

# Aplicación de la teledetección al seguimiento ecológico en la Red de Parques Nacionales

**Javier Cabello**

*Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (CAESCG)  
Departamento de Biología Vegetal y Ecología*

*Universidad de Almería  
La Cañada de San Urbano, 04120 Almería, España  
e-mail: [jcabello@ual.es](mailto:jcabello@ual.es)*

**Domingo Alcaraz-Segura**

*Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (CAESCG); Universidad Almería  
Departamento de Botánica, Universidad de Granada*



Grupo de Investigación  
Ecología de Zonas Áridas

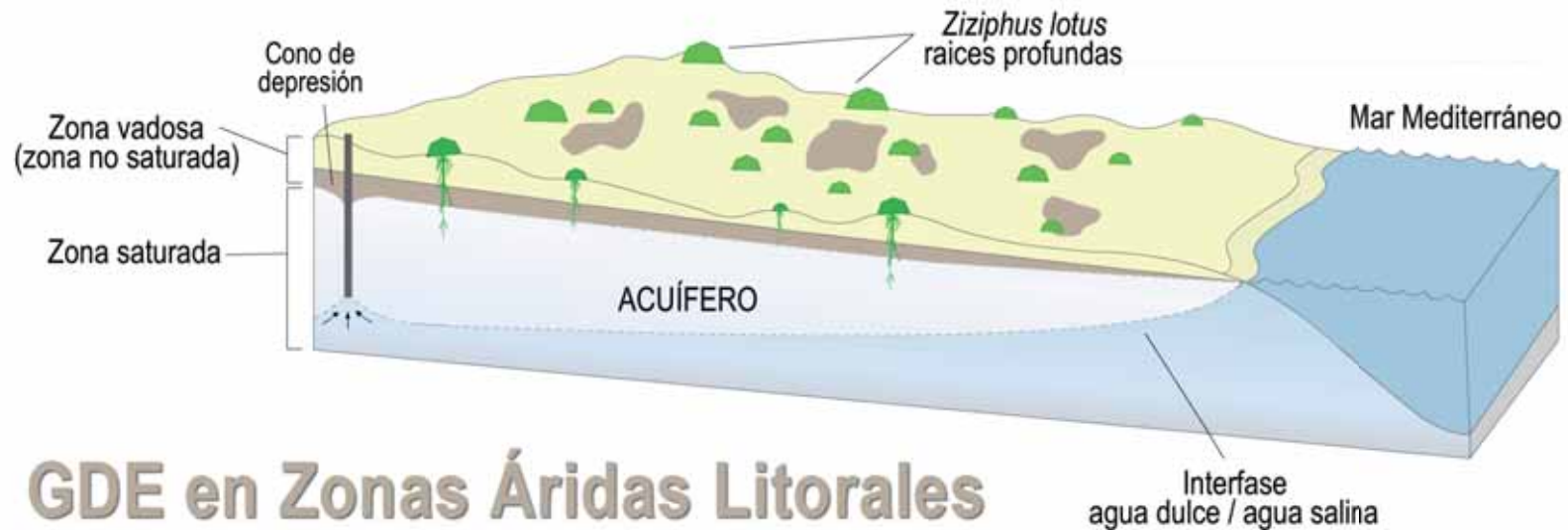


Universidad de Almería

## Introducción

## INTRODUCCIÓN: Marco conceptual

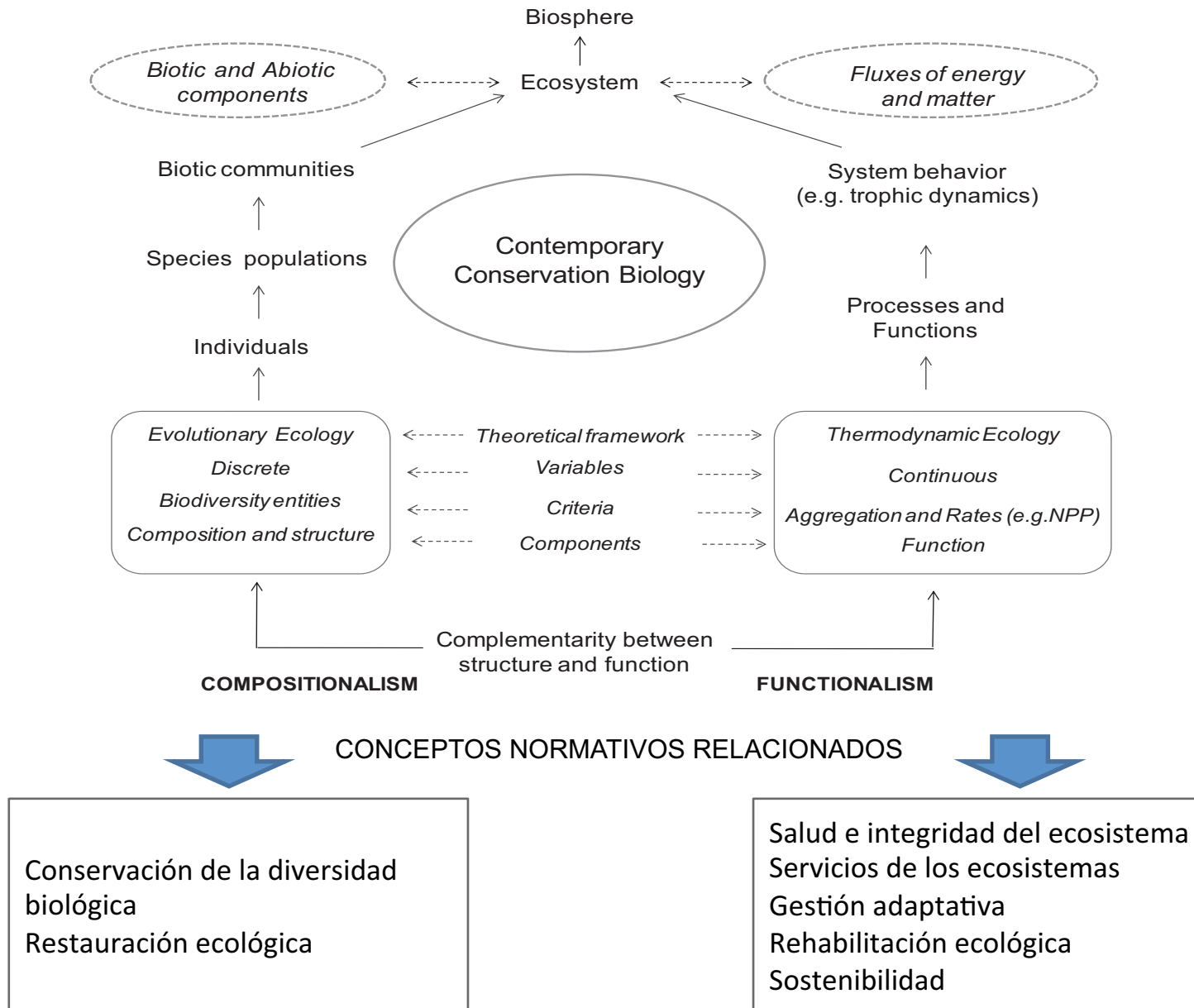
*Del inventario de la biodiversidad al seguimiento de los procesos ecológicos*



### GDE en Zonas Áridas Litorales

# INTRODUCCIÓN: Marco conceptual

## Del composicionalismo al funcionalismo



Basado en Callicot 1999 & Rodríguez 2011

## INTRODUCCIÓN: Características de los indicadores

*¿Qué características deben tener los indicadores para un programa de seguimiento?*

Requisitos indicadores	Ventajas
Informar al nivel de ecosistema	Ofrece una visión holística del estado de los ecosistemas y son más asimilables a los conceptos de salud e integridad ecosistémica
Tiempo de respuesta corto	Permite la gestión adaptativa y la detección temprana de impactos
Permitir el establecimiento de condiciones de referencia y su rango de variabilidad	Los estados de referencia son la alternativa más viable para evaluar el estado de conservación de los ecosistemas
Permitir una perspectiva regional del seguimiento	Más adecuada para distinguir entre anomalías locales y regionales, detectar tendencias y umbrales de cambio

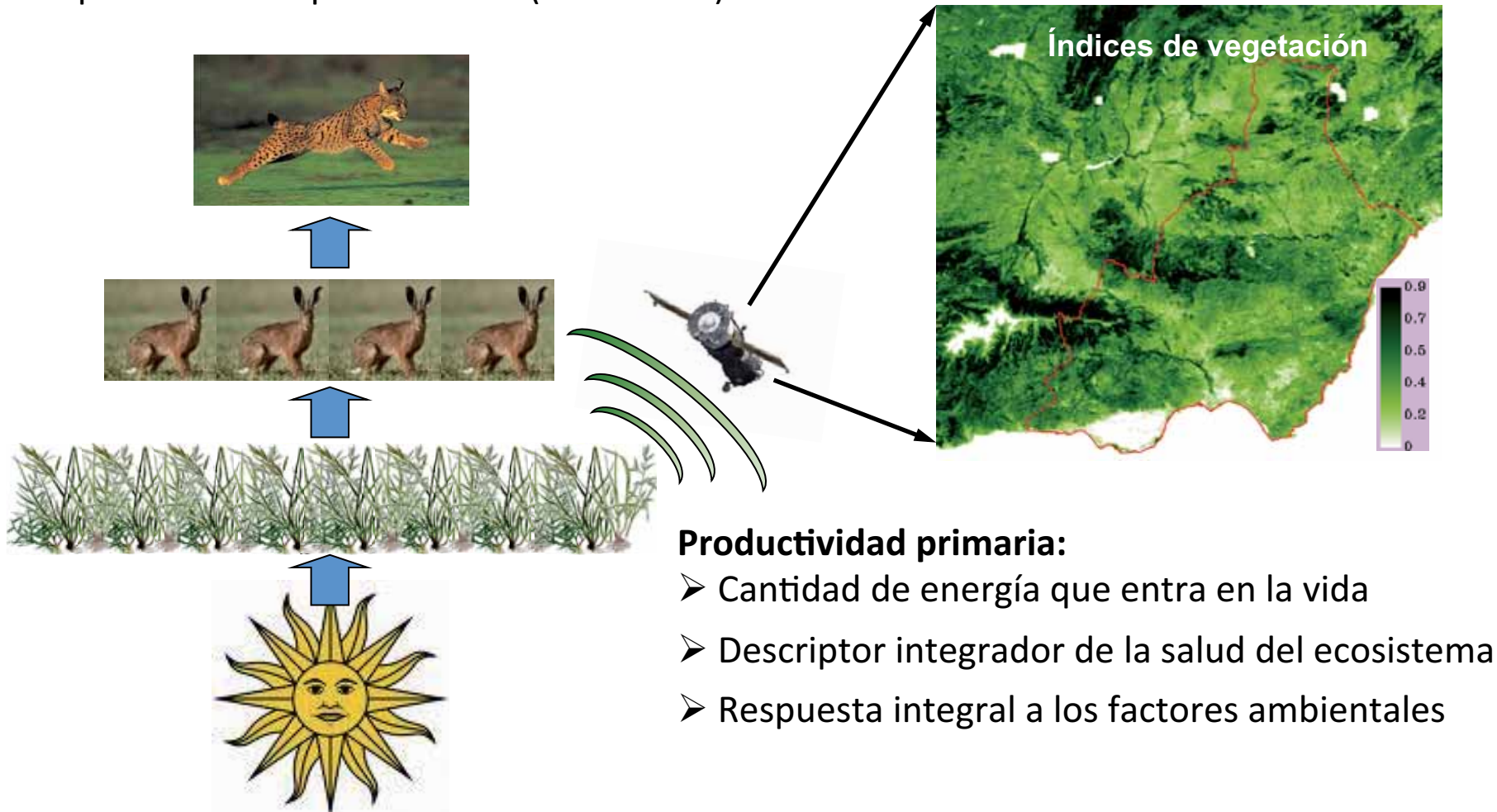
*Los atributos relacionados con el intercambio de materia y energía vegetación-atmósfera satisfacen estos requisitos:*

1. Ofrecen una respuesta a más corto plazo que as variables estructurales de la vegetación (fisiognomía y diversidad), lo que impide que la inercia en el mantenimiento de ésta frente a las perturbaciones pueda retrasar la percepción de los efectos sobre los ecosistemas
2. Permiten caracterizar cualitativa y cuantitativamente servicios ecosistémicos de un territorio (e.g. ganancias de carbono).
3. Se prestan al seguimiento mediante teledetección con mayor facilidad que los atributos estructurales.
4. Proporcionan una caracterización dinámica de los procesos de los ecosistemas.
5. Los índices espectrales están conectados con variables funcionales (productividad primaria, evapotranspiración, temperatura superficial, albedo).
6. Los índices de vegetación espectrales (NDVI, EVI) han sido satisfactoriamente usados para describir patrones regionales de la productividad primaria neta.

## INTRODUCCIÓN: Características de los indicadores

*¿Porqué estos atributos permiten caracterizar procesos ecológicos a nivel de ecosistema?*

- ✓ Los índices de vegetación espectrales (NDVI o EVI) representan subrogados de la productividad primaria neta(NDVI o EVI)



**Características del Sistema de Seguimiento ecológico de la  
Red de PPNN basado en la teledetección**



# CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

*El sistema surge de los trabajos realizados en el marco de un proyecto de investigación del OAPN*

Nº REFERENCIA DEL PROYECTO:066/2007

ORGANISMO AUTONOMO DE PARQUES NACIONALES  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

Ayudas a la investigación en materias relacionadas con la Red de Parques Nacionales

## MEMORIA JUSTIFICATIVA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

Fecha de Resolución de Concesión: 17/12/2007

## INFORME FINAL.

Investigador Principal: Javier Cabello Piñar

Título del Proyecto: *Efectos del cambio global sobre el funcionamiento de los ecosistemas de la Red de Parques Nacionales Españoles: impactos recientes y desarrollo de un sistema de seguimiento.*

Palabras clave (máximo cinco):

Parque Nacional en el que se realiza el proyecto: Sierra Nevada. También se aportan resultados para Doñana, Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, Cabañeros, Monfragüe, Ordesa y Monte Perdido y Picos de Europa.

Entidad solicitante: Universidad de Almería

Fecha: 30 de marzo de 2011

PLAN DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

INFORME TÉCNICO

GUÍA PARA LA INCORPORACIÓN DE LA  
TELEDETECCIÓN AL SEGUIMIENTO DE LA  
RED DE PARQUES NACIONALES DE ESPAÑA

Javier Cabello Piñar<sup>(1)</sup>  
Domingo Alcaraz-Segura<sup>(1)(2)</sup>  
Patricia Lourenço<sup>(1)</sup>  
Andrés Reyes<sup>(1)</sup>

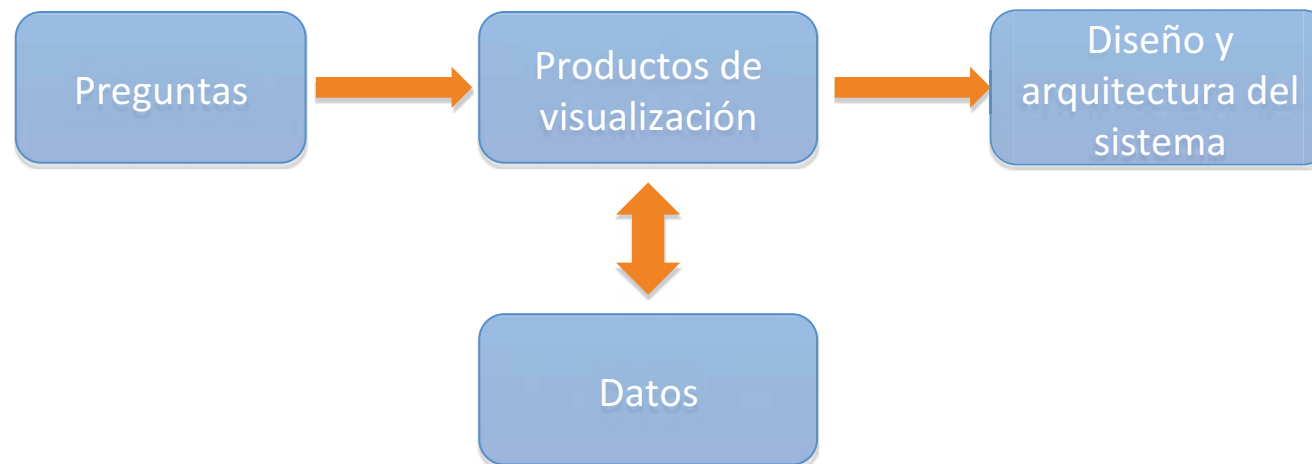
(1) Centro Andaluz para la Evaluación del Cambio Global  
Dpto. Biología Vegetal y Ecología  
Universidad de Almería  
(2) Dpto. Botánica  
Universidad de Granada

Abril 2012

## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

### *Requisitos para su diseño y arquitectura*

1. Orientado a la gestión.
2. Concebido como una herramienta “viva”, y que permita un seguimiento global (comparación con otras regiones) y abierto a la sociedad.
3. Contar con un flujo de trabajo científico transparente.



### *Alcance del sistema de seguimiento*

1. Permitirá trabajar a todas las escalas espaciales en las que se enmarcan los ecosistemas terrestres de España: nacional, Red, ecosistema.
2. Serie temporal comienza en el año 2000.
3. Sistema de seguimiento y alerta: validación de lo ocurrido + identificación y corrección de problemas actuales.

## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

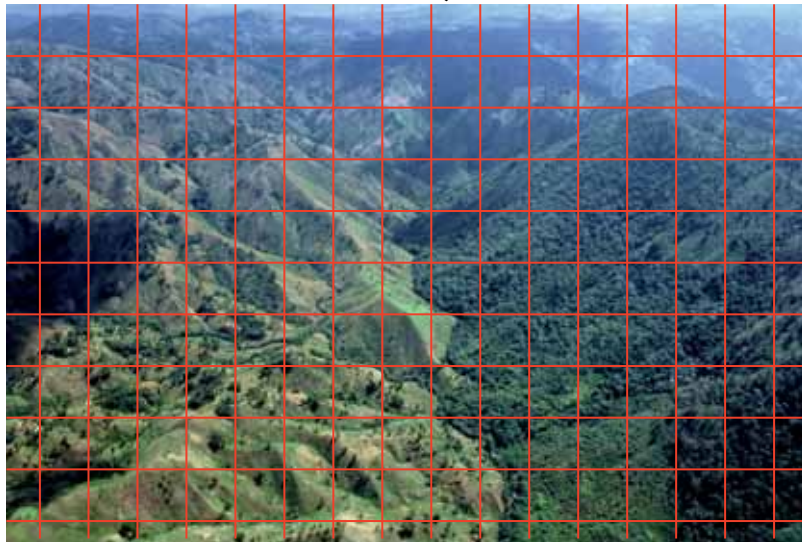
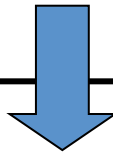
### *Se apoya en 5 pilares básicos*

1. La naturaleza espacial de las imágenes de satélite permite evaluar desde regiones completas hasta ecosistemas o situaciones concretas.
2. Los índices espectrales permiten evaluar (de forma indirecta) la salud e integridad de los ecosistemas.
3. La parametrización de la curva anual de los índices de vegetación espectrales (IV) permite derivar atributos o indicadores de 3 factores clave del funcionamiento de los ecosistemas: productividad, estacionalidad y fenología.
4. A través de estos atributos se pueden establecer las condiciones de referencia frente a las que evaluar los cambios que se producen.
5. El análisis de largas series temporales permite identificar tendencias de cambio direccionales, lo que resulta muy útil bajo la perspectiva del cambio global.

## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

1. La naturaleza espacial de las imágenes de satélite permite evaluar desde regiones completas hasta ecosistemas o situaciones concretas

Ecología regional	Ecología aplicada y gestión
<p>Un conjunto amplio de píxeles contiguos representa un bioma, una ecorregión, un paisaje o una unidad administrativa.</p>	<p>Píxeles concretos representan parcelas de muestreo para diferentes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Ecosistemas.</li><li>- Prácticas de gestión.</li><li>- Usos del suelo.</li><li>- ...</li></ul>



CARTOGRAFÍAS TEMÁTICAS



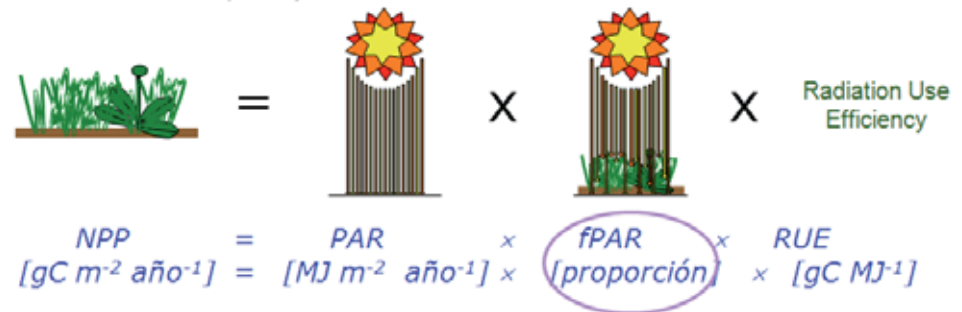
EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS, SITUACIONES E IMPACTOS

# CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

2. Los IV muestran una estrecha relación con la fracción de la radiación que es usada por las plantas (fPAR), un parámetro útil para estimar la productividad primaria neta.

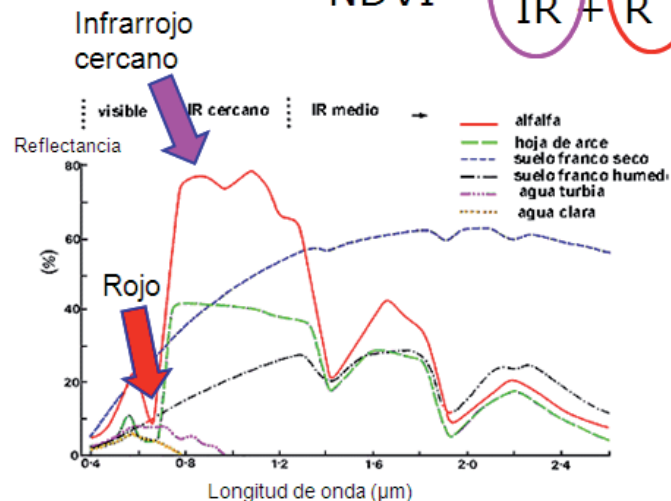
A escala regional los ecólogos emplean para estimar la productividad primaria un modelo sencillo basado en la eficiencia máxima de captación de carbono (CO<sub>2</sub>) en plantas por unidad de luz solar que absorben las hojas (MODELO DE MONTEITH, 1972).

Modelo de Monteith (1972):



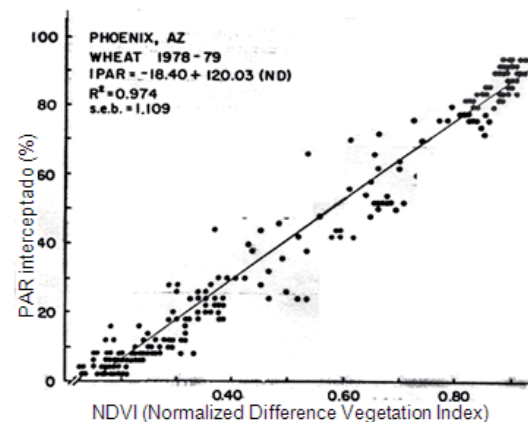
Índice Verde Normalizado  
(Normalized Difference Vegetation Index)

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R}$$



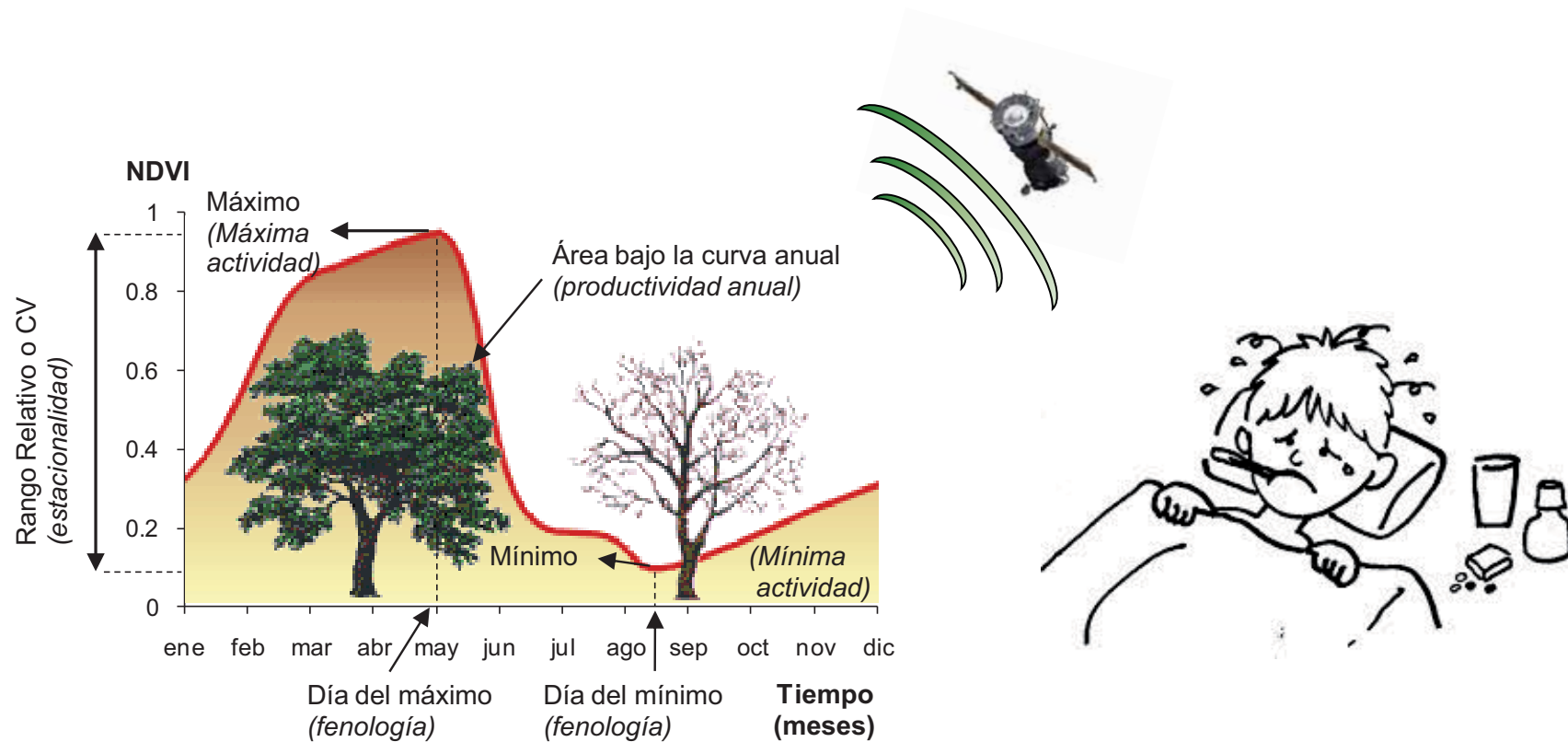
$$fPAR \sim f(NDVI)$$

$$fPAR = a + b NDVI$$



## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

### 3. La parametrización de la curva anual de los índices espectrales de vegetación permite derivar atributos que describen el funcionamiento del ecosistema



Estos indicadores capturan casi toda la variabilidad. Alcaraz-Segura et al. (2006).  
Figura modificada de G. Baldi (<http://lechusa.unsl.edu.ar>)

## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

Los atributos funcionales derivados de índices espectrales tienen significado biológico

Tabla 1. Atributos derivados de la curva estacional de los índices espectrales de vegetación (NDVI y EV) y sus características. Adaptado de Pettorelli y col. (2005).

Atributo	Tipo de medida	Definición	Significado biológico	Comentarios
<b>NDVI-I</b>	Productividad total y biomasa	Suma de valores positivos de NDVI en un período de tiempo	Productividad anual de la vegetación	No es relevante cuando la calidad es tan importante como la cantidad (e.g. herbívoros muy selectivos)
<b>Máximo NDVI</b>	Productividad total y biomasa	Máximo NDVI en el año	Productividad anual de la vegetación	Sensible a falsos picos y 'ruido'
<b>Rango relativo de NDVI</b>	Variabilidad <i>intra</i> -anual en productividad	(Máximo NDVI - Mínimo NDVI) / NDVI-I	Permite comparaciones de estacionalidad	Sensible a falsos rangos debidos a "outliers"
<b>Tasa de incremento o detrimento de NDVI</b>	Fenología	Pendiente entre valores de NDVI en diferentes fechas. Pendiente de la curva logística de una serie temporal de valores de NDVI	Tasa de brotado y senescencia	Sensible a falsos picos y 'ruido'
<b>Fecha de comienzo o final de estación de crecimiento</b>	Fenología	Fechas estimadas a partir de valores umbral o con el método de medias móviles	Comienzo de brotado	La precisión está ligada a la escala temporal de los datos (mayor frecuencia supone peor calidad de datos)
<b>Duración de la estación de crecimiento</b>	Fenología	Tiempo con valores de NDVI > 0 o período entre inicio y final de estación de crecimiento	En sistemas con marcada estacionalidad, número de días con producción de biomasa	Sensible a falsos picos y 'ruido'
<b>Momento de máximo NDVI</b>	Fenología	Fecha en la que se registra el valor máximo de NDVI	Momento de máxima producción de materia seca	Sensible a falsos picos y 'ruido'

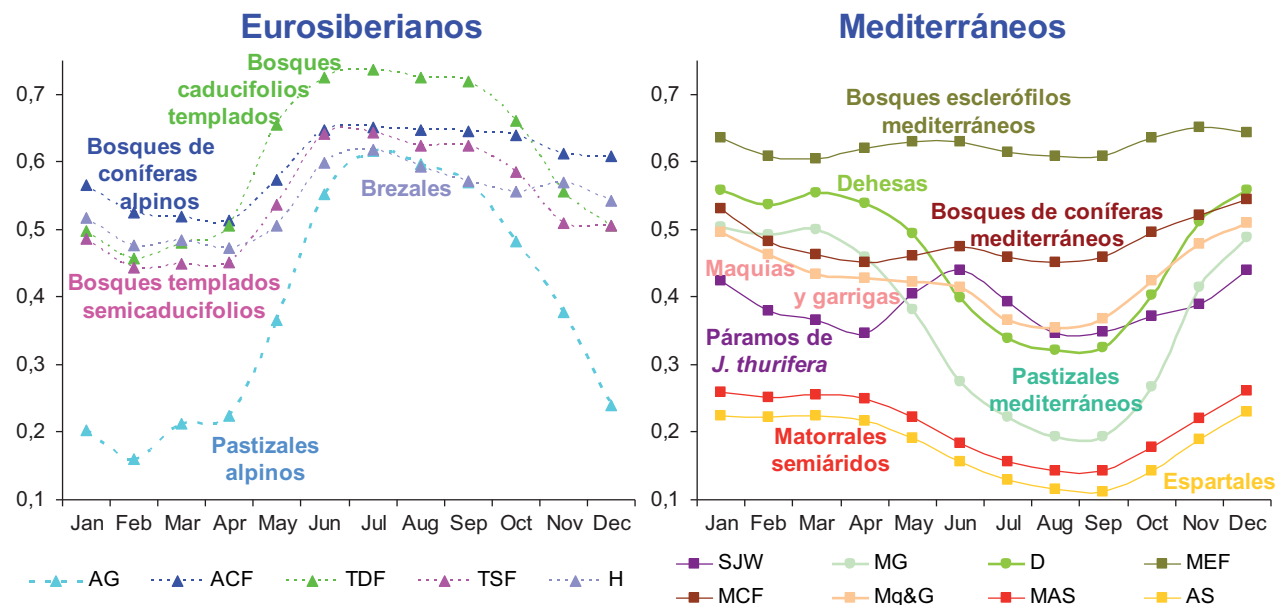


## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

4. A través del empleo de estos atributos se pueden caracterizar de las condiciones de referencia frente a las que evaluar los cambios en los ecosistemas



Las curvas anuales de NDVI y su variabilidad: una forma de caracterizar las condiciones de referencia



## CARÁCTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

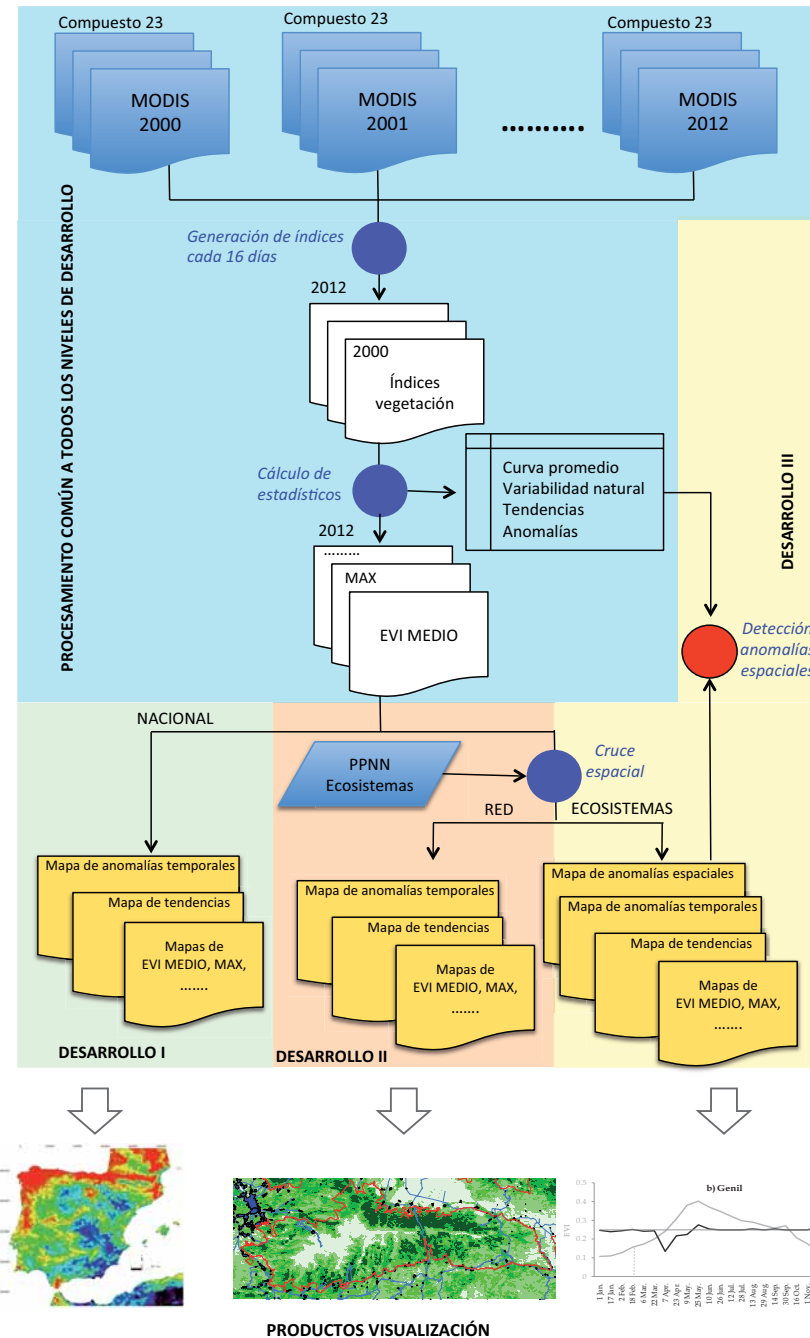
5. El análisis de largas series temporales permite identificar tendencias de cambio direccionales, lo que resulta muy útil bajo la perspectiva del cambio global.



[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=e0vj-0imOLw](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=e0vj-0imOLw)

# CARÁCTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

*Configuración general y niveles de desarrollo del sistema*



## CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGUIMIENTO

### *MOD13Q1 un productos de observación de la Tierra muy útil para el seguimiento de los ecosistemas*

1. MODIS: ampliamente usados para la evaluación del impacto del cambio global y en diferentes disciplinas (oceanografía, biología, ciencias de la atmósfera, agricultura, ganadería, etc).
2. Producto MOD13Q1 para el seguimiento de la vegetación: imágenes TERRA-MODIS de NDVI y EVI cada 8 y 16 días (EVI tiene una sensibilidad mejorada en regiones con gran cantidad de biomasa).
3. Estos compuestos minimizan problemas como los derivados de la presencia de nubes.
4. Resolución espacial: 230 x 230 m.
5. La serie temporal comienza en el 2000.
6. Permiten comparaciones espaciales y temporales del estado de la vegetación mundial.
7. Se proveen mediante un sistema de celdas o “tiles” bajo proyección sinusoidal.
8. Es gratis.



## **Preguntas de gestión y productos visualización**

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

*El diseño del sistema de seguimiento parte de preguntas de gestión y ecología*

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Niveles de estudio*</b>	<b>Preguntas de gestión</b>
Estimación de valores medios de los atributos funcionales	Nacional	¿Cómo varían en el espacio los principales descriptores del funcionamiento de los ecosistemas en España?
	Red Ecosistemas	¿Cuáles son las condiciones de referencia de los parques/ecosistemas?
Estimación de las tendencias de los atributos funcionales y su nivel de significación	Nacional	¿Cómo están cambiando los ecosistemas españoles?
	Red Ecosistemas	¿Existe alguna tendencia de cambio direccional en los parques/ecosistemas? ¿Qué parques están cambiando más?
Estimación de las anomalías temporales y eventos extremos	Red Ecosistemas	¿Cómo se ha comportado el parque/ecosistema en el último período analizado (quincena, mes, estación, año) con respecto a la serie histórica? ¿Cómo se viene comportando el parque/ecosistema en el año en curso con respecto al mismo período en años anteriores?
	Ecosistemas	¿Qué áreas/localidades por las que se distribuye un ecosistema muestran un comportamiento anómalo o extremo?

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

*3 Indicadores, 6 parámetros, 3 escalas espaciales, 3 análisis temporales y 2 tipos de variabilidad*

<b>Indicadores seguimiento</b>	<b>Parámetros seguimiento</b>	<b>Escalas espaciales</b>	<b>Análisis temporales</b>	<b>Tipos de Variabilidad</b>
Productividad →	NDVI-I, MAX, MIN	País	<u>Intra-anual</u>	Espacial
Estacionalidad →	<u>CVestacional</u>	Red	Interanual (Saltos bruscos)	Temporal
Fenología →	DMAX, DMIN	Ecosistema	Interanual (Tendencias)	

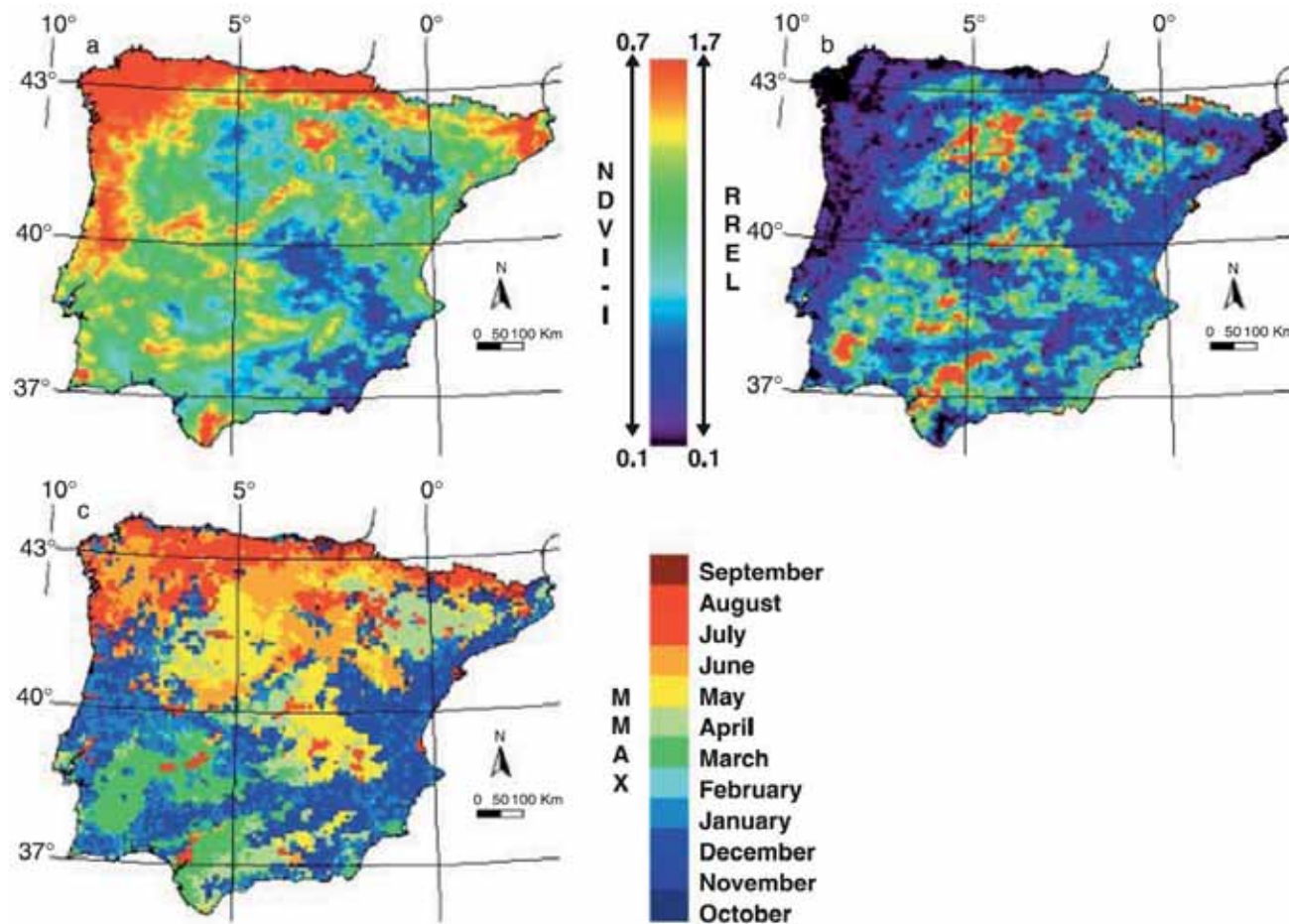
### *Dos tipos de productos de visualización: mapas y gráficos*

1. **Mapas:** Para mostrar los patrones espaciales de la variable elegida en cada caso. Varios tipos dependiendo del nivel de estudio:
  - mapas de todo el territorio nacional,
  - mapas de la red de parques,
  - mapas de parque,
  - mapas de ecosistemas concretos dentro de un parque.
2. **Gráficos:** Para mostrar la dinámica anual de los atributos funcionales (curvas anuales) o las diferencias entre parques/ecosistemas en relación al atributo seleccionado (gráficos de barras, boxplots, ..).



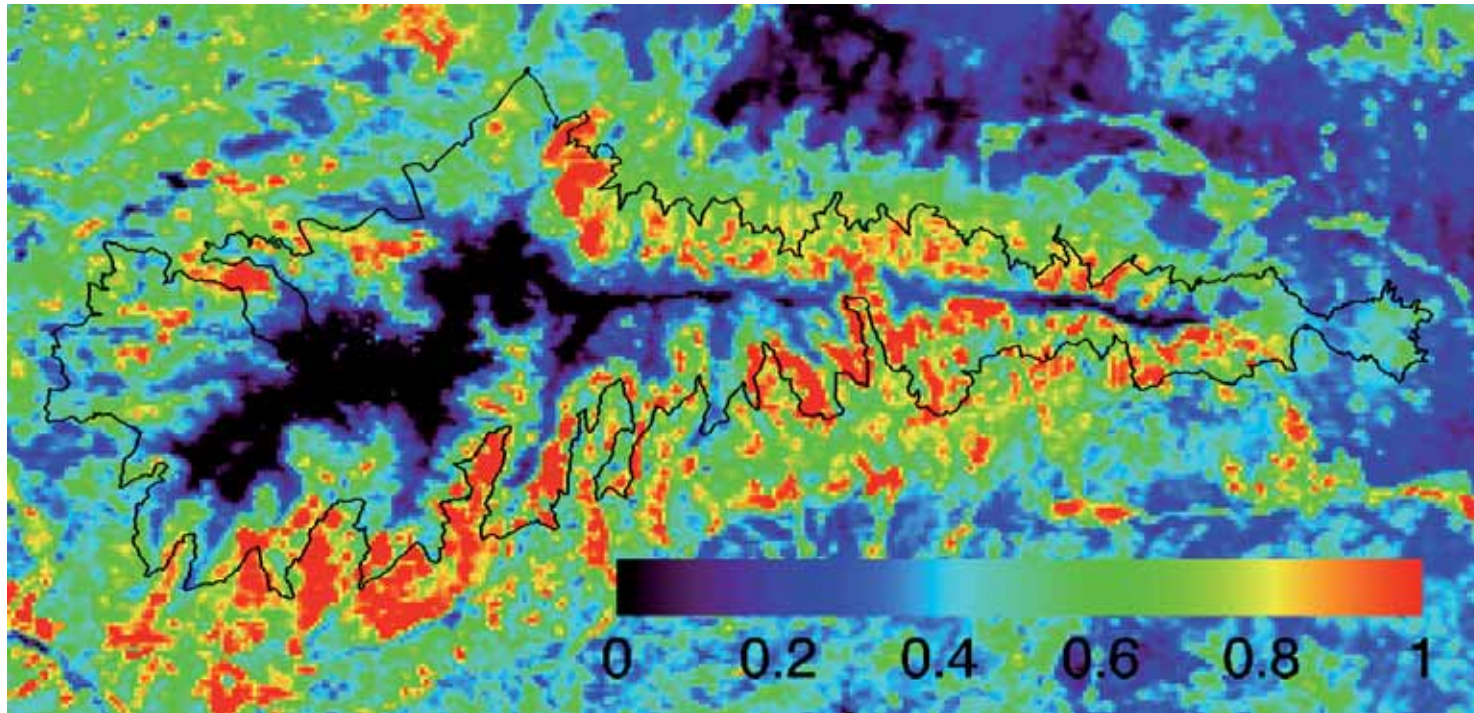
**Evaluación de las condiciones de referencia: mapas y  
gráficos**

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN



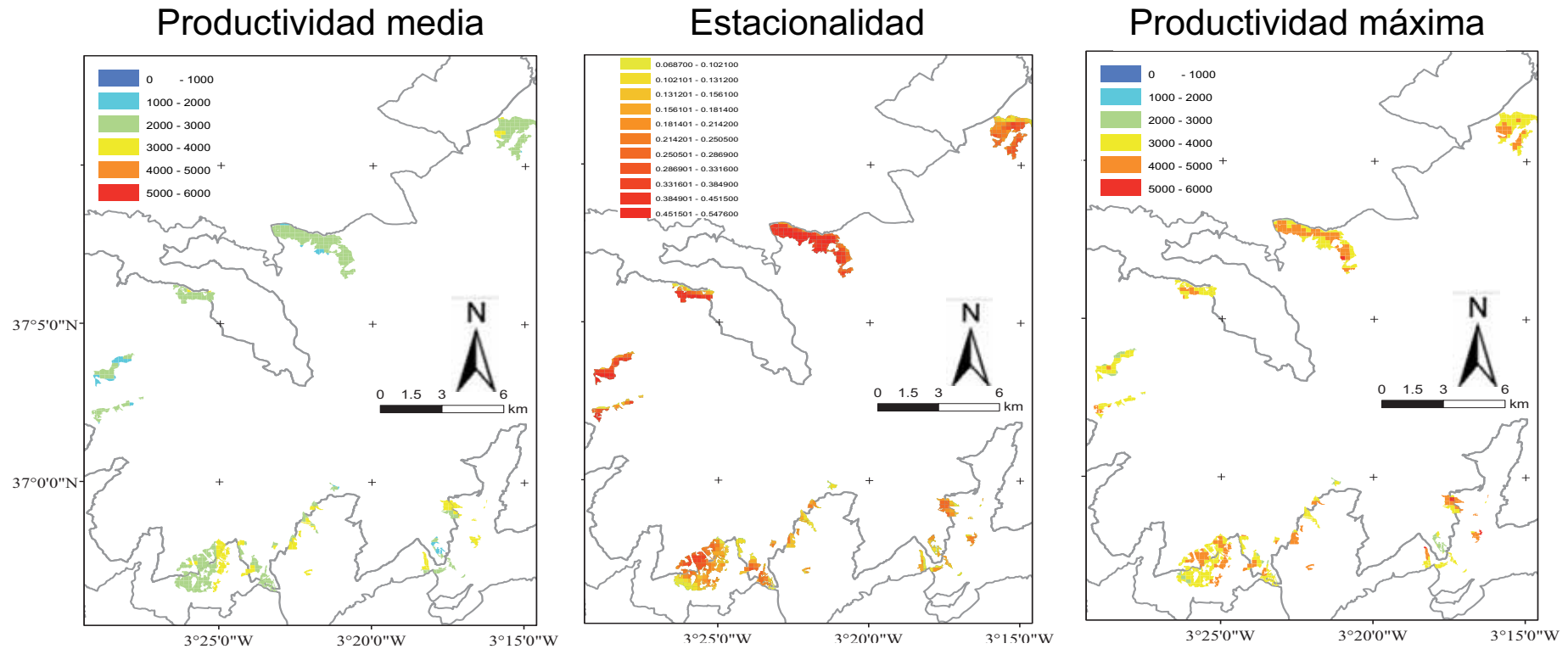
*Mapas tipo 1. Caracterización funcional de los ecosistemas de España: (a) Annual integral del NDVI (NDVI-I, productividad), (b) Rango relativo anual de NDVI (RREL; estacionalidad), and (c) mes del máximo de NDVI (MMAX, fenología). Se podrían ofrecer mapas de periodos o estaciones del año (no se muestra ejemplo) y otros atributos funcionales como el MAX, MIN, etc... Tomado de Alcaraz-Segura et al. (2006). Global Ecology and Biogeography.*

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN



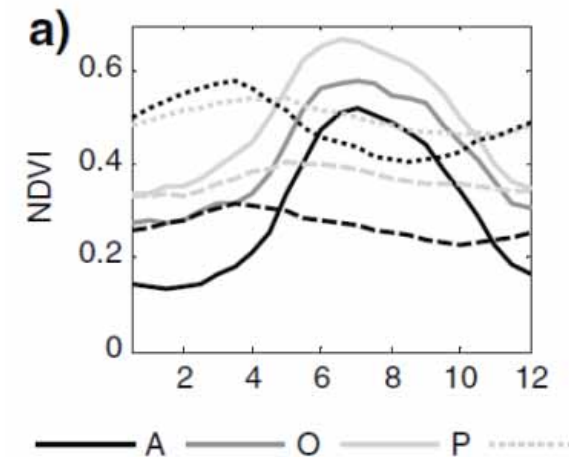
*Mapa tipo 1. Caracterización funcional a escala de parque. Ejemplo: mapa del EVI\_medio\_anual para Sierra Nevada.*

¿Cuáles son las condiciones de referencia de los robledales de Sierra Nevada?

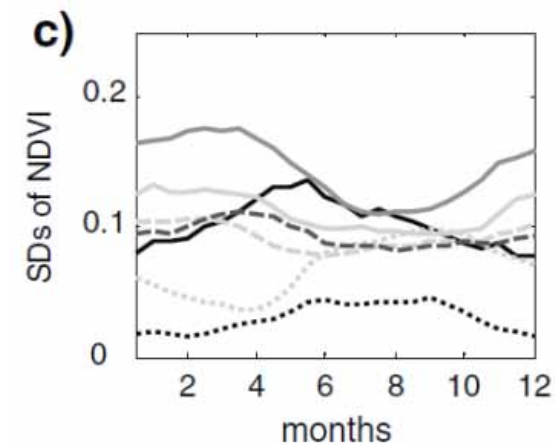


Mapas tipo 1. Caracterización funcional a escala de ecosistema. Píxeles con un 70% o más de robledales de roble melojo de Sierra Nevada. Tomado de Dionisio et al. (2012), In Tech.

*¿Cuál es la dinámica anual de la productividad en cada parque?*



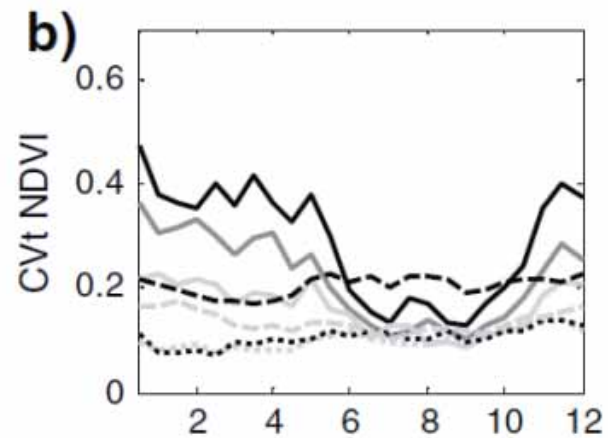
*¿Qué parque presenta una mayor variabilidad espacial en la productividad? ¿Es constante dicha variabilidad a lo largo del año?*



— A — O — P ..... C ..... M ..... S ..... D

Gráfico tipo 1. Condiciones de referencia y su rango de variabilidad de la dinámica estacional del EVI para cada parque nacional (Evaluación a escala de Red). 1982-2006. A: Aigüestortes i E. S. Maurici; O: Ordesa y Monte Perdido; P: Picos de Europa; C: Cabañeros; M: Monfragüe; S: Sierra Nevada; D: Doñana. Tomado de Alcaraz-Segura et al. (2009). *Environmental Management*.

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN



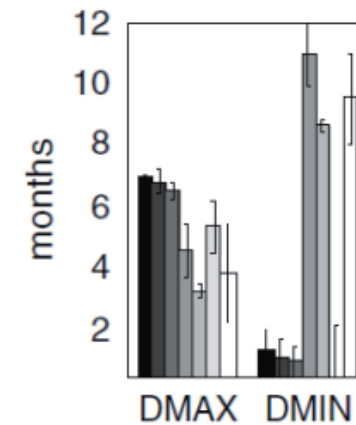
*¿Qué parque presenta mayor variabilidad a lo largo de los años en la productividad? ¿Es constante dicha variabilidad a lo largo del año?*

— A — O — P ..... C ..... M - - - S - - - D

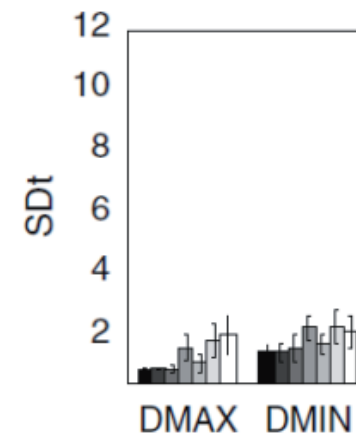
*Gráfico tipo 1. Condiciones de referencia y su rango de variabilidad de la dinámica estacional del EVI para cada parque nacional (Evaluación a escala de Red). 1982-2006. A: Aigüestortes i E. S. Maurici; O: Ordesa y Monte Perdido; P: Picos de Europa; C: Cabañeros; M: Monfragüe; S: Sierra Nevada; D: Doñana. Tomado de Alcaraz-Segura et al. (2009). Environmental Management.*

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

*¿Cuáles son las diferencias fenológicas –fecha del máximo y del mínimo- en el verdor de la vegetación?*



*¿Qué parque presenta mayor variabilidad a lo largo de los años en la fenología del verdor de la vegetación – fecha del máximo y del mínimo- ?*



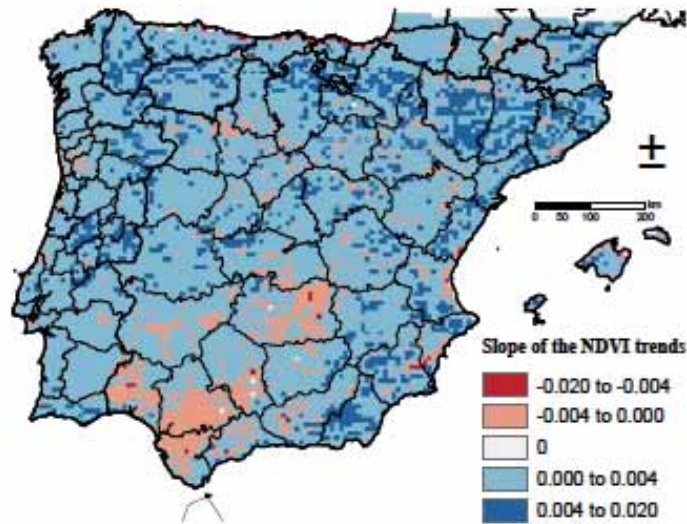
■ A ■ O ■ P ■ C ■ M ■ S ■ D

*Gráfico tipo 2. Condiciones de referencia de los atributos funcionales derivados de la dinámica estacional del EVI para cada parque nacional (Evaluación a escala de Red).*

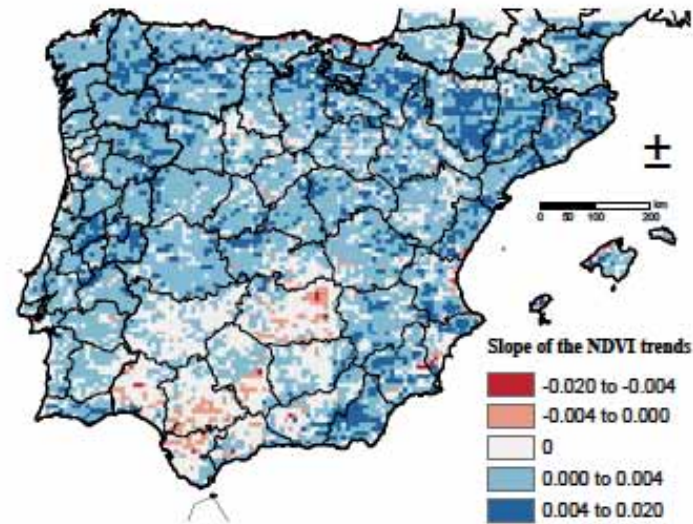
**Evaluación de las tendencias del verdor de la vegetación:  
mapas y gráficos**



# PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN



a) p-value < 1 (todas las pendientes)



b) p-value < 0.05 (pendientes significativas)

Refinar búsqueda

Limpiar filtro(s)

▶ Escalas

▼ Horarios del vuelo

Llegada (to MAD)

Salida  Llegada

Salida 09:00 Lun – 10:30

Vuelta (a AGP)

Salida  Llegada

Salida 15:00 Dom – 23:00

▼ Aerolíneas

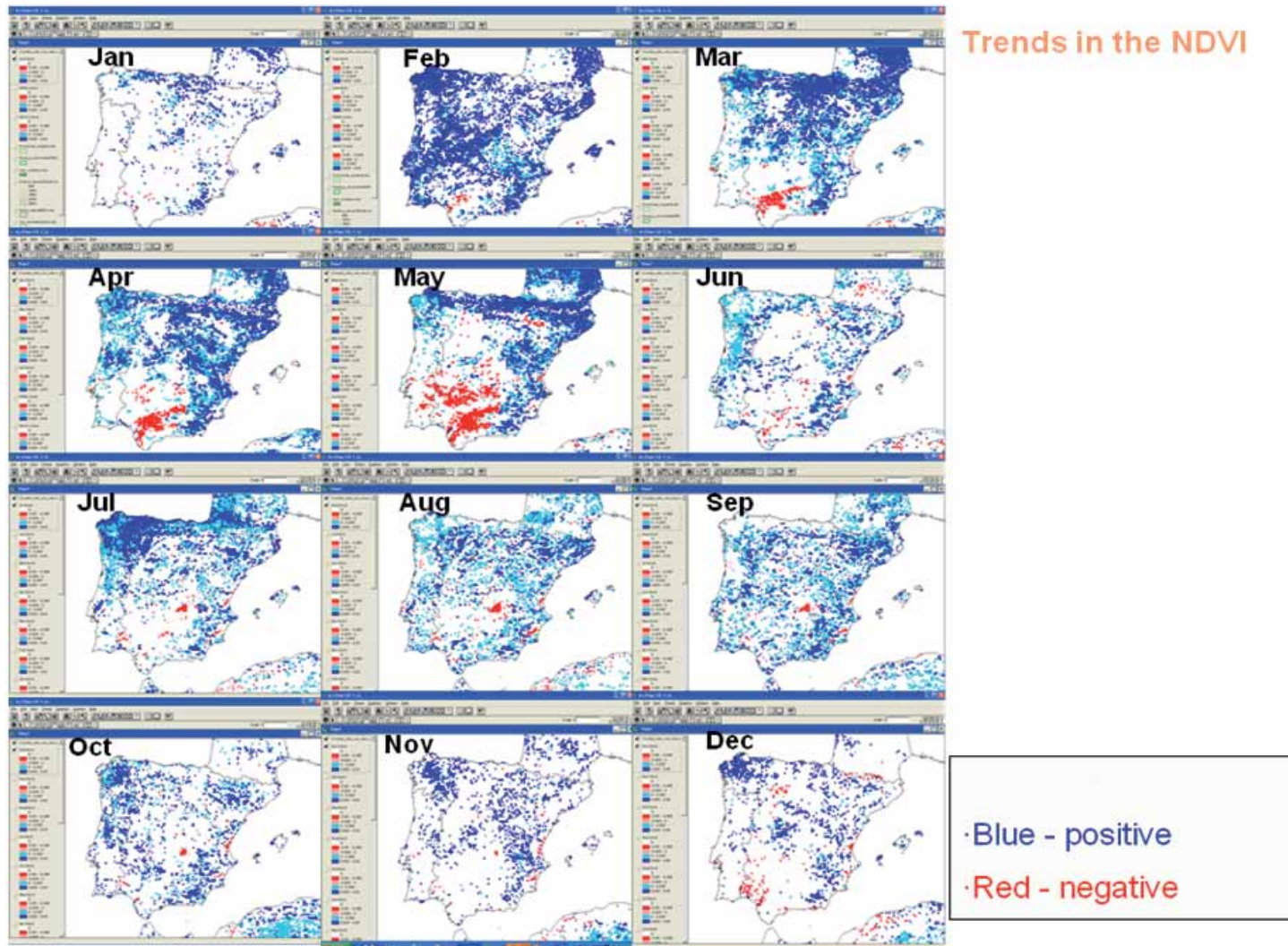
<input checked="" type="checkbox"/> Air Europa	324 €
<input checked="" type="checkbox"/> Iberia	56 €
<input checked="" type="checkbox"/> Múltiples aerolíneas	169 €

Mostrar clasificación de aerolíneas

Mapa tipo 2a y 2b. Mapas de tendencias (con la posibilidad de mostrar sólo las significativas) en los distintos atributos funcionales (Escala nacional). Tomado de Alcaraz-Segura et al. (2010). Sensors.

La diferencia entre el mapa tipo 2a y tipo 2b viene determinado por el p-valor empleado para filtrar los resultados estadísticamente significativos (p-value; Mann-Kendall trend test). Para personalizar la selección del umbral de p-value a mostrar se proponen barras con límites superior e inferior al estilo de las usadas en los buscadores de vuelos como en el ejemplo de [www.tripadvisor.es](http://www.tripadvisor.es).

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

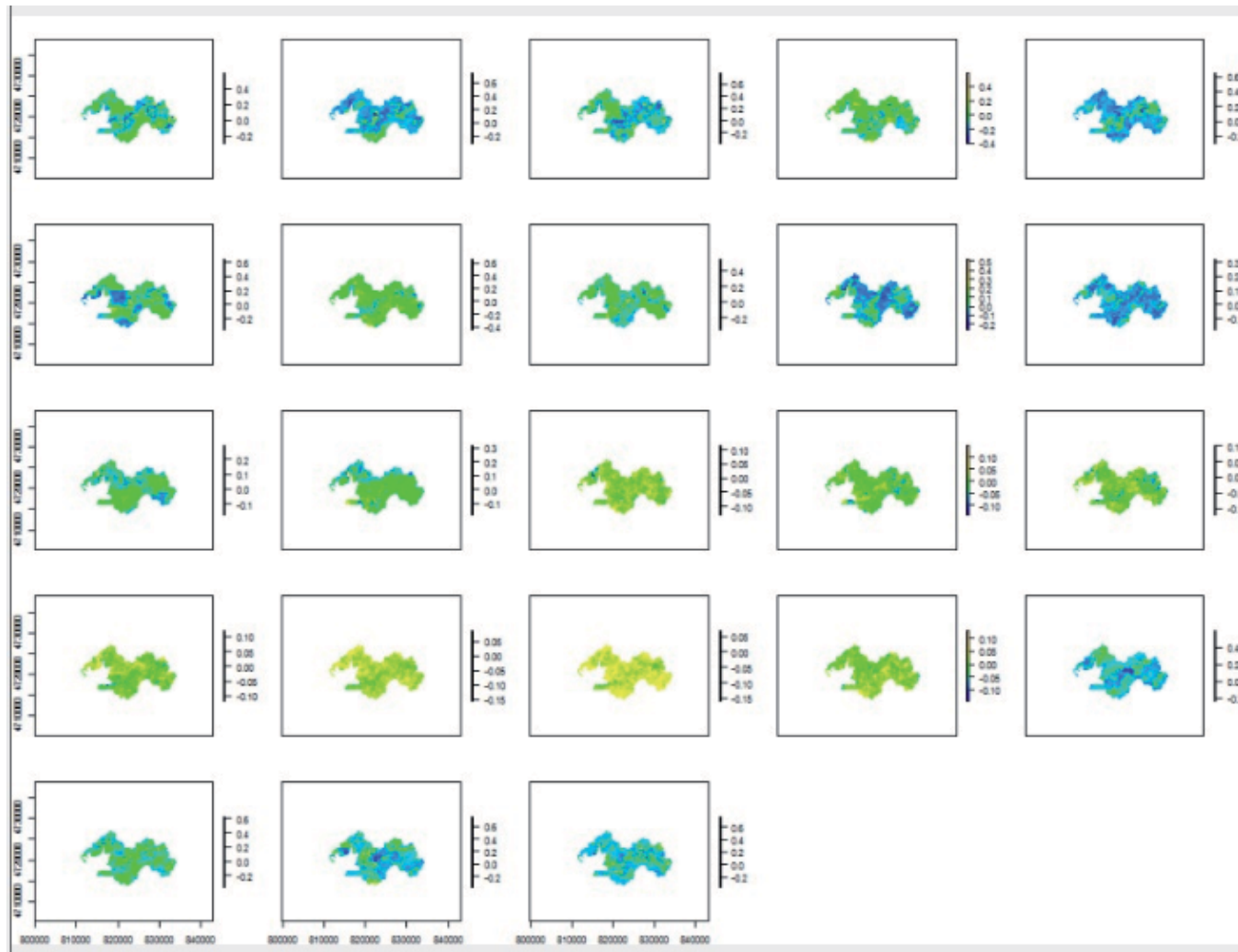


*Mapas tipo 2c. Tendencias por meses (o 23 compuestos de 16 días) (Escala nacional). Si se visualizan en la misma página se pueden observar patrones estacionales en las tendencias.*

*En el ejemplo, las tendencias negativas en el SW se observan principalmente en primavera. El SE, en cambio, muestra tendencias positivas en todos los meses del año. Tomado de Alcaraz-Segura (2005).*

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

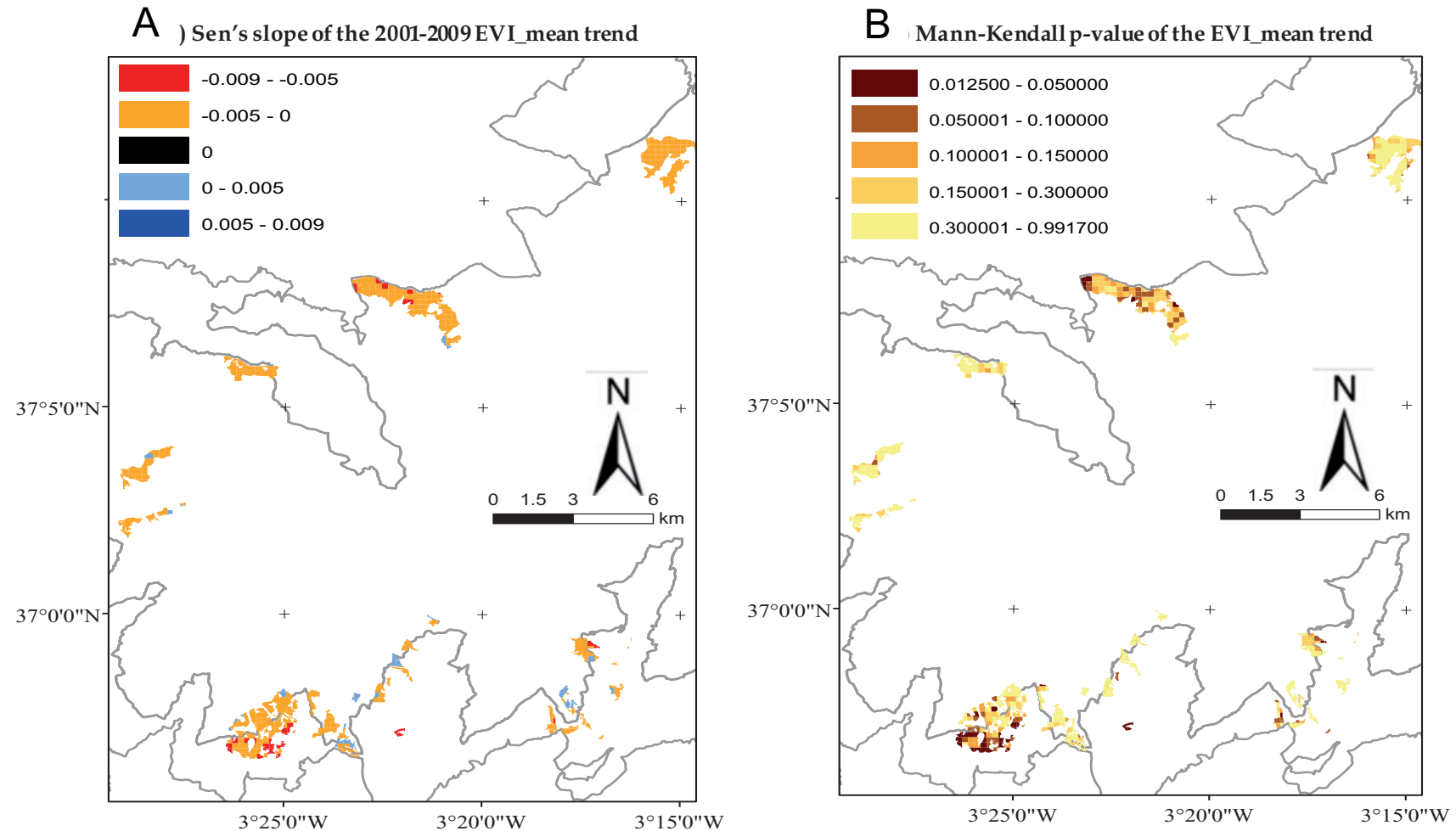
*¿Cómo está cambiando Aigüestortes? ¿Cómo es el patrón estacional de estos cambios?*



*Mapas tipo 2c. Tendencias por compuestos de 16 días (Aigüestortes: Escala de parque). Patrones estacionales en las tendencias.*

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

¿Cómo están cambiando los robledales de Sierra Nevada? ¿Cambian todos de la misma manera?



Mapa tipo 7. Mapa de tendencias del verdor de la vegetación a escala de ecosistema. Robledales de Sierra Nevada. A) Pendiente de Sen: magnitud de la tendencia, y B) el p-valor de la tendencia: significación estadística. Tomado de Dionisio et al. (2012) InTech.

¿Cómo están cambiando los parques? ¿Tiene algún patrón estacional ese cambio?

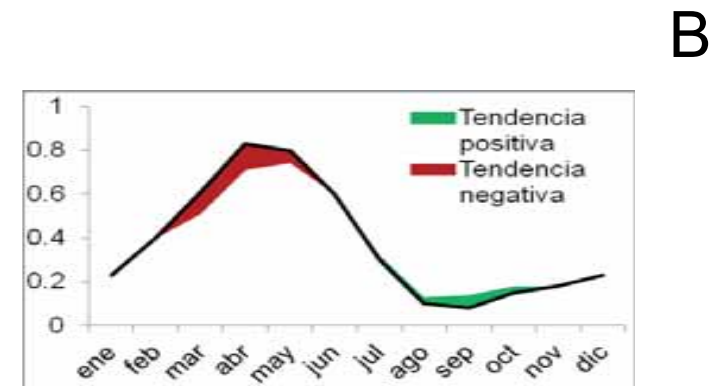
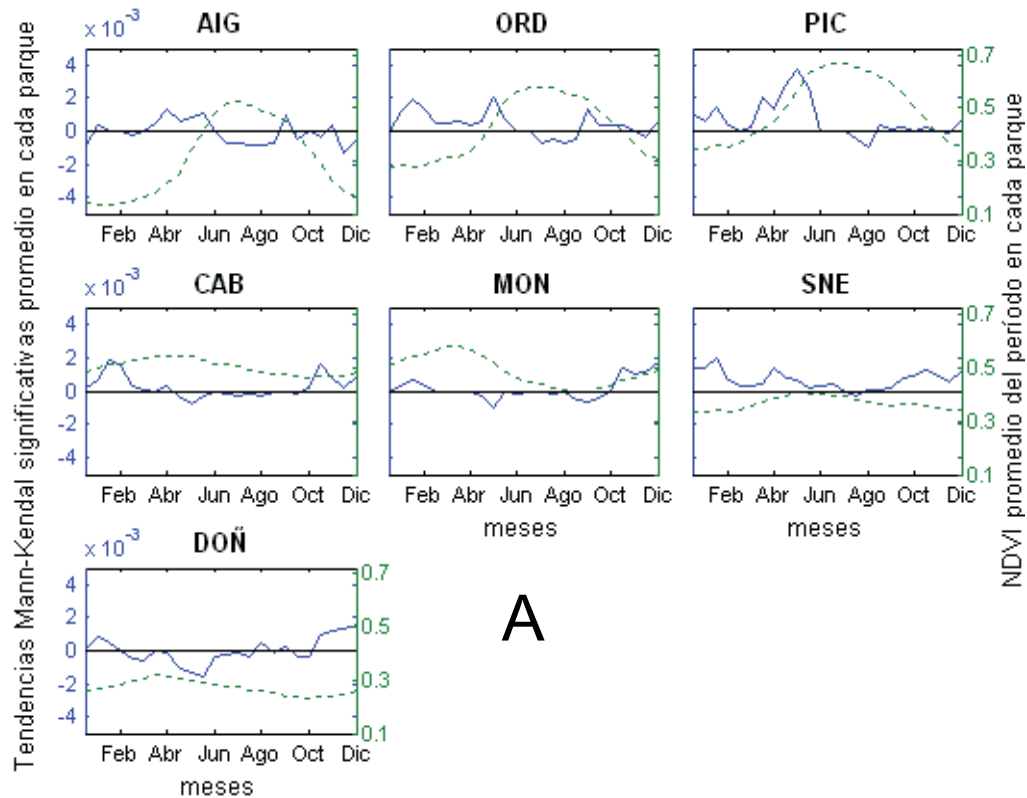
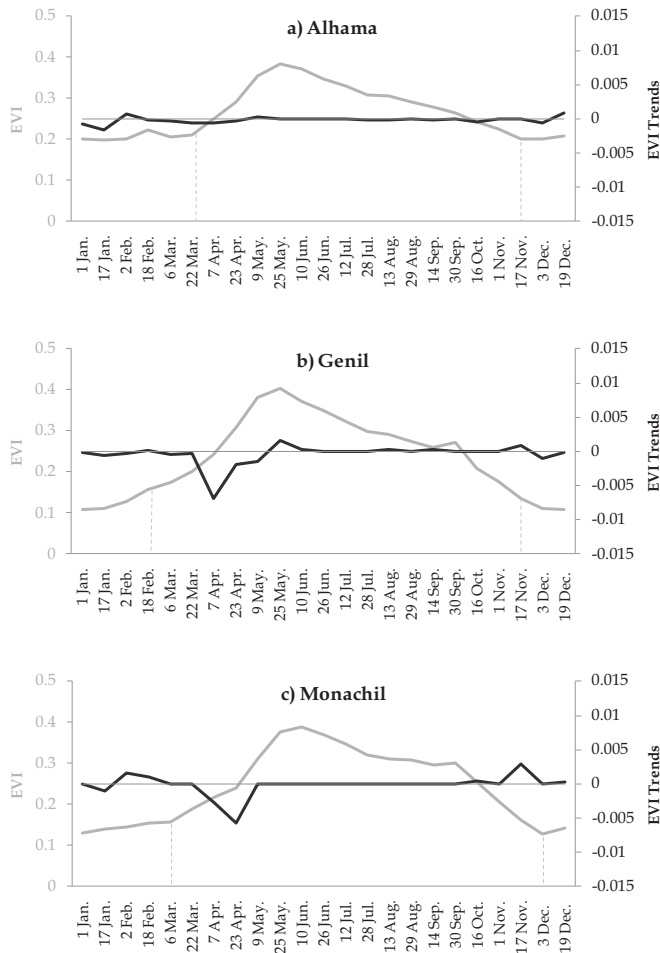


Gráfico tipo 4. Tendencias del EVI a lo largo del año para diferentes parques nacionales. Tres alternativas para facilitar la visualización e interpretación de los resultados (A, B, C). 1982-2006. Alcaraz-Segura et al. 2008. Ecosistemas. **Ejemplo B:** A la derecha (verde discontinuo) se representa la curva estacional promedio del NDVI en ese periodo. En el eje X, los 12 meses del año. **Ejemplo C:** Tendencias en el número de días de nieve (Bonet & Cayuela 2009).

# PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

¿Cómo están cambiando los robledales de Sierra Nevada? ¿Tiene algún patrón estacional ese cambio?

A



B

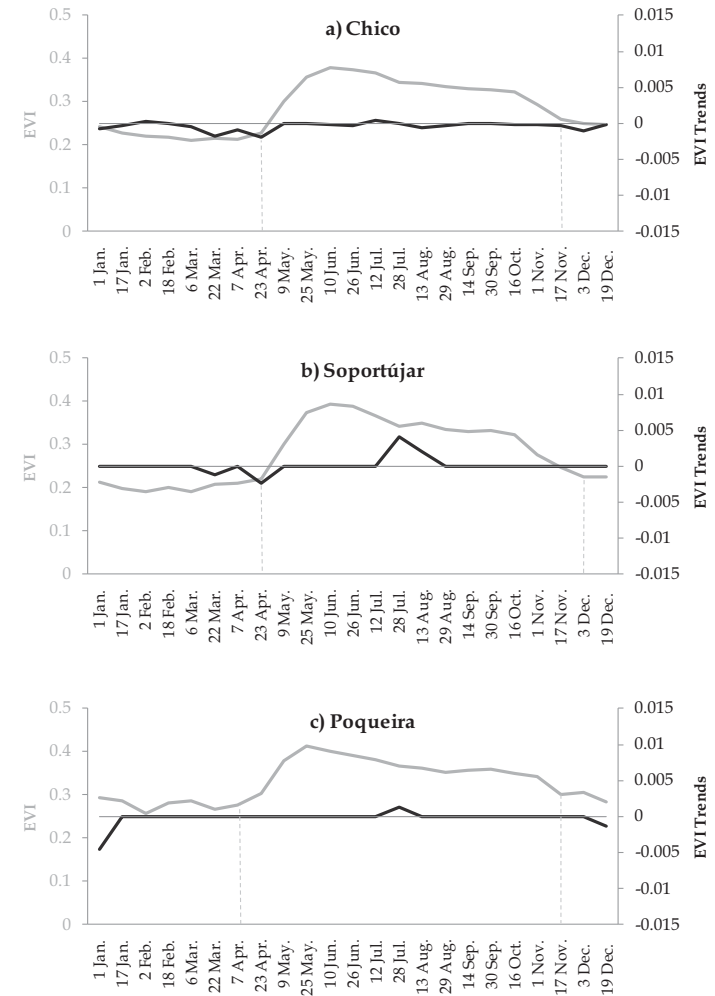
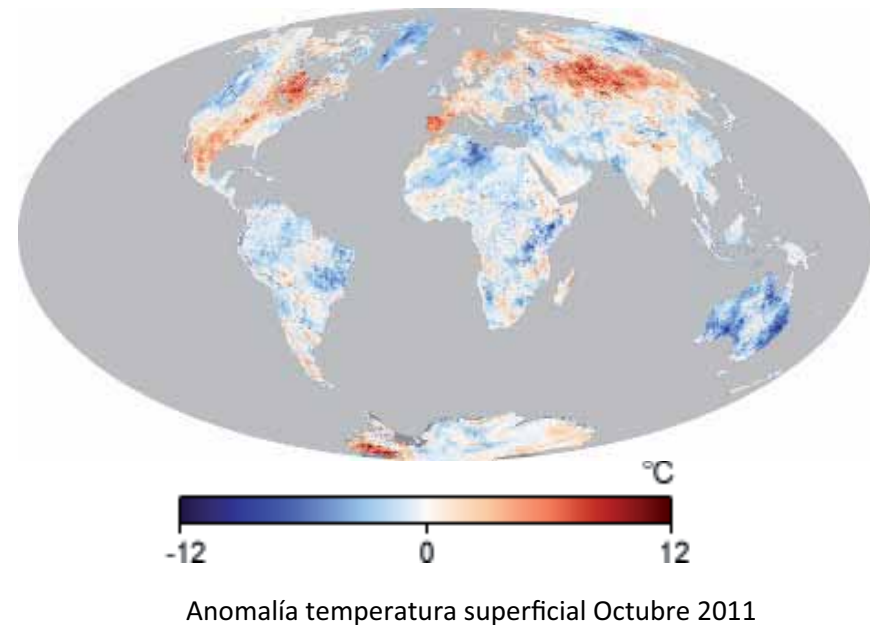
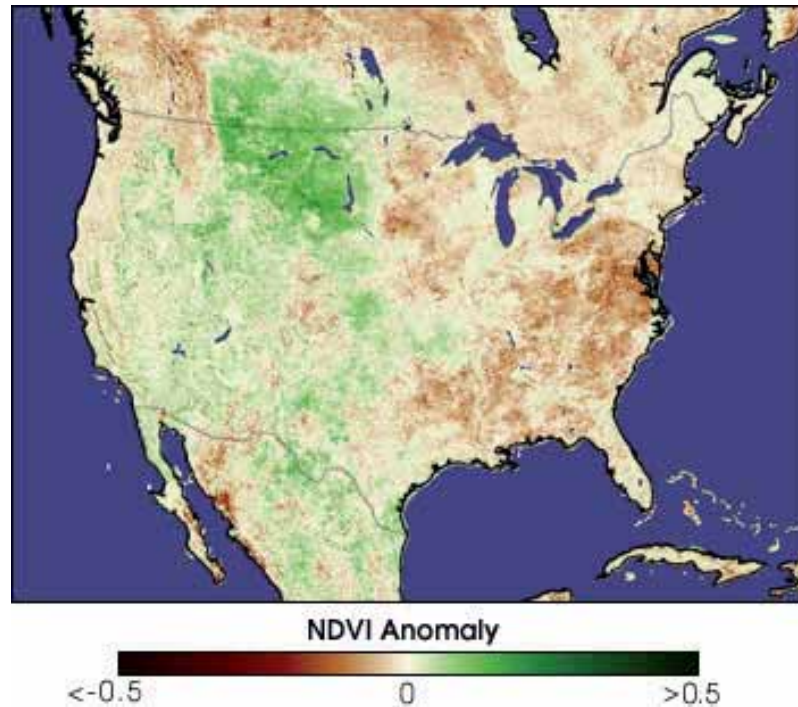


Gráfico tipo 7. Tendencias del EVI a lo largo del año para los parches de un ecosistema concreto en un parque. Personalización del p-value mediante barras con límites superior e inferior como las descritas en el mapa tipo 2. Tomado de Dionisio et al. 2012.

**Evaluación de anomalías temporales: mapas y gráficos**

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

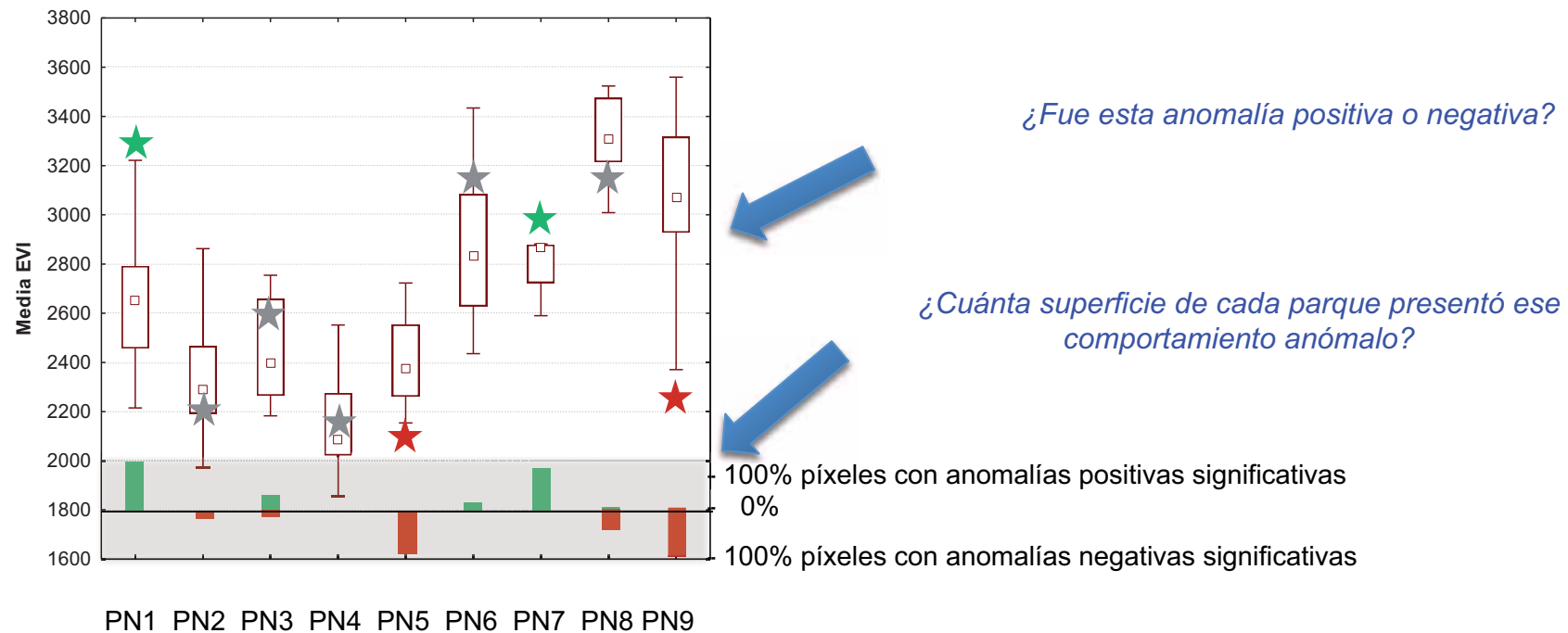


*Mapas tipo 3. Anomalías temporales: i.e. la diferencia entre el NDVI/EVI de un momento de un año determinado (por ejemplo, agosto de 2013) y el EVI promedio del mismo momento del año en toda la serie histórica. La anomalía puede o no, ser significativamente distinta (estar muy alejada) de la media histórica.*



## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

*¿Presentaron los parques un comportamiento anómalo en el período seleccionado en relación a su período histórico?*

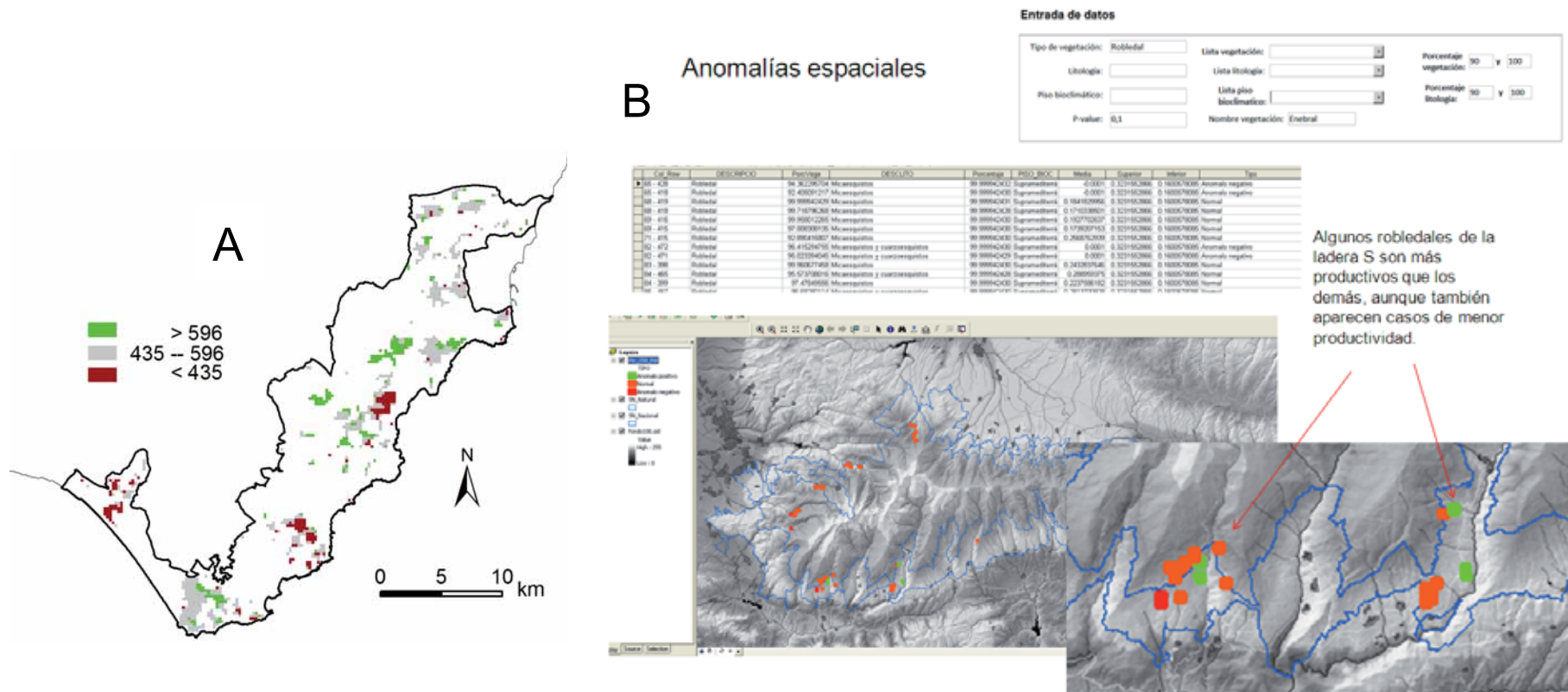


*Gráfico tipo 6. Gráfico de anomalías temporales de los atributos. Se compara el último año/período frente al registro histórico para el conjunto de todo el parque (parte superior), y la superficie afectada por tales anomalías (% píxeles afectados, parte inferior).*

## **Evaluación de anomalías espaciales: mapas**

# PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

## APLICACIONES DE MONPARK AL SEGUIMIENTO DEL P.N. SIERRA NEVADA



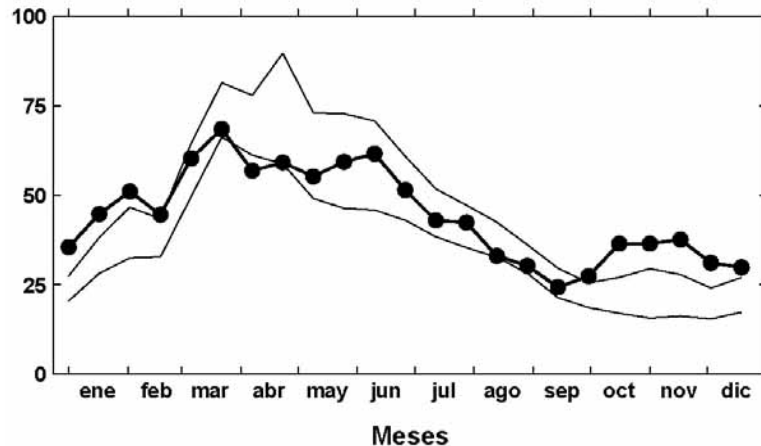
Mapa tipo 8. Anomalías espaciales en el funcionamiento de los ecosistemas.

Dos ejemplos: A) Anomalías espaciales en la Radiación Fotosintéticamente Activa Absorbida anualmente (RFAA) del «matorral disperso» en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Las clases se establecen en función de los niveles de referencia, i.e. la variabilidad aceptada, para ese tipo de uso. El intervalo es definido es la media  $\pm$  una desviación estándar de la muestra seleccionada ( $n= 40$ ). Los píxeles son así clasificados según su valor esté dentro del intervalo (gris), por encima (verde) o por debajo del límite inferior del intervalo (marrón). Tomado de Oyonarte et al. (2010). UNESCO y Alcaraz-Segura et al. (2011). B) Anomalías estimadas para los robledales de Sierra Nevada con la plataforma Monparq. Podría regularse el % de pureza del píxel y seleccionar un umbral de  $p$ -value para identificar situaciones muy extremas (outliers) respecto al resto de píxeles para ese ecosistema.

## **Sistema de alerta temprana**

## PREGUNTAS DE GESTIÓN Y PRODUCTOS DE VISUALIZACIÓN

A



B

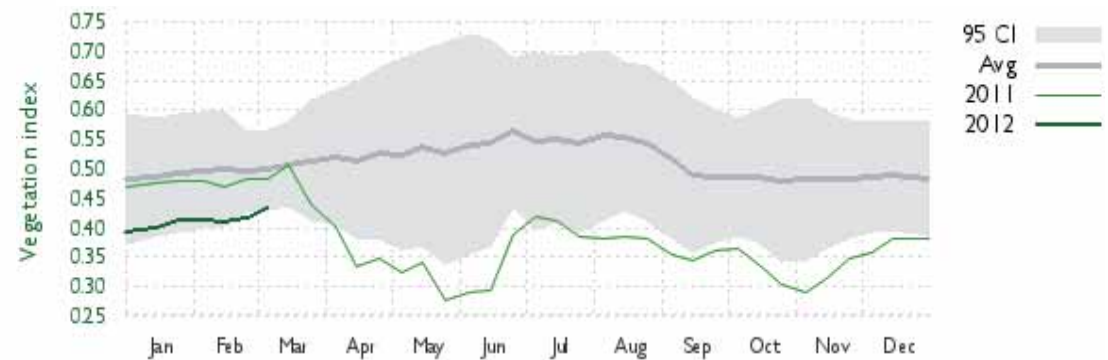


Gráfico tipo 5. Gráfico para el sistema de alerta temprana, dos ejemplos.

- A) El último valor de EVI registrado para el parque se compara con la curva anual del promedio histórico y un intervalo de confianza para determinar si se trata de un evento extremo significativamente distinto al resto de la serie histórica. Puede personalizarse el intervalo de confianza mediante barras con límites superior e inferior al estilo de las usadas en los buscadores de vuelos descritas en el mapa tipo 2. Las líneas continuas indican el rango promedio más/menos una desviación estándar (en este caso 2001-2007), y la línea gruesa con puntos muestra la dinámica del año más reciente. Un dato cada 16 días. Tomado de Oyonarte et al. (2010). UNESCO y Alcaraz-Segura et al. (2011).
- B) Ejemplo ha sido tomado de la web del Joint Research Centre sobre "Assessing Protected Areas in Africa" <http://bioval.jrc.ec.europa.eu/APAAT>.

## Aplicaciones a la gestión

#### Proyecto: Gestión Adaptativa de las masas de *Quercus pyrenaica* de Sierra Nevada a los procesos de Cambio Global

**Objetivo:** mejora y recuperación de las masas de *Quercus pyrenaica* en S. N. como medida de adaptación y potenciación de estas formaciones frente a posibles acontecimientos relacionados con cambio global.

NOMBRE MONTE	TÉRMINO MUNICIPAL	SUPERFICIE ACTUACIÓN (ha)
Comunal de Pampaneira	Pampaneira	8,45
Comunal de Trevélez	Trevélez	21,04
Cuenca del Río Chico	Cañar	16,48
	Soportujar	30,69
Cuenca del Río Chico (II)	Cañar	66,97
	Soportujar	17,77
Dehesa de San Jerónimo	Monachil	304,99
Dehesa del Calvario	Guejar-Sierra	118,84
Hoya de Pedraza	Monachil	1,86
Monte del Pueblo de Trevélez	Trevélez	37,91

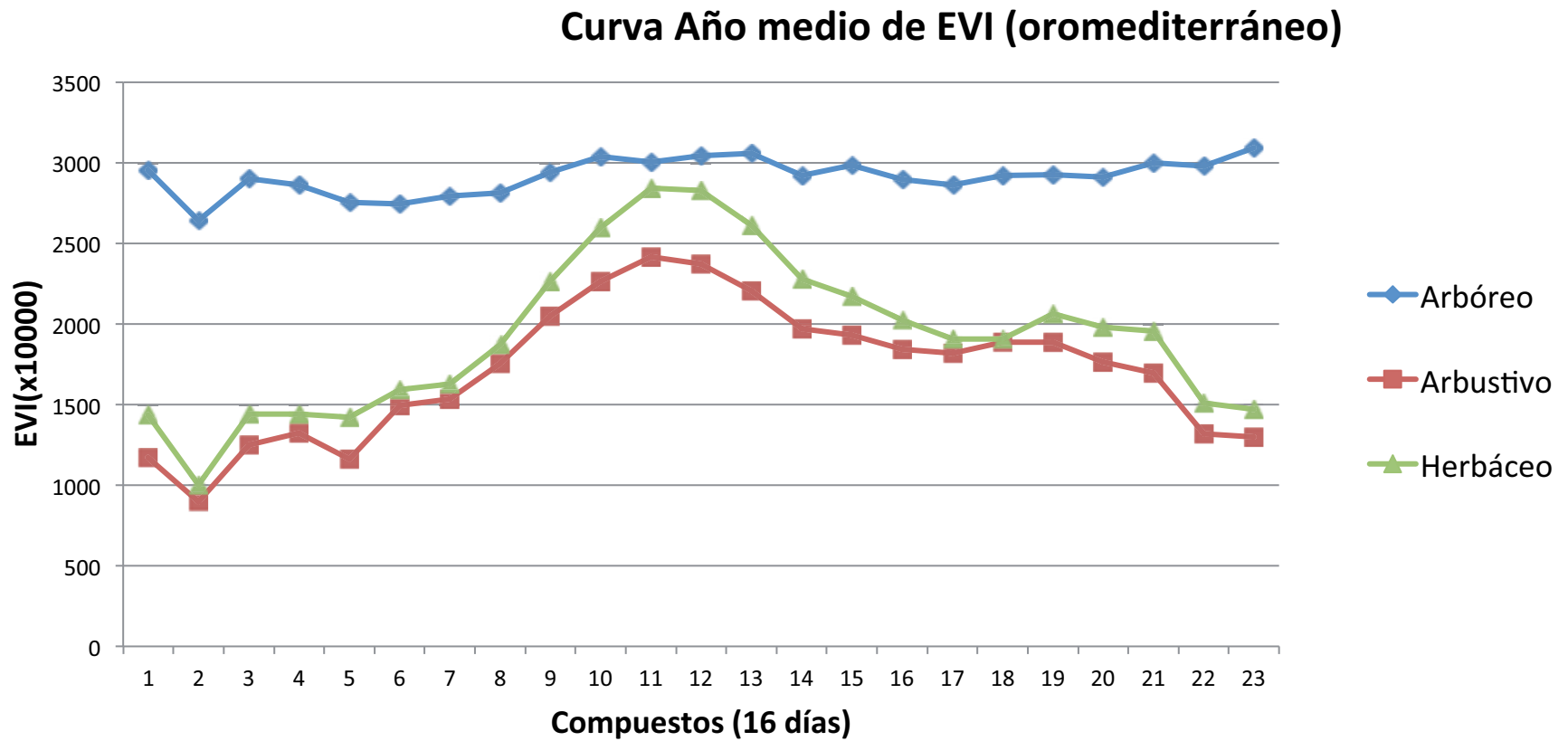
#### Justificación del sitio:

- Se ha seleccionado el **robleal de Cañar** por:  
Ser uno de los de mayor entidad y representatividad.  
Interés de estudiar la transición *Pinus sylvestris* – *Quercus pyrenaica*, sobre la que se van a realizar actuaciones específicas.  
Se han detectado problemas de regeneración que es importante estudiar.
- **Dehesa de San Jerónimo:** Se ha seleccionado una segunda zona de seguimiento en uno de los robledales de la vertiente NO, para los que se han obtenido curvas de EVI del año medio (serie temporal 2001-2009) de un patrón significativamente diferente a los robledales de la vertiente sur. Fuente: Cabello, J. 2011. Informe técnico. Resultados preliminares de la aplicación de la plataforma “MonParq” a la caracterización y seguimiento de los robledales (*Quercus pyrenaica Willd.*) del Espacio Natural de Sierra Nevada

## **Aplicaciones a la investigación**



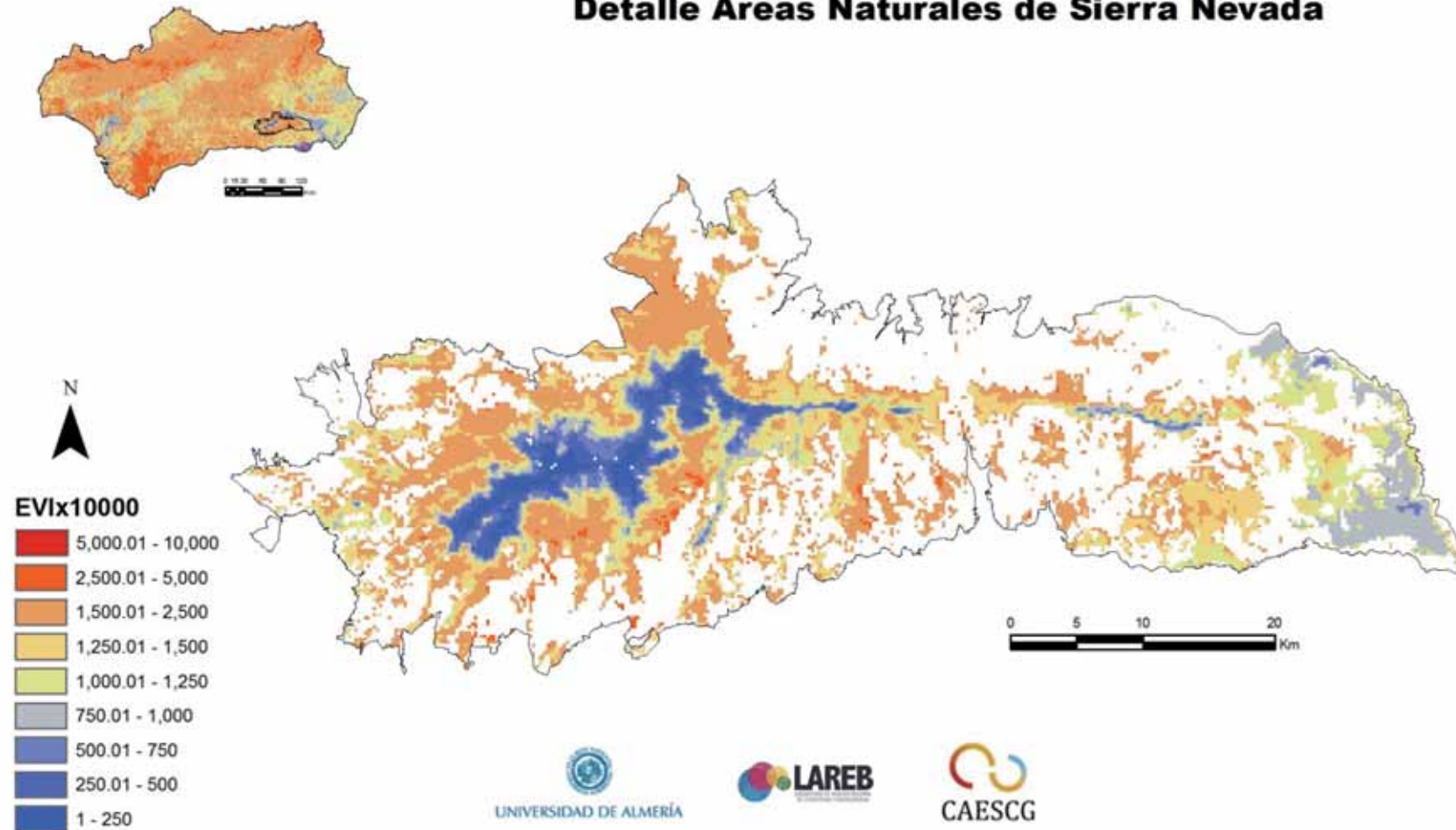
La vegetación de la alta montaña nevadense se ve amenazada por el cambio climático, habiéndose predicho el reemplazo altitudinal de bosques y arbustadas. ¿Qué tipos de cambios están sufriendo estos tipos de vegetación durante estación de crecimiento?



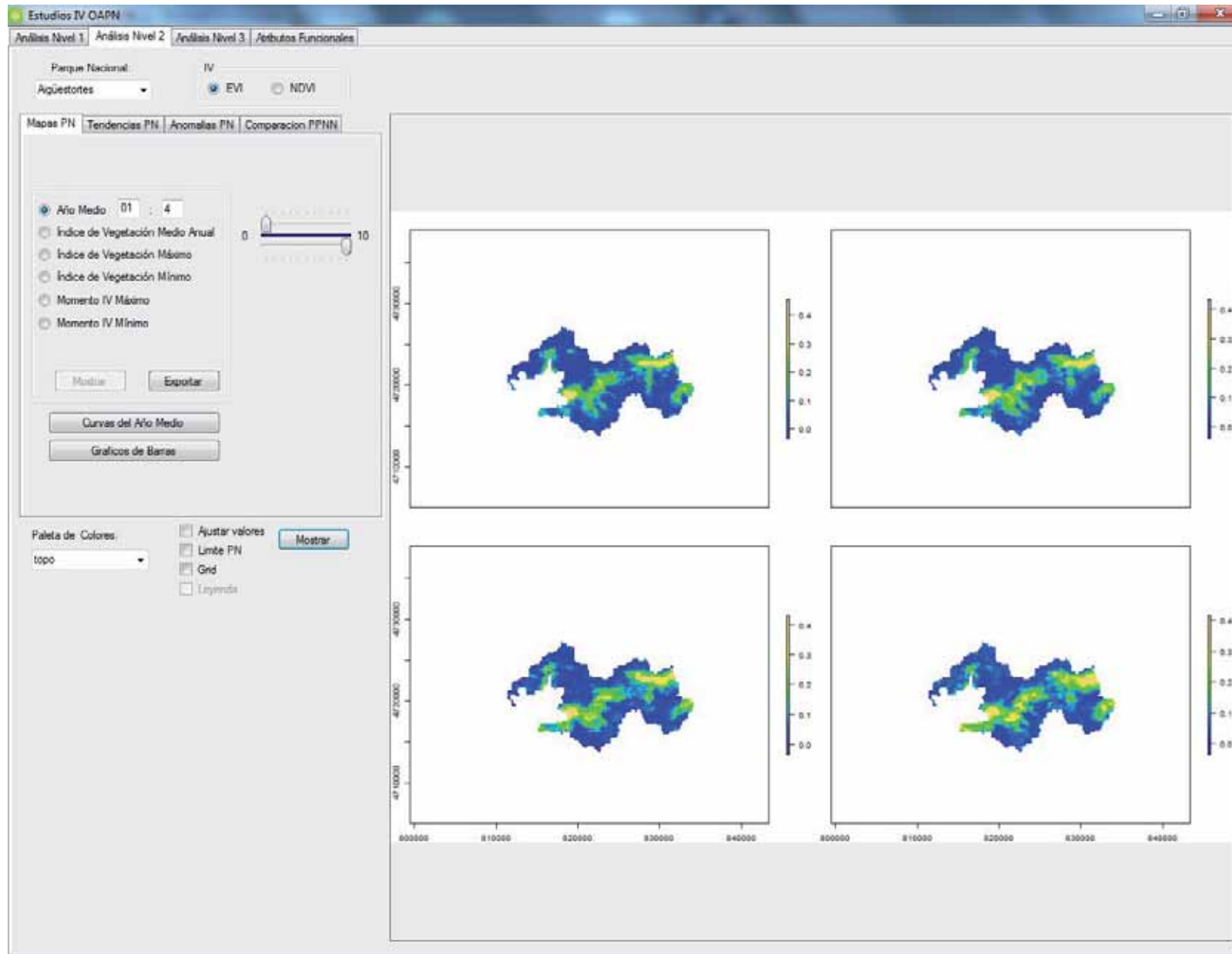
*¿Cómo se comportan los ecosistemas de alta montaña durante su estación de crecimiento?*

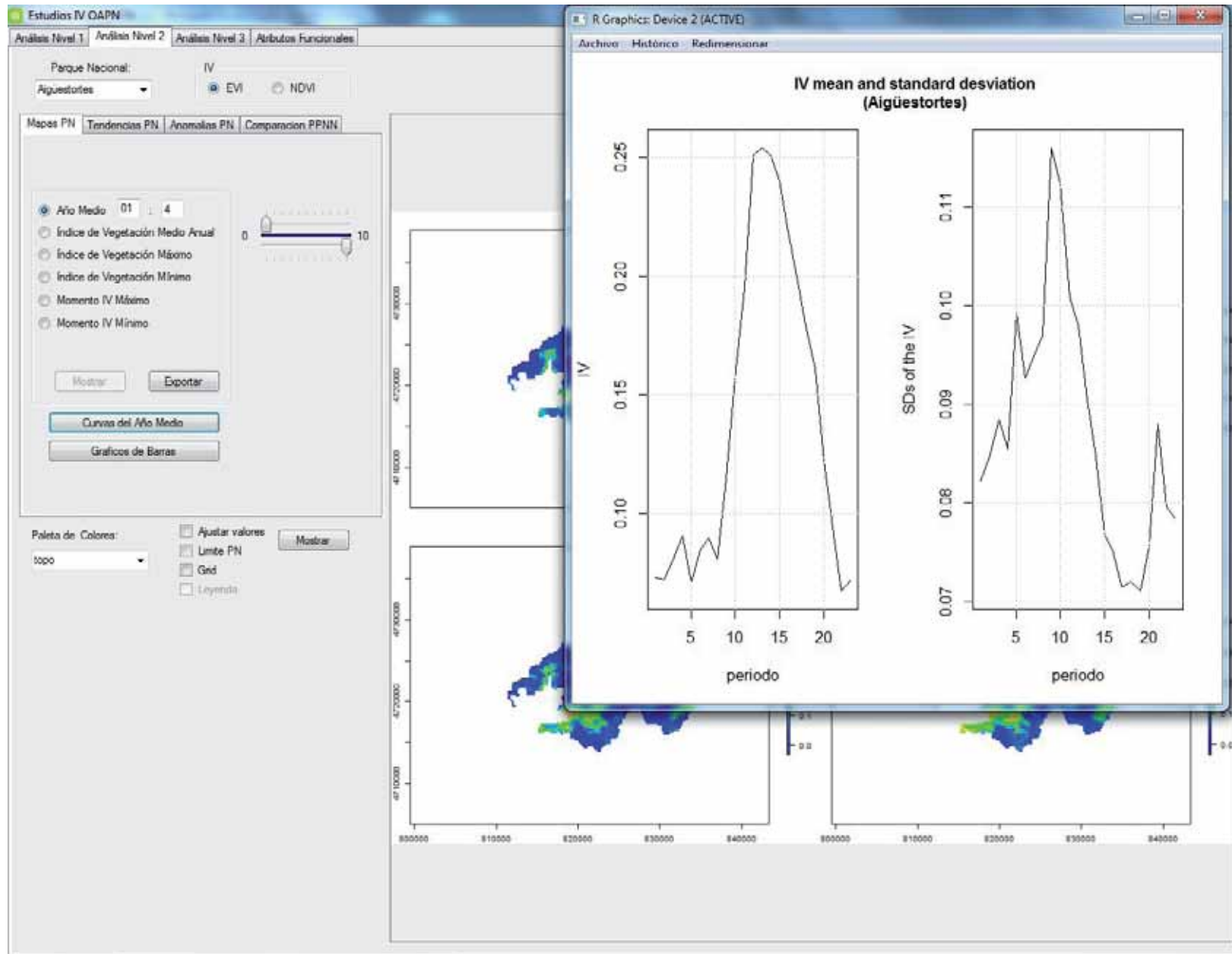
Media del EVI de verano, 2001-2012

**Detalle Áreas Naturales de Sierra Nevada**



## Primeros resultados del sistema





Parque Nacional:  
Aigüestortes

IV  
 EVI  NDVI

Mapas PN | Tendencias PN | Anomalías PN | Comparación PPNN

Año Medio 01 : 23

Índice de Vegetación Medio Anual

Índice de Vegetación Máximo

Índice de Vegetación Mínimo

Momento IV Máximo

Momento IV Mínimo

Mostrar Exportar



Curvas del Año Medio

Graficos de Barras

Paleta de Colores:  
topo

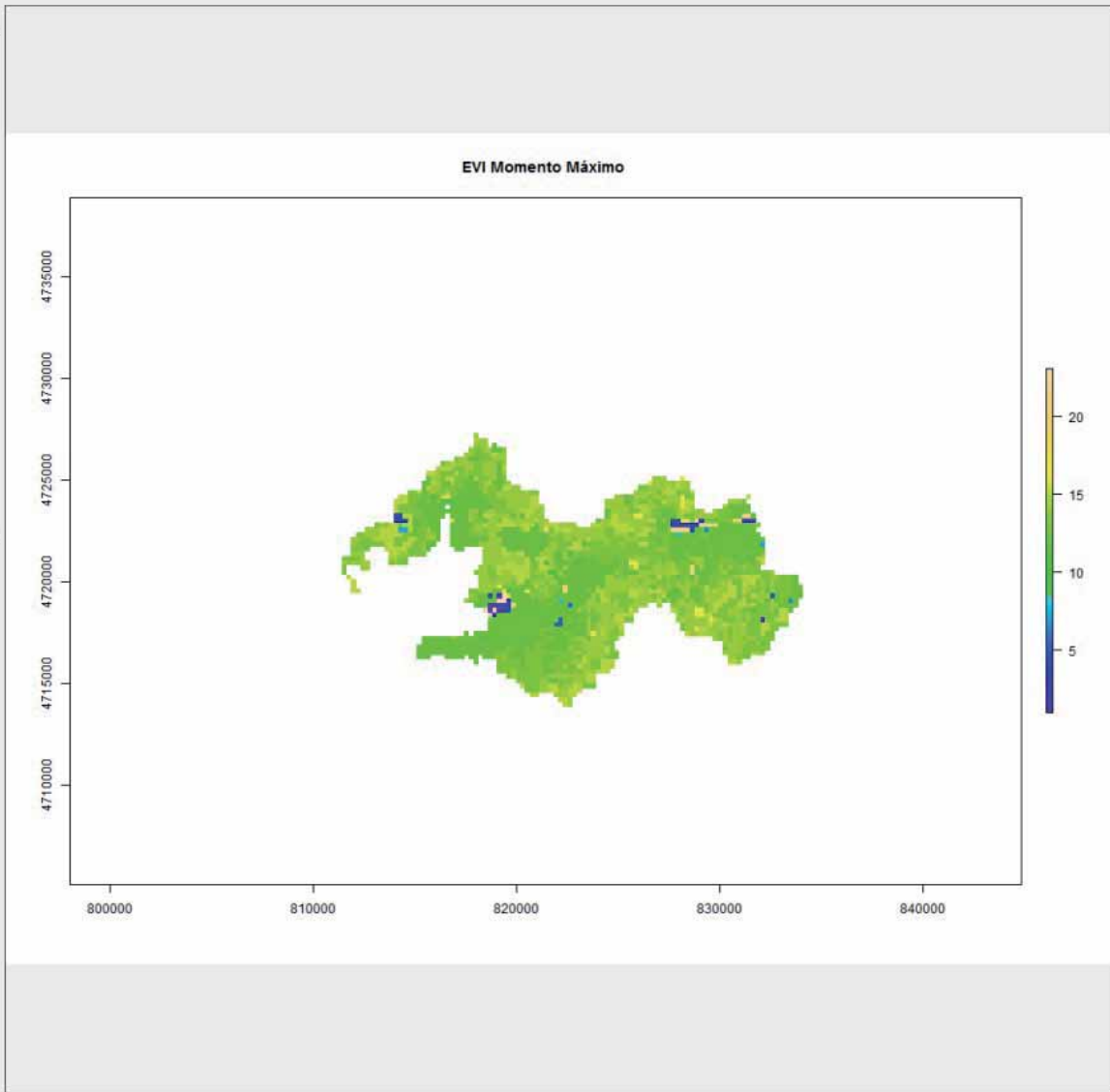
Ajustar valores

Limite PN

Grid

Leyenda

Mostrar



Parque Nacional: Agüestortes  
IV  
 EVI  NDVI

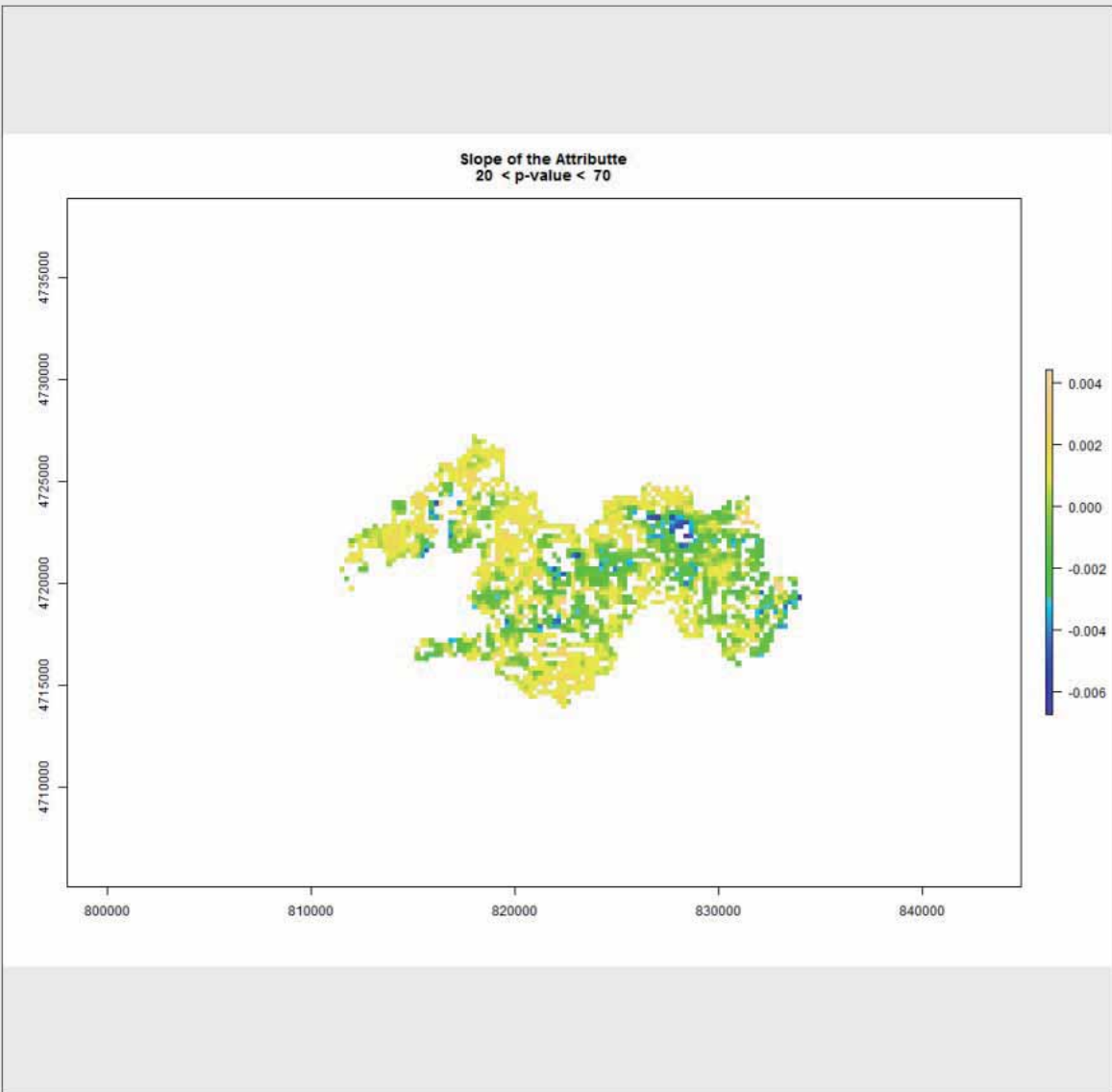
Mapas PN | Tendencias PN | Anomalías PN | Comparación PPNN



- Índice de Vegetación  
periodo (1-23): 1
- Atributos
- IV-I
  - Máximo IV
  - Rango Relativo del IV
  - Tasa de incremento/detrimento del IV
  - Comienzo/Final estación de crecimiento
  - Duración de estación de crecimiento
  - Momento del máximo del IV
- Mostrar Exportar

Paleta de Colores:  Ajustar valores  Limite PN  Grid  Leyenda

topo



Parque Nacional:  IV  
 EVI  NDVI

Mapas PN | Tendencias PN | Anomalías PN | Comparacion PPNN

- PPE
- Monfrague
- Cabrera
- Cabañeros
- Sierra Nevada
- Teide
- Doñana
- Guadarrama
- Timanfaya
- Aigüestortes
- Ordesa
- Garajonay
- Tablas Daimiel
- Islas Atlánticas
- Caldera

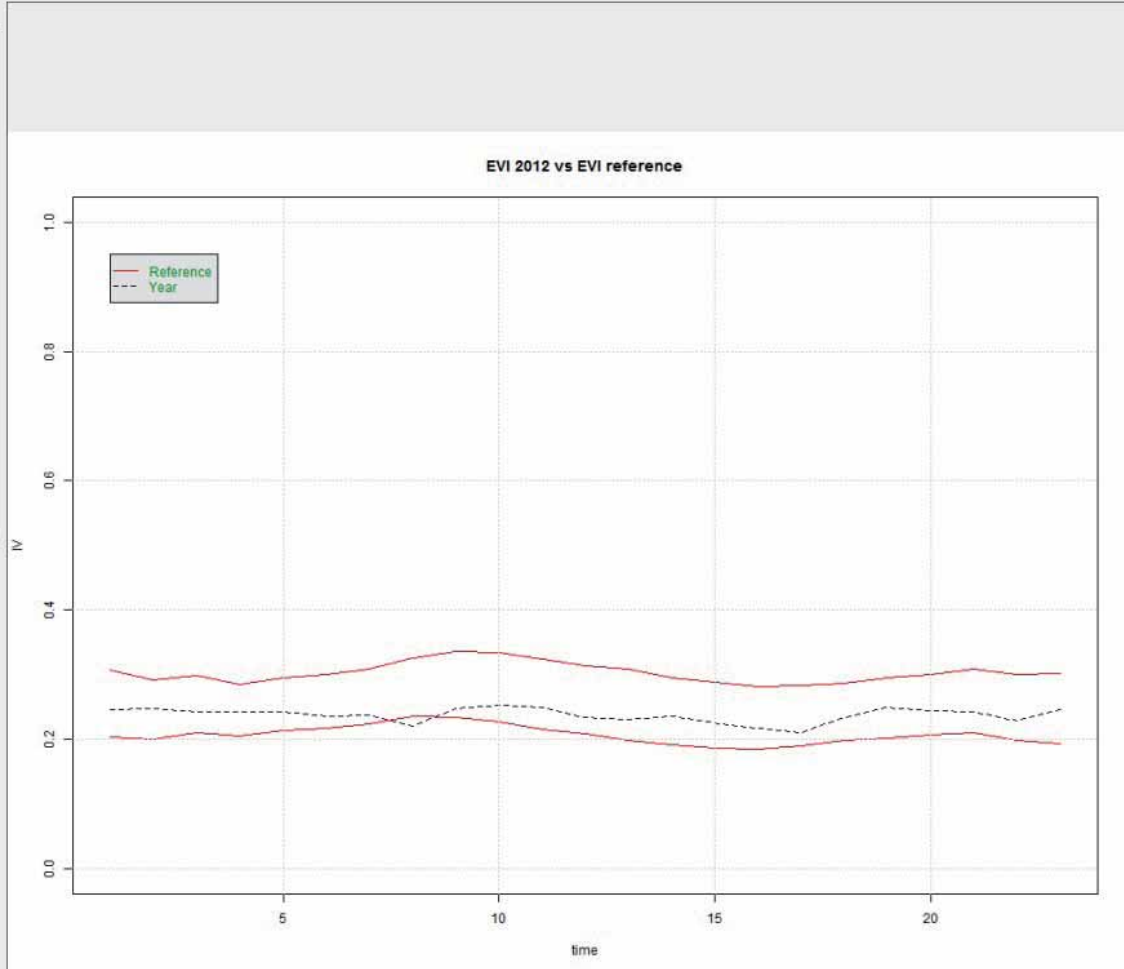
Curvas del IV  
Barplot IV  
Tendencias del IV  
Box Plot

Curvas del IV  
 Barplot IV  
 Trendplot IV  
 Boxplot IV

Año: 2012

Paleta de Colores:  Ajustar valores  Limite PN  Grid  Leyenda

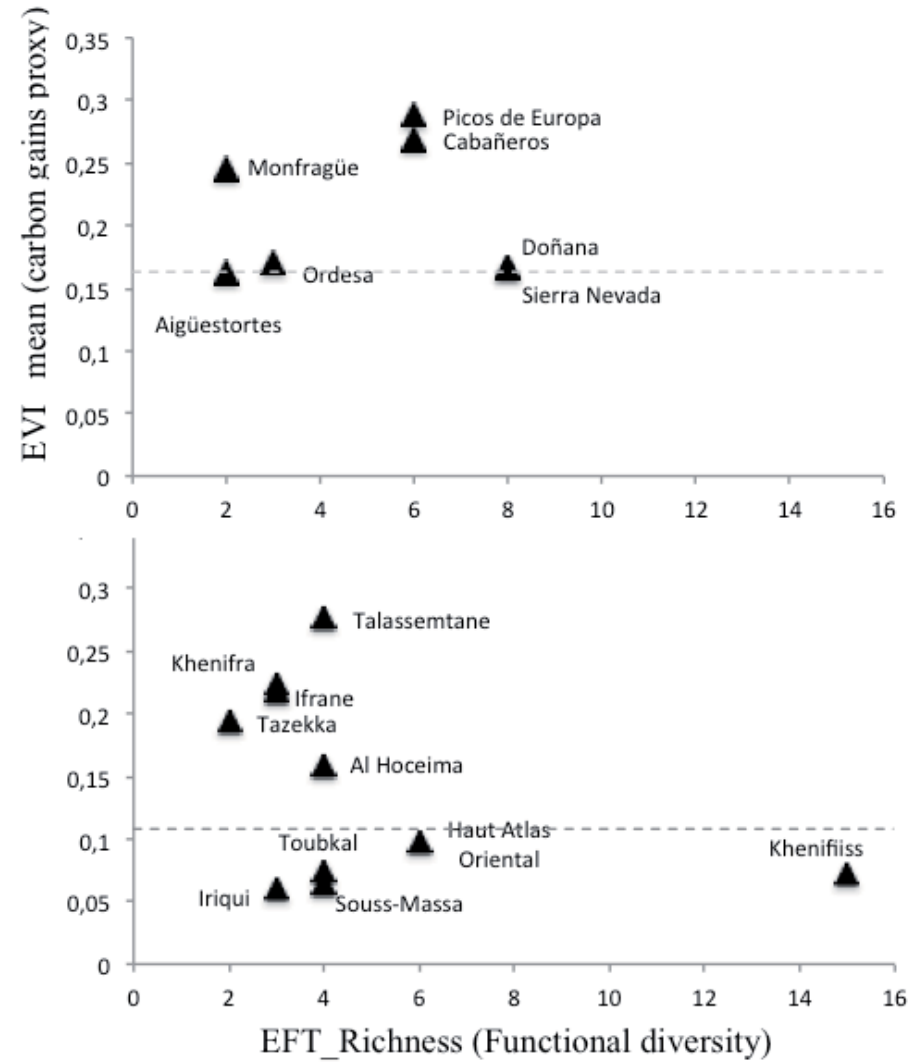
topo



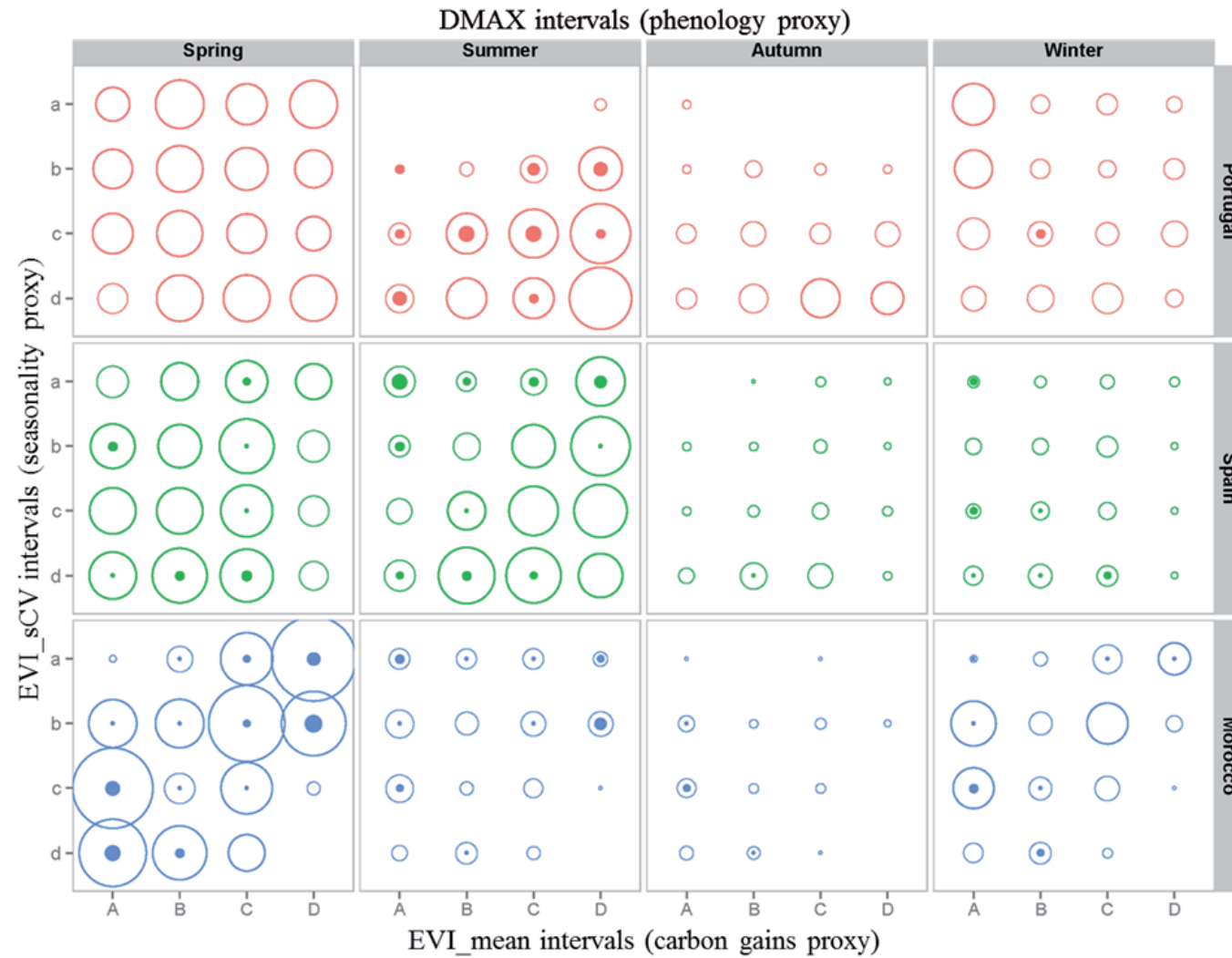


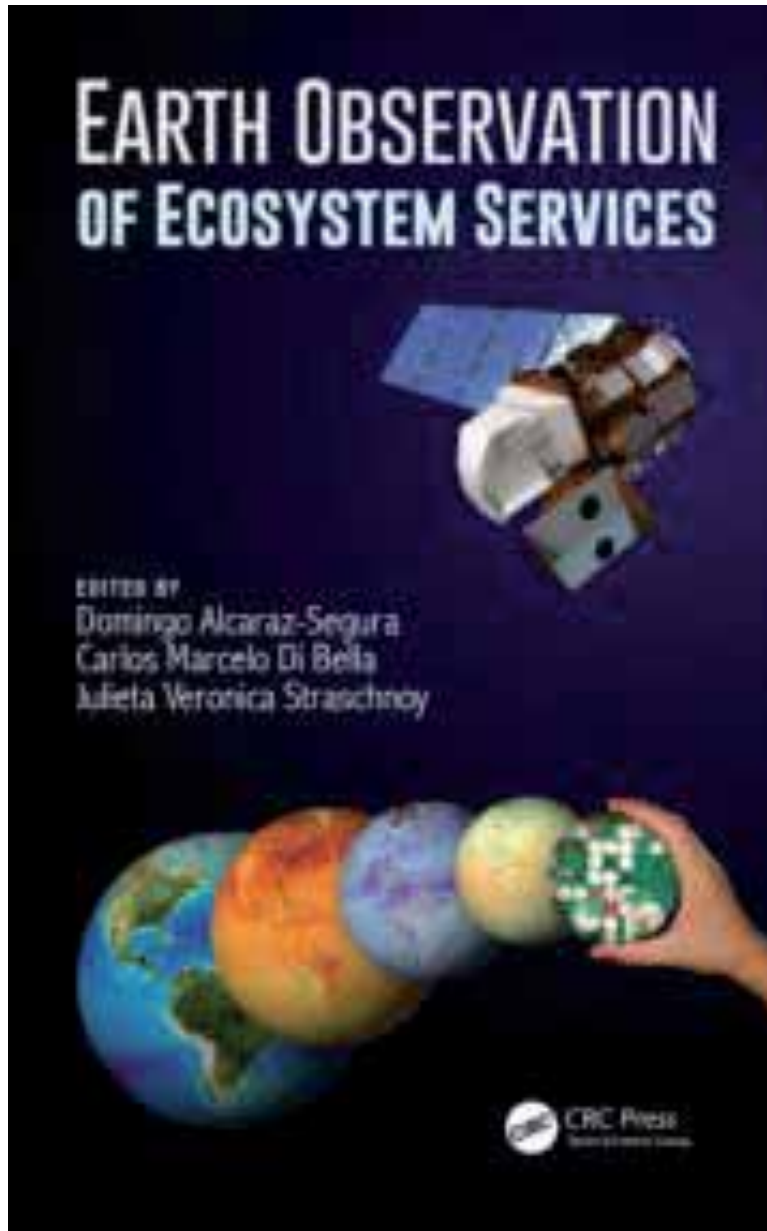
**Otras aplicaciones de la teledetección al  
seguimiento de parques nacionales**

## Evaluación del papel de los parques frente a objetivos de conservación



## Evaluación de la representatividad de redes de parques





### Evaluación de Servicios ecosistémicos:

- Dinámica del carbono
- Regulación climática
- Regulación hídrica
- Diversidad de especies

**Otros ejemplos de sistemas de seguimiento basados en teledetección**

## ECOCAST

Monitoring, Modeling, and Forecasting Ecosystem Change

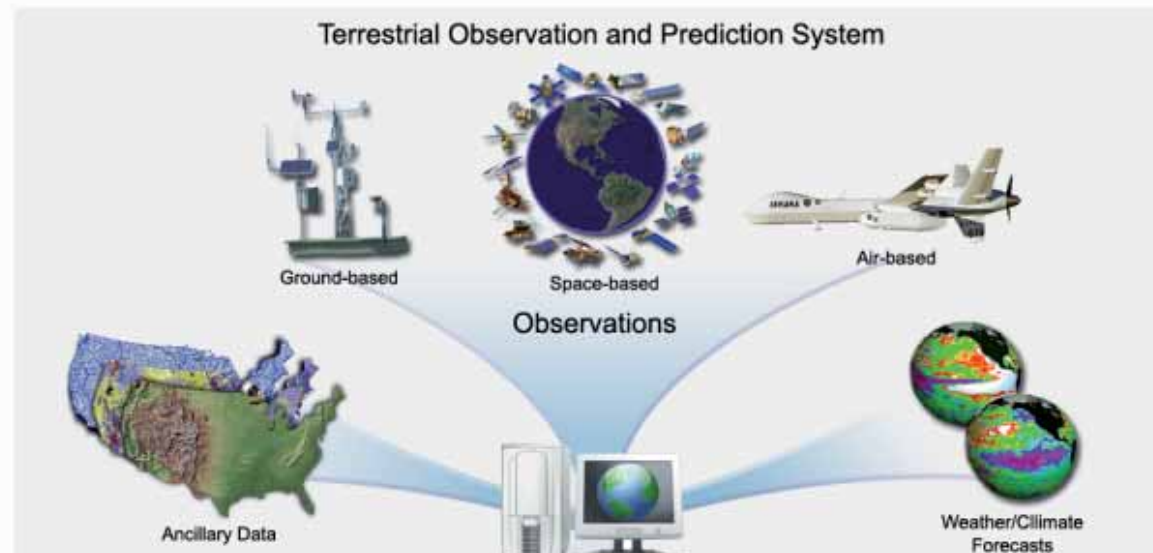
Home People Projects Publications News Education Data


### NASA Ames Ecological Forecasting Lab

Welcome to the Ecological Forecasting Lab at NASA Ames Research Center. Our mission is to use the Terrestrial Observation and Prediction System (TOPS) to develop nowcasts and forecasts of ecosystem conditions for use in a range of applications.

TOPS is a data and modeling software system designed to seamlessly integrate data from satellite, aircraft, and ground sensors with weather/climate and application models to produce operational nowcasts and forecasts. TOPS operates at a variety of spatial scales, ranging from individual vineyard blocks to global monthly assessments of vegetation net primary production.

The Ecocast framework is comprised of four major technology components which together create a distributed architecture for the production of ecosystem nowcasts and forecasts. Please see the TOPS [white paper](#) for a detailed description of TOPS and the Ecocast architecture.



European Commission  
 **Joint Research Centre**  
Global Environment Monitoring Unit

European Commission > JRC > IES > GEM > African protected areas

All countries  Select a protected area

---

Introduction

---

Protected areas

---

Who is it for?

---

Key findings

---

Country reports

---

Alerts!

---

Methods

---

Datasets

---

References

---

What's New?

---

Credits

## Near real time environmental anomaly alerts



The following information is based on an environmental anomaly detection system. Every 10 days we collect environmental data for **les rainfall**, **active fires**, **small water body presence**, a water index (NDWI), and a vegetation index (NDVI). These data are analysed to detect any significant differences in the current 10 day period compared to same 10 days in the historical record. Any significant differences - which we term 'environmental anomalies' - are listed below as an 'alert'. Each row in the table represents an alert, for a given protected area, at a given time and for the environmental variable.

**This system is still experimental. We do not claim that each alert represents a critical environmental impact or event (i.e. major forest fire, drought or flood), rather it is a quick way to identify a shortlist of environmental events in protected areas that deserve further investigation and monitoring.**

We have colour coded the alerts based on three characteristics of the alert signal; **strength**, **deviation** and **duration**, all with values ranging from the lowest coloured in yellow **1**, through to orange **2** and the highest in red **3**. The **strength** of the alert represents how different it is from the expected value. The bigger the difference, the greater the strength. The **deviation** of the alert tries to determine if the alert may simply be an early or late event such as an early start to the rainy season or a late start to the fire season. We search through the historical data to see if a similar event has ever occurred within a few dekads either side of this date. The larger the time window with no such similar historical event the greater the deviation. The **duration** is simply the number of dekads over which the anomaly has been observed; 1 dekad, 2 dekads, 3 or more dekads.

### Map of most recent alerts

the link below will open up a new

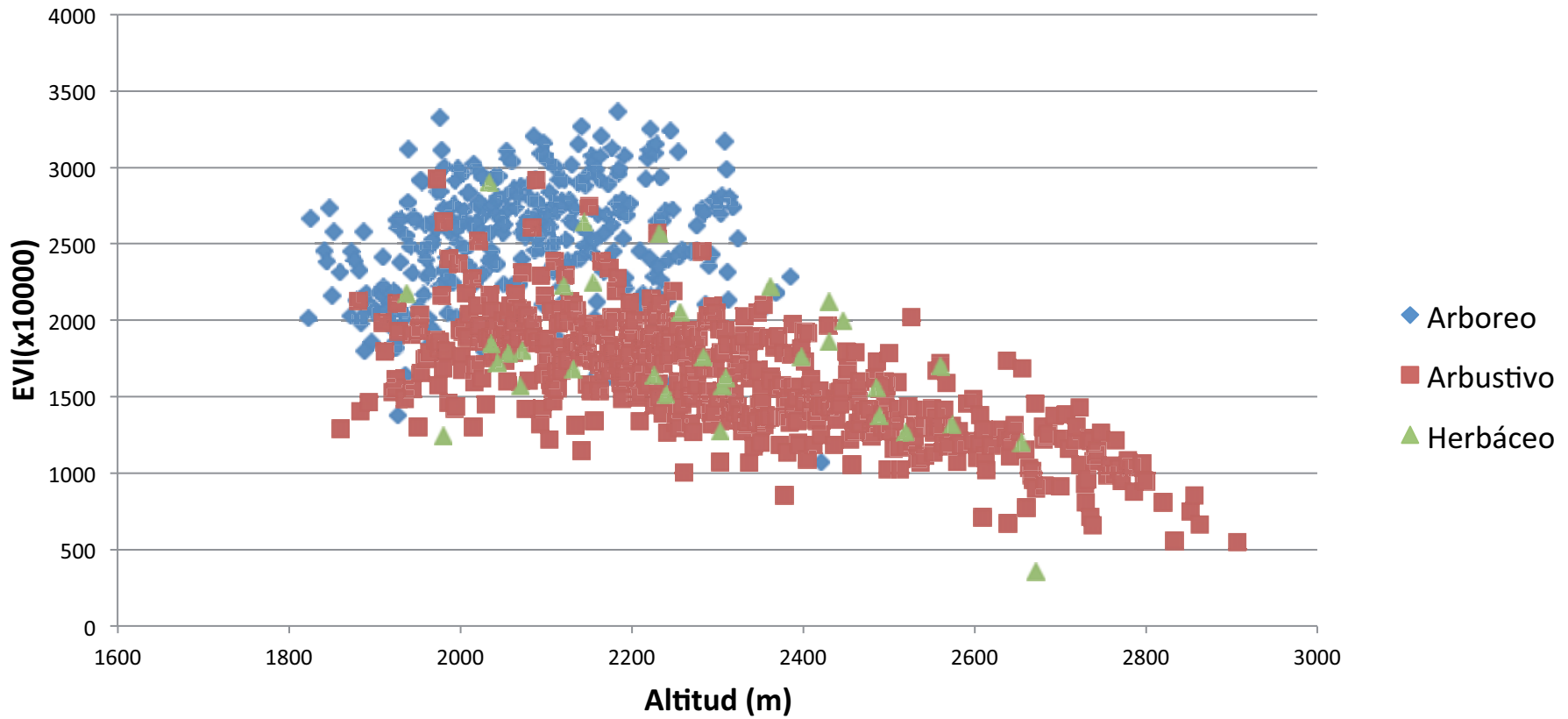


**Gracias por vuestra atención!!**



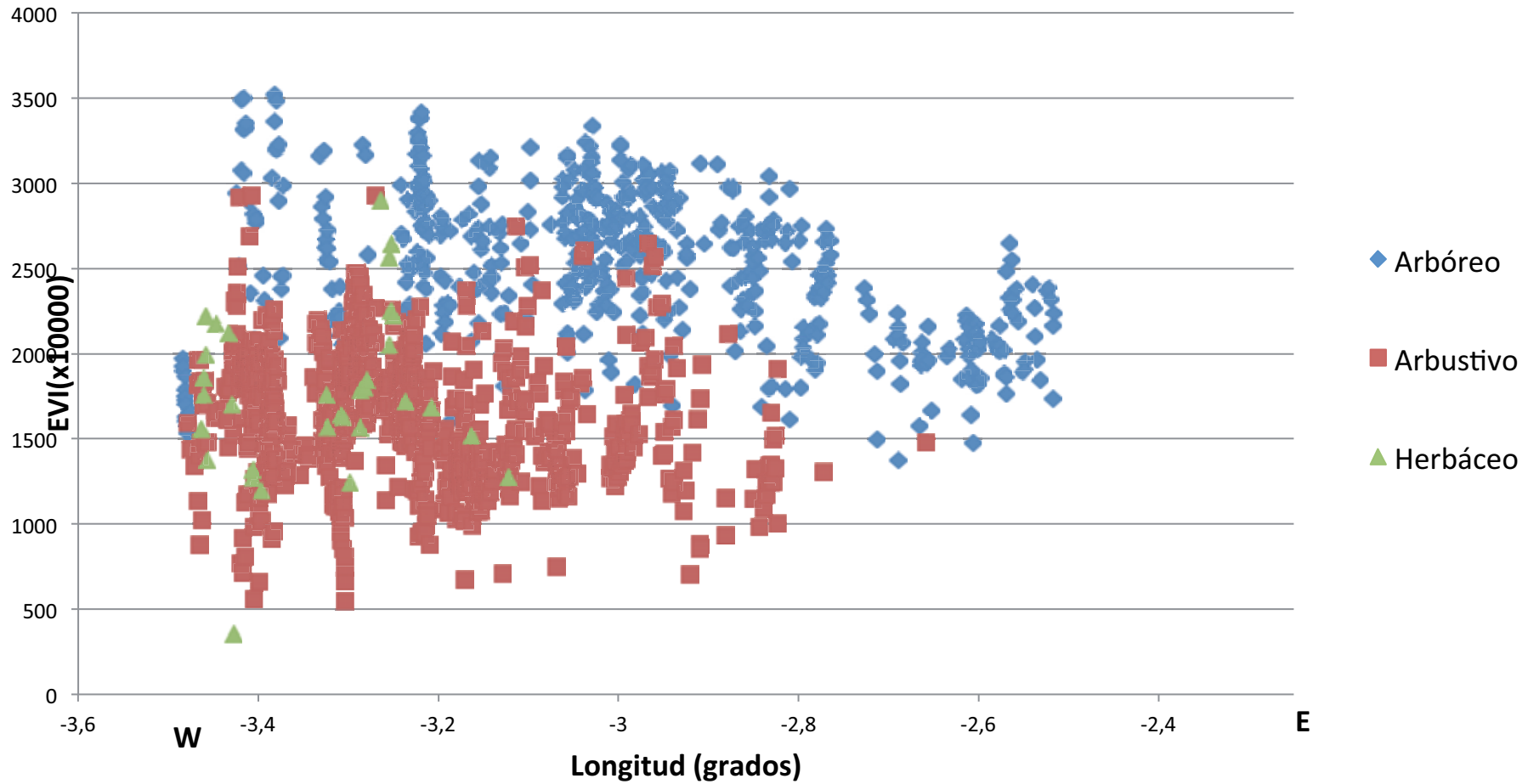
*En el oromediterráneo inferior, la vegetación presenta mayor variabilidad en su productividad en el momento más crítico del verano*

### Altitud vs Media de mínimos EVI verano



*En la porción oeste la vegetación oromediterránea presenta mayor variabilidad en su productividad en el momento más crítico del verano, que en el este.*

### Longitud Vs Media de los mínimos EVI en verano



*En la ladera sur la vegetación oromediterránea presenta mayor variabilidad en su productividad en el momento más crítico del verano, que en la norte.*

