



# MEMORIA TÉCNICA DE LA ACTIVIDAD “ESTADÍSTICA DE LOS NIVELES DE ESTRÉS DE LA VEGETACIÓN EN ANDALUCÍA”

0. IDENTIFICACIÓN.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	6
3. RECOGIDA O CAPTURA DE DATOS.....	7
4. FLUJO O PROCESO DE TRABAJO.....	8
5. PLAN DE DIFUSIÓN.....	10
6. CALIDAD.....	11





## 0. IDENTIFICACIÓN

- **Código y denominación de la actividad:** 13.03.08 Estadística de niveles de estrés de la vegetación en Andalucía
- **Organismo responsable:** Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente
- **Unidad ejecutora:** Servicio de Análisis de la Información Ambiental
- **Organismos colaboradores y convenio:** -



## 1. INTRODUCCIÓN

- **Objetivos:**

Los objetivos de la estadística de los niveles de estrés de la vegetación de Andalucía son:

- Avanzar en el conocimiento del estado de la vegetación en Andalucía.
- Cuantificar la influencia de la sequía sobre el estado fisiológico de la vegetación en Andalucía.
- Obtener una cartografía de los niveles de estrés de la vegetación a través de la información suministrada por los satélites y explotarla estadísticamente en términos de superficie para el conjunto del territorio andaluz.

- **Marco conceptual:**

Una de las principales amenazas naturales que sufre la vegetación en la Región de Andalucía es el proceso de estrés hídrico, variable relacionada con otras de carácter climatológico (temperatura y precipitaciones) y biológicos (comportamiento de la especie a lo largo del año, estrategias de defensa frente a situaciones extremas, adaptación de la especie al medio, etc.). Este término trata de relacionar la presencia o ausencia de agua ante las necesidades de la planta. Para este seguimiento en la Consejería de Medio Ambiente se vienen utilizando los índices de vegetación que son una técnica específica dentro de la Teledetección.

Los sensores instalados en los satélites de observación de la tierra permiten cuantificar la capacidad de la cubierta vegetal para iniciar el proceso de fotosíntesis. Cuando existe un periodo de sequía, la capacidad de la vegetación para realizar la fotosíntesis se ve notablemente reducida, poniéndose de manifiesto por la respuesta espectral que proporciona la vegetación afectada.

La respuesta de la vegetación en buen estado fisiológico y sana se caracteriza por una sustancial absorción de la radiación en la región del rojo (660 nm) y una gran reflexión en la región del infrarrojo cercano (750-1100 nm). En la vegetación vieja, insana o sometida a condiciones de estrés, como es el caso en situaciones de sequía, se incrementa su reflectancia en el rojo mientras que la reduce en el infrarrojo cercano.

Sobre la base de este comportamiento espectral diferencial se sustenta la metodología para el análisis del estrés de la vegetación mediante técnicas de teledetección.

Son conceptos básicos que ayudan al entendimiento de la actividad:

- Estrés hídrico de la vegetación: designa la falta de agua en la vegetación, lo que da lugar a un descenso de la actividad clorofílica de la planta y por tanto aumenta los niveles de riesgo de ataques por plagas, enfermedades o incendios.
- Sequía: desde el punto de vista climático es un déficit relativo de humedad a lo largo de un periodo de tiempo, como consecuencia de un desequilibrio entre la precipitación y la evapotranspiración potencial.



- Índice de vegetación: es una combinación algebraica de los valores de las distintas bandas espectrales de una imagen de satélite. Proporciona una valiosa información sobre el estado de la cubierta vegetal. Concretamente para esta estadística se está utilizando el Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI).
- Imagen de satélite: se puede definir como la representación visual de la información capturada por un sensor a bordo de un satélite artificial de observación de la Tierra. Estos sensores recogen información reflejada por la superficie de la Tierra que luego es enviada al segmento terreno (centro de recepción y proceso) y que procesada convenientemente proporciona valiosa información sobre las características de la zona representada.

- **Marco jurídico:**

El desarrollo de esta actividad estadística se lleva a cabo por la Consejería con competencia en medio ambiente, quedando reflejada en el Catálogo de la Información Ambiental de Andalucía e integrada en el repositorio de la Rediam, en el cumplimiento de la legislación relativa al tratamiento de información ambiental (Directiva INSPIRE, Directiva 2003/4/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2003, sobre el acceso del público a la información ambiental y su posterior transposición a la legislación española mediante la Ley de acceso a la información ambiental, 27/2006 de 18 de julio).

Asimismo esta actividad estadística se ve afectada por la siguiente normativa:

- Ley 12/1989, de 9 de mayo, de la Función Estadística Pública.
- Ley 4/1989, de 12 de diciembre, de Estadística de la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Ley 9/2023, de 25 de septiembre, por la que se aprueba el Plan Estadístico y Cartográfico de Andalucía 2023-2029 y sus programas estadísticos y cartográficos de desarrollo.

- **Antecedentes:**

Desde el punto de vista de la estadística pública, esta actividad se inicia en 1996. En el campo de la teledetección existe una gran experiencia en la aplicación de estas técnicas al estudio de la vegetación, la hidrología, los suelos y otros aspectos ambientales.

- **Justificación y utilidad:**

Andalucía, debido a sus condiciones climáticas, presenta entre sus amenazas medioambientales principales el estrés hídrico de la vegetación. Por ello, en la Consejería con competencia en materia de medio ambiente se desarrolló una metodología para llevar a cabo un seguimiento del estado de la vegetación y de sus variaciones. Dichas variaciones, debidas a los estados fenológicos y respuestas a las condiciones climatológicas, se evalúan a través del indicador que cuantifica el estrés hídrico de la vegetación, basado en el uso de imágenes de satélite de alta cadencia (diaria) y baja resolución (todo el ámbito regional).

Es por ello justificado contar con instrumentos capaces de evaluar la magnitud del fenómeno a lo largo del tiempo.



- **Restricciones y alternativas:**

- **Restricciones externas:** Límites impuestos por la propia tecnología asociada (vida útil del sensor), retrasos en la puesta a disposición de las imágenes en los servidores habilitados para su descarga, problemas de disponibilidad de imágenes o falta de datos (completa o parcial de la región por limitaciones debidas a la presencia de nubes, brumas, sombras, humos,...)

Posibles recalibraciones que se lleven a cabo sobre toda la serie histórica de imágenes por parte del organismo responsable del programa de adquisición, tratamiento y diseminación.

- **Restricciones internas:** Limitaciones asociadas a la propia metodología que impide, por ejemplo, descender a niveles de desagregación territorial mayores. La mejora de la resolución espacial tiene el inconveniente de empeorar la cadencia temporal.

Por otro lado, se está trabajando con toda la información disponible de la cubierta terrestre sin diferenciación de uso y cobertura del suelo.

- **Alternativas:** Se lleva a cabo una constante actualización en el conocimiento de los avances en materia de teledetección (nuevos sensores y metodologías de análisis) que garanticen el mantenimiento en el tiempo del seguimiento del estado de la vegetación.

- **Comparabilidad territorial:**

No se han identificado trabajos similares, pero se proporcionan enlaces a iniciativas relacionadas con la monitorización de la cubierta terrestre y el estado de la vegetación a nivel europeo:

<https://www.copernicus.eu/es/servicios/vigilancia-terrestre>

<https://land.copernicus.eu/en>

<https://www.copernicus.eu/es/servicios/cambio-climatico>

[https://www.copernicus.eu/es/taxonomy/term/8?f%5B0%5D=domain\\_taxonomy\\_term\\_name%3AForestry](https://www.copernicus.eu/es/taxonomy/term/8?f%5B0%5D=domain_taxonomy_term_name%3AForestry)



## 2. ÁMBITO DE ESTUDIO

- **Objeto de estudio:** Vegetación natural y cultivada en Andalucía
- **Resolución, escala o desagregación del objeto de estudio:** Superficial
- **Fenómenos o variables:**

VARIABLE ESTADÍSTICA	Unidad	Ámbito Temporal	Marco Territorial	Desagregación Poblacional
<b>Niveles medios de estrés*</b>				
Distribución del territorio de Andalucía atendiendo al nivel medio de estrés de la vegetación que soporta	Porcentaje	Año Mes	Andalucía	Nivel de estrés
<b>Índice de vegetación normalizado**</b>				
Índice de vegetación medio	NDVI	Año Mes		

\* Nivel de estrés de la vegetación: valoración cuantitativa del nivel de estrés de la vegetación.

\*\* Índice de vegetación normalizado (NDVI): valor entre -1 y 1 que cuantifica la biomasa, la cantidad de vegetación en función del vigor clorofílico (menor cuanto más bajo es el índice).



### 3. RECOGIDA O CAPTURA DE DATOS

- **Sujeto informante:** Programa de Sistema de Datos de Estudio de la Tierra (ESDS) de la NASA.
- **Tipología de datos a suministrar:** Imágenes de satélite diarias, de estimación de la reflectancia espectral de la superficie de la Tierra (TERRA MODIS) en las bandas 1 y 2, de 250 metros de resolución espacial. (Producto MOD09GQ versión 6.1).
- **Periodicidad:** Anual.
- **Método de obtención:** El tipo de recogida de información es directa, obtenida de datos que suministran las imágenes de satélite que son descargadas de la plataforma habilitada por la NASA de forma gratuita.

Las imágenes TERRA MODIS ofrecen unas características especiales para este tipo de estudios como son: repetitividad diaria, existencia de una serie histórica de más de diez años, cuantificación de parámetros relacionales con el vigor clorofílico y la densidad de la vegetación.

<b>SENSOR (nivel procesamiento)</b>	<b>MODIS</b> (compuesto de máximo valor NDVI)	<b>MODIS</b> (reflectividad)
<b>AÑO ADQUISICIÓN</b>	<b>2002-2006</b>	<b>oct 2006-actualidad</b>
<b>SUMINISTRADOR</b>	LATUV*	NASA**
<b>CADENCIA</b>	<b>3 imágenes mes</b>	<b>1 imagen día</b>
<b>Indicador de Estrés de la Vegetación (Descripción)</b>	Análisis en conjunto del estado de la vegetación en la región. Resumen de la situación anual de la vegetación a partir del sumatorio de las superficies alcanzadas por los valores de estrés de la vegetación. Los datos absolutos se transforman en relativos, reflejando el porcentaje de píxeles afectados por estrés.	

\* Laboratorio de Teledetección de la Universidad de Valladolid.

\*\* National Aeronautics and Space Administration.



#### 4. FLUJO O PROCESO DE TRABAJO

- **Preparación y tratamiento base de la información:**

La información de base utilizada para el desarrollo de esta actividad estadística procede de imágenes de satélite. En el caso de las imágenes diarias TERRA MODIS son de distribución gratuita, y la descarga se lleva a cabo a través de la plataforma habilitada al efecto ([https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?p=C2343115666-LPCLOUD&pg\[0\]\[v\]=f&pg\[0\]\[gsk\]=-start\\_date&tl=1710226622.859!3!!&lat=19.06373734114686&long=-22.078125](https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?p=C2343115666-LPCLOUD&pg[0][v]=f&pg[0][gsk]=-start_date&tl=1710226622.859!3!!&lat=19.06373734114686&long=-22.078125))

La cadena de tratamientos posterior aplicados a las imágenes de satélite pasa por procesos de cambios de formato, cálculo de parámetros físicos, en este caso el Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizado (NDVI). Se utiliza la siguiente fórmula:  $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$ , donde NIR es la longitud de onda del infrarrojo cercano y Red es longitud de onda roja visible. De esta forma, cada pixel de la imagen tiene un valor de NDVI.

Para el estudio de la serie histórica se ha optado por el procedimiento de generar compuestos sintéticos mensuales que permiten reducir el volumen de información y por tanto facilita tanto el análisis como la interpretación de los datos.

El análisis del estrés hídrico de la vegetación a partir de los compuestos mensuales del NDVI se realiza a partir del indicador de estrés hídrico global (EHG) que realiza un análisis en conjunto del estado de la vegetación en la región.

- **Garantía del secreto estadístico y protección de datos personales.** Está garantizado el secreto estadístico ya que no se facilitan datos de carácter personal.

- **Codificación, estándares, nomenclaturas y clasificaciones utilizadas:**

Se reclasifican las imágenes en base a una asignación por niveles de NDVI. Los niveles oscilan entre la clase de vegetación sin actividad clorofílica y suelos desnudos, hasta la clase vegetación vigorosa. No se hace diferenciación entre vegetación natural y cultivada.

La obtención de patrones de comportamiento de distintas cubiertas vegetales, con el objetivo de la utilización de las imágenes de satélite, en la modelización para el cálculo del estrés hídrico en la vegetación, se ha llevado a cabo mediante visitas a campo.

Así, los niveles que se han utilizado en el estudio son:



Niveles de estrés	Clase	Rango valores de NDVI
Estrés máximo	4	0.000-0.102
Extremadamente alto	5	0.102-0.189
Muy alto	6	0.189-0.244
Alto	7	0.244-0.307
Moderado	8	0.307-0.362
Moderadamente bajo	9	0.362-0.465
Bajo	10	0.465-0.520
Muy bajo	11	0.520-1.000

- **Mantenimiento, conservación y actualización:**

La información se distribuye de forma gratuita en la página de descarga ([https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?p=C2343115666-LPCLOUD&pg\[0\]\[v\]=f&pg\[0\]\[gsk\]=--start\\_date&tl=1710226622!3!!&lat=-0.0703125&long=-0.0703125](https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?p=C2343115666-LPCLOUD&pg[0][v]=f&pg[0][gsk]=--start_date&tl=1710226622!3!!&lat=-0.0703125&long=-0.0703125))

Se ofrecen datos diarios del producto de interés (MODIS/Terra Surface Reflectance Daily L2G Global 250m SIN Grid V061). Estos datos son descargados mensualmente, una vez están disponibles a mes pasado.

La cadena de procesamiento de los datos se lleva a cabo de forma automatizada a través de scripts implementados con los parámetros de cálculo del indicador (NDVI, medias mensuales).

Análisis de los datos y representación gráfica de la evolución de estrés de la vegetación en hoja de cálculo estandarizada.

La normalización de los datos y metadatos siguen estándares reconocidos en términos de formatos y nomenclatura, y se ajustan a estándares de difusión reconocidos para productos estadísticos.

El indicador de estrés de la vegetación es actualizado con cadencia anual. Se integra en Rediam, y es puesto a disposición para su descarga.

[https://portalrediam.cica.es/descargas?path=%2F04\\_RECURSOS\\_NATURALES%2F01\\_BIODIVERSIDAD%2F01\\_VEGETACION\\_ECOSISTEMAS%2F01\\_VEGETACION\\_NATURAL%2F05\\_INDICADORES\\_SATELITE%2F03\\_ESTRESGLOBAL](https://portalrediam.cica.es/descargas?path=%2F04_RECURSOS_NATURALES%2F01_BIODIVERSIDAD%2F01_VEGETACION_ECOSISTEMAS%2F01_VEGETACION_NATURAL%2F05_INDICADORES_SATELITE%2F03_ESTRESGLOBAL)

Los datos se producen con carácter anual y alimentan la serie histórica existente desde 2002 hasta la actualidad.



## 5. PLAN DE DIFUSIÓN

- **Producto:** Estadística de estrés de la vegetación.

<https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/acceso-rediam/estadisticas/estadisticas-oficiales/estadistica-niveles-estres-vegetacion-andalucia?>

- **Tipo de resultados y formatos:** Tablas y gráficos en formato ods.
- **Periodicidad:** Anual
- **Usuarios:** No está previsto ningún procedimiento de evaluación de la satisfacción de la ciudadanía aunque existen mecanismos, como el Sistema Integral de Atención al Ciudadano mediante el cual pueden hacer llegar cualquier consulta o sugerencia en relación a la información ofrecida.



## 6. CALIDAD

- **Respecto al productor de los datos:**

- *Reproducibilidad del proceso:* El proceso metodológico requiere de conocimientos técnicos en materia de teledetección ( sensores, tratamiento de las imágenes de satélite y metodologías de análisis), por lo que cualquier persona no podría reproducirlo. No obstante, y como se desglosa en la memoria, la cadena de procesamiento de los datos se lleva a cabo de forma automatizada a través de scripts implementados con los parámetros de cálculo del indicador (NDVI, medias mensuales) y el análisis de los datos y representación gráfica de la evolución de estrés de la vegetación en hoja de cálculo estandarizada. La normalización de los datos y metadatos siguen estándares reconocidos en términos de formatos y nomenclatura, y se ajustan a estándares de difusión reconocidos para productos estadísticos. Por último, el indicador de estrés de la vegetación es actualizado y documentado en una ficha descriptiva estandarizada con los datos más relevantes con cadencia anual, y todo se integra en Rediam, y es puesto a disposición para su descargar.
- *Oportunidad:* Esta información se organiza y explota permitiendo el análisis comparativo de la evolución del estrés hídrico, y es puesta a disposición del usuario a través del catálogo de la Rediam y medios de difusión pertinentes al finalizar el año de estudio.
- *Puntualidad:* Los datos están disponibles en el momento esperado según lo programado.
- *Disposición y disponibilidad:* Cualquier persona puede acceder a la información publicada en la web. El acceso a los datos está normalizado y sigue las directrices de la Directiva INSPIRE permitiendo consultar la información por un sistema de descarga masivo así como servicios de mapa estándares del Open Geospatial Consortium o Web Map Service (WMS).

En cuanto a la información de partida, esta se distribuye de forma gratuita en la página de descarga ([https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?p=C2343115666-LPCLOUD&pg\[0\]\[v\]=f&pg\[0\]\[gsk\]=-start\\_date&tl=1710226622!3!!&lat=-0.0703125&long=-0.0703125](https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?p=C2343115666-LPCLOUD&pg[0][v]=f&pg[0][gsk]=-start_date&tl=1710226622!3!!&lat=-0.0703125&long=-0.0703125)).

- **Respecto a los procesos:** No definido.

- **Respecto a los resultados:**

- *Relevancia y utilidad:* Los sensores instalados en los satélites de observación de la Tierra permiten cuantificar la capacidad de la cubierta vegetal para iniciar el proceso de fotosíntesis. Cuando existe un periodo de sequía, la capacidad de la vegetación para realizar la fotosíntesis se ve notablemente reducida, poniéndose de manifiesto por la respuesta espectral que proporciona la vegetación afectada.

En este sentido, se mide la respuesta espectral de la vegetación a los fenómenos de reducción de la disponibilidad hídrica, siendo el indicador de Estrés hídrico de la vegetación un buen parámetro para relacionar el estado de la vegetación con la climatología.

En base al mismo, la Consejería con competencia en medio ambiente desarrolla un sistema de análisis que detecta los cambios fenológicos de la vegetación a lo largo del año y la respuesta



de la cubierta vegetal, entre otras afecciones, a situaciones de déficit hídrico, sirviendo de base para la caracterización a escala regional de la repercusión de la sequía sobre la vegetación.

- *Precisión y confiabilidad:* La respuesta espectral de la vegetación en buen estado fisiológico y sana se caracteriza por una sustancial absorción de la radiación en la región del rojo (660 nm) y una gran reflexión en la región del infrarrojo cercano (750-1100 nm). En la vegetación vieja, insana o sometida a condiciones de estrés, como es el caso en situaciones de sequía, se incrementa su reflectancia en el rojo mientras que la reduce en el infrarrojo cercano.

Sobre la base de este comportamiento espectral diferencial se sustenta la metodología para el análisis del estrés de la vegetación mediante técnicas de teledetección. El seguimiento del estrés hídrico de la vegetación se realiza en todo el territorio a través de imágenes obtenidas de forma diaria por los satélites de la serie MODIS para cada año hidrológico, de octubre a septiembre.

- *Nivel de estandarización o conformidad:* Los datos fuente de esta estadística se expresan como información espacial tipo ráster, en concreto, se almacenan en formato de imagen tipo Geotiff en su versión optimizada para la nube o Cloud Optimized Geotiff (COG) .

Los conjuntos de datos están descritos o catalogados siguiendo el estándar ISO 19139 cumpliendo con la Directiva INSPIRE. Los metadatos están publicados en el Catálogo de la Red de Información Ambiental de Andalucía y también se pueden consultar en el Catálogo de la IDE Andalucía.

Al ser datos raster, los valores son los valores de los elementos de la imagen (píxeles) por lo que no es de aplicación ningún tipo de vocabulario controlado.

La nomenclatura de las distintas imágenes o ficheros sigue una codificación o normalización propia no siguiendo un estándar reconocido por lo que se configura como un espacio de nombres específicos, pero normalizado, para este tipo de datos.

El acceso a los datos está normalizado y sigue las directrices de la Directiva INSPIRE permitiendo consultar la información por un sistema de descarga masivo así como servicios de mapas estándares del Open Geospatial Consortium o Web Map Service (WMS).

- *Esquema de calidad:* No definido.