

# 2

## El mapa de usos y coberturas vegetales del suelo de Andalucía

El mapa de usos y coberturas vegetales del suelo de Andalucía



## 2.1 Introducción

Un mapa de usos del suelo puede definirse como una cartografía temática que representa las diferentes formas de ocupación del territorio según un número variable de categorías predefinidas y que, actualizada periódicamente, permite la extracción de indicadores relacionados con la dinámica, fundamentalmente socioeconómica y medioambiental, de una región.

Todo proyecto de elaboración de cartografía temática exige el planteamiento de unos principios básicos iniciales que han de servir como punto de partida para el propio diseño del proyecto. Así, deben quedar definidas las escalas de trabajo, los requisitos en cuanto a geometría y unidad espacial de referencia, los parámetros geodésicos del sistema de proyección, el modelo de datos adecuado a los objetivos del proyecto y, por último, las fuentes de información que han de sustentarlo. Esta conceptualización de los principios básicos que han de regir el levantamiento de la información, en el caso de las cartografías generadas o promovidas por la Consejería de Medio Ambiente, estará de acuerdo a los principios observados por la información integrada en el SinambA y en la Red de Información Ambiental de Andalucía.

Desde que la Consejería de Medio Ambiente inició el proyecto de elaboración del mapa de usos y coberturas vegetales, en el año 1987, hasta la elaboración de las versiones recientemente finalizadas (1999 y 2003) prácticamente todos estos requisitos han ido evolucionando y los objetivos del proyecto se han ido haciendo progresivamente más ambiciosos.

Los dos aspectos más importantes que han cambiado desde 1987 a la actualidad son la escala final del mapa y las fuentes básicas y auxiliares de información. Los cambios en escala y fuentes han dado lugar, a su vez, un aumento de la precisión geométrica y a una especialización de la información temática, referida esta especialización a la inclusión de información adicional, quedando el mapa sustancialmente enriquecido.

En las versiones iniciales, la principales fuentes de información eran casi exclusivamente las imágenes de satélite, y la escala 1:50.000 fue la que más fielmente se adaptaba a sus características, siendo la escala de gran parte de la cartografía temática disponible y suponiendo, además, una mejora sustancial de la escala de la cartografía derivada del proyecto CORINE Land Cover, que estaba planteado originalmente a 1:100.000.

A partir de 1999, la CMA toma la decisión de aumentar la escala del mapa hasta 1:25.000 en virtud de la disponibilidad de un vuelo fotogramétrico a color de toda la región, en cuya elaboración colaboraron tres Consejerías diferentes (Medio Ambiente, Obras Públicas y Transportes y Agricultura y Pesca) y con una resolución de 1m., lo cual posibilita una fotointerpretación considerablemente más detallada en comparación a los 30m. de resolución espacial de las imágenes Landsat TM utilizadas originalmente. Esta escala, 1:25.000, será, además, coherente con los

requisitos del proyecto que desde el Instituto Geográfico Nacional se está desarrollando para la futura elaboración de una cartografía de usos y ocupación del suelo de todo el territorio nacional (SIOSE). Ver figura 1.



**Figura 1.** Mapa de Usos y Coberturas Vegetales de Andalucía superpuesto a la imagen Landsat TM en falso color (verano 1999) y a la ortofoto color (1998-1999).

La disponibilidad del vuelo fotogramétrico a color de 1999 no es la única mejora en cuanto a las fuentes disponibles; frente a la escasa disponibilidad de fuentes temáticas de finales de la década de los 80, actual-

mente se dispone de suficiente información como para generar un mapa de estas características con un nivel de calidad importante; los mapas de cultivos y aprovechamientos de Andalucía, el mapa forestal nacional, el sistema de Información parcelaria (SIGPAC) o la cartografía topográfica 1:10.000 son sus principales fuentes en formato vectorial. A su vez, se dispone cada vez de más y mejores productos derivados de la teledetección como son los Índices Normalizados de Vegetación (NDVI), de producción sistemática, o los productos resultantes de procesos de fusión de imágenes (Landsat TM 1999 + IRS/PAN 1998), además de nuevos sensores como SPOT-5, puesto en órbita en mayo de 2002. Por su parte, el propio proceso de actualización cartográfica conlleva una mejora continua de la calidad de los mapas, y teniendo en cuenta que las actualizaciones tienen una de sus bases en el hecho de que cada versión es fuente de la siguiente, esto resulta fundamental para procurar una mejora progresiva de su calidad. Por último, la profusión de trabajos coordinados por la CMA permiten la cada vez mayor disponibilidad de datos capturados directamente en campo incluso en aquellos casos que no hayan sido diseñados específicamente para la captación de información relativas a los usos del suelo.

Todas estas mejoras han llevado también a una mayor especialización de los datos, de manera que si bien la leyenda y el diccionario de clases no han sufrido ninguna modificación desde la versión de 1995, ya que su diseño está pensado para admitir ampliaciones jerárquicas en el futuro, en la actualidad, en las últimas versiones, se ha incorporado una base de datos paralela, asociada a la geometría de los polígonos, sobre información taxonómica de los usos forestales del mapa, que alcanza un nivel de precisión temática que podría decirse que está próxima al inventa-

riado y que constituye un verdadero avance y elemento diferenciador de esta cartografía.

Diversas publicaciones de la CMA recogen los procedimientos y resultados de los mapas referidos a 1991 (*Moreira, J.M. y González, A; Cartografía y Estadística de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo en Andalucía. Evolución 1976–1991*), 1995 (*Moreira J.M; Evolución de usos del suelo y ecosistemas en el periodo 1976–1995 en Andalucía; Moreira, J.M y Fernández Palacios, A; Usos y coberturas vegetales del suelo en Andalucía.*

*Seguimiento a través de imágenes de satélite) y 1999 (Usos y Cobertura Vegetales del Suelo de Andalucía, Cartografía y estadística. 1991–1999, CD de la Red de Información Ambiental de Andalucía).*

En los epígrafes que siguen se hará una descripción detallada de los principios o requisitos básicos que se han tenido en consideración en el ya prolongado periodo de elaboración y actualización de los Mapas de Usos y Coberturas Vegetales de Andalucía y que han de servir de referencia para la elaboración de las futuras versiones.



**Figura 2.** Fuentes auxiliares para la interpretación del mapa de usos y coberturas vegetales del Suelo en Andalucía: Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, sistema de Información parcelaria (SIGPAC) y mapa topográfico 1:10.000.

VERSIÓN	ESCALA	MODELO DATOS	TOPOLOGÍA	BASE REFERENCIA	FUENTES AUX	PROYECCIÓN	DATUM
1991	1:50.000	144 clases jerarquizadas	Poligonal	Landsat TM	MTR,M50, F33, CLC, C	UTM Huso 30	Europeo de 1950
1995	1:50.000	162 clases jerarquizadas	Poligonal	Landsat TM	MTR,M50,MU, F33,CLC,C	UTM Huso 30	Europeo de 1950
1999 (1)	1:50.000	162 clases jerarquizadas	Poligonal	Landsat TM	MTR,MU,MFP, NDVI	UTM Huso 30	Europeo de 1950
1999 (2)	1:25.000	162 clases jerarquizadas + taxonomía	Poligonal	Ortofotografía color (1m.)+ Landsat TM	MTV,MC,MFP, NDVI,IF,MU, C	UTM Huso 30	Europeo de 1950
2003	1:25.000	162 clases jerarquizadas + taxonomía	Poligonal	Ortofotografía BN (0,5m.) + Landsat TM	MTV,MC,MFD, NDVI,IF,MU, C	UTM Huso 30	Europeo de 1950

MTR: Topográfico 1:10.000 raster.

MTV: Topográfico 1:10.000 vectorizado

M50: Mapa topográfico raster 1:50.000 del Ejército

MC: Mapa de cultivos y aprovechamientos

MFP: Mapa Forestal de España (formato papel)

MFD: Mapa forestal de España digitalizado

CLC: Corine Land Cover de 1987

MU: Versiones anteriores del mapa de usos

F33: Fotografía aérea 1:33.000 de 1978

NDVI: Índices normalizados de vegetación

IF: Imágenes de fusión

C: información de campo

**Tabla 1.** Características básicas de las diferentes versiones de los Mapas de usos y coberturas vegetales de Andalucía.

## 2.2 Nomenclatura y modelo de datos

Un modelo de datos es un sistema formal que permite describir cómo se estructuran y organizan los datos así como las restricciones y relaciones que existen entre ellos de acuerdo con reglas y convenios preestablecidos. El mapa de usos y coberturas vegetales ha adoptado un modelo de datos jerárquico que define una estructura simple de dependencia *padre/hijo* entre sus clases, de manera que cada *padre* del modelo puede tener varios *hijos* y cada uno de ellos sólo puede tener un *padre*. Esta estructura de los datos, pese a su rigidez en otras aplicaciones de bases de datos relacionales, se adapta adecuadamente a la estructuración de las diferentes tipologías de coberturas del suelo en cuanto a su expresión cartográfica. Establecidas las

clases primarias o *segmentos raíz* del modelo, permite el aumento de la complejidad del árbol jerárquico conforme aumenten las posibilidades técnicas de captura de información por aumento de escala o de resolución de las fuentes.

Tal y como quedó planteado en la 1ª Reunión Científica de la Asociación Española de Teledetección celebrada en 1986, los precedentes en la nomenclatura, en relación a la cartografía de usos del suelo, debían situarse en la cartografía derivada del ya mencionado proyecto promovido por la Comunidad Europea, CORINE Land Cover, y en su transposición a la leyenda del proyecto nacional análogo promovido por el IGN. Estos planteamientos expuestos antes incluso de la presentación del propio proyecto CORINE Landcover son una clara muestra del deseo de

homogenización de criterios entre administraciones, deseo que continúa actualmente y al que se hará referencia en los trabajos de diseño técnico y metodológico del próximo mapa nacional de usos y coberturas del suelo (proyecto SIOSE).

El análisis de las peculiaridades de la ocupación del suelo en la región y la voluntad de compatibilizar las nomenclaturas de partida con la del mapa de Andalucía, llevó al establecimiento de una estructura inicial de 144 clases organizadas bajo cuatro grupos básicos; *Superficies edificadas e infraestructuras*, *Zonas húmedas y superficies de agua*, *Territorios agrícolas*, y *Áreas forestales y naturales*.

Estas 144 clases se ampliaron hasta 162 con la segunda versión, publicada en 1995, en ambos casos abarcando hasta seis niveles jerárquicos diferenciados. El modelo teórico en que se basa la estructuración de estos niveles de datos es relativamente simple; por debajo de los 4 grupos básicos mencionados, se ramifican 12 subgrupos, 41 clases, 67 subclases, 31 tipos y 7 subtipos según se aumenta en concreción, hasta llegar al nivel de uso u ocupación de mayor detalle delimitado por cada polígono de la cartografía, y al cual se le asigna un código específico, de tres dígitos, aplicable al mapa. En las tablas 2, 3, 4 y 5 se muestran ejemplos concretos dentro de cada uno de los cuatro grupos básicos.

Desde 1995 hasta la versión más reciente de 2003, esta estructura ha permanecido inalterada, y aunque mantienen la compatibilidad con las nomenclaturas europea y nacional, se diversifican muchas de sus clases con vistas a ofrecer una información orientada a las necesidades de la gestión medioambiental y las características propias de Andalucía. Las 162 clases se ubican en una estructura jerárquica compuesta por 112 clases en el nivel más desagregado que puede ser representado gráficamente. Como ya se ha mencionado, la estructura de un modelo de datos jerárquico garantiza la pertenencia a una clase superior si se pertenece a otra clase inferior dependiente de esta.

Tanto las nomenclaturas como el número de clases generadas han respondido siempre a un criterio de índole predominantemente ambiental, así como a las posibilidades que se derivan de un proceso de fotoidentificación/fotointerpretación sobre las fuentes básicas utilizadas. Las clases de este mapa responden, pues, a aquello que un fotointerprete experimentado es capaz de interpretar, con un criterio ambiental, sobre una ortoimagen de satélite y una ortofoto, siendo fácilmente repetible la interpretación a lo largo del tiempo con el mínimo esfuerzo de trabajo de campo posible.

A lo largo de este texto se hará alusión en varias ocasiones a una de las novedades im-

	CÓDIGO JERÁRQUICO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO MAPA
<b>4 Grupos</b>	1	Superficies edificadas e infraestructuras	–
<b>12 Subgrupos</b>	1.1	Zonas urbanas	–
<b>41 Clases</b>	1.1.2	Urbanizaciones	–
<b>67 Subclases</b>	1.1.2.1	Urbanizaciones residenciales	115
<b>31 Tipos</b>	–	–	–
<b>7 Subtipos</b>	–	–	–

**Tabla 2.** Dependencia jerárquica en el grupo 1. Urbanizaciones residenciales.

	CÓDIGO JERÁRQUICO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO MAPA
<b>4 Grupos</b>	2	Zonas húmedas y superficies de agua	–
<b>12 Subgrupos</b>	2.2	Zonas húmedas y superficies de agua continentales	–
<b>41 Clases</b>	2.2.1	Ríos y cauces	–
<b>67 Subclases</b>	2.2.1.2	Ríos y cauces naturales: vegetación riparia	–
<b>31 Tipos</b>	2.2.1.2.1	Ríos y cauces naturales: bosque galería	315
<b>7 Subtipos</b>	–	–	–

**Tabla 3.** Dependencia jerárquica en el grupo 2. Ríos y cauces naturales: bosque galería

	CÓDIGO JERÁRQUICO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO MAPA
<b>4 Grupos</b>	3	Territorios agrícolas	–
<b>12 Subgrupos</b>	3.1	Áreas agrícolas homogéneas	–
<b>41 Clases</b>	3.1.2	Áreas agrícolas homogéneas en regadío	–
<b>67 Subclases</b>	3.1.2.2	Cultivos leñosos en regadío	–
<b>31 Tipos</b>	3.1.2.2.2	Regados	–
<b>7 Subtipos</b>	3.1.2.2.2.1	Cítricos	431

**Tabla 4.** Dependencia jerárquica en el grupo 3. Cítricos

	CÓDIGO JERÁRQUICO	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO MAPA
<b>4 Grupos</b>	4	Áreas forestales y naturales	–
<b>12 Subgrupos</b>	4.1	Zonas forestales y naturales arboladas	–
<b>41 Clases</b>	4.1.3	Formaciones de matorral disperso con arbolado	–
<b>67 Subclases</b>	4.1.3.1	De quercineas	–
<b>31 Tipos</b>	4.1.3.1.1	Con arbolado denso	711
<b>7 Subtipos</b>	–	–	–

**Tabla 5.** Dependencia jerárquica en el grupo 4. Formaciones de matorral disperso con arbolado denso de quercineas.

portantes de las últimas versiones del mapa de usos y coberturas vegetales, la incorporación de información taxonómica asociada a las clases del grupo 4 (Áreas forestales y naturales). El mapa ha quedado enriquecido mediante la aportación de diversos atributos relacionados con la taxonomía vegetal (especies dominantes y codominantes en el estrato arbóreo y arbustivo, así como las formaciones vegetales correlativas), obtenidos a partir de un intenso trabajo de campo. La

información relativa a la taxonomía vegetal podría considerarse desde un punto de vista teórico como parte del modelo de datos jerárquico haciendo depender cada taxón de cada uno de los tipos de la clase 4, considerándolos subtipos. La información taxonómica quedaría así jerárquicamente relacionada, sin embargo, el alcance en cuanto a número de taxones<sup>1</sup>, y el ingente número de formaciones vegetales a las que dan lugar (se han cartografiado unas 3500 combinaciones pre-

1 Se contemplan todos los taxones vegetales de Andalucía que, a nivel de especie, están registrados en el diccionario normalizado del subsistema de información sobre biodiversidad, integrado en la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).

sentes en Andalucía), invitan a considerarlo, desde un punto de vista práctico, como una base de datos asociada a la cartografía de usos, y por supuesto integrada con ella, que aporta una especialización considerable de la información relativa a las especies y formaciones vegetales.

Se verá a continuación el modelo de datos específico de cada una de los niveles básicos mencionados.

### 2.2.1 Superficies edificadas e infraestructuras

Las superficies edificadas e infraestructuras, incluyen 22 clases divididas, en un segundo nivel, en cuatro principales según se trate de suelo urbano, zonas industriales o comerciales, zonas mineras y vertederos, o zonas

verdes y espacios de ocio. Cada una de estas cuatro clases principales se divide, en un tercer nivel, en tipologías con formas de ocupación claramente diferenciadas, mientras que un cuarto nivel admite particularidades de alguno de esos casos, (caso de las urbanizaciones residenciales o las agrícola/residenciales, por ejemplo).

### 2.2.2. Zonas húmedas y superficies de agua

La clase zonas húmedas y superficies de agua, se subdivide en el segundo nivel de definición según sean litorales o continentales, estableciéndose en cada caso otras subdivisiones características (marismas, salinas, albuferas y estuarios en el litoral y ríos, canales, lagunas y embalses en el interior) atendiendo principalmente al carácter natural o

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	
Superficies edificadas e infraestructuras	Zonas urbanas	Tejido Urbano		
		Urbanizaciones	Urbanizaciones residenciales Urbanizaciones agrícolas residenciales	
	Zonas industriales y comerciales e infraestructuras técnicas	Zonas industriales y comerciales		
		Infraestructuras de comunicaciones	Autovías, autopistas y enlaces viarios	
		Otras infraestructuras técnicas	Complejos ferroviarios	
			Zonas portuarias	
	Zonas mineras, vertederos y áreas en construcción	Aeropuertos		
		Zonas mineras		
		Escombreras y vertederos		
		Zonas en construcción		
		Balsas de alpechín		
	Zonas verdes y espacios de ocio	Zonas verdes urbanas		
		Equipamiento deportivo y recreativo		

**Tabla 6.** Modelo de datos jerárquico de la clase “Superficies edificadas e Infraestructuras”.

antrópico de los usos. De la misma manera que en el caso anterior, en las 24 clases de este grupo se establece un cuarto nivel, e incluso un quinto, para hacer especificaciones articulares (embalses y balsas de riego) o de especial interés desde un punto de vista medioambiental (especificaciones sobre vegetación de ribera, por ejemplo).

### 2.2.3 Territorios agrícolas

Los *territorios agrícolas*, con un desglose máximo de 48 clases, se subdividen, en primer lugar, según su homogeneidad o he-

terogeneidad, es decir, atendiendo a la uniformidad del paisaje agrario en cuanto a la diversidad de los tipos de cultivos y su agrupación, desde las clases más homogéneas de cultivos extensivos de secano a las clases más heterogéneas de mezclas de cultivos entre sí o con vegetación natural. En el siguiente nivel, el criterio empleado es definido por el régimen de los cultivos (secano o regadío). Un cuarto nivel jerárquico especificará si los cultivos son leñosos o herbáceos dentro de cada grupo superior. En el siguiente escalón se especifican los cultivos concretos más significativos por su extensión o su importancia socioeconómica (olivar, viñedo), así como si

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5
Zonas húmedas y superficies de agua	Zonas húmedas y superficies de agua litorales	Marismas	Marisma colonizada por vegetación	Marisma mareal con vegetación
				Marisma no mareal con vegetación
			Marisma reciente sin vegetación	
		Salinas y parques de cultivos acuáticos	Salinas tradicionales	
			Salinas industriales y parques de cultivos	
		Albuferas		
		Estuarios y canales de marea		
	Mares y océanos			
	Zonas húmedas y superficies de agua continentales	Ríos y cauces	Ríos y cauces naturales: lámina de agua	Ríos y cauces nat.: bosque galería
			Ríos y cauces naturales: vegetación riparia	Ríos y cauces nat.: otras form. riparias
			Canales artificiales	
		Lagunas continentales		
		Embalses y balsas	Embalses	
			Balsas de riego y ganaderas	

Tabla 7. Modelo de datos jerárquico para la clase “Zonas húmedas y superficies de agua”.

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6	
<b>Territorios Agrícolas</b>	<b>Áreas agrícolas homogéneas</b>	Áreas agrícolas homog. en seco	Cultivos herbáceos en seco			
			Cultivos leñosos en seco	Olivar		
				Viñedo		
				Otros cultivos leñosos en seco		
		Áreas agrícolas homogéneas en regadío	Cultivos herbáceos en regadío		Regados	Arrozales
						Cultivos forzados bajo plástico
						Otros cultivos herbáceos regados
					Regados y no regados	
					No regados	
					Parcialmente regados o no regados	
			Cultivos leñosos en regadío	Regados	Cítricos	
				Olivos		
				Frutales tropicales		
				Otros cultivos leñosos en regadío		
	<b>Áreas agrícolas heterogéneas</b>	Áreas agrícolas heterogéneas en seco	Cultivos herbáceos y leñosos en seco			
			Asociaciones y mosaicos de cultivos leñosos en seco	Olivar-viñedo		
				Otras asoc. y mosaicos de cultivos leñosos en seco		
		Áreas agrícolas heterogéneas en regadío	Cultivos herbáceos y leñosos en regadío	Regados		
				Parcialmente regados		
					No regados	
			Mosaico de leñosos en regadío			
Mosaicos de secanos y regadíos		Con cultivos herbáceos				
			Con cultivos herbáceos y leñosos			
			Con cultivos leñosos			
	Mosaico de cultivos con vegetación natural	Cultivos herbáceos y pastizales				
		Cultivos herbáceos y vegetación natural leñosa				
		Cultivos leñosos y pastizales				
		Cultivos leñosos y vegetación natural leñosa				
	Otros mosaicos de cultivos y vegetación natural					
	Cultivos abandonados	Olivar abandonado				
Otros cultivos leñosos abandonados						

**Tabla 8.** Modelo de datos jerárquico para la clase “Territorios agrícolas”.

los cultivos están regados o no en el momento de la interpretación. Con las modificaciones introducidas en la versión de 1995 se ha llegado hasta un sexto orden jerárquico en el caso exclusivo de las superficies en regadío, con el fin de diferenciar cultivos específicos en las zonas regadas.

### 2.2.4 Zonas forestales y naturales

La clase de *zonas forestales y naturales*, por su parte, ha sufrido una reestructuración aun más profunda con respecto a las leyendas originales de CORINE, ampliando así el concepto fundamentalmente ambiental de esta cartografía. Se incluyeron 68 clases teniendo en cuenta, en el segundo nivel, las diferentes estructuras verticales que puede presentar el tapiz vegetal, esto es, arbóreo, arbustivo o herbáceo (además

de espacios naturales con poca o escasa vegetación) y criterios de densidad de vegetación, o estructuras horizontales, en el tercer nivel. La tabla 9 muestra los valores de densidades de cobertura y estructura de la vegetación manejados para definir las distintas unidades de superficies forestales y naturales.

Una diferenciación taxonómica básica de formaciones arboladas se aplicó en un cuarto nivel, para lo cual se consideraron las más representativas del espacio regional: quercíneas, coníferas, eucaliptos, otras frondosas, y formaciones mixtas de las clases anteriores. A esto se añadiría, finalmente, un último nivel jerárquico que especifica el grado de cobertura de los grupos mayoritarios de quercíneas y coníferas orientado a la obtención de modelos para la evaluación de la erosión y de combustibles forestales.

TIPO DE ZONA	TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	NIVEL DENSIDAD
<b>ZONAS FORESTALES Y NATURALES ARBOLADAS</b> Cobertura arbórea > 5%	Formaciones arboladas densas	Cobertura arbórea > 50%
	Formaciones de matorral denso con arbolado	Cobertura arbórea 5–50%; Cobertura matorral >50%
	Formaciones de matorral disperso con arbolado	Cobertura arbórea 5–50%; Cobertura matorral 20–50%
	Formaciones de pastizal con arbolado	Cobertura arbórea 5–50%; Cobertura matorral <20%; Cobertura vegetal >20%
<b>ZONAS FORESTALES Y NATURALES NO ARBOLADAS</b> Cobertura arbórea < 5%	Formaciones de matorral denso no arbolado	Cobertura arbórea <5%; Cobertura matorral >50%
	Formaciones de matorral disperso no arbolado	Cobertura arbórea < 5%; Cobertura matorral 20–50%
	Formaciones de pastizales no arbolados	Cobertura arbórea <5%; Cobertura matorral <20%; Cobertura vegetal >20%
	Espacios abiertos con poca o sin vegetación	Cobertura vegetal <20%

**Tabla 9.** Criterios de densidades de cubiertas vegetales para determinar la estructura de las unidades forestales y naturales.

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5
Áreas forestales y naturales	Zonas forestales y naturales arboladas	Formaciones arboladas densas	De Quercineas	
			De Coníferas	
			De Eucaliptos	
			De otras Frondosas	
			De Quercineas + Coníferas	
			De Quercineas + Eucaliptos	
			De Coníferas + Eucaliptos	
			De otras mezclas	
		Formaciones de matorral denso con arbolado	Mat. denso con Quercineas	Mat. denso con Quercineas densas
				Mat. denso con Quercineas dispersas
			Mat. denso con Coníferas	Mat. denso con Coníferas densas
				Mat. denso con Coníferas dispersas
			Mat. denso con Eucaliptos	
			Mat. denso con otras Frondosas	
			Mat. denso con otras Quercineas + Coníferas	
			Mat. denso con otras Quercineas + Eucaliptos	
			Mat. denso con otras Coníferas + Eucaliptos	
			Mat. denso con otras mezclas	
		Formaciones de pastizal con arbolado	Pastizal con Quercineas	Pastizal con Quercineas densas
				Pastizal con Quercineas dispersas
			Pastizal con Coníferas	Pastizal con Coníferas densas
				Pastizal con Coníferas dispersas
			Pastizal con Eucaliptos	
			Pastizal con otras frondosas	
			Pastizal con otras Quercineas + Coníferas	
			Pastizal con otras Quercineas + Eucaliptos	
			Pastizal con otras Coníferas + Eucaliptos	
			Pastizal con otras mezclas	
		Cultivos herbáceos con arbolado de Quercineas	Cultivo herbáceo con Quercineas densas	
			Cultivo herbáceo con Quercineas dispersas	
		Tal as y plantaciones forestales recientes		
		Matorral sin arbolado	Matorral denso	
Matorral disperso	Matorral disperso con pastizal			
Pastizales no arbolados	Pastizal continuo			
	Pastizal con claros (roca o suelo)	Matorral disperso con pasto y roca o suelo		
Espacios abiertos con poca o sin vegetación	Playas, dunas y arenales			
	Roquedos y suelo desnudo			
	Áreas con fuertes procesos erosivos			
	Zonas incendiadas			
	Zonas sin vegetación por roturación			

Tabla 10. Modelo de datos jerárquico para la clase “Áreas forestales y naturales”.

## 2.2.5 Información taxonómica asociada

Asociado a este modelo de datos se han incorporado, como atributos dependientes de las clases establecidas, variables taxonómicas, sin que por ello se altere o desvirtúe la jerarquía de clases. En este sentido, en las versiones 1:25.000 de 1999 y 2003 y con el objeto de enriquecer la información sobre espacios de vegetación natural, se ha incorporado información detallada relativa a la taxonomía vegetal de matorrales y estratos arbóreos, definiéndose las especies de arbolado y estrato arbustivo dominante y codominante así como la descripción de las formaciones vegetales en cada polígono de uso forestal. La fuente de información para la extracción de estos atributos ha sido, principalmente, el mapa de vegetación natural a escala 1:10.000 integrado en la Red de información ambiental de Andalucía, la elaboración de este mapa conlleva la realización de un intenso trabajo de campo incluyendo el inventariado de especies y la realización de transectos sobre el terreno.

Para su inclusión en el modelo de datos del mapa, se incorporaron cinco nuevos campos a las tablas de atributos de cada clase, con el objeto de organizar la información taxonómica de una forma lógica y coherente con la propia definición de cada clase de uso forestal, así, dos de esos campos incorporan los taxones del estrato arbóreo (campo denominado *vuelo*) y otros dos los del estrato de matorral (campo denominado *base*). En ambos casos uno de los campos registra el taxón dominante (*vuelo1* y *base1*) y el otro el codominante (*vuelo2* y *base2*) cuando este existe. El quinto campo registra las formaciones vegetales que cada combinación de taxones genera, si bien la definición de formación vegetal no sigue un criterio fitosociológico, sino que más bien se limita a integrar la información de los campos de taxones propiamente dicha,

así, como ejemplo, un registro cuyo valor en *vuelo1* sea *Quercus Ilex Subs. Rotundifolia*, en *vuelo2* *Quercus Suber*, en *base1* *Arbutus Unedo* y en *base2* *Pistacia Lentiscus*, queda registrado en el campo de formación como “Lentiscar – Madroñal con Quercíneas”.

La información taxonómica no ha quedado asumida, por tanto, como clase de la leyenda, debido a su extensión y variedad, sino como un atributo incorporado a la base de datos de las versiones digitales del mapa. La fuente básica de taxones de especies vegetales ha sido el diccionario normalizado del subsistema de información sobre biodiversidad, integrado en la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Esta base de datos contiene todos los taxones, a nivel de especie, catalogados en Andalucía. Cada uno de estos taxones y los valores de formación fueron codificados unívocamente para su implementación en las bases de datos que incorpora el mapa de usos.

Como resultado, tanto del diseño de modelo de datos básico como de la última ampliación para la incorporación de taxonomía vegetal, se ha obtenido la que probablemente sea la más completa base de datos espacial sobre usos del suelo y cubiertas vegetales que existe actualmente en las administraciones públicas. Este hecho es fundamental para comprender el esfuerzo dedicado a su elaboración. El nivel de detalle alcanzado permite su análisis a escala municipal y de pequeños ámbitos territoriales y constituye una herramienta imprescindible en la evaluación medioambiental.

## 2.3 Sistemas geodésicos o cartográficos de referencia

La geometría de la información levantada al construirse el Mapa de Usos y Coberturas Ve-



**Figura 3.** Asignación de taxones para dos casos concretos de 911 (Matorral denso) y 811 (Pastizal arbolado con quercineas densas).

getales del Suelo debe ser coherente con la propia geometría de la información básica de referencia, o lo que es lo mismo, con la ortofotografía e imágenes de satélite sobre las que se realizan los trabajos de fotointerpretación y edición.

El SinambA, como sistema de información geográfica, define y normaliza los criterios para la espacialización de la información ambiental en Andalucía. Como sistema único que estructura y organiza la información ambiental, define la proyección Universal Transversa de Mercator en huso 30, con Datum Europeo ED50 y elipsoide de referencia de Hayford o Internacional de 1924 como los referentes de cualquier información en él integrada.

La división en husos que dicho sistema de proyección establece para toda la Tierra divide la región de Andalucía en dos; huso 29, al oeste de la provincia de Sevilla, coincidiendo

casi totalmente con la de Huelva, y huso 30, al este de dicha línea. Las normas del Sistema de Información Ambiental de Andalucía establecen que toda la región, incluida la provincia de Huelva se proyecte al huso 30 y, aunque esto da lugar a deformaciones, estas son suficientemente inapreciables, evitándose, a cambio, la discontinuidad cartográfica.

## 2.4 Escalas

Frente a la escala fijada inicialmente, 1:50.000, coherente con la información básica y auxiliar disponible al realizar las primeras versiones del mapa, a partir de la versión de 1999 se da el salto cualitativo a una escala de mayor precisión o detalle, 1:25.000<sup>2</sup>, que será la escala que se utilizará en las siguientes versiones, dado que se comienza a disponer de fuentes básicas para la interpretación más detallada (ortofotos) y

2 Para el año 1999 se han realizado dos versiones del mapa, una a escala 1:50.000 y la otra a escala 1:25.000, con la finalidad de mantener la conexión con la serie histórica interpretada hasta entonces.

fuentes auxiliares con gran riqueza de contenidos utilizables para generar este mapa.

Sin embargo, siendo estas escalas las referidas para la publicación y lectura del mapa, es necesario considerar otras definiciones de escala a manejar durante el proceso de producción cartográfica. Una descripción rigurosa de este parámetro hace necesario diferenciarlo, al menos, en tres niveles diferentes, aunque en todo caso interrelacionados;

#### 2.4.1 Escala de lectura o de publicación:

Tal y como se ha dicho, a partir de la versión mejorada del año 1999, la escala de publicación y lectura del mapa se fijó en 1:25.000. Este es el nivel de escala que ha de tenerse presente cuando se visualizan en un entorno SIG los resultados finales o parciales del mapa y también cuando se lleven a cabo publicaciones en papel. A esta escala deben ser visibles todos los elementos editados (polígonos) y su color apreciable con nitidez. Por esta razón, en el proceso de fotointerpretación, previo a la generación de la cartografía publicable, se recomienda no interpretar unidades de tamaño menor de 2500m<sup>2</sup>, para no dificultar la posterior lectura del mapa. Esta superficie equivaldría a una mancha regular de 2mm x 2mm en el mapa publicado a escala 1:25.000.

Con el mapa de usos del suelo de Andalucía se ha procurado mantener una resolución, en cuanto a tamaño mínimo cartografiado, lo más precisa posible, pero considerando en todo momento que un tamaño menor del indicado dificultaría en gran medida la lectura del mapa.

No obstante, en determinados casos y para determinadas unidades, puede ser necesario incluir polígonos de menor tamaño que por su forma y posición en el mapa son suficientemente legibles y que aportan por sí solos una información que a veces es importan-

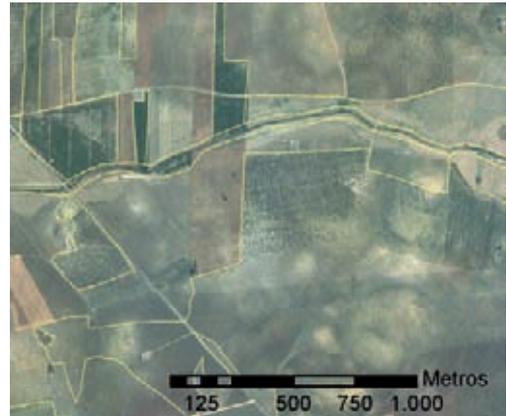


Figura 4. Mapa de usos y coberturas vegetales de Andalucía a escala de publicación.

te capturar, como es el caso, por ejemplo, de los espigones y otras infraestructuras de contención en el litoral o algunas playas de pequeñas dimensiones. Si estos elementos no se incluyeran se alteraría el trazado de la línea de costa, lo cual no es recomendable por ser esta una de las líneas que forman el perímetro del espacio cartografiado.

Por otra parte, y en sentido contrario, se han diseñado dos niveles de agrupación de la leyenda orientados a la posible publicación a escalas menores de 1:25.000, denominados nivel de *reconocimiento* y nivel de *semidetalle*, estos niveles de agrupación permiten disminuir el número de unidades representadas en el mapa, agrandando su tamaño y haciendo viable así la publicación a escalas de nivel provincial o regional y permitiendo, por lo tanto, la lectura del mapa a esas escalas.

#### 2.4.2 Escala de fotointerpretación

Durante la fase de fotointerpretación, la escala de visualización de los productos foto-

gráficos, o de satélite, que se analizan para editar los distintos elementos del mapa, variará en función del tipo y características de la imagen; en términos generales, la escala de visualización para la interpretación de las imágenes Landsat (resolución espacial, 30m.) siempre será menor que la que permite la interpretación de la ortofotografía color 1999 (resolución espacial, 1m.) y esta a su vez menor que la que permite la ortofotografía pancromática 2003 (resolución espacial, 0.5m.). Por otra parte, la escala de fotointerpretación, a la vez que condicionada por el formato de imagen, se verá condicionada especialmente por la clase a fotointerpretar. Por ejemplo, fotointerpretando usos agrícolas con la ortofotografía pancromática, será suficiente una escala de 1:15000 – 1:13.000 para detectar olivares, sin embargo, la fotointerpretación de viñedos con garantías obliga a aumentar la escala de la base de referencia e interpretación al menos a 1:10.000 – 1:8.000.

### 2.4.3 Escala de edición

Durante la edición de formatos digitales se deberá utilizar el nivel de escala más apro-

piado para que el polígono a trazar resulte lo más ajustado posible a la geometría de la imagen sobre la que se trabaja. Esta escala es más constante que la escala de fotointerpretación, situándose generalmente entre un valor aproximado de 1:10.000 o 1:12.500, debido a que el único objetivo es mantener la adecuada coherencia geométrica. Sin embargo, ocasionalmente, en clases detectadas que, por necesidad, se individualicen en un tamaño pequeño, pueden utilizarse escalas mayores. No debe de perderse, no obstante, la referencia de la escala de lectura, 1:25.000, no como ideal de escala para editar, ni mucho menos, sino como referencia en cuanto al nivel de definición de la propia edición; a esta escala no debe apreciarse un aspecto de los trazos demasiado simplista, la sinuosidad de las líneas debe estar garantizada y la coherencia geométrica de los polígonos con respecto a la imagen de referencia debe ser aparentemente exacta. Puede establecerse que, para una escala de publicación de 1:25.000 y dependiendo de diversos factores como el tamaño del polígono, la escala de fotointerpretación, o la propia experiencia del fotointerprete, no debe sobrepasarse, en términos generales, una escala de 1:20.000 como escala mínima de edición,



**Figura 5.** Mapa de usos y coberturas vegetales de Andalucía a escala de fotointerpretación.



**Figura 6.** Mapa de usos y coberturas vegetales de Andalucía a escala de edición.

ni un 1:5.000 como escala máxima, siendo la más adecuada, en términos generales, la escala 1:12.500.

## 2.5 Geometría y unidad espacial

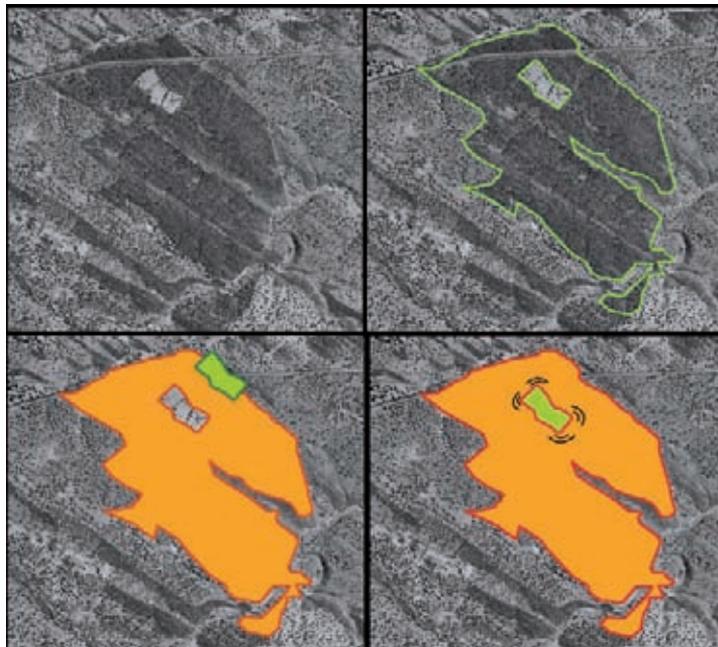
32

### 2.5.1 Geometría

Un aspecto fundamental a considerar del Mapa de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo de Andalucía es su coherencia geométrica. La geometría vendrá definida por las propiedades de los elementos cartografiados en relación a su localización y a su trazado, siendo el polígono la única entidad geométrica de referencia. Será también el polígono, por lo tanto, la unidad espacial del terreno que delimita un uso homogéneo del suelo de

acuerdo a las unidades descritas por el modelo de datos.

Desde un punto de vista geométrico se define el polígono como una unidad espacial de superficie limitada por una serie de arcos conformados a su vez por dos nodos, inicial y final, y un número variable de vértices intermedios. El mapa de usos y cobertura vegetales garantiza una coherencia geométrica en cuanto a la continuidad y la conexión entre polígonos<sup>3</sup>, de manera que en ningún caso podrá existir doble información o huecos de información (ver figura 7). Cuando la elaboración del mapa exige una división del trabajo entre diferentes equipos e internamente a cada uno de ellos, la coherencia en este sentido debe ser especialmente cuidada en el momento de reunir todas las capas elaboradas, evitándose



**Figura 7.** Coherencia geométrica, continuidad y conexión entre polígonos.

3 Entendiendo en este caso, la topología, o lo que es lo mismo, la relación entre elementos del mapa, como un componente más de la geometría del mismo.

así errores de borde por incoherencia en la terminación de los polígonos.

Los mapas de usos del suelo y coberturas vegetales de Andalucía mantienen, desde su primera versión, una coherencia geométrica con las imágenes en las que se basan y sobre las que se han editado o trazado la interpretación, no sólo en cuanto a la proyección y sus parámetros geodésicos sino también en cuanto al ajuste de los perímetros de los polígonos individualizados con las líneas de contacto que definieran un uso homogéneo en las imágenes<sup>4</sup>.

### 2.5.2 Unidad espacial o unidad mínima de interpretación.

Más allá de las definiciones exclusivamente topográficas en relación a los tamaños de las unidades mínimas representables en un mapa, el criterio seguido en la elaboración del mapa de usos, desde las primeras versiones a escala 1:50.000, era interpretar todos aquellos elementos que fueran visibles e interpretables en las imágenes de satélite de referencia empleadas. Conforme las escalas de las principales fuentes de referencia se han hecho más detalladas, este criterio ha ido modificándose ligeramente, de manera que en las últimas versiones a escala 1:25.000, si bien sigue considerándose la inclusión de cualquier elemento identificable, este criterio se pone en relación con otras consideraciones referidas al interés medioambiental y al tamaño medio que una clase del mapa pudiera tener. Así, determinadas clases se incluirán sea cual sea su tamaño, siempre y cuando sean identificables como unidad en

la imagen de referencia (balsas de alpechín, balsas de riego o ganaderas, vertederos o escombreras, espigones o puertos...). En otros casos se seguirá un criterio muy definido, como el referido a aquellos elementos que presenten un patrón espacial lineal, incluyéndose tan sólo los principales ríos de la región y exclusivamente las autovías y autopistas en lo que al viario se refiere, con el objeto de no restar coherencia al mapa en cuanto a elementos que cumplen un papel importante en la configuración de los usos del territorio.

Para el resto de unidades del mapa, si se siguiera exclusivamente el criterio de identificación en las fuentes de referencia actualmente disponibles, se crearía un mapa difícilmente manejable para la publicación y muy lejos de la escala de referencia 1:25.000 por el excesivo detalle que cumplimentaría. Para evitarlo, debe tenerse en cuenta lo comentado en relación a los diferentes niveles de escala a considerar, especialmente la escala de publicación del mapa, 1:25.000, que lleva a un tamaño mínimo aconsejado de 2500 m<sup>2</sup> y la escala de edición, situada, por término medio en 1:12.500, así como la definición de unidad homogénea de información que ha de conservar cada unidad de cada clase de la leyenda.

## 2.6 Fuentes básicas de información

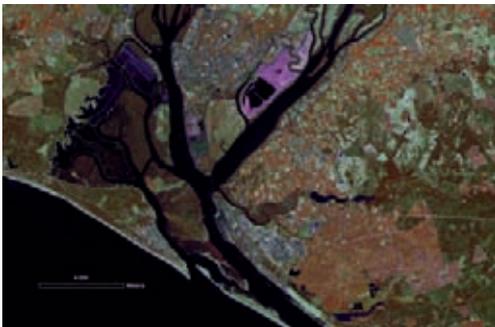
Consideraremos fuente básica de información a aquellas fuentes cuya interpretación o análisis determinan directamente los usos

4 Ver subepígrafe 2.4.3 Escala de Edición.

del suelo que van integrándose o actualizándose en el mapa. Se consideran las únicas fuentes válidas a este fin, habiéndose de diferenciar de aquellas otras que han de servir exclusivamente de apoyo en la resolución de dudas o en la aportación de datos que confirmen la interpretación de la fuente básica.

### 2.6.1 Imágenes de satélite

Las imágenes del sensor Thematic Mapper™ del satélite Landsat han sido la principal fuente de información en las versiones iniciales del mapa. La existencia en el Sinamba de un programa continuo de adquisición de imágenes de satélite de Andalucía facilita el uso de estas fuentes para la interpretación.



**Figura 8.** Composición en falso color de la escena 202\_34 (Huelva) – Landsat Thematic Mapper.

El sensor TM del satélite Landsat está especialmente diseñado para la elaboración de cartografía temática. Con una resolución espacial de 30 m. y una resolución espectral de siete bandas (incluyendo IR cercano y una banda térmica) se adapta perfectamente a los requisitos de un proyecto de esta índole, especialmente en las versiones a escala 1:50.000. Aunque las versiones a escala

1:25.000 se han basado principalmente en la disponibilidad de ortofotografía aérea de mayor resolución espacial (0.5 – 1 m.), para la correcta diferenciación de algunas clases resulta más útil, incluso a escalas de mayor detalle, una adecuada resolución espectral, además de una periodicidad en las adquisiciones mayor que la de la fotografía aérea. La disponibilidad por tanto de imágenes Landsat de primavera y verano clasificadas en falso color, resulta muy práctica, también a escala 1:25.000, para localizar con garantías algunos usos como los cultivos en regadío, o las zonas incendiadas, además de servir de apoyo continuo a la fotointerpretación de las ortofotografías.

La CMA mantiene, en definitiva, un continuo interés en la adquisición de este tipo de imágenes; dichas adquisiciones en la actualidad se realizan cuatro veces al año y, en todo caso, siempre se ha garantizado la disponibilidad de escenas de verano, con una menor interferencia de “ruido” atmosférico. A su vez, se ha mantenido un riguroso control de calidad, garantizando las correctas ortorectificaciones y los apropiados mosaicados y realces de color.

Por otra parte, y en paralelo al programa de adquisición de imágenes, la CMA ha mantenido un sistema continuo de elaboración de subproductos derivados en el contexto de la Red de Información Ambiental, elaborándose actualmente cuatro veces al año. De entre estos hay que destacar, por su utilidad en la elaboración del mapa de usos, los Índices Normalizados de Vegetación; se trata de una información obtenida a partir de las imágenes Landsat TM indicadora del nivel de actividad clorofílica y, por tanto, del estado fenológico de la vegetación. Los NDVI se construyen a partir de la relación entre el valor de la imagen en la banda del infrarrojo y en la del rojo. El resultado es una imagen

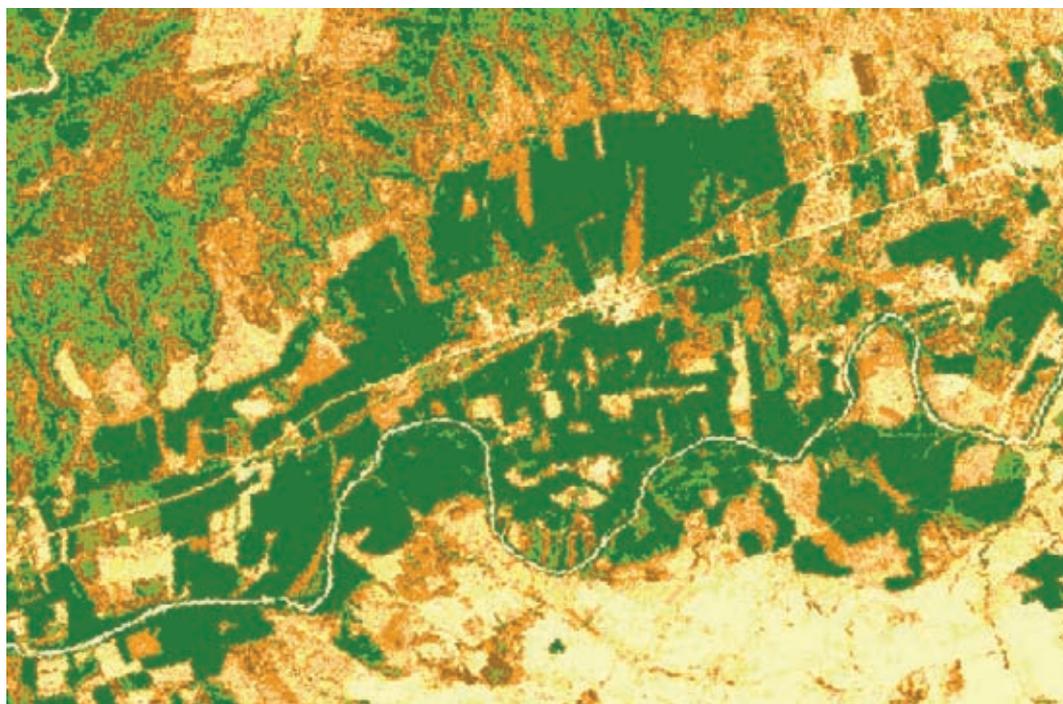
que resulta especialmente útil para discriminar los cultivos de regadío de los de secano

a partir de la comparación de los índices de primavera y verano.

	LANDSATS 4-5	LONGITUD ONDA (MICROMETROS)	RESOLUCIÓN (METROS)
<b>Thematic Mapper (TM)</b>	Band 1	0.45–0.52	30
	Band 2	0.52–0.60	30
	Band 3	0.63–0.69	30
	Band 4	0.76–0.90	30
	Band 5	1.55–1.75	30
	Band 6	10.40–12.50	120*
	Band 7	2.08–2.35	30

**Tabla 11.** Características fundamentales de la imágenes Landsat TM

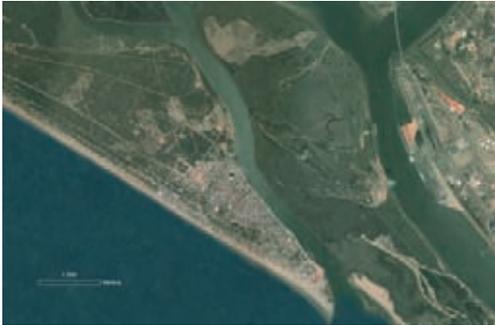
\* La banda 6 es adquirida con 120 m de resolución, pero el producto es remuestreado a un tamaño de pixel de 30 m.



**Figura 9.** Índices normalizados de vegetación (verano) del entorno de Córdoba. Destacan en color verde intenso los cultivos irrigados de la Vega del Guadalquivir

## 2.6.2 Ortofotografía aérea

La fotografía aérea del mismo año de referencia del mapa a interpretar, ha constituido la fuente principal de información de las versiones a escala 1:25.000 (1999 y 2003).



**Figura 10.** Ortofoto color 1998–1999. Sector de Punta Umbría (Huelva).

Es destacable el esfuerzo realizado en los últimos años, por parte de las Consejerías de Medio Ambiente, Agricultura y Pesca y Obras Públicas y Transportes en la realización de vuelos fotogramétricos de precisión y su posterior ortorrectificación. En concreto los mapas de usos y coberturas vegetales de las versiones de 1999 y 2003 se han beneficiado y han sido posibles gracias a la disponibilidad de la ortofotografía color a escala 1:10.000 y 1m. de resolución de los años 1998–1999

y el vuelo fotogramétrico pancromático a escala 1:20.000 y 0.5m. de resolución de los años 2001-2002, respectivamente.

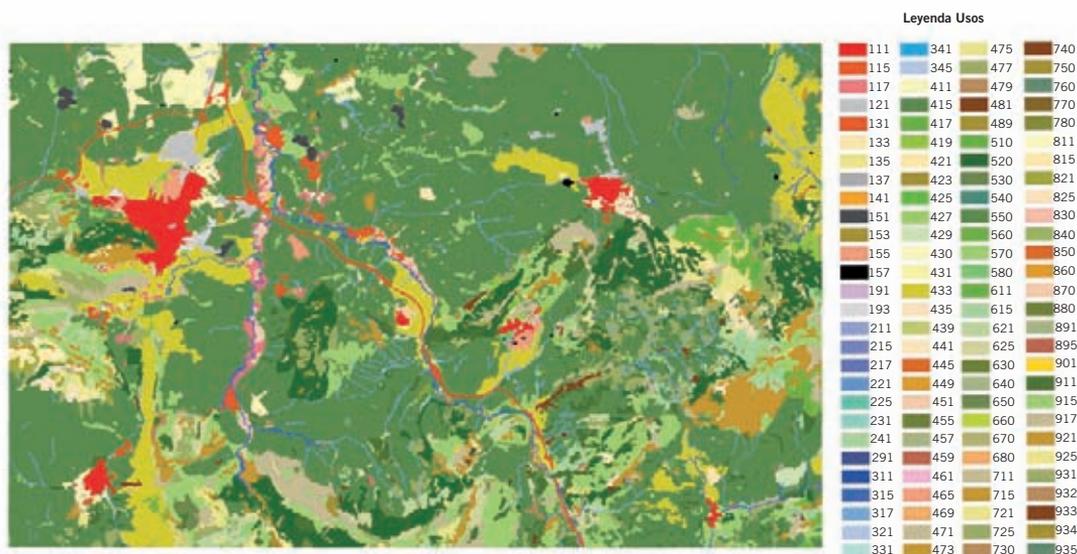
Ambas imágenes, gracias a las características expuestas en la tabla (12), permiten alcanzar escalas de fotointerpretación muy detalladas, lo cual ha hecho posible la duplicación, en estos casos, del factor de escala de publicación. En ambos casos, éstas han sido las imágenes mantenidas como fondo durante los procesos de fotointerpretación en pantalla de ordenador.

## 2.6.3 Mapas de Usos y Coberturas Vegetales del Suelo de Andalucía de la fecha anterior a la interpretación

El proceso diseñado para la elaboración de los mapas de usos y coberturas vegetales es un proceso básicamente de actualización cartográfica, es decir, la versión inmediatamente anterior a la fecha nueva a interpretar se considera una fuente básica en el proceso de interpretación. Sobre la base de las imágenes de referencia sincrónicas al mapa en elaboración, y en un entorno de sistemas de información geográfica, es visualizada la clasificación de usos realizada con anterioridad y se detectan, mediante fotointerpretación directa de las imágenes, los cambios de usos

	ORTOFOTO COLOR	ORTOFOTO PANCROMÁTICA
<b>Fecha de vuelo</b>	1998–1999	2001–2002
<b>Altura de vuelo</b>	≈ 10,000 m.	≈ 3,000 m.
<b>Focal</b>	≈ 153 mm.	≈ 153 mm.
<b>Escala de vuelo</b>	1:60,000	1:20,000
<b>Escala de Ortofoto</b>	1:10,000	1:5,000
<b>Resolución espacial</b>	1 m.	0,5 m.

**Tabla 12.** Características básicas de las ortofotografías empleadas como base de referencia en el mapa de usos y coberturas vegetales de Andalucía



**Figura 11.** Clasificación para la hoja 947 (cuadrícula 1:50.000) del Mapa de Usos y Coberturas Vegetales de Andalucía E=1:25.000 (1999)

del suelo entre las dos fechas. Por lo tanto la versión anterior es la clasificación de referencia inicial que además ha de aportar la geometría del mapa que se conservará en la nueva versión que está editándose. Esto quiere decir que gran parte de las delimitaciones que quedaron establecidas en versiones anteriores se mantienen en las posteriores y que tan sólo han de editarse los cambios que se detecten.

La utilización de cada mapa como punto de partida del anterior conlleva el riesgo de que se hereden posibles errores cometidos desde las primeras versiones; conforme estas avanzan, esta fuente de error va siendo cada vez menos importante, ya que se mantiene una labor sistematizada de revisión y corrección continua del conjunto de la información, además del necesario y riguroso control de calidad final.

Este procedimiento asegura la compatibilidad y continuidad entre las sucesivas versiones del mapa, aspecto que resulta fundamental

para confirmar la validez del mismo como herramienta de análisis de la dinámica de los cambios de usos del suelo en Andalucía.

### 2.6.4 Registros de campo

Los trabajos de campo dan lugar a registros de información de gran importancia y que evidentemente hay que añadir a las imágenes y las coberturas anteriores como fuente básica de información. Pese a que no es posible, lógicamente, disponer de un registro de campo que abarque sistemáticamente a toda la región en todos los polígonos interpretados, se han diseñado procedimientos concretos para que aquellas clases con mayores dificultades a la hora de ser fotointerpretadas mantengan un apoyo de campo que confirme dicha interpretación y que sirva además, en cierta medida, de garantía de calidad en estos casos.

Así es de destacar el esfuerzo realizado recientemente, al hilo de la incorporación

de la información taxonómica de las clases de vegetación natural, para que se realicen trabajos de campo con una envergadura considerable. Estos han servido para confirmar la validez de las interpretaciones referidas a la vegetación natural en las zonas más complejas, siendo ésta una de las categorías con más dificultades para su fotointerpretación a la vez que la más compleja en cuanto a modelo de datos se refiere.

Las versiones 1:50.000 de 1995 y 1999 también se han apoyado en trabajos de campo diseñados según criterios de máxima accesibilidad para un óptimo número de unidades visitadas. En esos casos, los trabajos de campo tuvieron como objetivo tanto la

vegetación natural como el resto de categorías, especialmente las unidades complejas agrícolas (formaciones mixtas y asociaciones de cultivos o con vegetación natural).

En definitiva, el planteamiento para la actualización cartográfica del mapa de usos se basa, por lo tanto, en la utilización de las imágenes a fotointerpretar en cada versión apoyando la edición en la cobertura anterior, tanto desde un punto de vista temático como geométrico y confirmando las unidades más complejas con la información obtenida en campo. Este planteamiento fundamental se verá finalmente consolidado con el apoyo en determinada información auxiliar tal y como veremos a continuación.



**Figura 12.** Diseño de rutas de campo para validación, año 2003

## 2.7 Fuentes auxiliares de información

Las fuentes auxiliares han de ser utilizadas en todo caso con cautela; generalmente no son documentos elaborados o actualizados en fechas coincidentes con las imágenes de referencia de forma que permitan una comparación estricta, por ejemplo, con los mapas de 1999 y 2003 y tampoco son, en ningún caso, coincidentes con su geometría ya sea por su escala, ya sea por su precisión en los contactos entre las diferentes unidades, o por ambas razones.

Su calidad, entendida como la fiabilidad mínima exigible a cada fuente tampoco es constante. Dicha calidad no debe exigirse de forma homogénea, sino que debe realizarse continuamente un esfuerzo de valoración de la adecuación de cada fuente a la clase sobre la cual buscamos ampliar información o confirmar la clasificación derivada de las fuentes principales; a modo de ejemplo se puede decir que es necesario ser más cauteloso en la utilización del mapa de cultivos y aprovechamientos de Andalucía que con el mapa forestal nacional ya que la variabilidad o lo dinámico de los cambios en el entorno agrícola es mucho mayor que en lo forestal, y por lo tanto, sin atender en este momento a los posibles defectos técnicos en uno u otro, debe exigirse una mayor concordancia en el primer caso en cuanto a sus fechas de elaboración.

Al procedimiento general descrito en los epígrafes anteriores hay que añadir ahora un procedimiento de consulta optimizada de la información auxiliar cuando esta sea necesaria. En primer lugar habrá que tener en cuenta que la información auxiliar, por sus características no debe consultarse sistemáticamente, sino tan sólo como apoyo en los casos más complejos y teniendo en cuenta,

como se ha dicho, la validez de la fuente en cada caso. La integración en un SIG de toda la sistemática de trabajo ha sido fundamental a medida que las fuentes de información han sido más numerosas y más detalladas. El trabajo en entornos multipantalla que permitan el despliegue de la información básica y la capa a editar junto a la información auxiliar y las bases de datos alfanuméricas asociadas, manteniendo la referencia sobre la zona que se esté analizando, ha sido desde los primeros proyectos del mapa de usos, indispensable.

Desde un punto de vista técnico es necesario mantener la coherencia en cuanto a los criterios de fotointerpretación, la aceptación de la información de versiones anteriores y la valoración de la fuente auxiliar como tal, pudiéndose así, con la ayuda de los trabajos de campo y la experiencia adquirida en cuanto al conocimiento del territorio, alcanzar los niveles de calidad exigidos por este proyecto.

A continuación describiremos brevemente las principales fuentes de información auxiliares utilizadas en la versión más actualizada del mapa de ocupación del suelo de Andalucía:

### 2.7.1 Imágenes de referencia de fechas anteriores

Las imágenes que van formando el archivo histórico mantenido en el Sinamba y que han sido en gran parte utilizadas para la elaboración de las versiones anteriores del mapa de usos, deben considerarse como una información a utilizar ocasionalmente.

Los fundamentos del trabajo en cada proyecto conllevan la revisión de la versión inmediatamente anterior del mapa y por ello, en ocasiones es necesario acudir a las imágenes adquiridas cuatro años antes para confirmar

determinada modificación. Por su parte, no sólo estas imágenes, sino incluso anteriores son de utilidad para interpretar usos concretos en zonas complejas cuya evolución, observada a través del histórico de imágenes, resulta clave para que se interpreten con acierto.

En otro orden de cosas, el archivo histórico de imágenes integradas en el SinambA se compone de imágenes de otros sensores, más allá del Landsat TM que, estando disponibles, pueden resultar útiles puntualmente.

Aunque para las versiones a escala 1:25.000 las fuentes básicas, junto a las imágenes de satélite Landsat TM, han sido las ortofotografías aéreas del vuelo color de 1999 de 1m. de resolución, y las del vuelo pancromático de 2002–2003 de 0.5m. de resolución. En ambos casos fue de gran utilidad la disponibilidad de la ortofotografía pancromática pertenecientes al SIG oleícola con fecha de vuelo en 1997–1998, con resolución de 1m., especialmente para la confirmación de algunos usos en espacios de vegetación natural.

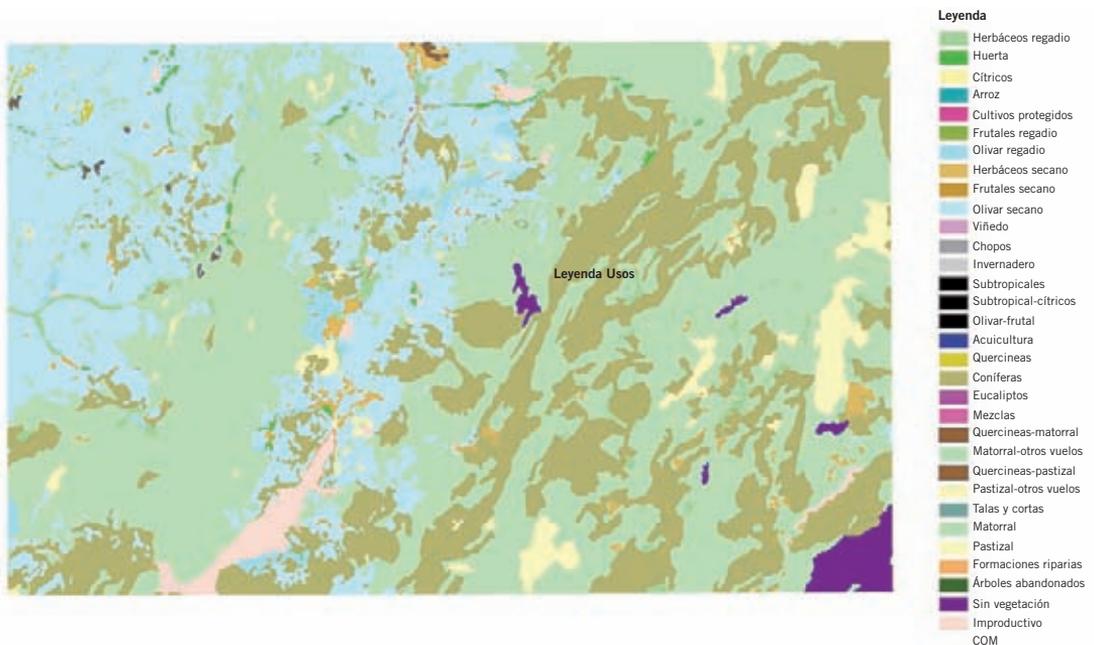


Figura 13. Clasificación para la hoja 887 (cuadrícula 1:50.000) del Mapa de cultivos y aprovechamientos de Andalucía

## 2.7.2 Mapas temáticos disponibles

Mapa forestal de España: Elaborado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA), la Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes de la UPM. Las fechas de referencia son, para los vuelos utilizados, 1981, 1982, 1984 y 1985 y para el trabajo de campo 1989. La escala de publicación es de 1:200.000 y la de interpretación de 1:50.000 y comenzó a digitalizarse en 1991. Actualmente se está elaborando otra versión digital a escala más detallada, 1:50.000 de publicación y 1:25.000 de edición. Estos mapas son de utilidad, lógicamente, como fuente de información auxiliar sobre la vegetación natural aunque la diferencia de escala y de fecha con el mapa de usos y coberturas vegetales de Andalucía debe tenerse en cuenta.

Mapa de cultivos y aprovechamientos: Publicados por la Consejería de Agricultura y Pesca a escala 1:50.000. La información fue capturada a partir del año 1998 y finalizada y publicada en el 2001. La pre-

cisión de la información y su fiabilidad no es homogénea en todas las provincias, sin embargo, tratada con la suficiente precaución, es de ayuda para determinar las zonas agrícolas a escala local y para localizar las áreas de ocupación de determinados cultivos cuyas claves de fotointerpretación puedan resultar ambiguas.

Otras cartografías: De menor importancia pero ocasionalmente útiles pueden resultar otras cartografías, algunas de las cuales se enumeraran a continuación:

Mapa fisiográfico de Andalucía. Escala 1:200.000, publicado en el tomo II del Atlas de Andalucía (Cartografía Temática Ambiental).

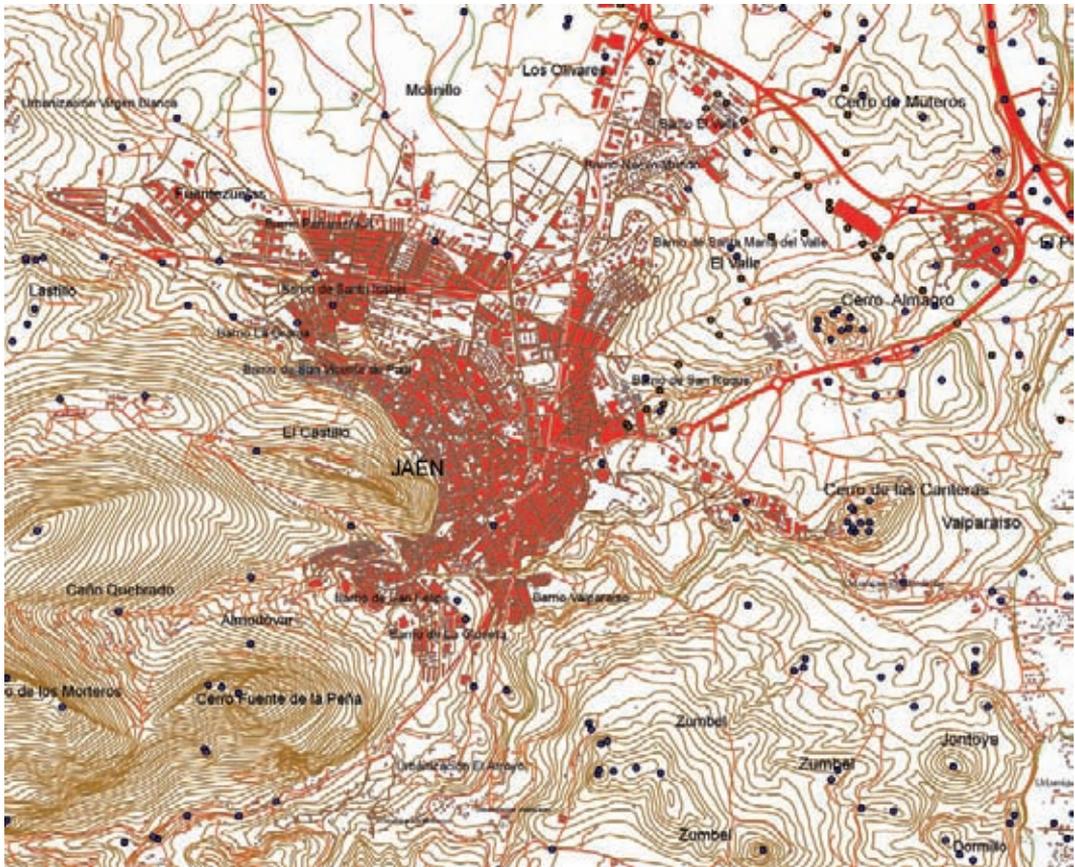
Mapa de capacidad de uso general de las tierras de Andalucía. Escala 1:400.000, Consejería de Medio Ambiente, 1989. Constituye un mapa de evaluación de recursos naturales.

Mapa topográfico 1:100.000 de Andalucía. Editado y publicado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes.

### 2.7.3 Mapa topográfico 1:10.000

Publicado por el Instituto de Cartografía de Andalucía (Consejería de Obras Públicas y Transportes). Corresponde a la vectorización de las correspondientes capas raster actua-

lizadas al año 2000. Está disponible desde el año 2003. Resulta de utilidad para confirmar la delimitación de usos urbanos y en general los usos del grupo de las superficies edificadas e infraestructuras.



**Figura 14.** Mapa topográfico 1:10.000 (instituto de Cartografía de Andalucía) en formato vectorial