

CARTOGRAFÍA DE EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN ANDALUCÍA  
Y ANÁLISIS DE INDICADORES RELACIONADOS

INFORME DE CARTOGRAFÍA DE ESTADO O CONDICIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE ANDALUCÍA



# Servicios Ecosistémicos en Andalucía



# Servicios Ecosistémicos en Andalucía

## INFORME DE CARTOGRAFÍA DE ESTADO O CONDICIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE ANDALUCÍA

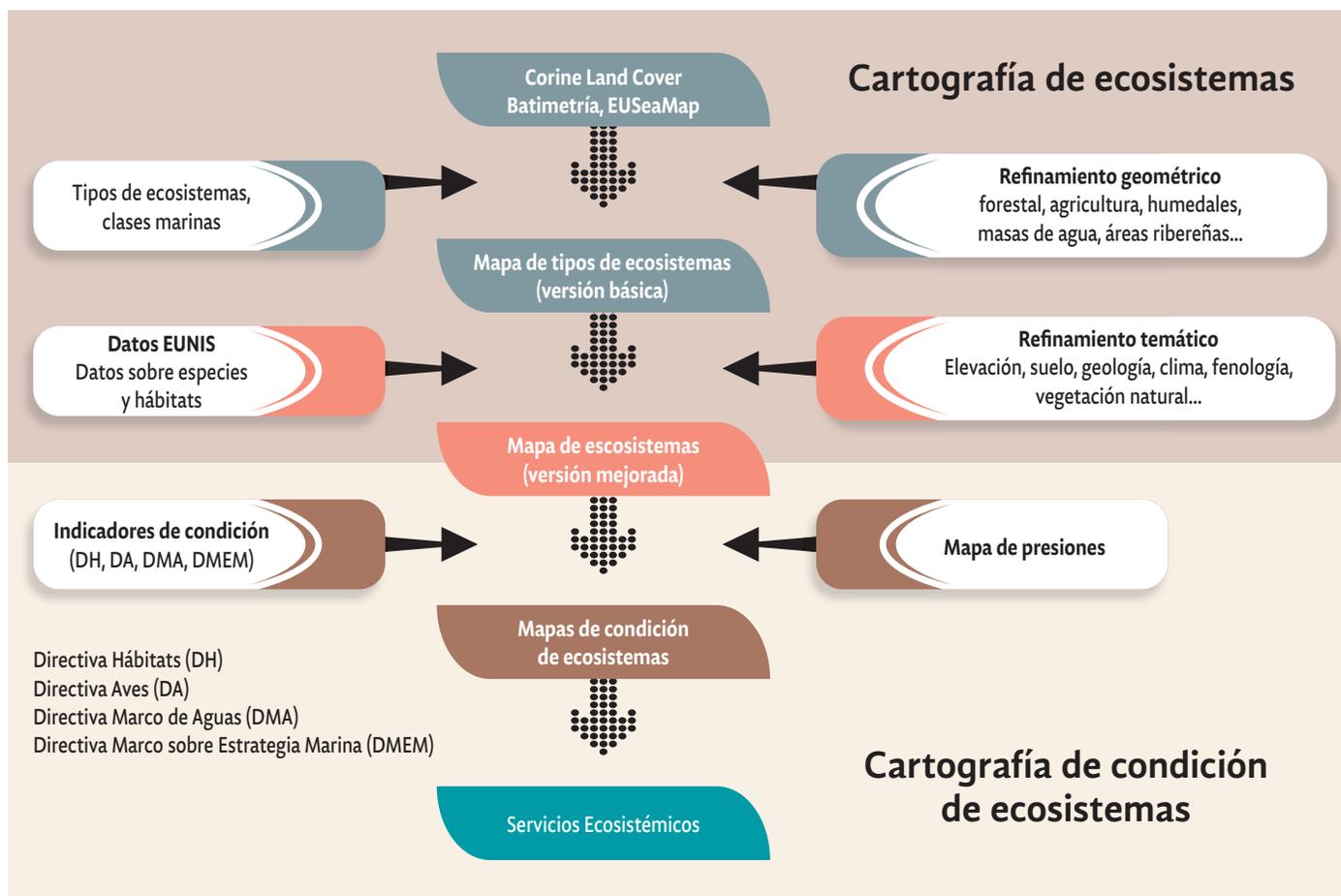
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>OBJETO</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>DESARROLLO DE LA CARTOGRAFÍA DE ESTADO O CONDICIÓN DE LOS ECOSISTEMAS</b>	<b>7</b>
3.1	FUENTES DE INFORMACIÓN	10
3.2	METODOLOGÍA	21
3.2.1	RIQUEZA DE ESPECIES PROTEGIDAS	21
3.2.2	RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE HIC	21
3.2.3	GRADO DE CONSERVACIÓN DE HIC. GRADO DE CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA (GCE)	22
3.2.4	CATEGORÍA DE AMENAZA DE LAS ESPECIES PROTEGIDAS	22
3.2.5	PRIORIDAD DEL HIC	23
3.2.6	SUPERFICIE PROTEGIDA	24
3.2.7	PLAN DE CONSERVACIÓN DEL PINSAPO	24
3.2.8	PLAN DE CONSERVACIÓN DE HELECHOS	24
3.2.9	PLAN DE CONSERVACIÓN DE ALTAS CUMBRES	25
3.2.10	PLAN DE CONSERVACIÓN DE DUNAS	25
3.2.11	PLAN DE RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE PECES E INVERTEBRADOS DE MEDIOS ACUÁTICOS EPICONTINENTALES	25
3.2.12	DELIMITACIÓN DE HUMEDALES DE ANDALUCÍA	26
3.2.13	VALOR DE IMPEDANCIA (FRAGMENTACIÓN)	26
3.2.14	ÍNDICE DE CONECTIVIDAD TERRESTRE DE ANDALUCÍA (ICTA FORESTAL)	26
3.2.15	FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA	27
3.2.16	ALTURA DE LA VEGETACIÓN	28
3.2.17	PROFUNDIDAD DEL SUELO	28
3.2.18	MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO	29
3.2.19	PH DEL SUELO	29
3.2.20	CALIZA ACTIVA	30
3.2.21	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	30
3.2.22	CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL SUELO	31
3.2.23	NDVI (FOTOSÍNTESIS)	32
3.2.24	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA	32
3.2.25	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DEL SUELO	33
3.2.26	NITRÓGENO SUPERFICIAL	33
3.2.27	CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	34
3.2.28	VALOR DE ESTADO O CONDICIÓN GLOBAL DE LOS ECOSISTEMAS	34
3.3	CONTROL DE CALIDAD Y LIMITACIONES DETECTADAS	36
3.4	PRODUCTOS OBTENIDOS	40
<b>4</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>72</b>

# INTRODUCCIÓN

La evaluación tradicional de los servicios ecosistémicos se ha venido fundamentando en el uso de la distribución espacial de los ecosistemas como parámetros básicos de entrada en los modelos y herramientas utilizados en su evaluación. En la actualidad, a este proceso se une, de acuerdo con el marco conceptual adoptado por el grupo

de trabajo MAES (*Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), la evaluación de su estado o condición y las presiones o amenazas que sufren dichos ecosistemas como parámetros relacionados con su calidad (figura 1) y como elementos clave para la determinación real de los servicios que proporciona.

**FIGURA 1** Flujo de trabajo para el cartografiado (mapping) de ecosistemas y evaluación de su condición



Fuente: Burkhard y Maes (Eds.) (2017).

En este contexto, la condición de los ecosistemas se puede definir como el estado físico, químico o biológico o la calidad del ecosistema en un momento determinado en el tiempo. Por tanto, un ecosistema en buenas condiciones proporciona múltiples servicios para el bienestar humano. Mientras tanto, las presiones que actúan sobre los ecosistemas (destrucción/alteración del hábitat, cambio climático, especies invasoras, uso y gestión de la tierra, contaminación) pueden generar un impacto positivo o negativo y alterar la condi-

ción de dicho ecosistema, y por extensión, los servicios que estos proporcionan (Maes et al., 2018).

La condición o estado del ecosistema se puede evaluar mediante el uso de indicadores. Estos indicadores deben cumplir con algunos requisitos generales para su aplicación según el marco adoptado por el grupo de trabajo MAES (tabla 1).

Por otro lado, la expresión espacial de dichos indicadores permitirá obtener un resultado cartográfico que se denominará: cartografía de estado o condición de los ecosistemas andaluces.

**TABLA 1** Requisitos de los indicadores el marco MAES para evaluación de la condición de los ecosistemas

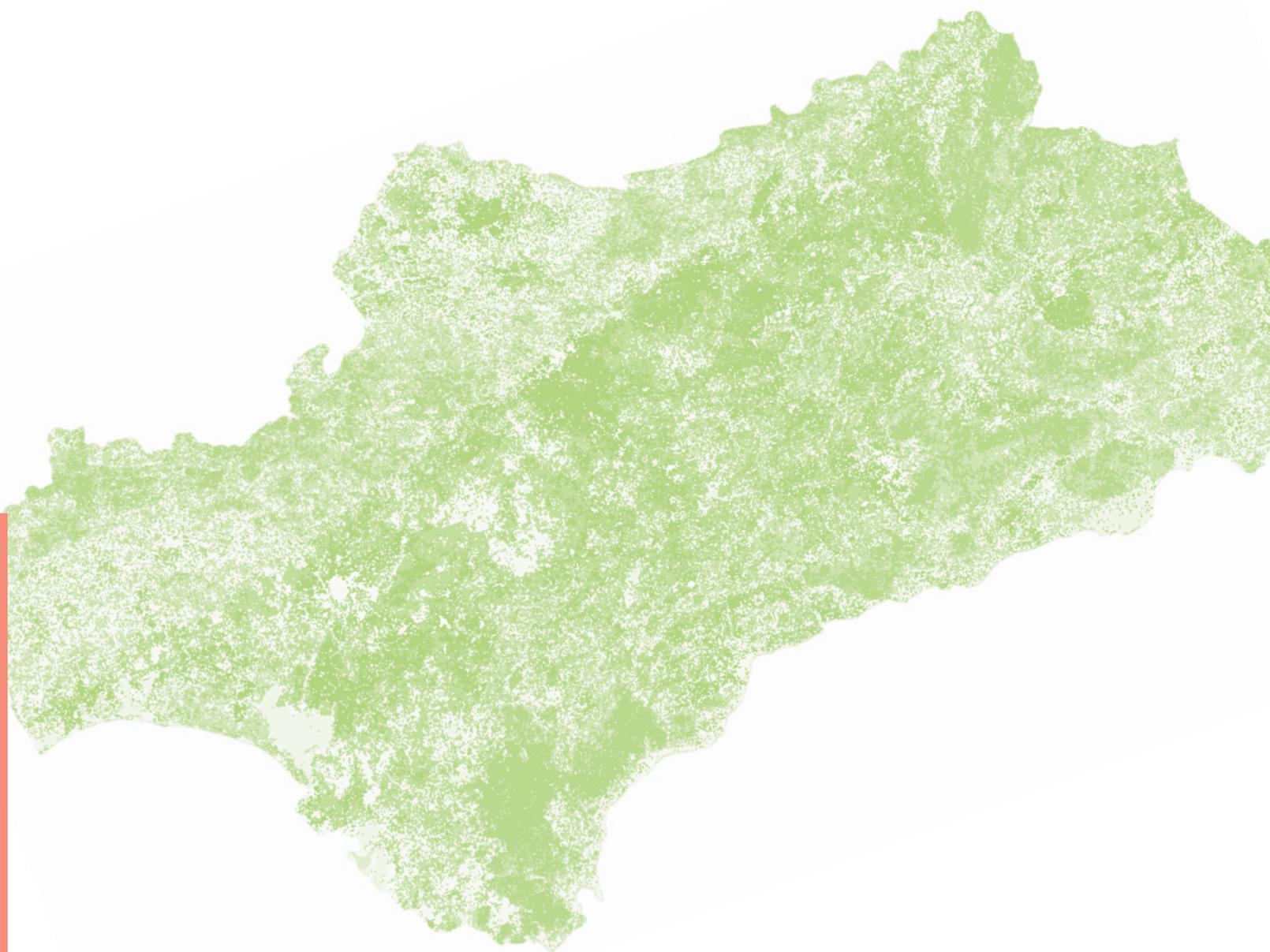
REQUIREMENTS	DESCRIPTION
Scientifically sound	Indicators should be based on the best available knowledge while giving a good representation of the ecosystem characteristics addressed.
Supporting environmental legislation	Indicators should support the implementation of environmental legislation in the EU.
Policy relevant	Indicator should be policy relevant: they have multiple policy uses and can support a policy narrative which links pressures, ecosystem condition, ecosystem services and policy objectives.
Include habitat and species conservation status	The conservation status of habitats and species (and in particular the parameters “area” and “structure and function”) reported under Art. 17 of the EU Habitats Directive should constitute a major indicator for assessing ecosystem condition.
Include soil related information	Terrestrial ecosystems are not in good condition if their soils are not in good condition. Specific indicators which assess the condition of soils should therefore be included.
Applicable for natural capital accounts	The indicator framework should support the development and testing of ecosystem extent and condition accounts.
Spatially explicit	Ecosystem condition is not equal across space. Different spatial gradients of pressures and differences in the response of ecosystems to pressures result in spatial variance of ecosystem condition which needs to be acknowledged in the indicator selection.
Baseline	Indicators should be measurable relative to a baseline year (e.g. 2010).
Sensitive to change	Indicators should be able to detect change over time.

Fuente: Maes et al., (2018).

# OBJETO



El presente informe describe el procedimiento seguido para la elaboración de la cartografía de estado o condición de los ecosistemas andaluces mediante el uso de indicadores de estado, dentro del Proyecto “Cartografía de evaluación de los servicios ecosistémicos en Andalucía y análisis de indicadores relacionados”.



# DESARROLLO DE LA CARTOGRAFÍA DE ESTADO O CONDICIÓN DE LOS ECOSISTEMAS

## 3

De acuerdo con la definición del estado o condición de los ecosistemas, el estado físico, químico y biológico o la calidad del ecosistema son atributos que deben evaluarse mediante los indicadores correspondientes en la evaluación de la condición del ecosistema.

La propuesta realizada por Comisión Europea (Maes et al., 2018) para la clasificación y estructura de los indicadores utilizados en la evaluación de la condición o estado de los ecosistemas incluye, por tanto, indicadores de calidad ambiental, que se relacionan con la calidad física y química de los ecosistemas, y los denominados atributos del ecosistema, que reflejan la calidad biológica de los ecosistemas (tabla 2).

**TABLA 2** Estructura y clasificación de los indicadores el marco MAES para evaluación de la condición de los ecosistemas

ECOSYSTEM CONDITION	Environmental quality (physical and chemical quality)		
	Ecosystem attributes (biological quality)	Structural ecosystem attributes	Structural ecosystem attributes (general)
Structural ecosystem attributes based on species diversity and abundance			
Structural ecosystem attributes monitored under the EU nature directives			
Structural soil attributes			
Functional ecosystem attributes		Functional ecosystem attributes (general)	
		Functional soil attributes	

Fuente: Maes et al., (2018).

En el caso de Andalucía, la evaluación del estado de los ecosistemas requerirá la integración de la información disponible contenida en diferentes bases de datos espaciales y fuentes de información relacionadas con la conservación de la biodiversidad, lo que se conseguirá mediante la adopción de una serie de indicadores de calidad en términos de biodiversidad, de estructura y de funcionalidad del ecosistema.

La gran diversidad de ecosistemas existentes en Andalucía y la variada naturaleza de los mismos, unido a la diferente disponibilidad de información en cada caso, aconsejan un tratamiento diferencial por grandes grupos de ecosistemas a la hora de la selección y tratamiento de indicadores integrados

en la valoración del estado o condición del ecosistema. En este sentido se ha optado por diferenciar entre ecosistemas terrestres y ecosistemas húmedos y costeros, dado que una gran parte de las variables/indicadores de estado disponibles lo están principalmente para ecosistemas terrestres.

En la tabla 3 se recogen los indicadores seleccionados para la estimación del valor de estado o condición de los diferentes tipos de ecosistemas andaluces en correspondencia con la clasificación establecida por el marco de referencia MAES, una vez analizadas las fuentes de información disponibles en la Red de Información Ambiental de Andalucía, en adelante REDIAM.

**TABLA 3** Indicadores de estado utilizados y correspondencia con el marco MAES

		CALIDAD AMBIENTAL (FÍSICA Y QUÍMICA)	CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES (ESTADO GLOBAL)	
ECOSISTEMAS TERRESTRES	Atributos del ecosistema (calidad biológica)	Atributos de estructura del ecosistema	Atributos de estructura del ecosistema basados en la diversidad de especies y abundancia	
			Atributos de estructura del ecosistema bajo seguimiento de directivas sobre naturaleza de la UE	
			Atributos de estructura del ecosistema (general)	
			Atributos de estructura del suelo	
	Atributos de funcionalidad del ecosistema	Atributos funcionales del ecosistema (general)		
		Atributos funcionales del suelo		
			CALIDAD AMBIENTAL (FÍSICA Y QUÍMICA)	CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES (ESTADO GLOBAL)
	ECOSISTEMAS HÚMEDOS Y COSTEROS	Atributos del ecosistema (calidad biológica)	Atributos de estructura del ecosistema	Atributos de estructura del ecosistema basados en la diversidad de especies y abundancia
				Atributos de estructura del ecosistema bajo seguimiento de directivas sobre naturaleza de la UE
				Atributos de estructura del ecosistema (general)

Nota: HIC: Hábitat de Interés Comunitario. ICTA: Índice de Conectividad Terrestre de Andalucía. FCC: Fracción de cabida cubierta. CIC: Capacidad de intercambio catiónico. NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

Finalizada la etapa de análisis de la información disponible y seleccionados los indicadores que se utilizarán para la evaluación del estado o condición de los ecosistemas andaluces, la metodología propuesta para el tratamiento de la información sobre indicadores y la elaboración de la cartografía de estado se resume, de forma general, en cinco fases (tabla 4):

**1)** Rásterización de todas las capas vectoriales con información sobre indicadores, configurando el entorno y alineando los ráster para que las celdas coincidan.

**2)** Reclasificación de los valores de los píxeles

de cada ráster, agrupándolos en nuevos valores según criterio experto.

**3)** Suma de todos los ráster de los distintos indicadores con los valores reclasificados pixel a pixel.

**4)** Categorización de los valores suma según una escala cualitativa (óptimo, bueno, medio e insuficiente) de acuerdo a diferentes criterios (criterio estadístico de cuantiles, umbrales naturales, criterio experto, etc)

**5)** Cartografiado del valor de estado del ecosistema conforme a la escala cualitativa definida para el valor de la suma de indicadores.

**TABLA 4** Procedimiento para el tratamiento de la información sobre indicadores y la elaboración de la cartografía de estado

ENFOQUE	VALOR DE ESTADO (INDICADORES)	METODOLOGÍA	CRITERIO DE CATEGORIZACIÓN	CATEGORÍAS DE ESTADO
METODOLOGÍA MAES Indicadores de estado o condición de los ecosistemas terrestres	Calidad físico-química (calidad del agua)  Estructura del ecosistema (riqueza de Sp. y HIC, grado conservación, amenaza y prioridad, protección, impedancia, ICTA, Fcc, Altura vegetación, profundidad suelo, pH, m.o., caliza activa, CIC, conductividad hidráulica)  Funcionalidad del ecosistema (NDVI, ETo, Capacidad de retención de agua, N. superficial)	Rásterización Reclasificación Suma de valores Categorización Cartografiado	Estadístico Experto Otros	Óptimo Bueno Medio Insuficiente
METODOLOGÍA MAES Indicadores de estado o condición de los ecosistemas húmedos y costeros	Calidad físico-química (calidad del agua)  Estructura del ecosistema (riqueza de Sp. y HIC, grado conservación, amenaza y prioridad, protección, humedales, impedancia)	Rásterización Reclasificación Suma de valores Categorización Cartografiado	Estadístico Experto Otros	Óptimo Bueno Medio Insuficiente

A continuación se realiza una descripción de mayor detalle sobre el tratamiento de la información sobre indicadores y el procedimiento para la elaboración de la cartografía de estado de los ecosistemas andaluces.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

3.1

Las bases cartográficas utilizadas para la estimación del valor de estado del ecosistema han sido:

### 1) Distribución de las especies de flora y fauna protegidas en Andalucía, cuadrículas 1x1 km

Cartografía que recopila la información sobre la distribución de especies protegidas por las siguientes legislaciones:

- Catálogo andaluz de especies amenazadas. Recogido en la Ley 8/2003, de 28 de octubre, (<https://juntadeandalucia.es/boja/2003/218/1>) de la Flora y la Fauna Silvestres y desarrollado en el Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats.

- Directiva Aves. Anexo I

- Directiva Hábitats. Anexo II

- Planes de recuperación y conservación de especies amenazadas.

La información proviene en su mayor parte de los programas de seguimiento de especies amenazadas que realiza la Consejería.

### Acceso a la información:

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/4c0fa21a-649b-4d1a-9439-c9d81f49c05e>

Los *indicadores de estado* seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

- ▲ N.º de especies de flora y fauna existentes por cuadrícula (riqueza de especies protegidas).

Indicador calculado a partir del número de observaciones o citas recogidas en la cuadrícula por especie de flora y fauna (NUM\_OBSERV), identificada por su nombre científico (NOMBRE\_CIE) o por su identificador único de especie conforme a los códigos asignados por la Consejería en el Subsistema de Biodiversidad (ENT\_PK)

- ▲ Categoría de amenaza de las especies por cuadrícula .

Identificador numérico de categoría de amenaza (categoría del catálogo andaluz de especies amenazadas) (ID\_CATEGORÍA). (tabla 5)

**TABLA 5** Clasificación del grado de amenaza de las especies protegidas. Diccionario de valor numérico y categoría

PARÁMETRO	CATEGORÍA	Valor numérico (ID_CATEGORÍA)	Valor categoría (ID_CATEG)
Categoría de amenaza	En peligro de extinción	1	EN
	Vulnerable	2	VU
	Listado andaluz de especies silvestres en régimen de protección especial (LAESPE)	4,6	LI

## 2) Hábitats de Interés Comunitario de Andalucía, publicación 2021

Es la base cartográfica de referencia actual sobre la distribución de los Hábitats de Interés Comunitario (HIC) en Andalucía recogidos en el Anexo I de la Directiva Hábitat (Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres). En la publicación se incluyen más de 100 capas de información espacial de hábitats de interés.

### Acceso a la información:

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/bd6c6f0e-fbff-4380-a8f1-8029cb9da03f>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ N.º de hábitats de interés comunitario por polígono (riqueza de hábitats)

Indicador del número de hábitats presentes en el polígono (num\_HIC), identificados por el código de la Directiva Hábitat asignado a cada Hábitat de Interés Comunitario, adaptado para Andalucía (COD\_UE\_A).

▲ Grado de conservación de hábitat por polígono. Grado de conservación de la estructura

El grado de Conservación de cada tipo de Hábitat de Interés Comunitario (HIC) se ha calculado teniendo en cuenta la “Decisión de Ejecución de la Comisión, de 11 de julio de 2011, relativa a un formulario de información sobre un espacio Natura 2000”. <https://www.boe.es/doue/2011/198/L00039-00070.pdf>

La metodología utilizada se basa en la obtención de los parámetros especificados en el Formulario Normalizado de Datos (30.7.2011; Diario Oficial de la Unión Europea 2011/484/UE) a partir de las variables que los definen. Para el caso del parámetro “grado de conservación de la estructura (GCE)”, entre las variables definitorias se incluyen: series de vegetación, comunidades definitorias, comunidades acompañantes, usos del suelo, cobertura arbolado, cobertura comunidades nitrófilas, fragmentación, etc. El resultado del valor del parámetro GCE se obtiene a partir de la combinación de todas o varias de las variables que se han considerado características o definitorias del mismo. Este valor se clasifica posteriormente conforme a las categorías recogidas en la tabla 6.

▲ Prioridad del hábitat según Directiva Hábitat (Directiva 92/43/CEE)

Listado de los hábitats presentes en cada polígono, determinando el grado de prioridad de cada uno de ellos (HP: prioritario y HNP: no prioritario).

**TABLA 6** Clasificación del grado de conservación de la estructura del hábitat

PARÁMETRO	CATEGORÍA	VALOR CATEGORÍA
Grado de conservación de la estructura (GCE)	Estructura excelente	EX
	Estructura bien conservada	BN
	Estructura mediana o parcialmente degradada	MD



### 3) Espacios naturales protegidos

#### 3.1. Límites de la Red Natura 2000 (LIC, ZEC y ZEPA) en Andalucía

Capa poligonal con la delimitación actual de la Red Ecológica Europea Red Natura 2000 en Andalucía: información actualizada a agosto de 2020. Incluye los 3 tipos de Espacios Protegidos Red Natura 2000: los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) competencia de la Junta de Andalucía.

##### **Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/d566d3d6-6a28-4cfb-ace4-dda93aede09b>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ Figura de protección del Espacio Protegido Red Natura 2000

Indicador del tipo de figura de protección del Espacio Protegido Red Natura 2000 (FIGURA). Puede ser:

- LIC. Lugar de Importancia Comunitaria.
- ZEC. Zona de Especial Conservación.
- ZEPA. Zona de Especial Protección para las Aves.

#### 3.2. Límites de los Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (EENNPP)

Capa poligonal de los Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (Parques Nacionales, Parques Naturales, Parajes Naturales, Parques Periurbanos, Monumentos Naturales, Reservas Naturales, Reservas Naturales Concertadas y Paisajes Protegidos), información actualizada a abril de 2019. Además se recogen otras zonas asociadas bajo un régimen de protección (Zonas de Protección de las Reservas Naturales, de los Monumentos Naturales y del Parque Nacional de Doñana) y los territorios que se acogen a la figura de

gestión Espacio Natural. Los límites incluidos son la restitución digital de los límites aprobados oficialmente mediante norma publicada en Boletín o Diario Oficial correspondiente, haciéndose mención a la norma que los aprueba.

##### **Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/39dfcda7-018c-4b71-83ad-a5abca4bf557>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ Figura de protección actual

Indicador del tipo de figura de protección del espacio natural, tal y como aparece en su norma de declaración vigente. Puede ser:

- Parque Nacional
- Parque Natural
- Paisaje Protegido
- Paraje Natural
- Parque Periurbano
- Monumento Natural
- Reserva Natural
- Reserva Natural Concertada.

Además aparecen otras zonas asociadas bajo un régimen de protección:

- Zona de Protección de Parque Nacional
- Zona de Protección de Monumento Natural
- Zona de Protección de Reserva Natural.

También aparece la figura de gestión:

- Espacio Natural.

### 4) Cartografía del Plan de conservación del pinsapo en Andalucía a escala 1:10.000

Cartografía que integra el ámbito de aplicación del Plan de Conservación del Pinsapo establecido por el acuerdo de 18 de enero de 2011, del Consejo de Gobierno, con el objetivo de eliminar las amenazas que afectan a los pinsapares y poder alcanzar un grado de conservación adecuado.



*Asplenium marinum*



*Christella dentata*



*Culcita macrocarpa*



*Diplazium caudatum*



*Equisetum palustre*

### **Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/4f4c918c-949d-44bf-b721-a1626e0d9c41>

Los *indicadores de estado* seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ **Ámbito de aplicación del Plan de Conservación del Pinsapo.**

### **5) Cartografía del Plan de conservación de helechos en Andalucía a escala 1:10.000**

Cartografía que integra el ámbito de aplicación del Plan de Conservación de Helechos. Las especies incluidas en dicho plan son las siguientes:

#### **«Extintas»:**

*Dryopteris guanchica*.

#### **«En peligro de extinción»:**

*Asplenium marinum*, *Christella dentata*, *Culcita macrocarpa*, *Diplazium caudatum*, *Dryopteris tyrrhena*, *Marsilea batardae*, *Phyllitis sagittata*, *Psilotum nudum*, *Pteris incompleta*.

#### **«Vulnerables»:**

*Equisetum palustre*, *Isoetes durieui*, *Marsilea strigosa*.

### **Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/d37651fc-355c-412e-8e72-2c524f0c44b9>

Los *indicadores de estado* seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ **Ámbito de aplicación del Plan de Recuperación y Conservación de Helechos.** Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

### **6) Cartografía del Plan de conservación de altas cumbres de Andalucía a escala 1:10.000**

Cartografía que integra el ámbito de aplicación del Plan de Conservación de Altas Cumbres. Las especies incluidas en dicho plan son las siguientes:

#### **FLORA**

##### **«Extinta»:**

*Tanacetum funkii*, *Viola biflora*.

##### **«En peligro de extinción»:**

*Alchemilla fontqueri*, *Aquilegia pyrenaica* subsp. *cazorlensis*, *Arenaria nevadensis*, *Artemisia granatensis*, *Astragalus tremolsianus*, *Atropa baetica*, *Castrilanthemum ebeauxii*, *Centaurea*, *Coronopus navasii*, *Crepis granatensis*, *Erigeron frigidus*, *Erodium astragaloides*, *Erodium rupicola*, *Euonymus latifolius*, *Geranium cazorlense*, *Hieracium texedense*, *Jurinea fontqueri*, *Laserpitium longiradium*, *Lithodora nitida*, *Moehringia fontqueri*, *Moehringia intricata* subsp. *tejedensis*, *Narcissus longispathus*, *Narcissus nevadensis*, *Odontites viscosus* subsp. *granatensis*, *Papaver lapeyrousianum*, *Salix hastata*, *Senecio elodes*, *Seseli intricatum*, *Solenanthus reverchonii*.

##### **«Vulnerable»:**

*Artemisia alba* subsp. *nevadensis*, *Artemisia umbelliformis*, *Betula pendula* subsp. *fontqueri*, *Campanula lusitanica* subsp. *specularioides*, *Centaurea gadorensis*, *Delphinium fissum* subsp. *sordidum*, *Erodium cazorlanum*, *Eryngium grosii*,

*Narcissus longispathus**Hormathophylla baetica**Agriades zullich**Polyommatus golgus*

*Gypsophila montserratii*, *Hippocrepis prostrata*, *Hormathophylla baetica*, *Iberis carnosa* subsp. *embergeri*, *Rhodanthemum arundanum*, *Linaria glacialis*, *Neottia nidus-avis*, *Pinguicula nevadensis*, *Polycarpon polycarpoides* subsp. *Herniarioides*, *Quercus faginea* subsp. *Alpestris*, *Rhamnus alpinus* L. subsp. *Alpinus*, *Rhamnus catharticus*, *Silene fernandezii*, *Sparganium angustifolium*, *Triticum antoni-josephii*, *Veronica tenuifolia* subsp. *fontqueri*, *Viola cazorlensis*.

#### FAUNA

##### «En peligro de extinción»:

Mariposa del Puerto del Lobo (*Agriades zullich*), Mariposa niña de Sierra Nevada (*Polyommatus golgus*)

##### «Vulnerable»:

Chicharra de montaña (*Baetica ustulata*), Mariposa (*Agrodiaetus violetae*), Hormiga (*Rossomyrmex minuchae*).

##### Acceso a la información:

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/d37651fc-355c-412e-8e72-2c524f0c44b9>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ **Ámbito de aplicación del Plan de Recuperación y Conservación de especies de altas cumbreres.**

#### 7) Cartografía del Plan de conservación de dunas en Andalucía a escala 1:10.000

Cartografía que integra el ámbito de aplica-

ción del Plan de Conservación de dunas, arenales y acantilados costeros. Las especies incluidas en dicho plan son las siguientes:

#### FLORA

##### «Extinta»:

*Elizaldia calycina* subsp. *multicolor*.

##### «En peligro de extinción»:

*Diplotaxis siettiana* Maire • *Limonium estevei*, *Limonium malacitanum*, *Linaria lamarckii*. subsp. *lamarckii*, *Linaria tursica*, *Onopordum dissectum*, *Rosmarinus tomentosus*, *Sonchus pustulatus*, *Taraxacum gaditanum*, *Thymus albicans*.

##### «Vulnerables»:

*Adenocarpus gibbsianus*, *Allium pruinaum*, *Anacyclus alboranensis*, *Anthemis bourgaei*, *Antirrhinum charidemi*, *Astragalus algarbiensis*, *Astragalus edulis*, *Carduus myriacanthus*, *Cynomorium coccineum*, *Dianthus hinoxianus*, *Hymenostemma pseudanthemis*, *Hypochaeris salzmanniana*, *Jasione corymbosa*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *Macrocarpa*, *Linaria benitoi*, subsp. *benitoi*, *Linaria nigricans*, *Maytenus senegalensis* subsp. *Europaea*, *Ononis azcaratei*, *Picris willkommii*, *Plantago algarbiensis*, *Senecio alboranicus* Maire, *Verbascum charidemi*, *Vulpia fontquerana*.

#### FAUNA

##### «Vulnerables»:

Hormiga (*Goniomma compressisquama*)

##### Acceso a la información:

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/5f2bd143-3b65-462b-bf83-3f6644c13846>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ **Ámbito de aplicación del Plan de Recuperación y Conservación de especies de dunas, arenales y acantilados costeros.**

### 8) Cartografía del Plan de recuperación y conservación de peces e invertebrados de medios acuáticos epicontinentales a escala 1:10.000

Cartografía que integra el ámbito de aplicación del Plan de Conservación de peces e invertebrados de medios acuáticos epicontinentales. Las especies incluidas en dicho plan son las siguientes:

#### «En peligro de extinción»:

Fartet (*Aphanius iberus*), Salinete (*Aphanius baeticus*), Esturión (*Acipenser sturio*), Lamprea marina (*Petromyzon marinus*), Jarabugo (*Anaocypris hispanica*), Libélula (*Macromia splendens*), Bogardilla (*Iberocypris palaciosi*), Cangrejo de río (*Austropotamobius pallipes*).

#### «Vulnerable»:

Efémera (*Leuctra bidula*), Caracol (*Orculella bulgarica*), Fraile (*Salaria fluviatilis*), Libélula (*Oxygastra curtisii*), Libélula (*Gomphus graslinii*), Náyade (*Unio gibbus*), Náyade (*Unio tumidiformis*).

#### Acceso a la información:

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/358b51e0-db3f-49ad-8535-61bbe8419ab6>

Los **indicadores de estado** seleccionados que

se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ **Ámbito de aplicación del Plan de recuperación y conservación de peces e invertebrados de medios acuáticos epicontinentales.**

### 9) Cartografía de humedales incluida en el inventario de humedales de Andalucía a escala 1:10.000

Cartografía en formato vectorial de los humedales del Inventario de Humedales de Andalucía (IHA). La escala de los mismos es variable, en función de la fuente. La mayoría de ellos están digitalizados a escala 1:10.000. Las últimas actualizaciones se han digitalizado sobre 1:5.000 y datan de enero de 2021.

#### Acceso a la información:

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/6066b706-a6f5-4e0a-9b31-4caa0b4c3fd2>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ **Delimitación cartográfica de humedales incluidos en el inventario de Humedales de Andalucía.**

### 10) Valor de impedancia para Andalucía, ráster resolución 25 x 25 m.

Mapa de impedancias para los diferentes hábitats de Andalucía, integrada en el Plan Director para la Mejora de la Conectividad Ecológica y la Infraestructura Verde en Andalucía. El Plan reco-



*Maytenus senegalensis*



*Carduus myriacanthus*



*Cynomorium coccineum*



*Antirrhinum charidemi*



*Adenocarpus gibbsianus*



*Acipenser sturio*



*Gomphus graslinii*



*Orculella*



*Oxygastra curtisii Dale*

ge un diagnóstico de la conectividad ecológica en Andalucía, la finalidad y objetivos en materia de conectividad para Andalucía, así como sus estrategias y ámbito de aplicación para lo que se han definido diferentes niveles de intervención.

#### **Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/5c5acf99-00bc-4afa-97b1-d6cf135e3a7e>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

#### ▲ Valor de impedancia:

Valor que muestra la existencia de barreras y la resistencia del territorio a la dispersión de los organismos. La impedancia total incluye una evaluación de las barreras entre hábitats, la existencia de áreas urbanas e infraestructuras y el efecto de borde.

### **11) Índice de Conectividad Terrestre (ICTA) forestal para Andalucía, ráster resolución 25 x 25 m.**

Cartografía que recopila la información sobre el índice de conectividad terrestre de Andalucía, integrada en el Plan Director para la Mejora de la Conectividad Ecológica y la Infraestructura Verde en Andalucía. El Plan recoge un diagnóstico de la conectividad ecológica en Andalucía, la finalidad y objetivos en materia de conectividad para Andalucía, así como sus estrategias y ámbito de aplicación para lo que se han definido diferentes niveles de intervención.

#### **Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/5c5acf99-00bc-4afa-97b1-d6cf135e3a7e>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

#### ▲ Valor del ICTA forestal por pixel

El ICTA proporciona una visión conjunta y general del estado de conexión del territorio. La conectividad se estimó a partir del tamaño de la mancha focal y de la de las áreas de las manchas vecinas, de la distancia a la que se encuentran y de la resistencia al desplazamiento que ofrecen los diversos tipos de hábitat existentes. Por tanto, la obtención del índice integró el cálculo de la resistencia (impedancia) que ofrece la matriz del territorio a los desplazamientos de los organismos para cada tipo de hábitat. La impedancia total incluyó una evaluación de las barreras entre hábitats, la existencia de áreas urbanas e infraestructuras y el efecto de borde. El punto clave



en la propuesta de ICTA es el tratamiento de los hábitats como compartimentos no totalmente cerrados, que admiten un cierto intercambio de organismos y procesos entre ellos.

## 12) SIPNA\_Ocupación del Suelo. Información actual a escala 1:10.000

El Sistema de Información sobre el Patrimonio Natural de Andalucía (SIPNA) es el resultado de la evolución del programa de seguimiento de cambios en el territorio andaluz. SIPNA integra y mantiene diferentes contenidos de información de especial interés en la gestión medioambiental, tales como los usos y ocupación del suelo, la caracterización de la vegetación a escala de detalle, los Hábitats de Interés Comunitario (HIC), la vegetación potencial y la biogeografía andaluza. En este contexto, se integraron las siguientes capas de información geográfica sobre ocupación del suelo:

- ✓ Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España en Andalucía, SIOSE Andalucía 2013. SIOSE Andalucía es una base cartográfica sobre ocupación del suelo a escala de detalle (1:10.000), actualizada al año 2013. Se enmarca en el proyecto Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE), una iniciativa de la Administración General del Estado dirigida a crear una base de datos sobre ocupación del suelo homogénea nacional, a escala 1:25.000.

- ✓ Cartografía y evaluación de la vegetación



de la masa forestal de Andalucía (VEGE10). Mapa de vegetación de Andalucía, en el que se describen unidades de vegetación homogéneas en cuanto a parámetros biogeográficos, bioclimáticos, coberturas de los diferentes estratos (arbóreo, arbustivo, herbáceo y suelo desnudo) y comunidades vegetales. La información contenida se levantó a partir de diferentes bases de ortofotos: b/n del olivar, b/n 2001-2002, infrarrojo 2004, etc. y del trabajo de toma de información en campo. Año 1996-2006.

SIPNA engloba también, de forma explícita, la información disponible en Andalucía en relación con diferentes parámetros biogeográficos y taxonómicos definitorios de la importante variabilidad ecológica que presenta nuestro territorio, como son: la información sobre pisos bioclimáticos, ombroclimas o las series 9de vegetación potencial, en las que para su obtención se contempla una combinación de parámetros biogeográficos, litológicos, edafológicos y de distribución de taxones y comunidades vegetales.

### Acceso a la información:

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/dd8a80a3-9639-4d9c-974c-8ac9720d604d>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

- ▲ Fracción de cabida cubierta (Fcc) por polígono.

- ▲ Indicador del porcentaje de cubierta del estrato arbóreo (pct arbo) y porcentaje de cubierta del estrato matorral (pct mato) por cada polígono de ocupación del suelo.

## 13) Modelo Digital de Altura Normalizada Clasificada de Andalucía, 2014-15 (2x2m)

Modelo digital de altura de la vegetación generado a partir de la nube de puntos de los vuelos PNOA LIDAR 2014-15. Tiene una resolución de 2m y está distribuido en bloques de 80X80km de



extensión con un área de influencia de 100m alrededor con solape entre bloques. Se proporciona en formato TIFF. Sistema geodésico de referencia ETRS89 y proyección UTM en el huso 30 extendido.

**Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/721b1668-3e3a-45f7-9844-8302ea9a5970>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

- ▲ Altura de la vegetación
- ▲ Altura clasificada según la forma vital de la vegetación recogida en SIPNA (tabla 7).

**TABLA 7** Clasificación de la altura según la forma vital de la vegetación

COD_ATRIB	ATRIBUTO	Altura
1	FV_Mesofanerofitos	5-50 m
2	FV_Microfanerofitos	2-5 m
3	FV_Nanofanerofitos	0.5-2 m
4	FV_Camefitos	0.5 -0.3 m
5	FV_Pastizal	0-0.3 m

**14) Propiedades físicas del suelo en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, ráster resolución 100 x 100 m**

Capas ráster de 100x100 m de las variables físicas de suelos (clasificación textural, limo, arcilla, arena, tierra fina y profundidad de suelo), calculados para el estudio -Biomasa Forestal en Andalucía. Modelos de existencias, crecimiento y producción. Coníferas-, a partir de la información de partida del estudio “Sistema de Inferencia Espacial de las propiedades Físico-Químicas e Hidráulicas de Suelos de Andalucía” de la CAPMA y del Inventario Nacional de Erosión de Suelos.

**Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ddf1aab2-41c6-4d60-9567-dea6e52affec>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

- ▲ Profundidad de suelo
- Indicador de la profundidad del suelo hasta el horizonte R (roca madre) (cm)

**15) Propiedades químicas del suelo en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, ráster resolución 100 x 100 m**

Capas ráster de 100x100m de las variables químicas del suelo (pH, materia orgánica, materia orgánica superficial, caliza activa, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación de bases y nitrógeno superficial), calculados para el estudio -Biomasa Forestal en Andalucía. Modelos de existencias, crecimiento y producción. Coníferas-, a partir de la información de partida del estudio “Sistema de Inferencia Espacial de las propiedades Físico-Químicas e Hidráulicas de Suelos de Andalucía” de la CAPMA, el Inventario Nacional de Erosión de Suelos e información de perfiles de suelos facilitados por el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla y la CAPMA.

**Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ddf1aab2-41c6-4d60-9567-dea6e52affec>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

- ▲ pH del suelo
- Indicador correspondiente a la media ponderada del pH en todo el perfil del suelo
- ▲ Materia orgánica del suelo
- Indicador correspondiente a la media ponderada de Materia Orgánica en el perfil del suelo (%)

▲ Caliza activa

Indicador correspondiente al porcentaje de caliza activa en el suelo (%)

▲ Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Indicador correspondiente a la capacidad de intercambio catiónico del suelo (meq/100 gr)

▲ Nitrógeno superficial

Indicador correspondiente al contenido de nitrógeno en el horizonte superficial del suelo (%)

**16) Propiedades hidráulicas del suelo en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, ráster resolución 100 x 100 m**

Capas ráster de 100x100m de las variables hidráulicas del suelo (capacidad de retención de agua y conductividad hidráulica), calculados para el estudio -Biomasa Forestal en Andalucía. Modelos de existencias, crecimiento y producción. Coníferas-, a partir de la información de partida del estudio “Sistema de Inferencia Espacial de las propiedades Físico-Químicas e Hidráulicas de Suelos de Andalucía”.

**Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/ddf1aab2-41c6-4d60-9567-dea6e52affec>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

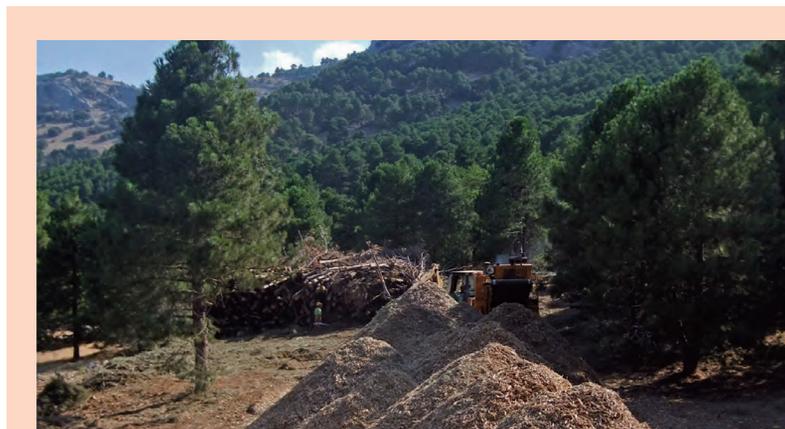
▲ Conductividad hidráulica del suelo

Indicador correspondiente a la media ponderada de la conductividad hidráulica saturada en todo el perfil del suelo (cm/día)

▲ Capacidad de retención de agua del suelo

Indicador correspondiente a la media ponderada de la capacidad de retención del agua en todo el perfil del suelo (mm/m)

**17) Índice de vegetación (NDVI) de Andalucía. Promedio anual, 2019 (TERRA MODIS), ráster resolución 250 x 250 m**



Imágenes del satélite TERRA captadas por el sensor MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) a las que se les ha calculado el Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI- Normalized Difference Vegetation Index), que basado en el contraste entre las bandas roja e infrarroja cercana del espectro, resalta la cobertura vegetal y su vigorosidad sobre áreas extensas. Las imágenes presentan una sola banda y una resolución espacial de 250 m.

**Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/f427abe5-990e-4a37-a7bc-86c3c3a64f22>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

▲ Índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI)

Indicador correspondiente a la media Anual del NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) a partir de imágenes de satélite TERRA-MODIS: año 2019.

**18) Evapotranspiración de referencia anual en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, ráster resolución 100 x 100 m**

Capas ráster de 100x100m de la variable evapotranspiración de referencia calculado mediante



el método Penman-Monteith, particularizado para masas de coníferas y a partir de la información termométrica generada por la REDIAM. Calculados para el estudio -Biomasa Forestal en Andalucía. Modelos de existencias, crecimiento y producción. Coníferas-

### **Acceso a la información:**

<https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/8535f3d9-3cce-48ee-be1a-0c1d857502d6>

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

#### ▲ Evapotranspiración de referencia

Indicador correspondiente a la evapotranspiración de referencia anual (mm)

### **19) Estado de las masas de agua andaluzas (Planes Hidrológicos 2º ciclo) a escala 1: 50.000**

Recopilación de información sobre el estado de las masas de agua andaluzas procedente del 2º Ciclo de Planificación Hidrológica. Incluye información, entre otros datos, sobre la valoración del estado de las masas de agua superficiales (ecológico, químico, global y objetivos medio ambientales) y sobre el estado de las masas de agua subterráneas. Hay que tener en cuenta que el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas y del Guadalete-Barbate del Ciclo 2015-2021 han quedado anu-

lados por la Sentencia de 25 de marzo de 2019, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo (BOJA núm 107 de 4 de mayo de 2019) y por la Sentencia de 5 de julio de 2019, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo (BOE núm 182 de 31 de julio de 2019), por lo que los Planes en vigor para dichas demarcaciones pasan a ser los del Ciclo 2009-2015.

Los **indicadores de estado** seleccionados que se encuentran asociados a esta fuente de información cartográfica, son:

#### ▲ Calidad de las aguas superficiales por polígono. Estado global

Según la DMA (Directiva Marco del Agua), el estado de una masa de agua superficial depende de su estado ecológico y químico, siendo su estado ecológico una expresión de la calidad de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a aguas superficiales. Ambos estados (ecológico y químico) se evalúan conforme a una serie de indicadores (biológicos, hidromorfológicos y físico-químicos) y al cumplimiento de las normas de calidad medioambiental (NCA) en materia de aguas. El estado global de una masa de agua superficial queda determinado por el peor valor de su estado ecológico o de su estado químico. Solo cuando el estado ecológico sea bueno o muy bueno o máximo y el estado químico sea bueno, el estado global de la masa de agua superficial se evalúa como “bueno o mejor”. En cualquier otro caso será considerado “peor que bueno”.



## METODOLOGÍA

3.2

### 3.2.1 Riqueza de especies protegidas

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa de distribución de las especies de flora y fauna protegidas en Andalucía, tiene la información en cuadrículas 1 x 1 km y mantiene un solape por cada especie de flora o fauna amenazada que posee.

Por tanto, para saber qué número de especies alberga cada cuadrícula y poder tratar la información de manera conjunta con el resto de variables, se procedió de la siguiente forma:

1) Se calculó en una tabla (*sp\_amenaz*) el recuento de identificadores de polígonos ID de la capa origen. Es decir, se calculó cuantas veces se repite un ID en la capa origen, que será el número de especies protegidas que se encuentran en cada cuadrícula de dicha capa).

2) Se realizó un *dissolve* (disolver) de la capa por el campo ID, fusionando así las cuadrículas cuyos identificadores son iguales. A esta capa simplificada, denominada: *sp\_arena\_Diss*, se le unió la tabla con el recuento de ID, obteniendo una nueva capa denominada: *sp\_arena* con un campo nuevo, *count\_ID*, que contiene el número de especies protegidas.

3) Se rásterizó esta capa y se obtuvo una capa ráster con el número de especies amenazadas. A la nueva capa se la denominó: *sp\_arena*. En la rásterización se definió un tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para que las celdas coincidan.

4) La capa obtenida (*sp\_arena*) se reclasificó, según criterio experto, de la siguiente manera: Va-

lor 1. Posee 1 ó 2 sp.; Valor 2. Posee 3 ó 4 sp.; Valor 3. Posee 5 o más. A la capa reclasificada se la denominó: *sp\_reclas*.

5) Finalmente, la capa resultante (*sp\_reclas*) mostraba valores de especies fuera del ámbito de la capa de ecosistemas (no había coincidencia total), por lo que se procedió a recortar dicha capa con la capa de ecosistemas. A la nueva capa se la denominó: *sprec\_extract*.

6) La nueva capa *sprec\_extract* se renombró como "*num\_sp*" para que el nombre fuera más intuitivo. Dicha capa final incluía la información del número de especies presentes y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas para su procesamiento posterior.

### 3.2.2 Riqueza y diversidad de hIC

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa actual de hábitats de interés comunitario de Andalucía a escala 1:10.000, se sometió al siguiente tratamiento:

1) La capa base se rásterizó de igual manera que se rásterizó la capa de riqueza de especies protegidas (tamaño de celda de 10 x 10 m y alineada con la capa ráster de ecosistemas) (ver figura: 3). A la nueva capa se la denominó: *num\_HIC\_10*.

2) La capa obtenida (*num\_HIC\_10*) se reclasificó de igual manera que la capa de riqueza de especies protegidas: Valor 1. Posee 1 ó 2 hICs.; Valor 2. Posee 3 ó 4 hICs.; Valor 3. Posee 5 o más. A la capa reclasificada se la denominó: *numhic\_reclas*.



3) La nueva capa *numhic\_reclas* se renombró como “**num\_hic**” para que el nombre fuera más intuitivo. Dicha capa final incluía la información del número de HICs presentes y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.3 Grado de conservación de HIC. Grado de conservación de la estructura (GCE)

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa actual de hábitats de interés comunitario de Andalucía a escala 1:10.000, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El conjunto de capas correspondientes a cada HIC o grupo de HICs se rásterizaron por el campo *GcdeEstruct*, del mismo modo que las capas de los indicadores anteriores (tamaño de celda de 10 x 10 m y alineada con la capa ráster de ecosistemas).

2) Las capas obtenidas del proceso de rásterización se reclasificaron de la siguiente manera: Valor 1. MD (estructura mediana o parcialmente degradada); Valor 2. BN (estructura bien conservada); Valor 3. EX (estructura excelente).

3) Se fusionaron todos los ráster correspondientes a cada HICs o grupo de HICs en una capa única para tener el grado de conservación total de Andalucía. La herramienta utilizada para ello fue el operador “*De mosaico a nuevo ráster*”, sumando los valores en las zonas de superposición. Se realizó por grupos, ya que eran más de 100 capas. A la capa suma se la denominó: *GC\_hics\_total*

4) La nueva capa (*GC\_hics\_total*) se reclasificó, según criterio experto. A la capa reclasificada se la denominó: *gc\_hics\_recla*.

5) La nueva capa *gc\_hics\_recla* se renombró como “**gr\_conserva**” para que el nombre fuera más intuitivo. Dicha capa final incluía la información del grado de conservación de la estructura de los HICs y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.4 categoría de amenaza de las especies protegidas

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa de distribución de las especies de flora y fauna protegidas en Andalucía con información en cuadrículas 1 x 1 km, se sometió el siguiente tratamiento:

1) En la capa base hay un campo *ID\_Categoría*, relativo a la categoría de amenaza de las especies con valores del 1-7. Sin embargo, el diccionario de estos valores no está disponible, por lo que se ha creado un diccionario propio (tabla 3), denominado *ID\_CATEG*, en base a la asignación de la categoría de amenaza y la información recogida en la tabla “listado de especies comunes protegidas”.

2) Se unió el diccionario *ID\_CATEG* con la capa base (*sp\_amenax1*), asignando así a cada especie su categoría de amenaza. A la nueva capa se la denominó: *sp\_categ*.

3) De esta nueva capa se exportaron tres capas, una por cada categoría de amenaza: EN, VU, Listado, y se unieron por el campo *ID* a la capa *sp\_amenax1*, que se había obtenido previamente para el indicador riqueza de especies protegidas (ver apartado 3.2.1). De esta forma, se obtuvo una nueva capa, denominada: *spAm\_envuli*, donde a cada polígono se le asoció la categoría de amenaza de todas las especies presentes en el mismo.

4) En esta capa se añadió un campo GR\_AMENA, donde se fue asignando el valor de la categoría de amenaza de las especies presentes.

Para calcular el valor de la categoría de amenaza que se asignó a cada unidad geométrica (polígono) de la capa se utilizó un criterio de máximos, en el que a cada polígono se asigna un valor máximo en función del grado de amenaza existente (EN =3 puntos, VU=2 puntos, Listado=1 punto) independiente del número de especies que existan en dicha unidad geométrica. Es decir, por ejemplo: si en un polígono A hay tres especies presentes en el listado y no se aplica el criterio de máximos definido, el valor resultante del grado de amenaza para ese polígono A sería de 3 puntos. Si en otro polígono B hay solo una especie catalogada como vulnerable, el valor resultante en este caso serían 2 puntos. Por tanto, en ausencia del criterio de máximos, se estaría dando más puntuación al polígono A que al polígono B, cuando dicho polígono A tiene un menor grado de amenaza (solo registra especies del listado) que es polígono B (registra una especie vulnerable).

Con la aplicación del criterio de máximos, el objetivo es no sesgar el grado de amenaza de cada polígono en función del número de especie existentes en él, ya que el nº de especies es otro de los indicadores de estado considerados en este trabajo.

5) A continuación, se hizo un “dissolve” por los campos ID y GR\_AMENA, para tener una nueva capa con sólo un dato de la categoría de amenaza por polígono. A la nueva capa se la denominó: spAm\_Diss

6) Finalmente, la capa resultante (spAm\_Diss) se rásterizó y se recortó con la capa de ecosistemas, de igual forma que se hizo con el indicador de riqueza de especies protegidas, obteniendo un ráster final que se denominó: GrAm\_extrac.

7) La nueva capa GrAm\_extrac se renombró como “**cat\_amenaza**” para que el nombre fuera

más intuitivo. Dicha capa final incluía la información de la categoría de amenaza de las especies presentes y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y el resto de capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.5. Prioridad del HIC

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa actual de hábitats de interés comunitario de Andalucía a escala 1:10.000, se sometió al siguiente tratamiento:

1) En la capa base hay dos campos que indican si los hábitats presentes son prioritarios, HP, o no prioritarios, HNP.

2) Se exportaron los polígonos con HICs prioritarios (HP <> 0) y se obtuvo una nueva capa que se denominó: capa\_hics\_prioritarios

3) Se añadió un campo PRIO a la nueva capa, donde se asignó el valor según la prioridad de los HICs presentes. Es decir, el valor 1 a los hábitats prioritarios (los no prioritarios serían 0).

4) Finalmente, esta capa se rásterizó de igual manera que en los casos anteriores (se definió un tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas, ecosistema\_10, para que las celdas coincidan). Tras este proceso, se obtuvo una nueva capa que se denominó: hics\_prio.

5) La nueva capa hics\_prio se renombró como “**prio\_hic**” para que el nombre fuera más intuitivo. Dicha capa final incluía la información de los hábitats prioritarios presentes y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.



### 3.2.6 Superficie protegida

Las bases cartográficas utilizadas para la evaluación de este indicador, límites de la Red Natura 2000 y límites de los Espacios Naturales Protegidos de Andalucía, se sometieron al siguiente tratamiento:

1) Se combinaron ambas capas de información para unificar los límites de los espacios Red Natura 2000 y los de los Espacios Naturales Protegidos de Andalucía. A la nueva capa se la denominó: esp\_union.

2) Se hizo un “*dissolve*” sin especificar ningún campo, para tener una nueva capa que incluyera los límites de la superficie protegida en Andalucía por ambas fuentes de información. A la nueva capa se la denominó: esp\_uniendis.

3) Finalmente, esta capa se rásterizó de igual manera que en los casos anteriores (se definió un tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas, *ecosistema\_10*, para que las celdas coincidieran). Tras este proceso, se obtuvo una nueva capa que se denominó “*superf\_prot*”. Dicha capa final incluía la información sobre la superficie protegida existente en Andalucía y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.7 Plan de conservación del pinsapo

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa ámbito de aplicación plan de conservación del pinsapo, se sometió al siguiente tratamiento:

1) La capa base se rásterizó con tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia

espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: plan\_pinsras.

2) La capa obtenida (plan\_pinsras) se reclasificó siguiendo una clasificación dicotómica: Valor 1. Pertenece al ámbito de aplicación del plan. Valor 0. No pertenece al ámbito de aplicación del plan. A la capa reclasificada se la denominó: plan\_pinsrasreclas.

3) La nueva capa, renombrada como pinsapos, incluía la información de ámbito de aplicación del plan de conservación del pinsapo y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.8 Plan de conservación de Helechos

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa ámbito de aplicación plan de conservación de helechos, se sometió al siguiente tratamiento:

1) La capa base se rásterizó con tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: plan\_helras.

2) La capa obtenida (plan\_helras) se reclasificó siguiendo una clasificación dicotómica: Valor 1. Pertenece al ámbito de aplicación del plan. Valor 0. No pertenece al ámbito de aplicación del plan. A la capa reclasificada se la denominó: plan\_helrasreclas.

3) La nueva capa renombrada como helechos, incluía la información de ámbito de aplicación del plan de conservación de helechos y mos-

traba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.9 Plan de conservación de altas cumbres

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa ámbito de aplicación plan de conservación de altas cumbres, se sometió al siguiente tratamiento:

1) La capa base se rásterizó con tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: plan\_altras.

2) La capa obtenida (*plan\_altras*) se reclasificó siguiendo una clasificación dicotómica: Valor 1. Pertenece al ámbito de aplicación del plan. Valor 0. No pertenece al ámbito de aplicación del plan. A la capa reclasificada se la denominó: plan\_altrasreclas.

3) La nueva capa, renombrada como altas cumbres, incluía la información de ámbito de aplicación del plan de conservación de altas cumbres y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.10 Plan de conservación de dunas

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa ámbito de aplicación plan de conservación de dunas, arenales

y acantilados costeros, se sometió al siguiente tratamiento:

1) La capa base se rásterizó con tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: plan\_dunras.

2) La capa obtenida (*plan\_altras*) se reclasificó siguiendo una clasificación dicotómica: Valor 1. Pertenece al ámbito de aplicación del plan. Valor 0. No pertenece al ámbito de aplicación del plan. A la capa reclasificada se la denominó: plan\_dunrasreclas.

3) La nueva capa, renombrada como dunas, incluía la información de ámbito de aplicación del plan de conservación de dunas, arenales y acantilados costeros y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.11 Plan de recuperación y conservación de peces e invertebrados de medios acuáticos epicontinentales

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, capa ámbito de aplicación plan de conservación de recuperación y conservación de peces e invertebrados de medios acuáticos epicontinentales, se sometió al siguiente tratamiento:

1) La capa base se rásterizó con tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores.



2) La capa obtenida (*peces\_inver*) se reclasificó siguiendo una clasificación dicotómica: Valor 1. Pertenece al ámbito de aplicación del plan. Valor 0. No pertenece al ámbito de aplicación del plan. A la capa reclasificada se la denominó: *peces\_invert*

3) La nueva capa incluía la información de ámbito de aplicación del plan de conservación de recuperación y conservación de peces e invertebrados de medios acuáticos epicontinentales capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.3 3.2.12 Delimitación de humedales de Andalucía

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, cartografía de humedales incluida en el inventario de humedales de Andalucía, se sometió al siguiente tratamiento:

1) La capa base se rásterizó con tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores A la nueva capa se la denominó: *ihq*

2) La capa obtenida (*ihq*) se reclasificó siguiendo una clasificación dicotómica: Valor 1. Pertenece al ámbito de aplicación del plan. Valor 0. No pertenece al ámbito de aplicación del plan. A la capa reclasificada se la denominó: *ihq\_rec*

3) La nueva capa, renombrada como *ihq*, incluía la información sobre delimitación de humedales de Andalucía y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.13 Valor de impedancia (fragmentación)

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, mapa de impedancia de Andalucía en formato ráster con resolución 25 x 25 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función *re-muestrear*) a tamaño de celda 50 x 50 m para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores (10 x 10m). A la nueva capa se la denominó: *imped50*.

2) Los valores de la capa de impedancia original oscilan entre 1 (menos impedancia) y 100 (mayor impedancia). La resistencia a la dispersión de los organismos es mayor conforme mayor es el valor de impedancia.

La capa *imped50* con valores de impedancia original se reclasificó de acuerdo a un criterio experto, una vez analizado el histograma de frecuencias de la capa original. A la nueva capa obtenida se la denominó: *imped\_rec*.

3) Finalmente, se procedió a recortar dicha capa con la capa de ecosistemas. A la nueva capa se la denominó: *impedrec\_ext*.

4) La nueva capa *impedrec\_ext* se renombró como **“impedancia”** para que el nombre fuera más intuitivo. Dicha capa final incluía la información de impedancia y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.14 Índice de conectividad terrestre de Andalucía (ICTA forestal)

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, Índice de Conectividad Terrestre (ICTA) forestal para Andalucía en formato

ráster con resolución 25 x 25 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función remuestrear) a tamaño de celda 50 x 50 m para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores (10 x 10 m). A la nueva capa se la denominó: ICTA50.

2) Los valores de la capa ICTA original atienden a una función logarítmica que oscila entre 5 (menos conectividad) y 8 (mayor conectividad). La continuidad de hábitat es mayor conforme mayor es el valor del ICTA.

La capa ICTA50 con valores del ICTA original se reclasificó de acuerdo a un criterio experto, una vez analizado el histograma de frecuencias de la capa original. A la nueva capa obtenida se la denominó: ICTA50\_rec.

3) Finalmente, se procedió a recortar dicha capa con la capa de ecosistemas. A la nueva capa se la denominó: icta50rec\_ext

4) La nueva capa icta50rec\_ext se renombró como “**icta**” para que el nombre fuera más intuitivo. Dicha capa final incluía la información del índice de conectividad forestal y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.15 Fracción de cabida cubierta

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, Sistema de Información sobre el Patrimonio Natural de Andalucía (SIPNA) a escala 1:10.000, se sometió al siguiente tratamiento:

1) Se seleccionaron de la capa SIPNA los polígonos con cobertura de arbolado mayor que cero (pct arbo>0) y también se seleccionaron los polígonos con cobertura de matorral mayor que cero

(pct mato>0). Con los polígonos seleccionados en cada caso se obtuvo una capa nueva que se denominó: ecosis FCC

2) Los valores de la capa SIPNA respecto a la cobertura vegetal oscilan entre <5% y >75%. Se asignó a la capa origen ecosis FCC un valor de ponderación en función del porcentaje de cobertura de arbolado y matorral (campos Arbo\_clas y Mato\_clas, respectivamente). Para la asignación de dichos valores de ponderación referidos a la cobertura se utilizaron como referencia los valores de stock de carbono existente en los ecosistemas andaluces (valor de referencia, tC/ha). Con el análisis de los valores de referencia de carbono se ha podido comprobar que los bosques (ecosistemas con FCC arbolado>50%) almacenan de media el doble de carbono que los ecosistemas dominados por el matorral (ecosistemas con FCC arbolado<50%). Con estas indicaciones para la asignación de valores, los porcentajes de FCC existentes en la capa original se agruparon en intervalos, de forma que la asignación de valores en función del intervalo de FCC del estrato arbóreo y arbustivo, fue la siguiente:

**TABLA 8** Asignación de valores de ponderación para la Fcc del arbolado y matorral

	1-4 %	5-19 %	20-50 %	51-74 %	>=75 %
Arbolado	2	4	6	8	10
Matorral	1	2	3	4	5

3) El siguiente paso fue la suma de los valores de ponderación correspondientes a la cobertura arborea (*campo Arbo\_clas*) y cobertura de matorral (*campo Mato\_clas*) en un nuevo campo que se denominó Sum\_clas. Una vez disponible el campo suma se exportaron los polígonos cuya suma era > 1 y se generó una nueva capa denominada: FFC suma

4) La nueva capa se rásterizó en función del campo *Sum\_clas*. Se definió un tamaño de celda de 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas, *ecosistema\_10*, para que las celdas coincidieran.

5) La nueva capa ráster *FFC\_suma*, que incluía valores ponderados (campo clase) en función de la Fcc correspondientes al estrato arboreo y arbustivo, se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 9. A la nueva capa obtenida se la denominó: *fcc\_sumarecl*

**TABLA 9** Criterio de reclasificación de la capa de Fcc

CLASS	Valor ponderación Fcc
1	1, 2, 3
2	4, 5
3	6, 7
4	8, 9
5	10, 11, 12, 13

6) La nueva capa, renombrada como *fcc*, incluía la información de la Fcc de la vegetación arbórea y arbustiva y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.16 Altura de la vegetación

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, modelo digital de altura de la vegetación generado a partir de la nube de puntos de los vuelos PNOA LIDAR 2014-15 en formato ráster con resolución 2 x 2 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función remuestrear) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: *altura\_resam*.

2) La capa obtenida se reclasificó otorgando valores más elevados cuanto mayor es la altura de la vegetación. A la capa reclasificada se la denominó: *altura\_resrec*

3) La nueva capa, renombrada como *altura\_veg*, incluía la información de la altura de la vegetación y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.17 Profundidad del suelo

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, propiedades físicas del suelo (profundidad del suelo, ps) en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía en formato ráster con resolución 100 x 100 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función remuestrear) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: *ps\_remuest*.

2) Los valores de la capa profundidad del suelo original oscilan entre 25 cm (menor profundidad) y 250 cm (mayor profundidad). La capa *ps\_remuest* con valores de la profundidad del suelo original se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 10. A la nueva capa obtenida se la denominó: *ps\_remuestrec*

**TABLA 10** Criterio de reclasificación de la capa profundidad del suelo

CLASS	Profundidad del suelo (cm)
1	≤25
2	26-50
3	51-100
4	101-150
5	151-250

3) La nueva capa, renombrada como prof\_suelo incluía la información de la profundidad de suelo y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.18 Materia orgánica del suelo

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, propiedades químicas del suelo (materia orgánica, mo) en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía en formato ráster con resolución 100 x 100 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función remuestrear) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: mo\_resamp.

2) Los valores de la capa de materia orgánica original oscilan entre <1% y >8%. Teniendo en consideración que valores por encima del 2% de m.o. en el suelo son deseables (Espinoza et al., 2012; An-

**TABLA 11** Criterio de reclasificación de la capa de materia orgánica

CLASS	m.o. del suelo (%)
1	<1
2	1-2
3	>2

drades y Martínez, 2014)), la capa mo\_resamp con valores de m.o. del suelo original se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 11. A la nueva capa obtenida se la denominó: mo\_resamprec.

3) La nueva capa, renombrada como mat\_org incluía la información de la materia orgánica del suelo y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.19 pH del suelo

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, propiedades químicas del suelo (pH) en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía en formato ráster con resolución 100 x 100 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función remuestrear) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: pH\_resample.

2) Los valores de la capa de pH original oscilan entre <6 y >8,5. Teniendo en consideración que el pH neutro es la condición óptima para el desa-

rollo de la mayoría de los cultivos y para la asimilación de la mayoría de los nutrientes (Andrades y Martínez, 2014), la capa *pH\_resample* con valores de pH del suelo original se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 12. A la nueva capa obtenida se la denominó: *pH\_resamprec*

**TABLA 12** Criterio de reclasificación de la capa de pH

CLASS	pH del suelo
1	<6
2	6-6,5
4	6,5-7,5
2	7,5-8,5
1	>8,5

3) La nueva capa, renombrada como *ph\_suelo* incluía la información del pH del suelo y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.20 Caliza activa

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, propiedades químicas del suelo (caliza activa) en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía en formato ráster con resolución 100 x 100 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función *re-muestrear*) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: *ca\_resample*.

2) Los valores de la capa de caliza activa original oscilan entre <1,25% y >18%. Teniendo en consideración que el porcentaje de caliza activa inferior al 6% se considera bajo y no suele afectar a la vegetación (Andrades y Martínez, 2014; <https://frutales.wordpress.com/abonado/analisis-de-tierra/>), la capa *ca\_resample* con valores de caliza activa del suelo original se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 13. A la nueva capa obtenida se la denominó: *ca\_resamprec*

**TABLA 13** Criterio de reclasificación de la capa de caliza activa

CLASS	Caliza activa (%)
4	<6
2	6-9
1	>9

3) La nueva capa, renombrada como *caliza*, incluía la información de caliza activa y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.21 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, propiedades químicas del suelo (capacidad de intercambio catiónico, *cic*) en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía en formato ráster con resolución 100 x 100 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función *re-muestrear*) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mante-

ner la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores . A la nueva capa se la denominó: *cic\_resample*

2) Los valores de la capa de capacidad de intercambio catiónico original oscilan entre <6meq/100g y >35meq/100g. Teniendo en consideración que un valor entre 0 y 10 meq/100g de CIC se considera muy bajo y por tanto, un suelo muy pobre (Soriano, 2018); la capa *cic\_resample* con valores de CIC del suelo original se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 14. A la nueva capa obtenida se la denominó: *cic\_resamprec*

**TABLA 14** Criterio de reclasificación de la capa de capacidad de intercambio catiónico

CLASS	CIC (meq/100g)
1	0-10
2	10-20
3	20-35
4	>35

3) Las nueva capa, renombrada como *inter\_cation*, incluía la información del CIC del suelo y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.22 Conductividad hidráulica del suelo

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, propiedades hidráulicas del suelo (conductividad hidráulica) en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía en formato ráster con resolución 100 x 100 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función re-muestrear) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores . A la nueva capa se la denominó: *cond\_resample*

2) Los valores de la capa de conductividad hidráulica original oscilan entre <35cm/día y >515cm/día. Habida cuenta que desde el punto de vista productivo el suelo ideal es aquel que mantiene equilibrada la cantidad de arena, arcilla y limo, es decir, aquel con una textura franca; y teniendo en cuenta que según la FAO, valores típicos de conductividad hidráulica saturada para suelos francos es entre 10-20 mm/h (24-48 cm/día). Además, considerando que hasta valores de 120 cm/día se interpreta como una conductividad hidráulica en la que se produce una infiltración de agua en el suelo lenta (Peñarete, 2014), la *capa\_cod\_hid\_resample* con valores de conductividad hidráulica original se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 15. A la nueva capa obtenida se la denominó: *cond\_resamrec*.

**TABLA 15** Criterio de reclasificación de la capa de conductividad hidráulica

CLASS	Conductividad hidráulica (cm/día)
1	>135
3	65-135
4	35-65
2	<35

3) Las nueva capa renombrada como *conduct\_hid*, incluía la información de conductividad hidráulica del suelo y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.23 NDVI (Fotosíntesis)

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, promedio anual (2009) del índice de vegetación (NDVI) calculado mediante imágenes del satélite TERRA captadas por el sensor MODIS y con resolución espacial de 250 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) Los valores de la capa NDVI oscilan entre 1, que indican vigorosidad de la vegetación, y 0, que indican ausencia de vegetación. Además, los valores del NDVI son de tipo flotante, por lo que el primer proceso que se realizó fue la reclasificación de los mismos conforme a la configuración que aparece en la figura 20, definida de acuerdo con diversas referencias bibliográficas para clasificación de la vegetación (Chuvienco, 2017; Olivo, 2017). A la nueva capa se la denominó: *ndvi\_recl*

2) El nuevo ráster obtenido se resampleó (función remuestrear) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: *ndvi\_reclres*

3) La nueva capa renombrada como *ndvi* incluía la información de vigor de la vegetación (fotosíntesis-NDVI) y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.24 Evapotranspiración de referencia

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, evapotranspiración de referencia en el marco del estudio de la Biomasa

Forestal de Andalucía en formato ráster con resolución 100 x 100 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función remuestrear) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: *etott\_resample*

2) Los valores de la capa de evapotranspiración de referencia original oscilan entre <600 mm y >1700mm. En relación con las precipitaciones recogidas, la evapotranspiración se utiliza como un indicador de humedad o aridez climática, siendo los valores medios anuales mayores en ambientes secos que húmedos. Por tanto, la capa *etott\_resample* con valores de evapotranspiración de referencia original se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 16. A la nueva capa obtenida se la denominó: *evap\_resamrec*.

**TABLA 16** Criterio de reclasificación de la capa de evapotranspiración de referencia

CLASS	ET0 (mm)
1	>1600
2	1300-1600
3	1050-1300
4	750-1050
5	<750

3) La nueva capa renombrada como evapotransp, incluía la información de ET0 y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.25 Capacidad de retención de agua del suelo

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, propiedades hidráulicas del suelo (capacidad de retención de agua) en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía en formato ráster con resolución 100 x 100 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función remuestrear) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: *crad\_resample*

2) Los valores de la capa de capacidad de retención de agua del suelo original oscilan entre <65 mm/m y >190mm/m. Por tanto, la capa *crad\_resample* con valores de capacidad de retención de agua original se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 17. A la nueva capa obtenida se la denominó: *crad\_resamrec*.

**TABLA 17** Criterio de reclasificación de la capa de capacidad de retención de agua

CLASS	Capacidad de retención de agua (mm/m)
1	<65
2	65-100
3	100-150
4	>150

3) La nueva capa renombrada como *retenc\_agua*, incluía la información de capacidad de retención de agua y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.26 Nitrógeno superficial

La base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador, propiedades químicas del suelo (nitrógeno superficial) en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía en formato ráster con resolución 100 x 100 m, se sometió al siguiente tratamiento:

1) El ráster original se resampleó (función remuestrear) a tamaño de celda 10 x 10 m y se configuró el entorno y se alineó con la capa ráster de ecosistemas (*ecosistema\_10*) para poder mantener la coincidencia espacial de cada pixel con los ráster de los demás indicadores. A la nueva capa se la denominó: *n\_sup\_resample*

2) Los valores de la capa de nitrógeno superficial original oscilan entre <0,05 % y >0,65%. Habida cuenta que valores entre 0,1 y 0,2% para el nitrógeno total se consideran valores de referencia en suelos y que a partir del umbral de 0,2 los valores son calificados como altos (<https://agricultureros.com/valores-de-referencia-de-un-analisis-de-suelo/>; INTA, 2016), la capa *n\_sup\_resample* con valores de nitrógeno superficial original se reclasificó de acuerdo al criterio definido en la tabla 18. A la nueva capa obtenida se la denominó: *n\_sup\_resrec*.

**TABLA 18** Criterio de reclasificación de la capa de nitrógeno superficial

CLASS	Nitrógeno superficial (%)
1	<0,05
2	0,05-0,1
4	0,1-0,2
2	>0,2

3) La nueva capa renombrada como *n\_superf* incluía la información de nitrógeno superfi-



cial y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.27 Calidad de las aguas superficiales

Tal y como se ha comentado con anterioridad, hay que tener en cuenta que el Plan Hidrológico de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas 2015-2021 y el del Guadalete-Barbate 2015-2021 están anulados, por lo que para ambos casos los Planes que actualmente están en vigor y sus capas correspondientes corresponden al primer ciclo de planificación 2009-2015.

Para el resto de demarcaciones hidrológicas con incidencia en Andalucía la información y cartografía base en vigor corresponde al segundo ciclo de planificación 2015-2021. Disponible en:

Y:\04\_RECURSOS\_NATURALES  
\04\_AGUAS\04\_PRODUCTOS\_DIFUSION\_AGUAS\Estado\_masas

Aclarada esta cuestión inicial, la base cartográfica utilizada para la evaluación de este indicador se sometió al siguiente tratamiento:

1) De la capa *Intra\_mspf* se eliminaron las líneas coincidentes con *cmg\_mspf* ya que, según indica el metadato, están derogadas.

2) Posteriormente, se unieron todas las líneas en una sola capa denominada: *merge\_aguas*, y se unificó en el campo “est\_agua”, el estado global de cada masa de cada demarcación hidrográfica.

3) Se realizó un buffer de 1m para pasar esta capa lineal a una poligonal. A la nueva capa resultante se la denominó: *merge\_aguas\_buffer1*.

4) A continuación se repitió el mismo proceso con la información poligonal de las masas de

agua, obteniéndose la capa *merge\_embalse* y el campo “est\_agua”.

5) Se fusionaron ambas capas poligonales. A la nueva capa resultante se la denominó: *estado\_aguas*

6) Se rásterizó dicha capa y se obtuvo una nueva capa a la que se denominó: *aguas*

7) La capa obtenida del proceso de rásterización se reclasificó de la siguiente manera: 1-Bueno, 0-Peor que bueno. A la nueva capa resultante se la denominó: *aguas\_reclas*

8) Esta capa tenía valores fuera del ámbito de la capa de ecosistemas, por lo que se procedió a recortar dicha capa con la capa de ecosistemas. A la nueva capa se la denominó: *agrec\_extrac*

9) La nueva capa *agrec\_extrac* se renombró como “**aguas**” para que el nombre fuera más intuitivo. Dicha capa final incluía la información del estado de las masas de agua y mostraba alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado para su procesamiento posterior.

### 3.2.28 Valor de estado o condición global de los ecosistemas

El valor de estado global se calcula para cada tipo de ecosistema como la suma de los valores del conjunto de variables/indicadores que aplican a cada uno de ellos, tal y como se ha descrito anteriormente (tabla 1). Este sumatorio se realiza a nivel de píxel, obteniendo en cada uno el valor de estado global. A la capa ráster que incluye el valor global del estado o condición de los ecosistemas y que muestra alineamiento y coincidencia con la capa ráster de ecosistemas y las capas del conjunto de indicadores de estado que la componen se las denominó: “**z forestales**” y “**z humedas**”, respectivamente.

Posteriormente, la capa resultante carto estado que incluye el valor global del estado o condición de los ecosistemas se reclasificó y categorizó, de acuerdo a diferentes criterios: experto, cuantiles, umbrales naturales, según las siguientes categorías de estado: óptimo, bueno, medio e insuficiente.

Debido a que las cartografías de base utilizadas para el cálculo del valor global de estado o condición provienen de distintos proyectos y distintos ámbitos de estudio, la cartografía de estado resultante tuvo que adaptarse frente a diferentes cuestiones geométricas relacionadas con la falta de homogeneidad en los límites de las diferentes capas utilizadas en el cálculo del valor de estado.

Se tomó como referencia el límite de la capa de ecosistemas de Andalucía y se procedió a la homogeneización de límites del resto de capas respecto de este límite de referencia. Para ello se abordaron 2 procesos distintos:

1) Las capas con límites inferiores a la de referencia se extendieron hasta el límite de la capa de ecosistemas, asignando valores a los píxeles deficitarios mediante extrapolación de valores de píxeles cercanos utilizando la herramienta “asignación euclidiana”. De esta forma, las capas relacionadas con las propiedades del suelo en los ecosistemas terrestres procedentes del estudio de biomasa forestal de Andalucía, siguieron el siguiente proceso:

- Se sumaron todas las capas relacionadas con información sobre las propiedades del suelo en los ecosistemas terrestres (figura 25). A la capa resultante se la denominó: sum suelos

A continuación, se extendió el ráster suma (sum suelos) 2500 m mediante la herramienta “asignación euclidiana”. Es decir, se asignaron valores a píxeles limítrofes para extender el ráster hasta la extensión de la capa de ecosistemas (figura 26).

- Una vez finalizado el proceso se obtiene el ráster suelos 2500m, suma de las capas con in-

formación de propiedades del suelos con los límites ampliados 2500m. Este nuevo ráster será el que se utilizará en la suma del conjunto de indicadores/variables que intervienen en el cálculo del valor de estado de los ecosistemas.

2) Las capas con límites superiores a la de referencia se recortaron con la capa de ecosistemas para ajustar el ámbito de estudio a los límites de la capa de referencia. Por ejemplo, las capas de riqueza de especies, impedancia, ICTA forestal y calidad de las aguas, siguieron este proceso.

Finalmente, dado que tras la aplicación de nuestra metodología, el valor de estado o condición obtenido para ecosistemas intensamente transformados (áreas urbanas e industriales, infraestructuras de transporte y vías de comunicación, cultivos bajo plástico o masas de agua artificiales) tiene escasa asimilación con los resultados obtenidos para el resto de ecosistemas (terrestres/húmedos/costeros) como consecuencia de los indicadores utilizados, y considerando que las fuentes de información disponibles para la definición de indicadores adaptados específicamente a estos ecosistemas son escasas o muy limitadas en la actualidad; se optó por segregar dichos ecosistemas del cálculo del valor de estado otorgándoles a todos ellos un valor nulo por defecto.

Una vez realizado el ajuste geométrico de los límites de las diferentes capas, la segregación de los ecosistemas intensamente transformados y finalizado el proceso de reclasificación y categorización a las categorías de estado (óptimo, bueno, medio e insuficiente), se obtuvieron los ráster finales de estado o condición de los distintos tipos de ecosistemas considerados, que se denominaron: **estado humed** y **estado forest**.

Los resultados de la estimación del estado o condición de los ecosistemas tendrán diferentes aplicaciones:

- Por un lado, permitirán analizar el grado de asociación existente entre el valor real de los servicios y el valor de estado obtenido. Este enfoque



(enfoque MAES) puede resultar limitante cuando se aplica a determinados servicios (ej: aprovisionamiento) en función del catálogo de indicadores utilizados en la estimación del valor de estado. En los casos en que se detecten importantes limitaciones, estimar la dependencia del valor del servicio respecto del estado del ecosistema podría requerir: i) ampliar el catálogo de indicadores de estado integrados en el análisis, una cuestión que no siempre es posible debido a la disponibilidad de información para la definición de indicadores de estado; ii) buscar una metodología de evaluación alternativa más allá del enfoque propuesto por el MAES.

- Por otro lado, a partir del análisis de los re-

sultados obtenidos se podrán establecer intervalos de valores del estado o condición global de los ecosistemas que permitan identificar áreas clave para la conservación y mejora de la biodiversidad y la infraestructura verde del territorio andaluz. Como en el caso del análisis correspondiente a la provisión de servicios de los ecosistemas, la calibración y asignación final de rangos dependerá de la distribución de los valores obtenidos y de los objetivos de gestión de las administraciones responsables. Tendrán así carácter específico, atendiendo a las prioridades que se establezcan, pudiendo aplicarse diferentes criterios para su definición, como los umbrales naturales (natural breaks o Jenks) o la clasificación en cuantiles.

## CONTROL DE CALIDAD Y LIMITACIONES DETECTADAS 3.3

El control de calidad del resultado cartográfico obtenido es una etapa fundamental para garantizar una adecuada explotación del producto y para detectar limitaciones o puntos de mejora de la cartografía obtenida.

En nuestro caso, el control de calidad de la cartografía de estado de los ecosistemas fue limitado y se desarrolló en dos etapas diferenciadas:

1) Tras la generación del ráster de cada uno de los indicadores de estado se realizó una revisión directa de la capa resultante para evaluar los resultados obtenidos y verificar que el proceso se había desarrollado correctamente.

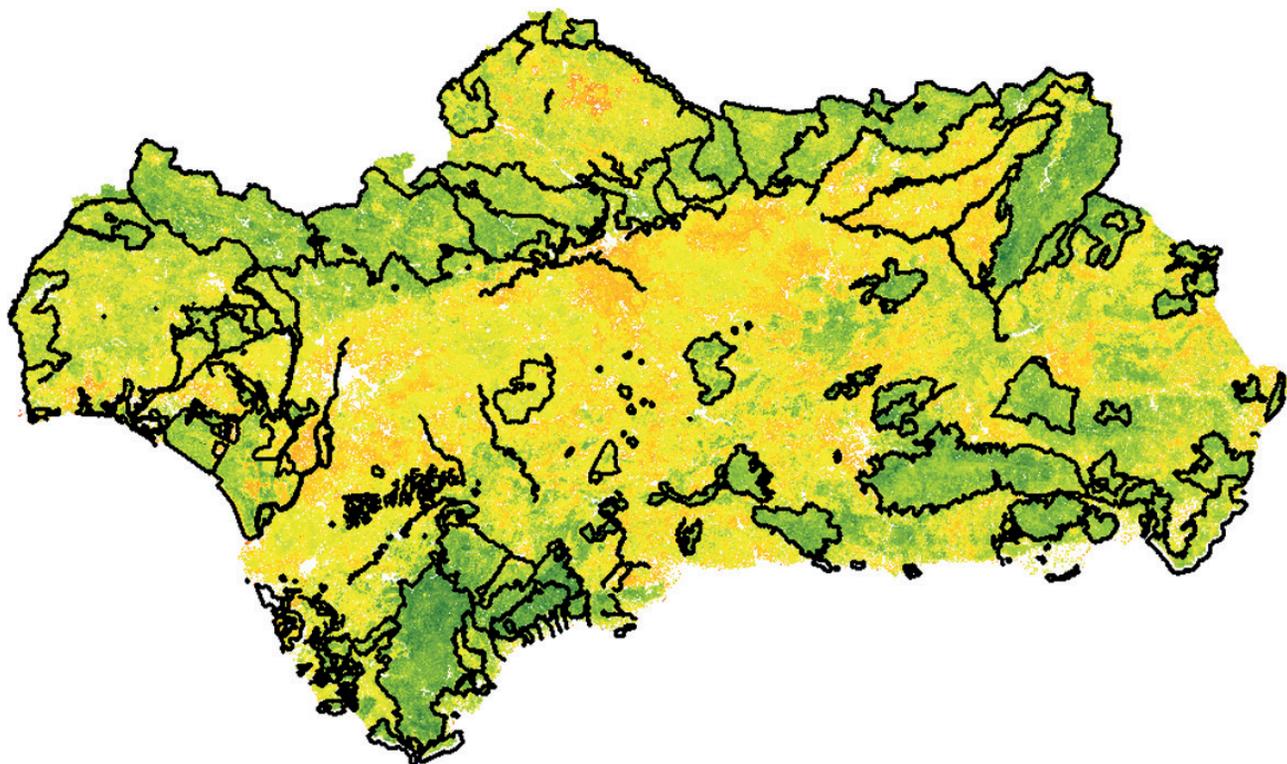
2) Una vez se dispuso de la capa del valor de estado o condición global de los ecosistemas se procedió de la siguiente forma:

2.1) Con el objetivo de verificar si existía coincidencia entre los resultados de la estimación del valor de estado de los ecosistemas con las áreas que “a priori” registran los valores más altos de biodiversidad en Andalucía, se realizó un cruce de las capas “*estado\_humed*” y “*estado\_forest*” con la capa “*Red Natura 2000*”.

Con carácter general, los resultados obtenidos se ajustaron a lo esperado y mostraron que las zonas de mejor estado estaban incluidas en la Red Natura (figura 3).

Sin embargo, conviene señalar que los resultados obtenidos en determinados espacios protegidos y áreas de alto valor ecológico con una importante representación de ecosistemas húmedos, de marisma o costeros muestran ciertas limitaciones en lo referente a la significación del valor de estado global obtenido (ejemplo: EN Do-

**FIGURA 3** Coincidencia entre el valor de estado y la Red Natura en Andalucía



El control de calidad del resultado cartográfico obtenido es una etapa fundamental para garantizar una adecuada explotación del producto y para detectar limitaciones o puntos de mejora de la cartografía obtenida.

En nuestro caso, el control de calidad de la cartografía de estado de los ecosistemas fue limitado y se desarrolló en dos etapas diferenciadas:

1) Tras la generación del ráster de cada uno de los indicadores de estado se realizó una revisión directa de la capa resultante para evaluar los resultados obtenidos y verificar que el proceso se había desarrollado correctamente.

2) Una vez se dispuso de la capa del valor de estado o condición global de los ecosistemas se procedió de la siguiente forma:

2.1) Con el objetivo de verificar si existía coincidencia entre los resultados de la estimación del valor de estado de los ecosistemas con las áreas que “a priori” registran los valores más altos de biodiversidad en Andalucía, se realizó un cruce de las capas “*estado\_humed* y *estado\_forest*” con la capa “*Red Natura 2000*”.

Con carácter general, los resultados obtenidos se ajustaron a lo esperado y mostraron que las zonas de mejor estado estaban incluidas en la Red Natura (figura 3).

Sin embargo, conviene señalar que los resultados obtenidos en determinados espacios protegidos y áreas de alto valor ecológico con una importante representación de ecosistemas húmedos, de marisma o costeros muestran ciertas limitaciones en lo referente a la significación del valor de estado global obtenido (ejemplo: EN Do



ña, PN Bahía de Cádiz, PN Cabo de Gata) en comparación con otros espacios. Esto es debido fundamentalmente a dos cuestiones:

- Una parte de las variables utilizadas para el cálculo del valor de estado están indicadas principalmente para ecosistemas terrestres, siendo la significación de su valor limitado en ecosistemas húmedos, costeros o de marisma. Este hecho motivó el tratamiento metodológico diferencial por grandes tipos ecosistémicos (terrestres vs. húmedos, costeros o de marisma), que seleccionó sólo determinados indicadores de estado adaptados al análisis de los ecosistemas húmedos y con influencia marina. A pesar de estas adaptaciones metodológica, se siguen detectando ciertas limitaciones de significación del valor de estado que se justifican por la menor calidad de la información de base (valor del indicador) en este tipo de ecosistemas húmedos y con influencia marina.

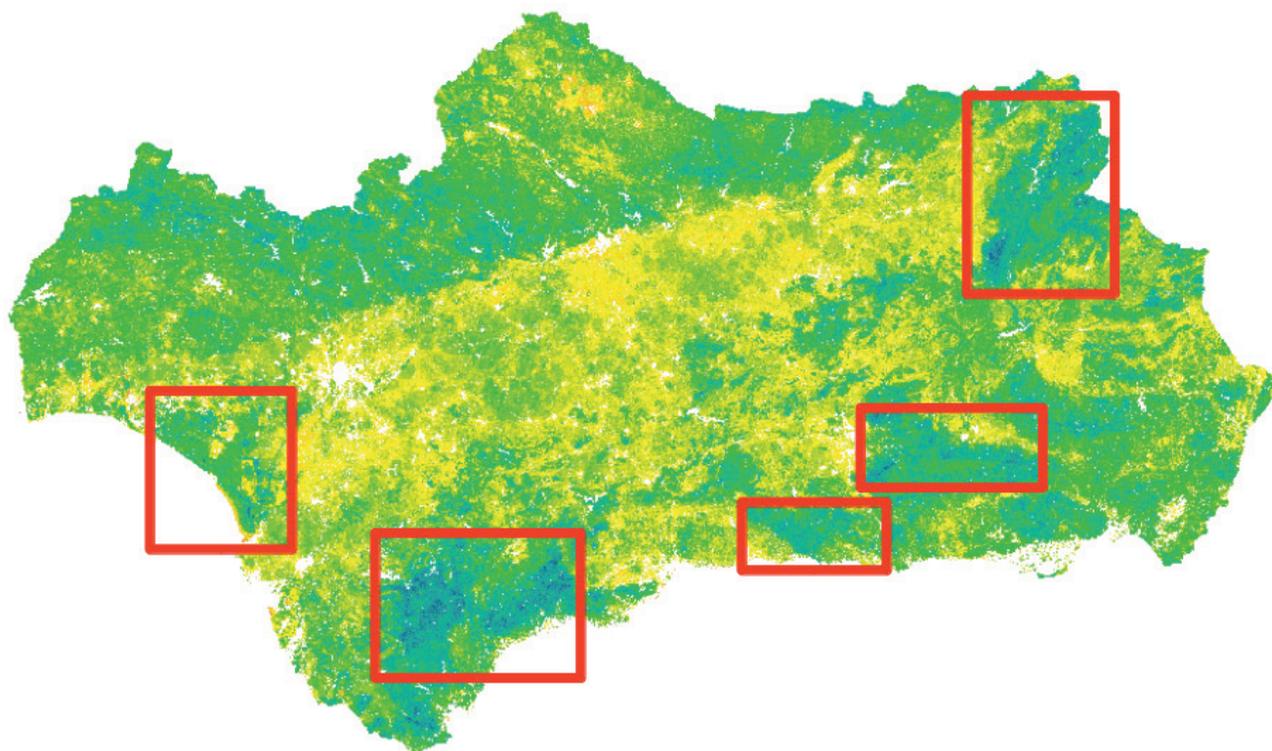
- Las limitaciones de escala que muestra la información de base sobre determinados indicadores clave. Es el caso del indicador correspondiente al nº de especies protegidas (riqueza de especies), que se presenta en formato ráster con resolución de 1 km x 1 km. La limitada resolución espacial de esta variable resulta especialmente perceptible en ecosistemas con una representación superficial más limitada y localizada dentro de Andalucía, como es el caso de los ecosistemas húmedos y costeros. Además, esta limitada resolución espacial se une al hecho de que en la estimación del valor de estado de estos ecosistemas se incluye un limitado número de indicadores, por lo que el peso de cada uno en el cálculo del valor global de estado es

mayor si se compara con los ecosistemas terrestres, en los que se incorporan un mayor número de variables/indicadores de estado.

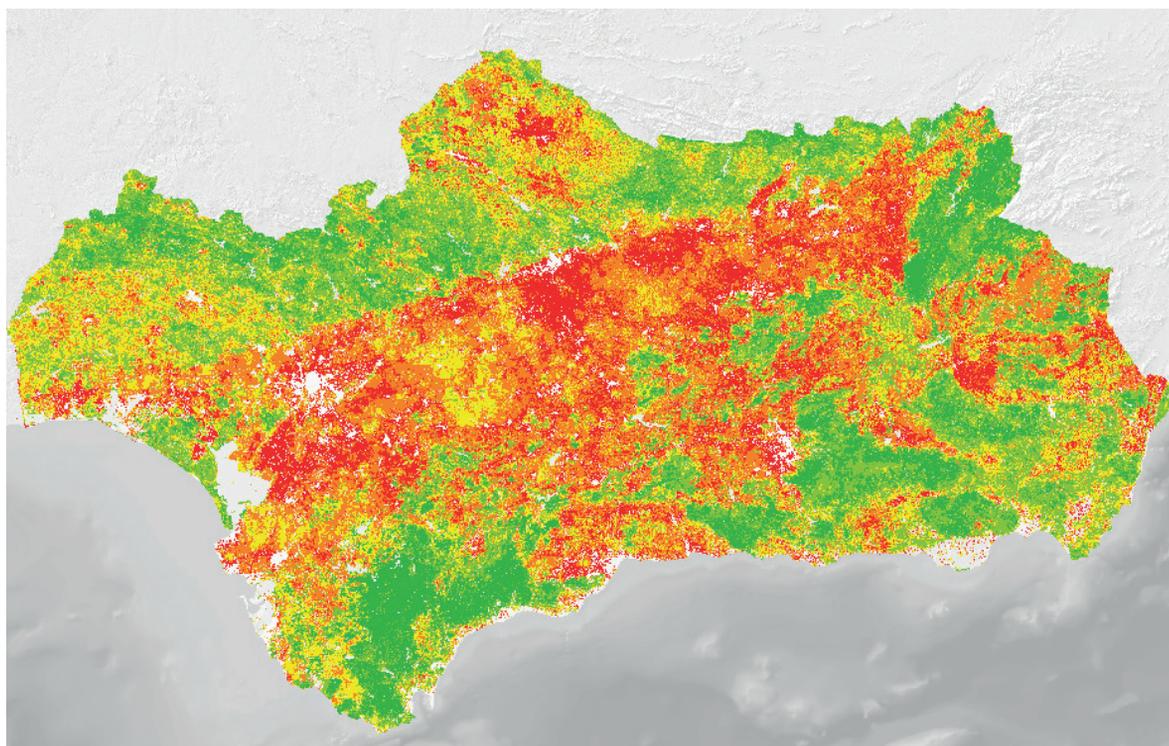
2.2) Por otro lado, se procedió a identificar aquellos ecosistemas que mostraron mejores valores de estado en Andalucía y los resultados se contrastaron con la información y experiencia existente en materia de conservación de ecosistemas y comunidades vegetales en la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Para ello, se realizó un cruce de las capas “*estado\_humed* y *estado\_forest*” con la capa vectorial de los ecosistemas de Andalucía.

Con carácter general, los resultados obtenidos mostraron que los ecosistemas en mejor estado fueron los bosques de coníferas densas entre los que se incluyen los pinsapares y pinares de la Sierra de las Nieves, los pinares de la Sierra de Cazorla, Segura y las Villas y de Sierra Tejada, Almijara y Alhama: los bosques caducifolios densos que incluyen los quejigales del PN de los Alcornocales; los matorrales, lastonares y pastizales de alta montaña en Sierra Nevada o determinadas áreas de bosques mediterráneos esclerófilos densos, entre los que se incluyen los bosques de alcornocales también en el PN de los Alcornocales (figura 3 y 4). En cuanto a los resultados para los ecosistemas húmedos y costeros, destacaron los valores de estado de las marismas y lagunas costeras junto a las lagunas continentales en el EN de Doñana y el Paraje Natural Marismas del Odiel. En el extremo opuesto se localizaron las playas, que mostraron los valores de estado más bajos debido a los procesos de antropización que han sufrido gran parte de estos ecosistemas en Andalucía (figura 3 y 4).

**FIGURA 4** Identificación preliminar de ecosistemas andaluces en mejor estado

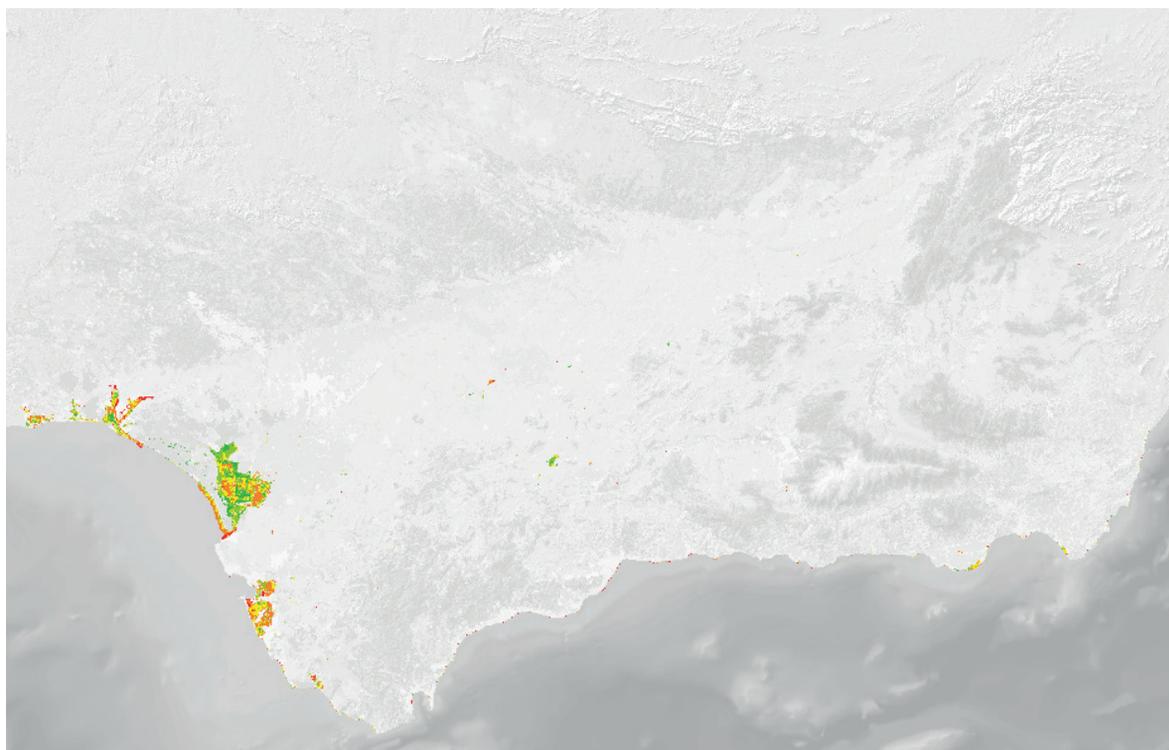


**FIGURA 5** Identificación de ecosistemas andaluces en mejor estado. Detalle ecosistemas terrestres



**FIGURA 6**

**Identificación de ecosistemas andaluces en mejor estado.  
Detalle ecosistemas húmedos y costeros**



## PRODUCTOS OBTENIDOS

### 3.4

Los productos obtenidos durante la elaboración de la cartografía de estado tendrán diferentes formatos en función del origen de la información y el destino de la misma. Los formatos elegidos para la presentación de los productos finales serán:

- ❖ Formato “GIS” para las veintiocho bases cartográficas que componen el mapa de estado de los ecosistemas andaluces, una por cada variable o indicador utilizado en la evaluación del estado y una capa más con el valor del estado global. Toda esta información generada se entregará en formato ráster.

- ❖ Formato “PDF” para la visualización y re-

presentación de salidas cartográficas definitivas (veintiochosiete mapas, correspondientes a cada uno de los indicadores/variables de estado utilizados y a la cartografía de estado global de los ecosistemas).

#### 3.4.1. Formato GIS

Se elaborarán veintiocho bases cartográficas (una por cada indicador de estado más la cartografía de estado global de los ecosistemas) en formato ráster a partir del resultado de la aplicación

de la metodología descrita en el apartado 3.2. del presente informe. Las bases cartográficas serán:

▲ **Capa de calidad de aguas superficiales:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa estado de las masas de agua andaluzas (Planes Hidrológicos 1º y 2º ciclo), que incluye el valor del estado global de las masas de agua superficiales conforme a su clasificación según categorías definidas en la DMA y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de nº de especies protegidas:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa de distribución de las especies de flora y fauna protegidas en Andalucía, que incluye el indicador número de especies protegidas calculado a partir de las observaciones o citas recogidas en cada cuadrícula por especie de flora o fauna (NUM\_OBSERV), y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de nº de hábitats de interés comunitario (HIC):** Capa de información resultante de la rásterización de la capa actual de hábitats de interés comunitario de Andalucía, que incluye el indicador del número de hábitats presentes en el polígono (num\_HIC), identificados por el código de la Directiva Hábitat asignado a cada hábitat del interés comunitario (COD\_UE\_A) y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa del grado de conservación de la estructura del HIC:** Capa de información resultante de la rásterización de cada una de las capas de cada hábitats de interés comunitario de Andalucía, que incluye el valor del grado de conservación de la estructura (GCE) conforme a su clasificación según categorías definidas para el grado de conservación (EX, BN, MD) (tabla 3) y posterior fusión de todas las capas en un sólo ráster, reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa del grado de amenaza de las especies:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa de distribución de las especies de flora y fauna protegidas en Andalucía, que incluye el indicador de categoría de amenaza (IDCATEGORIA) y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa del grado de prioridad de los HIC:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa hábitats de interés comunitario de Andalucía, que incluye la información sobre el listado de los hábitats presentes en cada polígono, determinando el grado de prioridad de cada uno de ellos (HP y HNP), y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de superficie protegida:** Capa de información resultante de la rásterización de las capas de límites de la Red Natura 2000 en Andalucía y límites de los Espacios Naturales de Andalucía, que incluye información sobre el límite y tipo de figura de protección de cada espacio, y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa del plan de conservación del pinsapo:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa del plan de conservación del pinsapo, que incluye información sobre el ámbito de aplicación del plan y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa del plan de conservación de helechos:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa del plan de conservación de helechos, que incluye información sobre el ámbito de aplicación del plan y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa del plan de conservación de altas**



**cumbres:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa del plan de conservación de altas cumbres, que incluye información sobre el ámbito de aplicación del plan y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa del plan de conservación de dunas:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa del plan de conservación del pin-sapo, que incluye información sobre el ámbito de aplicación del plan y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa del plan de recuperación y conservación de peces e invertebrados de medios acuáticos epicontinentales,** que incluye información sobre el ámbito de aplicación del plan y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de humedales:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa de delimitación de los humedales incluidos en el plan andaluz de humedales, que incluye información sobre los humedales de Andalucía y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de impedancia de Andalucía:** Capa de información resultante de remuestrear la capa de impedancia de Andalucía integrada en el Plan Director para la Mejora de la Conectividad Ecológica y la Infraestructura Verde en Andalucía, que incluye el valor de impedancia y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa del índice de conectividad terrestre forestal:** Capa de información resultante de remuestrear la capa del índice de conectividad terrestre de Andalucía integrada en el Plan Director para la Mejora de la Conectividad Ecológica y la Infraestructura Verde en Andalucía, que incluye el valor del índice de conectividad forestal (ICTA\_fo-

restal) y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de fracción de cabida cubierta:** Capa de información resultante de la rásterización de la capa SIPNA, que incluye el valor de la cobertura arbórea y arbustiva por polígono de uso del suelo y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de altura de la vegetación:** Capa de información resultante de remuestrear la capa modelo digital de altura de la vegetación generado a partir de la nube de puntos de los vuelos PNOA LIDAR 2014-15 y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa profundidad del suelo:** Capa de información resultante de remuestrear la capa propiedades físicas del suelo existente en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, que incluye el valor de la profundidad del suelo y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de pH del suelo:** Capa de información resultante de remuestrear la capa propiedades químicas del suelo existente en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, que incluye el valor de pH del suelo y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de materia orgánica del suelo:** Capa de información resultante de remuestrear la capa propiedades químicas del suelo existente en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, que incluye el valor de materia orgánica del suelo y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de caliza activa del suelo:** Capa de

información resultante de remuestrear la capa propiedades químicas del suelo existente en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, que incluye el valor de caliza activa del suelo y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de capacidad de intercambio catiónico del suelo:** Capa de información resultante de remuestrear la capa propiedades químicas del suelo existente en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, que incluye el valor de capacidad de intercambio catiónico del suelo y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de conductividad hidráulica del suelo:** Capa de información resultante de remuestrear la capa propiedades hidráulicas del suelo existente en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, que incluye el valor de conductividad hidráulica saturada del suelo y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de NDVI (fotosíntesis):** Capa de información resultante de la reclasificación de la capa del índice de vegetación (NDVI) calculado mediante imágenes del satélite TERRA captadas por el sensor MODIS y posterior remuestreo y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de evapotranspiración de referencia:** Capa de información resultante de remuestrear la capa evapotranspiración de referencia existente en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, que incluye el valor de evapotranspiración de referencia y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de capacidad de retención de agua**

**del suelo:** Capa de información resultante de remuestrear la capa propiedades hidráulicas del suelo existente en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, que incluye el valor de capacidad de retención de agua del suelo y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

▲ **Capa de nitrógeno superficial del suelo:** Capa de información resultante de remuestrear la capa propiedades químicas del suelo existente en el marco del estudio de la Biomasa Forestal de Andalucía, que incluye el valor de porcentaje de nitrógeno superficial del suelo y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado definidas en este informe.

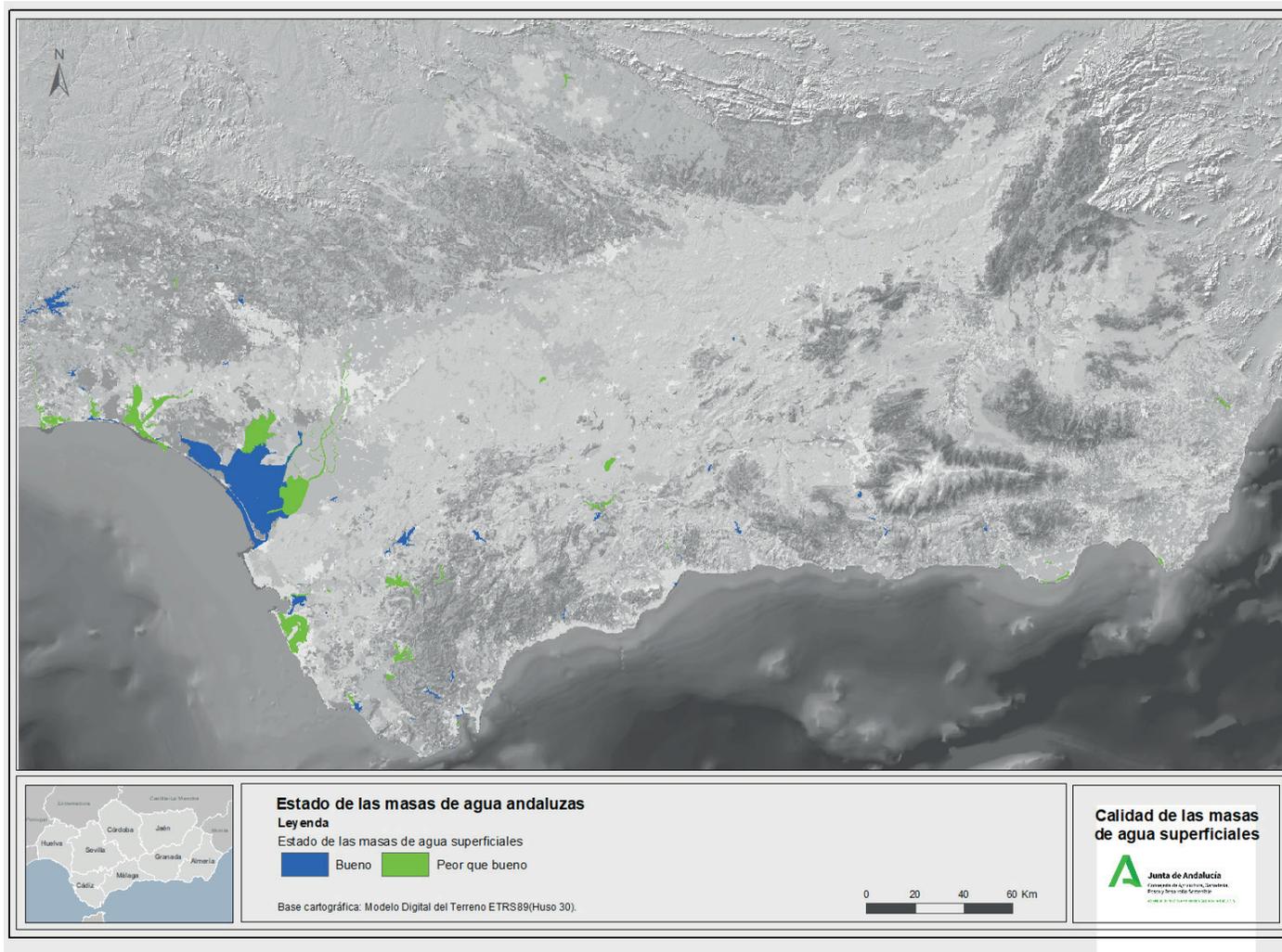
▲ **Capa de estado o condición de los ecosistemas andaluces:** Capa de información resultante de la suma de valores de todos los ráster de los distintos indicadores de estado utilizados en la evaluación y posterior reclasificación y categorización a las categorías de estado (óptimo, bueno, medio, insuficiente) definidas en este informe.

Todas las capas se entregarán en formato ráster, con tamaño de celda de 10 x 10 m y con la misma extensión que la capa de ecosistemas, alineadas para que los píxeles coincidan espacialmente.

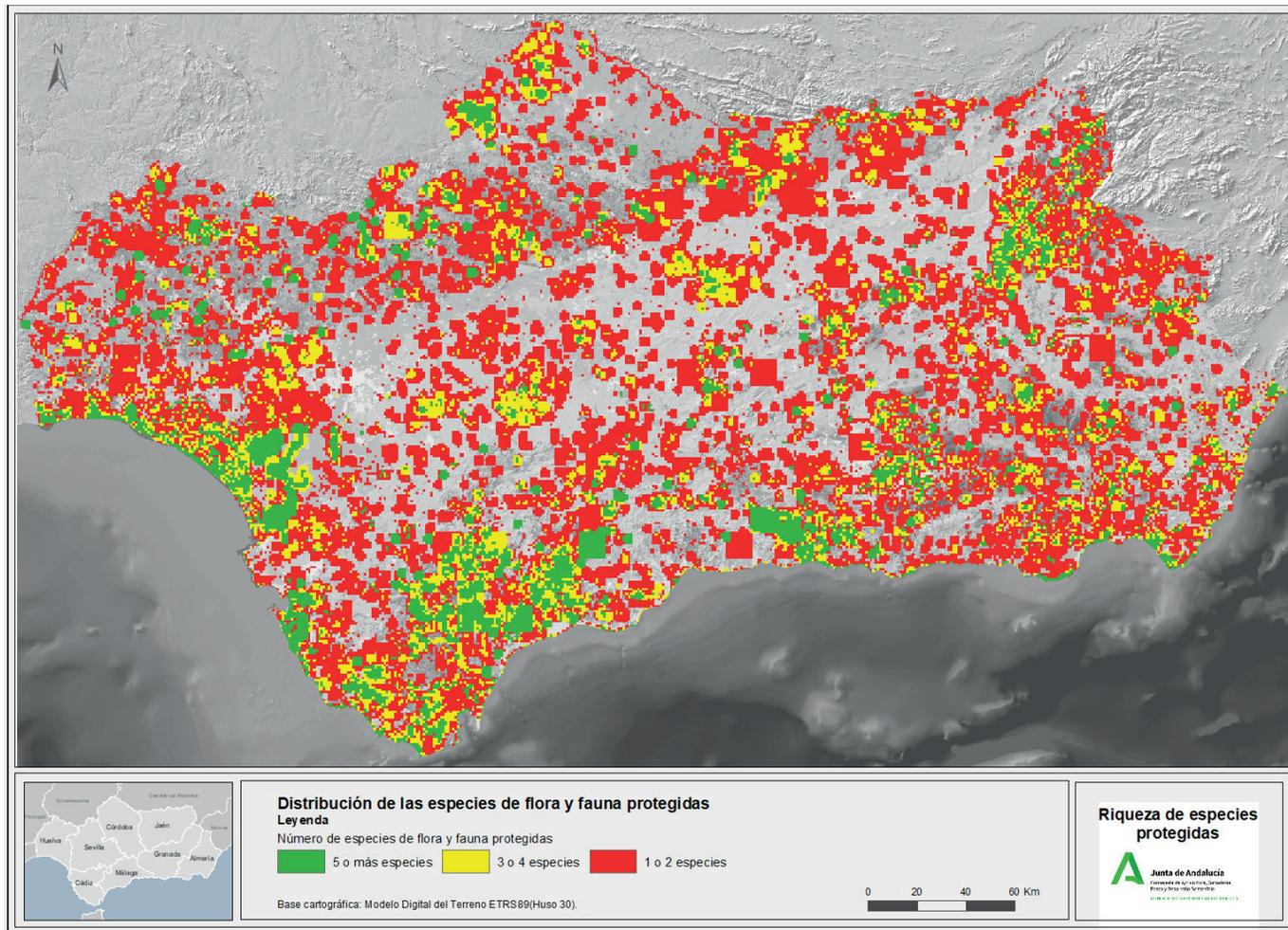
### 3.4.2. Formato PDF

Este es el formato elegido para la presentación y difusión de las salidas cartográficas definitivas para los diferentes tipos de indicadores de evaluación del estado y para el valor global de estado o condición de los ecosistemas de Andalucía. A continuación se muestra un avance de la cartografía en formato pdf elaborada.

**FIGURA 7** Mapa de calidad de aguas superficiales



**FIGURA 8** Mapa de nº de especies protegidas (riqueza de especies)



**FIGURA 9** Mapa de nº de hábitats de interés comunitario (riqueza de HICs)

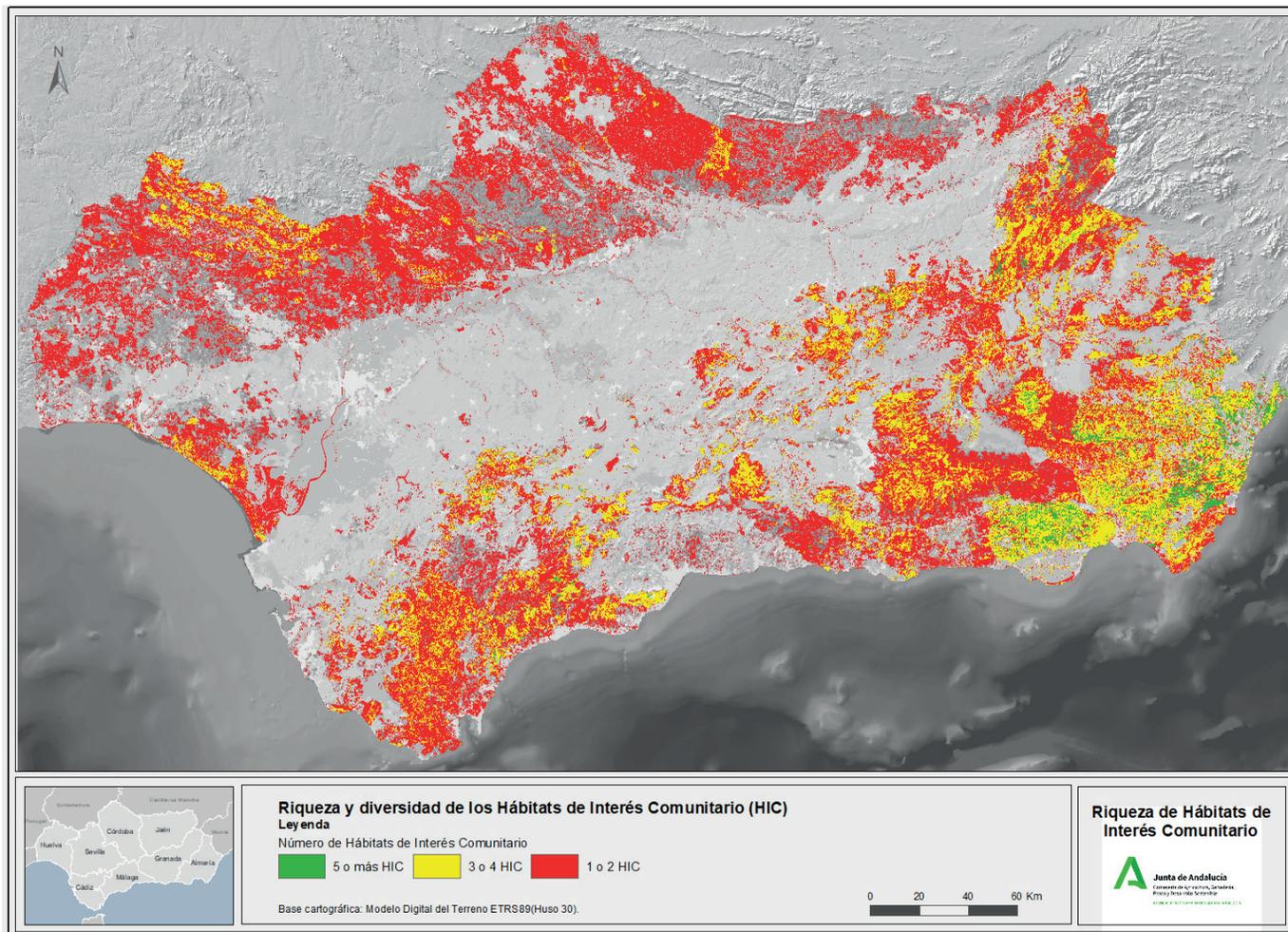


FIGURA 10 Mapa del grado de conservación de la estructura del HIC

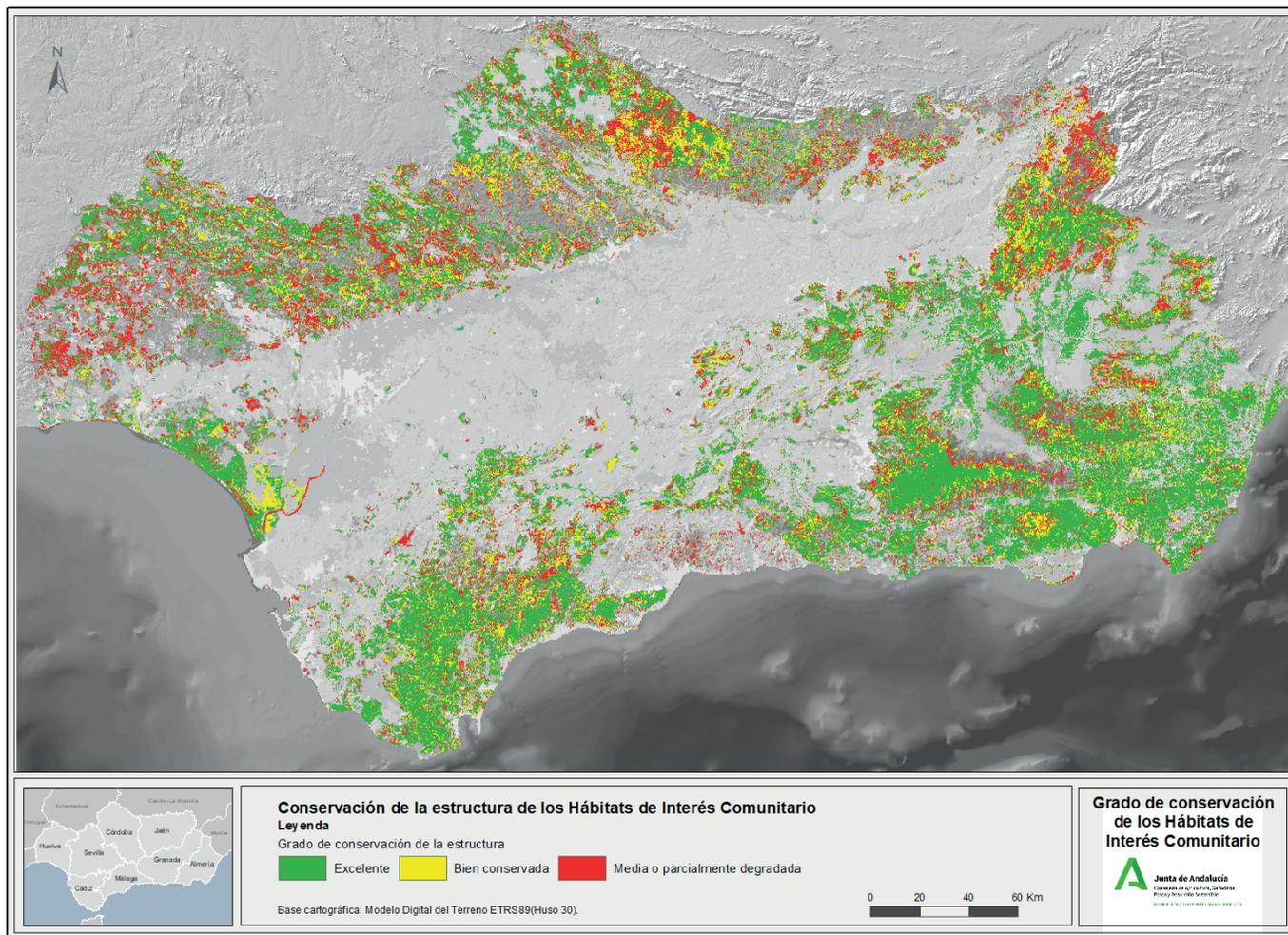


FIGURA 11 Mapa de la categoría de amenaza de las especies

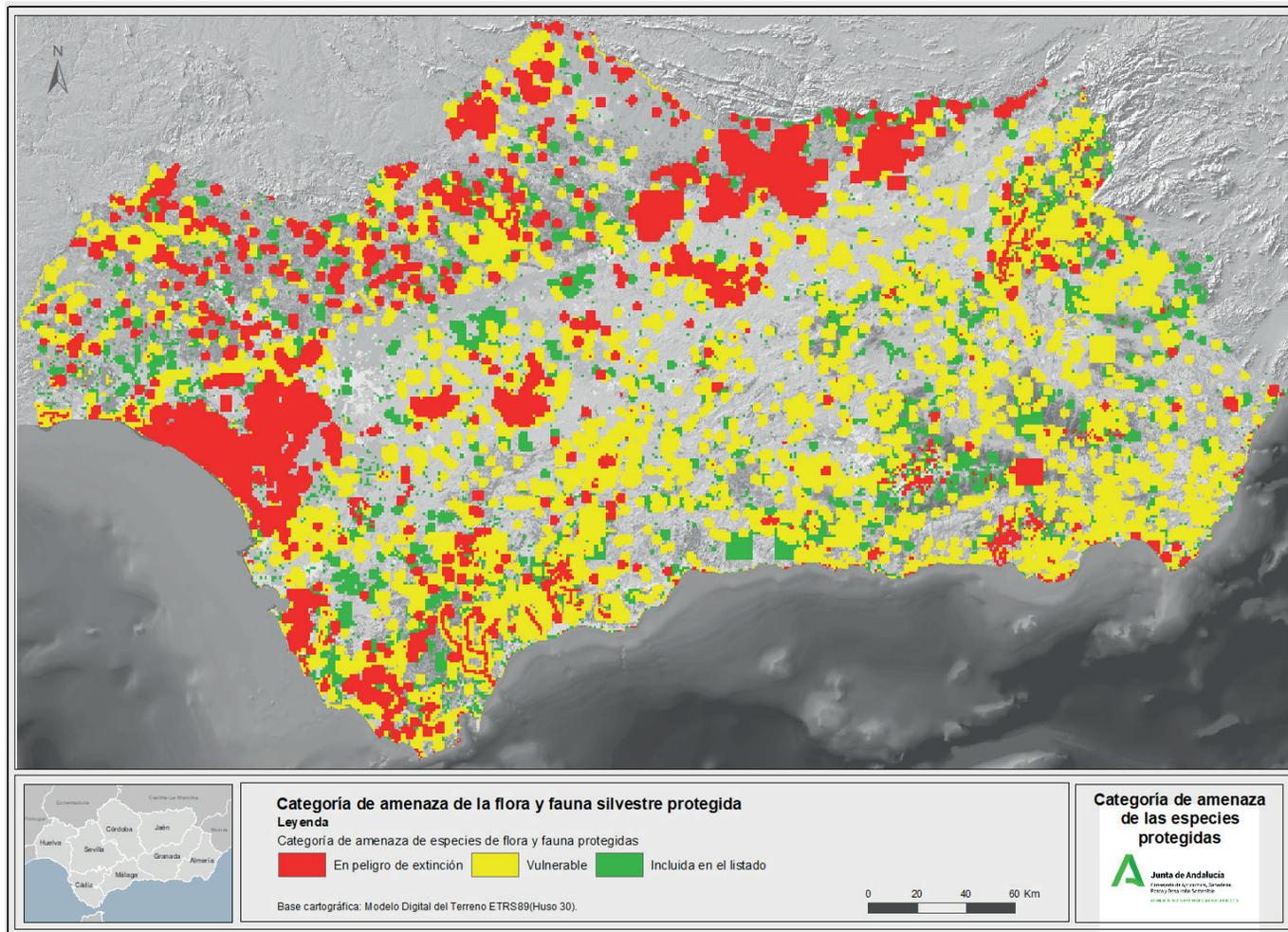
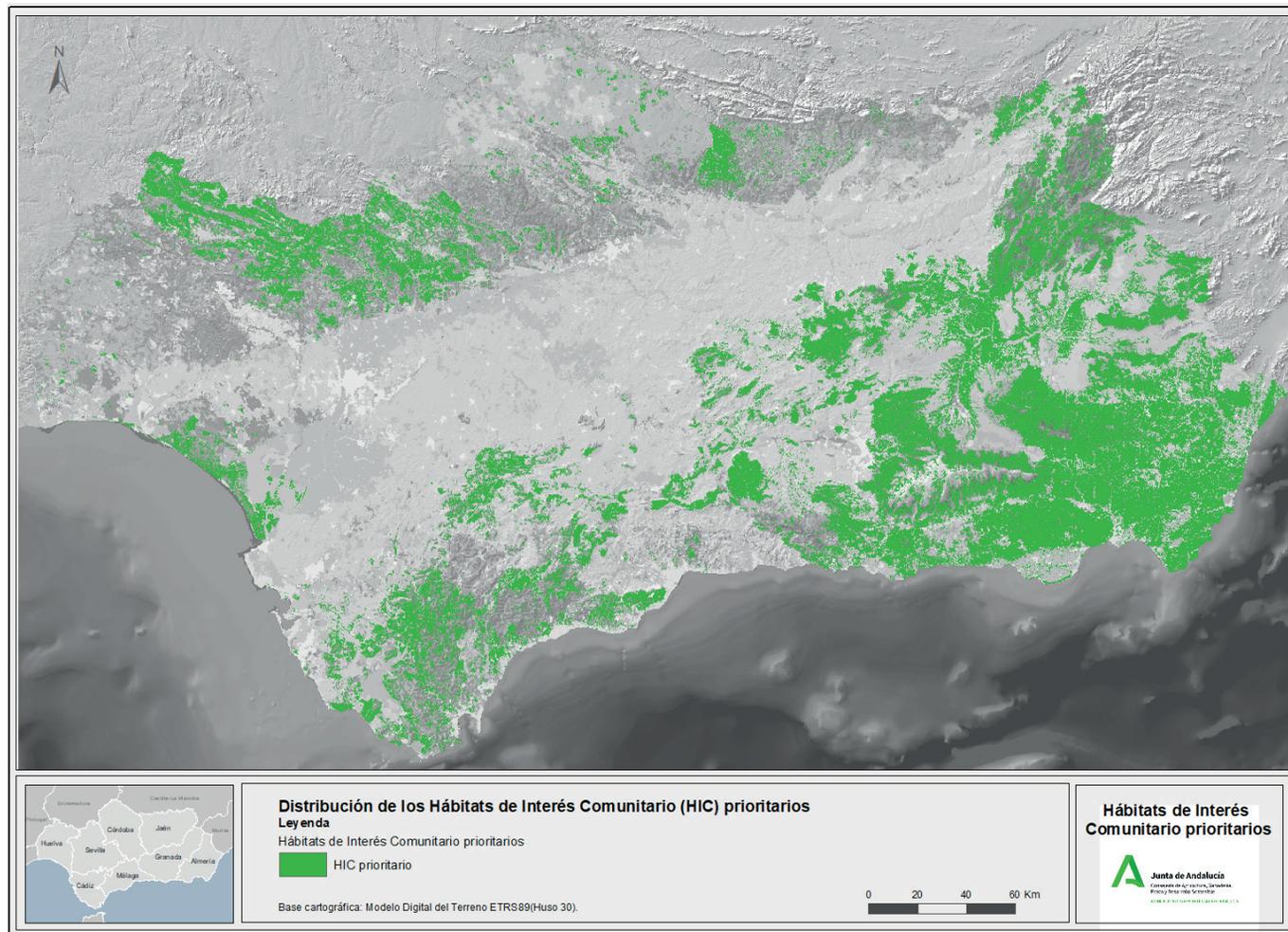
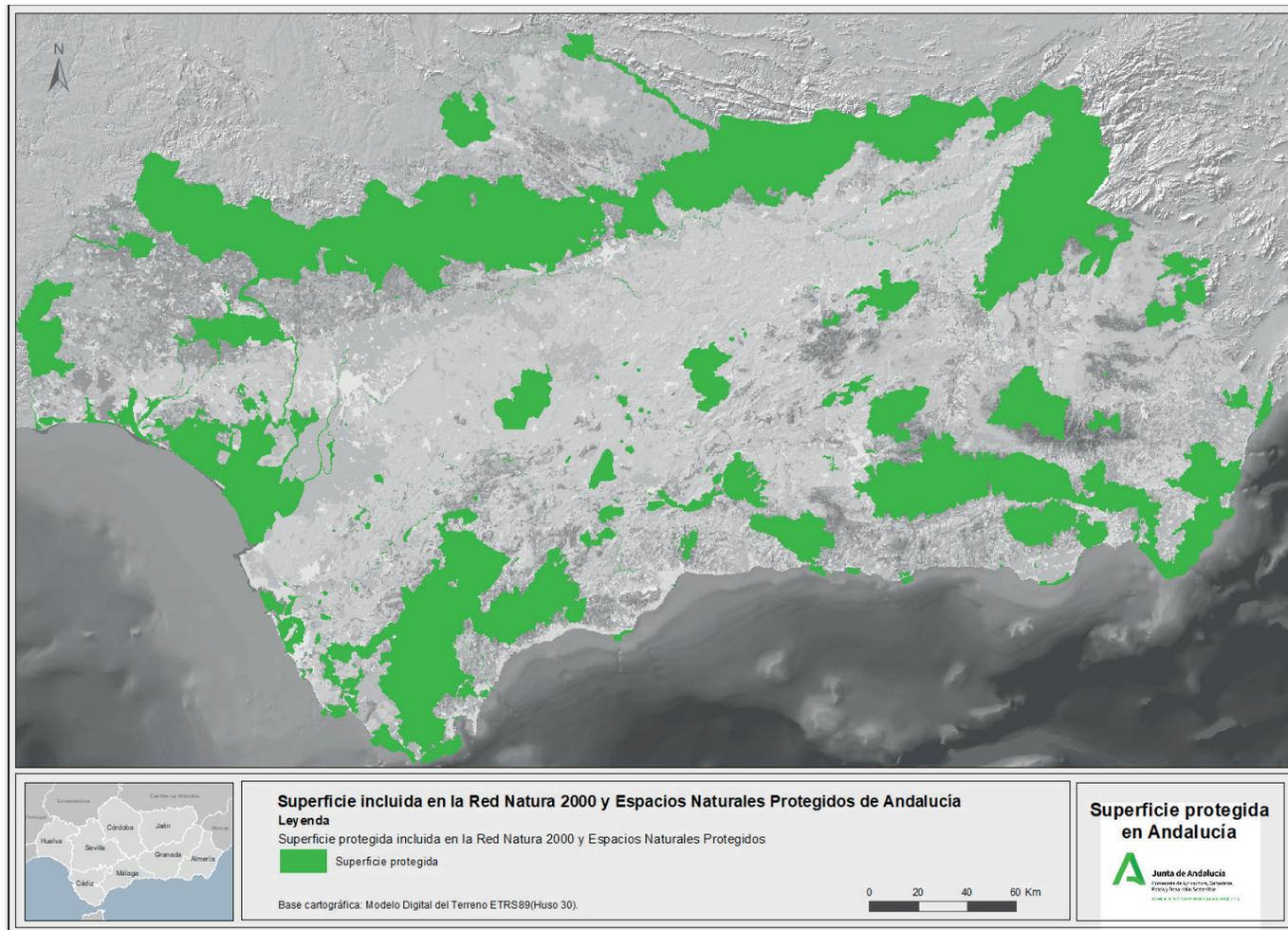


FIGURA 12 Mapa del grado de prioridad de los HICs



**FIGURA 13** Mapa de la superficie protegida



**FIGURA 14** Mapa del ámbito de aplicación del Plan de conservación del pinsapo

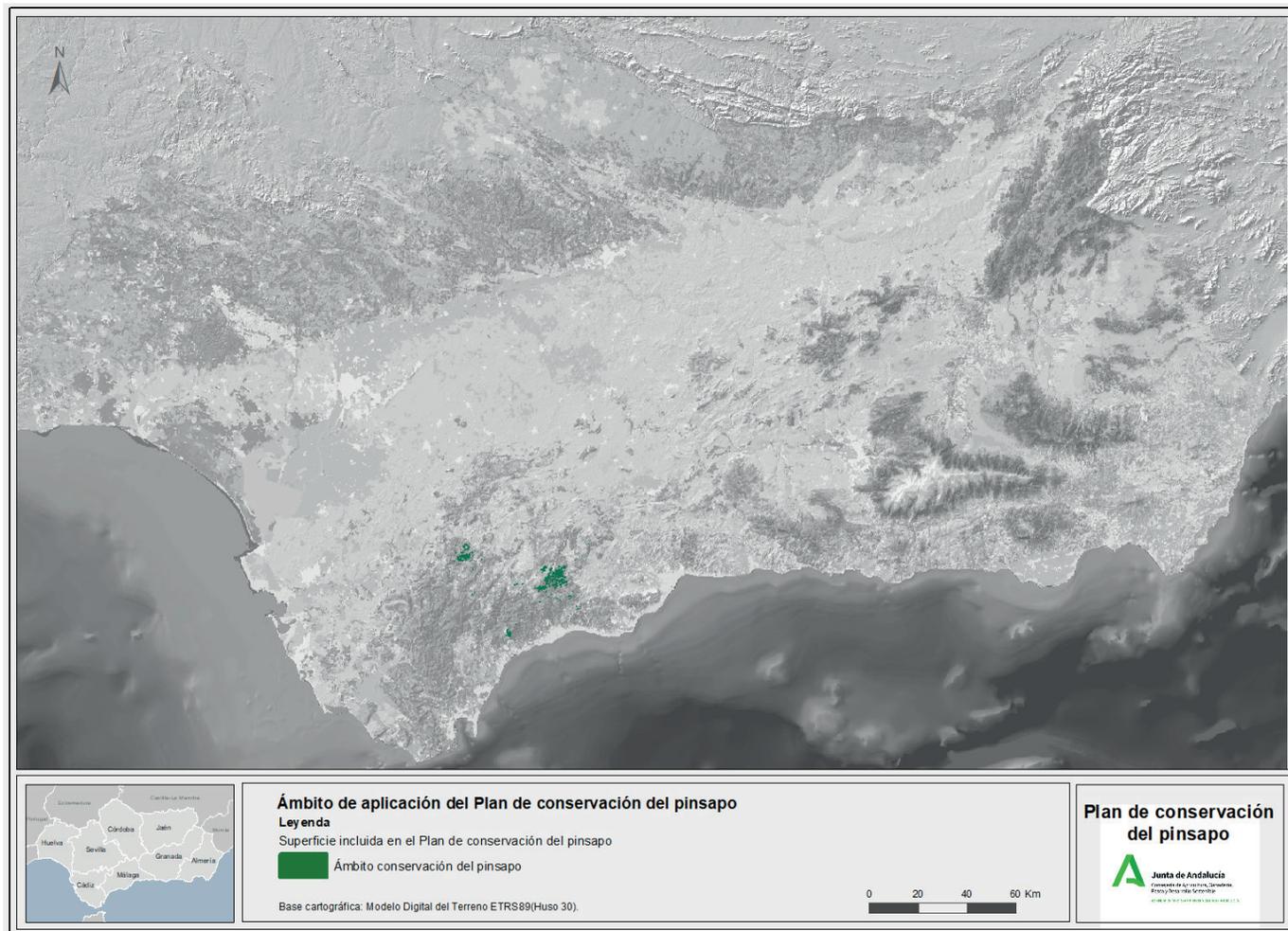


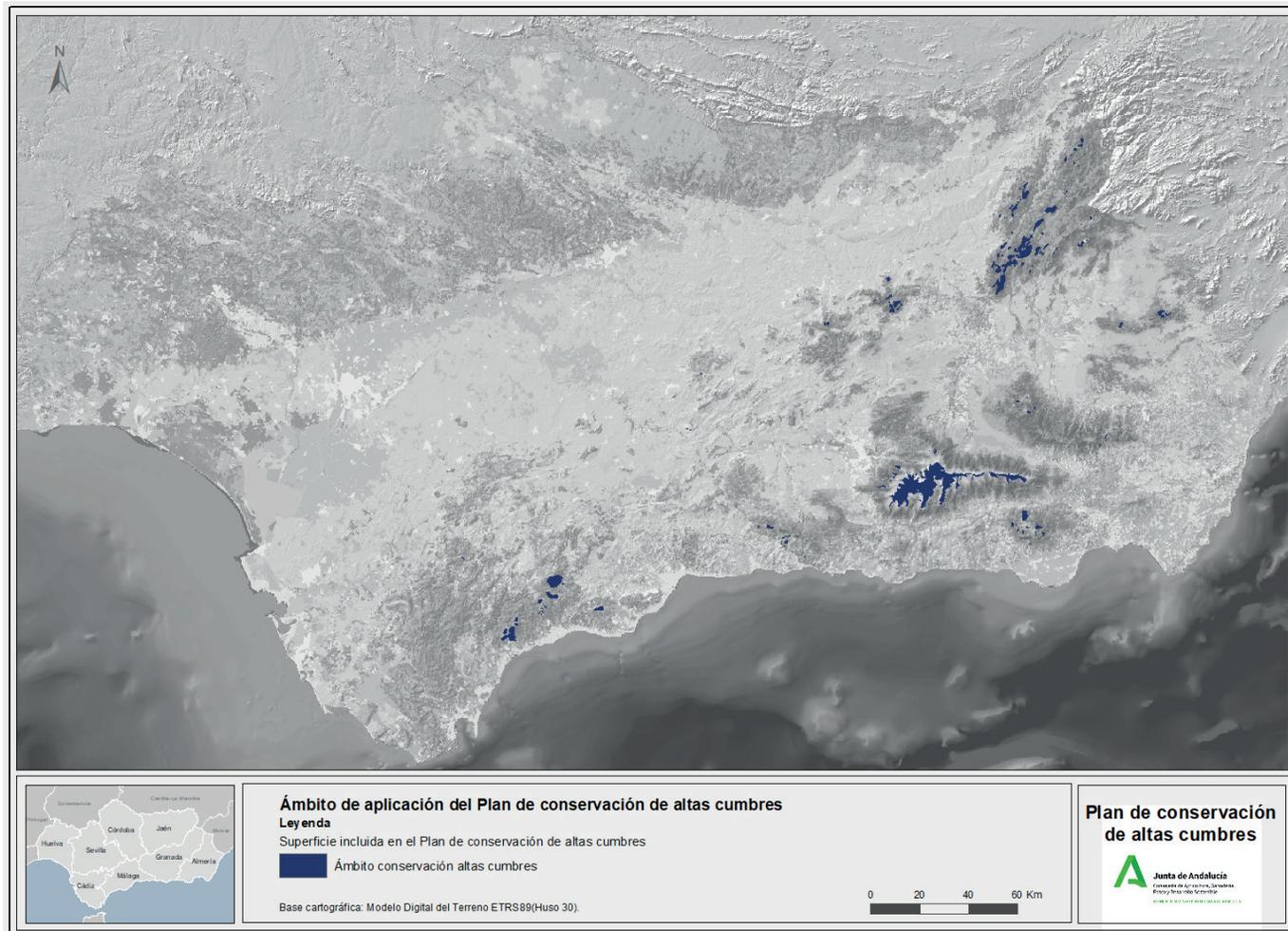


FIGURA 15

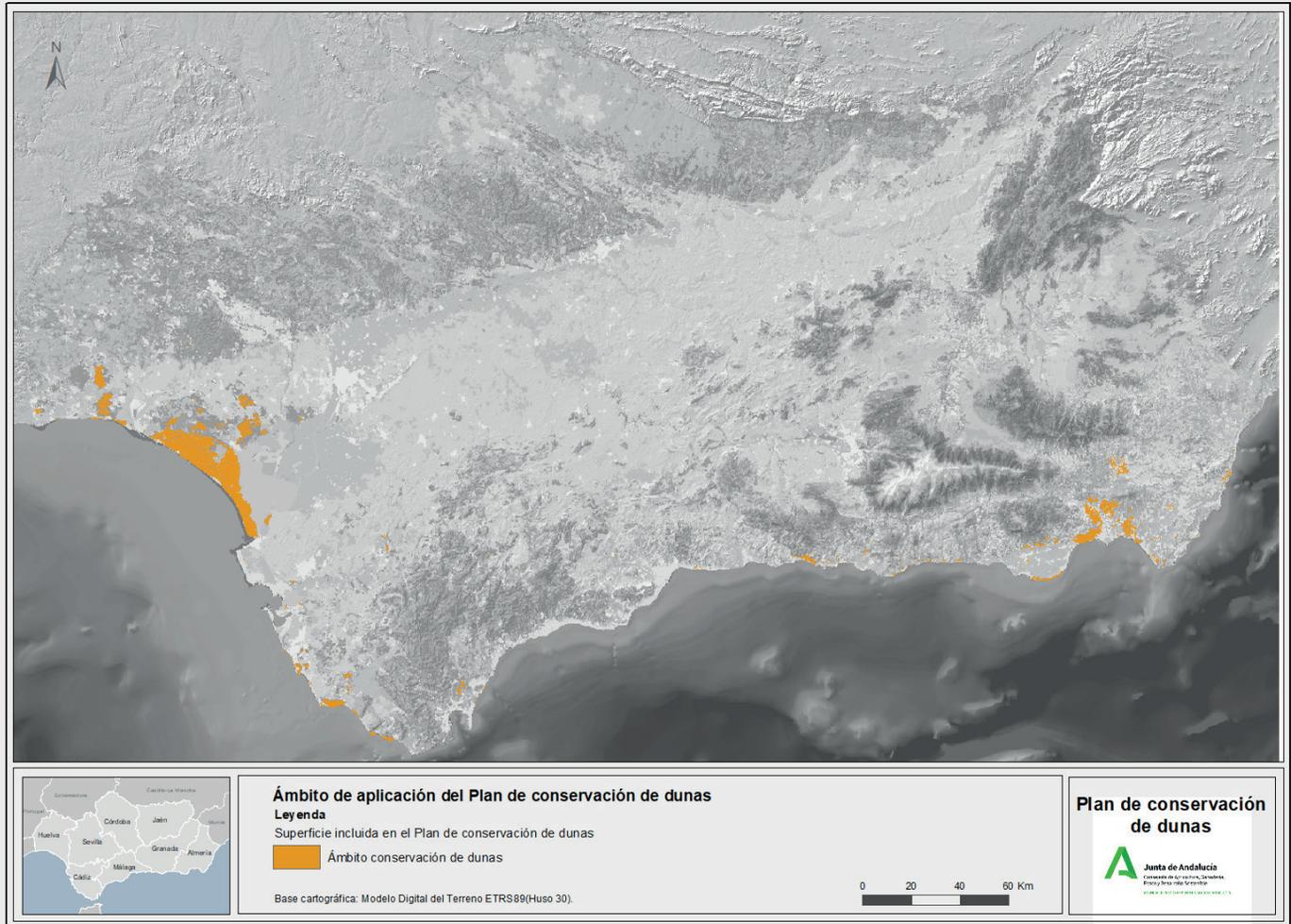
Mapa del ámbito de aplicación del Plan de recuperación y conservación de helechos



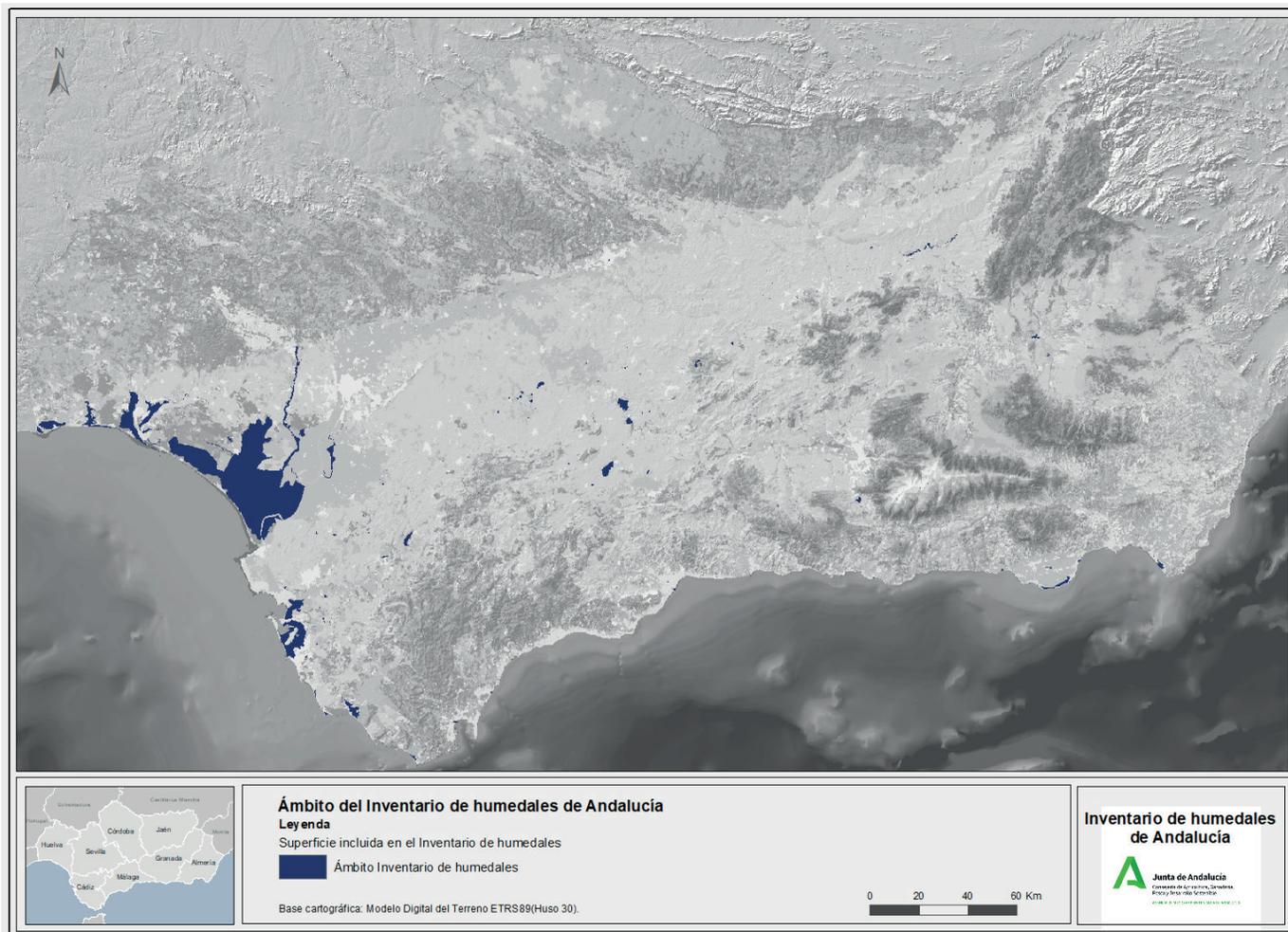
**FIGURA 16** Mapa del ámbito de aplicación del Plan de conservación de altas cumbres



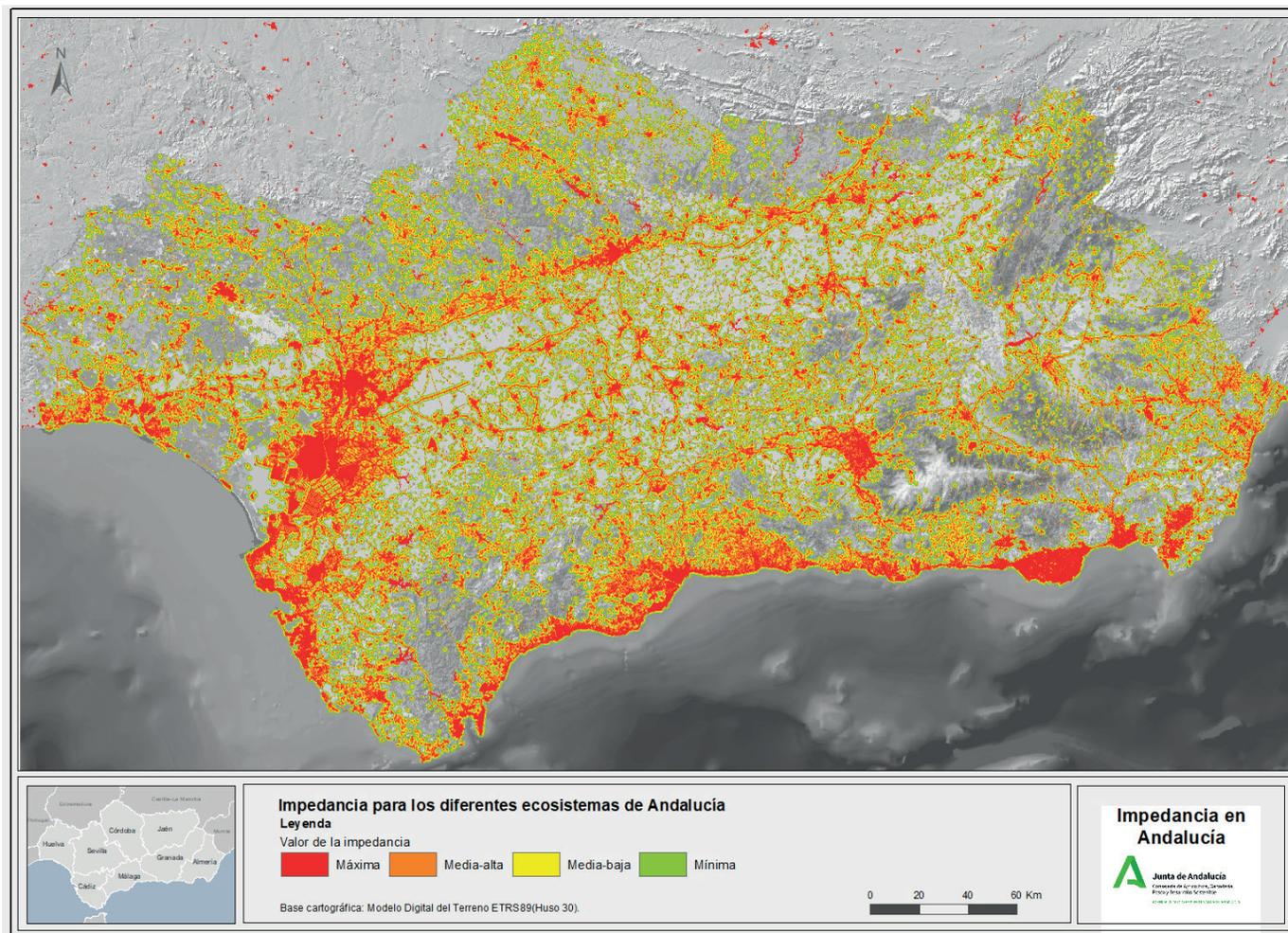
**FIGURA 17** Mapa del ámbito de aplicación del Plan de conservación de dunas



**FIGURA 18** Mapa del ámbito del Inventario de humedales de Andalucía



**FIGURA 19** Mapa del valor de la impedancia



**FIGURA 20** Mapa del índice de conectividad terrestre forestal (ICTA)

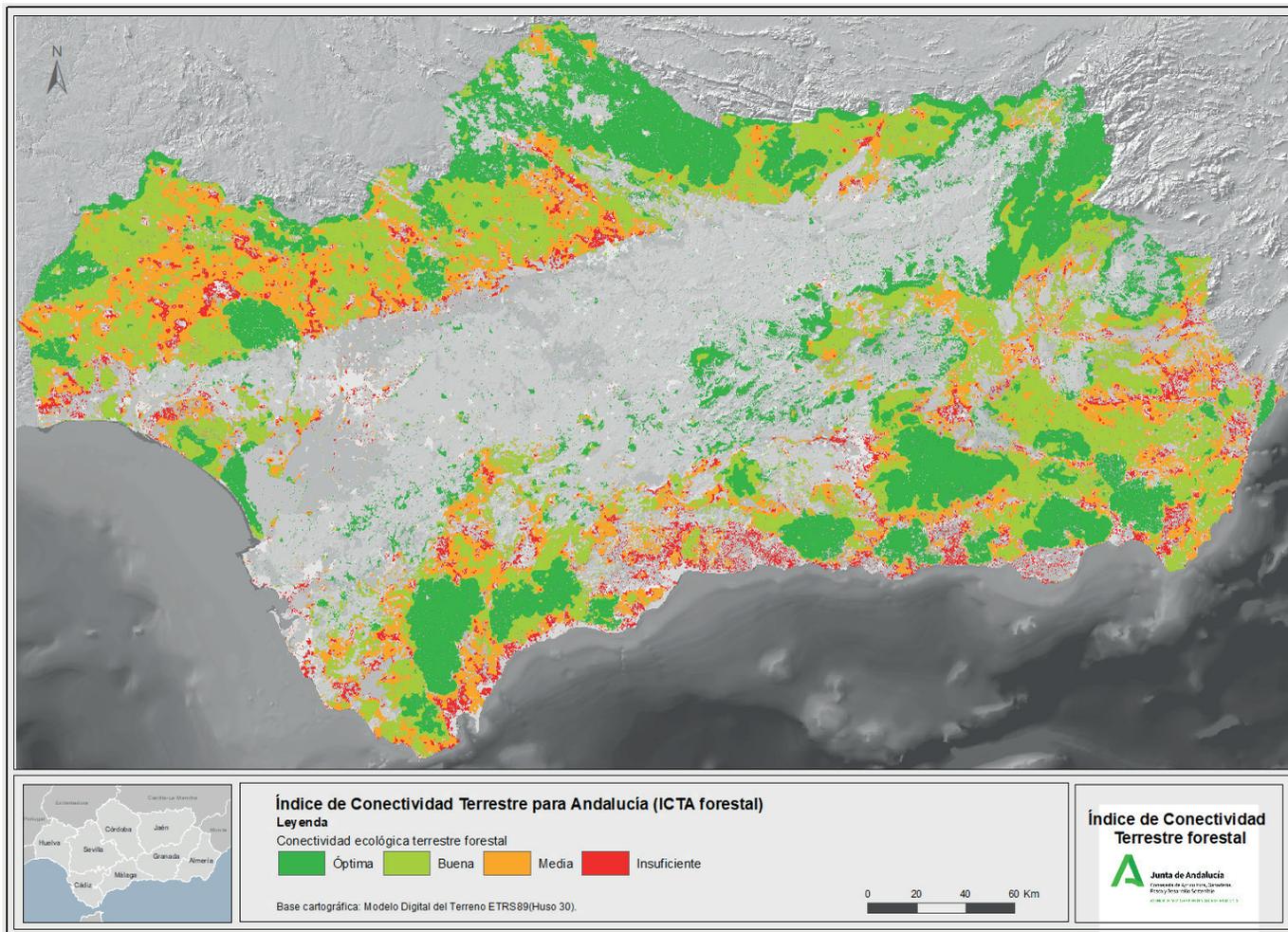


FIGURA 21 Mapa de la fracción de cabida cubierta

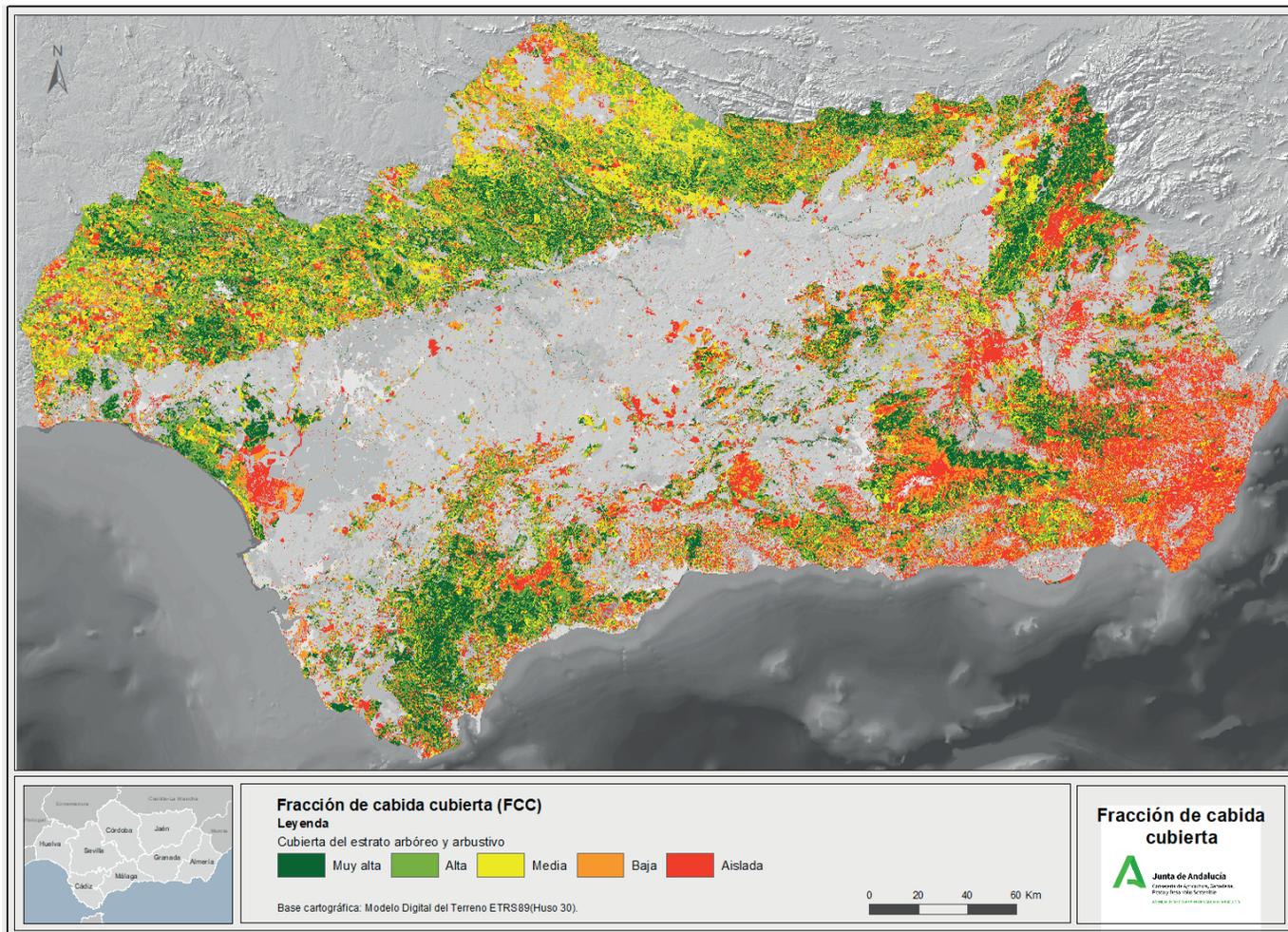


FIGURA 22 Mapa de la altura de la vegetación

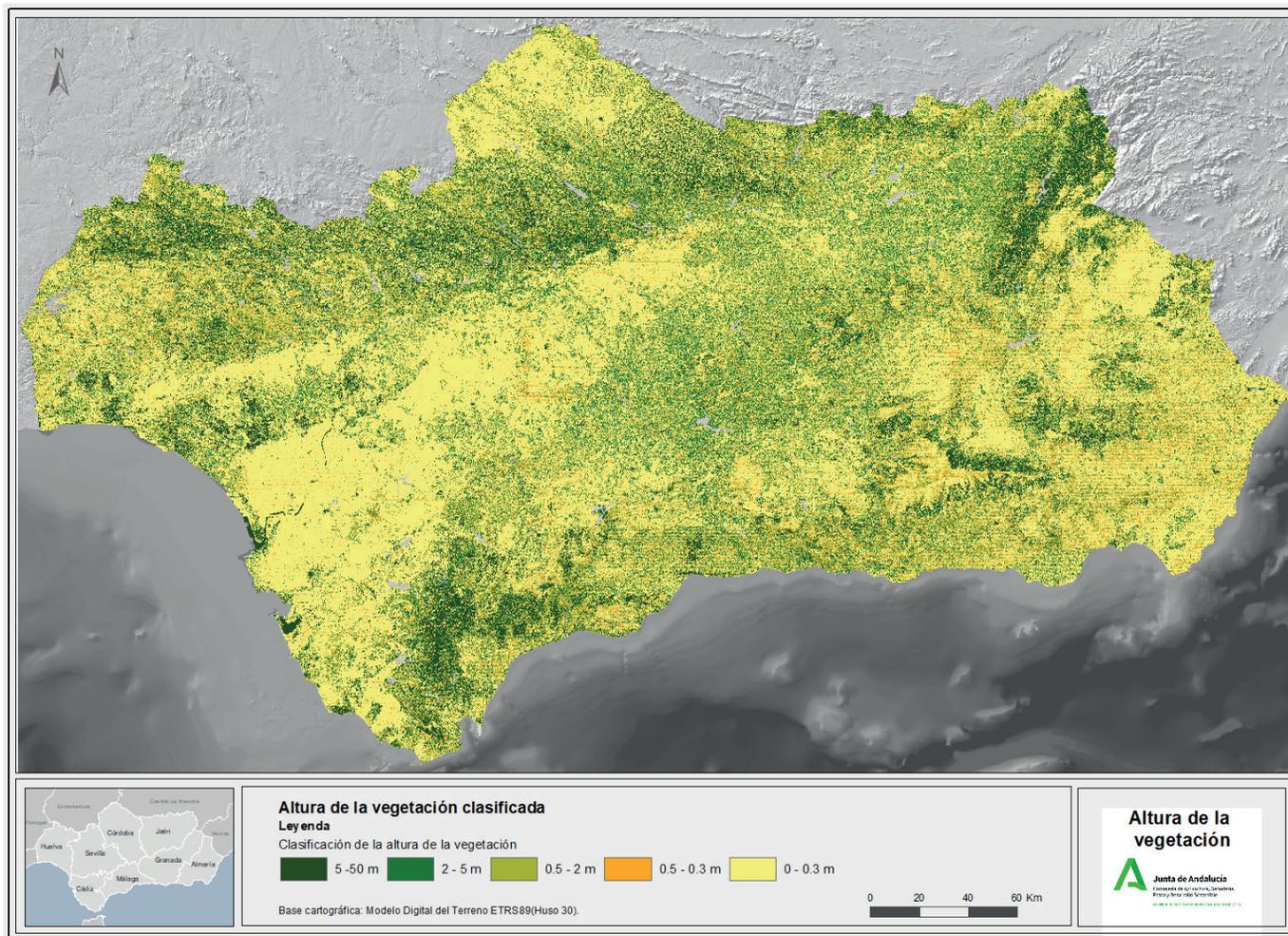
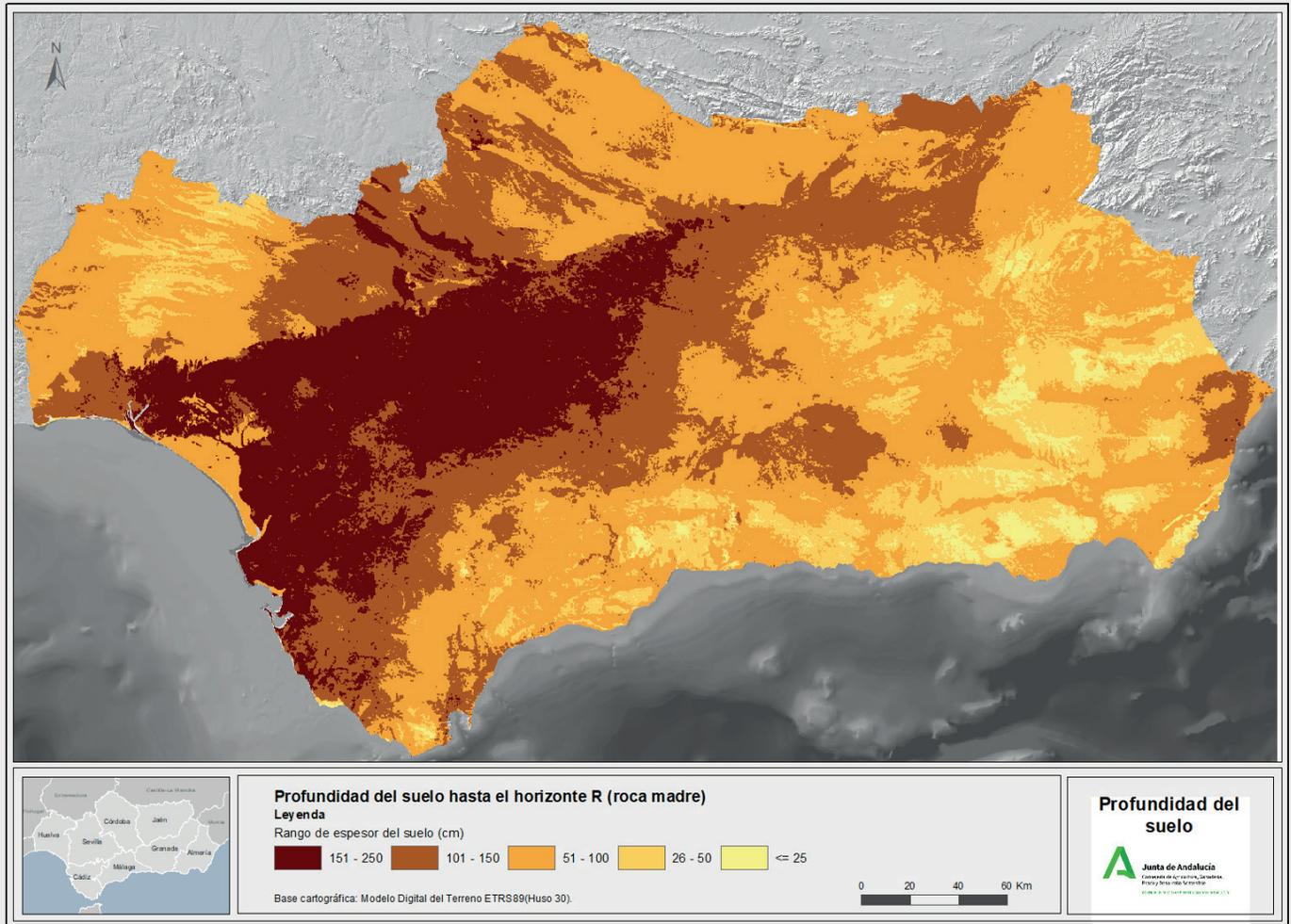


FIGURA 23 Mapa de la profundidad del suelo



**FIGURA 24** Mapa del pH del suelo

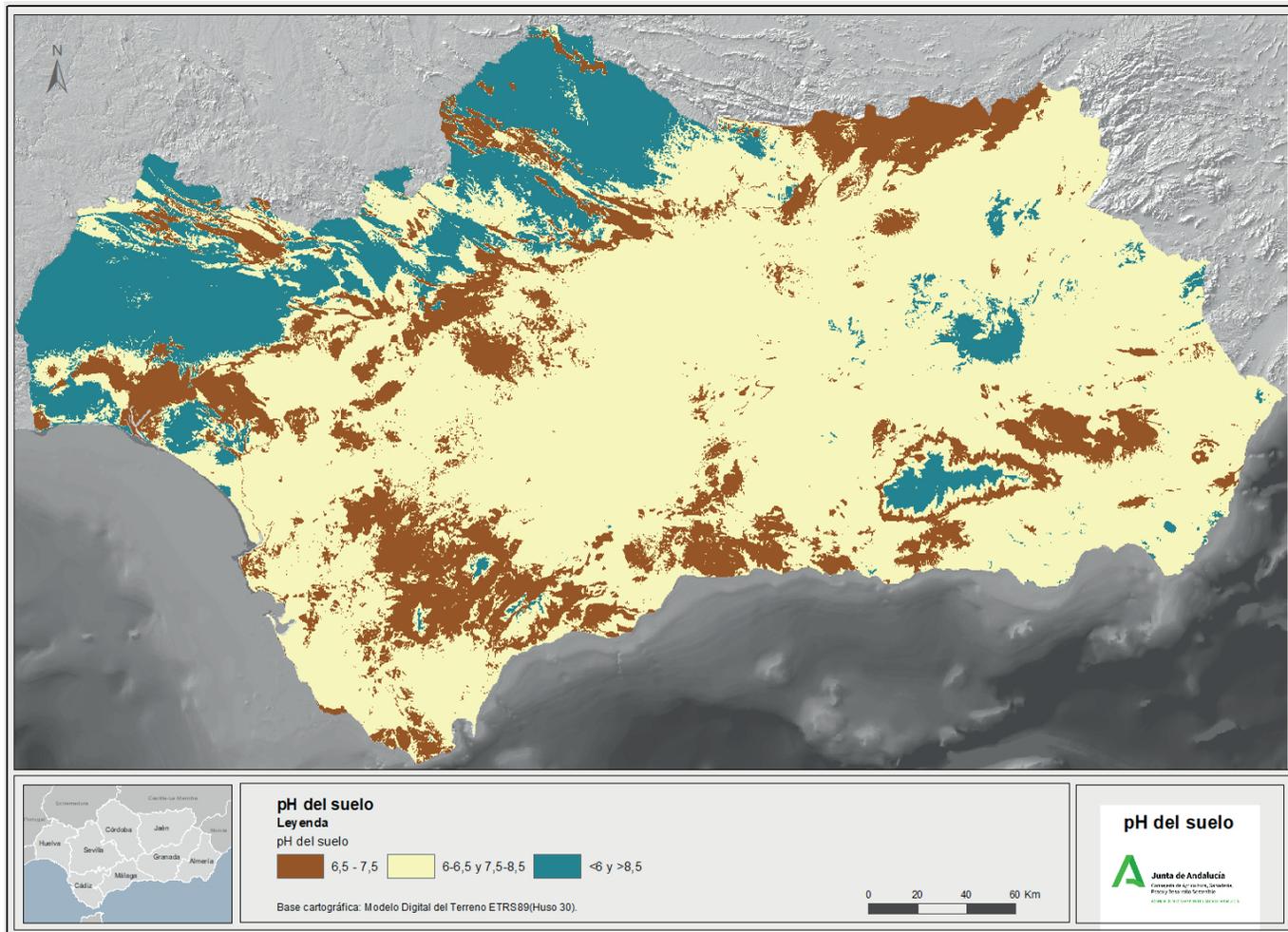
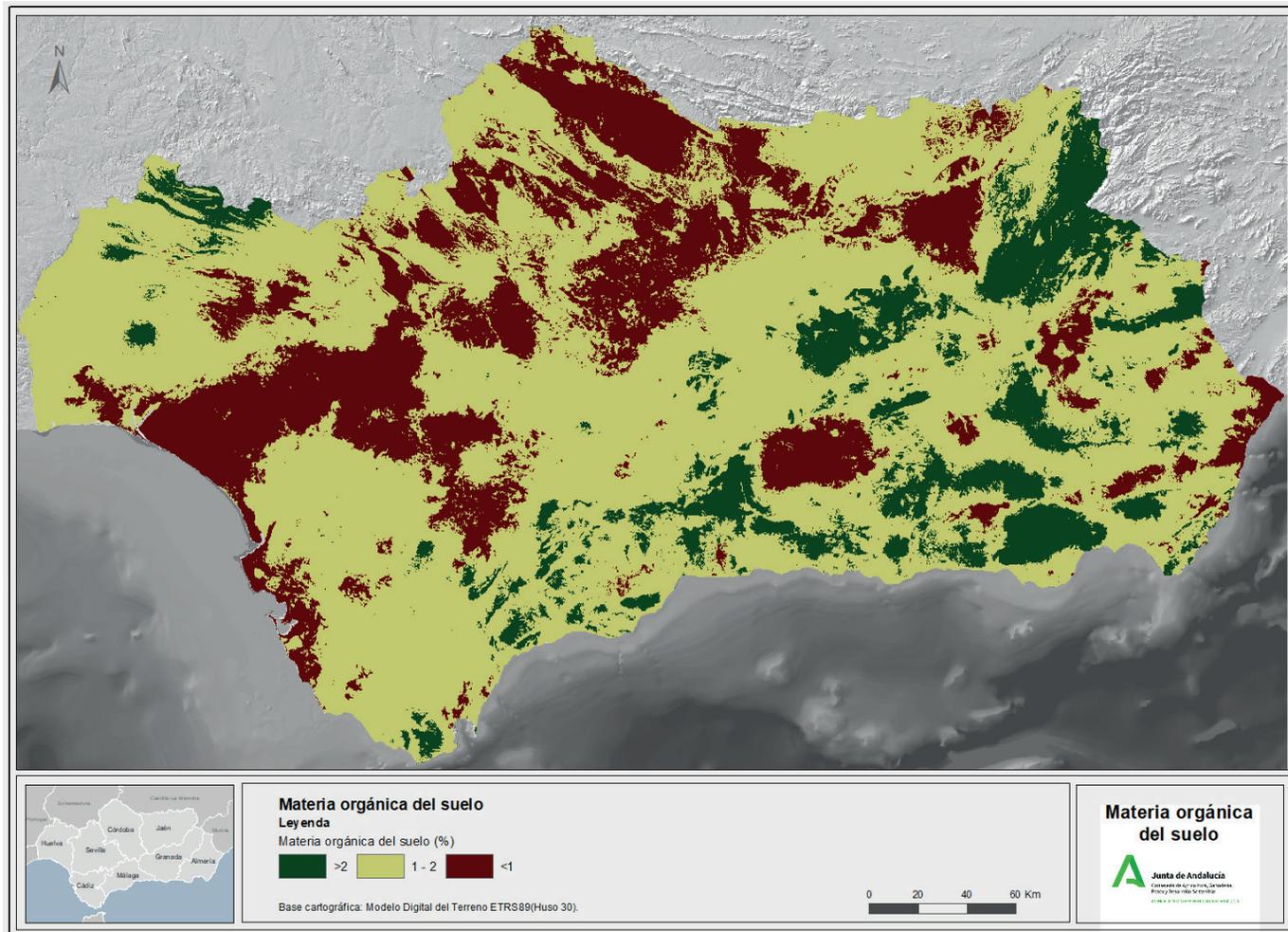


FIGURA 25 Mapa de la materia orgánica del suelo



**FIGURA 26** Mapa de la caliza activa en el suelo

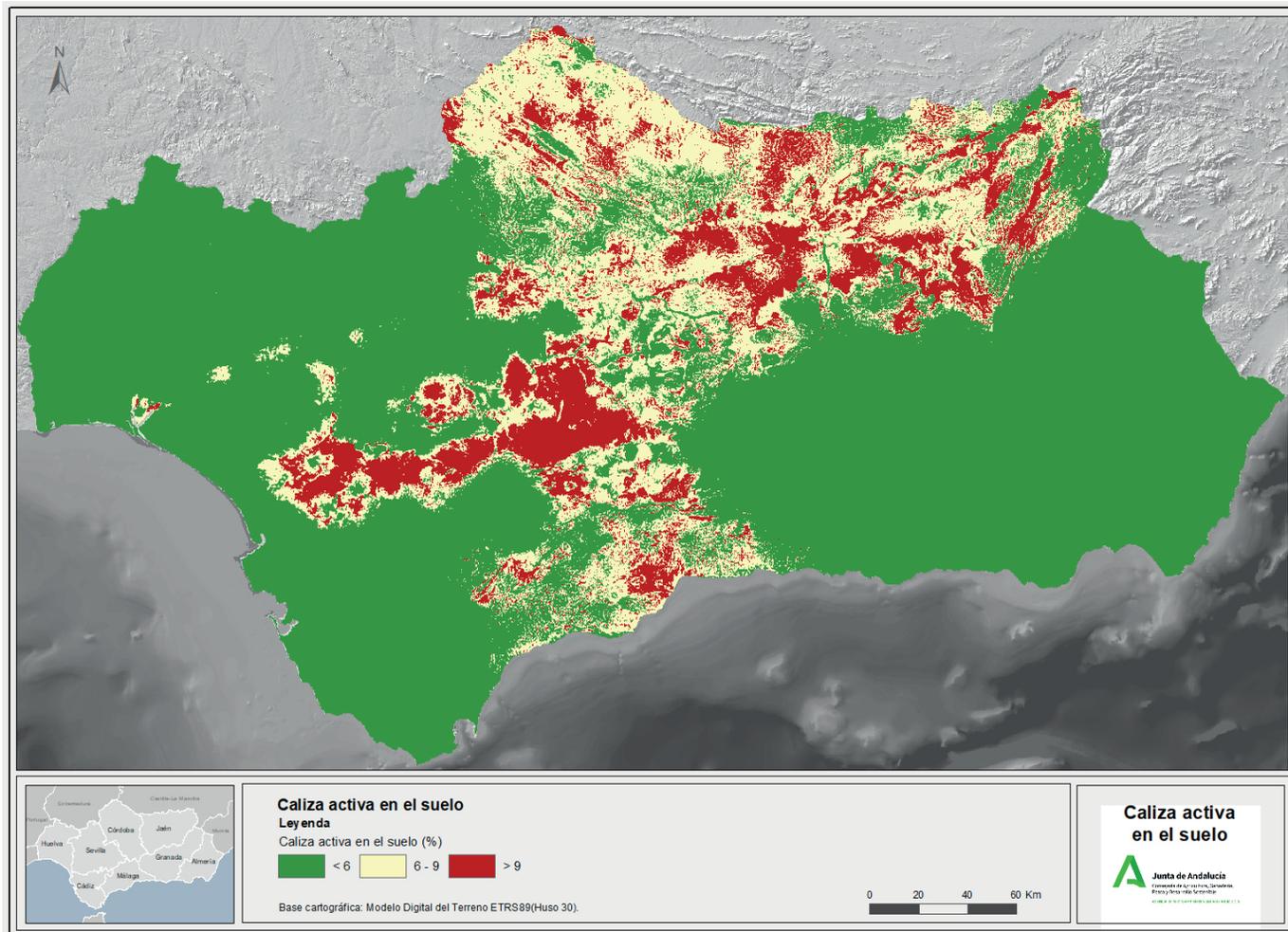
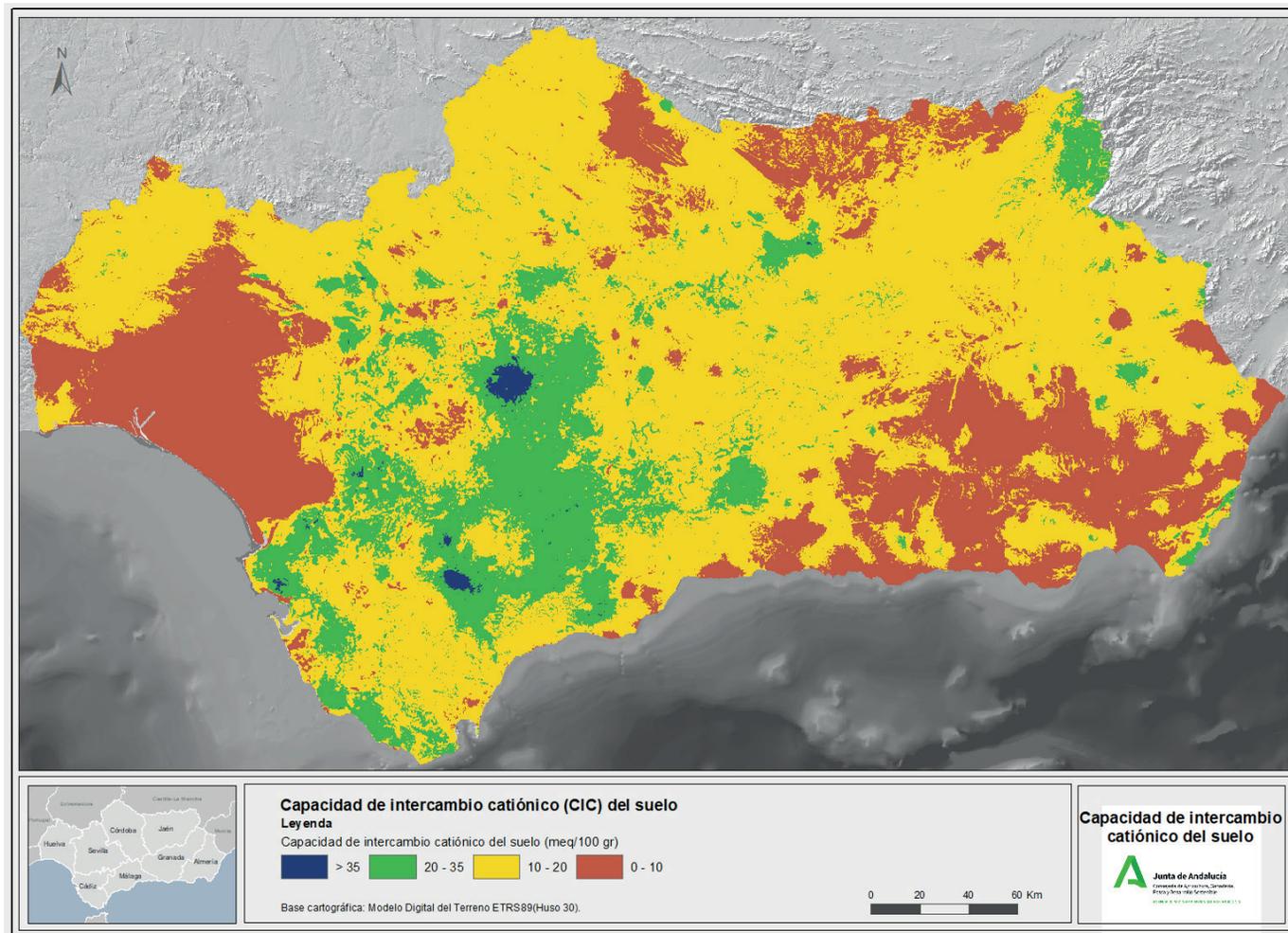


FIGURA 27 Mapa de la capacidad de intercambio catiónico del suelo



**FIGURA 28** Mapa de la conductividad hidráulica del suelo

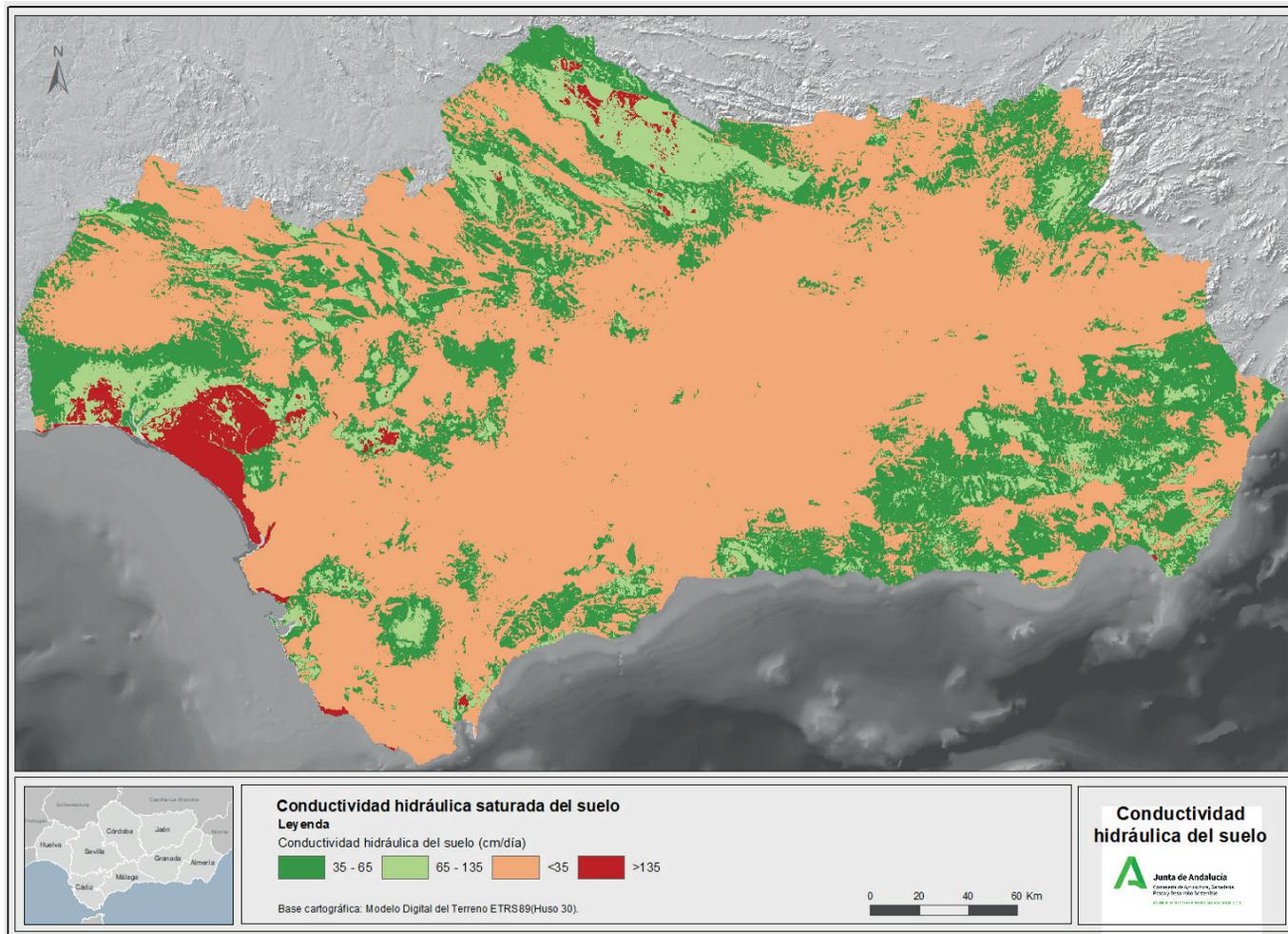


FIGURA 29 Mapa del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

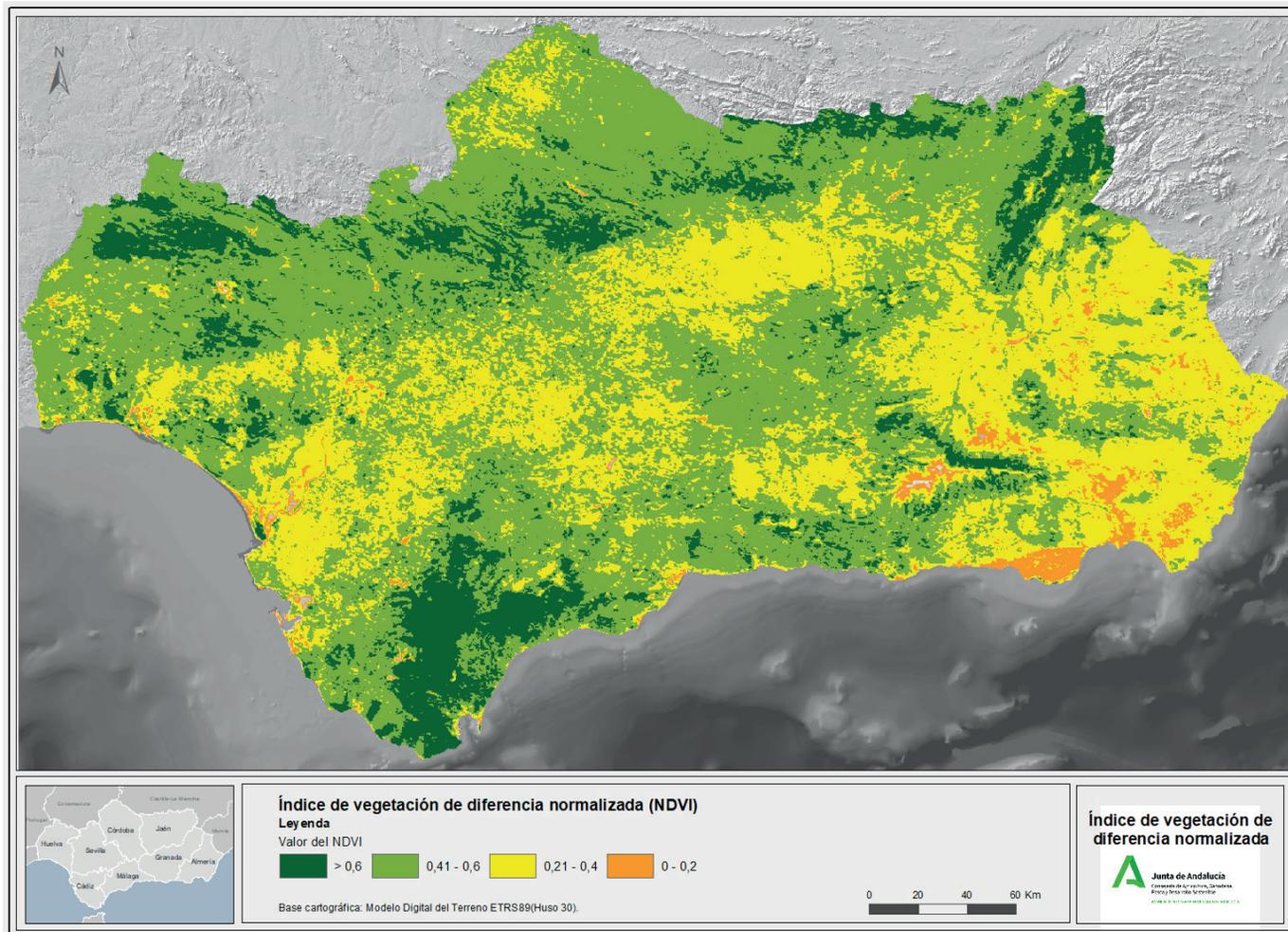
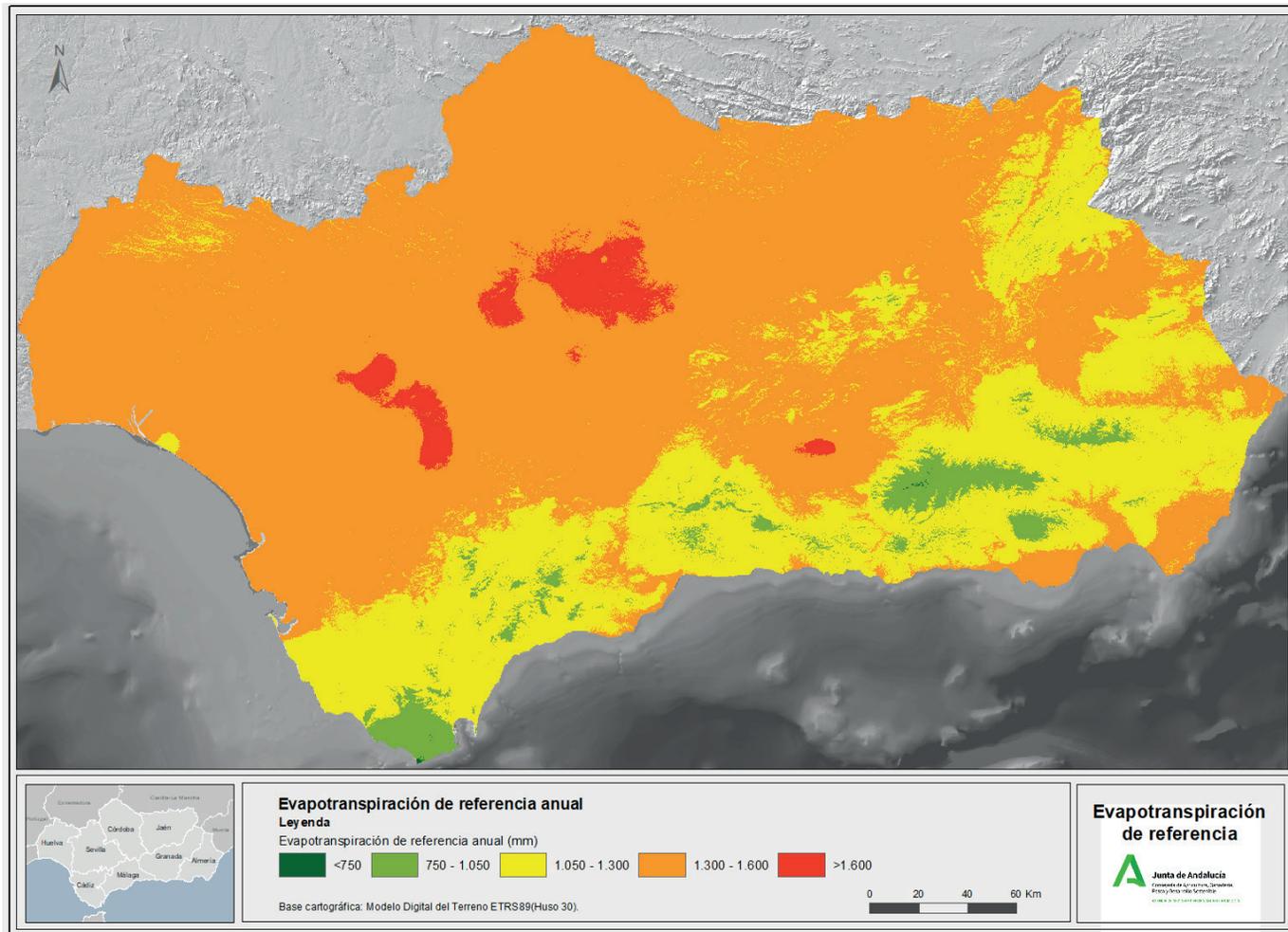
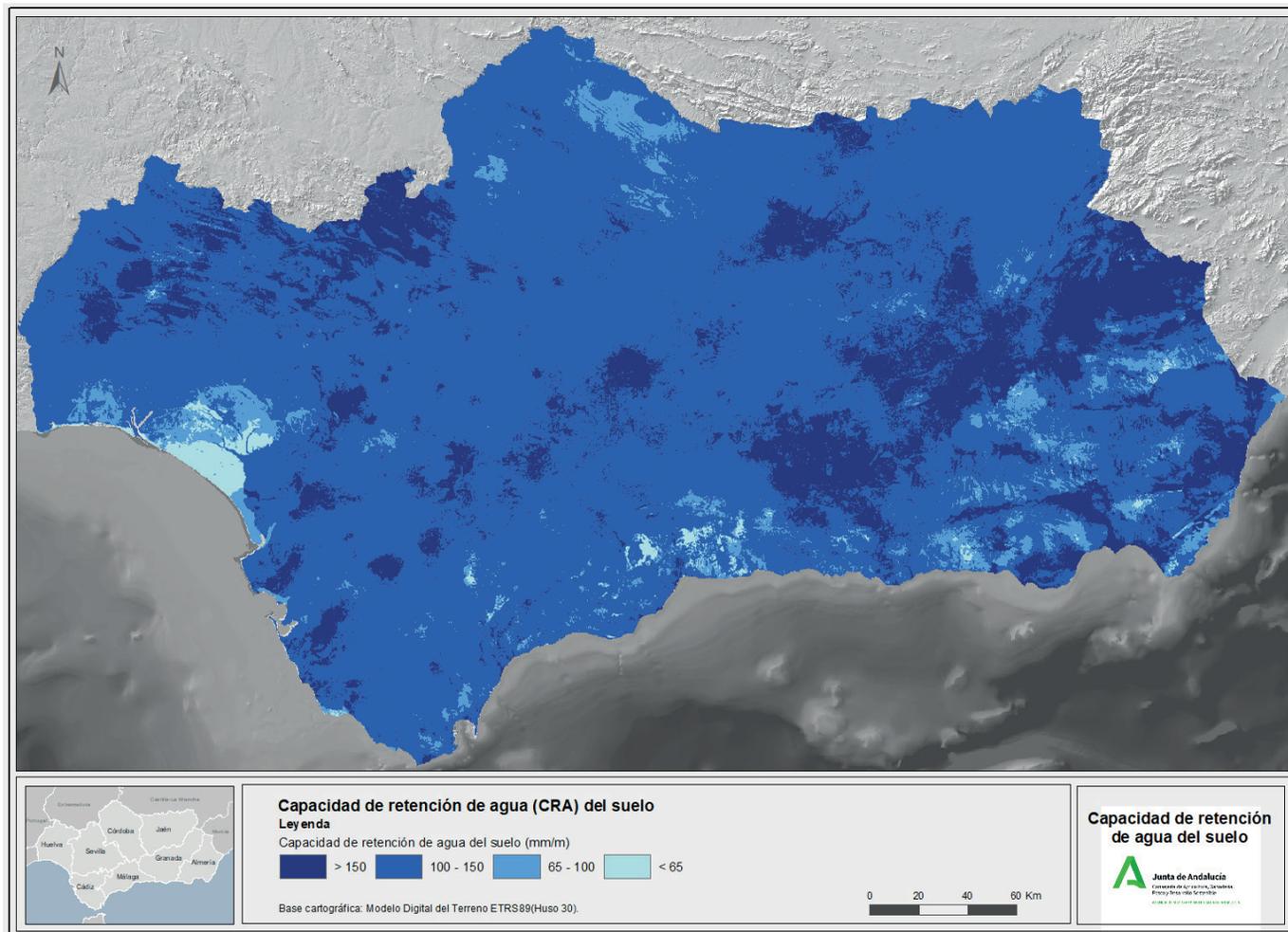


FIGURA 30 Mapa de la evapotranspiración de referencia anual (ET<sub>0</sub>)



**FIGURA 31** Mapa de la capacidad de retención de agua del suelo



**FIGURA 32** Mapa del nitrógeno superficial del suelo

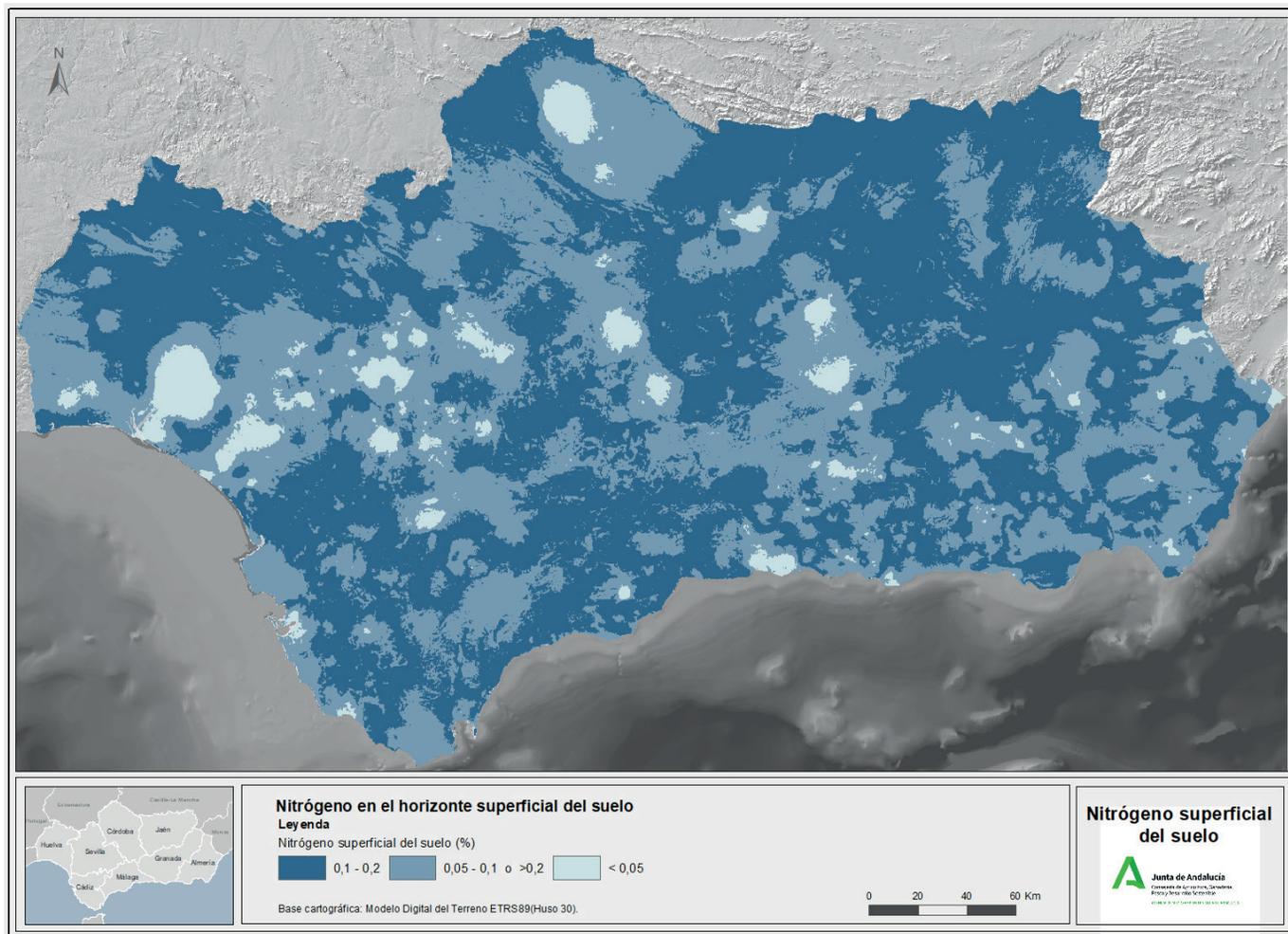
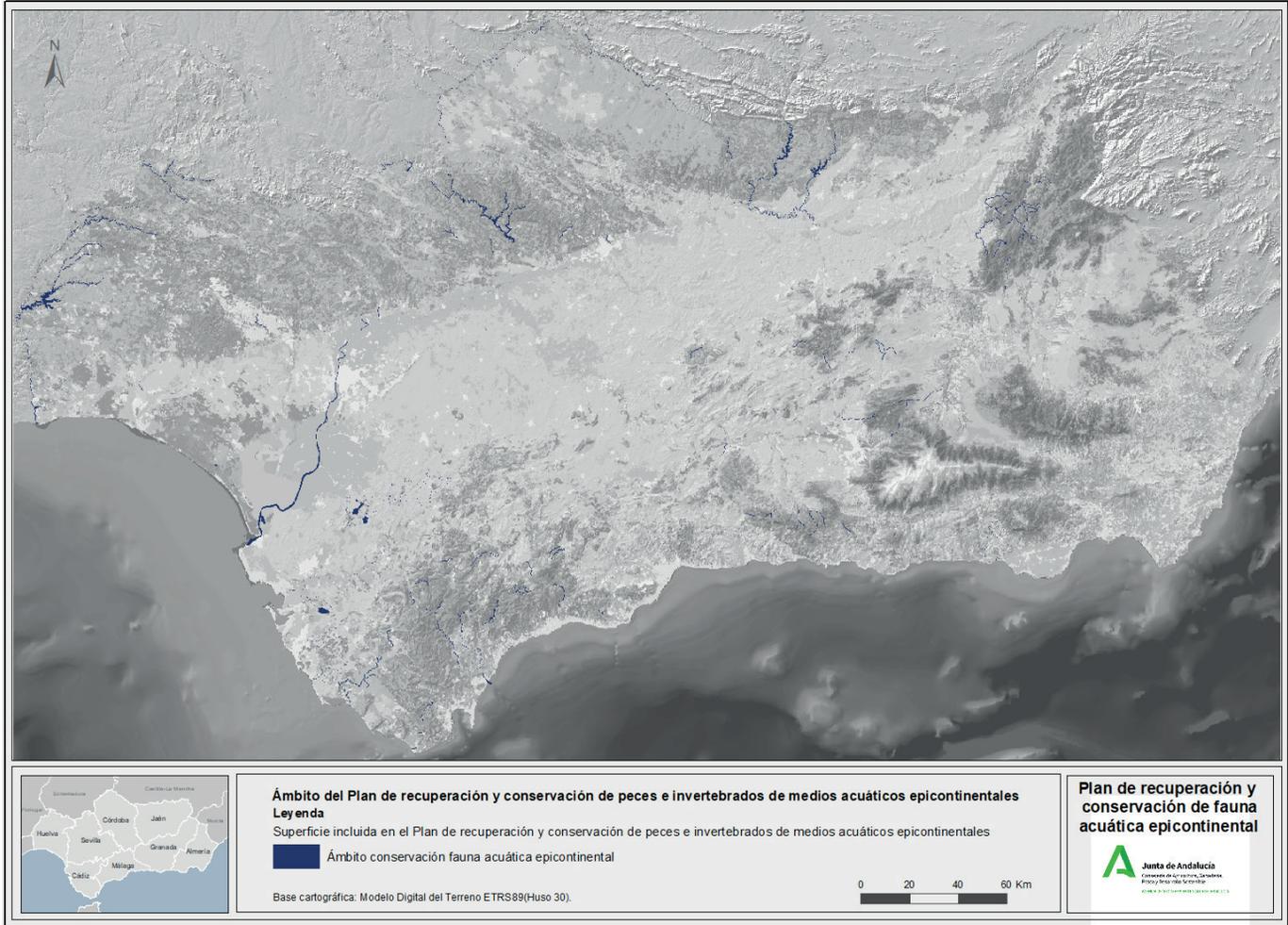




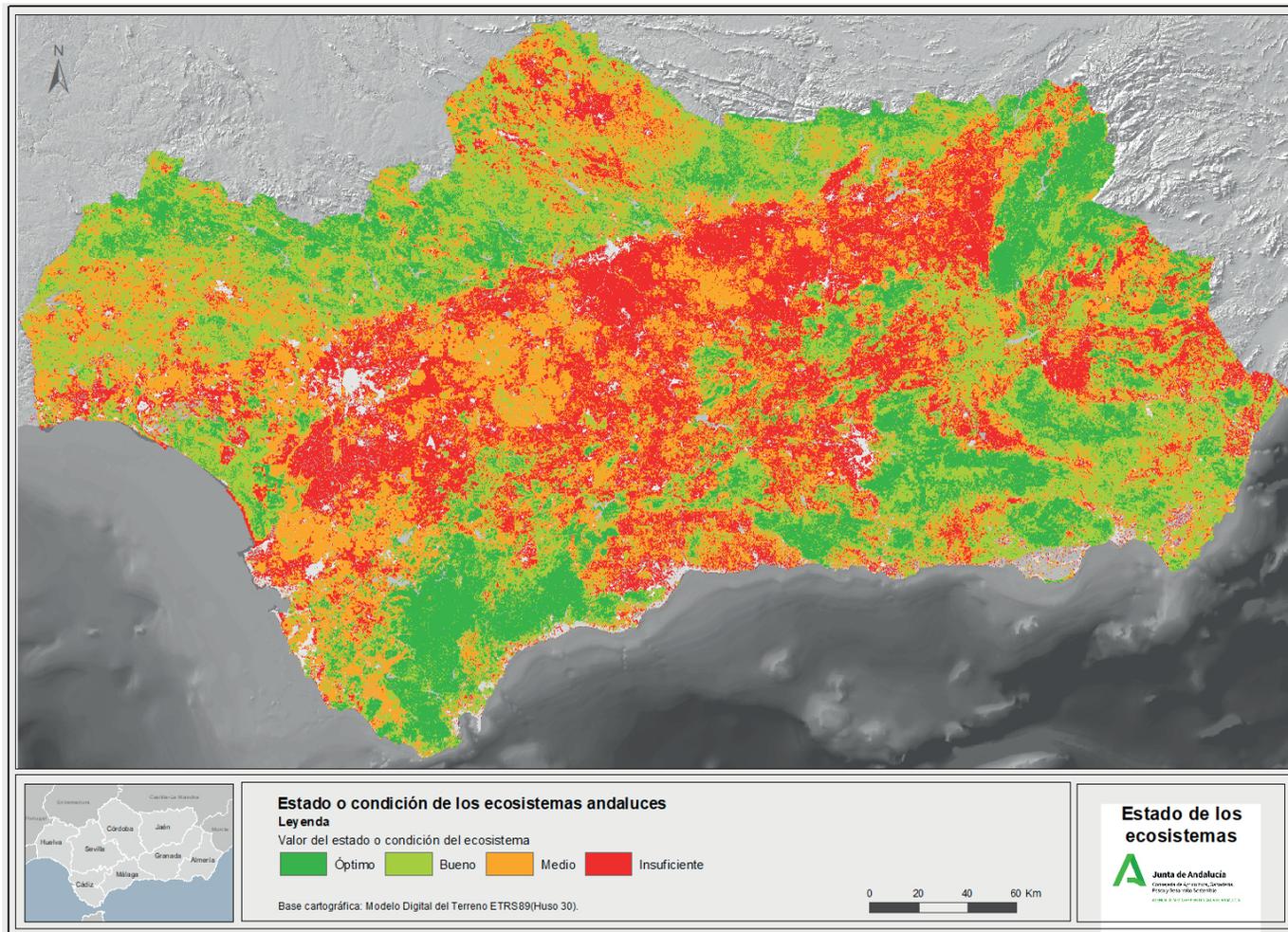
FIGURA 33

Mapa del ámbito del Plan de recuperación y conservación de peces e invertebrados de medios acuáticos epicontinentales



**FIGURA 34**

**Mapa de estado o condición de los ecosistemas andaluces categorizado según criterio de umbrales naturales (Jenks)**



# BIBLIOGRAFÍA

Andrades, M., y Martínez, M. E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen (3a. ed). Logroño, España: Universidad de la Rioja.

Burkhard B, Maes J (Eds.) (2017). Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia, 374 pp.  
[http://www.robertcostanza.com/wp-content/uploads/2017/02/2017\\_C\\_deGroot-et-al.-Mapping\\_ES\\_book.pdf](http://www.robertcostanza.com/wp-content/uploads/2017/02/2017_C_deGroot-et-al.-Mapping_ES_book.pdf)

Chuvieco E (2015). Teledetección ambiental. Planeta S.A. Barcelona

Espinoza L, et al. (2012). Como interpretar los resultados de los Análisis de Suelos - FSA2118SP. Universidad de Arkansas.

INTA (2016). Laboratorio de Agua y Suelo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ministerio de Agroindustria. Argentina.

Maes J, Teller A, Erhard M, Grizzetti B, Barredo JI, Paracchini ML, Condé S, Somma F, Orgiazzi A, Jones A, Zulian A, Vallecillo S, Petersen JE, Marquardt D, Kovacevic V, Abdul Malak D, Marin AI, Czúcz B, Mauri A, Löffler P, Bastrup-Birk A, Biala K, Christiansen T, Werner B (2018). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for ecosystem condition. Publications office of the European Union, Luxembourg.

Olivo, A.A. 2017. Clasificación de la vegetación del Karst de Sierra de las Nieves utilizando imágenes Landsat. TFM. Universidad Politécnica de Madrid.

Peñarete, W. 2014. Manejo y conservación de suelos y aguas. Drenaje y control de inundaciones. Universidad del Valle. Colombia.

REDIAM (2019). Cartografía de Ecosistemas de Andalucía. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Junta de Andalucía.

Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <http://www.cma.junta-andalucia.es/medioambiente/site/rediam>

Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM). Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Sostenible. Disponible en: <http://www.cma.junta-andalucia.es/medioambiente/site/rediam>

Soriano, M. (2018). Concepto de capacidad de intercambio iónico del suelo. Universidad Politécnica de Valencia.

## REFERENCIAS WEB:

<https://frutales.wordpress.com/abonado/analisis-de-tierra/>

<https://agriculturers.com/valores-de-referencia-de-un-analisis-de-suelo/>