturas del suelo.

La delimitación de las coberturas características de este ámbito no es ajena a las dificultades que el inevitable componente subjetivo que implican los procesos de fotointerpretación provoca en otras partes del territorio. Sin embargo, en el caso de la costa estas dificultades se derivan también de la dinámica hidrológica marina a la que se ve sometido este ámbito.

Resulta muy difícil abarcar toda la casuística asociada a la cartografía de coberturas del suelo en la franja costera, dada la variedad de formas que presentan los litorales en función de las particularidades de la erosión marina, las características litológicas y las influencias bioclimáticas y humanas. Por tanto, este apartado no debe entenderse como un inventario exhaustivo de posibles dificultades para cartografiar este ámbito. Lo que se pretende es ejemplificar errores y problemas, más o menos generales, a partir de la información recopilada durante las diferentes fases del proceso de producción de la cartografía del proyecto SIOSE en el Principado de Asturias (Figura 73).

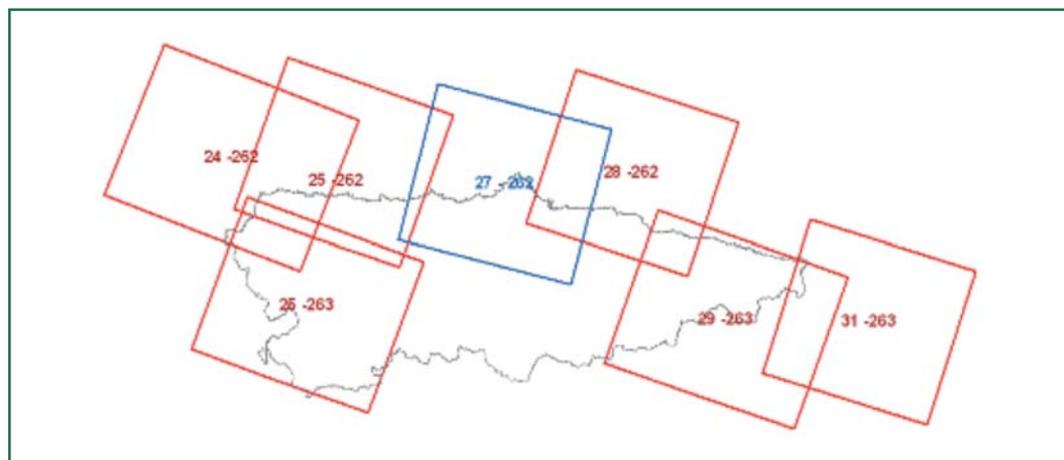


Figura 73: Distribución de las imágenes SPOT5 para la franja costera del Principado de Asturias. En rojo se representan las del año 2005 y en azul las de 2006.

4.4.1. La dificultad de definir la línea de costa

La influencia mareal, el depósito de sedimentos fluvio-marinos o los procesos erosivos costeros modifican significativamente la extensión de la lámina de agua y con ello el aspecto y apariencia de las superficies registradas en las imágenes de referencia.

Una de las primeras conclusiones que a las que se llega fácilmente durante la fase de planificación de los trabajos es que resulta prácticamente imposible la fotointerpretación de la franja costera en condiciones mareales uniformes. Estas condiciones variarán, a veces significativamente, dependiendo de la fecha y la hora en la fueron tomadas las imágenes de referencia y, con ellas, la extensión visible de las zonas supramareal y submareal (Figura 74).



Figura 74: Imágenes de la playa de Ribadesella, hoja 31-I del MTN. Izquierda, Mosaico SPOT (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS) de julio de 2005, en pleamar. Derecha, Mosaico SPOT (escena 29-263, fusión SPOT5 P+XS) de agosto de 2005, en bajamar.

Para solucionar estas dificultades, las determinaciones técnicas del proyecto SIOSE establecían que la línea de costa se debería ajustar a la cobertura vectorial oficial consensuada por el Equipo Técnico Nacional del SIOSE (*Manual de Fotointerpretación v1.2. Anexo IV: Fichas Fotointerpretación Zonas Agrícolas y Forestales-asociaciones*). Sin embargo, en la práctica ha sido imposible aplicar esta solución ya que a lo largo del proceso de producción no se pudo disponer de esta capa de información auxiliar. En consecuencia, la definición de la línea de costa quedó definida durante el proceso de fotointerpretación de las imágenes de referencia.

Por estos motivos, resulta especialmente más relevante, la rigurosa documentación y registro en los metadatos de cada unidad de producción, de las fuentes utilizadas en el proceso de fotointerpretación.

Sin embargo, previamente, se plantean algunos problemas debidos a la ausencia de criterios para la determinación de las imágenes referencia para cada unidad de producción, en particular, cuando, los solapes entre ellas permiten disponer de más de una posibilidad.

En los estadios iniciales de los trabajos se comprobó que la utilización por parte de los fotointérpretes de criterios de selección diferentes podría generar ciertos problemas, tanto en la fase de fotointerpretación (sobre todo cuando sobre la misma unidad de producción trabajan varios especialistas), como en las fases posteriores del proyecto (en particular en las de control de calidad y casado de hojas).

Por lo tanto, se consideró prioritario definir con claridad esta parte del proceso productivo del SIOSE, y sus controles de calidad sobre los productos resultantes, evitando dudas al respecto y los posibles errores posteriores. A tal efecto, se procedió a definir y establecer unos criterios básicos para la determinación de las imágenes de referencia de cada hoja 1:25.000 del MTN (UBT), sobre el principio general de dar prioridad a la fotointerpretación de las imágenes SPOT fechadas en 2005 sobre el resto de las fuentes gráficas. Estos criterios fueron:

1. Considerando que la fecha de referencia del proyecto SIOSE es 2005, tuvieron preferencia las escenas SPOT5 (fusiones P+XS de 2,5 m) capturadas en este año sobre las tomadas en 2006, con independencia de la cobertura superficial de las escenas sobre las unidades básicas de trabajo.
2. Las escenas SPOT5 capturadas en 2006 tuvieron un carácter auxiliar o complementario salvo en aquellas unidades básicas de trabajo en las que no se disponía de ninguna cobertura de imágenes de 2005. Para estas unidades se aplicaron los mismos criterios de selección que los establecidos para las escenas de 2005.
3. Se estableció como imagen de referencia de la unidad de producción la imagen SPOT5 de 2005 que abarcaba la totalidad de la unidad básica de trabajo. En el caso de disponer de dos escenas, se seleccionó aquella en la que se detectaban menos problemas para la fotointerpretación, tales como cobertura nubosa o sombras pronunciadas.
4. En los casos en los que ninguna de las imágenes disponibles abarcaba la totalidad de la unidad básica de trabajo, se estableció como principal la tomada en 2005 con mayor cobertura superficial. Asimismo se seleccionaron como complementarias las imágenes de 2005 o, en su defecto, de 2006 necesarias para abarcar el resto de la unidad de producción.
5. En el caso de que la imagen de referencia seleccionada para la fotointerpretación presentase áreas con defectos (nubes, sombras, etc.) se utilizó para la fotointerpretación del área correspondiente otra imagen SPOT5 o, en su ausencia, la ortofotografía disponible, conforme a las determinaciones del *Procedimiento de Producción nº 1: Reporte de defectos en Imagen SPOT5 2005*.

A partir de estos criterios, se seleccionaron la imagen principal y las complementarias y auxiliares para cada unidad de producción. Estos datos fueron incorporados a los archivos de metadatos de forma que los fotointérpretes y los responsables del control de calidad dispusieran en cada momento de la información pertinente.

4.4.2. Aspectos problemáticos en la fase de digitalización

4.4.2.1. Zonas artificiales

4.4.2.1.1. Errores en la delimitación de los espacios portuarios, en particular en la digitalización del límite entre INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS y MARES Y OCÉANOS

La clasificación de usos y coberturas del proyecto SIOSE recoge los espacios portuarios como coberturas artificiales compuestas predefinidas (INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS). Pese a que el *Manual de Fotointerpretación v1.2* establece instrucciones específicas para la fotointerpretación de estos espacios, en los estadios iniciales se detectaron algunos errores en la digitalización de los mismos, en particular en las pequeñas infraestructuras portuarias pesqueras o deportivas (Figura 75).

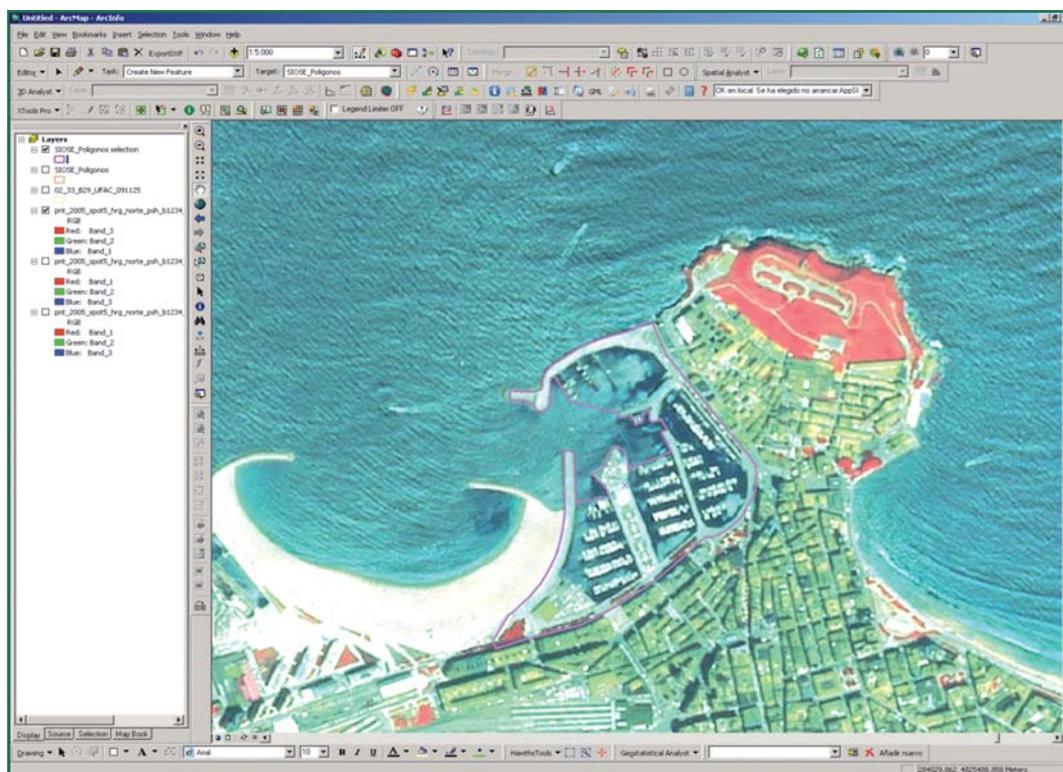


Figura 75: Digitalización del puerto deportivo y pesquero de Gijón. Imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS) de julio de 2005.

Dichos errores se debieron a las dudas que generaba en los fotointérpretes la definición de lámina de agua artificial, uno de los componentes de las coberturas compuestas portuarias. El proyecto SIOSE define lámina de agua artificial como: *superficies de agua que ocupan un depósito construido con el fin de contenerla, como balsas de riego, piscinas, agua de las piscifactorías, estanques de jardines, pequeñas canalizaciones de agua, etc.* Esta definición no se ajusta a las características de las superficies de agua incluida dentro de los brazos del puerto que el *Manual de Fotointerpretación v1.2* propone incorporar al polígono portuario para alcanzar la superficie mínima de 1 ha.

Como resultado de estas dudas en la interpretación del manual, inicialmente la fotointerpretación de las obras de abrigo e instalaciones de atraque de los pequeños puertos, principalmente diques, plataformas y muelles, se realizó como elementos lineales. El ajuste estricto a la zona construida generó por un lado el incumplimiento de los requerimientos geométricos de anchura mínima (15 m) o, en el extremo opuesto, la incorporación al polígono de franjas paralelas de mar a dichas infraestructuras hasta alcanzar los 15 m requeridos (Figura 76).

En consonancia con lo establecido por el *Manual de Fotointerpretación v1.2* del proyecto SIOSE, se estableció el criterio de incorporar a aquellos espacios portuarios las superficies de agua necesarias para cumplir los requerimientos geométricos, tanto de anchura de los elementos lineales como de superficie. Para su delimitación, además de considerar los extremos de los brazos exteriores del puerto, entendiendo estos como los diques exteriores, se tuvo en cuenta la extensión de las instalaciones fijas de atraque, diques y pantalanes.

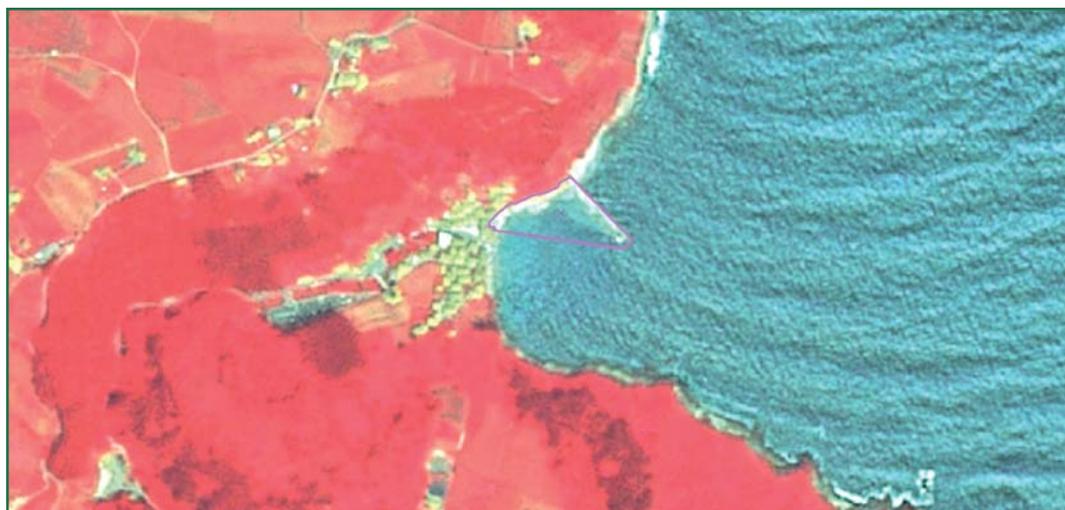


Figura 76: Digitalización del puerto pesquero de Tazones, Villaviciosa. Imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS) de julio de 2005.

Por otra parte, se consideró oportuno clasificar estas superficies de agua no como lámina de agua artificial, sino como aguas marinas, en concreto como mares y océanos, lo que ha dado como resultado una modificación en la forma de clasificar y asignar las coberturas de algunos espacios portuarios, tal y como se expone en el apartado correspondiente.

4.4.2.1.2. *Errores en algunas INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS por la incorporación a las mismas de áreas con usos diferentes a los estrictamente portuarios*

En muchos casos los puertos son focos de actividad económica y productiva. En sus inmediaciones se localizan factorías, polígonos industriales e incluso instalaciones comerciales y de servicios. Conforme al *Manual de Fotointerpretación v1.2* las zonas industriales o comerciales que suelen estar asociadas a los puertos no deben incluirse en esta clase cuando sean mayores de 1 ha.

El principal problema radica en que estos usos asociados y las propias instalaciones portuarias presentan tipologías edificatorias y tramas de urbanización semejantes y, habitualmente, sin solución de continuidad aparente. Estas dificultades para la fotointerpretación funcional de estos espacios provocó que se detectaran delimitaciones que, en unos casos, se incluían dentro de los espacios portuarios áreas industriales y, en otros, excluían ámbitos con funciones portuarias interpretándolos como polígonos industriales (Figura 77).

Para digitalizar adecuadamente los polígonos con función portuaria, diferenciándolos de las áreas destinadas a otros usos, fue necesario recurrir a información temática auxiliar que permitiera al fotointérprete conocer los usos y destino principal de las edificaciones e infraestructuras del complejo. En este sentido, resulta especialmente útil la cartografía de las autoridades portuarias en la que, además delimitar el ámbito de gestión portuaria se señala el destino de las instalaciones incluidas en el mismo.

Asimismo, se estableció como criterio general que debería ser considerado espacio portuario aquellos ámbitos vinculados a la gestión portuaria, al transporte de personas y a la carga y descarga de mercancías. Resulta altamente recomendable complementar el proceso de control de calidad mediante la comprobación en campo de estos polígonos.

4.4.2.1.3. *Errores en la digitalización de elementos artificiales asociados al borde costero de reducida entidad superficial*

La franja costera se encuentra salpicada de pequeñas instalaciones vinculadas a los usos y actividades que se desarrollan en el litoral. Cuando estas coberturas artificiales, como por ejemplo los faros, aparecen aisladas, su escasa entidad superficial planteó algunos problemas en la digitalización de los polígonos que los contenían (Figura 78).

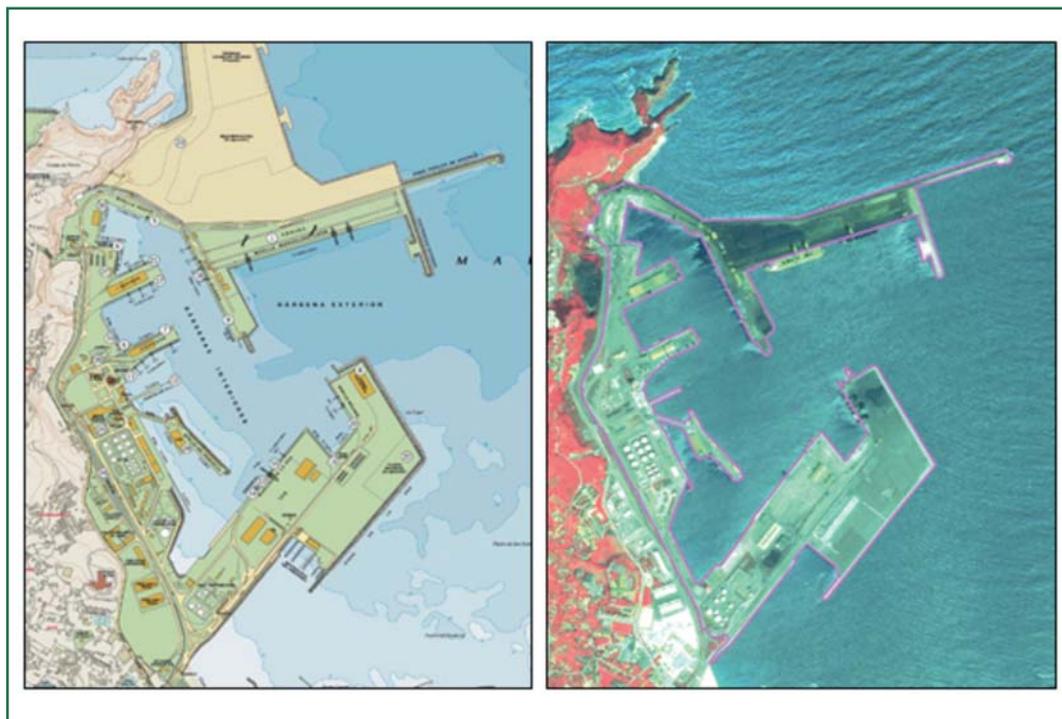


Figura 77: Complejo portuario de Gijón. Izquierda, fragmento del “Plano de localización de las instalaciones portuarias” de la Autoridad portuaria de Gijón. Derecha, polígono SIOSE del puerto comercial de Gijón. Imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS) de julio de 2005.

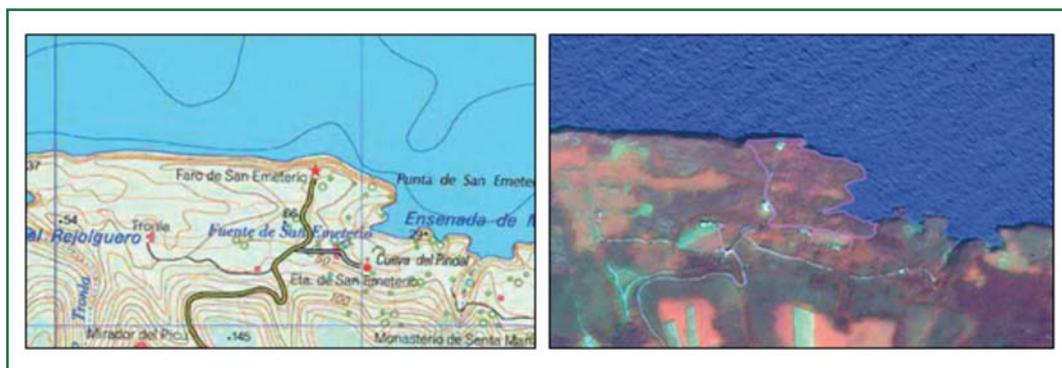


Figura 78: El faro de San Emeterio no aparece registrado entre las coberturas del polígono al representar menos del 5% de su superficie. Izquierda, fragmento del MTN 1:25.000. Derecha, Imagen SPOT5 (escena 29-263, fusión SPOT5 P+XS) de agosto de 2005.

Así en los estadios iniciales del proceso de producción el mero hecho de la aparición de este tipo de instalaciones llevaba al fotointérprete a forzar la delimitación de un polígono en el que se recogiera el uso artificial asociados a otras coberturas. Por otra parte, dado el pequeño tamaño de estos edificios e instalaciones aisladas, se detectó una sobrevaloración del porcentaje establecido al ámbito edificado o urbanizado, asignando sistemáticamente cantidades del 5% o superiores.

Ante esta situación se decidió aplicar estrictamente las determinaciones y requerimientos del *Manual de Fotointerpretación v1.2*, en concreto, los criterios de definición de la unidad espacial y unidad espacial mínima de SIOSE.

En consecuencia, dado que se trata de coberturas artificiales, los polígonos resultantes se caracterizarán como una cobertura compuesta con una superficie mínima de 1 Ha, en la que se incluyen, por tanto, las coberturas adyacentes que no tienen por qué estar vinculadas a la artificial. Sin embargo, la delimitación debe basarse siempre en un límite visible claro y coherente en la imagen de referencia, evitando forzar la digitalización para registrar este tipo de elementos y el porcentaje del uso artificial debe representar al menos un 5% de la superficie total del polígono.

De esta forma se aseguró el cumplimiento de los requisitos técnicos del proyecto a la vez que se asumía que algunos de estos usos y coberturas artificiales no aparecerán registradas en la base de datos cartográfica.

4.4.2.2. Bosques y áreas seminaturales

4.4.2.2.1. Errores en la delimitación del límite entre PLAYAS, DUNAS Y ARENALES y MARES Y OCÉANOS

Según el *Manual de Fotointerpretación v1.2* del proyecto SIOSE se consideran playas al cinturón o zona de material sin consolidar, arena suelta o materiales arrastrados por las corrientes que se desarrolla a lo largo de la línea del agua y se extiende desde ésta hasta el lugar donde existe un marcado cambio de material o forma fisiográfica o hasta la línea de vegetación permanente (Figura 79).

La principal dificultad para deslindar la superficie de MARES Y OCÉANOS de estos depósitos, al margen de las variaciones mareales, radica en la diferencia de respuesta espectral de los mismos en función de su grado de humedad y del oleaje presentes en el momento de la captura de la imagen de referencia. Estas circunstancias provocan errores, tanto por exceso como por defecto, en la fotointerpretación y digitalización de los arenales (Figura 80).

Para digitalizar este límite exterior es recomendable utilizar durante el proceso de digitalización distintas combinaciones de bandas de la imagen de satélite de referencia. En general, la combinación color natural SIOSE proporciona buenos resultados para esta finali-

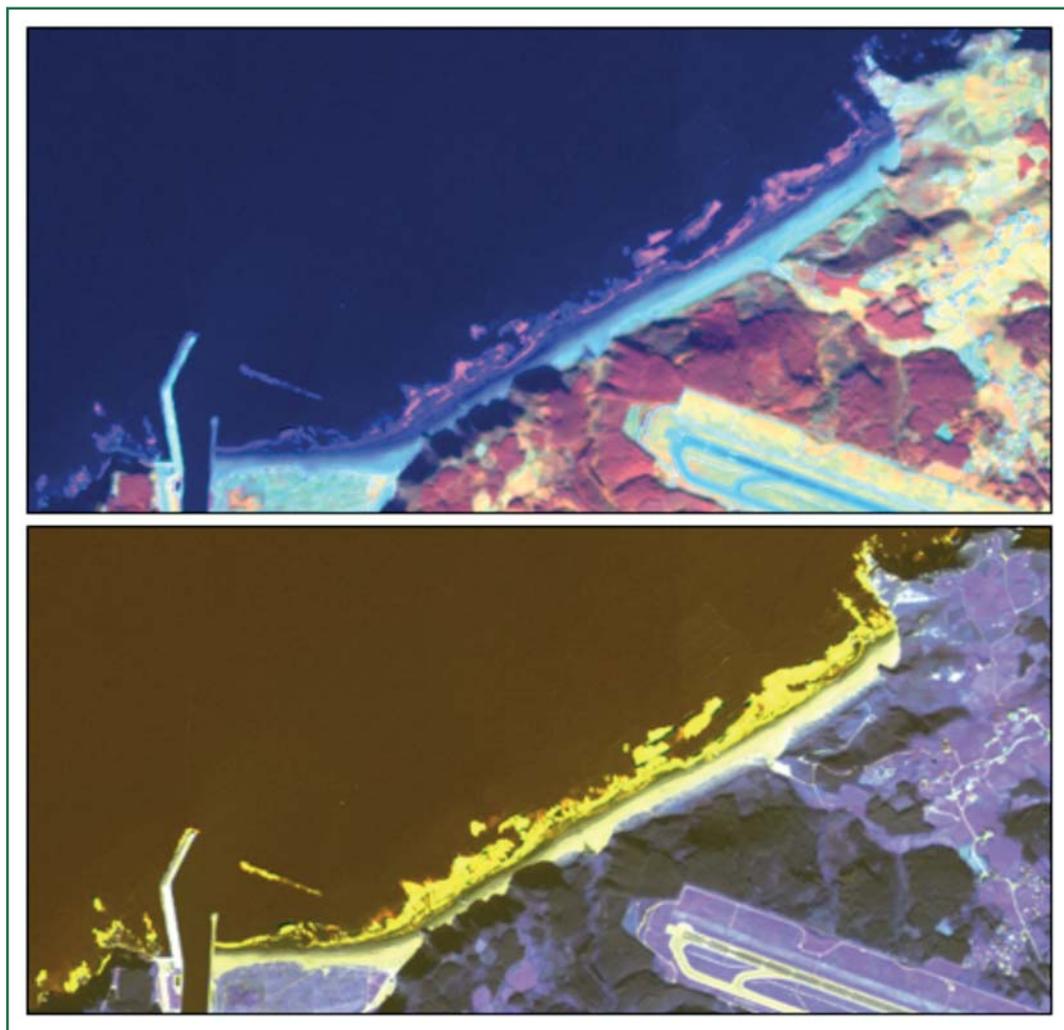


Figura 79: Aspecto de las playas de los Quebrantos y de Bayas en la imagen SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS) de octubre de 2006. Superior, bandas 342. Inferior, bandas 124.

dad, aunque también se recomienda apoyarse en otras combinaciones que faciliten información complementaria.

Una de las posibles composiciones RGB de las imágenes de referencia (fusión SPOT5 p+XS) es la 124, que ofrece al fotointérprete una imagen en la que se diferencian las superficies cubiertas por agua, la zona de rompiente, la parte del arenal húmeda y la zona seca. En esta combinación las zonas cubiertas por vegetación aparecen en diversos tonos azules.



Figura 80: Delimitación de las playas de los Quebrantos y de Bayas. Imagen SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006.

4.4.2.2.2. Errores en la delimitación de las superficies de DUNAS

En las tareas de fotointerpretación resultaba muy dificultoso establecer el límite entre las dunas vegetadas y las praderías, pastizales o matorrales anexos que no se encuentran sobre acumulaciones arenosas. En ocasiones también resultaban confusos los límites de estos ámbitos con los otros espacios vegetados litorales. La mayor o menor exactitud en la digitalización de estas coberturas dependía del conocimiento previo del fotointérprete.

Para evitar este problema, además de las tareas habituales de fotointerpretación, fue preciso acudir a información temática auxiliar, en este caso de tipo ambiental, que permitió al fotointérprete disponer de algún indicador para determinar los límites de la zona de acumulación arenosa. Una vez reconocidos dichos límites se procedía a la digitalización, conforme a los límites visibles en la imagen de referencia, transcribiendo e interpretando la información temática (Figura 81).

4.4.2.2.3. Problemática en la digitalización geométrica de ACANTILADOS MARINOS

Algunas de las imprecisiones y errores detectados en la digitalización de superficies de ACANTILADOS MARINOS se deben a principalmente a su propia morfología caracterizada, según el *Manual de Fotointerpretación v1.2* del proyecto SIOSE, por las fuertes pendientes desarrolladas entre la cima y las aguas marinas, lo que en ocasiones dificultó notablemente su fotointerpretación (Figura 82 y Figura 83).



Figura 81: Playa de Barayo (Valdés y Cudillero). Izquierda, playa (en amarillo) y dunas (en naranja) según la Cartografía Ambiental del Principado de Asturias (hoja 11-IV, 1994). Derecha, delimitación del polígono de playa y duna en el proyecto SIOSE. Imagen SPOT5 (escena 25-262, fusión SPOT5 P+XS) de septiembre de 2005.

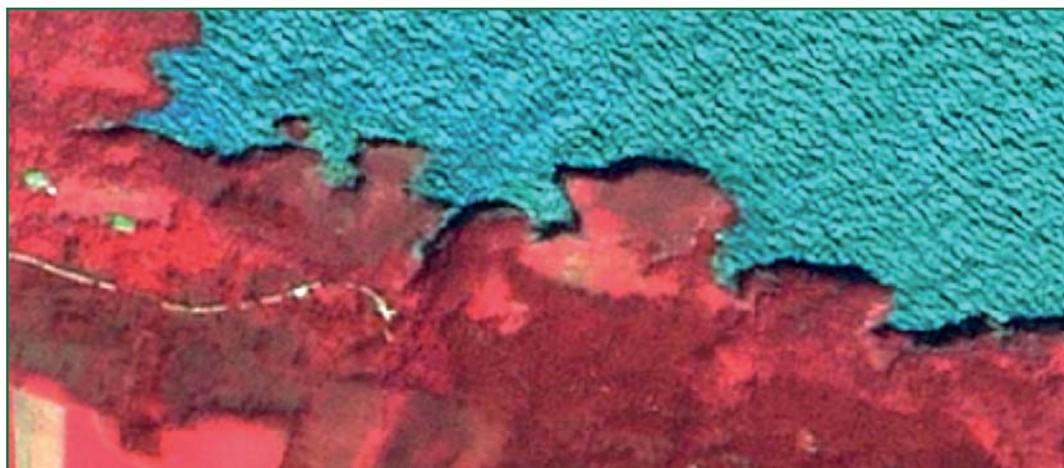


Figura 82: Ejemplo de borde costero acantilado (Ribadedeva) que presenta dificultades para su digitalización conforme a los requisitos del proyecto SIOSE. Imagen SPOT5 (escena 29-263, fusión SPOT5 P+XS) de agosto de 2005.

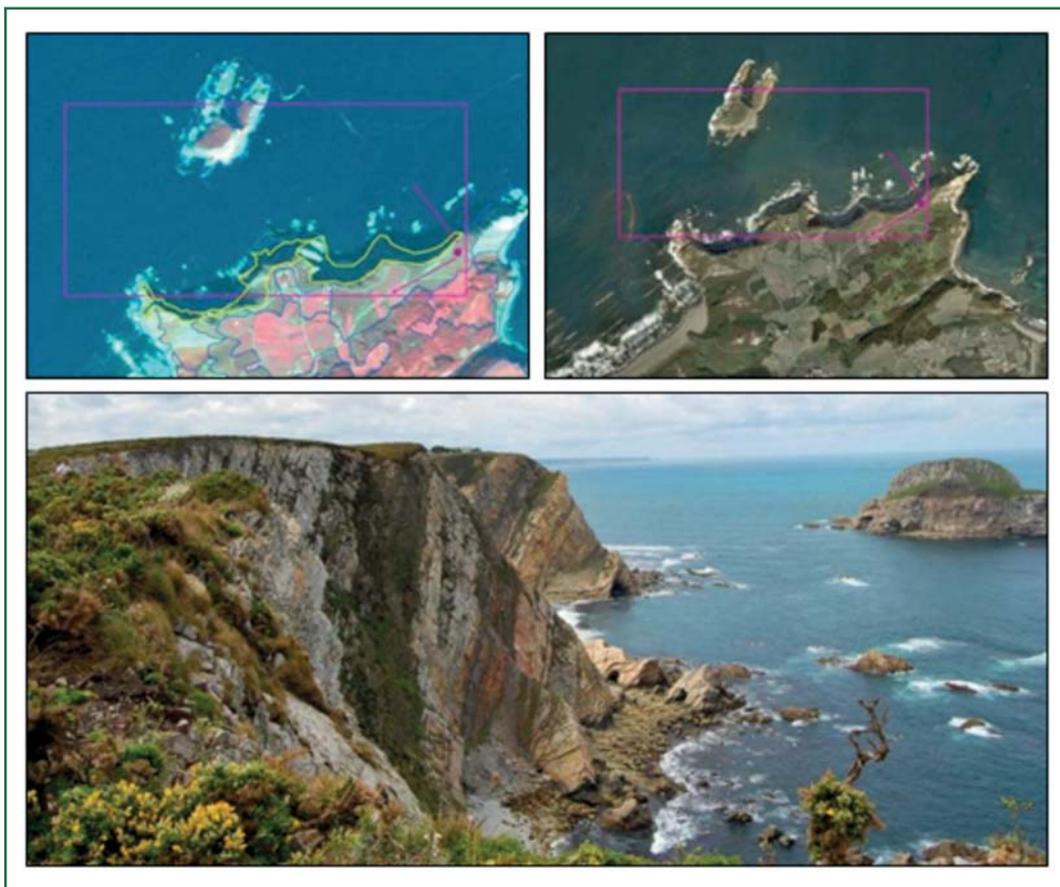


Figura 83: Borde costero acantilado (Castrillón). Superior izquierda, imagen SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS) de octubre de 2006. Superior derecha, ortofotografía PNOA de septiembre de 2006. Inferior, fotografía de campo de julio de 2008.

Cuando los acantilados se acercan a la verticalidad resulta prácticamente imposible digitalizar estas unidades respetando los criterios geométricos establecidos, tanto los de anchura mínima de los elementos como los de superficie.

Para estos casos se estableció el criterio general de no delimitar estas coberturas a no ser que su combinación, con otros elementos temáticos colindantes característicos del borde costero (playas, dunas, superficies de abrasión marina, etc.), permitiera generar un mosaico cuya digitalización se ajustase a los requisitos geométricos.

Otro grupo de errores detectados durante los procesos de control de calidad en la delimitación de ACANTILADOS MARINOS se debieron a la aparición de sombras más o menos

intensas, en función de la pendiente y orientación de estas superficies y del momento del día en que fue obtenida la imagen de referencia. Dichas sombras impedían al fotointérprete apreciar con la claridad suficiente tanto el límite inferior del acantilado como la cobertura de estas superficies.

Como resultado de estas dificultades se detectaron errores de omisión en la digitalización de estas unidades y de imprecisión en sus límites. También se detectaron fallos en la asignación de coberturas, como, por ejemplo, la clasificación como "acantilados de superficies vegetadas" cuando el *Manual de Fotointerpretación v1.2* señala claramente que se trata de "áreas de roca desnuda" (véase Figura 91).

En estos casos puede facilitar la fotointerpretación la aplicación de técnicas de realce de la imagen, como la ecualización y expansión del histograma. Estos instrumentos, junto con la utilización de fuentes cartográficas y fotográficas auxiliares (MTN, ortofotografía, etc.) pueden ayudar al fotointérprete en la discriminación de los límites inferiores del acantilado.

También la combinación de bandas de la imagen de referencia (fusión SPOT5 P+XS) es una herramienta útil, sobre todo a la hora de establecer el deslinde entre acantilado y mar. La combinación RGB 124 muestra de forma clara las líneas irregulares de rompiente de las olas. Para el límite con los espacios terrestres que no son acantilados se puede utilizar la combinación RGB 321, cuyas tonalidades permiten diferenciar los afloramientos rocosos de los vegetados (Figura 84).

4.4.2.2.4. Otros polígonos costeros que incumplen los requisitos geométricos del proyecto

Otro de los problemas detectados en las fases iniciales de producción fue la digitalización de polígonos costeros que, respetando los requisitos temáticos, incumplían alguna de las condiciones geométricas establecidas; en particular, la anchura mínima de los elementos y su superficie.

Esto fue debido a las propias características morfológicas de algunas costas, en particular las acantiladas, y a la reducción de la superficie de coberturas como las de abrasión marina o los depósitos costeros, que aparecen parcial o totalmente sumergidas durante una buena parte del ciclo mareal (Figura 85).

En aquellos casos en los que resultaba imposible la digitalización independiente de coberturas litorales respetando dichos requisitos geométricos, se estableció el criterio general de delimitar MOSAICOS IRREGULARES, compuestos por elementos colindantes con una temática característica del borde costero, principalmente playas, dunas, acantilados y afloramientos rocosos. Para la digitalización de la línea del agua se recurrió, como en el caso descrito para las playas, a combinaciones de bandas de la imagen de referencia que aportaban al fotointérprete información complementaria.

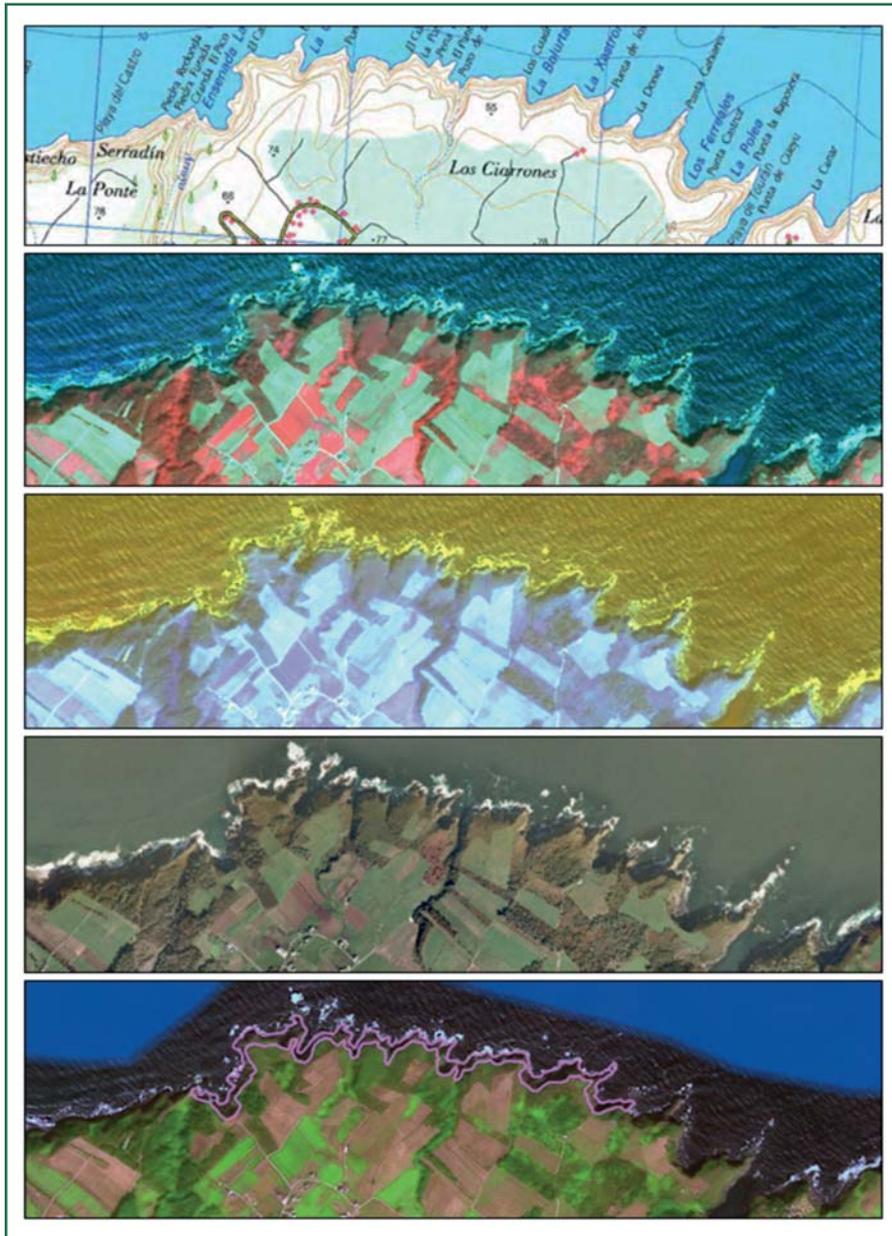


Figura 84: Ejemplo de diversas imágenes de un tramo de acantilado (Valdés). De arriba abajo: fragmento del MTN 1:25.000; imagen SPOT5 (escena 25-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 321 y 124) de septiembre de 2005; ortofotografía PNOA de octubre de 2006; polígono sobre fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE.



Figura 85: Ejemplos de mosaicos irregulares de temática costera (Cudillero). Imagen SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006.

4.4.2.3. Superficies de agua

4.4.2.3.1. Errores en la delimitación de coberturas de LAGUNAS COSTERAS

El principal error detectado en la digitalización de las LAGUNAS COSTERAS consistió en su incorporación a los polígonos de ESTUARIO, sin individualizar esta cobertura separándola de éstos.

Estos errores se deben principalmente a confusiones debidas a las variaciones de los límites visibles de la lámina de agua que dificulta, en ocasiones, la labor del técnico para diferenciar las superficies de laguna costera de las del estuario o de otras coberturas húmedas (Figura 86).

Para solventar estas dudas y los errores derivados se estableció un protocolo de digitalización de estas unidades mediante el cual se debía identificar, en primer lugar, la barra arenosa, dique u otro elemento artificial que separa físicamente el estuario de la laguna, si bien es probable que exista algún canal de comunicación entre ambos. Este elemento determina el límite entre la laguna y el estuario o la lámina de agua exterior. En segundo lugar se digitalizaron las zonas de marisma interiores, siempre y cuando fuesen claramente visibles en la imagen de referencia.

Para ello es conveniente apoyarse en diversas combinaciones de color de la imagen de referencia (fusión SPOT5 P+XS), como las RGB 432 o 321, así como en información temática auxiliar. Una vez reconocidos dichos límites se procederá a la digitalización conforme a los

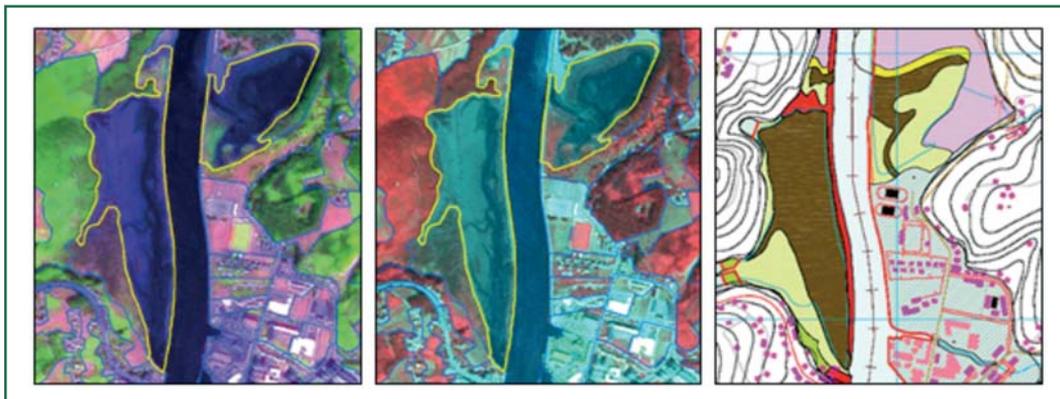


Figura 86: Lagunas costeras en la ría de Navia. Izquierda y centro, imagen SPOT5 (escena 25-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 432 y 321, respectivamente) de septiembre de 2005. Derecha, cartografía temática auxiliar del estuario según el estudio “Estuarios cantábricos: perspectiva general” (Dirección General de Costas, 2003).

contornos visibles en la imagen de referencia, transcribiendo e interpretando la información temática. Es importante destacar este último punto ya que debido a la dinámica natural que experimentan estos elementos, al igual que otros costeros, pueden aparecer discrepancias importantes entre la imagen de referencia y la información temática auxiliar.

4.4.2.3.2. Dificultades para la definición del límite entre ESTUARIOS y MARES Y OCÉANOS

La propia dinámica natural, regulada diariamente por el régimen de mareas, hace que en ocasiones se presenten dificultades para la delimitación gráfica de los ESTUARIOS. Uno de los aspectos más complicados en la fotointerpretación radica en establecer el límite estuario-aguas marinas abiertas (MARES Y OCÉANOS). Al no poder determinar claramente los límites entre las dos masas de agua se produjeron diversas interpretaciones de los técnicos en la digitalización de estos polígonos.

Para solventar estas disparidades en la digitalización del cierre exterior del estuario se estableció como criterio el trazado de líneas rectas entre vértices de elementos naturales o artificiales claramente identificables en la imagen de referencia.

En los estuarios que están canalizados esta línea debía trazarse entre los espigones o diques, bien entre sus extremos o perpendicular a uno de los elementos artificiales. En los no canalizados el fotointérprete debía localizar algún elemento significativo (cabo o punta), que sirviera como referencia, o bien proyectar la continuación de la línea de costa adyacente (Figura 87).



Figura 87: Límite exterior de algunos estuarios. Superior, estuario de Avilés. Centro, estuario de Tina Mayor. Inferior, estuario de San Esteban. Imágenes SPOT5 (fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006 (superior e inferior, escena 27-262) y junio de 2005 (centro, escena 31-263).

4.4.2.3.3. Dificultades para la interpretación del límite entre ESTUARIO y AGUAS CONTINENTALES

Al igual que en el caso anterior, también la digitalización del límite interior de la masa de agua estuarina con la fluvial (CURSOS DE AGUA) plantea algunos problemas ya que, al no ser claramente visible en la imagen de referencia, la unión entre el río y el estuario aparece como una masa de agua continua.

En estos casos la exactitud de la delimitación queda sujeta al criterio y conocimiento del técnico que requiere de criterios técnicos para facilitar su labor. Para apoyar la digitalización de estos límites resulta conveniente recurrir a cartografía auxiliar que proporcione información complementaria sobre este aspecto (Figura 88).

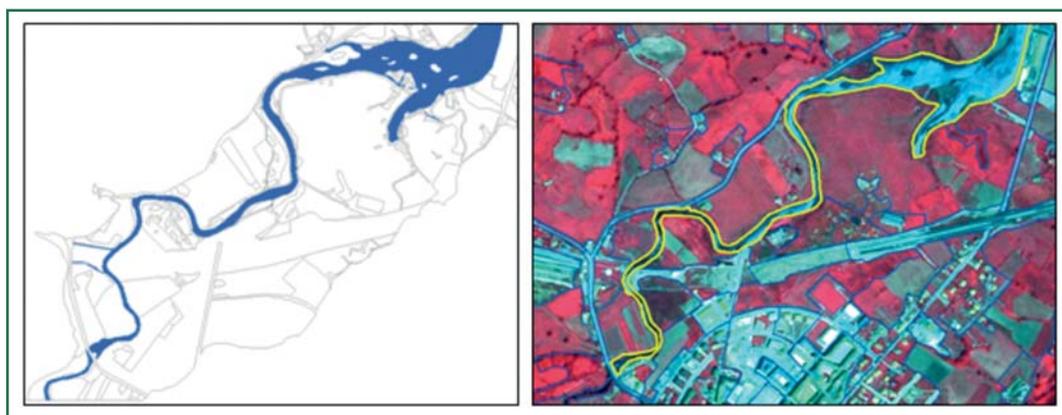


Figura 88: Estuario de Villaviciosa. Izquierda, según la Cartografía Ambiental del Principado de Asturias (hoja 15-III, 1996). Derecha, digitalización sobre la imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 321) de julio de 2005.

No obstante, al igual que en otras ocasiones, este límite debe ser interpretado en función de los elementos visibles en la imagen de referencia. Un indicador útil suele ser la aparición de coberturas propias del cauce fluvial, como vegetación de ribera.

Sin embargo, en ausencia de límites claros o de información complementaria auxiliar, puede ser útil recurrir a elementos infraestructurales que cruzan la masa de agua para la interpretación de la información procedente de la imagen de referencia.

4.4.3. Aspectos problemáticos en la asignación de coberturas

4.4.3.1. Zonas artificiales

4.4.3.1.1. Dudas o errores en la asignación de coberturas de las infraestructuras de amarre y abrigo de los puertos

Tal y como se señala en las fichas que acompañan al *Manual de Fotointerpretación v1.2* del proyecto SIOSE, los puertos incluyen los lugares de amarre de embarcaciones. Al tratarse de una cobertura compuesta predefinida, inicialmente se plantearon algunas dudas acerca de la cobertura que correspondía a las diferentes partes del complejo portuario.

Una de estas dudas estaba referida a la consideración de los pantalanes. En principio estas infraestructuras se clasificaron como VIAL, APARCAMIENTO Y ZONA PEATONAL SIN VEGETACIÓN definida según el *Manual de Fotointerpretación v1.2* como "*superficies asfaltadas o cementadas por las que circulan o aparcan vehículos o transitan los peatones. Se incluyen carreteras (autopistas, autovías, nacionales, autonómicas y provinciales), aparcamientos al aire libre, superficie de la calle por las que circulan los vehículos, aceras, superficies cementadas de parques y jardines, etc.*".

Sin embargo, considerando la definición anterior y dadas las características de estas estructuras, se consideró más adecuado clasificarlas como OTRAS CONSTRUCCIONES, que el *Manual de fotointerpretación* del proyecto SIOSE define como "*construcciones fijas, hechas con materiales resistentes destinadas a cualquier fin que no sea alojar personas, animales, maquinaria o materiales como, por ejemplo, depósitos, molinos, pozos, torres eléctricas, presas, reactores, paneles solares, etc.*".

La duda contraria surgió al revisar la clasificación de los muelles, diques y otras estructuras de defensa, ya que su clasificación variaba entre VIAL, APARCAMIENTO Y ZONA PEATONAL SIN VEGETACIÓN y OTRAS CONSTRUCCIONES. En este caso, teniendo en cuenta que en la mayor parte de su extensión se trata de superficies asfaltadas o cementadas habilitadas para el tránsito peatonal y/o rodado, se consideró más oportuno clasificarlas como VIAL, APARCAMIENTO Y ZONA PEATONAL SIN VEGETACIÓN.

4.4.3.2. Bosques y áreas seminaturales

4.4.3.2.1. Dudas o errores en la asignación de coberturas vinculadas al uso recreativo de playas

Uno los errores detectados en la asignación de coberturas de algunos elementos costeros, playas principalmente, ha sido la creación de coberturas compuestas no predefinidas formadas por superficies naturales o seminaturales junto con otras artificiales destina-

das a acoger usos recreativos vinculados a las primeras. Así era habitual la aparición de mosaicos en los que se agrupaban arenales, paseos marítimos, aparcamientos, edificaciones con usos terciarios, etc. con independencia de su superficie (Figura 89).

La aplicación de este criterio "funcional" no se ajustaba totalmente a los criterios para la definición de polígonos y la asignación de coberturas del proyecto SIOSE que define cobertura como "región continua del terreno con un conjunto de atributos propios y de valores específicos que la caracterizan".

Para solucionar los inconvenientes derivados de esta práctica se estableció el criterio general de diferenciar las coberturas naturales o seminaturales de las artificiales, respetando siempre los requisitos geométricos del proyecto, independientemente de la aparente



Figura 89: Diferenciación y asignación de coberturas de los usos vinculados a playas y arenales. Superior, playa de Aguilar, Muros del Nalón-Cudillero. Inferior, playas de Los Quebrantos y Bayas, Soto del Barco-Castrillón. Imágenes SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006.

vinculación o relación de los usos desarrollados en ambos tipos de superficies. La creación de mosaicos quedó restringida a aquellos casos en los que los polígonos resultantes no alcanzaban las dimensiones requeridas por el proyecto.

4.4.3.2.2. Creación de mosaicos compuestos por arenas y dunas vegetadas

Como ya se señaló en alguno de los apartados anteriores, durante el proceso de control de calidad se detectaron errores debidos principalmente a la interpretación incorrecta de las superficies de dunas vegetadas.

Estas superficies eran habitualmente consideradas por el técnico como pastizal, prado o matorral que, junto con los depósitos de materiales sueltos, daban lugar mosaicos, cuando en realidad se trataba de polígonos homogéneos formados por una única cobertura simple.

Este problema se solucionó (tal y como se describió en el apartado de problemas en la fase de digitalización geométrica), con la incorporación a las tareas habituales de fotointerpretación de información temática auxiliar, en este caso de tipo ambiental, (como por ejemplo la *Cartografía Ambiental del Principado de Asturias*), que permitió al fotointérprete disponer de algún indicador para determinar los límites de la zona de acumulación arenosa, vegetada o no. Una vez reconocidos dichos límites se procedía a la digitalización conforme a los límites visibles en la imagen de referencia, transcribiendo e interpretando la información temática.

4.4.3.2.3. Asignación de la cobertura de acantilados a superficies vegetadas o de afloramientos rocosos

Otro error detectado en la asignación de coberturas de los bordes costeros fue la clasificación como acantilados de superficies vegetadas, a pesar de que el manual del proyecto SIOSE señala claramente que se trata de "*superficie de rocas desnudas con fuertes pendientes desarrolladas entre la cima y las aguas marinas*".

La razón fundamental que explica este error es la adopción por parte de los técnicos de criterios ajenos a los determinados por el propio proyecto SIOSE en la fase de asignación de coberturas. En este caso el fotointérprete presta más atención a la configuración topográfica y geomorfológica de la unidad que a su caracterización conforme a las definiciones de las coberturas establecidas en el proyecto cartográfico.

El caso contrario lo encontramos en la clasificación de superficies de afloramiento rocoso planas, resultado de la abrasión marina, como acantilados. En este caso son las condiciones topográficas las que hacen incompatible dicha clasificación al no tratarse de superficies con "fuertes pendientes".

Ante esta situación se consideró conveniente realizar un repaso y ejemplificación de los criterios señalados por el proyecto SIOSE para la definición de las coberturas naturales

y seminaturales más características del borde costero. De esta forma el técnico dispuso de criterios adicionales para disipar las dudas anteriores. Entre ellos se encuentra, como no podía ser de otra manera, la clasificación de los polígonos del borde costero atendiendo a su cubierta vegetal, con independencia de la pendiente, y la asignación de la cobertura de acantilados tan sólo aquellas superficies de rocas desnudas con fuertes pendientes. Para la diferenciación de las superficies de abrasión es necesario consultar información topográfica complementaria, como el MTN, que ayuden al fotointérprete en la discriminación de los límites inferiores del acantilado (Figura 90).

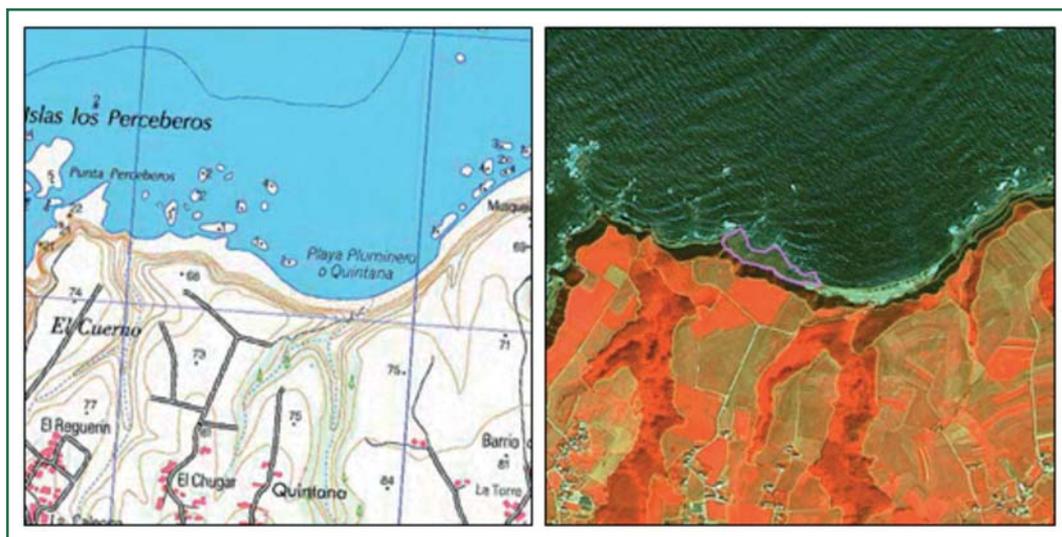


Figura 90: Afloramiento rocoso en la costa de Valdés. Izquierda, fragmento del MTN 1:25.000. Derecha, imagen SPOT5 (escena 25-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 321) de septiembre de 2005.

Estos criterios son de aplicación tanto a los polígonos caracterizados por coberturas simples como mediante mosaicos; debido a las restricciones geométricas del proyecto, la composición debe reflejar la proporción de superficie ocupada por la vegetación, por acantilado desnudo y por los afloramientos rocosos, así como por otras presentes (Figura 91).



Figura 91: Distintas coberturas en el borde costero .

4.4.3.3. Zonas húmedas

4.4.3.3.1. Errores en la delimitación de coberturas de marisma

Se han detectado errores al delimitar inadecuadamente los espacios de marismas, incluyendo en ocasiones otras superficies que no correspondían con tal cobertura. Al igual que en otras coberturas de costa, la visibilidad de las marismas fluctúa en función de la marea, lo que provoca la aparición de dudas en la fotointerpretación, ya que en las etapas de bajamar pueden emerger espacios que se confunden con marismas (Figura 92).

Como en el caso de otras coberturas costeras, la mayor o menor exactitud en la digitalización de estos ámbitos dependía, en buena medida, del conocimiento previo del fotointérprete.

Para solucionar este problema, además de las tareas habituales de fotointerpretación, es preciso acudir a información temática auxiliar, en este caso de tipo ambiental, que permita al fotointérprete disponer de algún indicador para determinar los límites de la zona de marisma. Una vez reconocidos dichos límites se procederá a la digitalización conforme a los contornos visibles en la imagen de referencia, transcribiendo e interpretando la información temática.

También es conveniente acudir a la información proporcionada por diferentes combinaciones RGB de la imagen de referencia. Así por ejemplo, las composiciones 432 ó 321 de

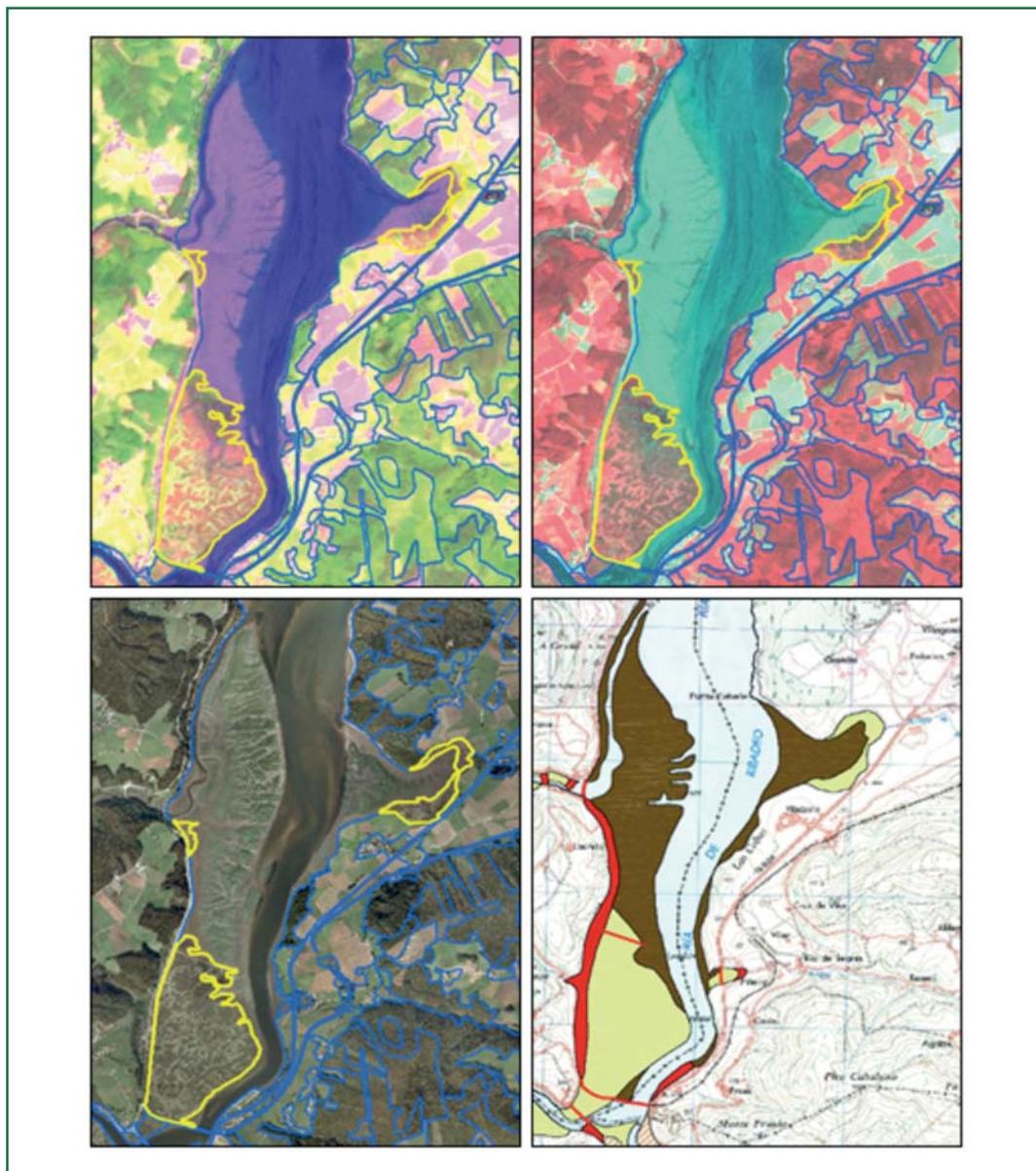


Figura 92: Ejemplos de superficies de marisma en la ría del Eo. Superiores, imágenes SPOT5 (escena 24-262, fusión SPOT5 P+XS) de junio de 2005. Superior izquierda, bandas 432. Superior derecha, bandas 321. Inferior izquierda, ortofotografía de agosto de 2007. Inferior derecha, cartografía temática auxiliar del estuario según el estudio “Estuarios cantábricos: perspectiva general” (Dirección General de Costas, 2003).

la fusión SPOT5 P+XS resultan útiles para discriminar terrenos con presencia de agua de los vegetados.

4.4.3.4. Coberturas dudosas y otros aspectos

Coberturas dudosas

4.4.3.4.1. Dudas en la clasificación y diferenciación de las COBERTURAS HÚMEDAS (MARINAS y CONTINENTALES) próximas a la costa

Desde el principio se plantearon dudas sobre la clasificación de las zonas húmedas próximas a la costa y a los estuarios. En general, estos espacios presentaban texturas y tonos diferenciados en las imágenes de satélite, aunque su proximidad al mar dificultó la toma de decisiones de los técnicos a la hora de seleccionar la cobertura adecuada para su clasificación: MARISMAS (HUMEDALES MARINOS) o ZONAS PANTANOSAS (HUMEDALES CONTINENTALES).

Para solucionar estas dudas fue necesario recurrir a la información proporcionada por cartografía temática complementaria de tipo ambiental que aportase criterios auxiliares para discernir los tipos de humedales visibles en la imagen de referencia (Figura 93).

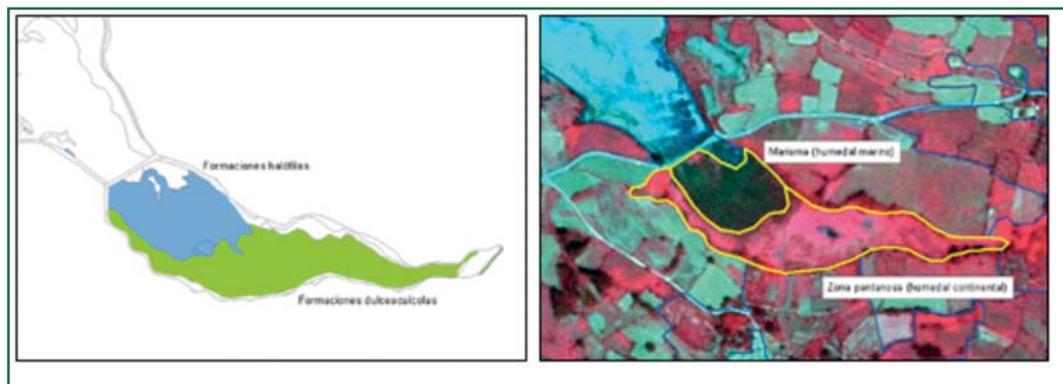


Figura 93: Diferenciación y asignación de coberturas de zonas húmedas en la ría de Villaviciosa. Izquierda, según la Cartografía Ambiental del Principado de Asturias (hoja 15-III, 1996). Derecha, digitalización sobre la imagen SPOT5 (escena 28-262, fusión SPOT5 P+XS, bandas 321) de julio de 2005.

Otros aspectos

4.4.3.4.2. Dudas en la consideración de la LÁMINA DE AGUA en los espacios portuarios

La clasificación de usos y coberturas del proyecto SIOSE recoge los espacios portuarios como coberturas artificiales compuestas predefinidas, entre cuyos componentes aparece el de LÁMINA DE AGUA ARTIFICIAL. Las instrucciones técnicas del proyecto señalan que *"si el puerto fuera menor de 1 ha se incluirá la lámina de agua incluida entre los brazos del puerto para conseguir la superficie mínima requerida"*.

Sin embargo, las características de estas superficies de agua no se ajustan a la propia definición que de "lámina de agua artificial" contempla el *Manual de Fotointerpretación v1.2*, esto es: *"superficies de agua que ocupan un depósito construido con el fin de contenerla, como balsas de riego, piscinas, agua de las piscifactorías, estanques de jardines, pequeñas canalizaciones de agua, etc."*

Esta duda fue objeto de consulta por algunos de los equipos de producción y como resultado se estableció la recomendación de que lo más adecuado era definir un mosaico/asociación con las coberturas PORTUARIO y MARES Y OCÉANOS, con sus porcentajes correspondientes, como ya se ha indicado en el punto 4.4.2.1.1.

4.4.3.4.3. Dudas en la clasificación de los faros

En ocasiones las características y localización de los faros provocaron la aplicación de criterios diferentes a la hora de asignar la cobertura a este tipo de edificaciones. Así se clasificaban alternativamente como EDIFICIOS AISLADOS, OTRAS CONSTRUCCIONES e incluso como NAVES. Todas estas alternativas podrían considerarse correctas atendiendo únicamente a la tipología edificatoria aunque, al incorporar la funcionalidad de la edificación se plantearon dudas sobre cuál de ellas era la más adecuada.

Ante estas discrepancias se consideró que la categoría más adecuada para este uso era OTRAS CONSTRUCCIONES, dado que se trata de construcciones fijas, hechas con materiales resistentes, destinadas principalmente a usos diferentes al alojamiento de personas, animales, maquinaria o materiales.

4.4.3.4.4. Dudas en la clasificación de los islotes: ASOCIACIONES o MOSAICOS

La mayor parte de los islotes costeros (Figura 94) presentan unas coberturas semejantes a las existentes en los sistemas de acantilados: acantilados, roquedo, matorral, etc.

Debido a la distribución de estas coberturas en estos islotes, en las fases iniciales de la fotointerpretación se planteó la duda de si debían ser considerados como asociaciones o como mosaicos.

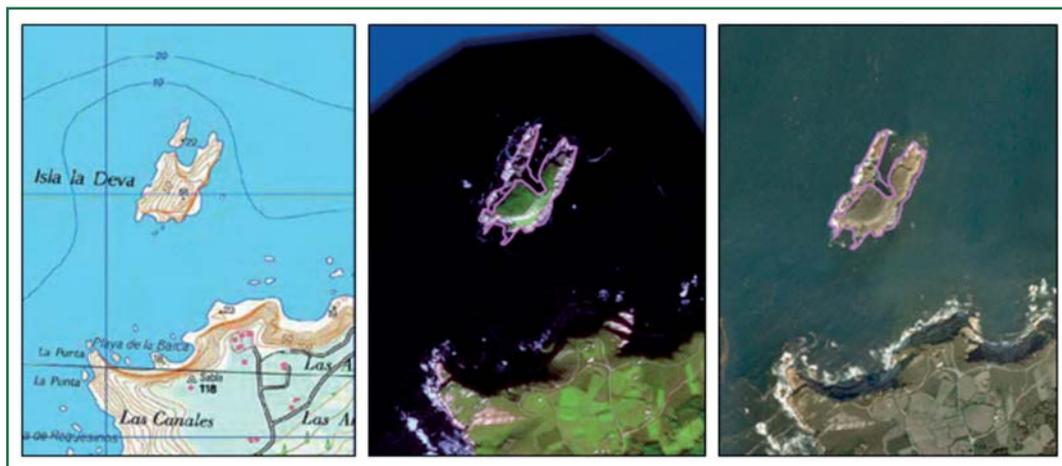


Figura 94: Isla la Deva con varias coberturas. Izquierda, fragmento del MTN 1:25.000. Centro, imagen SPOT5 (escena 27-262, fusión SPOT5 P+XS, color natural SIOSE) de octubre de 2006. Derecha, ortofotografía PNOA de septiembre de 2006.

Finalmente se consideró que la cobertura que más se adecuaba era la de MOSAICO IRREGULAR, ya que las coberturas no se distribuyen espacialmente en todo el polígono (requisito para considerarlos como ASOCIACIONES), y que, en general, en el patrón de distribución geométrica de las coberturas simples que lo componen no se aprecian formas de damero o escaques alternados (requisito de los MOSAICOS REGULARES).

4.5. PROBLEMÁTICA DEL TRABAJO DE CAMPO

En el apartado 3.2 comentamos las características y metodología del trabajo de campo en un proyecto como el SIOSE. A continuación destacaremos y analizaremos los problemas del trabajo de campo más habituales que se pueden dar en la realización de un trabajo de las características anteriormente descritas. Estos problemas se han organizado en diferentes grupos atendiendo a las principales causas de los mismos.

4.5.1. Climatología

El clima es un factor determinante a la hora de abordar cualquier trabajo de campo ya que las condiciones adversas (nieve, heladas, lluvia, niebla, horas de luz, etc.), impiden la correcta realización del mismo. Para evitar en lo posible estos problemas se recomienda planificar las campañas de campo durante los meses de finales de primavera, verano y parte del principio del otoño, dependiendo de la extensión de las condiciones climáticas favorables.

A pesar de ello, es inevitable encontrarse con días de lluvia que impiden no sólo la toma de fotografías sino los desplazamientos, por el mal estado de los caminos, aumentando la probabilidad de atasco. Para evitar en lo posible este tipo de problemas debería consultarse el pronóstico del tiempo (Agencia Estatal de Meteorología), y equipar el vehículo con los materiales necesarios para salir con prontitud de este tipo de problemas (cadenas, cable remolcador, etc.).

4.5.2. Zonas de difícil acceso

Existen numerosas zonas en las que el trabajo se complica por la dificultad de acceso (Figura 95).

En ocasiones se debe a que su orografía no lo permite, como en las zonas de montaña, en donde la densidad de caminos disminuye notablemente y en muchos casos el estado de los pocos existentes es muy deficitario, por encontrarse erosionados o abandonados. A esto se une la mayor probabilidad de sufrir problemas mecánicos. Para evitar en lo posible este tipo de problemas se pueden tener en cuenta aspectos tales como: consultar el estado de los caminos a los vecinos del lugar (Figura 95), asegurarse que el vehículo se encuentre en un correcto estado de mantenimiento, emplear neumáticos adecuados para terrenos difíciles y elaborar unidades de trabajo contiguas entre los técnicos de campo de modo que, ante cualquier imprevisto, se tenga una asistencia rápida por parte del compañero.

En general, en todas estas zonas se emplea mucho más tiempo en la realización del trabajo, debiéndose hacer un mayor esfuerzo en la consecución de los puntos de toma de datos mínimos necesarios para cada unidad de muestreo.



Figura 95: Izquierda: zona de alta montaña con camino a mitad de una ladera con una elevada pendiente con alto riesgo de desprendimientos. Centro: camino obstruido por un desprendimiento de rocas. Derecha: camino en vías de desaparición.

Existen otras zonas en las que nos encontramos con los caminos cortados por pertenecer a fincas privadas, valladas en su totalidad. En éstas hay pocos caminos públicos que se puedan utilizar. Incluso si existen vías pecuarias, a veces están en mal estado o se pueden encontrar cerradas por una valla. Suele tratarse de grandes fincas (de superficie mayor a 1.000 Ha) con aprovechamiento cinegético de caza mayor. La entrada a las mismas es muy difícil o casi imposible en la época de levantamiento de la veda, teniéndose que recurrir a la autoridad (como agentes medioambientales) para conseguir el acceso. En estas zonas el trabajo se ralentiza en gran medida, ya que se depende de factores no controlados por el técnico para poder realizar la toma de datos: disponibilidad del agente medioambiental o del encargado de la finca, época del año, condiciones climáticas, etc.

Los agentes medioambientales son de gran ayuda (por no decir indispensables) para el acceso a estas zonas, ya que conocen los caminos que se pueden tomar, disponen de los teléfonos de los encargados de las fincas para pedirles permiso de acceso a las mismas y su presencia permite acceder a las fincas más reticentes.

Ha de tenerse en cuenta que no se podrá contar con los agentes en época de alto riesgo de incendios, por ser éstos coordinadores y responsables de los retenes contra incendios.

Para la realización del trabajo de campo es conveniente estar correctamente acreditado, ante posibles problemas con agentes ambientales, Guardia Civil, Policía Local y cualquier persona que nos pregunte. Es también conveniente dar una imagen corporativa a nivel tanto de indumentaria como de vehículo.

4.5.3. Problemas mecánicos

Los problemas mecánicos en los vehículos (rotura del disco de embrague, del tubo de escape, pinchazos, etc.) son algo habitual y a tener en cuenta cuando se trabaja una zona amplia y se realizan muchos kilómetros por caminos, especialmente, cuando se encuentran en mal estado. Para minimizar en lo posible estos contratiempos es conveniente realizar el trabajo en un 4 × 4 y tener preparado un coche de repuesto para evitar paros prolongados.

Hay que tener en cuenta que este tipo de problemas pueden ser un gran contratiempo si la avería sucede en una zona de difícil acceso y es necesario ser remolcado mediante algún tipo de grúa.

4.5.4. Dificultades logísticas

Material

Los problemas que conlleva la pérdida, rotura u olvido de alguna de las herramientas de campo puede provocar largos desplazamientos para su subsanación, con la consiguiente

pérdida de tiempo, por lo que se aconseja llevar, en la medida de lo posible, el material por duplicado, así como el equipo mínimo para solventar este tipo de problemas en campo. Sería interesante también hacer uso de una lista con el material necesario, de manera que revisándola antes de salir al campo se eviten olvidos innecesarios.

Por ejemplo, debe llevarse un duplicado de las baterías, tanto del GPS como de las cámaras de fotos y recargarlas cada día, con el propósito que si se agotan unas puedan ser sustituidas inmediatamente y continuar trabajando. Con el mismo propósito se debe de disponer de dos cargadores de coche para el ordenador.

Zonas aisladas

Dado lo aislado y deshabitado de algunas zonas, a veces es necesario realizar largos desplazamientos al comenzar y finalizar la semana, así como desde la zona de muestreo hasta la de pernocta. En estos casos es importante controlar que el depósito de combustible esté siempre lleno.

4.5.5. Problemas técnicos

Los problemas técnicos con los que nos hemos encontrado durante el desarrollo de la campaña de campo del proyecto SIOSE han sido:

- Problemas de navegación por dificultades de recepción de la antena GPS del tablet PC. Este problema se puede producir cuando el GPS se conecta en una zona alejada de donde se desconectó la última vez. Se soluciona teniendo la precaución de encender el equipo con bastante tiempo de antelación al comienzo del trabajo de campo de cada día. Si el problema persiste se puede optar por conectar el ordenador de campo a un GPS de mano.
- Problemas diversos con el material ralentizan también el trabajo: falta de pilas, falta de fichas de campo, rotura de la batería del ordenador, calentamiento del cargador del ordenador, rotura del propio ordenador, calentamiento en el interior del vehículo, rotura de la cámara de fotos, caída del GPS, etc.
- Fotos sub o sobreexpuestas. Hay que tener en cuenta las fotos realizadas al este y al oeste en la salida y puesta del sol respectivamente, evitándose, por tanto, la toma de fotografías en estas horas.
- Archivos de fotos corrompidos, sin posible recuperación. Se han encontrado archivos de fotografías corrompidos que imposibilitan su visionado, desconociendo su causa y su posible solución, por tanto, se decidió la repetición de dichos puntos.
- Puntos con menos de ocho fotos por punto. En alguno de los puntos de toma de datos ha existido carencia de fotos en alguna de las orientaciones, debido a descui-

dos del técnico. Si dicho punto tiene al menos siete fotos, con los rumbos cardinales principales, se considera válido, siempre y cuando se conozca la orientación de las fotografías. Si faltaran dos o más habría que optar por la repetición de toma de datos.

- Errores en la nomenclatura de las fotos al utilizar el nombre de una hoja distinta a donde se tomó. Algunos de los puntos se han nombrado con el nombre de otra hoja diferente a donde se encontraban, por error humano. Se detecta fácilmente, al descargar los datos y comprobar su ubicación real.
- *Track* de fotos mal nombrado. A la hora de almacenar la información se pueden detectar pequeños errores ya sea en los nombres de las carpetas como en las fotos (sustitución del guión normal, "-", por uno bajo, "_"; sustitución de números romanos por números arábigos; falta del cero inicial en el nombre, sustitución de la letra "o" por el número "0"), impidiéndose automatizar el proceso de introducción en la base de datos, hasta su subsanación. La detección es sencilla ya que el proceso automático se interrumpe en aquellos ficheros que presentan estos errores, de manera que se averigua qué ficheros han sido procesados y cuáles no, siendo estos últimos los que habría que corregir.
- Fotos incorrectamente georeferenciadas por una mala sincronización de la cámara de fotos y el GPS. Algunas de las fotos no fueron correctamente sincronizadas al haber diferencias en cuanto a la hora de toma y la hora real del GPS. Se corrigieron aplicando un factor de desfase temporal.
- Hojas con menos de veinte puntos de toma de datos. En aquellas zonas muy inhóspitas y de difícil acceso por diferentes motivos, se han permitido menos de veinte puntos de toma de datos, pero siempre superando los 16 requeridos por el proyecto.
- Hojas duplicadas. Error dado por falta de comunicación del técnico al responsable de campo de la finalización de la hoja.
- Repetición de alguno de los puntos dentro de una misma hoja. Error ocasionado porque al realizar el punto no se anotó en el ordenador de campo y por tanto no había constancia de que ya había sido realizado.

Finalmente, consideramos importante recordar, que los técnicos realizan el trabajo en hojas contiguas, debido a la alta probabilidad de que surja alguno de los problemas mencionados y de forma que se pueda actuar conjuntamente para solventarlo.

Una precaución importante es llevar siempre los números de teléfono de los agentes medioambientales y la Guardia Civil de la zona, por cualquier problema grave que pudiera surgir (accidente de coche, incendio, agresión, etc.).

Estadísticas y costes de producción

5.1. ESTADÍSTICAS

Cualquier manual de gestión de proyectos establece que para su correcto desarrollo es necesario que antes de su inicio se elabore, lo más detalladamente posible, un plan de actuación en el que se especifiquen sus características y previsiones de trabajo. Así mismo, durante su ejecución, dichas previsiones deben ser comparadas con los datos reales obtenidos con el fin de corregir los problemas que surjan o poder anticiparse a ellos. Una vez el proyecto finaliza, los resultados deben ser comparados con las previsiones iniciales con el fin de estudiar las variaciones ocurridas, así como todas aquellas acciones que se tomaron durante la realización del proyecto.

El objetivo de este capítulo es mostrar algunos elementos básicos que pueden ayudar a la previsión de tiempos y costes y que es importante considerar antes de comenzar cualquier proyecto de características similares. Presentamos aquí un sencillo análisis estadístico a partir de los datos obtenidos durante el proyecto SIOSE de Castilla-La Mancha, para que puedan ser aplicados a futuros proyectos similares. Así mismo, esta información podrá ser de utilidad para prever o corregir posibles deficiencias que puedan aparecer en otros proyectos.

Una de las mayores dificultades encontradas para elaborar estadísticas de producción ha sido la homogeneización de los datos, debido principalmente a que no ha existido una estabilidad en el equipo de producción. En efecto, durante todo el período de realización del proyecto ha existido la incorporación continua de nuevo personal (que necesitaba superar un período de aprendizaje antes de alcanzar un nivel de producción medio), al tiempo que otros fotointérpretes, ya formados, abandonaban el SIOSE de Castilla-La Mancha para incorporarse a grupos de producción de otras comunidades españolas. A lo largo de este apartado hablaremos de datos globales y, en determinados casos, derivados únicamente de aquellas personas que se mantuvieron mayor tiempo en el proyecto, con el fin de dar una información más representativa.

5.1.1. Período de aprendizaje

En el desarrollo del proyecto SIOSE de Castilla-La Mancha han tomado parte de forma directa un total de 47 personas, sin considerar las pertenecientes a las empresas o entidades que han colaborado durante el mismo, y que han desarrollado, por ejemplo, los controles de calidad o algunas aplicaciones informáticas concretas que han permitido mejorar el trabajo de los fotointérpretes. El grupo formado por los fotointérpretes estaba compuesto por 28 personas, siendo el resto de los miembros (19), parte del equipo de trabajo de campo, de control o de gestión, entre otros. Considerando que el proyecto ha sido ejecutado en dos años y cinco meses, resulta que han trabajado en el mismo una media de 19 personas por año.

Como todo proyecto que se realiza por primera vez y que presenta características novedosas, existe un factor que hace que los resultados estadísticos se alejen del óptimo: el necesario período de aprendizaje, durante el que cada miembro del equipo adquiriría los conocimientos y habilidades necesarias para el óptimo desarrollo de su actividad. Como es lógico, las primeras hojas elaboradas tuvieron que ser revisadas y corregidas varias veces hasta alcanzar el nivel de calidad exigido. De las 47 personas que han trabajado, no todas han evolucionado en el desarrollo de su capacidad productiva de la misma forma. Hay que destacar que todos aquellos que mostraron mejor predisposición a desarrollar su trabajo, fueron capaces de alcanzar los niveles de producción medios sin ningún problema, lo que indica que para la realización de este trabajo, no es necesaria una formación específica, mientras que el factor "motivación" es muy importante.

En relación a las características de las personas que formaron el equipo de fotointerpretación, de las 28 personas implicadas, el 35,71% eran hombres, y el 64,28% eran mujeres. Respecto a sus edades, la moda se situó en 27 años. Respecto al nivel de estudios, todos tenían estudios universitarios, siendo más de la mitad los que poseían algún tipo de ingeniería (desde ingenieros técnicos Forestales o Agrícolas hasta licenciados en Humanidades o Ciencias del Mar).

Los datos de producción nos indican que, como media, los fotointérpretes necesitan elaborar una media de cuatro hojas 1:25.000 completas para alcanzar el ritmo de producción medio estable. Consideramos pues, que éste es el volumen de trabajo inicial necesario para completar el periodo de aprendizaje, invirtiéndose en ello, como media, unos 69 días laborables, es decir, unos tres meses.

En la Figura 96 puede observarse cómo varía el tiempo empleado para la realización de las UBT, entre la primera y la última hoja elaboradas. A partir de la quinta hoja, casi todas las siguientes (salvo alguna excepción justificada por la falta de homogeneidad en el número de fotointérpretes a lo largo del proyecto), son realizadas entre ocho y poco más de diez días de trabajo. Se ha incluido la línea de tendencia, que muestra cómo el tiempo dedicado a cada hoja disminuye conforme aumenta la experiencia.

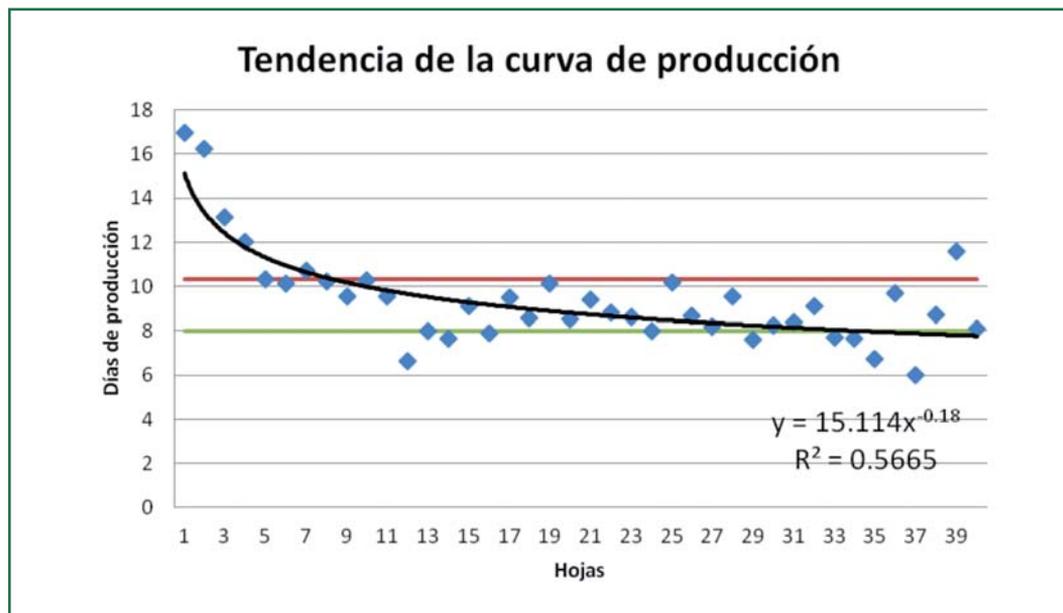


Figura 96: Tiempo necesario para la elaboración de una hoja completa. Línea roja superior: media de producción de las hojas (10,16 días). Línea verde inferior: tiempo mínimo de producción media de las hojas. Tiempo medio menos la desviación típica.

5.1.2. Desarrollo de las hojas

Para analizar la producción se ha optado por tomar como unidad de referencia el número de kilómetros cuadrados realizados por día, en lugar de la producción de hojas 1:25.000. Esto se debe a que existen diferentes niveles de dificultad de las hojas (por ejemplo, las hojas limítrofes no tienen las mismas dimensiones que las demás; su dificultad es diferente si la cobertura es mayoritariamente agrícola, forestal o urbana, etc.). El resultado nos indica que la producción media realizada por cada fotointérprete a lo largo de todo el proyecto ha sido de 26,34 km²/día, con una desviación típica de 11,7.

Para realizar los cálculos estadísticos, hemos analizado el trabajo realizado por los 28 fotointérpretes que trabajaron continuamente en la ejecución del proyecto y que se dedicaron a las tareas de elaboración de hojas s.s. La Figura 97 muestra la producción media de cada uno de ellos, siendo la línea continua roja la media global indicada anteriormente. De la gráfica podemos extraer que la mayoría (18) de los técnicos se encuentran por debajo de la media, lo que es compensado por una minoría. Cabe destacar la presencia de seis fotointérpretes cuya capacidad de producción ha estado sobre la media. Es importante mencionar que los dos fotointérpretes con la producción más baja no deberían ser tenidos en

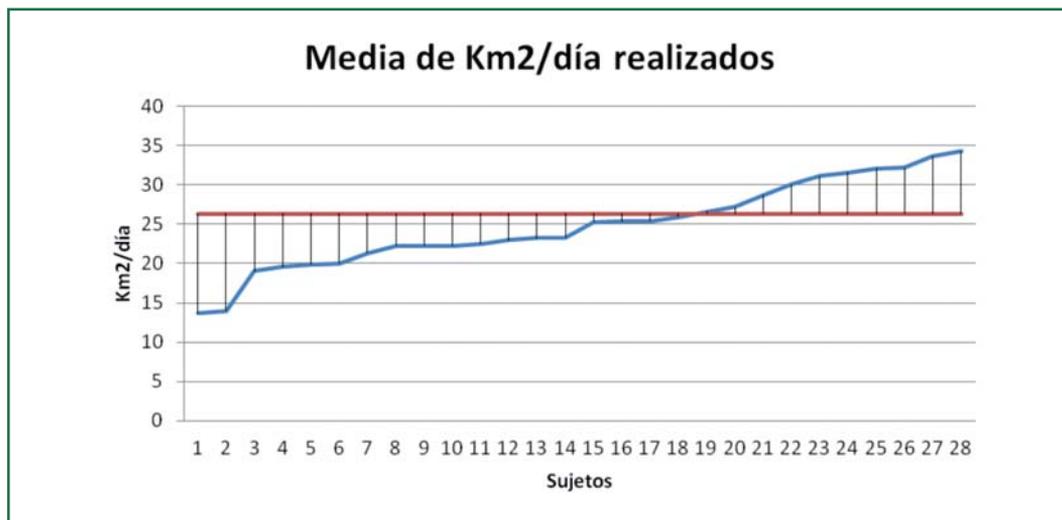


Figura 97: Producción media del equipo de trabajo completo. Se puede observar la gran variación que existe entre las personas que menos producían (y que coincide con aquellos que menos tiempo estuvieron dedicados al proyecto), y las que estuvieron más tiempo.

cuenta en ningún análisis por parte del lector, ya que fueron trabajadores que únicamente permanecieron el proyecto durante su periodo de aprendizaje.

Sin embargo, si consideramos exclusivamente a aquellos fotointérpretes que han estado trabajando en el proyecto más de 12 meses de forma continuada (en total 10 fotointérpretes), observamos que la media asciende desde 26,34 km²/día, a 29,05 km²/día. Por otro lado, las diferencias entre aquellos que han trabajado por encima y por debajo de la media son inferiores a las que se observan en la gráfica (Figura 98). Ahora, el número de individuos por debajo de la media (4) es menor que el que la supera (6).

Volviendo a los datos que proporciona el conjunto del equipo de trabajo completo (28), según los rendimientos de los técnicos, encontramos que hubo:

- a) 5 técnicos que realizaron el trabajo por debajo de la media.
- b) 19 técnicos que realizaron un trabajo global dentro del rango medio (26,34 km²/día de producción, con una desviación típica de 11,7).
- c) 4 técnicos que superaron el nivel medio de producción.

Si descomponemos la producción global media, en función de sus dos tareas principales (digitalización geométrica y asignación semántica), observamos que el peso de la primera sobre el conjunto es mucho mayor que la segunda. En efecto, mientras la produc-

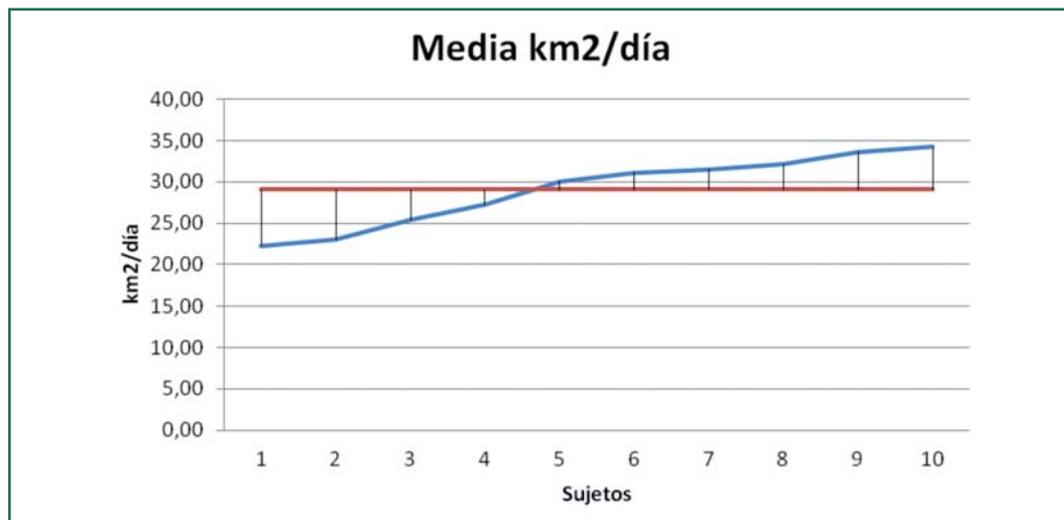


Figura 98: Producción media del personal más estable laboralmente. Obsérvese que han desaparecido los picos anteriores, reflejo de la gran influencia que tienen sobre los resultados estadísticos aquellas personas que han trabajado menos de doce meses.

ción geométrica media fue de 19,92 km²/día, la asignación semántica media ascendió a 50,41 km²/día.

La Figura 99 y la Figura 100 muestran la producción media de cada fotointérprete, tanto en la tarea de digitalización geométrica como en la de identificación de coberturas.

Extrapolando estos datos al equivalente que tendría en el total de hojas, vemos que, porcentualmente hablando, la digitalización geométrica ha representado el 69,35% del tiempo usado por el fotointérprete para elaborar una hoja completa. El resto (30,65%) ha sido el dedicado a la identificación y asignación de coberturas a los polígonos.

Analizando los rendimientos de los técnicos en función de estas dos tareas principales (geometría y semántica), no se aprecian diferencias en los ritmos de producción de los fotointérpretes; es decir, existe el mismo número de técnicos que realizaban por encima de la media, tanto las tareas de geometría como de semántica. Lo mismo ocurre con el número de técnicos que trabajaban por debajo de la media o dentro de su rango. Hubo técnicos que eran más ágiles en la tarea de digitalizar (hacían esta tarea por encima de la media), y aproximadamente hubo un mismo número que producían por debajo de la media. Lo mismo sucedió con las coberturas, es decir, hubo un grupo cuya capacidad de asignación semántica era superior a la media, lo que se compensaba con un grupo igual de numeroso que realizaba esta tarea por debajo de aquella. Por otro lado, los miembros que formaban cada grupo no eran siempre los mismos.

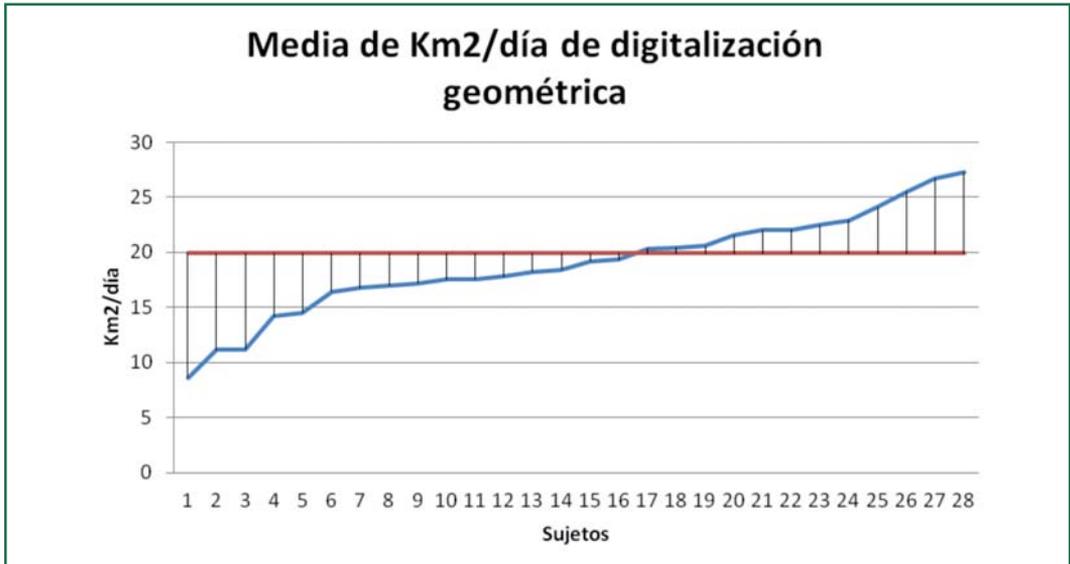


Figura 99: Producción media en la digitalización geométrica.

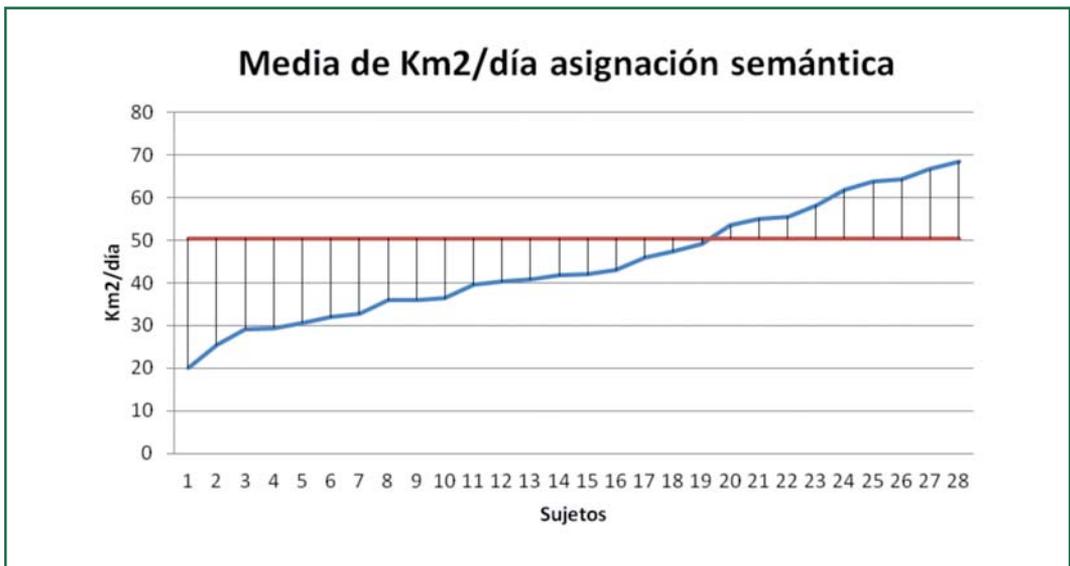


Figura 100: Producción media en la asignación de coberturas.

A continuación podemos observar un gráfico en el que se puede comprobar la relación entre la velocidad de trabajo en la fase de digitalización con los metros de borde de polígonos realizados por cada fotointérprete. El resultado confirma que cuantos más metros traza un fotointérprete por unidad de tiempo, más despacio realiza su trabajo. Si comparamos este dato con la velocidad del trabajo global y la velocidad de la tarea de digitalización, vemos que esta correlación apenas es estadísticamente significativa (correlación Pearson negativa de -0,133) en ambos casos (Figura 101).

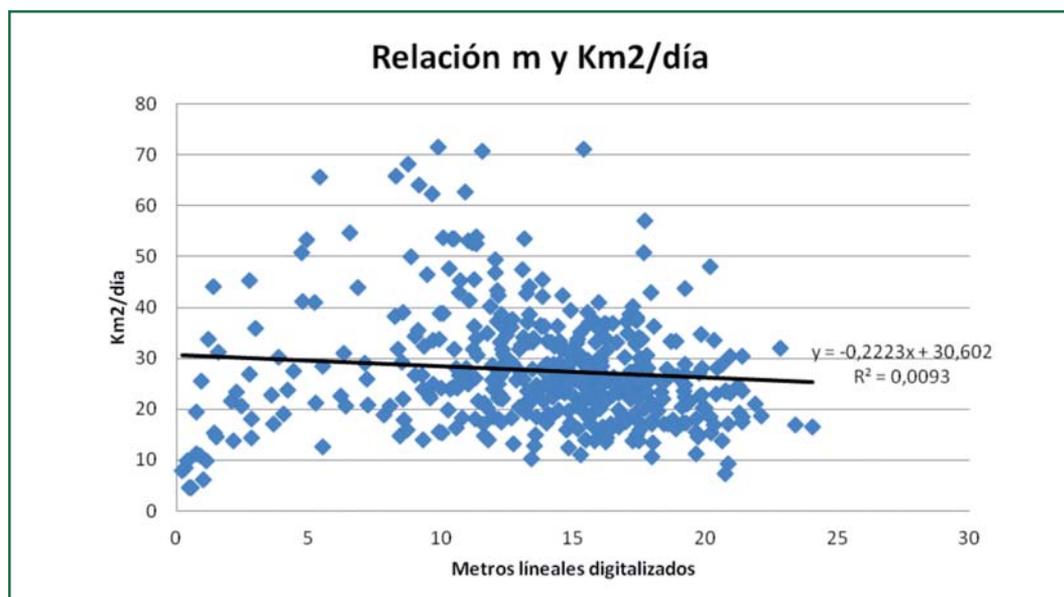


Figura 101: Nube de puntos de velocidad y metros digitalizados. Obsérvese la pendiente de la línea de tendencia.

Analicemos ahora la producción en forma de número de polígonos. Castilla-La Mancha se ha cubierto con un total de 283.176 polígonos, lo que representa una media de 427 polígonos por hoja, siendo el máximo 1.354 y el mínimo 184.

En la Figura 102 puede verse la relación entre los metros digitalizados en cada hoja y el número de polígonos de la misma. En este caso, la correlación de Pearson muestra una significación positiva de 0,849. Se puede apreciar claramente como ambas variables tienen una relación directa y que cuanto mayor es el número de metros de borde de polígono trazados, el número de polígonos de esa hoja crece de forma más rápida.

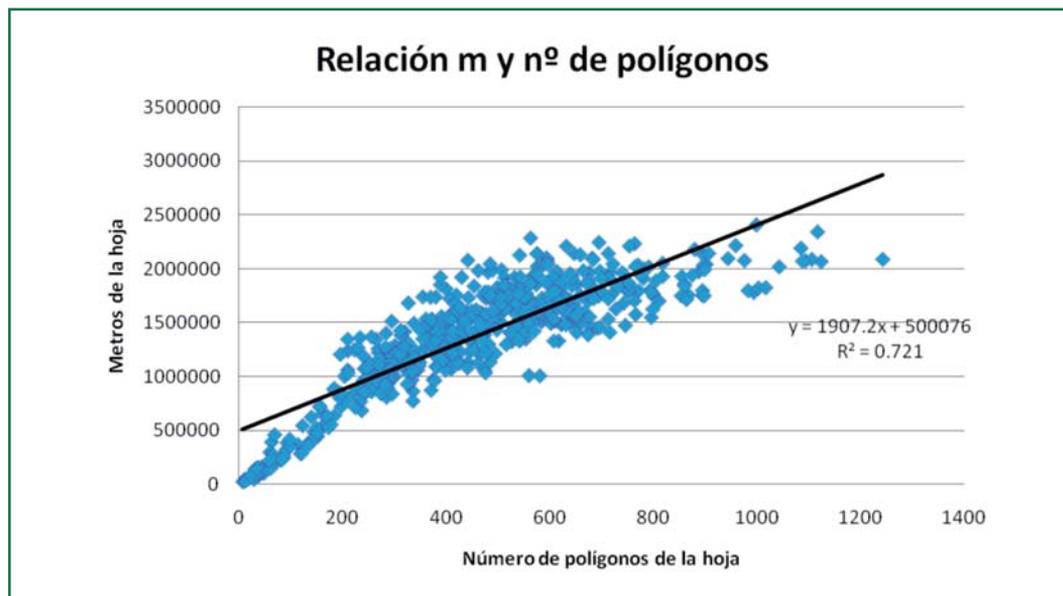


Figura 102: Nube de puntos de metros y número de polígonos de cada hoja.

5.1.3. Trabajo de campo

Una de las partes más difíciles de planificar y cuantificar estadísticamente es la relacionada con el trabajo de campo, ya que, como se ha mencionado en el apartado 3.2, existen numerosos factores que condicionan este aspecto: condiciones climatológicas adversas, grandes diferencias geomorfológicas entre los territorios, dificultad en el acceso a zonas de propiedad particular, etc. Todos ellos se intentaron minimizar mediante una planificación previa (rutas, permisos de acceso, evitar el trabajo en invierno, etc.). Sin embargo, fue imposible controlar la aparición de otros factores aleatorios: averías de coches, mal tiempo, caminos cortados, etc.

El resultado final ha sido que, durante los meses de trabajo en campo, de 22 días laborales que tiene cada mes fueron fructíferos (es decir, se tomaron datos), solamente 15 (68%) y se tuvieron que dedicar 7 (32%) a labores de organización, imprevistos, accidentes, etc.

En los días de toma de datos, cada técnico muestreó una media de 17,71 puntos, lo que, repartido en el total de días dedicados, representa una media de 12,07 puntos por día.

Con una planificación inicial de intentar muestrear 20 puntos por hoja 1:25.000 (en algunas zonas prioritarias hasta 25 puntos), se consiguió finalmente una media de 17 puntos por hoja, resultado superior a los mínimos requeridos en el proyecto (16 puntos por hoja

en malla de 3×3 , ver apartado 3.2). En total han sido muestreados 11.287 puntos, repartidos en las 663 hojas que presentan una superficie significativa en la comunidad de Castilla-La Mancha.

El total de fotografías tomadas en campo fue de 90.256, lo que representa una media de 8 fotografías por punto y 136 por hoja 1:25.000.

Se recorrieron un total de 65.763 km, lo que representa una media de 100 km por hoja 1:25.000 muestreada y, temporalmente, unos 1.500 km recorridos por cada técnico al mes.

5.2. COSTES DE PRODUCCIÓN

Por su naturaleza, este tipo de proyectos requiere para su realización, personal con cierta cualificación, no siempre fácil de encontrar, por lo que los costes salariales representan el capítulo más importante del mismo.

Analizando nuestros datos respecto a los presupuestos dedicados a la realización de proyectos de cartografía temática y desglosando los costes en función de los apartados principales de actuación que aparecen en el proyecto SIOSE, el reparto porcentual de los mismos es el siguiente:

TABLA 2
Costes del proyecto SIOSE en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha

Costes de producción	(%)
Trabajos de digitalización geométrica (costes salariales).	35
Trabajos de digitalización semántica (costes salariales).	15
Trabajos de control, validación y supervisión de la producción (costes salariales).	14
Trabajo de campo (sueldos, dietas y kilometraje)	12
Organización, formación, dirección y gestión (costes salariales y gastos).	9
Herramientas informáticas específicas (elaboración y/o adquisición)	8
Materiales y equipos (adquisición).	7
TOTAL	100

Como se puede observar, el trabajo de digitalización geométrica y semántica s.s. representa el 50% de los costes. A esto habría que añadir los costes del trabajo de campo, por estar relacionados de forma directa con la correcta digitalización semántica de cada hoja, lo que hace que el grueso del trabajo represente el 62% del presupuesto.

Por otro lado, los trabajos relacionados con las tareas de soporte que permiten que los técnicos fotointérpretes cumplan eficazmente su labor, es decir: la formación del equipo,

organización, dirección, control y supervisión de la producción (incluyendo los costes salariales de las personas contratadas específicamente para estas tareas) suponen el 23% del presupuesto.

El resto de los costes representa el 15% y se divide en dos bloques:

- a) los necesarios para el diseño de herramientas informáticas específicas que faciliten la labor de los fotointérpretes , y
- b) los costes de compra de los diferentes materiales y equipos necesarios para realizar el proyecto, fundamentalmente ordenadores y material para las tareas de campo (GPS, portátiles específicos...).

Esta distribución presupuestaria, que en algunos casos puede parecer elevada y en otros escasa, se justifica plenamente con los resultados finales obtenidos: el proyecto SIOSE de Castilla-La Mancha se terminó antes del plazo prefijado y el control externo fue completamente positivo, no teniendo que corregir ni modificar ningún polígono de los 283.176 digitalizados.

Estos resultados reafirman la idea básica de nuestra metodología (véase apartado 3): para desarrollar un proyecto de estas características, intentando optimizar y mantener un alto nivel de calidad de los productos resultantes, es necesaria una estricta planificación y un continuo trabajo de supervisión y control de la producción. Desde el punto de vista de la gestión del mismo, permiten no tener que prever ninguna partida para correcciones posteriores a la finalización que, desconocida inicialmente su importancia y entidad, pueden invalidar totalmente las previsiones y programaciones realizadas.

Bibliografía

- Ariza López, F. J. y García Balboa, J. L. (2008): *Normas sobre calidad en información geográfica (ISO 19113, ISO 19114, ISO 19139, ISO 2859 E ISO 3951)* Artículo de Universidad de Jaén, enero de 2008. Disponible en la Web: www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1457
- Army Map Service and Directorate of Military Survey British Army (Ed.) (1946): *Index Map of Spain 1:50.000*. Escala 1:50.000. 1946. Washington. Army Map Service. 1946 (1 mapa).
- Bossard, M.; Feranec J. y Otahel J. (2000): *CORINE Land Cover technical guide-Addendum 2000. Technical report N.º 40*. Editado por la EEA (Agencia Europea de Medio Ambiente). Copenhague, mayo de 2000.
- Castaño, S.; Ruiz, J. R.; Gómez, J.; Sánchez, J. y Hoyos, J. F. (2003): *Metodología para la elaboración de la cartografía europea de usos del suelo (Corine Land Cover 2000). Aplicación a la región de Castilla-La Mancha (España)*. En: Sexta Semana Geomática de Barcelona. Castelldefels, Barcelona, 2003. Disponible en la Web: www.isprs.org/publications/related/semana_geomatica05/front/abstracts/Dijous10/C06.pdf
- Dirección General de Costas (2003): *Los estuarios cantábricos: Perspectiva General*. Informe inédito elaborado por INDUROT, Universidad de Oviedo, para la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente. Inédito. Tomo I, 174 págs. Tomo II Cartografía de 85 desembocaduras fluviales.
- Fernández, F. (1998): *Las primeras aplicaciones civiles de la fotografía aérea en España. 1: El Catastro y las Confederaciones Hidrográficas*. *Ería: Revista cuatrimestral de Geografía*. 1998, n.º 46, págs. 117-130.
- Fernández, F. y Quirós, F. (1997): *El vuelo fotográfico de la "Serie A"*. *Ería: Revista cuatrimestral de Geografía*. 1997, n.º 43, págs. 190-198.
- García, A.; Navarro, J. y Ventura, J. (1997): *La cartografía y el instituto andaluz de cartografía*. En: *I Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía en el umbral del siglo XXI*. Jerez, 1997. Disponible en la Web: www2.uca.es/escuela/emp_je/investigacion/congreso/mdp003.pdf.

- González, R. y Álvarez, A. (2004): *El Mapa Forestal de España, una obra secular (1868-1966) concluida por Luís Ceballos*. Eria: Revista cuatrimestral de Geografía. 2004, n.º 64-65, págs. 285-318.
- González, R. (1992): *Los primeros mapas modernos de vegetación en España: Los bosquejos dasográficos de Asturias y Santander (1862)*. Eria: Revista cuatrimestral de Geografía. 1992, n.º 27, págs. 5-19.
- INDUROT (2001): *Cartografía Temática Ambiental del Principado de Asturias*. Hojas 11-IV y 15-III. Gobierno del Principado de Asturias.
- Instituto Geográfico Nacional (2006): 061020 Manual Fotointerpretación SIOSE_v1.1.pdf ANEXO I_GUIA COMPROBACION CAMPO.pdf.
- Instituto Geográfico Nacional (2006): 060705. Manual de Fotointerpretación (Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España) v. 03.
- Instituto Geográfico Nacional (2006): 070727_Manual_Fotointerpretacion_anexo_IV_fichas_Artificialcomp.
- Instituto Geográfico Nacional (2006): GUÍA ORIENTATIVA DE COLOR PARA COMPOSICIONES EN INFRARROJO COLOR, en ANEXO IV del Manual de Fotointerpretación...
- Instituto Geográfico Nacional (2006): *Base de Datos de Consultas Núm. 070417_03_010*.
- Instituto Geográfico Nacional (2006): *Base de Datos de Consultas Núm. 080124_00_001*.
- Instituto Geográfico Nacional (2006): Instrucción Técnica n.º 1, Vol. 1.
- Instituto Geográfico Nacional (2010): CARTOGRAFIA [en línea]. Madrid. [Consulta 2 de mayo de 2010]. Disponible en la Web: www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/cartografia/mapas/Serie_Nacional_50.htm.
- Instituto Geográfico Nacional (2010): SIOSE, Sistema de Información Sobre Ocupación del Suelo en España [en línea]. Madrid. [Consulta 2 de mayo de 2010]. Disponible en la Web: www.ign.es/siose/objetivos.html.
- Instituto Geográfico Nacional (2010): SIOSE, Sistema de Información Sobre Ocupación del Suelo en España [en línea]. Madrid. [Consulta 2 de mayo de 2010]. Disponible en la Web: www.siose.es/siose/presentacion.html.
- Ministerio de Medio Ambiente: Biodiversidad [en línea]. Madrid. [Consulta 2 de mayo de 2010]. Disponible en la Web: www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/mapa_forestal/mapas_historicos/index.htm (actualmente Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: www.marm.es/).
- Ministerio de Medio Ambiente: Biodiversidad. [en línea]. Madrid. [Consulta 2 de mayo de 2010]. Disponible en la Web: www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/mapa_forestal/pdf/cantabria.pdf (actualmente Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: www.marm.es/).
- Ministerio de Medio Ambiente: Biodiversidad. [en línea]. Madrid. [Consulta 2 de mayo de 2010]. Disponible en la Web: http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/montes_

- politica_forestal/mapa_forestal/pdf/toledo100.pdf (actualmente Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: www.marm.es).
- Ministerio de Medio Ambiente: Biodiversidad. [en línea]. Madrid. [Consulta 2 de mayo de 2010]. Disponible en la Web: http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/montes_politica_forestal/mapa_forestal/otros_mapas/mapa_cultivos.htm (actualmente Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino: www.marm.es).
- Moreno T. (2008): *Breve crónica de un siglo de Catastro en España (1906-2002)*. CT/Catastro, 2008, n.º 63, págs. 31-59.
- Nadal, F.; Urteaga, L. y Muro, J. L. (2003): *Los mapas impresos durante la Guerra Civil Española (I): Cartografía republicana*. Estudios Geográficos. Madrid. 2003, n.º 251, págs. 305-334.
- Paine, D. P. y Kiser, J. K. (2003): *Aerial Photography and Image Interpretation*, Second Edition, 2003, Nueva Jersey, EE.UU.
- Paladín, A. (1991): *Notas para la historia del Mapa Topográfico Nacional de España*. MILITARIA: Revista de Cultura Militar. 1991, n.º 3, págs. 83-100.
- Quirós, F. y Fernández, F. (1996): *Los orígenes de la fotografía aérea en España. El Servicio de Aerostación Militar (1896-1913)*. Eria: Revista cuatrimestral de Geografía. 1996, n.º 41, págs. 173-188.
- Saaty, T.L. (1990): *Multicriteria Decision Making-The Analytic Hierarchy Process*, Vol. I, New York: McGrawHill.
- Satellite Imaging Corporation (2010): [en línea]. [Consulta 2 de mayo de 2010]. Disponible en la Web: www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/spot-5.html.
- Urteaga, L.; Nadal, F. y Muro, J. L. (2000): *Los mapas de España del Army Map Service, 1941-1953*. Eria: Revista cuatrimestral de Geografía. 2000, n.º 51, págs. 31-43.
- Willkomm, H. (1852): *Die Strand und Steppengebiete der Iberischen Halbinsel und deren Vegetation*. [Mapa Geológico y botánico de la Península Ibérica]. F. Fleischer, Leipzig, 1852, 172 págs.

Centro Nacional de Información Geográfica
Dirección General del Instituto Geográfico Nacional
General Ibáñez de Ibero, 3 - 28003 Madrid
Teléfono: +34 915979661 / +34 915979646 / Fax: +34 915979764

