

AMBIENTES TERRESTRES DE ESPAÑA

David Galicia Herbada
Jaime Hervás González
Ramón Martínez Torres
Javier Seoane Pinilla



Madrid 2014



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización

El presente documento fue realizado en el año 2006 en el marco del proyecto *Establecimiento de las bases ecológicas para la gestión de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*, promovido y financiado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo
Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural

Realización y producción

Grupo Tragsa

Coordinación general del proyecto

Ramón Martínez Torres
Elena Bermejo Bermejo

Autores

David Galicia Herbada
Jaime Hervás González
Ramón Martínez Torres
Javier Seoane Pinilla

A efectos bibliográficos la obra debe citarse como sigue:

Galicia D., Hervás J., Martínez R., Seoane J. 2014. *Ambientes terrestres de España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

NIPO: 280-14-133-9

ISBN: 978-84-491-1393-2

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Marco conceptual y metodológico	1
1.2. Clasificaciones territoriales previas	4
2. METODOLOGÍA	11
2.1. Selección de variables ambientales	11
2.2. Procedencia de los datos	12
2.3. Elaboración de la matriz de datos	15
2.4. Análisis de correlación y transformación de las variables seleccionadas	19
2.5. Clasificación no jerárquica de las cuadrículas: identificación de ambientes	20
2.6. Clasificación jerárquica de los ambientes	22
3. RESULTADOS	23
3.1. Variables seleccionadas	23
3.2. Análisis de correlación de las variables seleccionadas	23
3.3. Clasificación no jerárquica de las cuadrículas: identificación de ambientes	24
3.4. Clasificación jerárquica de los ambientes	27
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
5. APÉNDICES	51
5.1. Mapas de las variables ambientales seleccionadas	51
5.2. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes reconocidos en los niveles que sirven de ejemplo	75

1. INTRODUCCIÓN

Cada vez es más común abordar la conservación y la gestión del medio ambiente y sus recursos desde una perspectiva integradora (Christensen *et al.* 1996, Wallace *et al.* 1996). Desde esta perspectiva, la identificación, clasificación y cartografiado de unidades geográficas dotadas de significado ecológico (aquellas capaces de reflejar la concurrencia e interacción de varios componentes del ambiente) se convierte en una tarea esencial, pues proporciona el necesario marco espacial donde apoyar dicha gestión (González Bernáldez 1982, Bryce *et al.* 1999, Margules & Pressey 2000, Jongman *et al.* 2006). Efectivamente, la gestión ambiental de un territorio determinado encuentra algunas de sus dificultades en la falta de adecuación de las divisiones administrativas a los retos que subyacen en las políticas de conservación de la biodiversidad y de los bienes y servicios que proporciona. Las unidades espaciales de base ecológica constituyen un marco espacial más efectivo que las unidades administrativas para planificar y establecer las prioridades de conservación de la biodiversidad en el espacio geográfico de referencia, así como para vincular la biodiversidad con las oportunidades de desarrollo social y económico.

En los siguientes apartados se expone la base conceptual en la que se apoya esta nueva clasificación y se mencionan y repasan muy brevemente algunos ejemplos de clasificaciones territoriales existentes. Su contenido pretende proporcionar un trasfondo adecuado a los resultados y conclusiones del presente trabajo.

La clasificación *Ambientes terrestres de España* fue publicada, con fecha 2010, en *Ecosistemas*, revista científica de ecología y medio ambiente de la Asociación Española de Ecología Terrestre (Galicia *et al.* 2010).

1.1. MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

La clasificación ecológica del territorio es el proceso mediante el cual se delimitan y clasifican áreas distinguibles desde un punto de vista ecológico, de modo que cada una de estas áreas puede ser tomada como un sistema discreto resultante

de la mezcla e interacción de factores diversos: geológicos, topográficos, climáticos, bióticos, hídricos y antrópicos (Wiken 1986).

El calificativo *ecológica* alude a la pretensión de captar, en lo posible, las interacciones entre los principales componentes del ecosistema, por lo que aquellas clasificaciones basadas en uno solo de esos componentes (clasificaciones temáticas) pocas veces se califican de este modo. Únicamente las clasificaciones basadas en el clima, en la vegetación o en ambos factores se tratan con frecuencia como clasificaciones ecológicas, principalmente aquellas aplicadas a una escala espacial pequeña (p.ej., Thornthwaite 1933, Holdridge 1947, Kuchler 1964, Walter & Box 1976, Zonneveld 1988, FAO 1999). Dicho tratamiento viene justificado por ser el clima la fuente de energía y humedad, parámetros clave en el control de los ecosistemas, y la vegetación un buen integrador de éstos y otros parámetros biofísicos también importantes.

Las unidades que resultan de una clasificación ecológica se entiende, en definitiva, que muestran algo más que una significación temática y, en todo caso, que tienen una trascendencia ecológica (cf. Barnes *et al.* 1982, Rowe 1991).

Frente a la proliferación de conceptos relativos a entidades complejas de organización ambiental (biogeocenosis, bioma, ecosfera, paisaje, *uróchischne*, *land systems*, geosistema, ecorregión, ecoconjunto, geocoro, etc), formulados con un contenido muy similar al de ecosistema y, en algunos casos (p.ej., ecorregión, *land types*, paisaje), definidos como divisiones jerárquicas basadas en la estructuración del territorio (véase p.ej. González Bernáldez 1981, Bailey 1981, Klijn & Udo de Haes 1994), nos decantamos por la generalidad y flexibilidad de la definición original de ecosistema (Tansley 1935): *“Las tramas de la vida ajustadas a determinados complejos ambientales son verdaderas unidades, a veces muy integradas, que constituyen los núcleos vivientes de sistemas, en el sentido que dan los físicos a este término. Dentro de cada sistema tienen lugar intercambios de muchas clases, no sólo entre los organismos, sino también entre el mundo orgánico y el inorgánico. Estos ecosistemas, como preferimos llamarlos, pueden ser de muchas clases y tamaños, formando una de las categorías de los muchos tipos de sistemas físicos del Universo. El método científico aísla los sistemas mentalmente a efectos de su estudio. En*

realidad, y a pesar de ello, no sólo están incluidos unos en otros, sino que tienen zonas de coincidencia, se encadenan e interaccionan unos con otros. El aislarlos es una operación en parte artificial, pero la única forma de proceder posible”.

De estas reflexiones se desprende, por un lado, que un paisaje se puede considerar un ecosistema grande y muy complejo, pero no un nivel de organización distinto del que corresponde, por ejemplo, a un montón de hojarasca; por otro, que la delimitación de un ecosistema es función del objetivo del investigador y además es arbitraria. Esto último es consecuencia de su carácter abierto e independiente de la escala. Efectivamente, en la práctica, la delimitación de los ecosistemas recae en el reconocimiento de una cierta homogeneidad respecto a lo que les rodea. Dicha homogeneidad es relativa, pues depende de la distancia del observador y de las herramientas de análisis. De ello se deriva que pueden distinguirse ecosistemas a distintas escalas: desde el equivalente a una zona climática hasta una pequeña charca.

La organización jerárquica de los ecosistemas en el espacio es una idea expresada ya por Tansley (*op. cit.*) y hoy ampliamente aceptada (Urban *et al.* 1987, Dale *et al.* 1989, Rowe 1991, Klijn & Udo de Haes 1994, Cleland *et al.* 1997), que sirve de gran ayuda para comprender la complejidad de éstos y, por tanto, para comprender y predecir cómo pueden afectarles diferentes modos de gestión. Qué y cuántos niveles seleccionar en una clasificación jerárquica conlleva cierto grado de subjetividad, pues tales jerarquías generalmente son continuas (Rowe 1991, Jordan *et al.* 2001). No obstante, esta selección puede verse justificada atendiendo al objetivo perseguido.

Si el ecosistema trasciende la escala espacial, no ocurre lo mismo con la importancia o dominancia de los factores ecológicos y sus interacciones. Generalmente, uno o varios factores ecológicos constituyen los principales responsables de la estructura o la función de un ecosistema a una escala dada. A escalas pequeñas o groseras se imponen los factores abióticos, mientras que a escalas grandes o finas son también significativos los factores bióticos. En definitiva, la identificación de unidades ecológicas se basa en el cambio conjunto de múltiples factores bióticos y abióticos relevantes a la escala considerada y en el territorio de

interés. Es importante diferenciar unidades ecológicas a escalas acordes con los niveles de gestión requeridos.

Para identificar las unidades ecológicas de España se ha elegido una aproximación cuantitativa entre los diferentes enfoques y procedimientos existentes, debido a su mayor objetividad, consistencia y facilidad para generar una clasificación jerárquica que defina y cuantifique las relaciones entre un gran número de unidades. La resolución adoptada es la de 1 km².

La clasificación que se describe aquí trata de aprovechar la creciente capacidad de análisis de los ordenadores, la disponibilidad de nuevas bases de datos y el continuo avance en los campos de la modelización matemática y de los Sistemas de Información Geográfica. Se diferencia de otras clasificaciones territoriales o regionalizaciones previas de similar orientación por su mayor nivel de objetividad, resolución y flexibilidad. Queda pendiente, no obstante, una comparación rigurosa entre ellas, lo que dará mejor cuenta de su alcance y consistencia, contribuyendo así además a su validación. En particular, resultará interesante desentrañar su relación con la vegetación, pues se asume que el ambiente físico controla, hasta cierto punto, la distribución de aquella (Woodward 1987, Stephenson 1990, Zeng & Neelin 2000).

1.2. CLASIFICACIONES TERRITORIALES PREVIAS

Actualmente se cuenta con numerosas experiencias de clasificación o división territorial de base ecológica en distintas partes del mundo y a diferentes escalas (p.ej., Antrop *et al.* 1993, Bailey 1997, Ecoregions Working Group 1989, Elena Rosselló 1997, Fairbanks & Benn 2000, Holdridge 1947, Host & Pregitzer 1992, Klijn *et al.* 1995, Leathwick *et al.* 2003, Metzger *et al.* 2005, Montes *et al.* 1998, Nigh & Schroeder 2002, Olson *et al.* 2001, Walter & Box 1976). Desde las más simples caracterizaciones del medio físico, basadas en la fisiografía, hasta las más complejas clasificaciones automáticas multifactoriales, todas reflejan el estado de la ciencia y la tecnología en el momento en el que surgen, así como variadas exigencias de aplicación e investigación. Como ejemplos de ello se pueden mencionar el uso de la teledetección en la elaboración de clasificaciones útiles para la identificación de efectos atribuibles al

cambio climático, y el nivel de estandarización y objetividad alcanzado en las últimas clasificaciones gracias al desarrollo de tecnología SIG, a la elaboración de bases de datos geográficas y a la disponibilidad de ordenadores con gran capacidad de análisis.

En nuestro país, a partir de la publicación de la obra de Willkomm sobre las estepas ibéricas (Willkomm 1852), de orientación académica, y la aparición de las “Reseñas” publicadas por la Junta General de Estadística (Coello *et al.* 1859), de orientación aplicada, se han sucedido propuestas de regionalización nacional o peninsular de base esencialmente natural (Casals 1998). Constituyen ejemplos en esta sucesión las clásicas síntesis paisajísticas de Dantín Cereceda (1922), Hernández-Pacheco (1932) y Lautensach (1967), las tipologías bioclimáticas de Allué (1990) y de Rivas-Martínez *et al.* (2002a), el Mapa de series de vegetación de España (Rivas-Martínez 1987), la clasificación biogeoclimática del grupo de Elena Rosselló (1997) y la clasificación de ecosistemas basada en atributos funcionales de Alcaraz *et al.* (2004).

Un breve repaso, no exhaustivo, a dichas experiencias, tomando como referencia algunas de ellas y haciendo hincapié en las que afectan a España o a la Península Ibérica en su totalidad, ayudará a situar en un contexto amplio la clasificación ecológica que se ha llevado a cabo.

Regiones naturales de España y síntesis paisajísticas

Bajo este epígrafe se agrupan propuestas de geografía regional de base esencialmente física o natural y elaboradas según un planteamiento tradicional interpretativo-descriptivo del territorio. Las más clásicas de Dantín Cereceda y de Hernández Pacheco, aunque tienen su base en aspectos geológicos, se pueden considerar precursoras de la descripción unitaria o integral del medio en España (Casado 1997). Por otra parte, éstos y otros trabajos de regionalización geográfica centrados asimismo en aspectos morfoestructurales, se nutren del *Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica* de Macpherson (1901).

- **Dantín Cereceda (1929)**

Identifica 19 grandes regiones naturales en la península Ibérica, Baleares y Canarias basándose en la litología y la fisiografía, pero con un claro afán de generalidad. Existen publicadas dos propuestas previas de este mismo autor (1912, 1922), en las que incluye una aproximación a la biogeografía de la Península.

- **Hernández Pacheco (1932)**

Aproximación a la regionalización integral del medio natural español en la que se introduce la idea de paisaje como marco conceptual (González Bernáldez 1981, Casado 1997).

- **Lautensach (1967)**

Propuesta de estructura regional a cuya originalidad contribuye el abandono del criterio de regionalización histórica, de notable peso hasta entonces en la geografía regional de España (García Fernández 2000). El innovador método de regionalización aplicado, basado en *fórmulas de paisaje*, hace uso de características climáticas y geográficas para definir zonas y regiones.

Clasificaciones bioclimáticas

Mediante el análisis de ciertas características climáticas seleccionadas por su influencia en la distribución de la vegetación, estas clasificaciones buscan establecer correlaciones entre ambos factores.

- **Atlas fitoclimático de España (Allué 1990)**

Clasificación del territorio que traza una correspondencia entre tipos fisonómicos de vegetación y climodiagramas.

Este atlas constituye una actualización del trabajo aparecido bajo el título *Subregiones fitoclimáticas de España* (Allué 1966).

- **Bioclimatología de la península Ibérica (Rivas-Martínez *et al.* 2002a)**

Propuesta basada en un conjunto de valores e índices de temperatura y precipitación. Como parte de esta propuesta se identifican termotipos y ombrotipos, que sirven para definir y caracterizar, respectivamente, pisos

bioclimáticos. Estos pisos se establecen independientemente para cada uno de los dos macroclimas definidos para la Península.

Clasificaciones biogeográficas

- **Biogeografía de la península Ibérica (Rivas-Martínez 1987, Rivas-Martínez et al. 2002b)**

Clasificación jerárquica del territorio en la que se otorga gran peso a criterios bioclimáticos, además de a los estrictamente florísticos y fitocenológicos (series de vegetación).

- **Mapa de las regiones biogeográficas de Europa (*The biogeographical regions map of Europe*. EEA 2002)**

Interpretación biogeográfica del *Mapa de la vegetación natural de los países miembros de la Comunidad Europea y del Consejo de Europa* (Noirfalise 1987), posteriormente ampliada a un ámbito pan-europeo sobre el mapa de vegetación potencial de Bohn (1993). La elaboración de este mapa estuvo motivada por la mención en la Directiva Hábitat (92/43/EEC) de cinco regiones biogeográficas a utilizar como marco de referencia para la conservación de los hábitats y de la flora y la fauna silvestres.

Vegetación potencial

- **Mapa de series de vegetación de España (Rivas-Martínez 1987)**

Mapa fitosociológico de vegetación potencial a escala 1:400.000. Integra de manera más o menos explícita información bioclimática y fitosociológica y proporciona información sobre el dinamismo de las comunidades vegetales.

Clasificaciones multifactoriales

- **Mapa digital de las regiones ecológicas de Europa (*Digital Map of European Ecological Regions, DMEER*. Painho et al. 1996)**

La identificación de regiones ecológicas parte de una clasificación automática de los polígonos resultantes de la combinación de un mapa de vegetación

potencial (Bohn 1994) y una clasificación esencialmente climática del continente (Bunce 1995). El resultado es después revisado y ampliamente corregido según un criterio biogeográfico experto y ajustado para hacerlo compatible con el mapa elaborado por el WWF (Olson *et al.* 2001).

- **Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear (Elena-Rosselló *et al.* 1990, Elena-Rosselló 1997)**

Constituye el primer modelo multifactorial para España que utiliza técnicas de análisis multivariante y un sistema de información geográfica. Analiza factores geográficos, fisiográficos, climáticos y litológicos a una resolución máxima de 2x2 km. Su uso ha estado dirigido a facilitar una planificación territorial con sentido ecológico en el ámbito forestal (Elena-Rosselló *et al.* 1987, Sánchez Palomares *et al.* 1991, 1992).

- **Dominios ambientales de Nueva Zelanda (Leathwick *et al.* 2003)**

Aproximación cuantitativa a la división territorial de Nueva Zelanda enfocada a la conservación y gestión ambiental. Su principal valor respecto a otras clasificaciones similares recae en la cuidada elección de las variables ambientales utilizadas, fundamentada en una serie de trabajos previos sobre caracterización ecológica y modelización de la distribución de especies arbóreas (p.e. Leathwick 1995, 2001; Leathwick & Whitehead 2001). Otro punto fuerte lo constituyen su gran transparencia, versatilidad y accesibilidad (además de las referencias citadas, véase <http://www.landcareresearch.co.nz/resources/maps-satellites/lenz>).

- **Clasificación basada en atributos funcionales (Alcaraz *et al.* 2004)**

Clasificación funcional de los ecosistemas según el Índice de verdor normalizado (NDVI) obtenido a partir de imágenes satélite (NOAA/AVHRR). Recoge la distribución espacial (y temporal) de los tipos funcionales de ecosistemas en la península con vistas a evaluar algunos efectos del cambio climático y servir a la gestión de los recursos naturales.

- **Estratificación ambiental de Europa (Environmental Stratification of Europe, EnS. Metzger *et al.* 2005)**

Clasificación estadística de tipo jerárquico obtenida a partir de variables mayoritariamente climáticas y a una resolución de 1x1 km. Aunque se presenta como una clasificación multipropósito, el fin más destacado es el de servir de base para muestreos objetivos a escala continental.

2. METODOLOGÍA

La clasificación del territorio español en dominios ambientales ha seguido los siguientes pasos metodológicos:

- Selección de variables ambientales
- Obtención de los datos
- Elaboración de la matriz de datos
- Análisis de correlación y transformación de las variables seleccionadas
- Clasificación no jerárquica de las cuadrículas: identificación de ambientes
- Clasificación jerárquica de los ambientes

Esta metodología se ha aplicado independientemente a España peninsular-Baleares y a Canarias.

2.1. SELECCIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES

La selección de las variables ambientales se ha apoyado en las siguientes consideraciones fundamentales:

- Es posible identificar ciertos factores que son directamente responsables de las pautas ambientales en que se estructura el territorio a una escala determinada. A escalas pequeñas o groseras, se imponen los factores abióticos, mientras que a escalas grandes o finas son también significativos los factores bióticos (Bailey 1987, Klijn & Udo de Haes 1994, Breckle 2002).
- Las variables ambientales que sirven para caracterizar un territorio suelen estar relacionadas unas con otras, lo que quiere decir que el conocimiento de unas puede servir al conocimiento de otras y viceversa. La elección de variables que mantengan la mayor independencia posible facilitará la interpretación de los resultados, además de evitar posibles problemas derivados de la colinearidad entre ellas (Griffith & Amerhein 1997).
- Las variables más estables en el tiempo son preferibles frente a las menos estables. Esta preferencia se justifica por la perdurabilidad del resultado y

porque permite identificar ambientes o ecosistemas con independencia del grado de perturbación que afecta a sus componentes menos estables, por ejemplo, la vegetación (Bailey 2005).

- Comprendiendo las razones por las que se distribuye la vegetación se tiene la clave para predecir y entender un amplio rango de respuestas ecológicas a grandes escalas (Ostendorf *et al.* 2000).

Teniendo en cuenta el fundamento teórico anterior y un uso potencial de la cartografía a una escala máxima de 1:1.000.000, se ha considerado que la clasificación del territorio debe plantearse en primera instancia sobre factores abióticos, esencialmente climáticos y geológicos, eligiendo dentro de ellos aquéllos que se sabe mantienen una estrecha relación con los procesos fisiológicos principales y la distribución de las especies y comunidades vegetales.

El apoyo en las anteriores consideraciones se ha visto esporádicamente alterado por limitaciones prácticas, por ejemplo, falta o disponibilidad de datos, ausencia de estudios que muestren el significado funcional de determinados factores o restricciones de tiempo.

2.2. PROCEDENCIA DE LOS DATOS

La obtención de los datos ha supuesto una labor considerable, debido a su dispersión por distintas instituciones y dependencias, a las obligaciones burocráticas que normalmente lleva asociado su uso y a las transformaciones a las que hay que someterlos en muchos casos para hacerlos aprovechables.

Principalmente fueron cuatro los organismos que suministraron los datos o información de partida:

- Instituto Nacional de Meteorología: datos climáticos.
- Instituto Geológico y Minero de España: datos geológicos.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Comisión Europea: datos edáficos.
- Instituto Geográfico Nacional: datos topográficos.

El volumen de datos recopilado fue superior al que sería estrictamente necesario teniendo en cuenta las variables finalmente seleccionadas, pero no se descartó que dicha selección pudiera modificarse en el transcurso del trabajo y que tales datos pudieran servir más adelante para diversas estimaciones y comprobaciones de interés.

Datos climáticos

El Instituto Nacional de Meteorología suministró datos climáticos registrados entre los años 1971 y 2000 por las estaciones meteorológicas repartidas en el territorio español:

- Precipitación:

- Precipitación media anual*
- Precipitación media de enero*
- Precipitación media de febrero*
- Precipitación media de marzo*
- Precipitación media de abril*
- Precipitación media de mayo*
- Precipitación media de junio*
- Precipitación media de julio*
- Precipitación media de agosto*
- Precipitación media de septiembre*
- Precipitación media de octubre*
- Precipitación media de noviembre*
- Precipitación media de diciembre*

- Temperatura

- Temperatura media anual*
- Temperatura media de enero*
- Temperatura media de febrero*
- Temperatura media de marzo*
- Temperatura media de abril*

- Temperatura media de mayo*
- Temperatura media de junio*
- Temperatura media de julio*
- Temperatura media de agosto*
- Temperatura media de septiembre*
- Temperatura media de octubre*
- Temperatura media de noviembre*
- Temperatura media de diciembre*
- Temperatura media de las máximas en primavera*
- Temperatura media de las máximas en verano*
- Temperatura media de las máximas en otoño*
- Temperatura media de las máximas en invierno*
- Temperatura media de las mínimas en primavera*

- | | |
|---|--|
| <i>Temperatura media de las mínimas en verano</i> | <i>Evaporación media otoño</i> |
| <i>Temperatura media de las mínimas en otoño</i> | <i>Evaporación media invierno</i> |
| <i>Temperatura media de las mínimas en invierno</i> | <i>Evapotranspiración</i> |
| • <i>Humedad y evaporación</i> | <i>Nieblas</i> |
| <i>Humedad relativa media anual</i> | • <i>Insolación y radiación</i> |
| <i>Humedad relativa media en primavera</i> | <i>Insolación anual</i> |
| <i>Humedad relativa media en verano</i> | <i>Insolación en primavera</i> |
| <i>Humedad relativa media en otoño</i> | <i>Insolación en verano</i> |
| <i>Humedad relativa media en invierno</i> | <i>Insolación en otoño</i> |
| <i>Evaporación media anual</i> | <i>Insolación en invierno</i> |
| <i>Evaporación media en primavera</i> | <i>Radiación solar global anual</i> |
| <i>Evaporación media en verano</i> | <i>Radiación solar global en primavera</i> |
| | <i>Radiación solar global verano</i> |
| | <i>Radiación solar global otoño</i> |
| | <i>Radiación solar global invierno</i> |

Datos edáficos

Para la obtención de datos edáficos se exploraron las siguientes fuentes:

- La versión digital, elaborada por el CSIC/IRNA (2000), del mapa de suelos a escala 1:2.000.000 aparecido en el *Atlas Nacional de España* (Nieves, M. & V. Gómez-Miguel (1992). Edafología 1:2.000.000. En: *Atlas Nacional de España*, Vol. 1: 7.2-3. Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento).
- La *Base de Datos de Suelos de Europa* puesta en servicio por la Comisión Europea (*European Soil Database (v 2.0)*, European Soil Bureau Network and the European Commission, EUR 19945 EN, Marzo 2004. http://eusoils.jrc.it/ESDB_Archive/ESDBv2/index.htm):
 - *Soil Geographical Database of Eurasia at scale 1:1.000.000 (SGDBE)*, v. 4 beta.
 - *The Pedotransfer Rules Database (PTRDB)*, v. 2.0.

Datos geológicos

Para la obtención de datos geológicos se exploraron las siguientes fuentes:

- IGME (2003). *Mapa Geológico de España 1:1.000.000*. IGME-Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.
- Riba, O. *et col.* (1969). *Mapa litológico de España 1:500.000*. IGME, Madrid.

Datos topográficos

Para los datos topográficos se consideró apropiada la siguiente fuente:

- Modelo Digital del Terreno de 100 m de resolución. Instituto Geográfico Nacional. Ministerio de Fomento.

2.3. ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE DATOS

El análisis automático de los datos requiere construir antes una matriz que recoja los valores de las variables seleccionadas para cada unidad de muestreo. En el presente trabajo la resolución adoptada es 1 km² y la unidad de muestreo escogida es la cuadrícula de 1x1 km. Para elaborar la matriz de datos se han ejecutado, consecuentemente, dos acciones principales:

- Creación de una malla de cuadrículas de 1x1 km.
- Asignación de valores a cada cuadrícula para cada una de las variables ambientales seleccionadas.

Creación de una malla de 1x1 km

Mediante un programa específico desarrollado en *Avenue*, se generó una malla de 1 km de lado en formato vectorial. Esta malla, con más de 500.000 celdas, sirvió en el GIS como capa base para referir los datos de las distintas variables.

Asignación de valores a la malla de 1x1 km

Datos climáticos. Las variables climáticas fueron modelizadas con resolución de 1 km² por el Instituto Nacional de Meteorología, que puso a nuestra disposición los datos correspondientes en formato *grid*. Este organismo, sin embargo, no llegó a suministrar los detalles del modelo utilizado ni una estimación de los errores asociados, a pesar de que se solicitó con insistencia.

Puesto que la malla o *grid* sobre la que estaban referenciados los datos climáticos no coincidía con la generada para el presente trabajo, fue necesario un cambio de referencia a la nueva malla o capa base. Los pasos dados con este fin fueron los siguientes (Fig. 1):

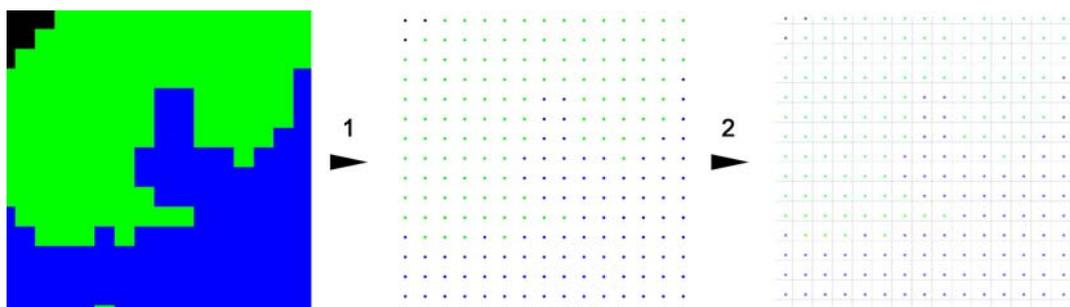


Figura 1. Paso de datos en formato *grid* a una nueva malla o *grid* de referencia: 1. Transformación del *grid* de origen en una capa de centroides. 2. Cruce de la capa de centroides con la nueva malla.

1. Transformación del *grid* de origen en una capa de puntos, de modo que cada uno de estos puntos fuera el centroide o punto central de cada una de las celdas.

2. Cruce de la capa de centroides con la nueva malla, de manera que cada valor de centroide pasara ahora a la celda correspondiente de la nueva capa de referencia.

Algunos aspectos climáticos, como la continentalidad y la aridez, se cuantificaron a través de índices matemáticos que hacen uso de variables más básicas, como la precipitación total anual o la evapotranspiración. Los índices utilizados son, para la aridez o déficit hídrico:

$$\text{Aridez} = \text{PTA} / \text{ETP}$$

PTA = Precipitación total anual (mm)

ETP = Evapotranspiración potencial (mm)

y, para la continentalidad, el índice de Gorczynski (Gorczynski 1920):

$$C = 1,7 (A / \text{sen } L) - 20,4$$

A = amplitud térmica o diferencia entre la temperatura media del mes más frío y la temperatura media del mes más cálido (grados centígrados).

L = latitud (grados geográficos).

Datos edáficos. Se desestimó el uso de las fuentes exploradas debido a la imposibilidad de extraer datos adecuados sobre variables edáficas de interés para la clasificación ecológica, por ejemplo, capacidad de retención de agua, pH y contenido en determinados nutrientes.

Datos geológicos. Ante la imposibilidad de obtener datos adecuados de variables edáficas relevantes, como las ya mencionadas bajo el epígrafe anterior, se buscaron estimadores indirectos en la geología. Finalmente, se reclasificó el mapa litológico 1:500.000 de Oriol Riba y colaboradores (Riba *et col.* 1969) en cinco clases litológicas como valores posibles de la variable Litología: rocas calcáreas (RC), rocas silíceas ácidas (RSA), rocas silíceas básicas (RSB), sedimentos calcáreos y evaporíticos (SC) y sedimentos silíceos (SS). El procedimiento hasta obtener la matriz de datos litológicos fue el siguiente (Fig. 2):

1. Sobre una copia original impresa del mapa litológico, se delinearon las nuevas unidades en hojas de acetato.

2. Los acetatos se escanearon, y se colorearon en *Photoshop* las unidades delineadas según las cinco clases litológicas definidas anteriormente.

3. Por último, el nuevo mapa litológico se georreferenció en *ArcGIS 9* y se cruzó con la malla 1x1 km de referencia para transferir los valores de la variable

Litología a las cuadrículas. Ante la presencia de varias litologías en una misma cuadrícula se eligió la que ocupaba mayor superficie.

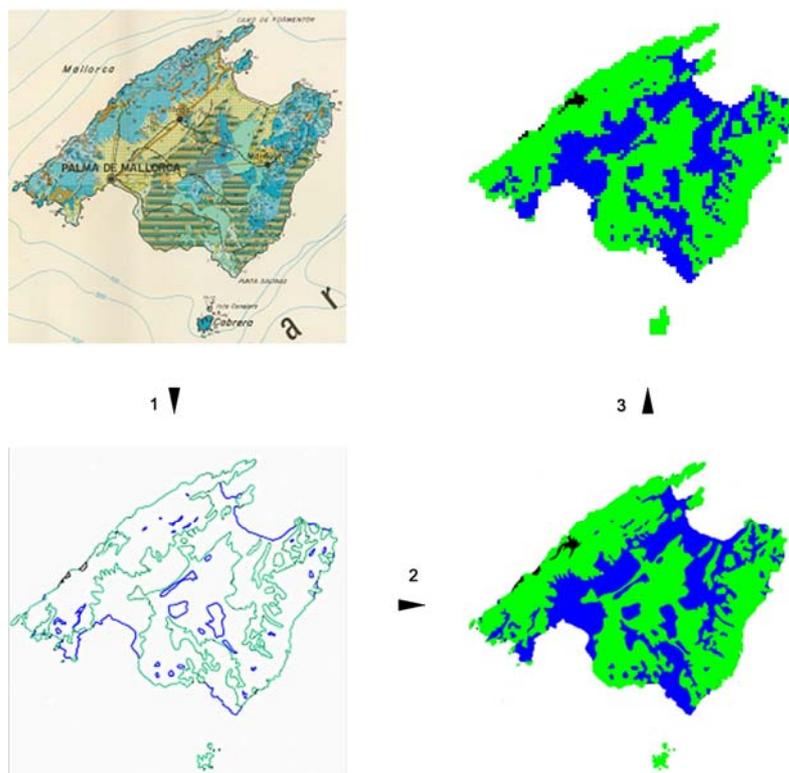


Figura 2. Procedimiento para obtener la matriz de datos litológicos a partir de una copia impresa del mapa litológico: 1. Reclasificación y trazado en acetato de las nuevas unidades litológicas. 2. Escaneado y asignación de color. 3. Georreferenciación y cruce con malla 1x1 km de referencia.

Este factor no se tuvo en cuenta en las Islas Canarias por considerarse escasa su variabilidad y repercusión biológica en dicho territorio.

Datos topográficos. Entre las variables que describen la topografía, la pendiente (p) es de los estimadores más simples, descriptivos y significativos (Dikau 1990, Guzzetti & Reichenbach 1994, Abbate *et al.* 2006). Por su influencia en la capacidad de retención de agua del suelo, se ha considerado de cierta importancia en los territorios con mayores desniveles (Canarias).

La pendiente se estimó a partir de la altitud en un modelo digital del terreno de 100 m de resolución y utilizando la herramienta *Spatial Analyst* de *ArcGIS 9* (Fig. 3). Para cada cuadrícula de 1 km² se tomó el valor medio de las 100 estimaciones hechas a 100 m.

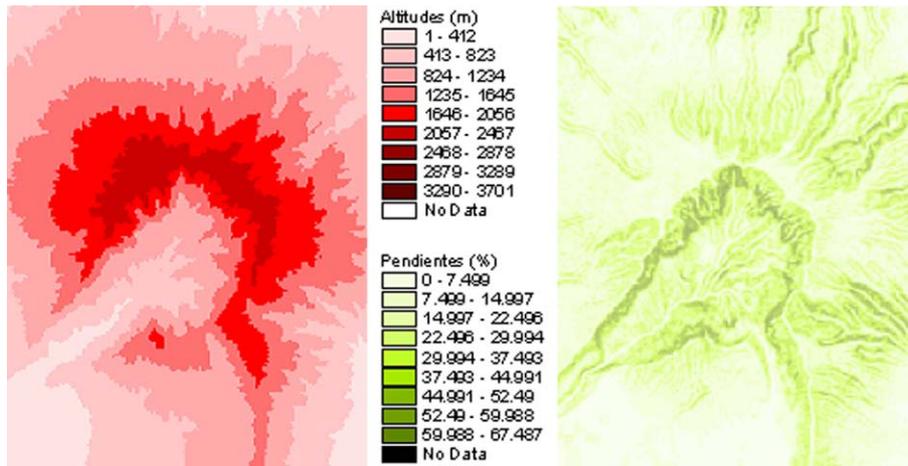


Figura 3. Estimación de la pendiente a partir de la altitud en un modelo digital del terreno de 100 m de resolución.

Además de la pendiente, se tuvo en consideración la altitud. Para cada cuadrícula de 1 km², se calculó el valor medio, el rango y la desviación estándar de la altitud a partir del citado modelo digital del terreno de 100 m de resolución. No obstante, finalmente se desestimó su selección debido a la alta correlación que se daba entre estas medidas y a que ya se había tenido en cuenta en los modelos aplicados a las variables climáticas para hacer las extrapolaciones a partir de los datos procedentes de las estaciones meteorológicas.

2.4. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE LAS VARIABLES SELECCIONADAS

Las correlaciones elevadas entre variables tienen un efecto no deseado en la clasificación. Incluir dos variables muy correlacionadas equivale a la inclusión de una misma variable dos veces y, por tanto, a que tenga un peso doble en la clasificación.

Para eliminar este tipo de redundancia se examinaron los pares de variables cuya correlación de Pearson ($|r|$) superaba el valor de 0,9 y se desechó una de ellas. En la decisión sobre qué variable desechar, se tuvieron en cuenta las correlaciones del par de variables con el resto.

El distinto grado de variabilidad de los factores ambientales puede también influir negativamente en la clasificación. Esto es así porque las cuadrículas se agrupan según la similitud entre ellas, de forma que los factores más variables podrían definir disimilitudes más grandes. Para evitar este problema, las variables se estandarizaron a media 0 y desviación típica 1.

La litología se convirtió en una variable ordinal que refleja el grado de consistencia de la roca y su pH (acidez), desde los Sedimentos calcáreos y evaporíticos (SC), en un extremo, hasta las Rocas silíceas ácidas (RSA), en el otro. Respecto a la consistencia: SC = SS < RC < RSB = RSA; respecto al pH: SC = RC < RSB < RSA = SS (para el significado de estos acrónimos véase *Datos geológicos* en la pág. 17). A cada categoría litológica se le asignó un único valor numérico mediante el escalado multidimensional métrico de las dos variables ordinales que la definen.

2.5. CLASIFICACIÓN NO JERÁRQUICA DE LAS CUADRÍCULAS: IDENTIFICACIÓN DE AMBIENTES

Las unidades territoriales básicas (cuadrículas de 1x1 km), se agruparon según su similitud, calculada como la distancia euclídea entre los valores de las variables analizadas (Legendre & Legendre 1998). El algoritmo de clasificación utilizado es el de medioides (*partitioning around medoids*), ejecutado a través de las funciones *Clara* y *Pam* de la librería *Cluster* en el entorno R (R Development Core Team 2005, Maechler 2005). La elección de este método se basó en una doble consideración. Por un lado, las clasificaciones no jerárquicas por medioides son menos sensibles que las basadas en medias (denominadas *k-means* en la mayor parte de los programas informáticos) a la existencia de unidades con valores muy extremos de sus variables (Kaufman & Rousseeuw 1990). Por otro lado, el gran número de datos a incluir en el análisis (unas 496.000 cuadrículas) impone unas restricciones severas respecto a los algoritmos que

se pueden utilizar, siendo *Clara* una función diseñada para tratar con matrices de entrada grandes (Struyf *et al.* 1997, Kaufman & Rousseeuw 1990). Este algoritmo remuestra la matriz de entrada y ejecuta después la función *Pam*, que agrupa las unidades en torno a una serie de casos representativos de forma que los grupos finales queden lo más homogéneos posibles.

Las clasificaciones no jerárquicas dividen los datos en un número de grupos que debe ser dado a priori por el usuario. Existen distintas aproximaciones empíricas para determinar el número óptimo de grupos. La estrategia empleada en este trabajo fue hacer, en primer lugar, un primer remuestreo sistemático de la matriz de entrada, seleccionando una cuadrícula de cada 49, lo que equivale a trabajar con una resolución espacial de 7 km². Este primer remuestreo se hizo necesario por limitaciones computacionales. A continuación, esta matriz reducida se sometió a distintas particiones no jerárquicas con la función *Clara*, probando en cada una un conjunto de entre 20 y 100 grupos. El número de grupos óptimo se determinó comparando los valores del coeficiente de silueta, el cual mide el grado de coherencia general de cada agrupamiento. (Kaufman & Rousseeuw 1990). Las agrupaciones requieren elaborar una matriz de distancias entre todas las unidades, lo que obliga a generar una matriz cuyo tamaño es del orden de n^2 entradas y supera la capacidad de almacenamiento y computación de la mayoría de los ordenadores ($2,4 \times 10^{11}$ entradas para la matriz de cerca de 496.000 cuadrículas). La función *Clara* está diseñada para resolver estas situaciones mediante un segundo proceso de remuestreo, esta vez aleatorio, tras el que se ejecuta la función *Pam*, que realiza un agrupamiento no jerárquico. Para reducir la incertidumbre debida a este proceso de remuestreo y selección aleatoria de datos, la función *Clara* repite el procedimiento un número de veces y evalúa los resultados, quedándose con el que aporta un mayor coeficiente de silueta. El número de veces que se repite lo determina el usuario (5 se consideran normalmente suficientes; en este trabajo se realizaron 20).

Con este protocolo se consiguen agrupar las cuadrículas seleccionadas (1 de cada 49) en tantos grupos como casos ejemplares se hayan exigido (los medioides en la terminología de los programas que se emplearon). El resto de cuadrículas originales

se asignaron a aquel caso del que distaba menos, mediante la función *Knn1* de la librería *MASS* en *R* (Venables & Ripley 2002).

2.6. CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LOS AMBIENTES

Las unidades definidas en el proceso anterior son conjuntos de cuadrículas agrupadas en torno a unos ejemplares típicos (medioides). Estos ejemplares están definidos por unas características ambientales que pueden considerarse típicas de la unidad que definen. Por otro lado, se puede analizar el grado de similitud entre las distintas unidades y establecer una clasificación jerárquica representable en forma de dendrograma. Esta jerarquía permite diferentes niveles de división en función de la utilidad que se quiera dar a la clasificación.

El dendrograma mencionado se ha obtenido mediante la técnica de clasificación empírica denominada de vecino más lejano o vínculo completo (Legendre & Legendre 1998). Esta técnica incrementa el contraste entre los distintos grupos al imponer una estructura en los datos de entrada, circunstancia que se adecúa a nuestros propósitos. Para ello se utilizó la función *Agnes* de la librería *Cluster* en *R* (Maechler 2005, Struyf *et al.* 1997). Se probó también la técnica de aglomeración según agrupamiento promedio (*UPGMA*), por estar diseñada para casos en que las muestras se toman de forma sistemática (como la malla de cuadrículas en el presente estudio), pero los dendrogramas así formados no resultaron del todo satisfactorios al generar grupos poco contrastados.

3. RESULTADOS

3.1. VARIABLES SELECCIONADAS

Las variables seleccionadas finalmente para los análisis fueron las siguientes:

- Temperatura media anual (TMA)
- Temperatura media del mes más frío (TMF)²
- Temperatura media del mes más cálido (TMC)¹
- Precipitación total anual (= Precipitación anual media) (PTA)
- Precipitación total de verano (junio, julio, agosto) (PTV)
- Precipitación total de primavera (marzo, abril, mayo) (PTP)
- Precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero) (PTI)
- Aridez (medida como el cociente entre la Precipitación total anual y la Evapotranspiración potencial) (P/ETP)
- Radiación solar media anual (R)
- Continentalidad (Índice de Gorczynski) (C)
- Litología (sólo España peninsular-Baleares)
- Topografía (Pendiente) (sólo Canarias)

3.2. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE LAS VARIABLES SELECCIONADAS

En la tabla 1 se muestra la matriz de correlación para las variables seleccionadas en la península Ibérica-Baleares y en Canarias. Para evitar el efecto negativo de correlaciones demasiado elevadas ($|r| \geq 0,9$), en los sucesivos análisis de clasificación se excluyeron las variables TMA, PTA, PTP y PTI (Canarias).

² Ambas variables sustituyen a las medias de las mínimas del mes más frío y de las máximas del mes más cálido, seleccionadas originalmente, al no haber sido modelizadas para la totalidad del territorio. Esto mismo hizo desechar la exploración de una medida de la continentalidad, tal como es estimada por el Índice de Vernet, que tiene en cuenta valores de precipitación además de temperatura.

	C	P/ETP	PTA	PTI	PTP	PTV	R	TMA	TMF	TMC	p
C	1.00	-0,43	-0,47	-0,51	-0,43	-0,10	-0,11	0,83	0,89	0,58	-0,36
P/ETP	0,75	1.00	0,99	0,98	0,98	0,80	-0,39	-0,68	-0,65	-0,72	0,53
PTA	0,69	0,98	1.00	0,99	0,99	0,80	-0,31	-0,72	-0,69	-0,76	0,53
PTI	0,60	0,86	0,93	1.00	0,97	0,74	-0,33	-0,74	-0,71	-0,75	0,55
PTP	0,67	0,98	0,98	0,87	1.00	0,83	-0,30	-0,70	-0,66	-0,74	0,52
PTV	0,56	0,76	0,70	0,40	0,76	1.00	-0,21	-0,43	-0,38	-0,57	0,34
R	-0,70	-0,77	-0,67	-0,47	-0,71	-0,76	1.00	-0,14	-0,14	-0,15	-0,27
TMA	-0,32	-0,54	-0,46	-0,24	-0,53	-0,72	0,64	1.00	0,99	0,93	-0,40
TMF	0,03	-0,28	-0,21	0,00	-0,29	-0,57	0,45	0,93	1.00	0,89	-0,39
TMC	-0,70	-0,74	-0,66	-0,45	-0,70	-0,79	0,79	0,90	0,69	1.00	-0,35
p	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00

Tabla 1. Matriz de correlación entre las variables cuantitativas analizadas para la España peninsular-Baleares (abajo-izquierda) y Canarias (arriba-derecha). En negrita, valores de $r \geq 0,9$.

3.3. CLASIFICACIÓN NO JERÁRQUICA DE LAS CUADRÍCULAS: IDENTIFICACIÓN DE AMBIENTES

En la figura 4 se muestra el resultado de la clasificación no jerárquica, con $k = 68$ como número de grupos óptimo para España peninsular-Baleares y $k = 22$ como número de grupos óptimo para Canarias.

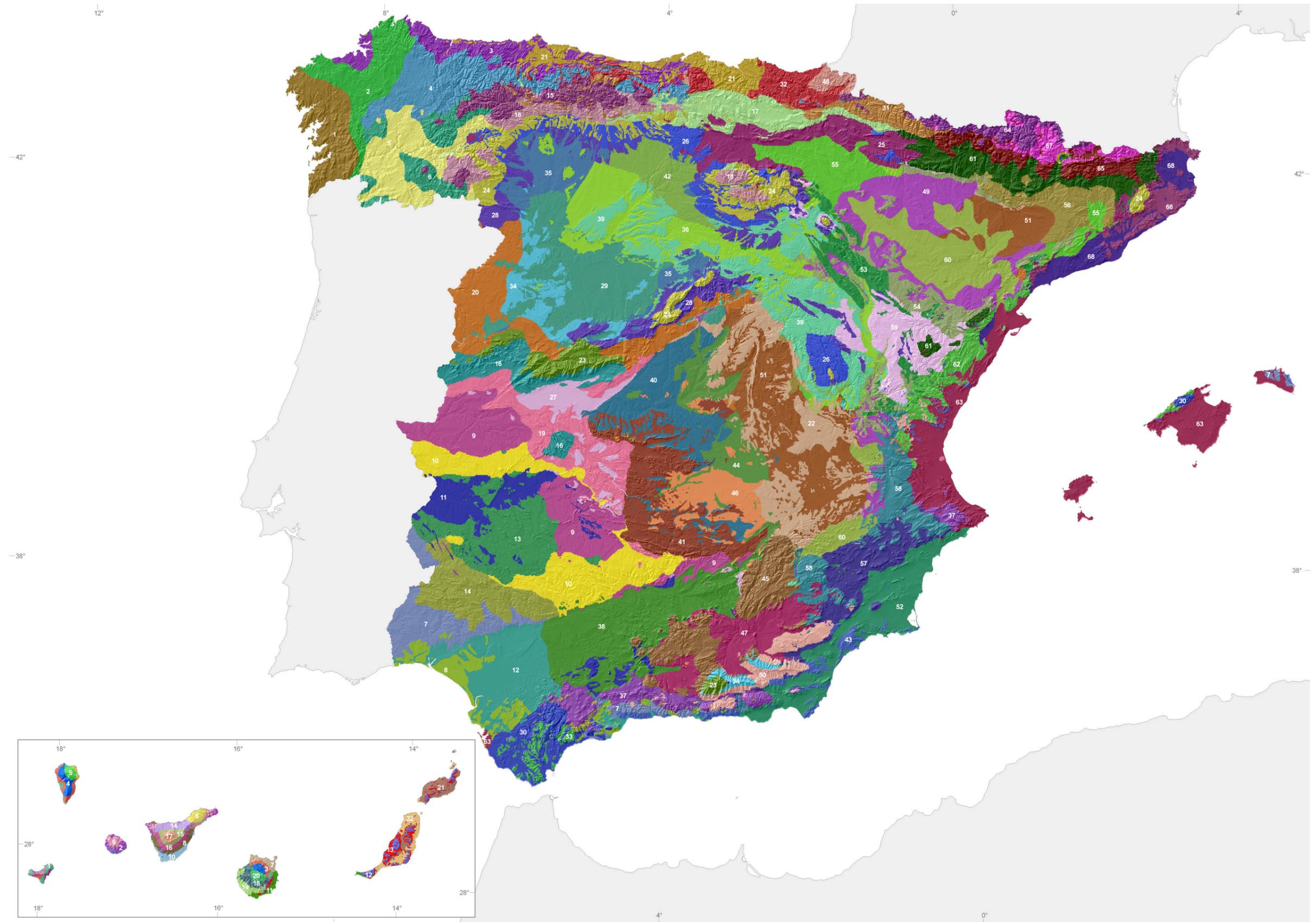


Figura 4. Ambientes terrestres de España obtenidos a partir de una clasificación no jerárquica de las cuadrículas de 1x1 km y un número óptimo de grupos $k = 68$ y $k = 22$ para la España peninsular-Baleares y Canarias, respectivamente.

3.4. CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LOS AMBIENTES

Los dendrogramas de la figura 5 muestran las relaciones estimadas entre los ambientes identificados anteriormente. La jerarquía de estas relaciones permite explorar distintos niveles de división del territorio desde el punto de vista ambiental. En las figuras 6 a 11 se exhiben cuatro de estos niveles para la España peninsular-Baleares y dos para las islas Canarias.

La representación cartográfica de los ambientes en el nivel 4 (Fig. 9), se ha llevado a cabo mediante un sistema automático de asignación de color que, al contrario que una paleta de color aleatoria como la de la figura 4, permite destacar la similitud entre los ambientes y la naturaleza más o menos gradual del cambio ambiental dentro del territorio. Este sistema parte de la condensación de las variables ambientales mediante un análisis de componentes principales (ACP) ejecutado con los valores medios de dichas variables para cada ambiente. Seguidamente, a cada uno de los tres ejes principales y ortogonales de variación resultantes del ACP, se le asigna un color del esquema RGB (rojo, verde, azul). De este modo, cada ambiente posee una combinación específica de rojo, verde y azul y, por tanto, un color característico que indica la mezcla relativa de cada componente ambiental.

Los tres ejes principales explican el 78% de la varianza de los datos. El primer eje (varianza explicada 50,74 %), al que se asignó el color rojo, está fuerte y positivamente correlacionado con la radiación y la temperatura, y negativamente con la aridez (P/ETP) y la precipitación (total y estacional). Así, zonas representadas con alto contenido en rojo, como el sureste peninsular y el valle del Guadalquivir, indican ambientes con una gran cantidad de energía disponible, escasa precipitación y un déficit hídrico importante. Por el contrario, zonas con alto contenido en cian (color complementario del rojo), como la cornisa cantábrica, revelan ambientes con mínima disponibilidad energética, precipitaciones elevadas y déficit hídrico inexistente.

El segundo eje (varianza explicada 15,95 %), al que se asignó el color verde, está correlacionado negativamente con la temperatura (media del mes más frío y media anual) y con la acidez del sustrato y, en menor medida y positivamente, con la precipitación estival. Valores elevados de color verde, como se advierte en el Pirineo

central, están asociados a temperaturas mínima y media anual bajas, al predominio de sustratos calcáreos (básicos) y a una máxima precipitación estival. Valores elevados de magenta (color complementario del verde), como se observa en las sierras de Cádiz, indican temperaturas mínima y media anual elevadas, predominio de sustratos silíceos ácidos y una baja precipitación estival.

El tercer eje (varianza explicada 11,16 %), al que se asignó el color azul, se encuentra ligado a la naturaleza del sustrato, a la temperatura media del mes más frío y al inverso de la continentalidad. Un valor alto de color azul, como el que se atribuye a la cornisa cantábrica, denota abundancia de sustratos calcáreos, temperaturas mínimas elevadas y una continentalidad poco o nada marcada. Un valor elevado de amarillo (color complementario del azul), como el que poseen el Sistema Central, gran parte de la Meseta norte y Sierra Nevada, revela ambientes con sustratos silíceos ácidos, mínimos de temperatura acentuados y continentalidad marcada.

En los niveles 1 a 3 de la clasificación para la España peninsular-Baleares, el color de cada ambiente se ha obtenido a partir de la media de color (rojo, verde, azul) entre los ambientes del nivel 4 que se agrupan en dicho ambiente.

En el apéndice 2 se muestran tabulados algunos datos estadísticos para los ambientes identificados en los niveles que sirven de ejemplo (Figs. 6 a 11).

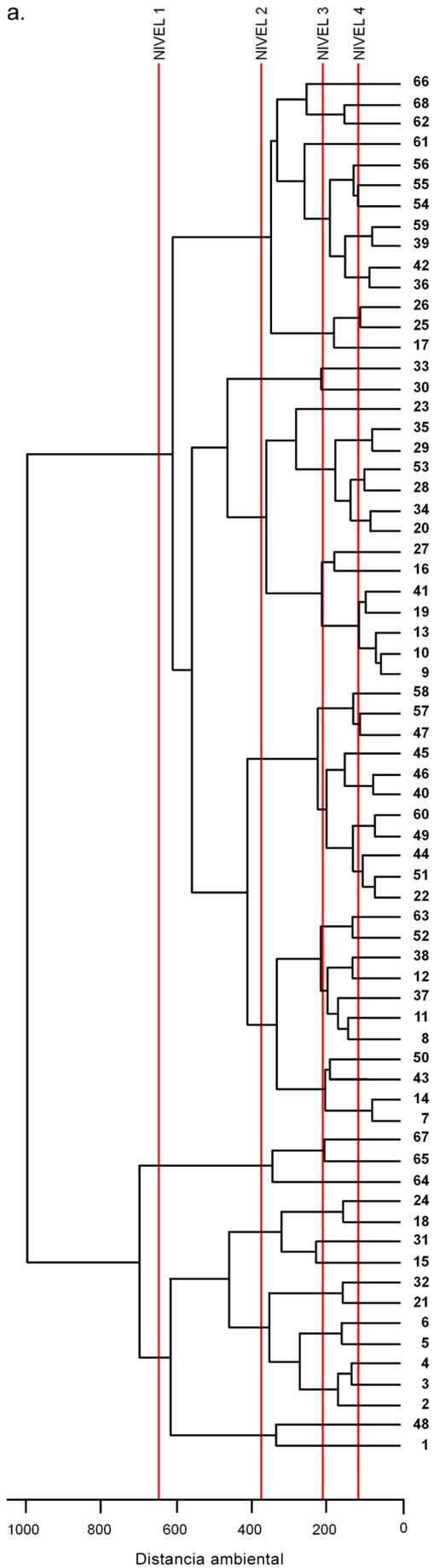
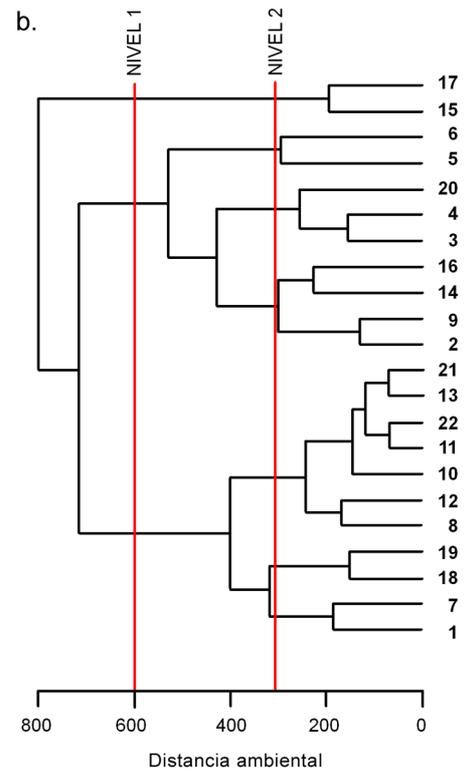


Figura 5. Dendrogramas que muestran las relaciones entre los 68 ambientes identificados en España peninsular-Baleares (a) y los 22 identificados en Canarias (b). Se señalan en rojo cada uno los niveles de clasificación representados en las figuras 6 a 11.



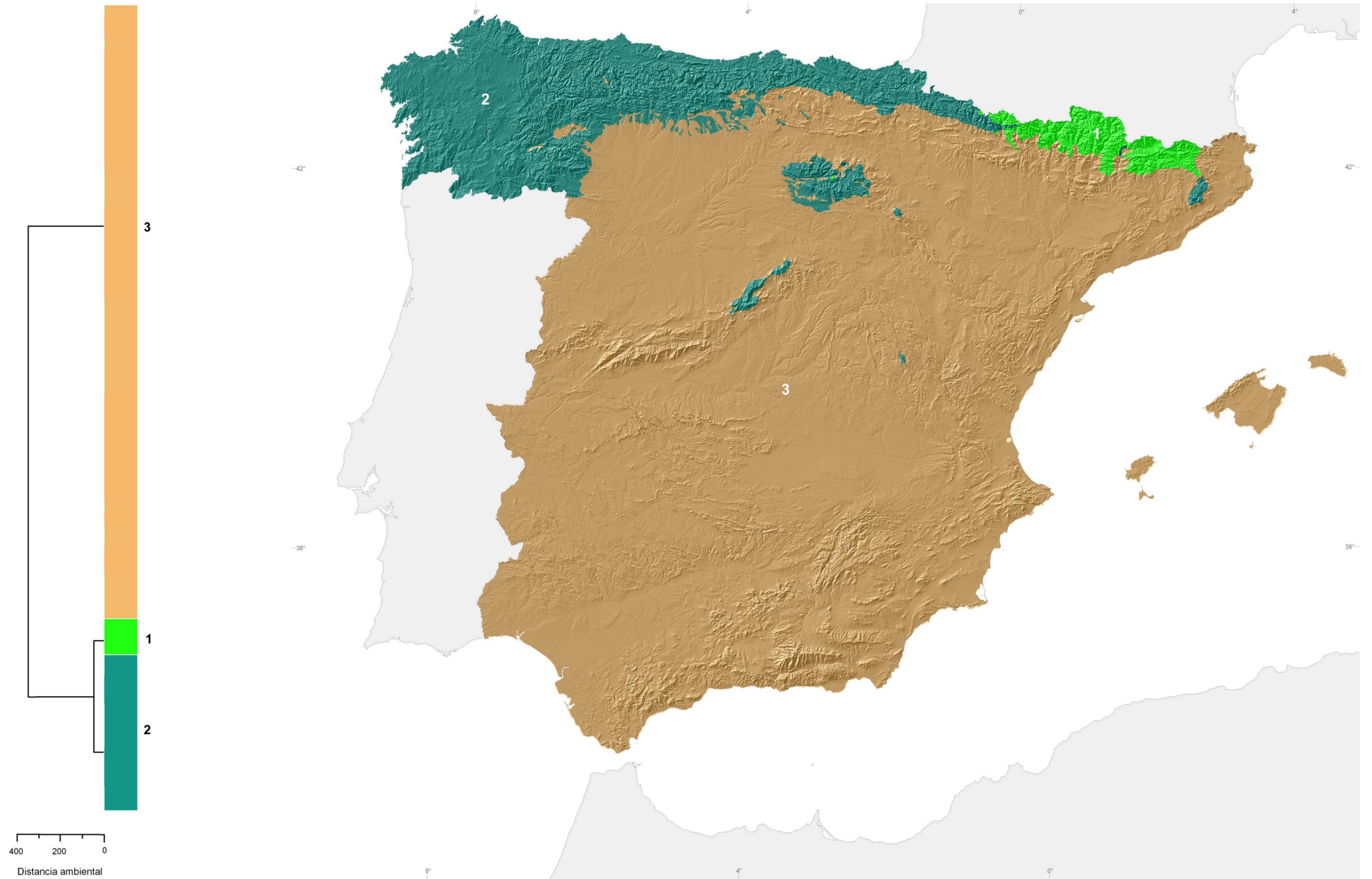


Figura 6. Ambientes terrestres de España peninsular y Baleares en el nivel 1 de la clasificación.



Figura 7. Ambientes terrestres de España peninsular y Baleares en el nivel 2 de la clasificación.

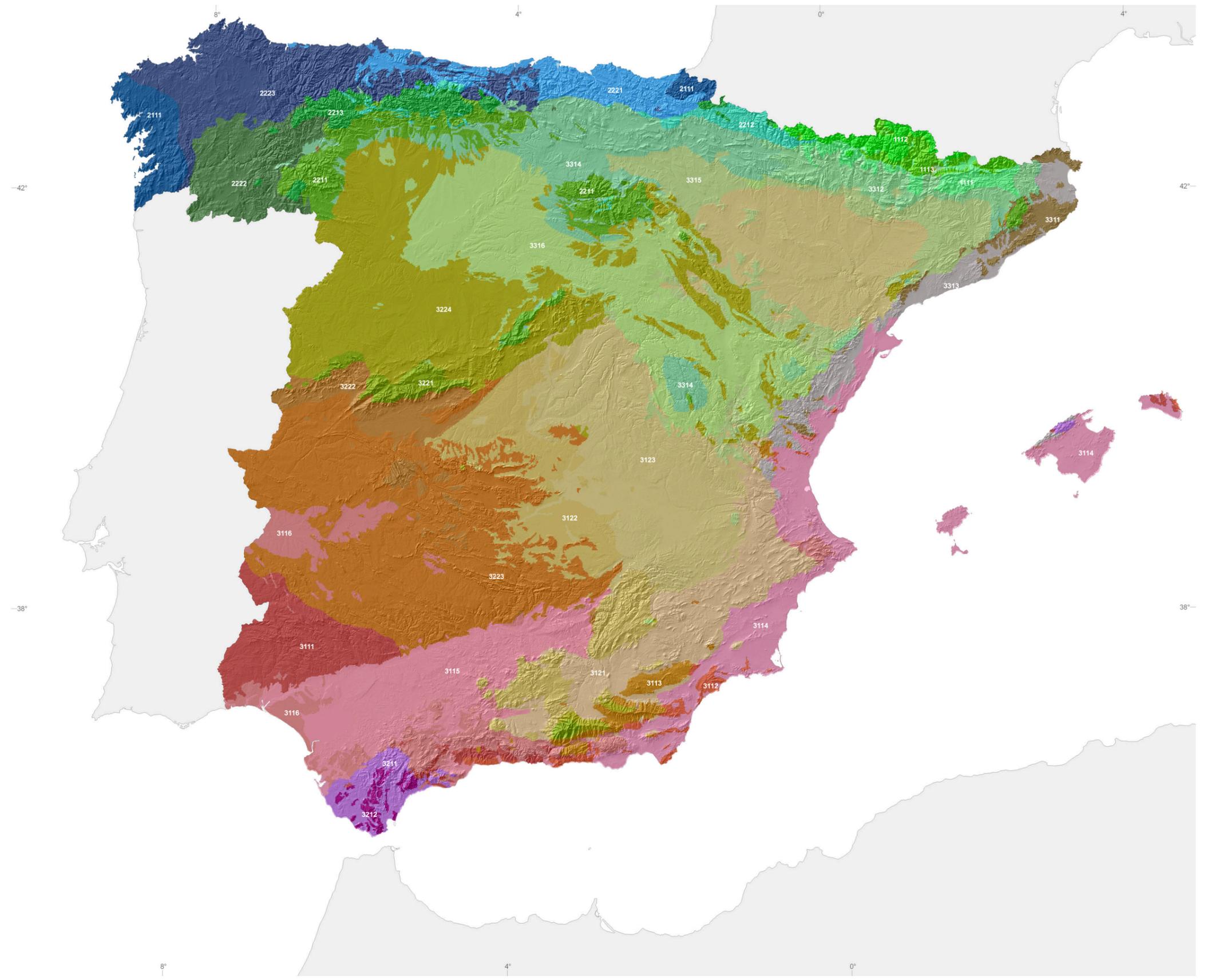
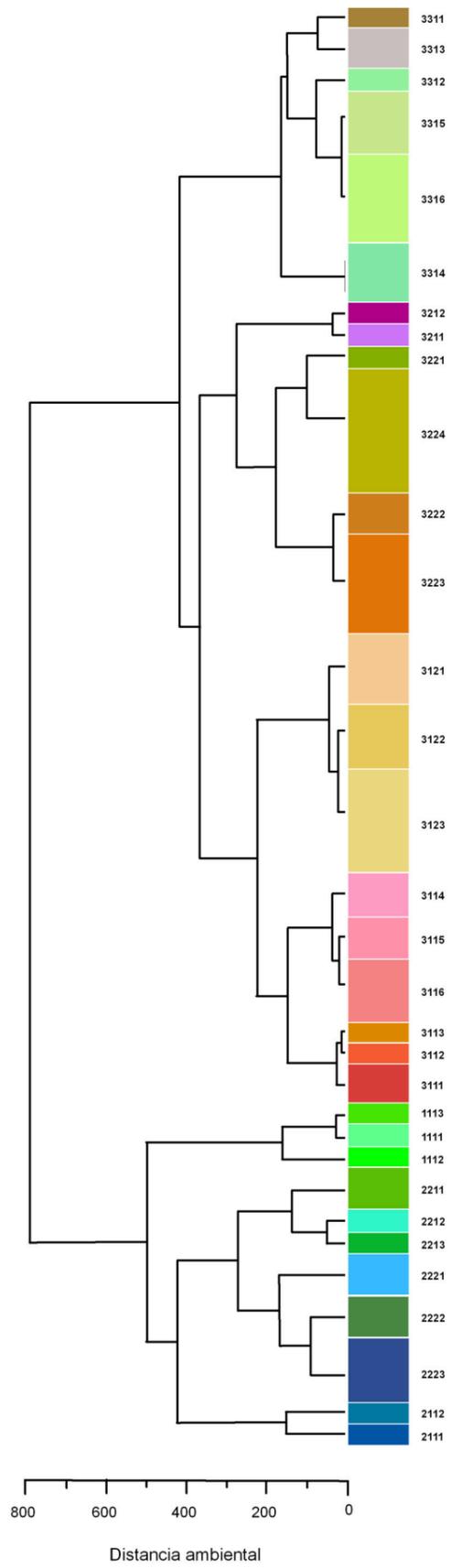


Figura 8. Ambientes terrestres de España peninsular y Baleares en el nivel 3 de la clasificación.

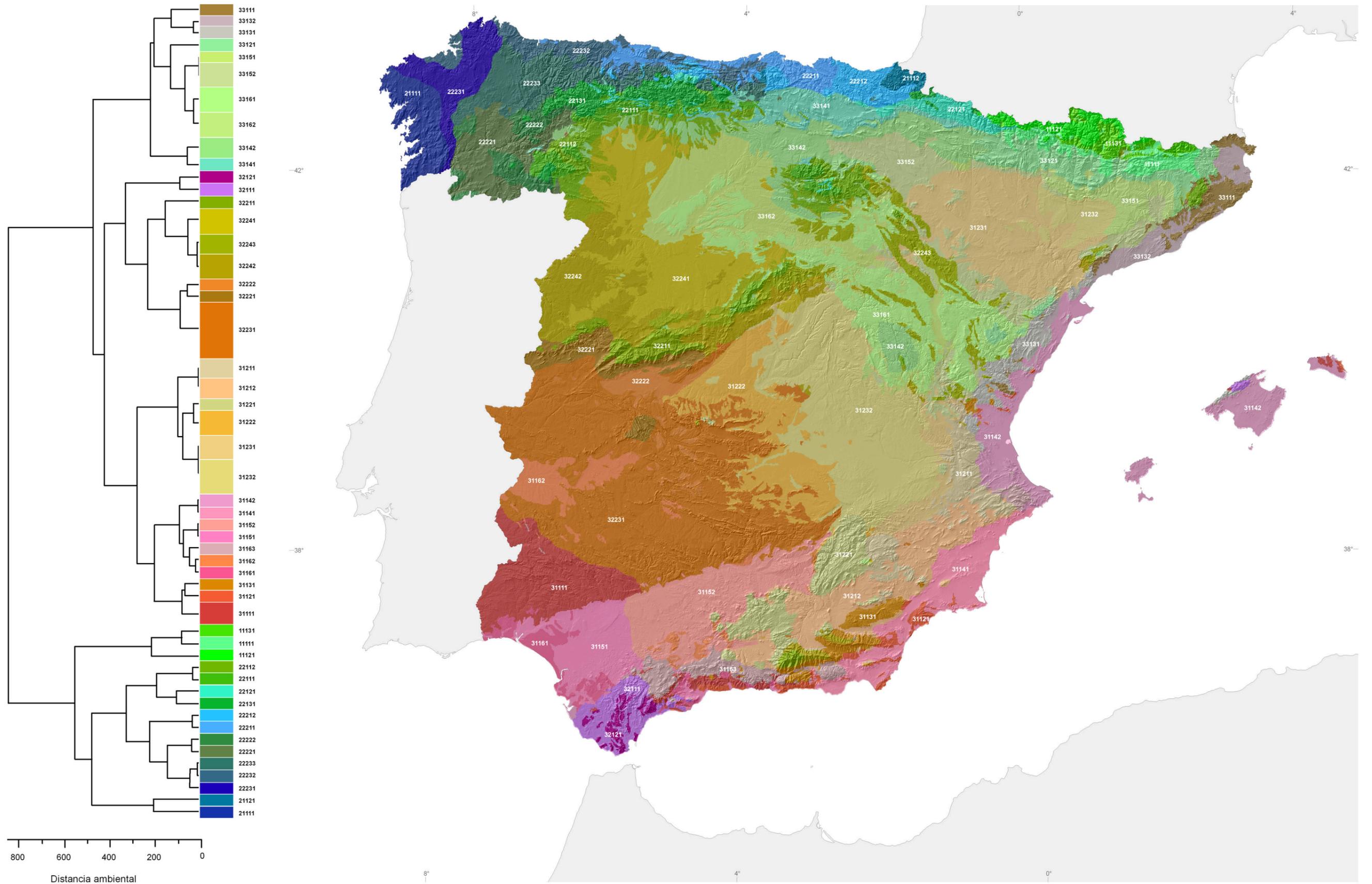


Figura 9. Ambientes terrestres de España peninsular y Baleares en el nivel 4 de la clasificación.

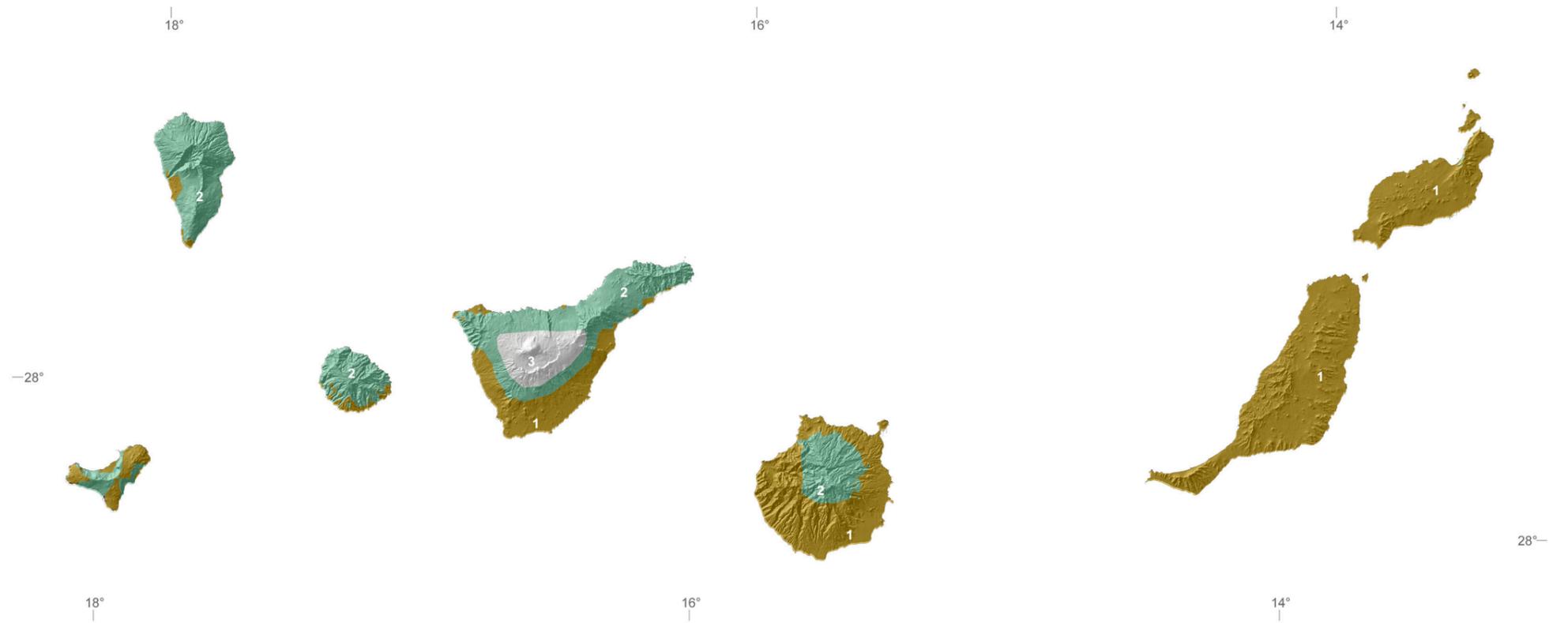
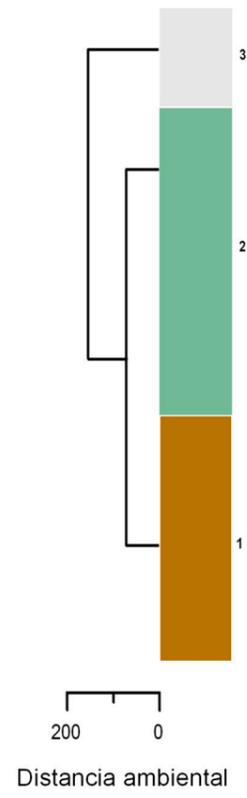


Figura 10. Ambientes terrestres de las Islas Canarias en el nivel 2 de la clasificación.

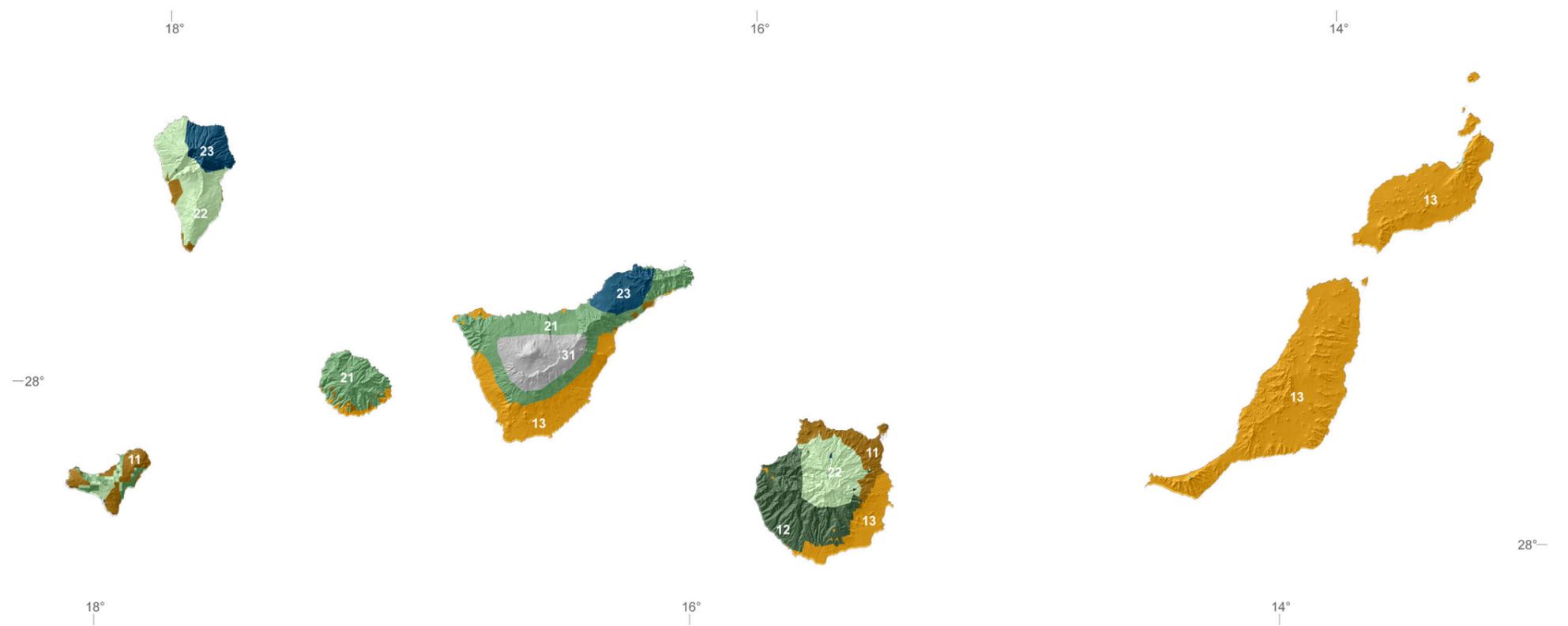
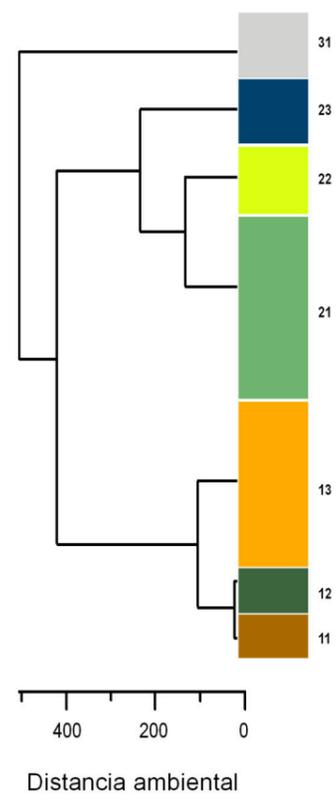


Figura 11. Ambientes terrestres de las Islas Canarias en el nivel 3 de la clasificación.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbate, G., R.M. Cavalli, S. Pascucci, S. Pignatti & M. Poscolieri (2006). Relations between morphological settings and vegetation covers in a medium relief landscape of Central Italy. *Annals of Geophysics* 49: 153-165.
- Alcaraz, D., J.M. Paruelo, C. Oyonarte, M. Piquer & J. Cabello (2004). Tipos funcionales de ecosistemas de la Península Ibérica. Implicaciones para el cambio global y la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas* 2004/2.
- Allué, J.L. (1990). *Atlas fitoclimático de España*. Monografías I.N.I.A. 69. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Antrop, M., H. Gulinck, K. van Looy, G. de Blust, P. van Ghelue, I. Melkebeke & E. Kuijken (1993). *Structuurplan Vlaanderen. Deelfacet open ruimte*. Eindrapport. I.N. Ref. A93-103.
- Bailey, R.G. (1981). Integrated approaches to classifying land as ecosystems. In: P. Laban (ed.) *Proceedings of the workshop on land evaluation for forestry*: 95-109. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen.
- Bailey, R.G. (1983). Delineation of ecosystem regions. *Environmental Management* 7: 365-373.
- Bailey, R.G. (1987). Suggested hierarchy of criteria for multiscale ecosystem mapping. *Landscape and Urban Planning* 14: 313-319.
- Bailey, R.G. (1997). *Map. Ecoregions of North America* (rev.). USDA Forest Service, Washington DC, scale 1:15,000,000.
- Bailey, R.G. (2005). Identifying ecoregion boundaries. *Environmental Management* 34(1): 14-26.
- Barnes, B.V., K.S. Pregitzer, T.A. Spies & V.H. Spooner (1982). Ecological forest site classification. *Journal of Forestry* 80: 493-498.
- Bohn, U. (1993). *Natural vegetation of Europe and Turkey. General Map 1:10.000.000*. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, Germany.

- Bohn, U. (1994). *International project for the construction of a map of the natural vegetation of Europe at a scale of 1:2.5 million - its concept, problems of harmonisation and application for nature protection*. Working text, Bundesamt für Naturschutz, Bonn, Germany.
- Breckel, S.W. (ed.) (2002). *Walter's vegetation of the earth: the ecological systems of the geo-biosphere*. Springer, Berlin.
- Bryce, S.A., J.M. Omernik & D.P. Larsen (1999). Ecoregions: a geographic framework to guide risk characterization and ecosystem management. *Environmental Practice* 1: 141-155.
- Bunce, R.G.H. (1995). *A European land classification*. Institute of Terrestrial Ecology, Merlewood.
- Bunce, R.G.H., J.W. Watkins, P. Brignall & J. Orr (1996a). A comparison of the environmental variability within European Union. En: R.H.G. Jongman (ed.) *Ecological and landscape consequences of land use change in Europe*, pp. 82-90. European Centre for Nature Conservation, Tilburg, The Netherlands.
- Bunce, R.G.H., C.J. Barr, R.T. Clarke, D.C. Howard & A.M.J. Lane (1996b). The ITE Merlewood Land Classification of Great Britain. *Journal of Biogeography* 23: 625-634.
- Calvet, C. (1982). Une diagnose de la végétation méditerranéenne basée sur le critère d'évapotranspiration. *Ecologia Mediterranea* 8(1/2) : 49-58.
- Casado, S. (1997). *Los primeros pasos de la ecología en España*. Serie Estudios. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid.
- Casals, V. (1998). Gestión ambiental y regionalización: una aproximación histórica al caso español. *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 16.
- Christensen, N.L., A.M. Bartuska, J.H. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio, R. Francis, J.F. Franklin, J.A. MacMahon, R.F. Noss, D.J. Parsons, C.H. Peterson, M.G. Turner, W.G. Woodmansee (1996). The report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications* 6: 665-691.

- Cleland, D.T.; Avers, P.E.; McNab, W.H.; Jensen, M.E.; Bailey, R.G., King, T.; Russell, W.E. (1997). National Hierarchical Framework of Ecological Units. *In*: Boyce, M. S.; Haney, A., (ed.). *Ecosystem Management Applications for Sustainable Forest and Wildlife Resources*. Yale University Press, New Haven, CT. pp. 181-200.
- Coello, F., F. Luxan & A. Pascual (1859). *Reseñas geográfica, geológica y agrícola de España*. Imprenta Nacional, Madrid.
- Corney, P.M., M.G. Le Duc, S.M. Smart, K.J. Kirby, R.G.H. Bunce & R.H. Marrs (2004). The effect of landscape-scale environmental drivers on the vegetation composition of British woodlands. *Biological Conservation* 120: 491-505.
- Corral, J, J. Templado (2002). Mares y Costas. En: J. M. Reyero (Ed.) *La Naturaleza de España*, pp. 128-147. Secretaría General de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid).
- CSIRO, 2005. *National Marine Bioregionalisation of Australia*. National Oceans Office.
- Dale, V.H., R.H. Gardner & M.G. Turner (1989). Predicting across scales. Comments of the guest editors of Landscape Ecology. *Landscape Ecology* 3(3-4): 147-151.
- Dantín Cereceda, J. (1912). Resumen fisiográfico de la Península Ibérica. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales* 9: 1-275.
- Dantín Cereceda, J. (1922). *Ensayo acerca de las regiones naturales de España*. Tomo I. Museo Pedagógico Nacional, Madrid.
- Dantín Cereceda, J. (1929). La península Ibérica. En: E. Granger, J. Dantín Cereceda & J. Izquierdo, *Nueva Geografía Universal*, Tomo 3: 345-572. . Espasa-Calpe, Madrid.
- Dikau, R. (1990). Geomorphic landform modelling based on hierarchy theory: *Proceedings 4th International Symposium on Spatial Data Handling*, Zürich, Switzerland, July 23-27, 1: 230-239.
- Ecoregions Working Group (1989). *Ecoclimatic Regions of Canada, First Approximation*. Ecological Land Classification Series, No. 23, Environment Canada, Ottawa.
- EEA (2002). *The biogeographical regions map of Europe*. European Environment Agency, Copenhagen.

- EEA-ETC/TE (2002). *Corine land cover update, Image 2000 and CLC2000 project, Technical guidelines*. European Environment Agency, Copenhagen. (<http://terrestrial.eionet.eu.int>).
- Elena-Rosselló, R., O. Sánchez Palomares & P. Carretero Carretero (1987). Land suitability for *Pinus nigra* plantations in Western Spanish Pyrenees. *Proc. XVIII IUFRO World Congress*, Vol. II, p. 770. Ljubjana.
- Elena Rosselló, R., G. Tella, J.L. Allué Andrade & O. Sánchez Palomares (1990). Clasificación biogeoclimática territorial de España: definición de ecorregiones. *Ecología*, fuera de serie 1: 59-80.
- Elena-Rosselló, R. (ed.)(1997). *Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- FAO (1999). *FRA 2000. A concept and strategy for ecological zoning for the global forest resources assessment 2000*. Forest Resources Assessment Programme, Working paper 20. Rome, Forestry Department, FAO.
- Fairbanks, D.H.K. & G.A. Benn (2000). Identifying regional landscapes for conservation planning: a case study from KwaZulu-Natal, South Africa. *Landscape and Urban Planning* 50: 237-257.
- Fernández-Palacios, J.M. (1992). Climatic responses of plant species on Tenerife, The Canary Islands. *Journal of Vegetation Science* 3: 595-602.
- Galicia, D., Hervás, J., Martínez, R., Seoane, J., Hidalgo, R. (2010). Ambientes terrestres de España, una propuesta de clasificación territorial dirigida a facilitar el análisis y la gestión de la biodiversidad. *Ecosistemas* 19(3):52-65
- García Fernández, J. (2000). La región y los cambios regionales en España. *Investigaciones Geográficas* 24: 5-15.
- Gavilán, R. & F. Fernández-González (1997). Climatic discrimination of Mediterranean broad-leaved sclerophyllous and deciduous forests in central Spain. *Journal of Vegetation Science* 8: 377-386.
- González Bernáldez, F. (1981). *Ecología y paisaje*. Blume Ediciones, Madrid.
- González Bernáldez, F. (1982). *Análisis ecosistémico de los recursos naturales*. Publ. del Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (CIFCA), Serie Medio Ambiente, 2.

- Gorczyński, W. (1920). Sur le calcul du degré de continentalisme et son application dans la climatologie. *Geogr. Annaler* 2: 324-331.
- Griffith, D.A., & C.G. Amerhein (1997). *Multivariate statistical analysis for geographers*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Guzzetti, F. & P. Reichenbach (1994). Toward the definition of topographic divisions for Italy. *Geomorphology* 11: 57-75.
- Hernández Pacheco, E. (1932). Síntesis fisiográfica y geológica de España. *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica*, 38: 1-584.
- Holdridge, L.R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105: 367-368.
- Host, G.E. & K.S. Pregitzer (1992). Geomorphic influences on ground-flora and overstory composition in upland forests of northwestern Lower Michigan. *Canadian Journal of Forest Research* 22: 1547-1555.
- Jongman, R.H.G., R.G.H. Bunce, M.J. Metzger, C.A. Múcher, D.C. Howard & V.L. Mateus (2006). Objectives and applications of a statistical environmental stratification of Europe. *Landscape Ecology* 21(3): 409-419.
- Jordan, J.K., E.A. Padley & D.T. Cleland (2001). Landtype associations: concepts and developments in Lake States National Forests. En: *Proceedings of the land type associations conference: development and use in natural resources, management, planning and research*, pp. 11-23. University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.
- Kaufman, L. & P.J. Rousseeuw (eds.) (1990). *Finding groups in data. An introduction to cluster analysis*. Wiley-Interscience.
- Klijin, F. & H.A. Udo de Haes (1994). A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. *Landscape Ecology* 9(2): 89-104.
- Klijin, F., R.W. Dewaal & J.H.O. Voshaar (1995). Ecoregions and ecodistricts. Ecological regionalizations for The Netherlands environmental policy. *Environmental Management* 19(6): 797-813.
- Kuchler, A.W. (1964). *Potential natural vegetation of the conterminous United States*. American Geographic Society Special Publication 36, New York.
- Lautensach, H. (1967). *Geografía de España y Portugal*. VicensVives, Barcelona.

- Leathwick, J.R. (1995). Climatic relationships of some New Zealand forest tree species. *Journal of Vegetation Science* 6: 237-248.
- Leathwick, J.R. (2001). New Zealand's potential forest pattern as predicted from current species-environment relationships. *New Zealand Journal of Botany* 39: 447-464.
- Leathwick, J.R. & D. Whitehead (2001). Soil and atmospheric water deficits, and the distributions of New Zealand's indigenous tree species. *Functional Ecology* 15: 233-242.
- Leathwick, J.R., J. McOverton & M. McLeod (2003). An environmental domain classification of New Zealand and its use as a tool for biodiversity management. *Conservation Biology* 17(6): 1612-1623.
- Legendre, P. & L. Legendre (1998). *Numerical Ecology*. Elsevier, New York.
- Macpherson, J. (1901). Ensayo de historia evolutiva de la Península Ibérica. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, Serie 2*, 10: 123-165.
- Maechler, M. (2005). *Cluster: Cluster Analysis, extended original from P. Rousseeuw, A. Struyf and M. Hubert*. R package version 1.10.2.
- Margules, C.R. & R.L. Pressey (2000). Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
- Metzger, M.J., R.G.H. Bunce, R.H.G. Jongman, C.A. Múcher & J.W. Watkins (2005). A climatic stratification of the environment of Europe. *Global Ecology and Biogeography* 14(6): 549-563.
- Miller, P.C. (1981). Environmental constraints to vegetation form in Mediterranean type ecosystems. *Ecologia Mediterranea* 8(1/2): 411-416.
- Montes, C., F. Borja, M.A. Bravo & J.M. Moreira (cord.) (1998). *Reconocimiento biofísico de espacios naturales protegidos. Doñana: una aproximación ecosistémica*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
- Moreno, J.M., F.D. Pineda & S. Rivas-Martínez (1990). Climate and vegetation at the Eurosiberian-Mediterranean boundary in the Iberian Peninsula. *Journal of Vegetation Science* 1: 233-244.
- Munne, A. & N. Prat (2004). Defining river types in a Mediterranean area: a methodology for the implementation of the EU water framework directive. *Environmental management* 34(5): 711-729.

- Nigh, T.A. & W.A. Schroeder (2002). *Atlas of Missouri ecoregions*. Missouri Department of Conservation, Jefferson City, Missouri.
- Norfalise, A. (1987). *Map of the natural vegetation of the member countries of the European Community and of the Council of Europe*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao & K.R. Kassem (2001). Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *BioScience* 51(11): 933-938.
- Omernik, J.M. (1987). Map supplement: ecoregions of the conterminous United States. *Annals of the Association of American Geographers* 77: 118–125, scale 1:7,500,000.
- Ostendorf, B., D. W. Hilbert, B. Köstner, U. Tappeiner & E. Tasser (2000). Toward a predictive understanding of ecosystem processes at the scale of landscapes. En: L. Oxley, F. Scrimgeour & M. McAleer (eds.) *International Congress on Modelling and Simulation Proceedings*, 3, p. 685-690. The Modelling and Simulation Society of Australian and New Zealand, Canberra.
- Painho, M., H. Farral & F. Barata (1996). *Digital Map of European Ecological Regions (DMEER): its concept and elaboration*. Second Joint European Conference & Exhibition on Geographical Information, Barcelona.
- Prentice, I.C., W. Cramer, S.P. Harrison, R. Leemans, R.A. Monserud & A. Solomon (1992). A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography* 19: 117-134.
- R Development Core Team (2005). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Viena. <http://www.R-project.org>.
- Retuerto, R. (1989). *Fitoclimas de Galicia. Estudio numérico de los efectos del clima sobre la distribución y abundancia de las plantas*. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela.

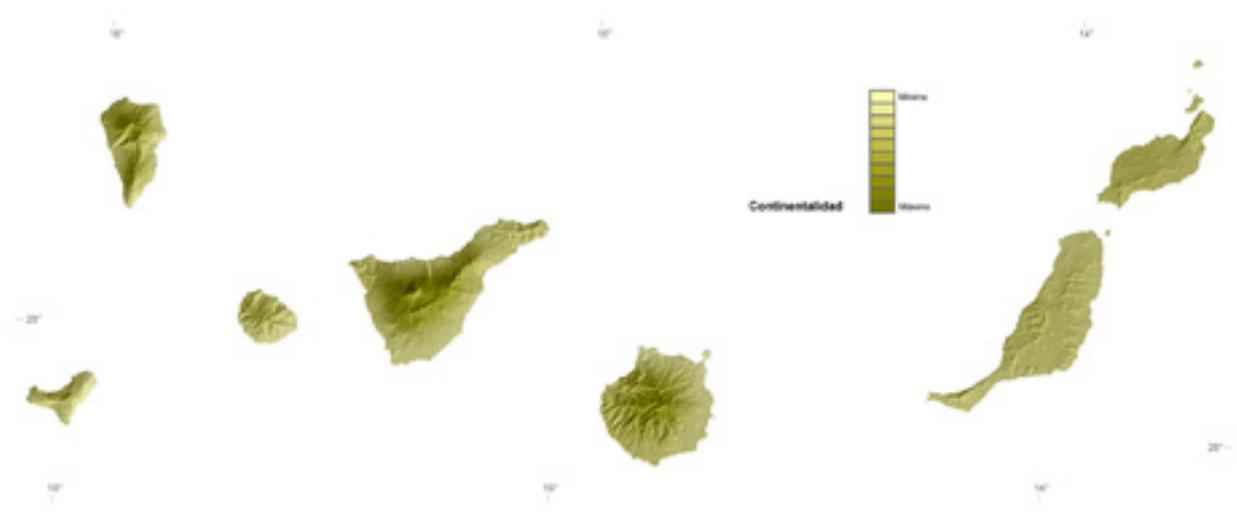
- Retuerto, R. & A. Carballeira (1990). Phytoecological importance, mutual redundancy and phytological threshold values of certain climatic factors. *Vegetatio* 90: 47-62.
- Retuerto, R. & A. Alejo (1991). Defining phytoclimatic units in Galicia, Spain, by means of multivariate methods. *Journal of Vegetation Science* 2: 699-710.
- Retuerto, R. & A. Carballeira (2004). Estimating plant responses to climate by direct gradient analysis and geographic distribution analysis. *Plant Ecology* 170: 185-202.
- Riba, O. et col. (1969). *Mapa litológico de España 1:500.000*. IGME, Madrid.
- Rivas-Martínez, S. (1987). *Mapa de series de vegetación de España y Memoria*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-ICONA, Madrid.
- Rivas-Martínez, S., A. Penas & T.E. Díaz (2002a). Bioclimatic map of Portugal and Spain. En: S. Rivas-Martínez, T.E. Díaz, F. Fernández-González, J. Izco, J. Loidi, M. Lousa & A. Penas (eds.) *Vascular plant communities of Spain and Portugal*. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. *Itinera Geobotanica* 15(1): 5-432.
- Rivas-Martínez, S., A. Penas & T.E. Díaz, (2002b). Biogeographic map of Portugal and Spain to sector level. En *Vascular plant communities of Spain and Portugal*. Addenda to the syntaxonomical checklist of 2001. (eds. Rivas-Martínez, S., Díaz, T.E., Fernández-González, F., Izco, J., Loidi, J., Lousa, M., Penas, A.) *Itinera Geobotanica* 15(1): 5-432.
- Rouget, M., D.M. Richardson, S. Lavorel, J. Vayreda, C. Gracia & S.J. Milton (2001). Determinants of distribution of six *Pinus* species in Catalonia, Spain. *Journal of Vegetation Science* 12: 491-502.
- Rowe, J.S. (1991). Forests as landscape ecosystems. Implications for their regionalization and classification. In: D.L. Mengel & D.T. Thompson (eds.) *Ecological land classification: applications to identify the productive potential of Southern forests*, p. 3-8. Symposium Proceedings. Charlotte, NC. USDA Forest Service.
- Sánchez Palomares, O, R. Elena Rossello, R. Tella, P. Carretero & J.L. Allué (1991). Clasificaciones biogeoclimáticas territoriales en España: aplicaciones a la

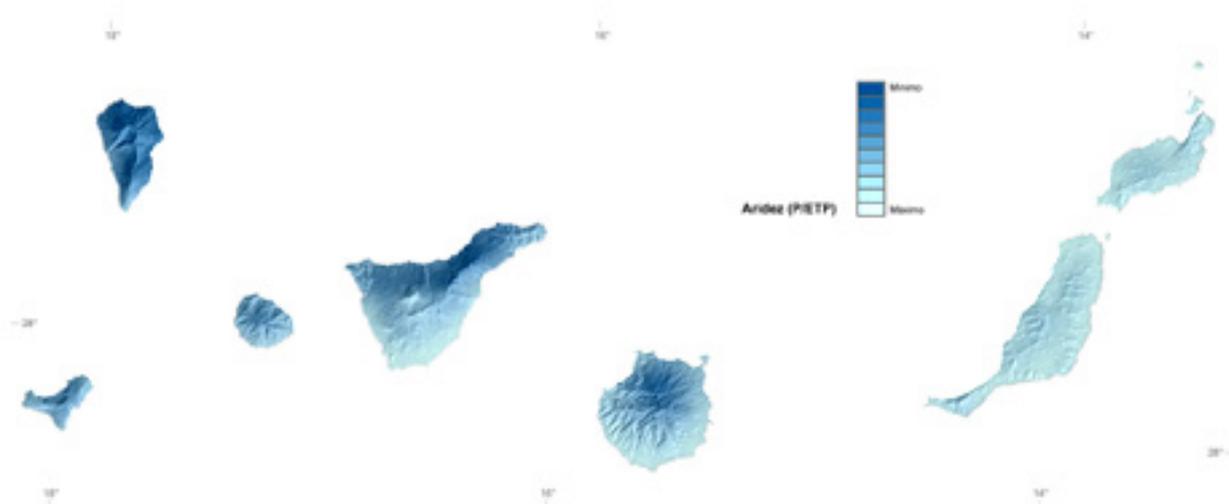
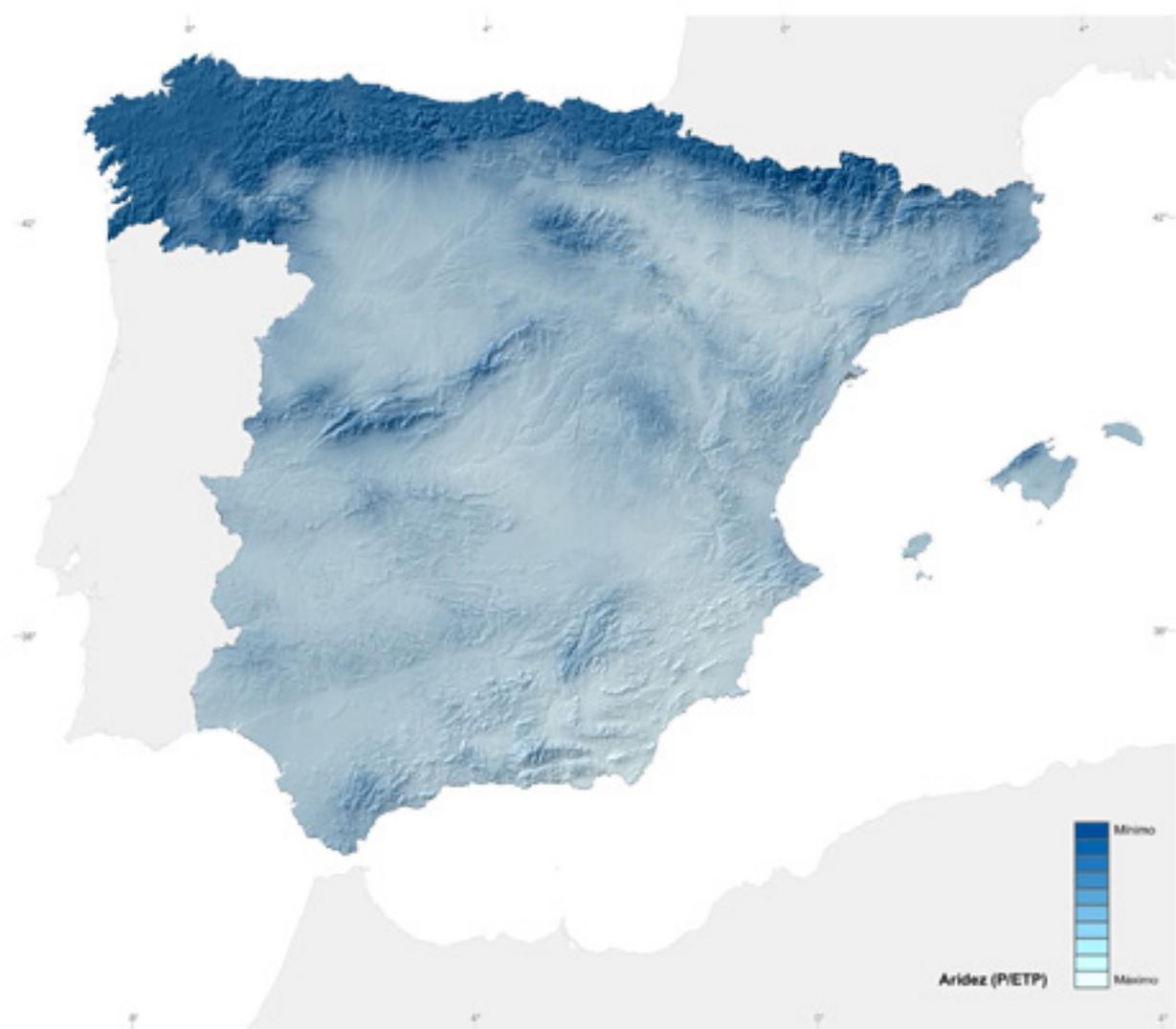
- evaluación de los recursos forestales. *Revue Forestière Française*, Hors Série 4 :43-51.
- Sánchez Palomares, O., P. Carretero & R. Elena Rosselló (1992). Caracterización de hábitats en los hayedos de Navarra. En: Actas del Congreso internacional del haya, *Investigación Agraria, Serie de Sistemas y Recursos Forestales*, fuera de serie 1: 81-114.
- Stephenson, N.L. (1990). Climatic control of vegetation distribution: the role of the water balance. *American Naturalist* 135(5): 649-670.
- Stephenson, N.L. (1998). Actual evapotranspiration and deficit: biologically meaningful correlates of vegetation distribution across spatial scales. *Journal of Biogeography* 25: 855-870.
- Struyf, A., M. Hubert & P.J. Rousseeuw (1997). Integrating robust clustering techniques in S-PLUS. *Computational Statistics & Data Analysis* 26: 17-37.
- Swanson, F.J., T. K. Kratz, N. Caine & R. G. Woodmansee (1988). Landform effects on ecosystem patterns and processes. *Bioscience* 38: 92-98.
- Tansley, M. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16: 284-307.
- Thackway, R. & I.D. Cresswell (eds.)(1995). *An Interim Biogeographic Regionalisation for Australia: a framework for setting priorities in the national reserves system cooperative program, Version 4.0*. Australian Nature Conservation Agency, Canberra. [<http://www.deh.gov.au/parks/nrs/ibra/index.html>].
- Thornthwaite, C.W. (1933). The climates of the earth. *Geog. Rev.* 23: 433-440.
- Thuiller, W., J. Vayreda, J. Pino, S. Sabate, S. Lavorel & C. Gracia (2003). Large-scale environmental correlates of forest tree distributions in Catalonia (NE Spain). *Global Ecology & Biogeography* 12: 313-325.
- Urban, D.L., R.V. O'Neill & H.H. Shugart Jr. (1987). Landscape ecology. A hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. *Bioscience* 37(2): 119-127.
- Venables, W. N. & B.D. Ripley (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Springer, New York.

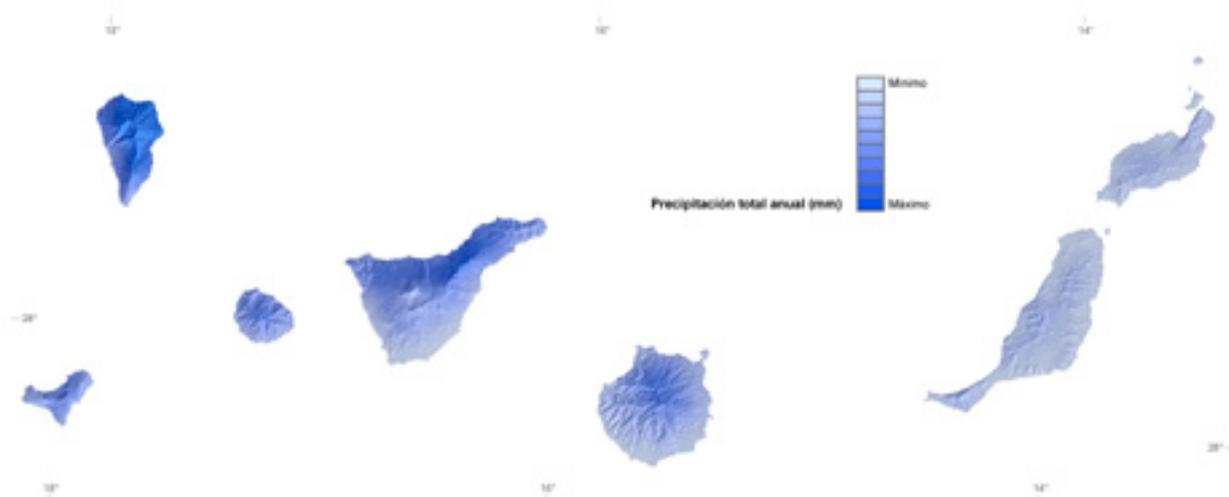
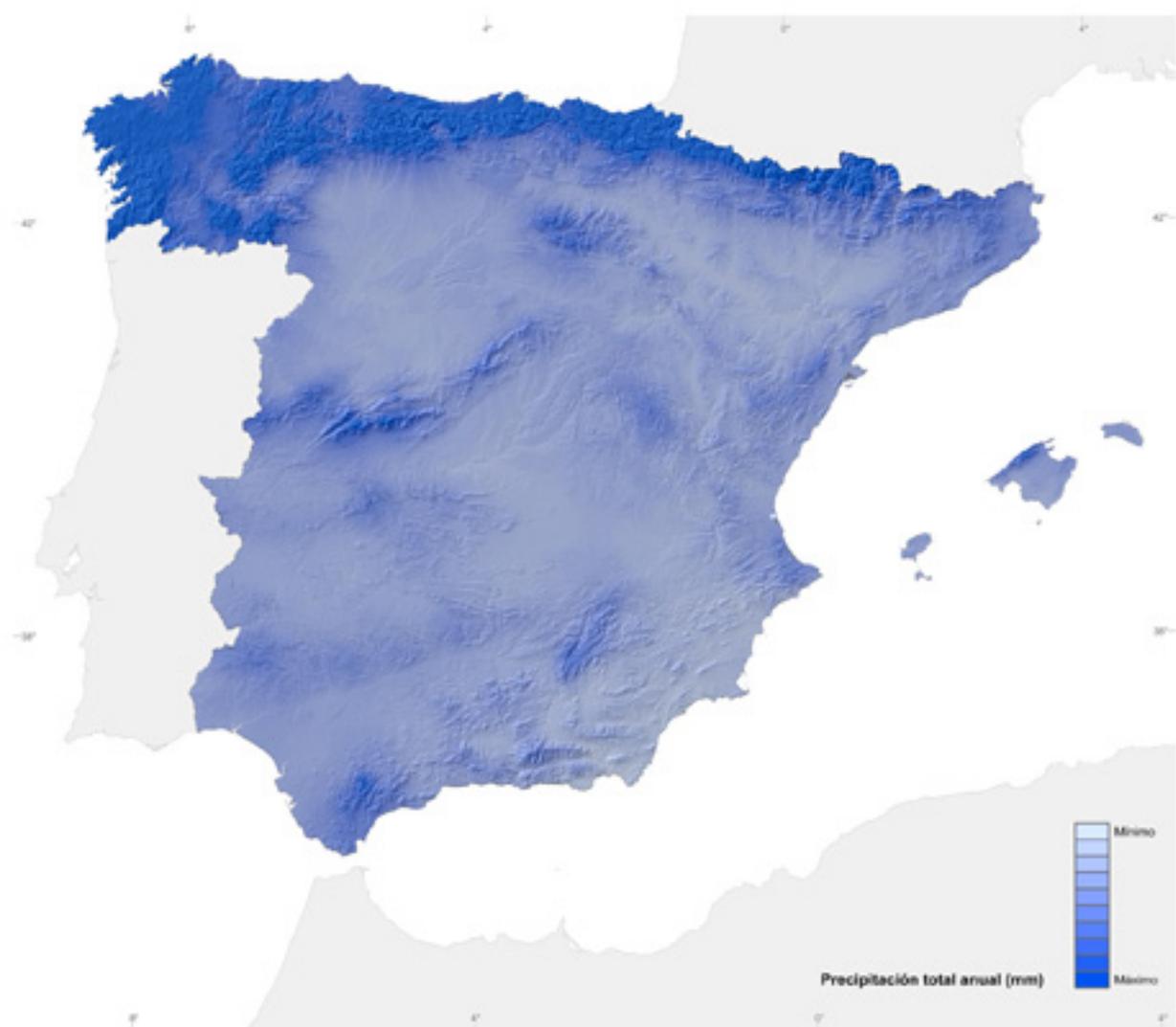
- Wallace, M. G., H. J. Cortner, M. A. Moote & S. Burke (1996). Moving toward ecosystem management: examining a change in philosophy for resource management. *Journal of Political Ecology* 3: 1-36.
- Walter, H. & E. Box (1976). Global classification of natural terrestrial ecosystems. *Vegetatio* 32: 75-81.
- Wiken, E.B. (1986). *Terrestrial EcoZones of Canada*. Ecological Land Classification Series No. 19. Lands Directorate, Environment Canada.
- Willkomm, M. (1952). *Strand- und Steppengebiete der Iberischen Halbinsel und deren Vegetation. Ein Beitrag zur physikalischen Geographie, Geognosie und Botanik*. Leipzig, Fleischer.
- Woodward, F.I., (1987) *Climate and plant distribution*. Cambridge University Press, 174 pp.
- Woodward, F.I. & B.G. Williams (1987). Climate and plant distribution at global and local scales. *Vegetatio* 69: 189-197.
- Woodward, F.I. (1990). The impact of low temperatures in controlling the geographical distribution of plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Serie B 326: 585-593.
- Zeng, N. & J. D. Neelin (2000). The role of vegetation–climate interaction and interannual variability in shaping the African savanna. *Journal of Climate* 13(15): 2665-2670.
- Zonneveld, I.S. (1988). Introduction to the application of vegetation maps. In: A.W. Kuchler & I.S. Zonneveld (eds.) *Vegetation mapping*, pp. 487-490. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

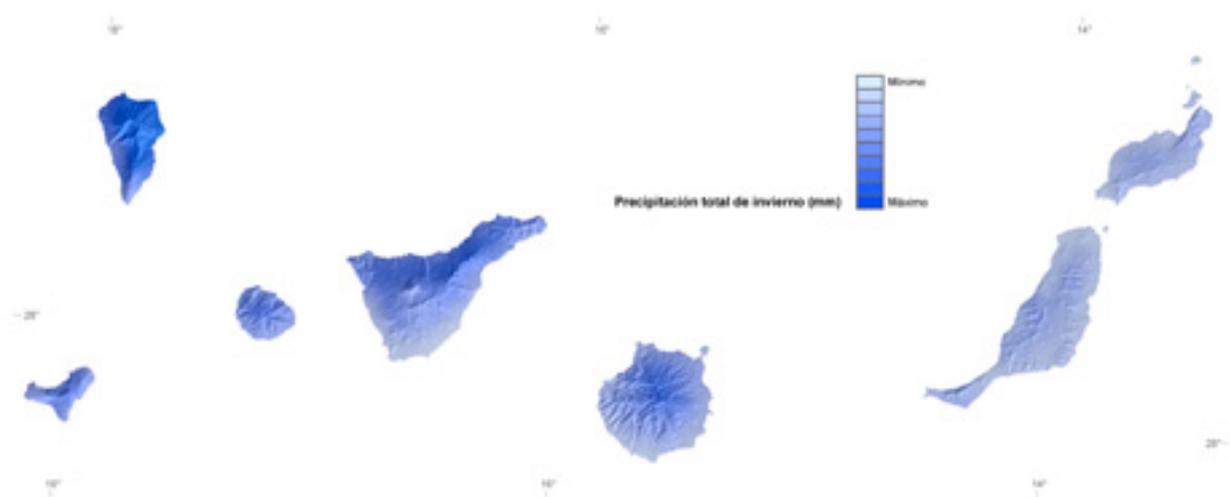
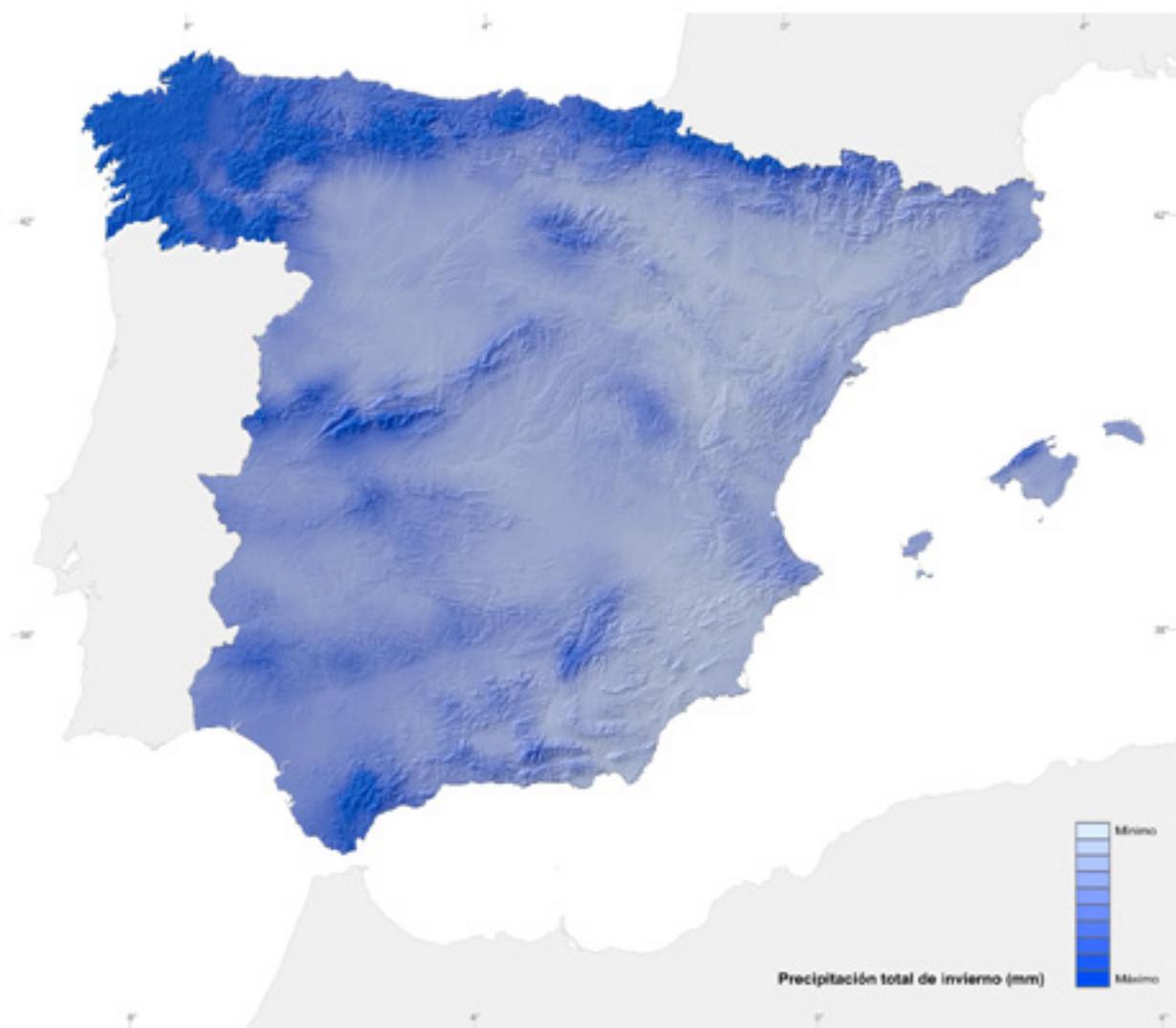
5. APÉNDICES

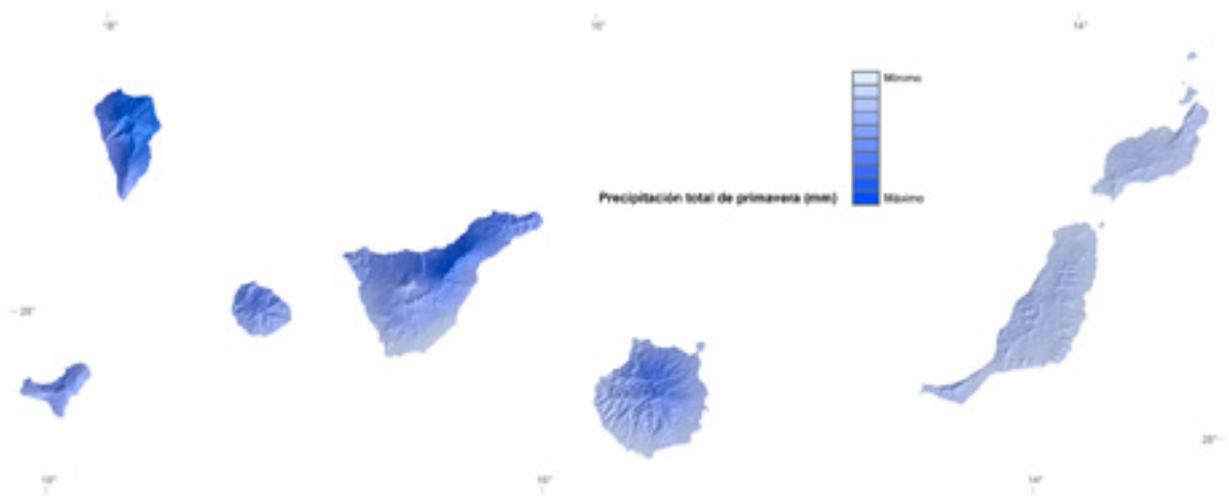
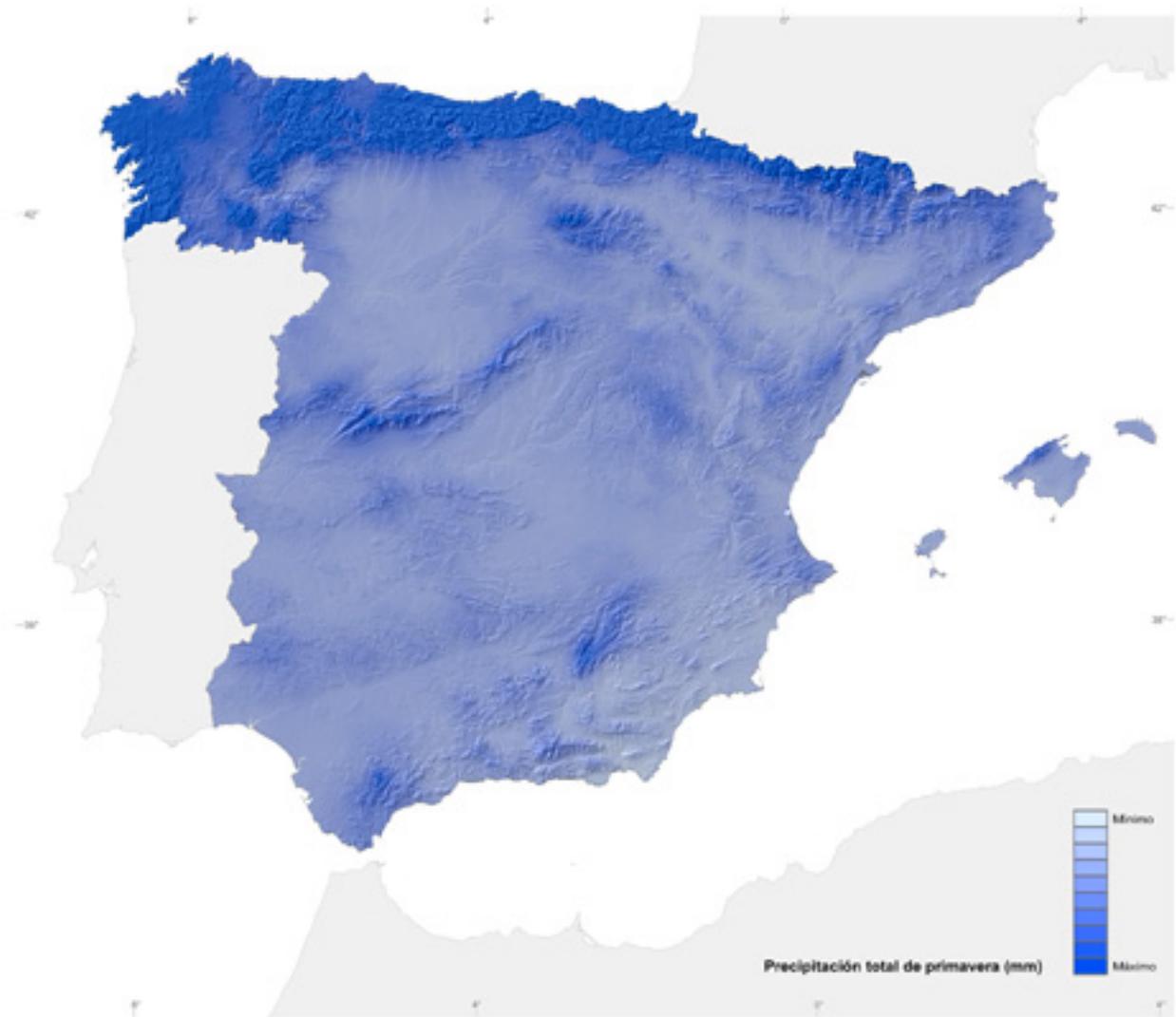
5.1. MAPAS DE LAS VARIABLES AMBIENTALES SELECCIONADAS

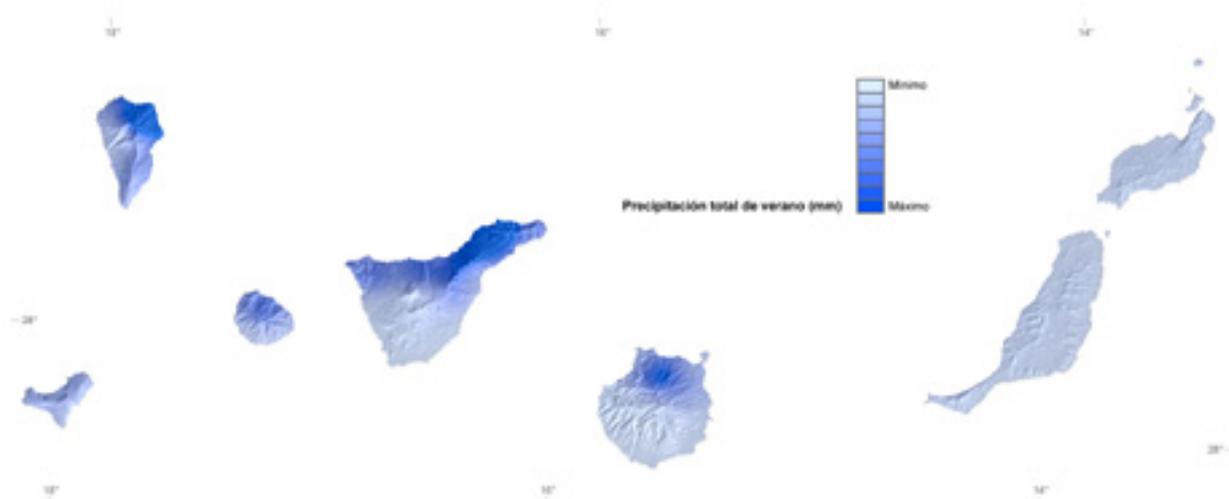


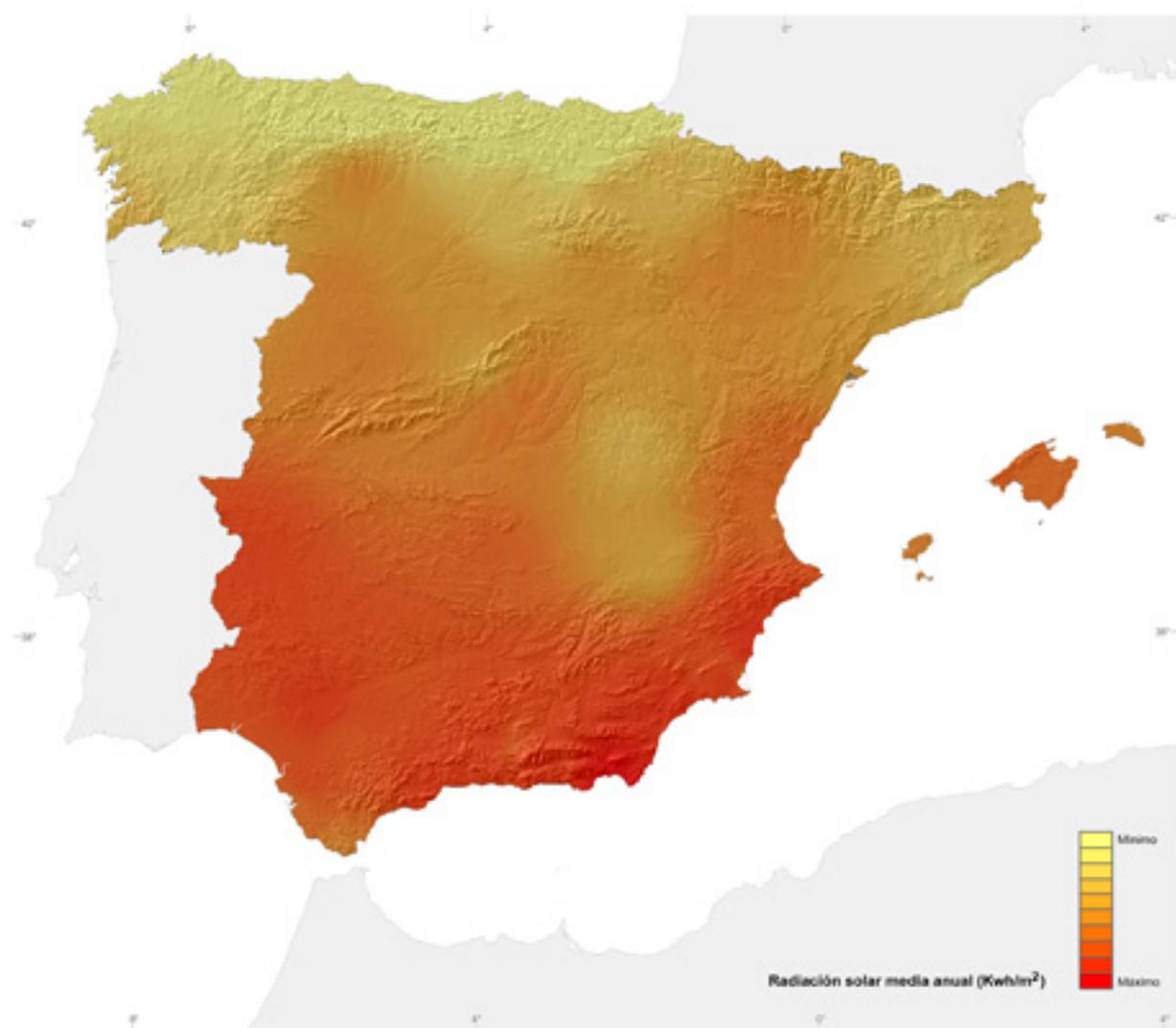


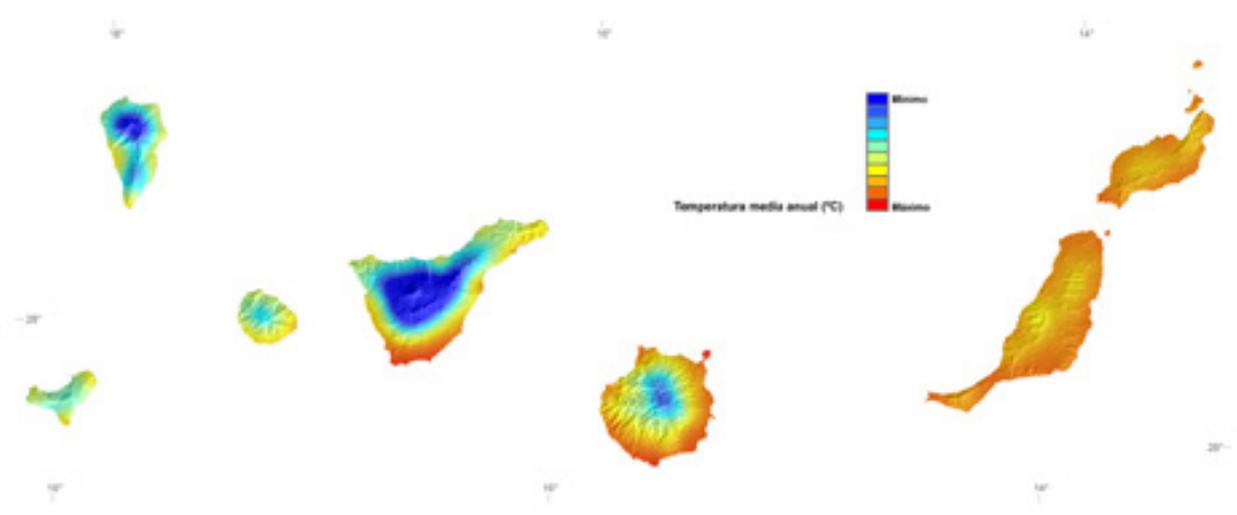
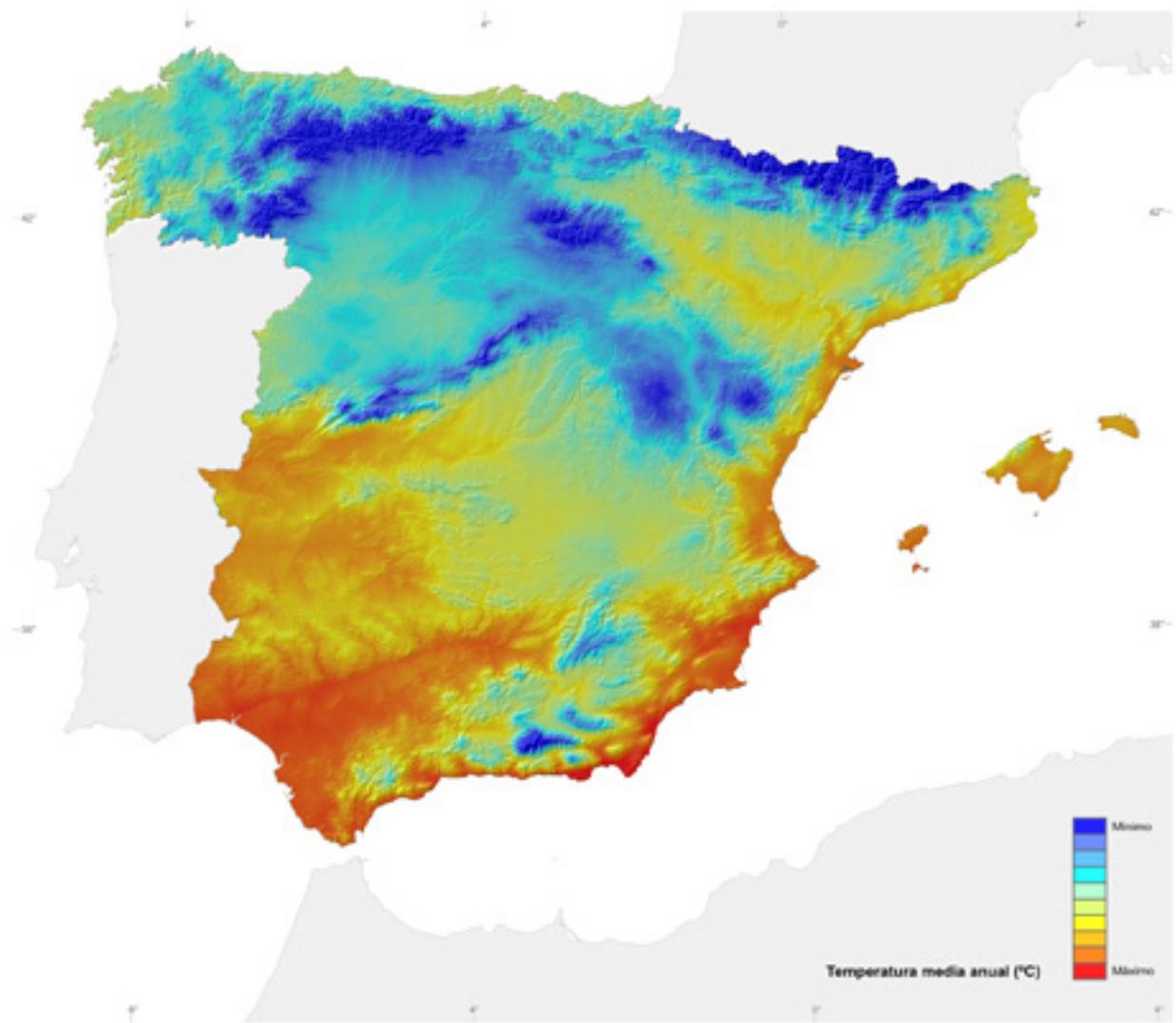


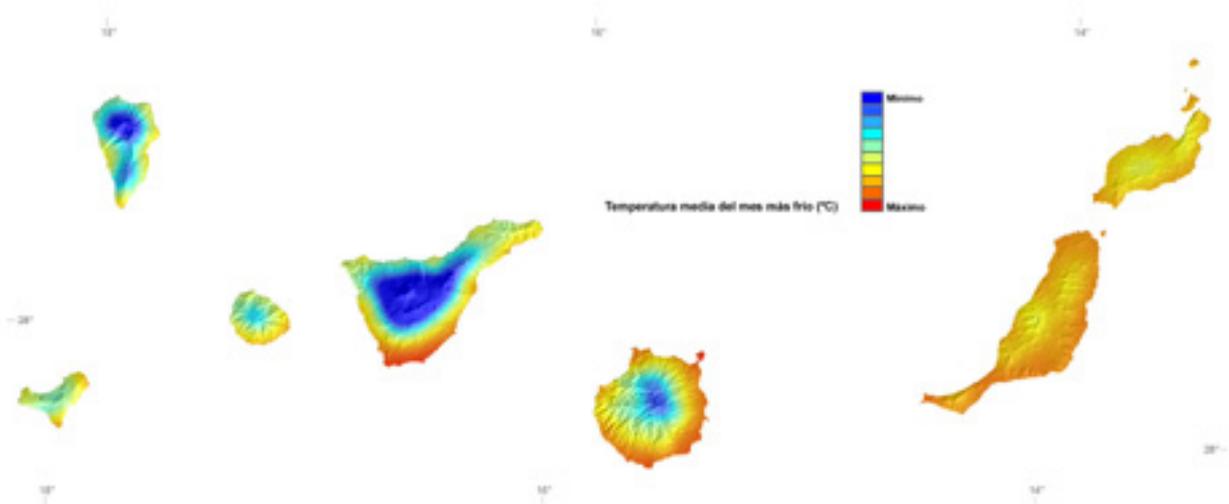
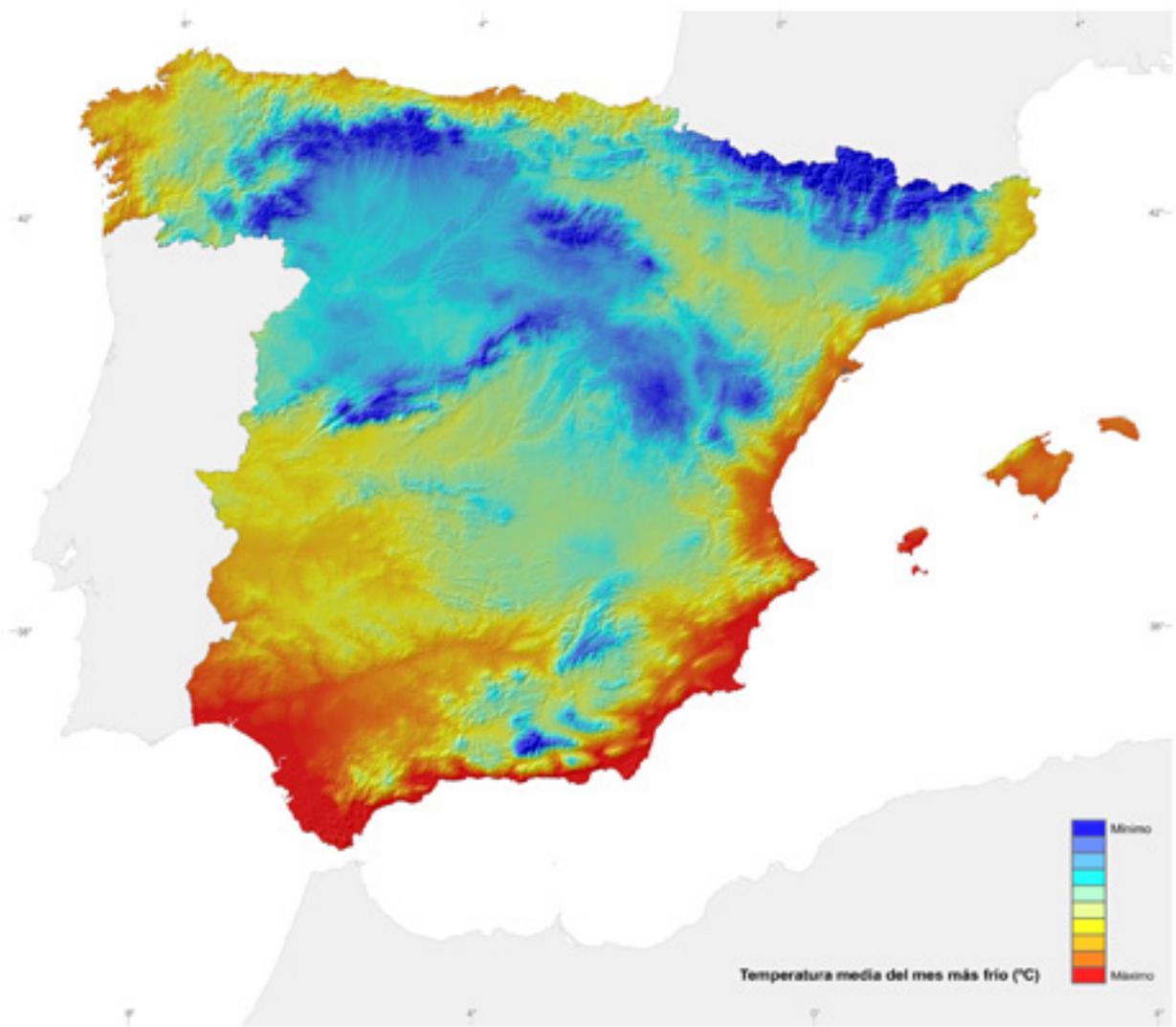


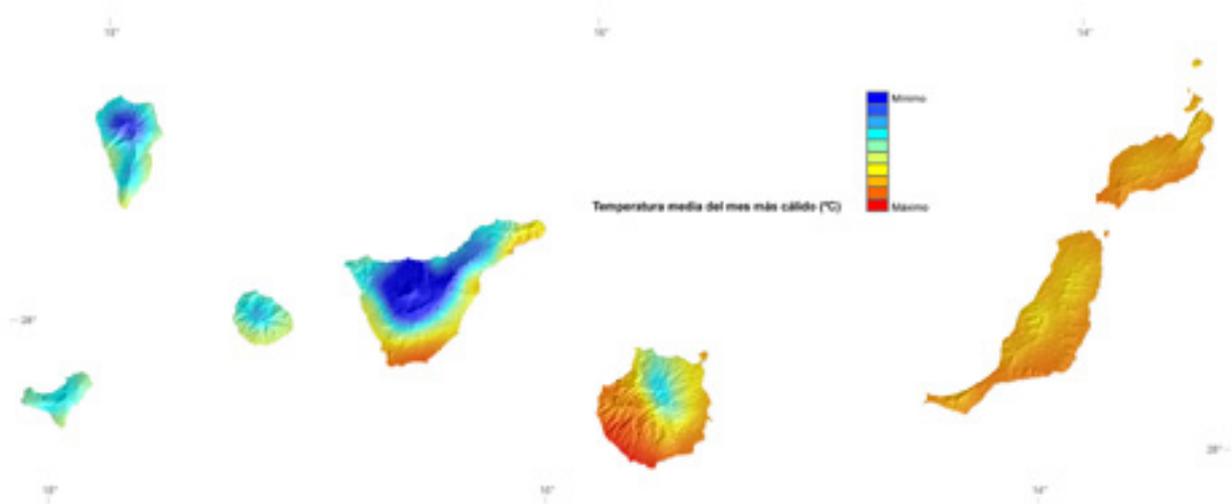
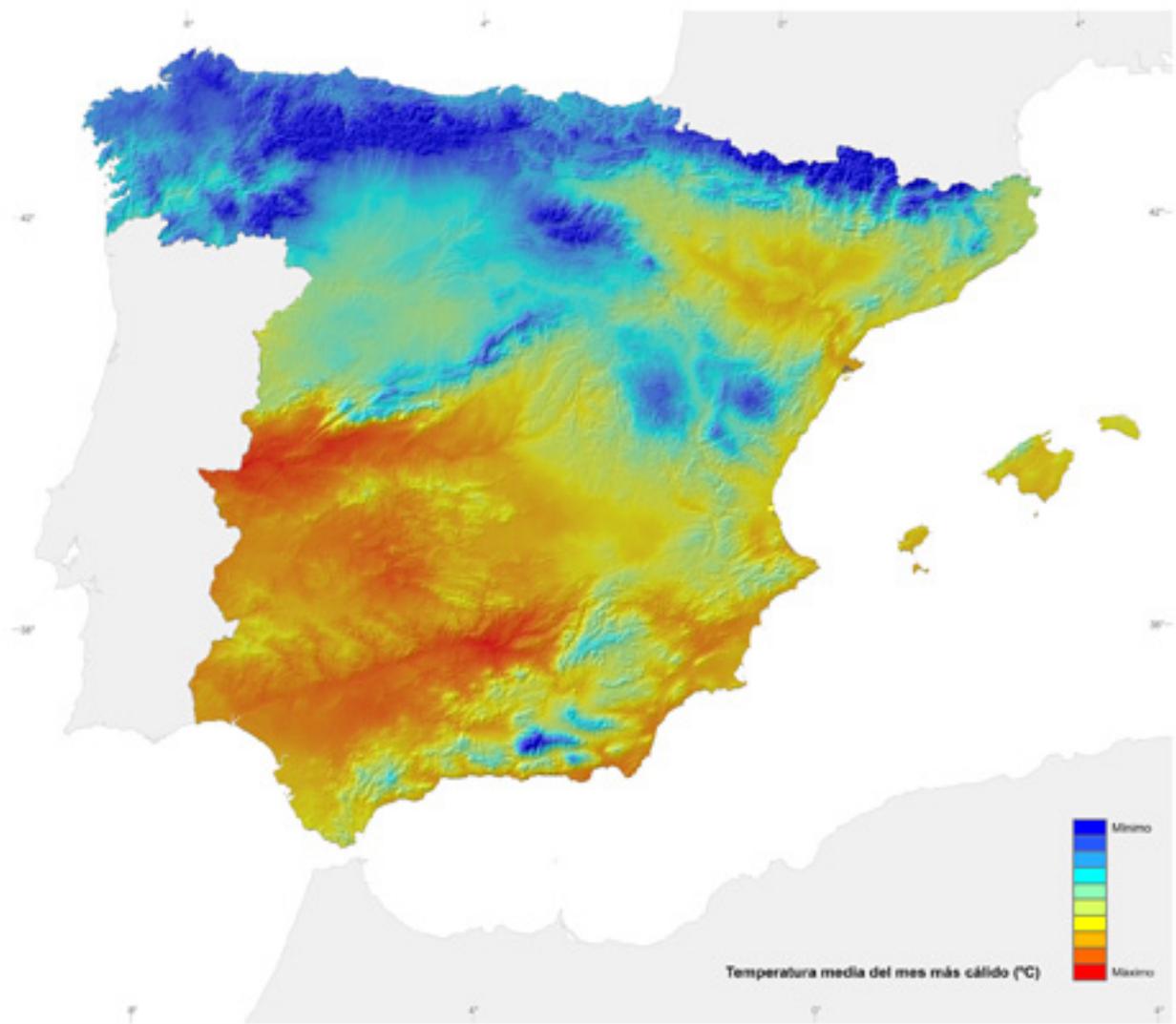


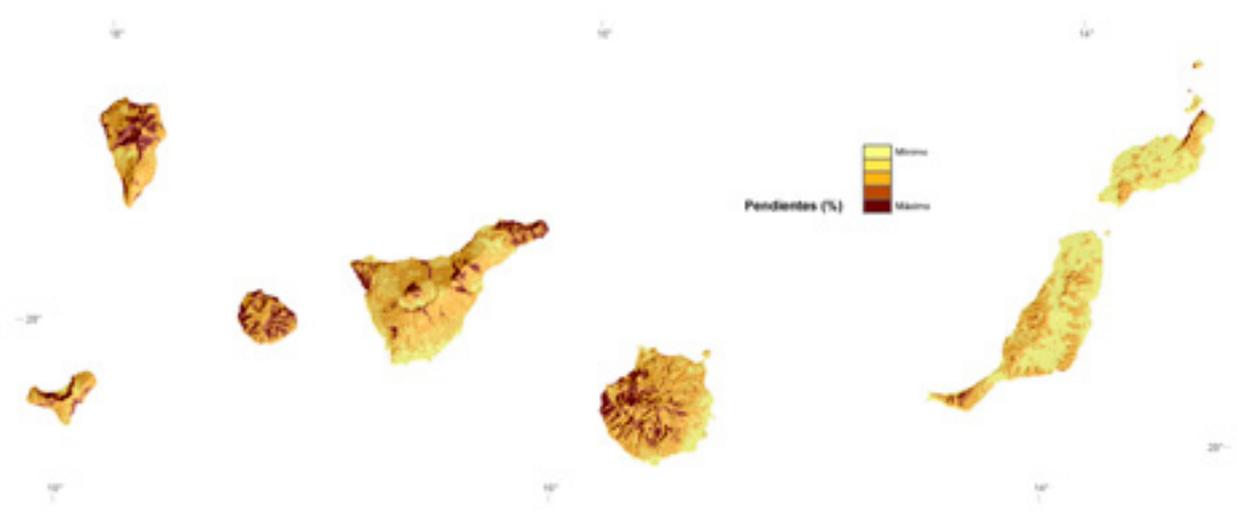
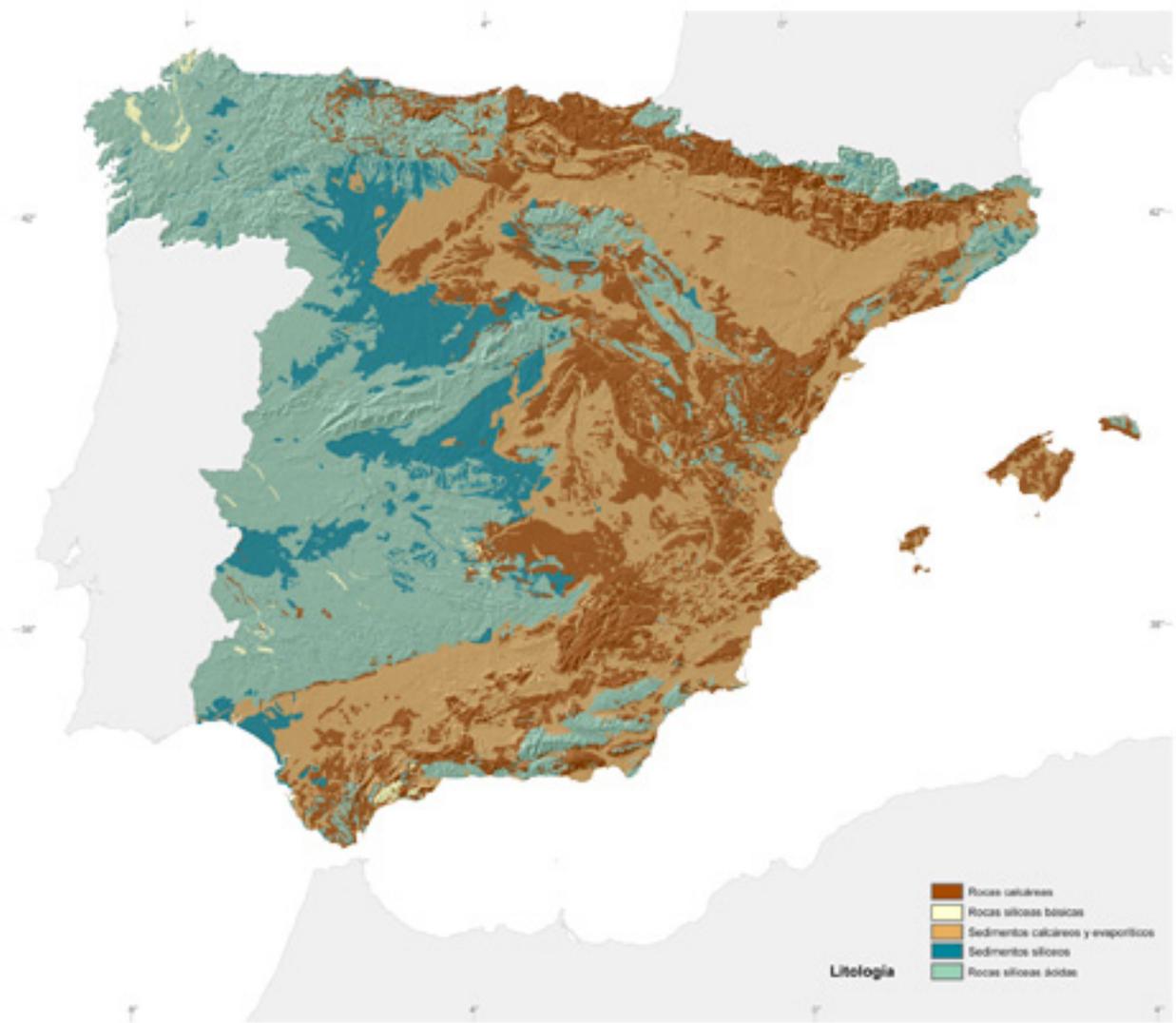












5.2. VALORES DE ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICOS QUE CARACTERIZAN CADA UNO DE LOS AMBIENTES RECONOCIDOS EN LOS NIVELES QUE SIRVEN DE EJEMPLO

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m ²)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO			NO CONS.			ALT (m)	P (%)
											RC (%)	RSA (%)	RSB (%)	SC (%)	SS (%)			
1	22,6	1,19	1.023	246	269	228	3,7	9,0	1,5	18,5	34	52	0	12	2	1.246	—	
2	13,6	1,65	1.315	444	340	162	3,3	10,5	4,3	17,9	19	73	1	4	3	789	—	
3	26,4	0,55	575	175	158	76	4,1	13,7	5,7	23,3	26	28	0	35	11	670	—	
4	6,1	0,21	299	150	69	4	5,0	17,9	14,4	21,8		83		17		502	12	

Tabla 2. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes de Nivel 1 identificados en España. Para las variables climáticas y topográficas se muestra la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero); PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud; p: pendiente.

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m ²)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO			NO CONS.		ALT (m)
											RC (%)	RSA (%)	RSB (%)	SC (%)	SS (%)	
1111	24,4	1,12	985	206	261	246	3,8	10,2	2,2	19,9	72	0	1	25	2	1058
1112	21,2	2,07	1642	378	423	383	3,7	4,4	-2,6	14,0	10	86	0	0	4	2154
1113	21,0	1,07	927	260	244	174	3,7	8,9	1,6	17,9	0	99	0	0	1	1244

Tabla 3. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes de Nivel 3 identificados en el Dominio Alpino. Para las variables climáticas y topográficas se muestra la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero); PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más

frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud.

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m2)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO			NO CONS.		ALT (m)
											RC (%)	RSA (%)	RSB (%)	SC (%)	SS (%)	
211	8,1	2,28	1876	715	448	186	3,4	13,1	7,7	19,1	1	95	2	0	3	308
221	17,6	1,44	1175	369	314	166	3,5	8,7	1,8	16,9	29	63	0	8	1	1189
222	11,6	1,71	1342	461	343	155	3,2	11,5	5,6	18,3	15	78	2	2	4	572

Tabla 4. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes de Nivel 2 identificados en el Dominio Atlántico. Para las variables climáticas y topográficas se muestra la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero); PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud.

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m2)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO			NO CONS.		ALT (m)
											RC (%)	RSA (%)	RSB (%)	SC (%)	SS (%)	
2111	8,1	2,28	1876	715	448	186	3,4	13,1	7,7	19,1	1	95	2	0	3	308
2211	18,9	1,30	1095	349	288	158	3,6	8,5	1,5	17,1	15	83	0	1	1	1250
2212	16,1	1,43	1146	339	319	173	3,3	9,7	3,0	17,6	73	0	0	26	1	940
2213	14,9	2,01	1566	511	412	190	3,3	7,2	0,8	15,0	0	100	0	0	0	1408
2221	9,0	1,88	1468	426	410	225	3,0	12,2	6,5	18,4	85	0	0	10	5	378
2222	15,9	1,52	1252	469	299	120	3,4	11,1	4,5	18,9	0	96	0	0	4	742
2223	8,1	1,84	1381	469	361	161	3,1	11,7	6,3	17,7	0	92	5	0	3	476

Tabla 5. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes de Nivel 3 identificados en el Dominio Atlántico. Para las variables climáticas y topográficas se muestra la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero); PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud.

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m2)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO			NO CONS.		ALT (m)
											RC (%)	RSA (%)	RSB (%)	SC (%)	SS (%)	
21111	7,7	2,22	1844	737	424	159	3,4	13,3	8,0	19,2	0	95	2	0	3	280
21112	10,4	2,59	2043	596	574	327	3,0	11,9	6,0	18,4	6	94	0	0	0	453
22111	18,0	1,38	1157	386	298	155	3,5	7,9	1,1	16,3	0	98	0	0	2	1337
22112	19,2	1,28	1077	339	285	158	3,6	8,7	1,7	17,3	19	78	0	1	1	1225
22121	16,1	1,43	1146	339	319	173	3,3	9,7	3,0	17,6	73	0	0	26	1	940
22131	14,9	2,01	1566	511	412	190	3,3	7,2	0,8	15,0	0	100	0	0	0	1408
22211	7,3	1,71	1323	378	364	207	3,0	13,0	7,6	18,8	79	0	0	10	11	217
22212	10,6	2,05	1612	473	455	243	3,0	11,4	5,4	17,9	91	0	0	9	0	538
22221	15,9	1,52	1252	469	299	120	3,4	11,1	4,5	18,9	0	96	0	0	4	742
22222	15,9	1,52	1252	469	299	120	3,4	11,1	4,5	18,9	0	96	0	0	4	742
22231	6,6	1,96	1541	578	375	148	3,2	12,1	7,0	17,9	0	86	13	0	1	393
22232	6,0	1,75	1289	398	353	176	3,0	12,7	7,5	18,2	0	98	1	0	1	265
22233	10,3	1,81	1329	439	356	162	3,1	10,9	5,1	17,4	0	93	2	0	5	649

Tabla 6. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes de Nivel 4 identificados en el Dominio Atlántico. Para las variables climáticas y topográficas se muestra la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero); PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud.

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m2)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO			NO CONS.		ALT (m)
											RC (%)	RSA (%)	RSB (%)	SC (%)	SS (%)	
311	24,7	0,42	532	198	134	32	4,5	16,7	9,2	25,5	20	24	1	46	9	324
312	29,6	0,40	451	123	134	63	4,1	13,9	5,4	24,2	34	0	0	56	10	708
321	18,4	0,71	918	419	210	25	4,3	16,7	10,5	24,1	57	20	3	19	0	296
322	29,1	0,55	592	202	160	62	4,2	13,7	5,2	23,9	0	79	0	0	21	728
331	22,4	0,75	677	168	190	131	3,7	11,4	3,8	20,5	47	3	0	47	3	830

Tabla 7. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes de Nivel 2 identificados en el Dominio Mediterráneo. Para las variables climáticas y topográficas se muestra la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero);

PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud.

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m ²)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO			NO CONS.		ALT (m)
											RC (%)	RSA (%)	RSB (%)	SC (%)	SS (%)	
3111	25,2	0,52	680	284	164	31	4,5	16,7	9,2	25,6	0	97	3	0	0	347
3112	20,7	0,28	351	113	92	24	4,6	17,0	10,2	24,9	0	100	0	0	0	363
3113	25,1	0,33	428	136	115	36	4,6	13,6	6,4	22,7	0	100	0	0	0	1062
3114	20,2	0,38	439	121	109	43	4,4	17,0	10,1	25,0	35	0	0	65	0	179
3115	28,1	0,42	537	213	139	26	4,5	17,2	9,2	26,6	10	0	0	90	0	251
3116	25,4	0,45	570	227	144	28	4,5	16,1	8,5	25,0	40	0	1	10	49	435
3121	27,0	0,33	412	110	121	50	4,5	14,4	6,6	23,8	47	0	0	53	0	771
3122	32,5	0,44	518	172	154	51	4,3	13,8	5,1	24,6	50	0	0	9	42	849
3123	29,3	0,40	439	109	131	72	4,0	13,8	5,1	24,1	24	0	0	75	1	630
3211	18,6	0,71	907	410	209	25	4,3	16,7	10,4	24,1	74	0	1	25	0	288
3212	17,5	0,73	954	448	215	22	4,3	16,7	10,6	23,9	0	89	11	0	0	324
3221	30,1	1,01	1047	372	273	89	4,1	9,9	1,6	20,7	0	98	0	0	2	1517
3222	31,9	0,78	855	333	215	58	4,2	15,0	6,1	25,8	2	57	0	0	41	565
3223	31,9	0,48	564	208	151	42	4,4	15,6	6,8	26,2	0	99	1	0	0	532
3224	25,5	0,56	542	159	152	81	4,0	11,6	3,5	21,2	0	59	0	0	40	912
3311	19,5	0,77	733	172	190	138	3,7	14,2	7,1	22,7	0	93	1	0	6	298
3312	24,4	1,12	985	206	261	246	3,8	10,2	2,2	19,9	72	0	1	25	2	1058
3313	19,8	0,62	640	148	165	113	3,9	14,6	7,5	22,9	54	0	0	44	2	392
3314	18,7	0,97	818	229	230	139	3,5	10,7	3,6	19,1	42	0	0	51	7	817
3315	25,3	0,55	538	112	157	117	3,8	12,8	4,6	22,4	45	0	0	54	1	624
3316	24,8	0,56	529	132	154	102	3,9	10,8	2,9	20,4	49	0	0	50	1	1017

Tabla 8. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes de Nivel 3 identificados en el Dominio Mediterráneo. Para las variables climáticas y topográficas se muestra la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero); PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud.

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m ²)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO			NO CONS.		ALT (m)
											RC (%)	RSA (%)	RSB (%)	SC (%)	SS (%)	
31111	25,2	0,52	680	284	164	31	4,5	16,7	9,2	25,6	0	97	3	0	0	347
31121	20,7	0,28	351	113	92	24	4,6	17,0	10,2	24,9	0	100	0	0	0	363
31131	25,1	0,33	428	136	115	36	4,6	13,6	6,4	22,7	0	100	0	0	0	1062
31141	21,2	0,23	290	80	80	25	4,6	17,6	10,6	25,6	30	0	0	70	0	224
31142	19,5	0,50	560	155	133	59	4,2	16,6	9,6	24,6	39	0	0	61	0	143
31151	24,2	0,41	556	236	133	20	4,5	17,9	10,5	26,3	15	0	0	85	0	75
31152	30,5	0,42	526	199	142	30	4,5	16,8	8,4	26,7	6	0	0	94	0	359
31161	21,8	0,43	568	252	129	17	4,5	17,8	10,8	25,7	33	0	2	0	65	91
31162	28,8	0,41	500	186	134	32	4,5	16,5	8,1	26,2	19	0	0	0	80	320
31163	23,7	0,51	657	260	165	30	4,5	14,4	7,4	23,1	70	0	0	30	0	808
31211	25,4	0,40	481	120	139	66	4,4	13,7	6,1	23,0	83	0	0	17	0	826
31212	27,8	0,30	375	104	111	42	4,5	14,7	6,9	24,3	27	0	0	73	0	743
31221	31,4	0,55	680	246	202	55	4,4	12,6	4,5	23,1	75	0	0	24	1	1182
31222	33,1	0,38	431	132	129	49	4,2	14,5	5,4	25,4	36	0	0	0	64	671
31231	27,3	0,37	412	87	122	82	4,0	14,3	5,7	24,2	7	0	0	93	0	428
31232	30,6	0,42	456	123	137	66	3,9	13,5	4,8	24,0	35	0	0	63	1	763
32111	18,6	0,71	907	410	209	25	4,3	16,7	10,4	24,1	74	0	1	25	0	288
32121	17,5	0,73	954	448	215	22	4,3	16,7	10,6	23,9	0	89	11	0	0	324
32211	30,1	1,01	1047	372	273	89	4,1	9,9	1,6	20,7	0	98	0	0	2	1517
32221	31,1	0,90	976	380	242	66	4,1	14,2	5,5	25,0	0	100	0	0	0	677
32222	33,0	0,62	692	268	179	49	4,2	16,0	6,9	26,9	4	0	0	0	96	414
32231	31,9	0,48	564	208	151	42	4,4	15,6	6,8	26,2	0	99	1	0	0	532
32241	25,0	0,49	465	135	130	71	4,0	11,7	3,5	21,2	1	0	0	0	99	835
32242	27,1	0,58	586	190	160	68	4,1	12,1	3,8	22,0	0	100	0	0	0	896
32243	24,4	0,64	604	161	174	109	3,9	10,9	3,0	20,4	0	100	0	0	0	1039
33111	19,5	0,77	733	172	190	138	3,7	14,2	7,1	22,7	0	93	1	0	6	298
33121	24,4	1,12	985	206	261	246	3,8	10,2	2,2	19,9	72	0	1	25	2	1058
33131	20,2	0,59	642	155	164	104	4,2	14,0	6,9	22,4	84	0	0	16	0	634
33132	19,4	0,66	637	142	165	122	3,7	15,1	8,0	23,5	24	0	0	71	4	159
33141	17,8	0,99	833	229	236	143	3,4	11,1	4,0	19,2	37	0	0	61	1	730
33142	19,2	0,95	808	229	226	136	3,5	10,5	3,3	19,0	45	0	0	44	11	873
33151	28,2	0,64	622	121	176	139	3,7	12,4	3,5	22,5	26	0	0	74	0	636
33152	24,4	0,51	509	109	150	110	3,8	12,9	4,9	22,4	52	0	0	47	1	620
33161	25,3	0,59	562	133	165	114	3,9	10,5	2,6	20,3	87	0	0	11	1	1136
33162	24,2	0,53	491	131	140	88	3,8	11,2	3,2	20,7	4	0	0	96	0	876

Tabla 9. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes terrestres de Nivel 4 identificados en el Dominio Mediterráneo. Para las variables climáticas y topográficas se muestra

la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero); PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud.

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m ²)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO	NO CONSOLIDADO	ALT (m)	P (%)
41	3,7	0,11	167	87	37	1	5,0	19,4	16,1	22,9	72	28	231	9
42	7,9	0,37	519	254	122	10	4,9	16,2	12,6	20,5	99	1	758	18
43	22,8	0,28	432	221	102	5	5,6	10,8	5,7	17,7	100	0	2006	14

Tabla 10. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes de Nivel 2 identificados en el Dominio Macaronésico. Para las variables climáticas y topográficas se muestra la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero); PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud; p: pendiente.

AMBIENTE	C	P/ETP	PTA (mm)	PTI (mm)	PTP (mm)	PTV (mm)	R (Kwh /m ²)	TMA (°C)	TMF (°C)	TMC (°C)	CONSOLIDADO	NO CONSOLIDADO	ALT (m)	P (%)
411	0,9	0,24	309	156	75	5	4,4	18,6	15,7	21,6	95	5	299	10
412	9,9	0,17	240	131	54	1	4,7	18,7	15,0	23,4	88	12	518	20
413	3,0	0,09	133	69	28	1	5,2	19,6	16,4	22,9	66	34	171	7
421	6,8	0,29	433	209	102	9	5,3	16,3	12,8	20,3	99	1	696	19
422	10,4	0,41	546	276	125	7	4,4	16,1	12,2	20,8	99	1	858	18
423	5,9	0,52	706	332	174	22	4,7	16,2	12,6	20,1	100	0	721	17
431	22,8	0,28	432	221	102	5	5,6	10,8	5,7	17,7	100	0	2006	14

Tabla 11. Valores de algunos parámetros físicos que caracterizan cada uno de los ambientes de Nivel 3 identificados en el Dominio Macaronésico. Para las variables climáticas y topográficas se muestra la media aritmética y para la litología el porcentaje de la superficie que ocupa cada uno de los tipos de sustrato.

C: continentalidad (índice de Gorczynski); P/ETP: aridez (precipitación total anual/ evapotranspiración potencial); PTA: precipitación total anual; PTI: precipitación total de invierno (diciembre, enero, febrero); PTP: precipitación de primavera (marzo, abril, mayo); PTV: precipitación total de verano (junio, julio, agosto); R: radiación solar media anual; TMA: temperatura media anual; TMF: temperatura del mes más frío; TMC: temperatura del mes más cálido; RC: rocas calcáreas; RSA: rocas silíceas ácidas; RSB: rocas silíceas básicas; SC: sedimentos calcáreos y evaporíticos; SS: sedimentos silíceos; ALT: altitud; p: pendiente.