

Evaluación y seguimiento de la desertificación en España

Mapa de la Condición de la Tierra 2000-2010



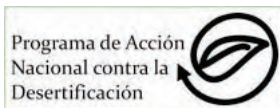
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

Evaluación de la desertificación en España

**Mapa de la Condición de la Tierra
2000-2010**





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

La coordinación de esta guía ha sido realizada por Leopoldo Rojo Serrano. *Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.*

En la redacción y preparación de la presente publicación han intervenido las siguientes instituciones y técnicos:

Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente: Leopoldo Rojo Serrano.

Estación Experimental de Zonas Áridas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC): María E. Sanjuán, Gabriel del Barrio, Alberto Ruiz y Juan Puigdefábregas.

Tecnologías y Servicios Agrarios, S.A. (TRAGSATEC, Grupo TRAGSA): Araceli Martínez Ruiz.

Cita bibliográfica recomendada: Sanjuán, M. E.; del Barrio, G.; Ruiz, A.; Rojo, L.; Puigdefábregas, J., y Martínez, A.; 2014. *Evaluación de la desertificación en España: Mapa de la Condición de la Tierra 2000-2010.* Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 80 pp."



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

Edita:

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

Distribución y venta:

Paseo de la Infanta Isabel, 1
28014 Madrid
Teléfono: 91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

Maquetación e Impresión:

DIN Impresores

Encuadernación:

DIN Impresores

Tienda virtual: www.magrama.es
centropublicaciones@magrama.es

NIPO: 280-14-128-4

ISBN: 978-84-491-1395-6

Depósito Legal: M-21686-2014

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

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

Datos técnicos: Formato: 21 x 29,7 cm. Caja de texto: 17 x 23,7 cm. Composición: una columna. Tipografía: Palatino. Cuerpo: 10 pt. Encuadernación: Pliegos de 32 páginas. Tintas: 4 colores. Papel cubierta: Novatech Mate 350 grs. Papel interior: Novatech Mate, doble capa 115 grs, certificado PEFC.



Lista de siglas

ANUSPLIN	Programa informatizado para el tratamiento de datos espaciales
AI	Índice de aridez (AI)
CNULD	Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación
CORINE	COoRdinate INformation on the Environment
COS	Carbono Orgánico del Suelo
CST	Comité de Ciencia y Tecnología de la Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la Desertificación
EEZA-CSIC	Estación Experimental de Zonas Áridas de la Agencia Estatal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas
EPSCG	European Petroleum Survey Group
ESA	European Spatial Agency
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
GEF	Global Environment Facility
GLASOD	Global Assessment of Human-induced Soil Degradation
IRC	Infrarrojo cercano
LADA	Land Degradation Assessment in Drylands
LCS	Land Cover Status
MA	Millenium Ecosystem Assessment
MAGRAMA	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
MFE1000	Mapa Forestal de España a escala 1:1.000.000
MVC	Máximo Valor Compuesto
NUTS	Nomenclatura de Unidades Territoriales estadísticas
NVDI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
P	Precipitación
PAND	Programa de Acción Nacional contra la Desertificación
PET	Evapotranspiración Potencial
PPNE	Productividad Primaria Neta Epigea
RUE	Rainfall Use Efficiency (Eficiencia del uso de la lluvia)
SIEVD	Sistema Integrado de Evaluación y Vigilancia de la Desertificación
SOC	Soil Organic Carbon
SPOT	Satelite para la exploración de la tierra
UNEP	United Nations Environmental Programme
UTM	Univresal Transverse Mercator
WGS84	World Geodetic System 84

Índice

1. Introducción	9
1.1. Antecedentes	10
1.2. Objetivos	11
2. Datos de partida	13
2.1. Serie temporal de NDVI	14
2.2. Archivo climático	14
2.3. Usos del suelo	15
2.4. Divisiones administrativas	15
2.5. Mapa Forestal de España	15
2.6. Mapa de Carbono Orgánico del Suelo en Europa	15
2.7. Período de estudio y sistemas de referencia	15
3. Metodología	17
3.1. Valoración de estados	17
3.2. Seguimiento de tendencias	20
3.3. Condición de la tierra	21
3.3.1. Estados	21
3.3.2. Tendencias	23
3.4. Relleno de áreas sin datos	23
3.4.1. El problema de los huecos en series temporales	23
3.4.2. Serie temporal de NDVI y huecos en 2dRUE	24
3.4.3. Solución técnica para maximizar la continuidad espacial de los mapas	25
3.5. Muestras usadas en resultados y análisis	26
4. Validación	27
4.1. Validación de las tendencias	27
4.2. Validación de los estados	27
4.2.1. Relaciones entre las distribuciones de frecuencias de estados de condición y niveles cuantitativos de SOC	28
4.2.2. Asociación entre grupos de estados de condición y el umbral SOC < 2%	30
4.2.3. Discusión y conclusiones	30

5. Interpretación	33
5.1. Asociación entre condición de la tierra y tipos de cubierta vegetal.	35
5.2. Asociación entre clases de condición y tipos de cubierta vegetal por comunidades autónomas.	36
5.3. Asociación entre clases de condición y tipos detallados (<i>Sobrecolor</i>) de cubierta vegetal por aplicaciones territoriales	39
5.3.1. España peninsular	39
5.3.2. Baleares.	41
5.3.3. Canarias.	42
5.4. Discusión y conclusiones	47
6. Resultados	49
6.1. Continuidad de la serie temporal de NDVI	49
6.2. Dominio CNULD	51
6.3. Variación del RUE observado frente a la aridez	53
6.4. Condición de la tierra en España	55
6.4.1. Estados	56
6.4.2. Tendencias	57
6.4.3. Relaciones entre estados y tendencias	59
7. Potencialidad de uso del mapa de condición de la tierra	61
BIBLIOGRAFÍA	63
ANEXO: CARTOGRAFÍA	65
ANEXO: DVD CARTOGRAFÍA DIGITAL	

1. Introducción

La Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (CNULD) considera la *evaluación y seguimiento de la desertificación* como una de las actividades fundamentales para su control. El Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND), necesita contar con procedimientos de evaluación, seguimiento y alerta temprana de la desertificación.

Por lo tanto, el PAND propone el desarrollo de un Sistema Integrado de Evaluación y Vigilancia de la Desertificación (SIEVD), cuyo principal objetivo es constituirse en un instrumento operativo de apoyo a la aplicación del Programa, a través de la determinación de zonas problemáticas en las que llevar a cabo las actuaciones preventivas y correctoras que correspondan, de acuerdo con la evaluación de la situación actual y las previsiones futuras que determine el Sistema.

La incorporación de este Sistema en el PAND fue uno de los resultados del proceso de revisión del diagnóstico de la desertificación, puesto en marcha por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y se realizó contando con la colaboración de un grupo de expertos en diagnóstico y evaluación de la desertificación. Durante dicho proceso, se detectaron una serie de iniciativas y líneas de trabajo con una mayor potencialidad y viabilidad, entre ellas la que es objeto de esta publicación: el empleo de la teledetección en la evaluación y seguimiento de la desertificación.

La presente publicación recoge así los primeros resultados de la puesta en marcha del SIEVD, de acuerdo a los objetivos, características y elementos del sistema que se recogen en el PAND. Según el programa, el establecimiento y mantenimiento del sistema debe contar con *la participación activa de los grupos de investigación involucrados en la evaluación y seguimiento de la desertificación en España*. Este principio lógico de actuación ha sido satisfactoriamente cumplido en este caso mediante la colaboración con un equipo de científicos de la Estación Experimental de Zonas Áridas de la Agencia Estatal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EEZA-CSIC).

El empleo de la teledetección en la evaluación y seguimiento de la desertificación, que se basa en la utilización de índices que reflejen la condición de la cubierta vegetal y en series largas de datos meteorológicos, es una de las líneas de trabajo que han adquirido una creciente relevancia en los últimos años. Como quedó de manifiesto en la novena reunión del Comité de Ciencia y Tecnología (CST), la CNULD le otorga especial atención, puesto que su utilización permite la observación de grandes superficies con costes asequibles. De hecho, la metodología que permite obtener el mapa de condición de la tierra está incluida entre las contempladas por el CST. España, como país Parte de la CNULD afectado por la desertificación está obligado a realizar el seguimiento del proceso y a informar sobre el mismo.

En los epígrafes siguientes se describe detalladamente el procedimiento de elaboración del Mapa de la Condición de la Tierra en España (2000-2010). La Metodología sirve para explicar este producto en particular, pero contiene consideraciones y reglas generales para apoyar eventuales aplicaciones a otros dominios o períodos. Se describen los procesos de validación del Mapa, para lo cual se aplican contrastes estadísticos. Se aporta también la interpretación y el análisis de resultados con el fin de orientar al lector en relación con el uso del Mapa.

En el Anejo de Cartografía se incluyen individualmente los mapas principales, sin perjuicio de que versiones reducidas de algunos de ellos aparezcan en las secciones apropiadas para ilustrar sus contenidos.

1.1. Antecedentes

La noción de condición de la tierra se refiere a la capacidad del suelo para sostener la productividad de su cubierta vegetal en relación con procesos climáticos y de uso del territorio que operan sobre ella. Esta definición es neutra e incluye tanto casos que evolucionan negativamente y que son referidos convencionalmente como degradación, como casos positivos asociados con una progresión de la cubierta vegetal hacia una mayor madurez.

La degradación de tierras es, sin embargo, un objetivo primario dentro de cualquier análisis de condición. De manera coherente con la definición anterior, la degradación se relaciona con un declive de la productividad de la vegetación asociado al empobrecimiento del suelo. Este problema tiene incidencia global y afecta especialmente a las zonas áridas del mundo, y su definición y caracterización es uno de los principales focos de actividad de la Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (CNULD).

Las estimaciones de degradación obtenidas hasta la fecha dependen altamente de la aproximación y métodos usados, reflejando la evolución de los paradigmas aplicados para definir la degradación de tierras. El primer intento de producir una valoración global tuvo lugar a finales del siglo pasado, mediante el *Global Assessment of Human-induced Soil Degradation* (GLASOD) (Oldeman et al., 1991). Se trataba de una valoración cualitativa, basada en gran medida en criterios expertos, que distinguía los principales procesos que causan degradación, como erosión hídrica y eólica, salinización de suelos y aguas, pérdida de Carbono Orgánico del Suelo (COS) y nutrientes, desestructuración del suelo, etc. La base de datos resultante fue usada para realizar el primer Atlas Mundial de Desertificación (UNEP, 1992), según el cual más del 70% de las zonas áridas del mundo estaban afectadas por este problema.

Posteriormente, el GLASOD fue actualizado a un nuevo proyecto mundial llamado *Land Degradation Assessment in Drylands* (LADA, 2006)¹, promovido por UNEP, GEF y FAO. Reteniendo las categorías y paradigmas de GLASOD, LADA realizó un avance al entregar resultados cuantitativos. Ello fue posible mediante la inclusión de agentes socio-económicos y la ampliación de su perspectiva al balance de carbono y la biodiversidad como componentes del sistema funcional de usos del suelo y su degradación.

Una tercera iniciativa con implicaciones para la valoración de la degradación de tierras fue el *Millennium Ecosystem Assessment* (MA), desarrollado entre 2001 y 2005. Su síntesis sobre desertificación (Adeel et al., 2005) evaluaba la desertificación basándose en cuestiones clave cuyas respuestas usaban exclusivamente información generada para el MA. Su mayor logro fue una representación coherente de las relaciones entre degradación de tierras, cambio global y pérdida de biodiversidad, incluyendo algunas indicaciones básicas para mejorar las aproximaciones sobre valoración y seguimiento mediante la inclusión del papel de la acción humana y la variabilidad climática. Es interesante observar que esta iniciativa fue mucho más conservadora en sus estimaciones sobre la incidencia mundial de la degradación de tierras, que estaría alrededor del 10%.

Los tres proyectos descritos más arriba muestran una tendencia histórica hacia mayor complejidad en las aproximaciones a la degradación de tierras. La cual va desde identificar efectos sobre el 'suelo' a incluir explícitamente la noción de 'tierras', y finalmente a tener en cuenta interacciones a nivel global entre desertificación, atmósfera, sistemas de uso y variaciones en biodiversidad. Esta tendencia ha sido respaldada en gran medida por la CNULD, cuya definición de desertificación se refiere a 'la degradación de tierras en áreas áridas, semiáridas y sub-húmedo secas resultante de varios factores, que incluyen variaciones climáticas y actividades humanas'.

A pesar de su sencillez, la definición anterior tiene la ventaja de orientar el desarrollo de métodos para la valoración y seguimiento de la desertificación, incluyendo una demarcación precisa de las áreas afectadas. El

¹ En el epígrafe 8 se incluye un estudio sobre las posibilidades de aplicación en España del proyecto LADA.

resultado de la desertificación (no la causa, como a veces se sugiere) es la degradación de tierras, y sus factores son el clima y las actividades humanas. A su vez, la degradación de tierras es definida por la CNUCLD como una ‘reducción o pérdida, en áreas áridas, semiáridas y sub-húmedo secas, de la productividad biológica o económica y de la complejidad de los cultivos de secano, regadíos, o pastos y bosques’.

Reteniendo el carácter holístico del concepto de degradación de tierras, este trabajo aplica una aproximación ecológica evolucionada a partir de la definición original de la CNUCLD, donde la condición de la tierra es clave en la interacción entre sistemas biofísicos y humanos en el proceso de desertificación. La degradación de tierras queda así acotada como un subconjunto particular del concepto más amplio de condición. La ventaja de este marco es que la degradación es valorada usando las mismas funciones ecológicas que otros estados del paisaje y puede sustraerse de los juicios de valor que normalmente acompañan su caracterización.

La aproximación desarrollada en este trabajo se encuadra en la necesidad actual de un método fiable de diagnóstico de condición de la tierra que pueda ser comparado de manera coherente con otras zonas áridas del mundo, y repetido en el tiempo. Dicha necesidad fue acometida recientemente por la CNUCLD mediante el Indicador de Impacto obligatorio sobre *Land Cover Status* (LCS: Estado de la Cobertura Terrestre). Este indicador forme parte del Objetivo Estratégico de CNUCLD para mejorar las condiciones de los ecosistemas, y tiene como objetivo ‘vigilar la degradación de tierras en términos de pérdida a largo plazo de productividad ecológica y teniendo en cuenta los efectos de la precipitación sobre la Productividad Primaria Neta’ (Orr, 2011).

1.2. Objetivos

El objetivo principal de este mapa de condición de la tierra es dar una representación coherente de los ecosistemas terrestres, identificando estados y tendencias en términos de madurez ecológica, y con especial atención a la degradación de tierras. Su dominio espacial es el estado español, y su período de referencia es 2000-2010. Además, este mapa tiene dos objetivos asociados. Uno es servir como instrumento para diagnósticos detallados sobre los que basar políticas territoriales, especialmente las relacionadas con desertificación. Y el otro es servir como prototipo metodológico para aplicaciones en España para un período posterior, o bien, aplicaciones en países diferentes.

Para ello, este documento incluye explicaciones detalladas sobre la metodología seguida en la elaboración del mapa. También se ofrecen contrastes estadísticos para su interpretación y validación, de modo que el producto final tenga, respectivamente, claves para su uso y un control de calidad.

El usuario genérico de este tipo de resultados es una institución que que tenga competencias sobre el seguimiento del estado del recurso suelo y su protección a través de la elaboración y aplicación de políticas agrarias y medioambientales.

Un mapa de estas características corre el riesgo de ser sólido desde un punto de vista académico, y sin embargo de escasa utilidad práctica para usuarios como los descritos. Esta eventualidad ha sido evitada mediante la imposición de los siguientes requisitos:

1. Implementar explícitamente la definición de *Land Cover Status* dada por la CNUCLD.
2. Los paradigmas usados para evaluar la degradación de tierras deben estar basados en funciones ecológicas.
3. Los datos de entrada deben proceder de bases de datos normalizadas, públicas y disponibles.

4. Los protocolos deben separar claramente procesos computacionales objetivos de intervenciones puntuales donde se requiera un juicio experto.
5. Los resultados deben ser relevantes para la la evaluación de la degradación de tierras y la formulación de planes de prevención y, al mismo tiempo, susceptibles de interpretación ecológica.

Algunas definiciones pueden ser útiles para evitar ambigüedades en la comprensión de los términos utilizados en este trabajo. Para ello se aplican las siguientes definiciones del Diccionario de la Lengua Española:

- *Condición*: (def. 1) Índole, naturaleza o propiedad de las cosas.
- *Estado*: (def. 1) Situación en que se encuentra alguien o algo, y en especial cada uno de sus sucesivos modos de ser o estar.
- *Tendencia*: (def. 2) Fuerza por la cual un cuerpo se inclina hacia otro o hacia alguna cosa.
- *Valoración*: Acción o efecto de valorar (reconocer, estimar o apreciar el valor o mérito de alguien o algo).
- *Seguimiento*: Acción y efecto de seguir o seguirse (def. 7: observar atentamente el curso de un negocio o los movimientos de alguien o algo).

La noción de estado es central en este conjunto porque sugiere en sí misma tanto una posición concreta como la posibilidad de detectar su evolución mediante el cambio a estados sucesivos. Por tanto, nada del resto sería necesario excepto la necesidad de valorar periódicamente el estado de madurez o degradación. Sin embargo, esta solución simple choca con dos problemas. En primer lugar, es muy difícil y costoso establecer referencias absolutas para determinar el estado de degradación de tierras, en parte porque lo aparente son sus efectos, y en parte porque incluso variables elementales como la Producción Primaria Neta no suelen estar disponibles y requieren campañas específicas y caras. Y en segundo lugar, valoraciones sucesivas del estado de degradación serían comparables sólo si las condiciones de contorno permanecieran constantes. El clima es una condición de contorno para la degradación de tierras, y su variabilidad puede conducir a diferentes interpretaciones del estado incluso si las propiedades básicas de la tierra no cambian.

Los problemas anteriores pueden ser sorteados separando los estados de las tendencias, y aplicando respectivamente métodos para su valoración y seguimiento. En este estudio, la valoración se refiere a la estimación sincrónica del estado de degradación durante un período relativamente largo, usando referencias relativas que se detectan estadísticamente. Y el seguimiento se refiere a la observación diacrónica de tendencias dentro del mismo período. El período de tiempo debe tener, por tanto, la mayor longitud que permita la detección de estados y tendencias estables, y la mayor resolución temporal que permita la detección de cambios significativos en el rendimiento de la cubierta vegetal. En este caso, ese compromiso se ha alcanzado examinando una década (2000-2010) a resolución mensual.

2. Datos de partida

La metodología aplicada en este mapa de condición de la tierra se basa en series temporales archivadas de un índice de vegetación obtenido mediante teledetección, y campos climáticos correspondientes. Ambos tipos de series deben estar disponibles para el período completo a una resolución mensual. Además, requiere de algunos mapas que puedan asumirse como estables para todo el período analizado: usos del suelo, divisiones administrativas, vegetación natural y seminatural, y ciertas propiedades del suelo. No todos estos últimos son imprescindibles, pero ayudan significativamente al cómputo, interpretación y validación de los resultados, como se verá más adelante. Los datos concretos usados en este estudio se muestran resumidos en la Tabla 2.1 y se describen a continuación.

Tabla 2.1. Datos de partida usados para elaborar el Mapa de Condición de la Tierra en España (2000-2010).

Variable	Producto y fuente	URL
Archivo de Vegetación	<i>SPOT VEGETATION NDV S1</i> . Disponible desde 1998. Gestionado por VITO. Datos registrados cada diez días a la resolución espacial de 0.00892857° (aproximadamente 1 Km.). Canal de calidad disponible para eliminar nubes y nieves. Los datos mensuales fueron calculados seleccionando el máximo valor.	http://free.vgt.vito.be/
Archivos de Temperatura y Precipitación	<i>Interpolaciones ad-hoc</i> . Datos procedentes de la Agencia Estatal de Meteorología (ES) y el Sistema Nacional de Recursos Hídricos (PT).	http://snirh.pt/ http://lwf.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/res40.pl?page=gsod.html
Usos del Suelo	<i>Land Cover Corine 2006 version 13</i> , y <i>Land Cover Corine 2000-2006 changes version 13</i> . Gestionado por la Agencia Europea de Medio Ambiente. Ambas bases de datos en formato raster a 100 m de resolución y sistema ETRS-LAEA.	http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster
Carbono Orgánico en el Suelo	<i>Mapa del Carbono Orgánico en el Suelo en Europa</i> . Producido por el European Soil Bureau, Joint Research Centre. Capa raster a 1000 m de resolución en sistema ETRS-LAEA.	http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/octop/octop_data.html
Vegetación natural y seminatural	<i>Mapa Forestal de España MFE1000</i> . Síntesis a escala 1:1.000.000 en sistema UTM30-ED50. Capa vectorial. Producido y Gestionado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.	http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-connectividad/mapa-forestal-de-espana/mfe_1000.aspx
Divisiones Administrativas	<i>Unidades administrativas (NUTS 1, 2 and 3)</i> . Gestionadas por Eurostat. Capa vectorial a escala 1:3.000.000, actualizada en 2006.	http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco_Geographical_information_maps/geodata/reference

2.1. Serie temporal de NDVI

El Índice de Vegetación de Diferencias Normalizadas (NDVI) es proporcional a la cantidad de biomasa vegetal viva que hay en un sitio en un momento dado. Los valores para calcularlo se registran en un sensor remoto, normalmente instalado en un satélite, y consisten en las intensidades emitidas o reflejadas para dos bandas del espectro electro-magnético, el infrarrojo cercano (*IRC*) y el rojo (*R*):

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IRC} - R}{\text{IRC} + R} \quad (1)$$

El razonamiento es que la vegetación viva produce una señal alta en el *IRC*, mientras que los objetos inertes la producen en el *R*. El formato de la expresión, dividiendo la diferencia por la suma, normaliza los resultados al intervalo -1 a 1, en el que la vegetación viva da señales proporcionales a la biomasa que son siempre positivas.

Existen varios productos disponibles, consistentes en series temporales de NDVI asociadas a sus sensores respectivos. Tras analizar las diversas series de datos que cumplían con los requerimientos de la metodología, se ha empleado para este trabajo el producto S10 derivado del sensor SPOT-Vegetation, el cual es de distribución gratuita a través de una compañía (VITO, 1998). Los datos se encuentran en coordenadas geodésicas a la resolución espacial de 0,00892857 grados (aproximadamente 992 m), y la serie comienza en abril de 1998. Una capa de estado asociada a cada imagen permite enmascarar los píxeles afectados por nubes o nieve.

El producto S10 consiste en síntesis globales de NDVI obtenidas cada diez días (*dekadas*). Cada síntesis resulta de combinar los datos de todas las medidas de vegetación de una *dekada* en una única imagen, mediante el algoritmo de Máximo Valor Compuesto (MVC), que selecciona los píxeles con mejor valor de reflectancia (Baret et al., 2006). En esta aplicación, cada imagen mensual fue construida en dos pasos. Primero, todos los píxeles con nubes o nieve de cada *dekada* fueron enmascarados. Y segundo, una única imagen fue ensamblada usando los valores máximos detectados en las tres *dekadas* correspondientes.

2.2. Archivo climático

La serie temporal de datos climáticos fue extraída de un archivo de campos mensuales de temperaturas máxima media, media y mínima media, y de precipitación total, generado para el período total 1970-2010. Este archivo está formado por mapas mensuales para esas cuatro variables a lo largo de todo el período, a la resolución espacial de 1000 m. Los mapas fueron interpolados a partir de resúmenes mensuales de estaciones meteorológicas georreferenciadas distribuidas por todo el territorio. Los datos fueron provistos por la Agencia Estatal de Meteorología

No se emplearon técnicas estadísticas para rellenar huecos en las series de datos. Los resúmenes mensuales fueron computados sólo para estaciones que tuviesen menos de cinco días sin datos para el mes correspondiente, y la interpolación de cualquier mes fue hecha usando sólo estaciones con resúmenes mensuales completos para el año correspondiente.

Las interpolaciones fueron realizadas usando el suavizado de placa delgada (*thin-plate smoothing*) implementado en ANUSPLIN (Hutchinson, 1995), una técnica aceptada para interpolar datos multivariantes con ruido como las variables climáticas, y que se compara favorablemente con otros métodos de interpolación (Jarvis and Stuart, 2001). Latitud, longitud y altitud fueron especificadas como covariantes durante el proceso de ajuste de las superficies. Los valores de temperatura se usaron directamente, pero los de precipitación fueron transformados mediante su raíz cuadrada para reducir el sesgo. La resolución más fina de las superficies fue de 3 minutos de arco, que posteriormente se registró a una malla de 1.000 m.

2.3. Usos del suelo

El programa CORINE (COOrdinate INformation on the Environment), gestionado por la Agencia Europea de Medio Ambiente proporciona información periódica sobre cobertura y uso del suelo a una escala espacial de 1:100,000. La edición correspondiente a 2006 del producto Land Cover (CLC versión 13; <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster>, acceso junio 2013) fue usada aquí.

2.4. Divisiones administrativas

Se usaron las unidades administrativas definidas por los niveles de Nomenclatura de Unidades Territoriales estadísticas (NUTS) 1, 2 y 3 para identificar respectivamente los límites nacionales, las comunidades autónomas, y las provincias del estado español. Estos datos son gestionados por Eurostat y consisten en capas vectoriales a escala 1:3,000,000. Se usó la actualización correspondiente a 2006 (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco_Geographical_information_maps/geodata/reference, acceso junio 2013).

2.5. Mapa forestal de España

El Mapa Forestal de España a escala 1:1.000.000 (MFE1000) es una generalización del producto equivalente más detallado a escala 1:200.000, correspondiente al período 1986-1997. En él se describen las principales formaciones vegetales de España, con atención especial a la vegetación forestal. A pesar de las limitaciones de detalle impuestas por la generalización de la escala espacial, la versión MFE1000 (Ruiz de la Torre, 2002) equivale perfectamente a la resolución del Mapa de Condición de la Tierra presentado aquí, y fue seleccionado para su interpretación. El producto fue proporcionado por el Banco de Datos de la Naturaleza de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal del MAGRAMA. Pueden encontrarse detalles completos en http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/mapa-forestal-de-espana/mfe_1000.aspx.

2.6. Mapa de Carbono Orgánico del Suelo en Europa

Se ha usado el Mapa de Carbono Orgánico del Suelo en Europa. Se trata de una iniciativa del European Soil Bureau (Joint Research Centre, Comisión Europea) para producir una línea de base o nivel de referencia frente al que evaluar futuros cambios en el Carbono Orgánico del Suelo (COS). El mapa muestra la distribución de COS (%) en los primeros 30 cm del suelo en Europa, a una resolución de 1 km. Esos valores de COS han sido modelados mediante funciones de pedo-transferencia relativos al suelo, uso y clima, usando datos contenidos en la European Soil Database. El mapa puede obtenerse tras un registro previo en http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/octop/octop_data.html (acceso junio 2013).

2.7. Período de estudio y sistemas de referencias

La metodología aplicada usa años hidrológicos (Glickman, 2000) para incluir ciclos completos de precipitación y evapotranspiración. Así, el período de estudio abarca diez años hidrológicos, desde el 1 de septiembre de 2000 hasta el 31 de agosto de 2010. El número de meses fijado para la precipitación antecedente fue de seis. Las resoluciones temporales fueron de 1 mes para la valoración de estados y de 1 año para el seguimiento de tendencias.

Todos los mapas y datos de partida fueron re-proyectados al principio del estudio para coincidir con la serie temporal de NDVI, preservando así la integridad de estos valores y facilitando los cálculos en éste y posteriores estudios. Por tanto, el sistema de referencia de trabajo consiste en coordenadas geodésicas en el datum

WGS84 (código 4326 del European Petroleum Survey Group, EPSG). La resolución espacial se aproxima a 1 km de arco sobre un círculo máximo. Los productos finales fueron entonces transformados a sistemas de referencia proyectados según la zona.

Aunque se han manejado tres áreas de estudio de manera independiente (territorio peninsular, archipiélago balear y archipiélago canario), el Mapa de Condición de la Tierra en España sigue las especificaciones del Real Decreto 1071/2007. Para ello las tres áreas han sido agrupadas en dos lotes:

- El territorio peninsular y Baleares forman un lote único. Su sistema de referencia final consiste en proyección UTM Huso 30 en el sistema ETRS89 (código EPSG 25830).
- Canarias forma un lote diferente, con sistema de referencia final en proyección UTM Huso 28 en el sistema REGCAN95 (código EPSG 4083).

Puede apreciarse que, en ambos lotes, las coordenadas proyectadas se han transformado a un solo Huso UTM (30 para península y Baleares, 28 para Canarias) con objeto de mantener el territorio correspondiente en una única capa.

Las imágenes en coordenadas geodésicas prevalecen en todos los casos si se detecta una inconsistencia con los datos proyectados correspondientes.