

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LA OCUPACIÓN DEL SUELO EN ESPAÑA (SIOSE) EN CATALUÑA: CARACTERÍSTICAS Y PASARELA PARA SU OBTENCIÓN A PARTIR DEL MAPA DE CUBIERTAS DEL SUELO (MCSC)

José Ángel Burriel Moreno, Joan Josep Ibàñez i Martí y Joan Masó Pau

CREAF, Edifici C, Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès). E-mail del autor:
j.angel@creaf.uab.cat

RESUMEN

Desde hace más de 10 años, Cataluña dispone de cartografía temática digital sobre cubiertas del suelo, el Mapa de Cubiertas del Suelo (MCSC, objeto de otra comunicación en este congreso). Sin embargo, para el conjunto de España, no ha existido una cartografía de este tipo hasta la realización del Sistema de Información de la Ocupación del Suelo en España (SIOSE).

El MCSC ha sido la base sobre la que el CREAF ha realizado la producción de SIOSE en Cataluña. Por este motivo, la producción de SIOSE en Cataluña presenta unas características propias, distintas a lo que se podría denominar "producción estándar".

El paso de MCSC a SIOSE no ha sido fácil, ya que ambas bases presentan notables diferencias: en la superficie mínima de captura de la información; la leyenda temática de ambas bases no es directamente compatible; no coinciden plenamente en la fecha en que se tomaron las respectivas imágenes base; y la escala de referencia respectiva.

Para salvar la distancia entre ambos productos, se desarrolló una pasarela de MCSC a SIOSE, objeto de esta comunicación. La mayor parte del esfuerzo se centró en salvar las diferencias relativas a superficies mínimas. El mecanismo que permitió su superación se basó en la generalización automática de la información gráfica del MCSC.

Palabras Clave: MCSC, SIOSE, usos y cubiertas del suelo, generalización cartográfica.

THE LAND COVER INFORMATION SYSTEM OF SPAIN (SIOSE) IN CATALONIA: FEATURES AND GATEWAY FOR ITS OBTAINING FROM THE LAND COVER MAP OF CATALONIA (MCSC)

For over 10 years, Catalonia has digital thematic cartography of land cover, the Land Cover Map (MCSC, the subject of another communication in this conference). However, for the whole of Spain, there hasn't been any cartography like this, until the completion of the Land Cover Information System of Spain (SIOSE).

The MCSC has been the basis on which the CREAF made SIOSE production in Catalonia. For this reason, the production of SIOSE in Catalonia has its own features. These features are different from the "standard production".

The conversion from MCSC to SIOSE has not been easy, because both bases have notable differences: the minimum size of capture of the information; the thematic legends of both bases are not directly compatible between them; they do not fully agree in the date of their reference images; and their respective scale of reference.

To bridge the gap between the two products, we developed a gateway from MCSC to SIOSE, subject of this communication. Most of the effort was focused on bridging the differences on minimal surfaces. The mechanism that allowed its overcoming was based on the automatic generalization of the MCSC graphic information.

Key Words: MCSC, SIOSE, land use and land cover, cartographic generalization.

INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 10 años, Cataluña dispone de cartografía temática digital sobre cubiertas del suelo, el Mapa de Cubiertas del Suelo (MCSC, objeto de otra comunicación en este congreso). Otras comunidades autó-

nomas también disponen de una cartografía propia sobre cubiertas y/o usos del suelo, por ejemplo Andalucía, si bien sus características no son las mismas. Sin embargo, para el conjunto de España, no ha existido una cartografía de este tipo hasta la realización del Sistema de Información de la Ocupación del Suelo en España (SIOSE).

El MCSC ha sido la base sobre la que el CREAF ha realizado la producción de SIOSE en Cataluña. Por este motivo, la producción de SIOSE en Cataluña presenta unas características propias, distintas a lo que se podría denominar “producción estándar” que se ha efectuado en la mayor parte de comunidades autónomas y distinta también, aunque con más puntos en común, a la que se ha efectuado en otras comunidades que también partían de una cartografía propia y detallada sobre las cubiertas del suelo.

El objetivo de SIOSE ha sido integrar la información de las Bases de Datos de cubiertas y usos del suelo de las Comunidades Autónomas y de la Administración General del Estado (IGN, 2010). La Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN, Ministerio de Fomento) ha coordinado este proyecto.

En Cataluña, en la financiación del proyecto participaron, junto con la Administración General del Estado, los Departamentos de Medio Ambiente y Vivienda (DMAH), Política Territorial y Obras Públicas, y Agricultura, Alimentación y Acción Rural de la Generalitat de Cataluña. El DMAH ha coordinado la ejecución del proyecto, el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF) ha llevado a cabo la producción, mientras que del control de calidad autonómico se ha encargado el Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC). Para la interpretación, captura, edición y validación de datos en materia de ocupación del suelo relativos a su territorio, el CREAF ha utilizado el Mapa de Cubiertas del Suelo de Cataluña (MCSC) que él mismo realizó. Este mapa constituye una cartografía de alta resolución de las cubiertas del suelo (CREAF, 2010). El MCSC ha sido financiado por los Departamentos de Medio Ambiente y Vivienda, y de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalitat de Cataluña. Para más detalles, consultad Ibàñez et al. (2010), en esta misma publicación.

El paso de MCSC a SIOSE no ha sido fácil, ya que ambas bases presentan notables diferencias. Quizá la más destacada sea la superficie mínima de captura de la información, que mientras que en el MCSC es de 500 m², en SIOSE oscila entre 0,5 y 2 ha según el tipo de cubierta. Muy importante también, la leyenda temática de ambas bases no es directamente compatible. Además, no coinciden plenamente en la fecha en que se tomaron las imágenes base de una cartografía y otra: 2005-2007 para el MCSC, y 2005 para SIOSE. También se distinguen por su escala de referencia respectiva, que en el MCSC es 1:5000, y en SIOSE es 1:25000.

SIOSE y MCSC presentan características comunes:

- Sistema de información geográfica con una única capa de geometría de polígono.
- Perfil de metadatos siguiendo las recomendaciones y directrices marcadas por Norma Internacional ISO 19115.

Sin embargo, difieren en otras muchas (tabla 1).

Tabla 1. Principales diferencias entre MCSC y SIOSE.

DIFERENCIAS	SIOSE	MCSC
Escala de referencia	1: 25.000	1: 5.000
Sistema Geodésico de Referencia	ETRS 89	ED50 (parámetros UB/ICC)
Proyección UTM	Husos 28, 29, 30 y 31	Huso 31
Unidad mínima de superficie a representar	Superficies artificiales y láminas de agua: 1 ha. Playas, vegetación de ribera, humedales y cultivos forzados (invernaderos y bajo plástico): 0,5 ha. Zonas agrícolas, forestales y naturales: 2 ha.	500 m ²
Ancho mínimo de los elementos generales	15 m, excepto playas, vegetación de ribera, humedales y cultivos forzados que pueden ser de menor anchura	10 m, excepto las redes viaria catalogada y ferroviaria que no tienen limitación alguna, y carreteras no catalogadas que es de 15m.
Pasillos	Se toleran estrechamientos inferiores a 15m siempre que no superen los 60 m de longitud.	No existe ninguna limitación

Imágenes de referencia	SPOT5 fusión de imágenes pancromática y multispectral de 2,5 m de resolución espacial del año 2005	Ortoimágenes color natural de 0.5 m de resolución espacial del período 2005-2007
Leyenda	Jerarquizada, con 40 coberturas simples y 45 coberturas compuestas predefinidas en su nivel de mayor detalle	Jerarquizada, con 5 niveles y 233 cubiertas en su nivel de mayor detalle
Modelo conceptual de datos	Orientado a objetos	Orientado a capas
Formato de la Base de Datos SIOSE	Esri-ArcGis Intergraph-Geomedia Formato estándar admitido por OGC: .GML + Base Access	MiraMon
Formato de los metadatos	Fichero .XML	Fichero .REL de MiraMon

ADAPTACIÓN DEL MCSC PARA SU COMPATIBILIDAD CON SIOSE

Al iniciarse SIOSE, el MCSC estaba en su segunda edición (Burriel et al., 2005). En un primer momento, se barajó la posibilidad de utilizar el Mapa de cubiertas para elaborar el producto SIOSE en Cataluña. Sin embargo, las características de esta edición eran bastante diferentes de las propias de SIOSE, de manera que no era posible utilizar el MCSC como base para SIOSE. Así pues, fue necesario cambiar metodología y leyenda del Mapa de cubiertas, al fin de garantizar la compatibilidad entre las dos bases. De esta manera, nació la tercera edición del MCSC (tabla 2).

Tabla 2. Principales diferencias entre la segunda y la tercera edición del MCSC. Los cambios metodológicos de una a otra permitieron ser al MCSC la base de partida para confeccionar SIOSE en Cataluña.

DIFERENCIAS	MCSC (2ª edición)	MCSC (3ª edición)
Ancho mínimo de los elementos generales	10 m, excepto las redes viaria y ferroviaria que se digitalizan a partir de 8 m.	10 m, excepto las redes viaria catalogada y ferroviaria que no tienen limitación alguna, y carreteras no catalogadas que es de 15m.
Longitud mínima de los elementos generales	50 m, excepto las redes viaria y ferroviaria que se digitalizan a partir de 62.5 m.	50 m, excepto las redes viaria catalogada y ferroviaria que no tienen limitación alguna, y carreteras no catalogadas que es de 33.3 m.
Imágenes de referencia	Ortoimágenes color natural de 0.5 m de resolución espacial del período 2000-2003	Ortoimágenes color natural de 0.5 m de resolución espacial del período 2005-2007
Leyenda	Jerarquizada, con 3 niveles y 61 cubiertas en su nivel de mayor detalle	Jerarquizada, con 5 niveles y 233 cubiertas en su nivel de mayor detalle

A parte de modificar características técnicas de la segunda edición del Mapa, también hubo que adaptar la manera de interpretar ciertas categorías. Esta manera distinta de entender algunas cubiertas, ha hecho que no sea posible una comparación directa y simple entre segunda y tercera edición. Sin embargo, y con la finalidad de comparar por completo una y otra ediciones, se han elaborado unos documentos que señalan cuáles son estas discrepancias (para más información, consúltese <http://www.creaf.uab.es/MCSC/descriptiu.htm#interpretacio>)

OBTENCIÓN DE SIOSE A PARTIR DE MCSC

La unidad de trabajo, tanto de SIOSE como del MCSC, es la hoja 1:25.000. Al inicio del proyecto, ésta parecía ser la forma única de presentación de la información gráfica. Sin embargo, más tarde se decidió que todas las hojas se fusionarían en una pieza única. Es por eso que, en SIOSE, los polígonos a entregar deben ser enteros, es decir, no pueden quedar cortados por ningún límite arbitrario, como es la hoja 1:25.000. Desde el

CREAF, la primera versión de pasarela MCSC-SIOSE se desarrolló pensando exclusivamente en la hoja como unidad final (Burriel et al., 2008). Pero, las nuevas indicaciones forzaron a elaborar una nueva pasarela considerando la fusión entre hojas. En base a esas indicaciones, las hojas del MCSC se unen, se asegura que no haya discrepancias temáticas ni geométricas entre ellas, y la pieza unitaria se somete a la pasarela MCSC-SIOSE a fin de conseguir el producto final SIOSE.

Así, la obtención de SIOSE a partir de MCSC consta de varios pasos:

1. Casado y fusión de todas las hojas de la zona a entregar.
2. Obtención de polígonos enteros, utilizando como zona de corte la red viaria y ferroviaria.
3. Asignación de la cobertura arbórea a partir del Mapa Forestal de España en los polígonos donde el MCSC asigna una cobertura arbórea superior al 20%.
4. Asignación de la cobertura de matorral en polígonos arbolados con cobertura arbórea inferior al 70% a partir de los datos referentes a matorral contenidos en las estaciones de muestreo de los Inventarios Ecológico y Forestal de Cataluña, y Forestal Nacional.
5. Asignación de la cobertura de pastizales en polígonos arbolados a partir de la diferencia entre 100% y la suma de los porcentajes de cobertura arbórea y de matorral.
6. Agrupación de los polígonos en el nivel de leyenda del MCSC correspondiente a SIOSE.
7. Adecuación de las bases de datos de la información gráfica previa a la generalización del MCSC a SIOSE.
8. Generalización del MCSC a SIOSE.
9. Corrección de los valores de Vial, aparcamiento o zona peatonal sin vegetación, y de Zona verde artificial y arbolado urbano, a partir de estimas previas para cada tipo de cobertura de Artificial Compuesto.
10. Asignación de los códigos GUID.
11. Traspaso de la información de las bases de datos DBF a la base Access de SIOSE.
12. Cambio en el sistema geodésico de referencia.
13. Exportación de la parte gráfica.
14. Incorporación de los metadatos.
15. Control de calidad de SIOSE en Cataluña.

Como puede verse, el número de pasos para obtener la base SIOSE es grande. De hecho, aquí presentamos resumidamente los principales pasos aunque, en realidad, el proceso es mucho más largo y complejo. Además, este proceso puede tener que repetirse si por cualquier razón debe revisarse alguna parte del trabajo. El SIG-MiraMon ofrece la opción al usuario de utilizar procesos BATCH para automatizar los pasos y repetir el proceso tantas veces como sea preciso, con el consiguiente ahorro de tiempo y esfuerzo. Basta para ello un simple editor de texto donde indicar qué módulos están implicados en la generalización, o qué comandos DOS deben ejecutarse (figura 1).

```

General.bat - Llibreta
Fitxer Edita Formatació Visualització Ajuda
REM Reciclamos por arcos la pieza MCSC a partir de leyenda SIOSE:
CICLAR 3 %LUF.pol /CAMP=CSIMPLIF_1 /sac

REM Eliminamos el multiregistro derivado del nivel 5 del MCSC:
GestBD TEST_REGISTRE_MULTIPLE %LUF.dbf /REG_TOT_IGUAL /APLICAR /CAMP_1=C_COMPOSTA /CAMP_2=C_SIMPLE
/CAMP_3=CODI_COBER /CAMP_4=CODI_FUSIO /CAMP_5=C_PALETA

REM Generalización bajo los condicionantes de SIOSE:
MICROPOL.EXE 2 %LUF.pol %LSer.pol 10000 15 SUBAREA /CAMP_AREA_TPERCENT=>100 /DESCARTA_POL_0
/DESCARTA_POL_&LLINDA_AMB_0 /FONDRE=POL_PETIT /AFIN_ORDRE /FITXER_AFIN=..\DBF\semiMinि.dbf
/CAMP_TEMATIC_MICRO=CSIMPLIF_1 /FITXER_EXCEP_MIDES=..\DBF\llista_uem_SIOSE.dbf /COEF_ESTRET=4
/CAMP_NFRAGMENTS=NFRAGMENTS /COND1_CAMP_ARC_POL_0=ATR_VEC_L /COND1_OP_ARC_POL_0=EQ /COND1_VALOR_ARC_POL_0=252
/COND1_NEXE_ARC_POL_0=OR /COND2_CAMP_ARC_POL_0=ATR_VEC_L /COND2_OP_ARC_POL_0=EQ /COND2_VALOR_ARC_POL_0=254
/FONDRE_PER_ARC_ESTRET /CAMP_TEMA_DISSOL1=CO_SI_CURT /CAMP_AREA_PARCIAL_TEMA=AREA_TEMA
/CAMP_AREA_TPERCENT_TEMA=TANT>100 /CAMP_AREA_TPERCENT_SUBTEMA=>100_PART /TPERCENT_AREA_MIN_TEMA=3
/TPERCENT_AREA_MIN_SUBTEMA=3 /FONDRE_NOMES_REG_1TEMA

REM Introducción de los códigos tipos SIOSE:
GESTBD GUID_TAULA_PRINCIPAL %1SeFP.dbf /PATRO_GUID=#####-####-11dc-####-001a929f0730
/PATRO_GUID_ID_GRAFIC=#####-$$$-11dc-$$$-001a929f0730 /CAMP_BLANC_PER_REPE=CODISIMPLE /N_REPEAT=7

REM Transferencia de la información con SQLs via ODBC:
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_COVERAGE_GUID_IDENT_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_ComposedCoverage_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_COVERAGE_Mosaic_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_ComposedCoverage_Preferencias_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_ComposedCoverage_Boscos_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_COVERAGE_GUID_SIMPLE_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_ASOCIACION_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_MOSAICO_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_MosaicoIrregular_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_PolygonCoverage_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_simpleCoverage_Simples_BoscosNo100_DeCop.SQL
"C:\Archivos de programa\Mirabosc\LectBD" /c %Siose_v1.12.mdb Insert_simpleCoverage_Simples_BoscosSi100VegetacionNoBosc_DeCop.SQL

```

Figura 1. Editor de textos donde se construyen las órdenes de los procesos BATCH, con el fin de automatizar la obtención de SIOSE a partir del MCSC-3.

Casado y fusión de todas las hojas de la zona a entregar.

Tanto en el MCSC-3 como en SIOSE, la unidad de trabajo es la hoja 1:25.000. Esta manera de trabajar, genera polígonos cortados en los márgenes de la hoja y que, en general, tienen continuidad en la hoja vecina. Es por eso que, como primera fase, se procede al casado y fusión de las hojas del MCSC-3, realizándose los procesos necesarios para que la base de datos resultante constituya una unidad lógica sin desajustes geométricos ni semánticos. Se genera, pues, una base de datos continua sin “costuras”. En el caso de Cataluña, este proceso no ha generado una única pieza de polígonos correspondiente a todo el ámbito catalán debido a la gran superficie de su territorio (3210577 ha), y a la complejidad de su paisaje (260.000 polígonos en la base SIOSE). Por eso el territorio ha quedado dividido en 15 piezas (figura 2) lo cual ha facilitado, además del trabajo del CREAF, también el control de calidad posterior tanto a nivel autonómico (ICC) como nacional (IGN).

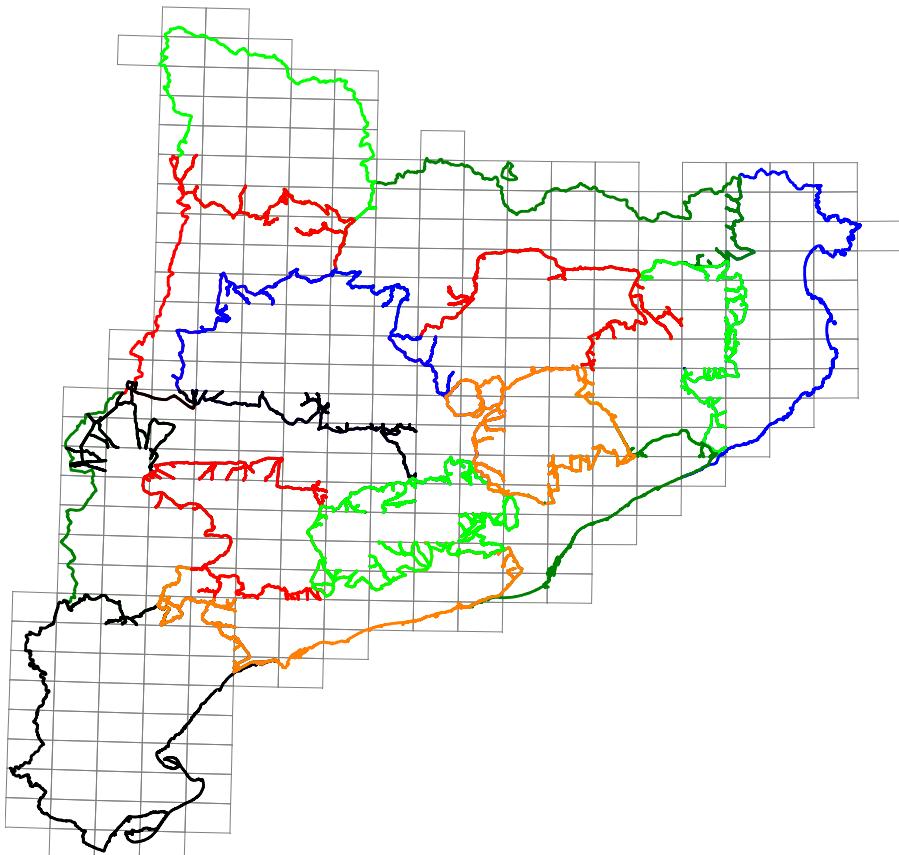


Figura 2. Mapa de Cataluña con la base 1:25.000 y, sobreimpresas, las quince zonas en que se ha dividido el territorio catalán para procesar SIOSE.

Obtención de polígonos enteros, utilizando como zona de corte la red viaria y ferroviaria.

Como ya se había dicho más arriba, el producto final SIOSE debe corresponder a polígonos enteros. En consecuencia, las piezas producidas en el paso anterior han sido recortadas de manera que se obtienen polígonos enteros, dejando de lado aquellos polígonos que hacen frontera con límite de hoja 1:25.000.

Para ello se han utilizado las redes viaria y ferroviaria del MCSC-3 (figura 3), a las cuales se les ha considerado no generalizables ya que no tiene sentido, desde el punto de vista temático, que incluyan polígonos de otras categorías, y difícilmente se incluirán en otros polígonos porque siempre tendrán suficiente superficie como para sobrevivir como polígonos independientes en el proceso de generalización. Sin embargo, y de la misma manera que en el resto de España, las redes viaria y ferroviaria no forma polígonos enteros, si no que se cortan arbitrariamente. Una de las opciones era cortarlas por zonas que diesen lugar a polígonos más o menos homogéneos. En el caso de Cataluña, de acuerdo con el Equipo Técnico Nacional, y debido a las especiales características de obtención de SIOSE (por generalización de otra cartografía), las zonas de corte se corresponden con el marco de las hojas 1:25.000. El principal módulo implicado en este paso es el RETALLA del SIG-MiraMon (Pons, 2010) (figura 4).



Figura 3. Ejemplo de cómo se recorta una pieza del MCSC-3 (imagen de la izquierda) a partir de las redes viaria y ferroviaria, para obtener otra de polígonos enteros (imagen de la derecha). El polígono externo que rodea otros polígonos en la imagen de la derecha, corresponde a red viaria.

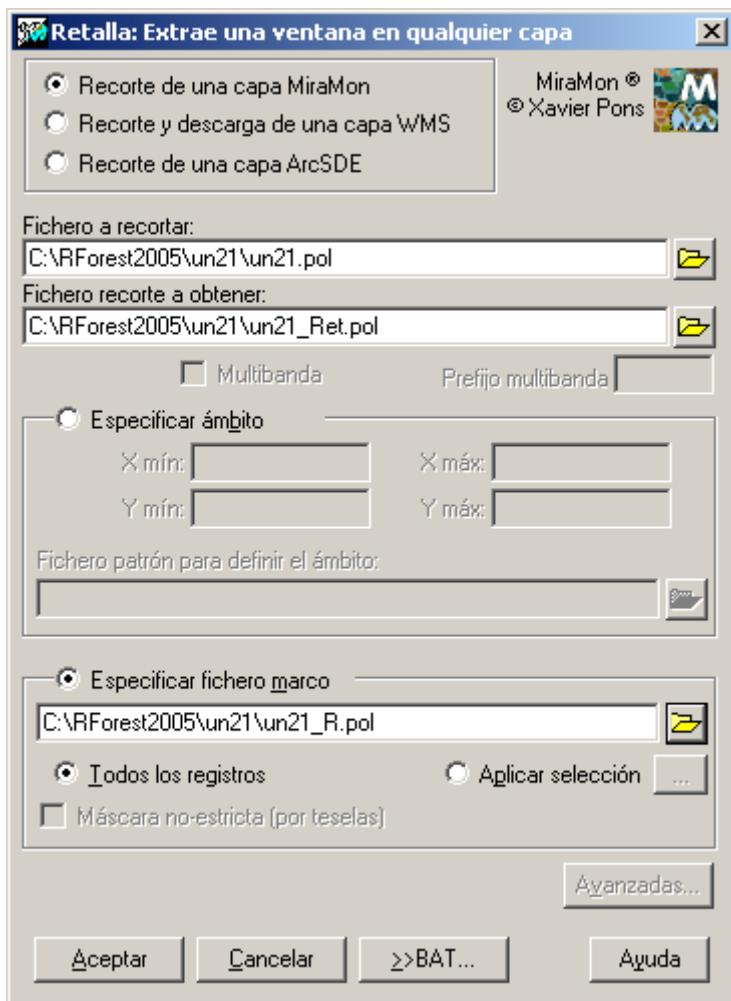


Figura 4. Módulo RETALLA del SIG-MiraMon utilizado para recortar la pieza proveniente fusionar o reciclar los polígonos con la misma categoría SIOSE.

Asignación de la cobertura arbórea a partir del Mapa Forestal de España en los polígonos donde el MCSC asigna una cobertura arbórea superior al 20%.

En SIOSE, la separación del arbolado forestal en Coníferas, Caducifolias y Perennifolias viene acompañada con una división en polígonos en función de la cobertura arbórea, también denominada fracción de cabida cubierta (FCC). Se distinguen 5 intervalos de FCC: 0-10%, 10-20%, 20-50%, 50-70%, y más del 70%. En cambio, el MCSC sólo distingue dos intervalos: 5-20%, y más del 20%. En el MCSC ha sido necesario, pues, desglosar la información de FCC, teniendo en cuenta las características propias de la obtención de SIOSE a partir del Mapa de cubiertas.

Para ello, se ha utilizado el Mapa Forestal de España (MFE) que en sus polígonos arbolados informa de la cobertura arbórea. El proceso ha consistido en trasladar de manera automatizada esa información a los polígonos del MCSC con bosques de FCC superior al 20%. En el supuesto que a un polígono del MCSC puedan corresponder varios del MFE, se promedia el valor de FCC según el tamaño de cada polígono del MFE mediante el módulo COMBICAP de MiraMon (figura 5). Estos valores de FCC se redondean al valor central de la clase a la que pertenecen, y este valor será el porcentaje de ocupación en el polígono. Así, para 20-50% es 35%, para 50-70% es 60%, y para mayor de 70% se entiende cubierto completamente de árboles (es difícil separar distintos grados de cobertura en este intervalo ya que las copas de los árboles están muy próximas) y se le asigna el valor de 100%. Los polígonos boscosos del MCSC con FCC menor al 20%, se consideran todos correspondientes a una única clase con valor central 15%; esta clase es poco abundante en Cataluña.

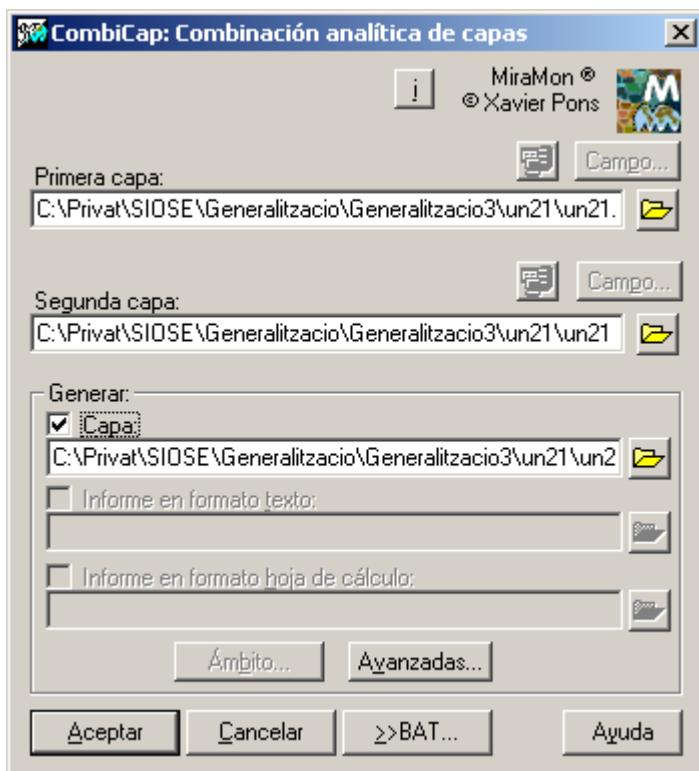


Figura 5. Módulo COMBICAP del SIG-MiraMon utilizado tratar estadísticamente y recoger la información del MFE referente a FCC e incorporarla al MCSC.

Asignación de la cobertura de matorral en polígonos arbolados con cobertura arbórea inferior al 70% a partir de los datos referentes a matorral contenidos en las estaciones de muestreo de los Inventarios Ecológico y Forestal de Cataluña, y Forestal Nacional.

En los polígonos arbolados con una cobertura arbórea inferior al 70%, que recordemos se les asigna una ocupación en el polígono inferior al 100%, debe completarse su cobertura hasta llegar al 100%. Normalmente, en los bosques encontramos especies arbustivas y herbáceas como acompañantes de las arbóreas. Por lo que respecta al matorral, y ya que este dato no queda recogido en el MCSC, hemos obtenido la cobertura arbustiva a partir de la extensión en el territorio de la información puntual contenida en las estaciones de muestreo de los

Inventarios Ecológico y Forestal de Cataluña, y Forestal Nacional. Efectivamente, ambos inventarios recogieron la ocupación de matorral en el bosque. Esta extensión se hizo con el módulo FAGOVAL de MiraMon (figura 6), y posteriormente se recogió en los polígonos a partir de combinación analítica de capas.

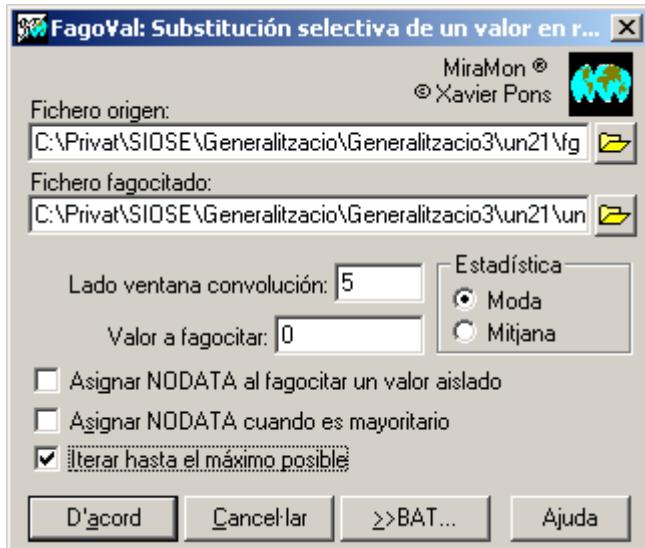


Figura 6. Módulo FAGOVAL del SIG-MiraMon empleado para extender territorialmente la información de cobertura de matorral contenida en las estaciones de muestreo de los Inventarios Ecológico y Forestal de Cataluña, y Forestal Nacional.

Asignación de la cobertura de pastizales en polígonos arbolados a partir de la diferencia entre 100% y la suma de los porcentajes de cobertura arbórea y de matorral.

En el caso de que la suma de la cobertura arbórea y de matorral en polígonos arbolados no alcanzase el 100%, se asumía que el resto correspondía a pastizales.

Agrupación de los polígonos en el nivel de leyenda del MCSC correspondiente a SIOSE.

Las hojas del MCSC contienen la fotointerpretación y delimitación de las cubiertas del suelo de acuerdo con el nivel de máximo detalle temático, que es superior al de SIOSE, tal y como se menciona en la tabla 1. Sin embargo, y para garantizar la convergencia entre MCSC y SIOSE, las categorías de la leyenda del MCSC se han elaborado de manera que puedan agruparse en categorías correspondientes a la leyenda SIOSE. Este proceso queda facilitado por el hecho de que el Mapa de cubiertas posea una leyenda estructurada jerárquicamente en diferentes niveles, siendo uno de ellos equivalente a la leyenda SIOSE. Por tanto, este paso consiste en la fusión o reciclado de aquellos polígonos con la misma categoría según esta leyenda SIOSE.

En el caso de las categorías urbanas, en SIOSE pueden estar compuestas de 7 categorías simples: Edificación, Zona verde artificial y arbolado urbano, Lámina de agua artificial, Vial, aparcamiento o zona de peatones sin vegetación, Otras construcciones, Suelo no edificado, Zonas de extracción o vertido, Edificación, y Zona verde artificial y arbolado urbano. Cuando se realiza la fusión de los polígonos con la misma categoría SIOSE, se mantiene la separación en las 7 categorías simples para poder recoger esta información en la base final, una vez ejecutada la información. Para ello, se utiliza el módulo CICLAR del SIG-MiraMon (Pons, 2010) (figura 7).

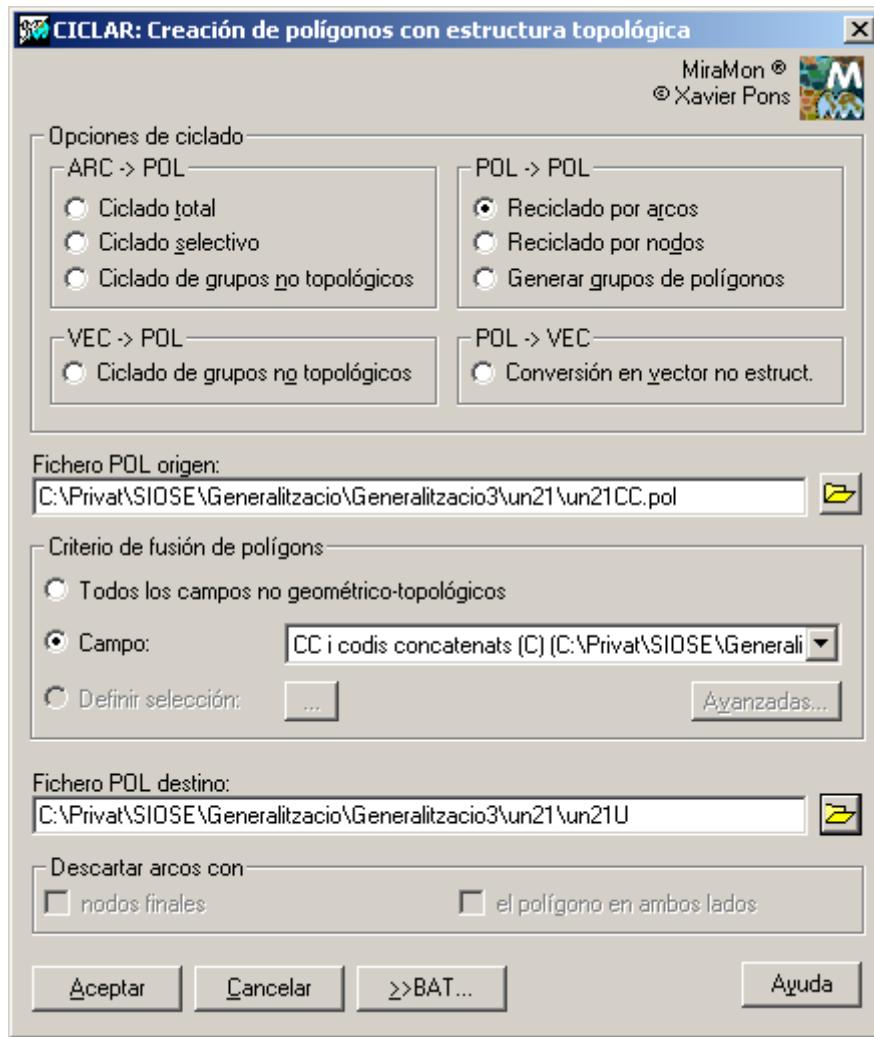


Figura 7. Módulo CICLAR del SIG-MiraMon utilizado para fusionar o reciclar los polígonos con la misma categoría SIOSE.

Adecuación de las bases de datos de la información gráfica previa a la generalización del MCSC a SIOSE.

El paso anteriormente descrito supone la aparición de multiregistro en las bases de datos (formato DBF IV) ligadas a la información geográfica, y que debe ser eliminado para una correcta generalización de MCSC a SIOSE. Este multiregistro es debido a que la leyenda del MCSC es más rica que la de SIOSE, y a que el paso anterior mantiene la información contenida en la base de datos de partida. Por otra parte, las bases del MCSC presentan un conjunto de información que no es de interés para SIOSE (básicamente, estadística descriptiva, e indicadores del paisaje). Estos problemas son resueltos con el módulo GestBD del SIG-MiraMon (figura 8).

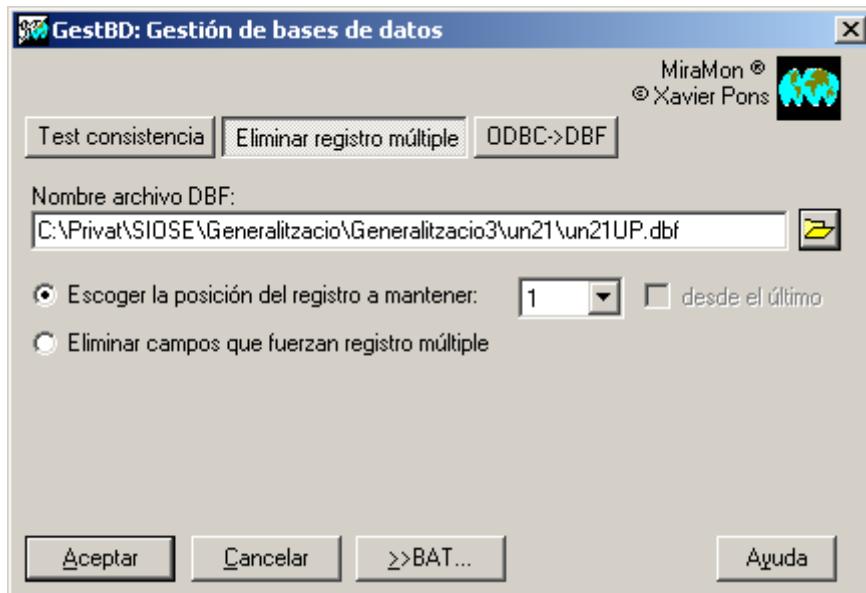


Figura 8. Módulo GestBD del SIG-MiraMon empleado para adecuar las bases de datos de la información gráfica en formato MiraMon previamente a la generalización del MCSC a SIOSE.

Generalización del MCSC a SIOSE.

La generalización de la información gráfica del MCSC consiste en la adaptación a los requerimientos de superficies y anchuras mínimas de SIOSE, y la eliminación de pasillos (para conocer sus valores, véase Tabla 1), de manera que aquellos polígonos que no las cumplen se fusionarán con otros según los criterios aplicados en el programa. La generalización puede entenderse como dos procesos diferenciados, una generalización geométrica y otra temática. La separación no puede ser completa en el caso del SIOSE porque algunos requerimientos geométricos vienen condicionados por contenidos temáticos.

- Generalización geométrica.

La generalización automática de polígonos no es un tema aún resuelto como puede verse en la reciente literatura publicada sobre este tema. Muchos artículos se concentran solamente en el tema de la simplificación de las fronteras de polígonos, (Hershbergera, 1998), (Johnston, 1999) usando el conocido algoritmo de Douglas-Peucker (Douglas, 1973) (Zhao, 2001) o eliminando armónicos de muy alta frecuencia usando transformadas de Fourier (Lawford, 2006). Pero éste es solo uno de los aspectos del proceso de generalización (Galanda, 2003). Otros autores se concentran en procesos de generalización de polígonos aislados ignorando cualquier relación espacial entre ellos (Gold et al., 2002). Otros sólo consideran la posible interacción con polígonos vecinos en casos muy concretos (Galanda, 2001).

Sólo algunos autores consideran, al menos en parte, el problema de generalizar una capa de polígonos que recubre el espacio en su totalidad. En este caso, la modificación de cualquier polígono tiene implicaciones inmediatas, como mínimo en sus inmediatos vecinos (Bader, 1997) y algunos introducen las relaciones topológicas existentes en un *graph* plano 2D como vía para almacenar y mantener las relaciones topológicas entre objetos durante la generalización (Theobald, 2001).

Los algoritmos de generalización de polígonos implementados en SIG's de propósito general como ArcGIS o MiraMon han resultado insuficientes para la resolución de la generalización del MCSC para obtener un mapa que cumpla los requisitos de SIOSE por lo que ha sido necesaria la elaboración de un algoritmo específico para este paso que tenga en cuenta sus aspectos particulares y su complejidad.

Básicamente se han optimizado dos operaciones de generalización conocidas en la literatura: la eliminación de polígonos pequeños y la eliminación parcial de elementos delgados. Al eliminar polígonos éstos se fusionan con polígonos adyacentes (por ello esta operación se llama *dissolve* en inglés), generalmente es-

cogiendo el polígono de área mayor (Jonson et al., 1999). Este método ha sido refinado para evitar algunos de sus problemas típicos. Uno de los problemas que presenta esta solución es que tiende a eliminar por completo agrupaciones de pequeños polígonos temáticamente homogéneos y que juntos cumplirían con los requerimientos de área y pasillos al unir estos polígonos con otros de sus alrededores. Un ejemplo típico de esta situación son pequeñas agrupaciones de construcciones rurales que son absorbidas por los campos que las rodean (figura 9). Por ello se mejora este algoritmo procediendo a la eliminación de los polígonos de área inferior primero, procurando unirse con un polígono lo más pequeño posible y de atributo lo más similar posible. Por otro lado, se ha aplicado un proceso de división de los polígonos que contienen elementos delgados que pueden evitar la unión de polígonos que no son adyacentes pero que se encuentran solamente separados por pequeños pasillos y que juntos cumplen los requerimientos de área.

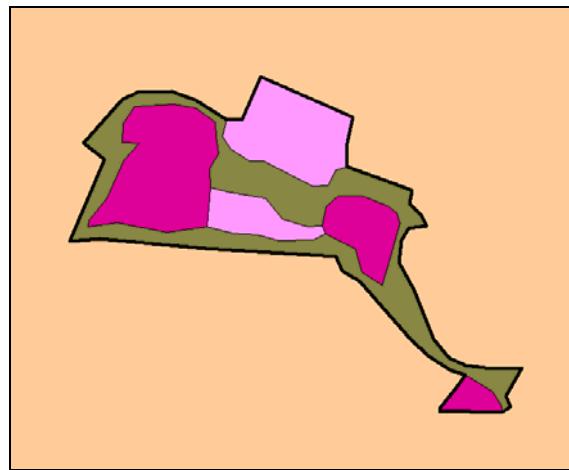


Figura 9. Agrupación de polígonos pequeños temáticamente afines. Superposición del mapa de cubiertas del suelo de Cataluña (en colores) y la generalización final ya como producto SIOSE (trazos gruesos de color negro).

La eliminación de elementos delgados se ha realizado a partir de un algoritmo propio consistente en la densificación temporal del número de vértices que describen la frontera del polígono de forma que la distancia entre vértices sea 5 veces inferior a la magnitud del elemento más delgado tolerado. Posteriormente se miden las distancias de un vértice dado al resto de vértices del polígono y se determina el menor mínimo local y se asigna a este vértice ese valor como la delgadez de aquel punto. Cuando se detecta un número suficiente de vértices seguidos con una delgadez inferior a la delgadez menor tolerada se considera que se ha encontrado un tramo delgado en el polígono. Este tramo de polígono es cortado del resto del polígono introduciendo segmentos lineales transversales al pasillo para separarlo del resto. No se elimina todavía el polígono enteramente delgado resultante dado que este proceso se demora hasta que se ejecuta el proceso de eliminación de polígonos pequeños dado que se ha observado que esto permite mejores resultados.

- Generalización temática.

Los aspectos temáticos (semánticos) deben ser también considerados durante los procesos de eliminación de polígonos pequeños o fragmentos de polígonos delgados. Un conjunto de reglas pueden ser usadas para especificar prioridades de fusión entre polígonos vecinos (Daley y Goodenough, 1997). Se ha definido una tabla de prioridades de fusión entre polígonos en función de los atributos a ambos lados de una frontera priorizando categorías afines. Esto tiene la doble ventaja de generar polígonos temáticamente más homogéneos y aproximar automáticamente el resultado final lo más posible a los requerimientos de la leyenda de SIOSE. Por otro lado también se han tabulado un conjunto de reglas que especifican los límites de delgadez y de pequeñez de cada polígono cosa que es particularmente importante para la obtención de SIOSE porque estos límites dependen del valor de los atributos.

Cabe destacar que los procesos de fusión de polígonos conservan todos los atributos como múltiples registros asociados al objeto fusionado en cuestión y también se guarda el valor del área original que ocupa-

ba cada atributo en el objeto original. El resto de procesos también respetan esta información por lo que se llega al final del proceso con información precisa y suficiente que permite adaptar la legenda del conjunto de objetos original a la leyenda de SIOSE con facilidad. En este caso se ordenan los atributos de mayor a menor área original y se eliminan aquellos cuando su porcentaje de área ocupada es marginal.

El proceso de elaboración del citado algoritmo ha seguido un proceso de diseño en espiral donde programadores y elaboradores del mapa han trabajado conjuntamente en sucesivas reuniones que han permitido refinar el algoritmo y mejorarlo progresivamente hasta alcanzar el resultado deseado. Finalmente este algoritmo se ha incorporado al módulo de propósito general llamado MicroPol incluido en el SIG-MiraMon (figura 10). Las superficies y anchuras mínimas según cada categoría se introducen en el programa mediante una base de datos en formato DBF IV, mientras que para la eliminación de los pasillos la información se suministra mediante parámetros (anchura mínima genérica de un polígono SIOSE, 15 m, y longitud máxima para que un pasillo sea tolerable, 60 m).

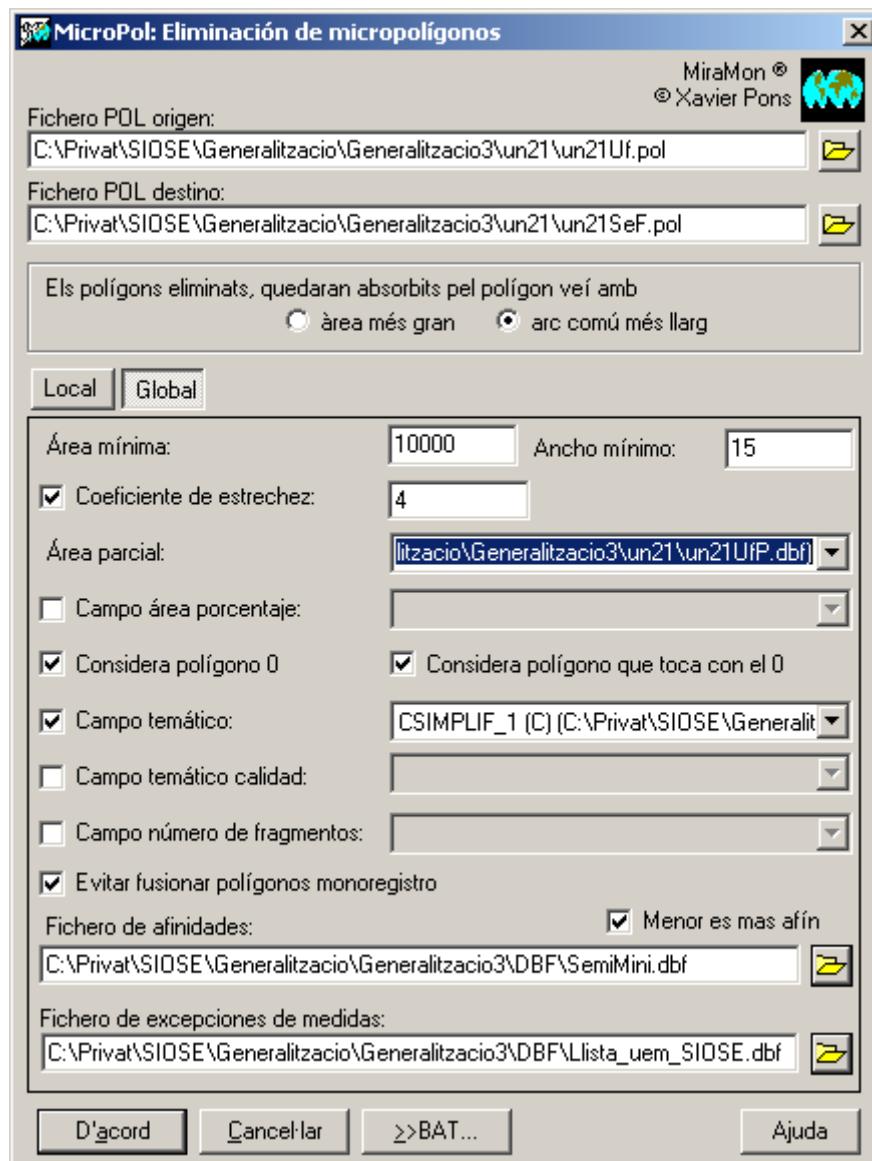


Figura 10. Módulo MicroPol del SIG-MiraMon mediante el cual se generaliza la información geográfica del MCSC a SIOSE.

Por otra parte, de la fusión de diferentes polígonos aparecen otros nuevos que contienen la información de los polígonos originales fusionados, incluso en proporciones muy bajas. Esto es así porque la superficie mínima del MCSC (500 m^2) es muy pequeña en comparación a la de SIOSE (entre 0.5 ha y 2 ha). Para evitar una relación demasiado extensa de categorías poco representativas, con el mismo programa se aplica un umbral del 3% de la superficie total del polígono por debajo del cual no se incorpora la información de los objetos gráficos más pequeños; este porcentaje es más estricto que las especificaciones SIOSE, en que se acepta no se recoja por debajo del 5%.

Este módulo además calcula la superficie absoluta y relativa de cada una de las categorías contenidas en los polígonos fusionados.

Asignación de los códigos GUID.

Dado que SIOSE trabaja con un modelo de datos orientado a objeto, los polígonos y cada una de las categorías presentes en ellos (según la normativa del proyecto SIOSE), deben tener asignados identificadores globales y únicos de tipo GUID. En el caso de SIOSE en Cataluña, se ha desarrollado una opción *ad hoc* en el módulo GestBD del SIG-MiraMon que permite generarlos y asignarlos a los polígonos resultantes de la generalización del MCSC. Estos códigos se almacenan en las mismas bases de datos DBF ligados a la parte gráfica (figura 11).

	GUID_IDGRF	GUID_IDENT	GUID_ATRIB
2	98a3224d-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c7a5c91b-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	a4f0e8ee-c1bc-11dc-8618-001a929f0730
3	98a3224d-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c7a5c91b-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	a4f0e8ee-c1bc-11dc-8618-001a929f0730
4	98a3224d-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c7a5c91b-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	a4f0e8ee-c1bc-11dc-8618-001a929f0730
5	98a3224d-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c7a5c91b-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	a4f0e8ee-c1bc-11dc-8618-001a929f0730
6	98a3224d-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c7a5c91b-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	a4f0e8ee-c1bc-11dc-8618-001a929f0730
7	98a3224d-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c7a5c91b-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	a4f0e8ee-c1bc-11dc-8618-001a929f0730
8	98a3224d-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c7a5c91b-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	a4f0e8ee-c1bc-11dc-8618-001a929f0730
9	98a3224d-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c7a5c91b-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c34ee7fd-c1bc-11dc-8618-001a929f0730
10	98a3224d-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c7a5c91b-c1bc-11dc-8618-001a929f0730	c34ee7fd-c1bc-11dc-8618-001a929f0730

Figura 11. Módulo MiraDades del SIG-MiraMon mostrando dos de los campos que contienen códigos GUID en la base de datos DBF de la parte gráfica de los polígonos SIOSE.

Traspaso de la información de las tablas DBF a la base Access de SIOSE.

La información que el proyecto exige y que está contenida en las tablas DBF IV de la capa gráfica en formato MiraMon debe transferirse a la base Access de SIOSE. En este caso, se ha utilizado el programa MiraBosc (Vayreda, 2000); otras operaciones con tablas DBF IV se han realizado con los módulos GestBD y MiraDades del SIG MiraMon. Este programa se basa en el estándar Open Database Connectivity (ODBC) que es un estándar de acceso a Bases de Datos desarrollado por Microsoft Corporation; el objetivo de ODBC es hacer posible el acceder a cualquier dato desde cualquier aplicación, sin importar qué Sistema Gestor de Bases de Datos almacene los datos (Microsoft, 2010).

El proceso consiste en la confección y aplicación de una serie de consultas escritas en lenguaje SQL (figura 12). El Lenguaje de consulta estructurado (SQL, en inglés Structured Query Language) es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones sobre las mismas. Una de sus características es el manejo del álgebra y el cálculo relacional permitiendo lanzar consultas con el fin de recuperar -de una forma sencilla- información de interés de una base de datos, así como también hacer cambios sobre la misma (Klein, 2004).

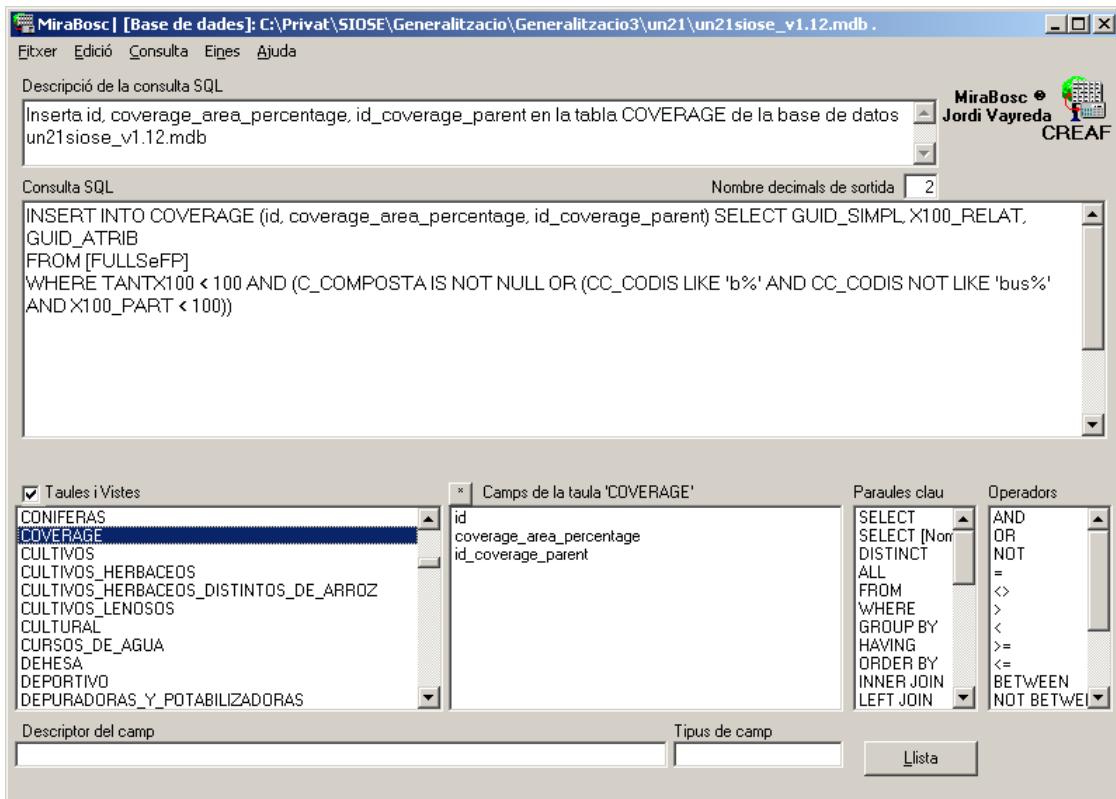


Figura 12. Programa MiraBosc utilizado para la transferencia de la información desde las tablas DBF IV de la información gráfica en formato MiraMon a la base de datos Access de SIOSE.

Cambio en el sistema geodésico de referencia.

El MCSC es elaborado en el sistema geodésico de referencia ED50 (parámetros UB/ICC). Sin embargo, el sistema geodésico de referencia de SIOSE es ETRS89. Por tanto, se impone un cambio de sistema de referencia que en nuestro caso lo realizamos con el módulo CanviPrj del SIG-MiraMon (figura 13).

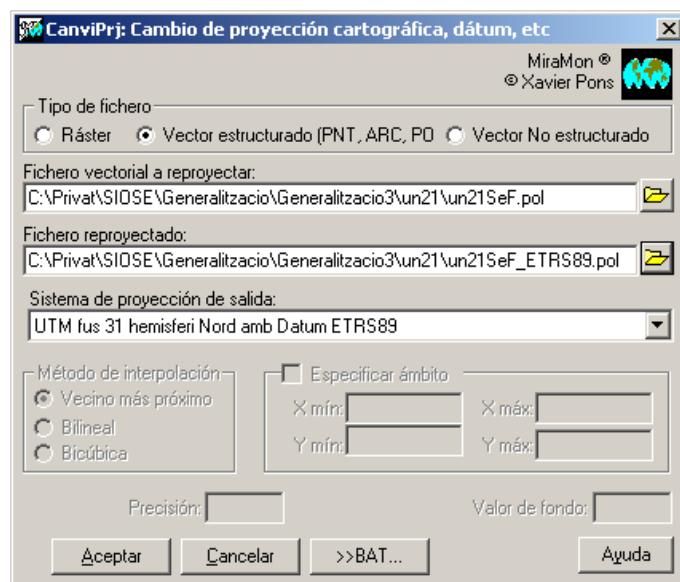


Figura 13. Módulo CanviPrj del SIG-MiraMon, utilizado para cambiar el sistema de proyección de la base geográfica de ED50 a ETRS89

Exportación de la parte gráfica.

Como ya hemos comentado, el MCSC utiliza el SIG MiraMon y su formato propio de fichero vectorial estructurado topológicamente. De entre las opciones de exportación, hemos optado por la transformación a formato Shape de ESRI con el módulo ShpTop de MiraMon (figura 14). Este paso finaliza la pasarela desde el MCSC al SIOSE.

En las figuras 15 a 17 se ejemplifica de generalización del MCSC a SIOSE. Obsérvese cómo la generalización produce el resultado esperable.

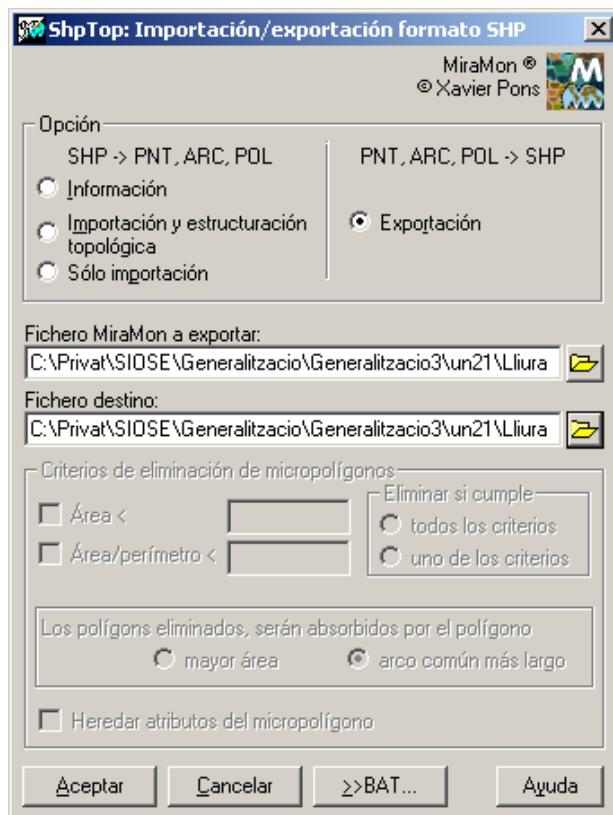


Figura 15. Módulo CanviPrj del SIG-MiraMon, utilizado para cambiar el sistema de proyección de la base geográfica de ED50 a ETRS89

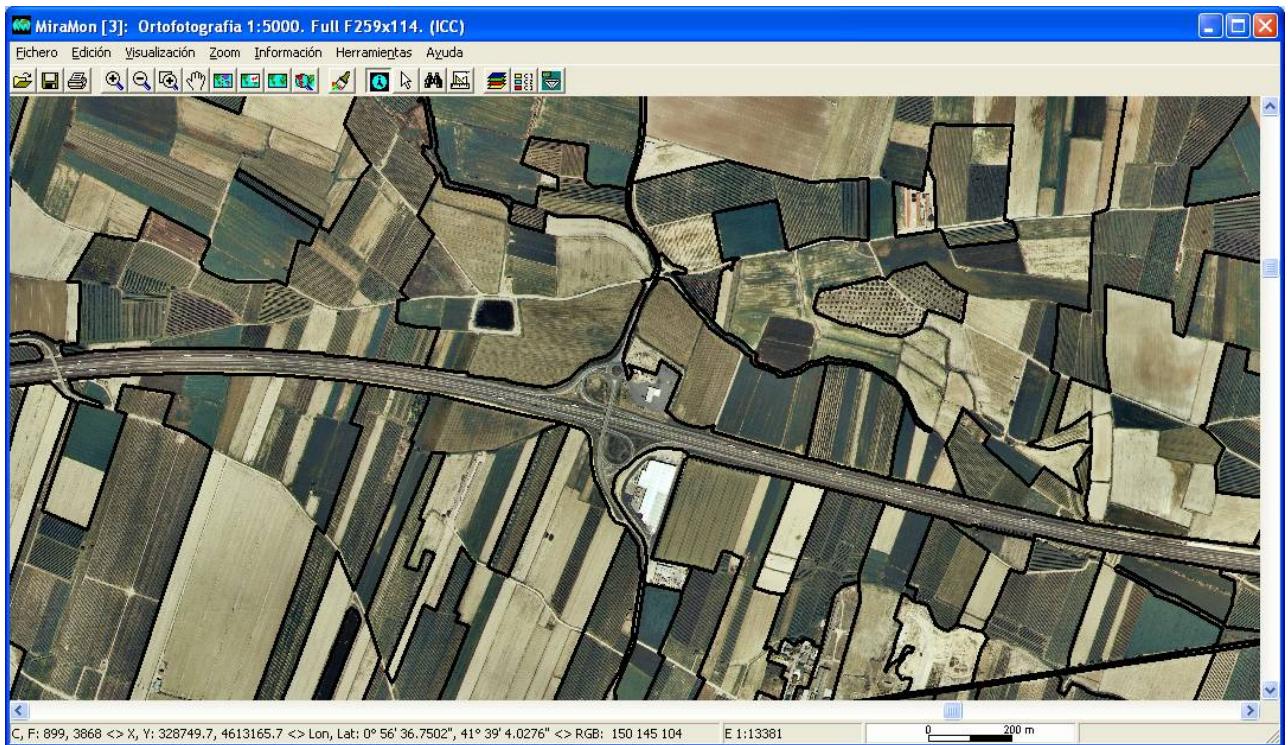


Figura 15. Ortoimagen 1:5000 con los polígonos de SIOSE superpuestos, una vez completada la generalización, en color negro. Compruébese la perfecta concordancia entre polígonos e imagen.

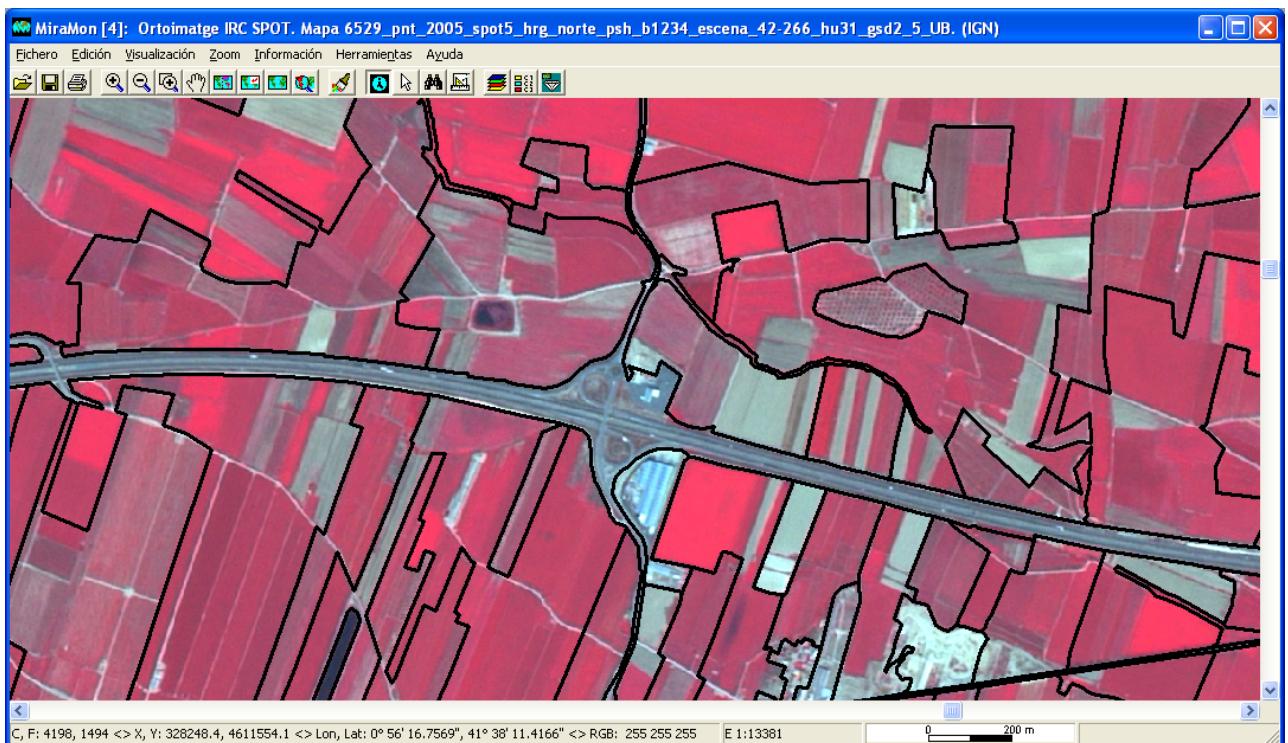


Figura 16. Imagen SPOT 1:25000 con los polígonos de SIOSE superpuestos, una vez completada la generalización, en color negro. En este caso, no se observan diferencias temporales ya que la ortoimagen base era del año 2005.

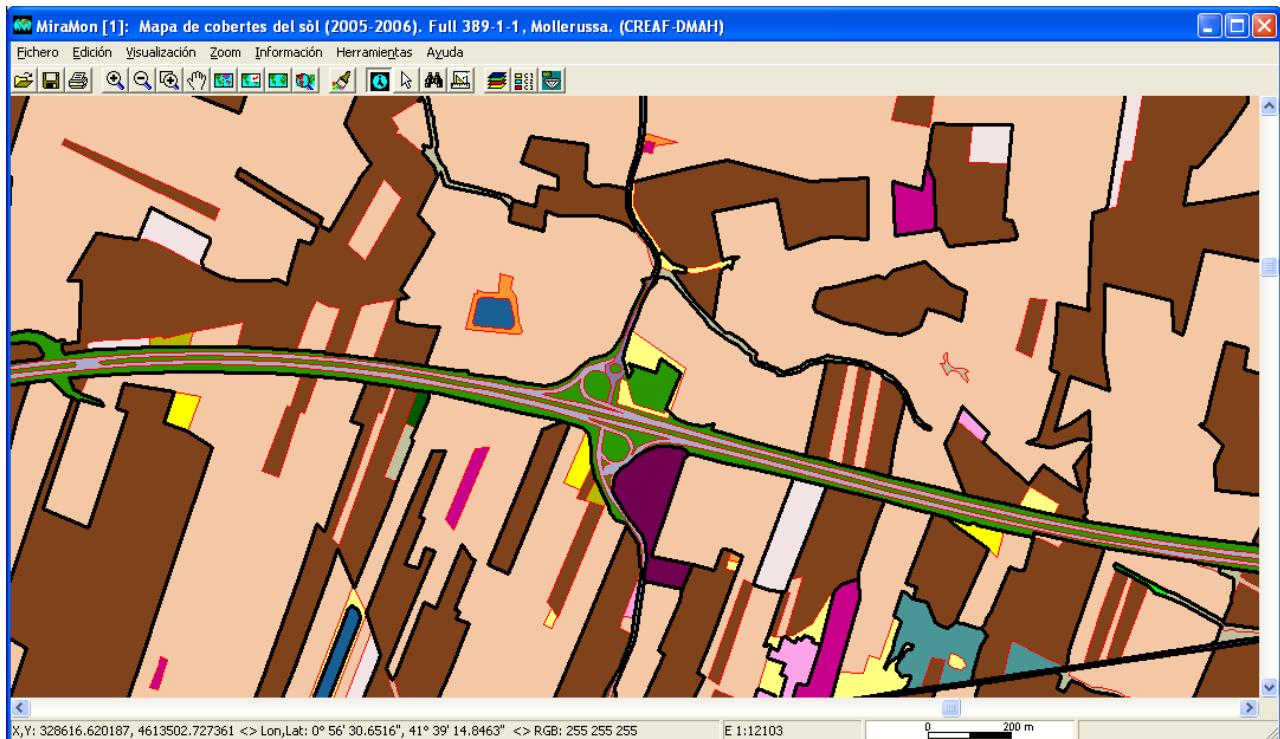


Figura 17. En la imagen se superponen el Mapa de cubiertas del suelo de Cataluña (en colores) y la generalización final ya como producto SIOSE (trazos gruesos de color negro). Obsérvese como la autopista (el polígono que cruza de lado a lado) para el MCSC son dos cubiertas, la calzada y los parterres y rotondas, que por el proceso de generalización se convierten en la categoría SIOSE de Red Viaria.

Incorporación de los metadatos.

El MCSC elabora sus propios metadatos. Éstos son o se han hecho compatibles con los de SIOSE. Para su incorporación y gestión, se utiliza el módulo GeMM del SIG-MiraMon (figura 18). Puesto que el formato generado por este módulo, REL, no es compatible con el de SIOSE, XML, se emplea la capacidad del módulo de exportar a formato XML. El fichero XML producido es altamente compatible con la plantilla XML proporcionada por la Dirección Técnica de SIOSE. Las pocas diferencias se solventan mediante retoques con otro módulo del SIG-MiraMon, CanviRel.

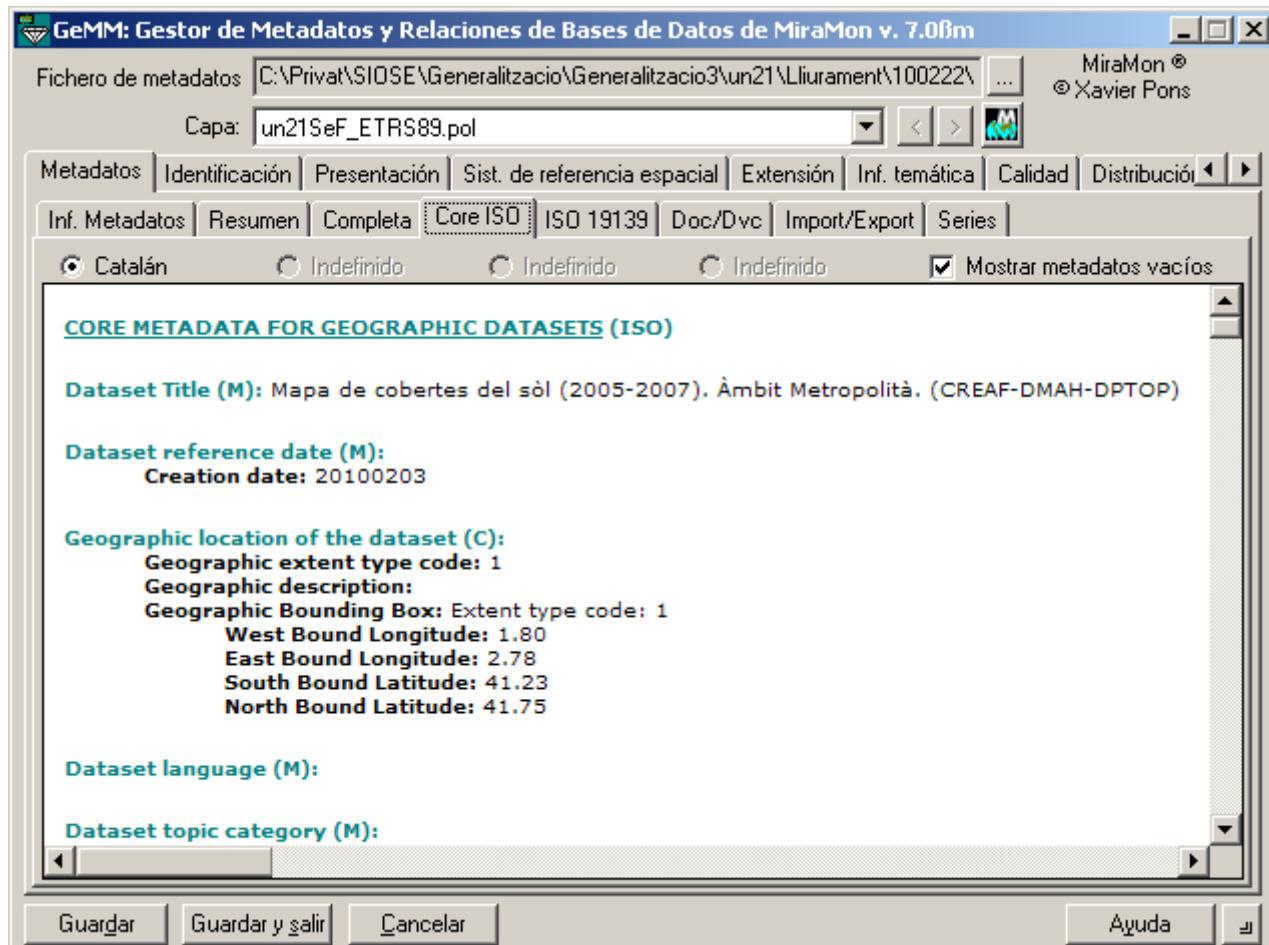


Figura 18. Módulo GeMM del SIG-MiraMon, utilizado para la gestión de los metadatos, tanto del MCSC como de SIOSE en Cataluña.

Control de calidad de SIOSE en Cataluña.

Finalmente, este material se ha entregado, para su control de calidad, al ICC quien, si consideraba que debía hacerse alguna corrección, lo retornaba al CREAF para que así procediese, y si era correcto, éste lo remitía al IGN para que efectuase un ulterior control de calidad. De no ser correcto, el producto podía ser returnedo al CREAF para que reiniciase el proceso de revisión.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo de fotointerpretación del CREAF, sin cuyo trabajo este artículo habría sido imposible: M. Banqué, O.Boet, R. Castells, M. Deu, A. Grau, A. Guàrdia, C. Guerrero, R. Isern, B. Lijó, T. Marcos, G. Muñoa, E. Ollé, A. Sánchez, y P. Vicente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bader, M. y Weibel, R. (1997): Detecting and resolving size and proximity conflicts in the generalization of polygonal maps. *Proceedings 18th International Cartographic Conference*, Stockholm, 23-27 June, pp. 1525-1532.

Burriel, J.A., Ibàñez, J.J., Masó, J. (2008). "SIOSE en Cataluña: Obtención a partir del Mapa de cubiertas del suelo de Cataluña". En: *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial. XIII Congreso Nacional de tecnologías de la información geográfica. Las Palmas de Gran Canaria*. ISBN: 978-84-96971-53-0.

Burriel J.A., Ibàñez J.J., Pons X. (2005). Segunda edición del mapa de cubiertas del suelo de Cataluña: Herramienta para la gestión sostenible del territorio. En: *La Ciencia Forestal: Resuestas para la sostenibilidad. 4º Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales*. ISBN: 84-921265-7-4.

CREAF (2010): Mapa de cobertes del sòl de Cataluña (MCSC). <http://www.creaf.uab.cat/mcsc/> (visitado julio de 2010)

Daley, N., Goodenough, D.G., Bhogal, A.S., Bradley, Q. y Yin, Z. (1997): Comparing Raster And Object Generalization. *Geoscience and Remote Sensing, 1997. IGARSS '97. 'Remote Sensing - A Scientific Vision for Sustainable Development'*. 3-8 August, pp. 677-679 vol.2.

Douglas, D.H. y Peucker, T.K. (1973): Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a line or its caricature. *The Canadian Cartographer* 10 (2) 112-122.

Galanda, M. (2001): Optimization techniques for polygon generalization *ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization*.

Galanda, M. (2003): Automated Polygon Generalization in a Multi Agent System. Department of Geography of the University of Zurich. Thesis advised by Prof. R. Weibel.

Galanda, M. (2003): Modelling constraints for polygon generalization. *ICA Workshop*. Paris, 2003.

Gold, C., Thibault, D. y Liu, Z. (2002): Map Generalization by Skeleton Retraction GenThib. *21th International Cartographic Generation*

Hershbergera, J. y Snoeyinkb, J. (1998): Cartographic line simplification and polygon CSG formul‘ in $O(n \log^* n)$ time. *Computational Geometry* 11 175-185

Ibàñez, J.J. y Burriel, J.A. (2010): Mapa de cubiertas del suelo de Cataluña: características de la tercera edición y relación con SIOSE. *XIV Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*. Sevilla.

IGN (2010): Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE). <http://www.siose.es/siose/index.html> (visitado julio de 2010)

Johnston, M.R., Scout, C.D. y Giba, RG (1999): Problems Arising From A Simple GIS Generalisation. In *Proceedings: SIRC 99 The 11th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre*. University of Otago, Dunedin, New Zealand. December 13–15th. pp.191-200.

Kline, K. (2004): *SQL in a Nutshell: a Desktop Quick Reference*. O'Reilly & Associates Inc, Chambersburg, Pennsylvania, 710 pp.

Lawford, G.J. (2006): Fourier Series and the cartographic line. *International Journal of Geographical Information Science* Vol20 No1, January 31-52.

Microsoft Corporation (2010): Sistema Microsoft Open Database Connectivity (ODBC). [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms710252\(VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms710252(VS.85).aspx) (visitado julio de 2010)

Pons, X. (2010): *MiraMon. Geographic Information System and Remote Sensing software*. CREAf. Bellaterra. ISBN: 84-931323-5-7.

Theobald, D.M. (2001): Topology revisited representing spatial relations *Int. J. Geographical Information Science*, Nol. 15, no. 8, 689-705.

Vayreda, J. (2000): MiraBosc: un programa gestor de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. *Silvicultura* 29:7-9.