



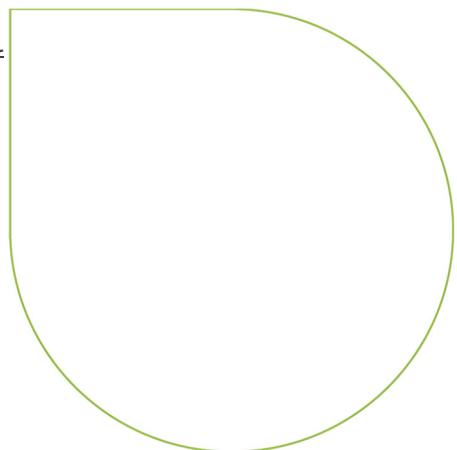
# EIKOS

SISTEMA DE SEGUIMIENTO  
TERRITORIAL DE LOS ECOSISTEMAS



## Alertas anuales clasificadas sobre la superficie forestal

Subsistema de Información Territorial



Financiado por  
la Unión Europea  
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,  
Transformación y Resiliencia

## Contenido

<b>1. Introducción</b>	1
<b>2. Objetivo</b>	2
<b>3. Información de referencia</b>	2
<b>4. Método de cálculo</b>	2
<b>5. Medios y programas utilizados</b>	5
<b>6. Fortalezas y debilidades</b>	5
<b>7. Unidad de medida</b>	6
<b>8. Ámbito geográfico</b>	6
<b>9. Periodicidad</b>	6
<b>10. Desagregaciones</b>	6
<b>11. Tipo de indicador (global, europeo, nacional)</b>	7
<b>12. Organismo responsable</b>	7
<b>13. Contacto</b>	7
<b>14. Bibliografía</b>	7

## 1. Introducción

La capa de alertas anuales clasificadas en la superficie forestal se genera anualmente de manera semiautomática, proporcionando información sobre las teselas forestales del Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (IEPNB), susceptibles de haber sufrido un cambio significativo en la cubierta vegetal (pérdida o ganancia de actividad vegetativa) respecto a unas condiciones de referencia.

Esta capa de alertas se genera por geoprocесamiento a partir de las alertas mensuales que afectan a la superficie forestal e información de referencia del IEPNB y su revisión posterior por fotointerpretación para verificar la precisión del producto.

Las alertas por pérdidas de vigor vegetal se obtienen comparando la actividad vegetativa de las cubiertas del mes en curso respecto a unas condiciones de referencia. Estas condiciones de referencia sintetizan la dinámica de la vegetación a lo largo de los últimos años y están definidas por el valor promedio y su desviación estándar. Su cálculo se basa en la evolución del índice de vegetación de diferencia normalizado, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*, Rouse et al., 1973), correlacionado con la actividad vegetativa y la productividad primaria en los ecosistemas terrestres (Cabello et al, 2012).

Las alertas por incendios se generan a partir del índice de incendio, BAIS2 (*Burn Area Index Sentinel-2*), y la información de referencia de EFFIS (*European Forest Fire Information System*) y FIRMS (*Fire Information for Resource Management System*).

## 2. Objetivo

El objetivo general del Subsistema de Información Territorial es la monitorización de los cambios en los ecosistemas naturales a partir de la evolución espacio-temporal de índices espectrales, derivados de las imágenes de satélite Sentinel y distintas fuentes de información de referencia.

Dentro de este marco, las alertas anuales clasificadas en la superficie forestal reflejan los principales cambios ocurridos en una masa forestal, ocasionadas por actividades antrópicas o naturales, y que se ven reflejadas en las imágenes como una pérdida (cortas, deforestaciones, incendios, etcétera) o ganancia de actividad vegetativa sobre las superficies identificadas con pérdidas de actividad vegetativa en la Foto Fija anterior.

## 3. Información de referencia

- **Imágenes de satélite Sentinel-2.** Colección "Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A" (Earth Engine, 2024). Imágenes en valores de reflectividad a nivel de superficie, BOA (de sus siglas en inglés *Bottom Of Atmosphere*), que incluye una corrección radiométrica y atmosférica.
- **Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales** (EFFIS, *European Forest Fire Information System*) facilita información sobre superficies quemadas en áreas forestales.
- **Hot Spot de FIRMS** (*Fire Information for Resource Management System*), proporciona información sobre incendios activos.
- **Mapa Forestal de España** (MFE) y su actualización de **Foto Fija** más reciente (FF) empleada para definir el ámbito de estudio, la superficie forestal.
- **Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas** (SIGPAC) del año en curso, utilizado para detectar los principales cambios de uso entre la superficie forestal del MFE y los distintos usos SIGPAC.
- **Alertas mensuales y anuales en la superficie forestal**, cambios ocurridos en una masa forestal, ocasionadas por actividades antrópicas o naturales, y que se ven reflejadas en las imágenes como pérdidas de la actividad vegetativa.
- **Capa de altura de la vegetación derivados de la segunda y tercera cobertura LiDAR PNOA.** Clasificada en cuatro intervalos de altura (inferior a 60 cm, entre 60 cm y 2 m, entre 2 y 4 m y más de 4 m), se utiliza como información auxiliar en la clasificación de las alertas por pérdidas de actividad vegetativa del estrato forestal.

## 4. Método de cálculo

Las alertas anuales clasificadas en la superficie forestal se generan de manera semiautomática anualmente, a año vencido, por geoprocесamiento, a partir de las alertas mensuales e información de referencia (MFE/FF y SIGPAC, principalmente), para todo el territorio nacional.

Éstas muestran el área susceptible de haber sufrido un cambio significativo en su cubierta vegetal por:

- Incendios o por pérdidas de actividad vegetativa en los estratos de forestal arbolado y desarbolado durante el año.
- Ganancias de actividad vegetativa en los recintos de pérdidas de la Foto Fija anterior (pérdidas de actividad vegetativa e incendios).

- Cálculo de ganancias y clasificación de las alertas por pérdidas.

La categoría de ganancias engloba repoblaciones, forestaciones de terrenos agrícolas y evolución natural de la vegetación. Los cambios por ganancias de actividad vegetativa, al ser cambios graduales, se analizan para los recintos de pérdida de la Foto Fija anterior.

Para estos recintos se calcula la tendencia (Tau Kendall) del índice de vegetación, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), para el período histórico. Cuando los valores de tendencia son positivos y significativos (p-value inferior a 5%), se asume que los resultados no son producto de la casualidad (Eastman, 2016) y por ende se infiere un incremento sostenido del vigor vegetal y, en consecuencia, una recuperación de la cubierta vegetal.

Debido a que la resolución espacial de Sentinel-2 (10-20 metros de tamaño de pixel) no permite identificar si las ganancias de actividad vegetativa se deben a una renaturalización o a una repoblación/forestación, éstas quedan englobadas en una única categoría.

En las alertas por pérdidas se diferencian dos categorías, las alertas por incendios que tienen prioridad sobre el resto de alertas y se consolidan directamente, y las alertas por pérdidas de vigor vegetal que se consolidan en la capa de alertas clasificadas cuando su frecuencia es igual o mayor a dos meses. Además, en las provincias con datos LiDAR, con antigüedad inferior a 4 años, se utiliza la capa de altura de la vegetación para depurar las pérdidas de vigor vegetal. De manera que solo quedan identificadas como pérdidas de vigor vegetal aquellos recintos con altura media mayor o igual a 4 m.

En la siguiente tabla se resumen los criterios aplicados en la clasificación de las alertas por pérdidas y de las alertas por ganancias para obtener los cambios anuales en la superficie forestal a su máximo nivel de desagregación.

Tabla 1: Criterios aplicados en la clasificación de las alertas.

Fuentes de información			
Alertas por OR	MFE-FF	SIGPAC	Clases finales FF por OR (N3_TIPOCAMBIO_TDT)
Pérdidas de vigor vegetal	Forestal arbolado	Forestal (FO), pastizal (PS, PA, PR) y matorral (MT)	Pérdida de vegetación de forestal arbolado
	Forestal arbolado	Usos no forestales, ni pastizales, ni matorrales	Conversión de forestal arbolado a no forestal
	Forestal desarbolado		Conversión de forestal desarbolado a no forestal
Incendio	Forestal arbolado		Incendios de forestal arbolado
	Forestal desarbolado		Incendios de forestal desarbolado
Ganancia de vigor vegetal	Recintos de cortas en la FF anterior		Corta de forestal arbolado en recuperación
	Recintos de incendios en forestal arbolado en la FF anterior		Incendio de forestal arbolado en recuperación
	Recintos de incendios en forestal desarbolado en la FF anterior		Incendio de forestal desarbolado en recuperación

Por tanto, las clases finales de la capa de alertas anuales clasificadas en la superficie forestal son:

- Pérdida de vegetación de forestal arbolado, pérdidas de actividad vegetativa en superficies forestales arboladas para aprovechamiento silvícola. Coincidén con usos SIGPAC de forestal, pastizal y matorral.
- Conversión a no forestal, pérdidas de actividad vegetativa en superficies forestales que según la información de usos de SIGPAC han pasado a ser agrícolas, artificiales o agua (no corresponden a usos de forestal, pastizal o matorral). Diferencia dos categorías en función de la formación forestal afectada: forestal arbolado y forestal desarbolado.
- Incendio, superficies afectadas por incendios, discriminando dos categorías en función de la formación forestal afectada: forestal arbolado y forestal desarbolado.
- Ganancia de vigor vegetal, ganancia de actividad vegetativa en recintos forestales con pérdidas de actividad vegetativa en la Foto Fija anterior, debido a incendios o cortas.

- Revisión de la capa de alertas anuales clasificadas

El último paso en la generación de la capa de alertas anuales clasificadas es una revisión por fotointerpretación de una muestra de los recintos de cambio, con el fin de verificar la calidad de la capa resultante. La muestra de recintos se selecciona aleatoriamente sobre los recintos de alerta (pérdidas y ganancias) mayores a 1 hectárea. Tomando como referencia un tamaño de la muestra del 10%.

Como información de referencia se utilizan las imágenes Sentinel-2 de los dos años de comparación, año en curso y año anterior. Además, de las ortofotos PNOA de máxima actualidad y la ortofoto previa. Sobre estas imágenes se comprueba la evolución de la vegetación en los recintos de alerta de la muestra, comprobando que la precisión global de las alertas a nivel provincial es igual o mayor al 80%. Si no se alcanzan estos valores se hace una revisión de la capa, depurando manualmente las clases que puedan acumular las mayores imprecisiones, volviendo a revisar la nueva versión.

## 5. Medios y programas utilizados

Los cambios anuales se generan por geoprocесamiento a partir de cruces espaciales de las alertas mensuales e información de referencia (MFE/FF y SIGPAC). Esta rutina se ejecuta desde una máquina virtual en Google Cloud Platform. Todos los procesos de cálculo de cambios anuales se generan con el lenguaje R desde el programa R Studio Server (Posit), el cual se despliega en un contenedor Docker.

La información de referencia (MFE/FF y SIGPAC) se procesa y prepara previamente en el software ArcGIS Pro de ESRI.

Finalmente, las capas de alertas anuales clasificadas, se almacenan en una base de datos PostGIS Cloud SQL.

## 6. Fortalezas y debilidades

Las alertas clasificadas, derivadas de las alertas mensuales y generadas de manera semiautomática mediante el cruce espacial con el MFE/FF y el SIGPAC, informan de los principales cambios ocurridos en la superficie forestal y constituyen el punto de partida para la elaboración de otras cartografías forestales, como la actualización anual del Mapa Forestal de España con base en Foto Fija.

En líneas generales, las precisiones por pérdidas de vigor vegetal ligadas a las clases de incendios, pérdidas de vigor vegetal y conversiones son altas, superiores al 80%.

En función del tipo de cubierta, las pérdidas de vigor vegetal mejor identificadas son las que afectan a superficies forestales arboladas. La clase que presenta mayores imprecisiones es la de desarbolado, fundamentalmente debido a su rápida recuperación en algunas zonas (por ejemplo, pastizales del norte peninsular).

En las pérdidas de vigor vegetal, las principales comisiones (falsos cambios) se deben a la presencia de elevada cobertura nubosa en zonas de montaña y a sequías en pastizales y dehesas, especialmente. Esta clase incluye cortas y aclareos de distintas intensidades y desbroces que, en ocasiones, solo eliminan el sotobosque de las plantaciones. En este último punto, el uso de los datos de altura de la vegetación derivada de los datos LiDAR PNOA contribuyen a minimizar las confusiones entre cortas, aclareos y desbroces.

Las omisiones (cambios no detectados) no se han evaluado, al no disponer de datos de verdad terreno sobre posibles pérdidas, ni realizarse una revisión exhaustiva del resto de la superficie forestal en la que no se han detectado cambios mediante el sistema de alertas.

Tampoco se ha evaluado la geometría del recinto (delimitación del polígono) ya que ésta puede ser muy variable y dependiente de la fecha de referencia de la imagen utilizada en la revisión, de la cubierta vegetal afectada (arbolado, matorral o pastizal), su capacidad de regeneración, severidad del cambio, etcétera.

En cuanto a la clase de ganancias, su cálculo se circunscribe exclusivamente a los recintos de pérdidas de vigor vegetal en la Foto Fija anterior y muestran los recintos que presentan un incremento sostenido de su actividad vegetativa en el periodo histórico.

Las ganancias, aunque con precisiones mayores al 80%, en general, reflejan la dinámica de las cubiertas herbáceas, correspondientes a los primeros estadios de recuperación de las cubiertas vegetales.

## 7. Unidad de medida

La unidad de medida es la superficie en hectáreas (ha) y la unidad mínima cartografiable es de 0,5 hectáreas.

## 8. Ámbito geográfico

El ámbito geográfico lo constituye todo el territorio nacional.

La información generada, es coherente con el resto de cartografía temática del IEPNB y está integrada en el módulo territorial (EIKOS) de la Plataforma de Gestión de la información de la DGBBD.

Su sistema de referencia, asociado a los códigos EPSG, es 25830 para Península y Baleares, y 32628 para Canarias (Decreto, 1071/2007).

## 9. Periodicidad

Este producto se viene generando desde 2021 y publicando desde 2024, año de implantación del Subsistema de información territorial, EIKOS.

## 10. Desagregaciones

Las alertas anuales clasificadas en la superficie forestal se desagregan en:

N1_ALERTA_TDT	N2_ALERTA_TDT	N3_ALERTA_TDT
Alerta: Pérdida de vigor vegetal	Alerta: Pérdida de vegetación	Alerta: Pérdida de vegetación de forestal arbolado
	Alerta: Conversión a no forestal	Alerta: Conversión de forestal arbolado a no forestal
		Alerta: Conversión de forestal desarbolado a no forestal
Alerta: Incendio	Alerta: Incendio	Alerta: Incendio de forestal arbolado
		Alerta: Incendio de forestal desarbolado
Alerta: Ganancia de vigor vegetal	Alerta: Ganancia de vegetación	Alerta: Corta de forestal arbolado en recuperación
		Alerta: Incendio de forestal arbolado en recuperación
		Alerta: Incendio de forestal desarbolado en recuperación

## 11. Tipo de indicador (global, europeo, nacional)

Nacional.

## 12. Organismo responsable

Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

## 13. Contacto

Banco de Datos de la Naturaleza (buzon-bdatos@miteco.es).

## 14. Bibliografía

Cabello, Javier & Alcaraz-Segura, Domingo & Lourenço, Patricia. (2012). *Funcionamiento de los ecosistemas de la Red de Parques Nacionales de España: detección de impactos recientes y desarrollo de un sistema de seguimiento y alerta a partir de herramientas de teledetección*.

Earth Engine. (2024). Data Catalog Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A. [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS\\_S2\\_SR\\_HARMONIZED](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR_HARMONIZED)

Eastman, J. (2016). Terrset: Geospatial Monitoring and Modeling System. Clark University.

Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España. Boletín Oficial del Estado, n. 207, de 29 de agosto de 2007.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D., Deering, W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, ERTS Third Symposium, NASA SP-351 I, pp. 309-317.