

X SEMINARIO DE SEGUIMIENTO A LARGO PLAZO EN LA RED DE PARQUES NACIONALES

20, 21 y 22 de septiembre de 2021

"SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN EN PARQUES NACIONALES"

REMOTE: una aplicación orientada a los gestores para el seguimiento del funcionamiento de los ecosistemas en las áreas protegidas basada en Teledetección

Javier Cabello

Departamento Biología y Geología
Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (CAESCG)
Universidad de Almería



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA



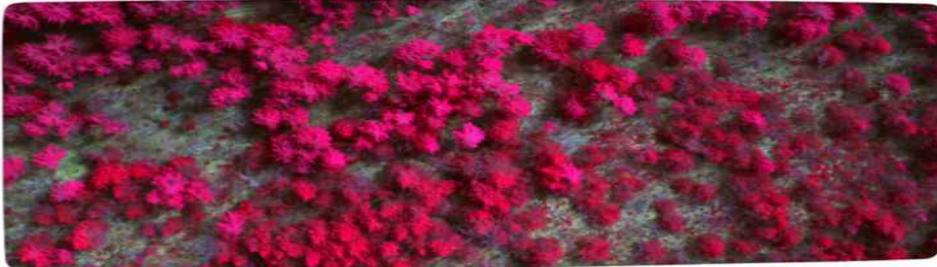
CAESCG CENTRO ANDALUZ PARA LA
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
DEL CAMBIO GLOBAL

ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

TELEDETECCIÓN Y PRODUCTOS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

TELEDETECCIÓN: (tele=distancia: detectar a distancia).
(del inglés remote sensing, percepción remota)

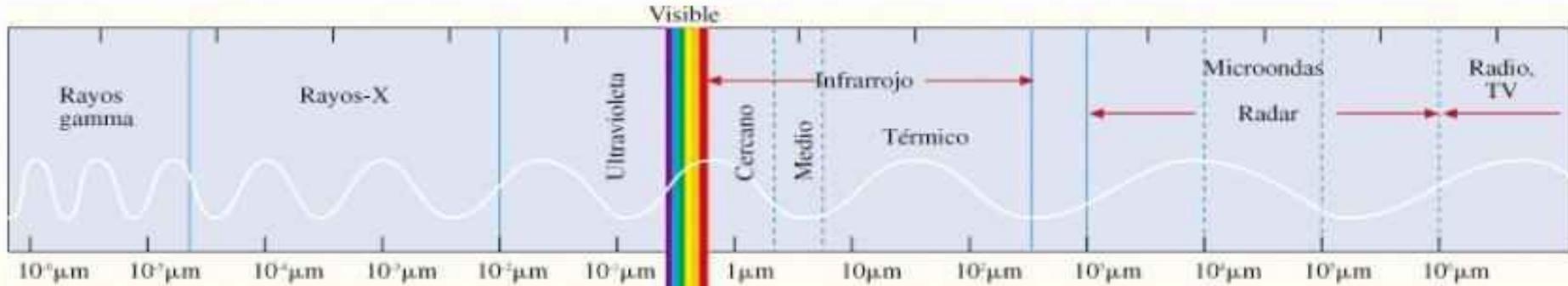
Técnica que permite la adquisición de información o la medida, de ciertas propiedades de un objeto o fenómeno sin contacto físico con el objeto o fenómeno.



REGIONES DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DE RADIACIÓN SOLAR

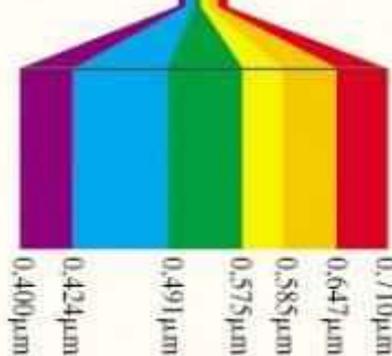
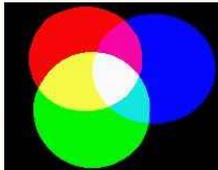
VISIBLE INFRARROJO

MICROONDAS



Región visible: formada por tres colores primarios: rojo (R), verde (G), azul (B) y que pueden captarse por separado (Color RGB)

La suma de las tres bandas produce la luz blanca.



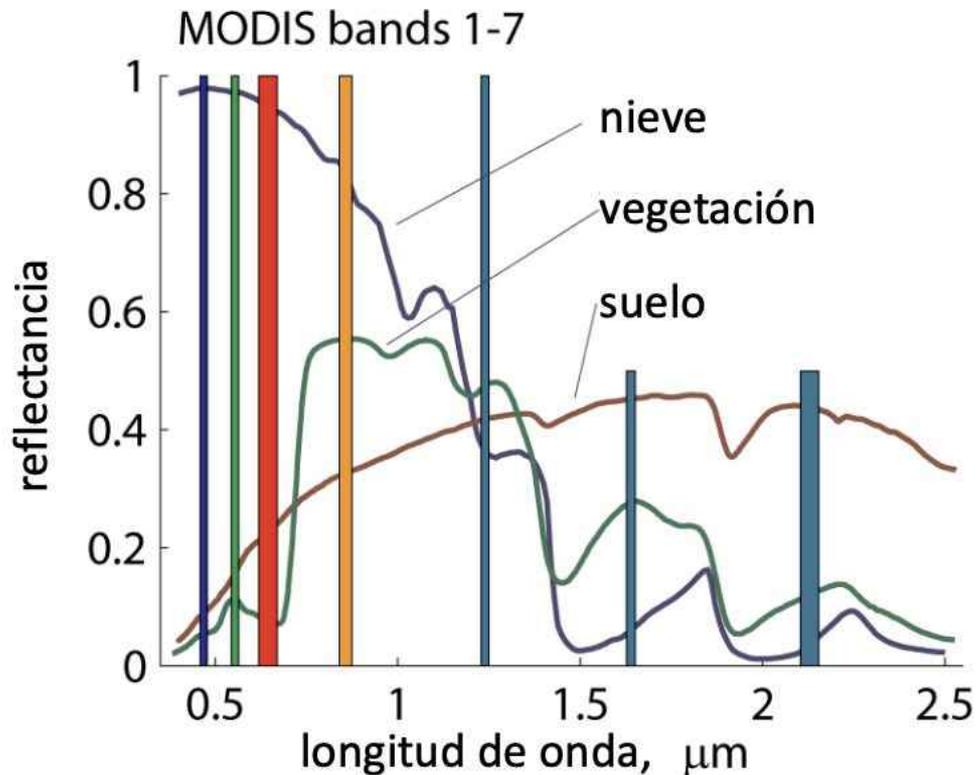
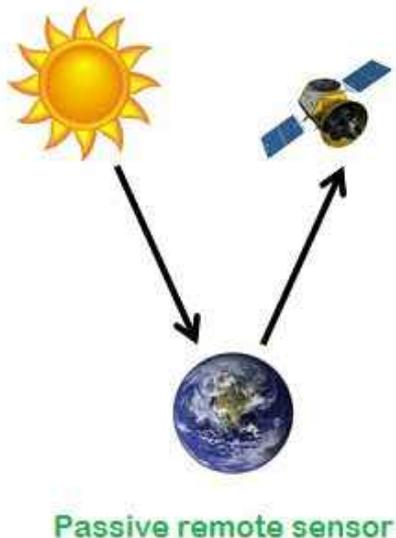
Región infrarrojo (calor)

- . **Próximo:** útil para masas vegetales.
- . **Medio:** calor absorbido por el agua, útil para medios húmedos.
- . **Lejano o térmico:** calor emitido por la superficie terrestre.

Región microondas: imágenes nocturnas, humedad del suelo, salinidad del mar, rugosidad de la superficie terrestre.

REFLECTANCIA: FIRMA ESPECTRAL Y BANDAS

La obtención de imágenes satelitales y sus productos de observación de la tierra derivados se han basado tradicionalmente en el fenómeno de la reflectancia, mediante el cual un espectro de la luz es reflejado por la superficie de un objeto.



PÍXELES

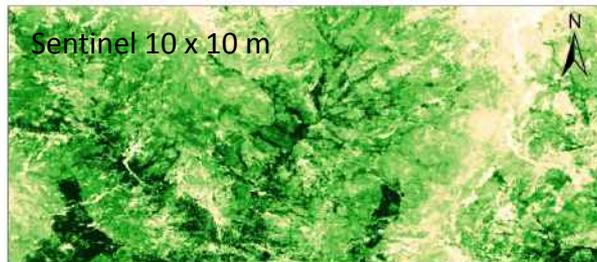
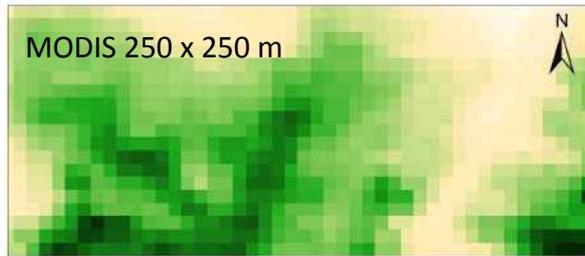
Un píxel es el elemento discreto de imagen más pequeño y, por tanto, la unidad de visualización de las imágenes.

Terrible: Estas imágenes tienen tantos píxeles como animales de la especie quedan en el mundo



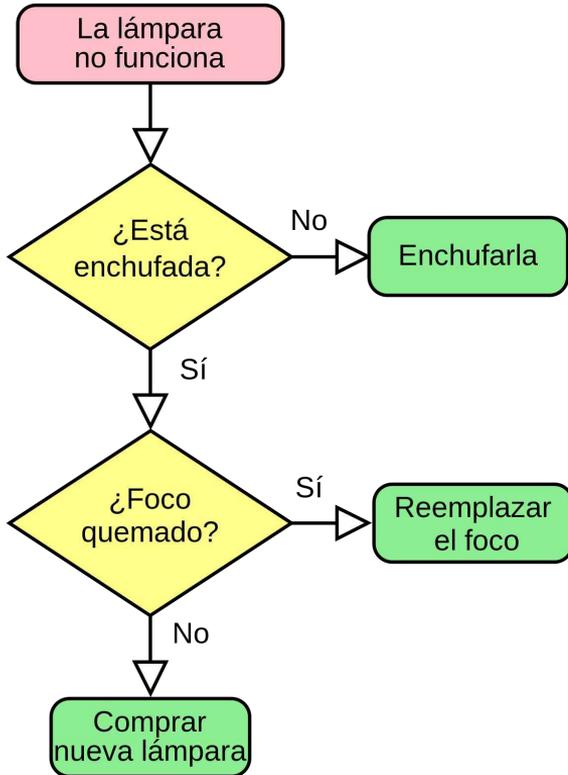
¿QUÉ REPRESENTA UN PÍXEL DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA ECOLOGÍA?

- Cada una de las porciones de un bioma, paisaje, ecosistema, hábitat, cubierta terrestre o uso del suelo.
- Una parcela de muestreo para la investigación ecológica.
- Un dato biológico. No hay otra fuente de información que informe sobre todo el Planeta y con la mayor resolución temporal. Por ejemplo, Landsat 8 tiene más de **700.000 millones de píxeles**.



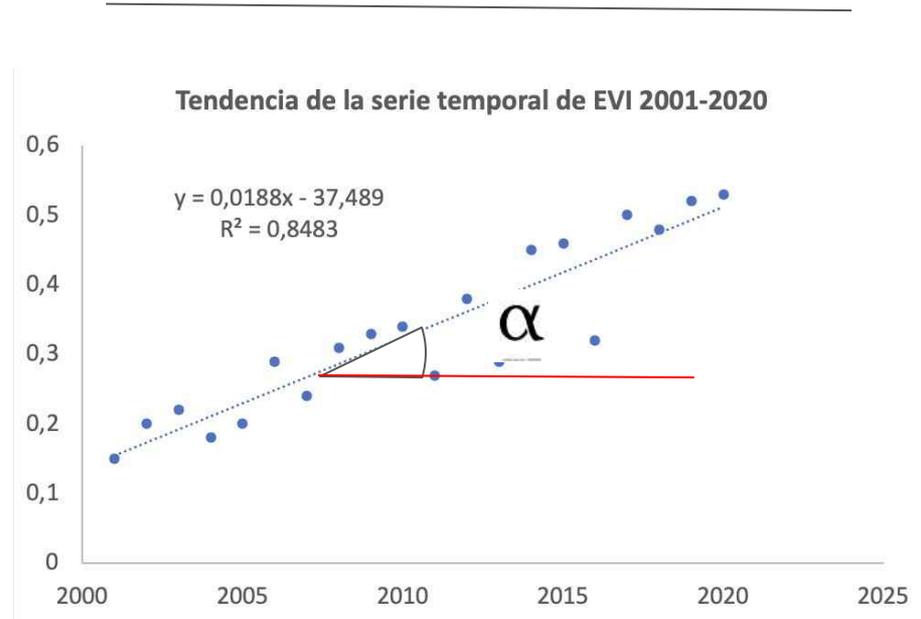
ALGORITMOS

Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas.

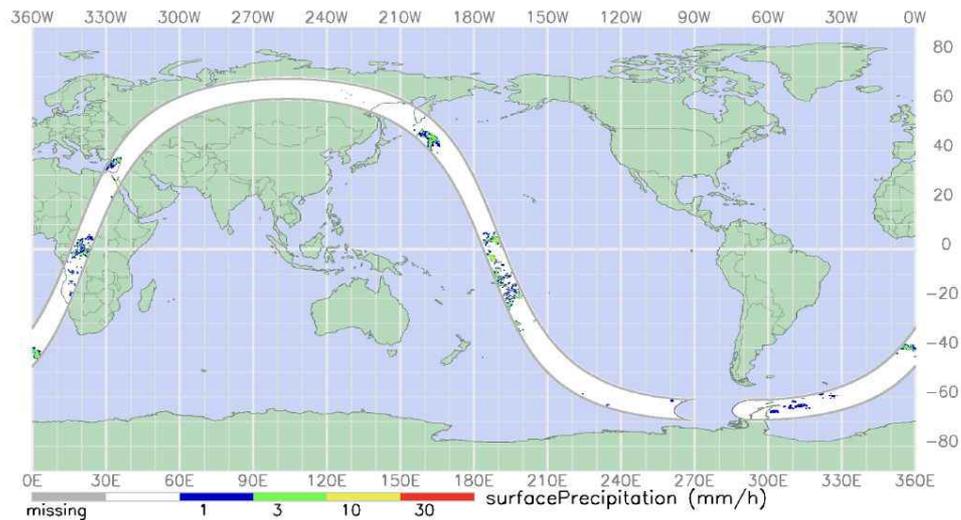


Año	EVI
2001	0,15
2002	0,2
2003	0,22
2004	0,18
2005	0,2
2006	0,29
2007	0,24
2008	0,31
2009	0,33
2010	0,34
2011	0,27
2012	0,38
2013	0,29
2014	0,45
2015	0,46
2016	0,32
2017	0,5
2018	0,48
2019	0,52
2020	0,53

$$\text{EVI medio}_{2001-2020} = 0,33$$



EXTENSIÓN ESPACIAL Y FRECUENCIA TEMPORAL

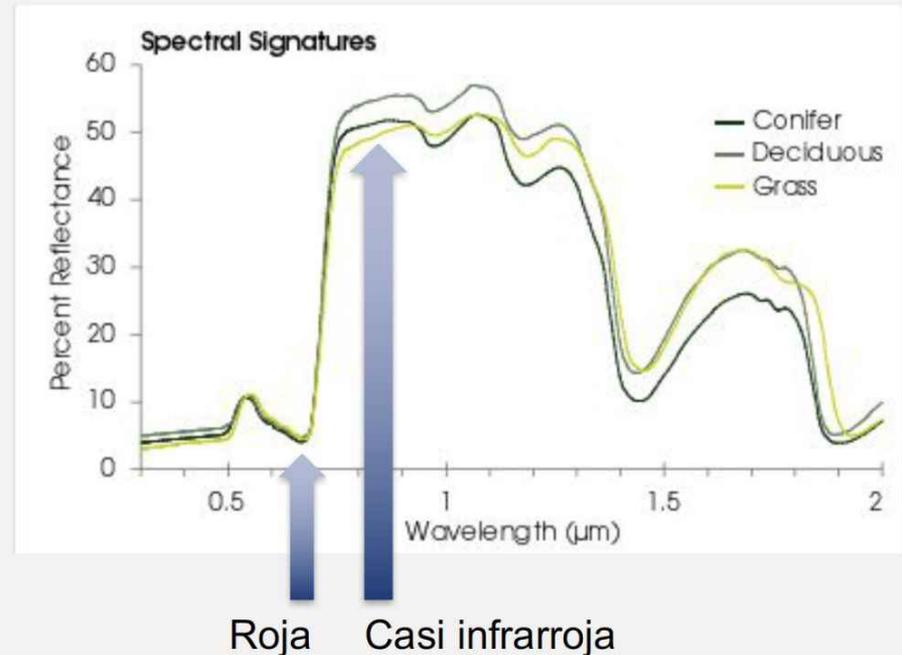


ÍNDICES ESPECTRALES

Coefficientes de bandas para la estimación de variables biofísicas.

NDVI: Índice de diferencia normalizada de la vegetación (**N**ormalized **D**ifference **V**egetation **I**ndex)

- Basado en la relación entre longitudes de onda rojas e infrarrojas
 - la clorofila absorbe fuertemente las visibles (rojas)
 - la estructura de las plantas refleja estrechamente las casi infrarrojas
- $$\text{NDVI} = \frac{\text{Casi infrarroja} - \text{Roja}}{\text{Casi infrarroja} + \text{Red}}$$
- Valores varían entre -1.0 y 1.0
 - Valores negativos (– 0) significan que no hay hojas verdes
 - Valores cerca de 1 indican la mayor densidad posible de hojas verdes



ÍNDICES ESPECTRALES

Satélites de la NASA para el monitoreo de recursos hídricos

Evapotranspiración →

Precipitación →

Cubierta de nieve, Índice de vegetación para evapotranspiración →

Humedad del suelo →

Aguas subterráneas →

Altitud de reservorios →

- Landsat: 07/1972 – presente
- Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM): 11/1997 – 04/2015
- Global Precipitation Measurements (GPM): 02/2014 – presente
- Terra: 12/1999 – presente
- Aqua: 05/2002 – presente
- Soil Moisture Active Passive (SMAP): 01/2015 – presente
- Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE): 03/2002 – presente
- Jason 1, 2, 3: 12/2001 - presente

TELEDETECCIÓN Y SEGUIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS

¿Qué puede hacer la teledetección para apoyar los programas de seguimiento de los ecosistemas?

Casi de todo ya que permite evaluar

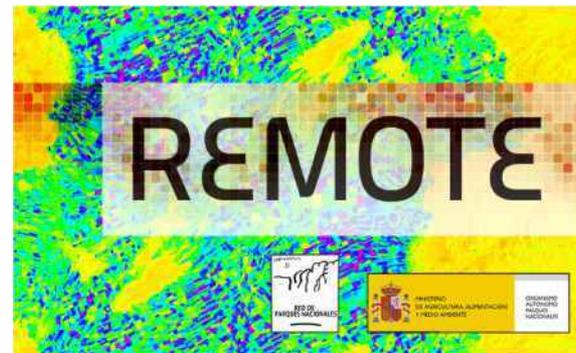
- la **estructura**,
- la **función** y
- la **composición** de los ecosistemas

¡¡Desde la **escala global hasta la local**!!

¡¡A través de **series temporales largas** y de la recogida de datos de **alta frecuencia**!!

REMOTE: Un programa de seguimiento de la Red de Parques Nacionales de España basados en teledetección

- REMOTE surge de un proyecto de investigación del OAPN, y el trabajo colaborativo de 3 organismos durante 10 años: el Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN), el Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (CAESCG) y Tragsatec.
- Objetivo: seguimiento del funcionamiento de los ecosistemas de la Red de Parques Nacionales de España a partir de imágenes de satélite (MODIS, por ahora).



CASO PRÁCTICO

Sistema para el Seguimiento del funcionamiento de ecosistemas en la Red de Parques Nacionales de España mediante Teledetección

Cabello, J.^{*1,2}, Alcaraz-Segura, D.^{1,3}, Reyes, A.¹, Lourenço, P.¹, Requena, J.M.¹, Bonache, J.⁴, Castillo, P.⁴, Valencia, S.⁵, Naya, J.⁵, Ramírez, L.⁴, Serrada, J.⁴

Revista de Teledetección, 46: 119-131 2016

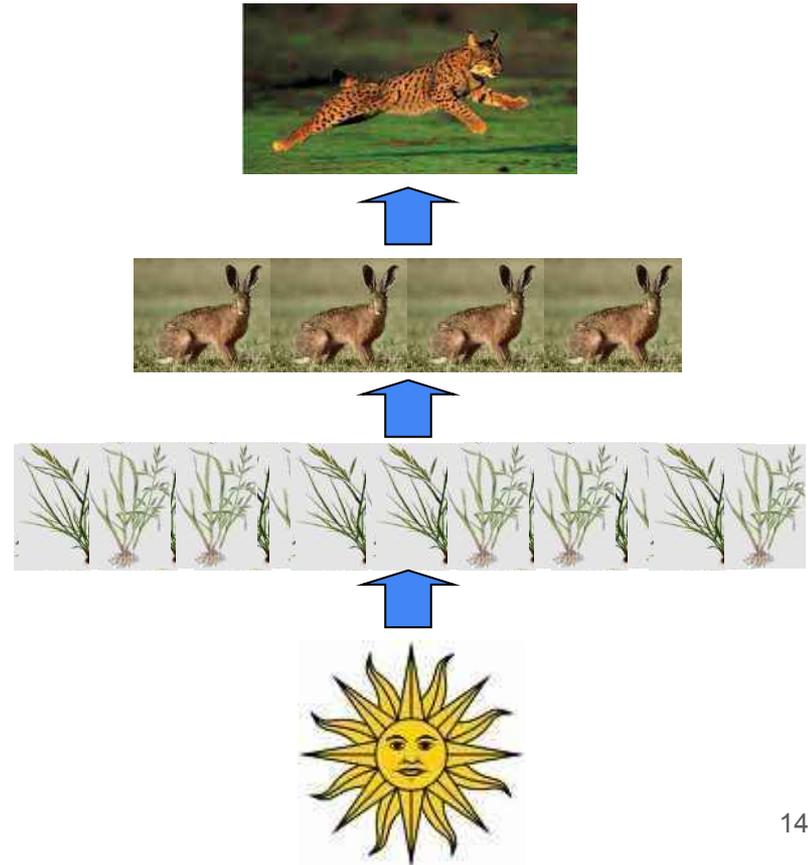


Fundamentos conceptuales REMOTE: Productividad Primaria Neta

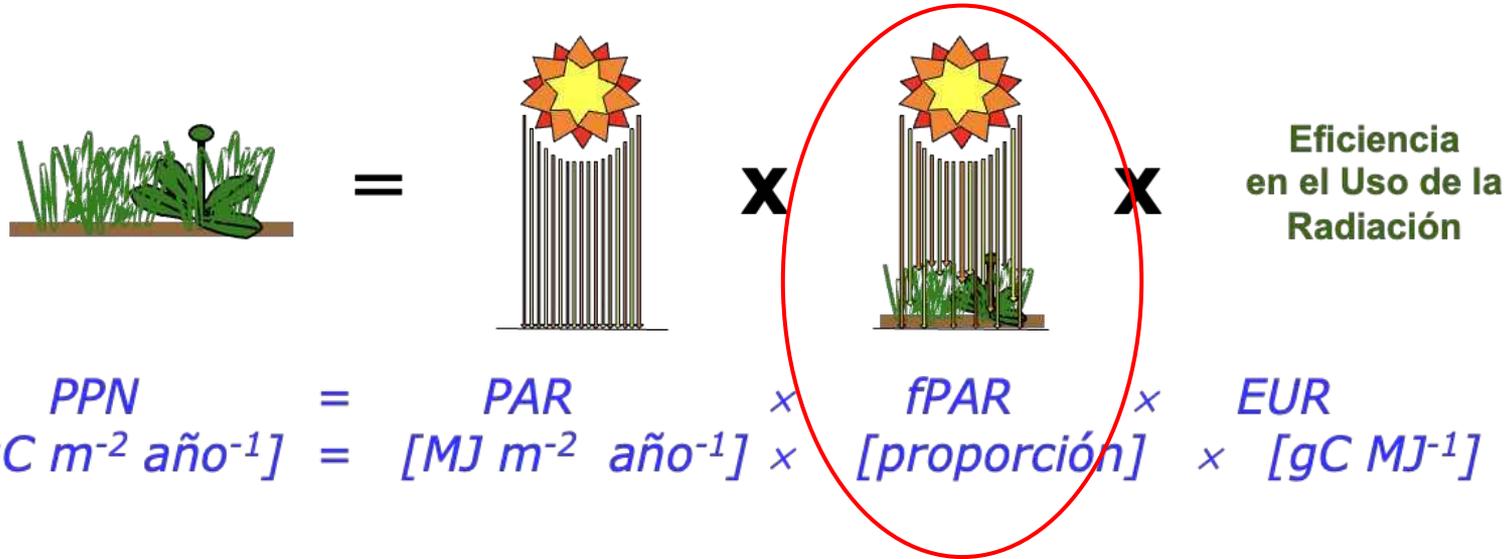
La **PPN** es la energía fijada por fotosíntesis menos la energía empleada en la respiración, es decir la producción primaria bruta menos la respiración. Se mide como la producción de biomasa por unidad de tiempo y área ($\text{g}/\text{m}^2/\text{año}$).

PPN:

- Cantidad de energía que entra en la vida.
- Descriptor integrador de la salud del ecosistema.
- Respuesta integral a los factores ambientales.



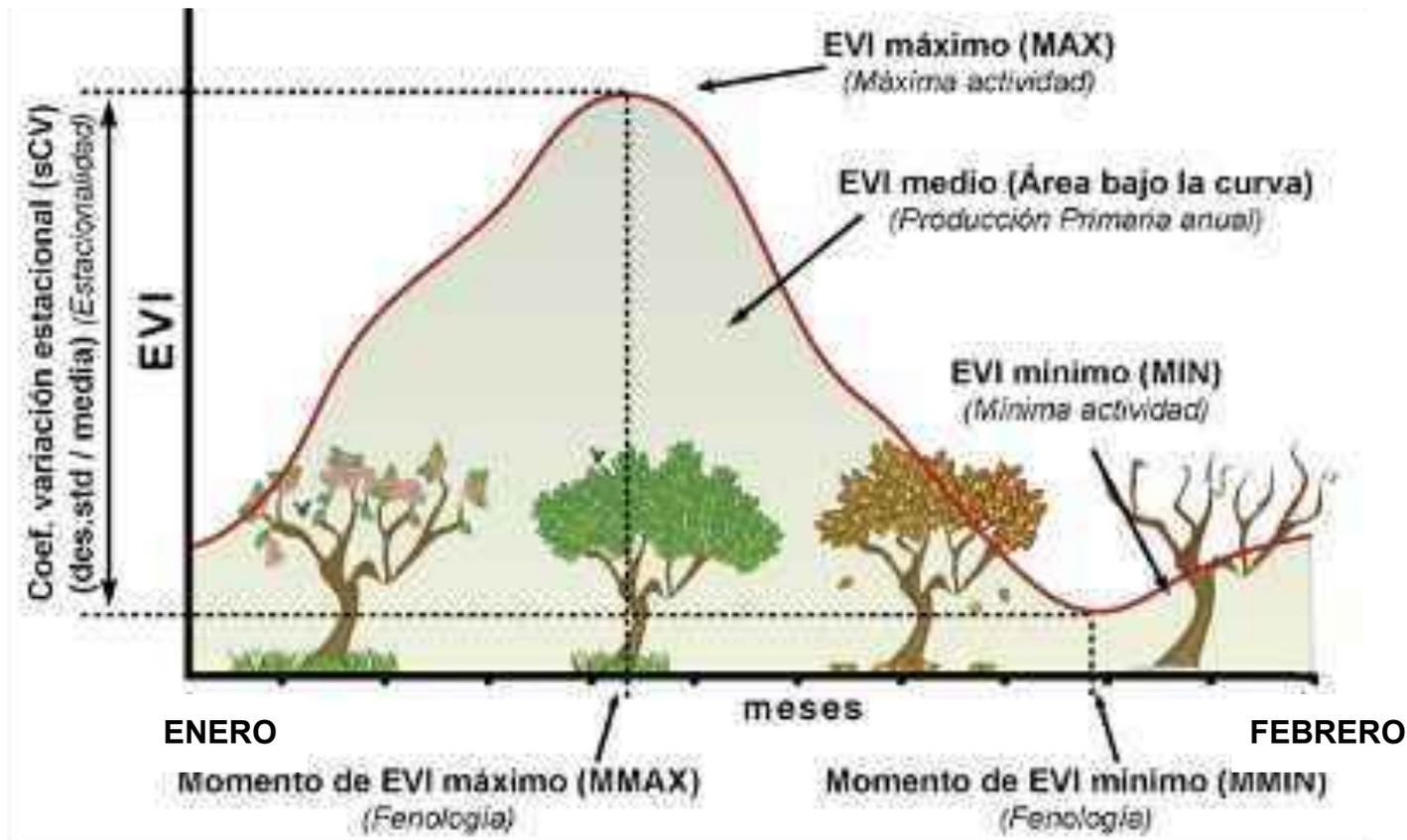
Fundamentos conceptuales REMOTE: EL NDVI PUEDE USARSE COMO ESTIMADOR DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA



Modelo de Monteith 1972

Fundamentos conceptuales REMOTE

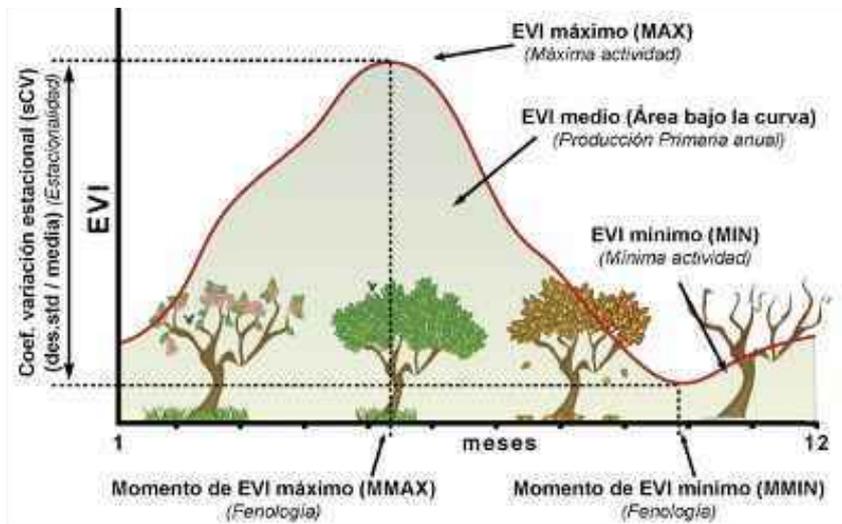
SEGUIMIENTO DE LA CURVA ANUAL DE LOS ÍNDICES ESPECTRALES DE VEGETACIÓN



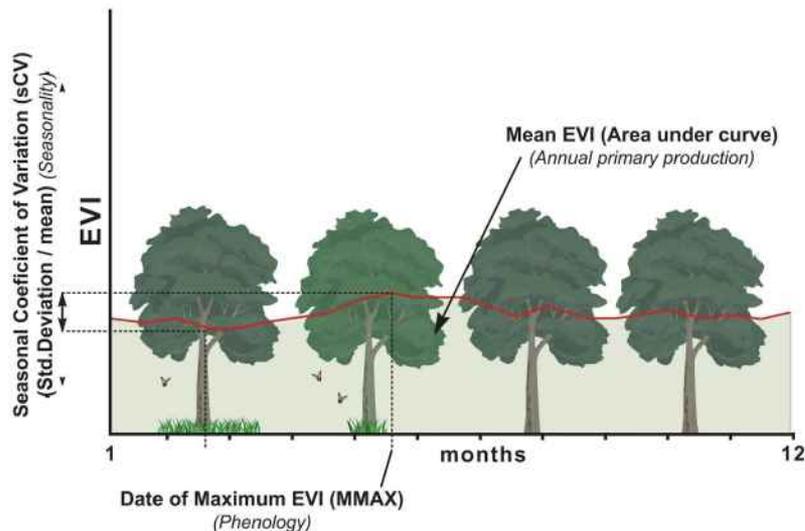
Fundamentos conceptuales REMOTE

SEGUIMIENTO DE LA CURVA ANUAL DE LOS ÍNDICES ESPECTRALES DE VEGETACIÓN

VEGETACIÓN CADUCIFOLIA

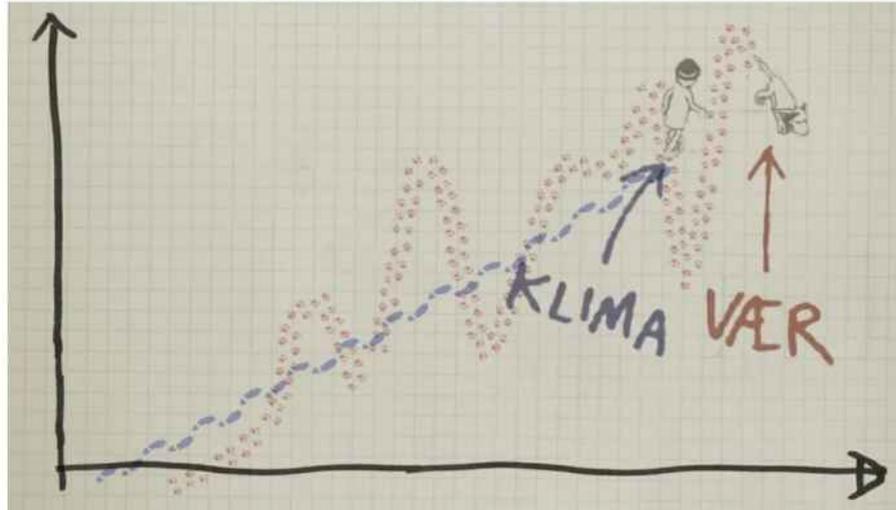


VEGETACIÓN PERENNE



Fundamentos conceptuales de REMOTE

El análisis de largas series temporales de índices espectrales de vegetación derivados de imágenes de satélite permite identificar anomalías y tendencias de cambio direccionales, lo que resulta muy útil bajo la perspectiva del cambio global, y el seguimiento de las acciones de gestión.



http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=e0vj-0imOLw

Tipo de Índice de Vegetación:
 E.V.I. N.D.V.I.

Parque: Sistema Natural Comparativas Parques Red

Parque Nacional
 Sierra de Guadarrama

Cond. Ref. Tendencias Anomalías Gráficas Alertas

POR COMPUESTO

<input type="checkbox"/> 01 Ene	<input type="checkbox"/> 09 May	<input type="checkbox"/> 14 Sep	<input type="checkbox"/> Todo <input type="checkbox"/> Invierno <input type="checkbox"/> Primavera <input type="checkbox"/> Verano <input type="checkbox"/> Otoño
<input type="checkbox"/> 17 Ene	<input type="checkbox"/> 25 May	<input type="checkbox"/> 30 Sep	
<input type="checkbox"/> 02 Feb	<input type="checkbox"/> 10 Jun	<input type="checkbox"/> 16 Oct	
<input type="checkbox"/> 18 Feb	<input type="checkbox"/> 26 Jun	<input type="checkbox"/> 01 Nov	
<input type="checkbox"/> 06 Mar	<input type="checkbox"/> 12 Jul	<input type="checkbox"/> 17 Nov	
<input type="checkbox"/> 22 Mar	<input type="checkbox"/> 28 Jul	<input type="checkbox"/> 09 Dic	
<input type="checkbox"/> 07 Abr	<input type="checkbox"/> 13 Ago	<input type="checkbox"/> 19 Dic	
<input type="checkbox"/> 23 Abr	<input type="checkbox"/> 29 Ago		

Año medio
 Media Interanual

Extremos Históricos
 Máximo Mínimo
 Año del Máximo Año del Mínimo

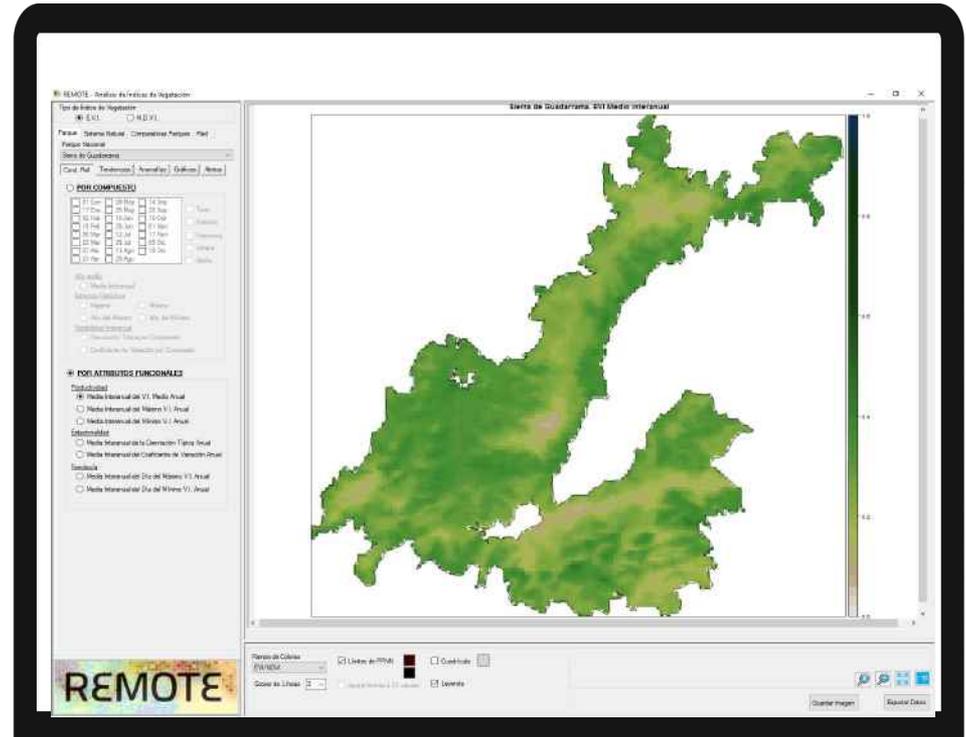
Variabilidad Interanual
 Desviación Típica por Compuesto
 Coeficiente de Variación por Compuesto

POR ATRIBUTOS FUNCIONALES

Productividad
 Media Interanual del V.I. Medio Anual
 Media Interanual del Máximo V.I. Anual
 Media Interanual del Mínimo V.I. Anual

Estacionalidad
 Media Interanual de la Desviación Típica Anual
 Media Interanual del Coeficiente de Variación Anual

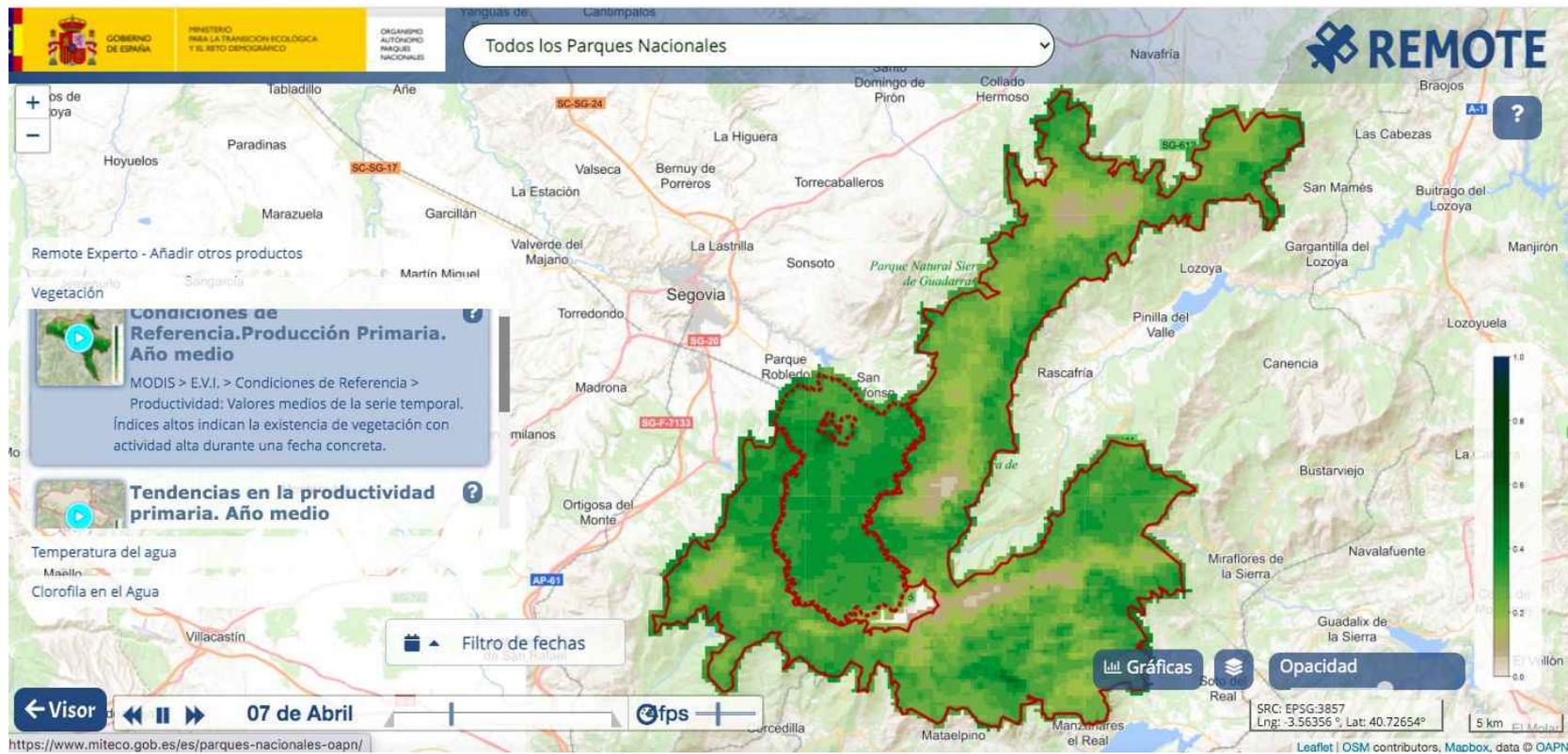
Fenología
 Media Interanual del Día del Máximo V.I. Anual
 Media Interanual del Día del Mínimo V.I. Anual



REMOTE - Condiciones de referencia

Maps of Ecosystem Functional Attributes
(Guadarrama National Park)

VISOR WEB



<http://sigred.oapn.es/VisorRedPPNN/>

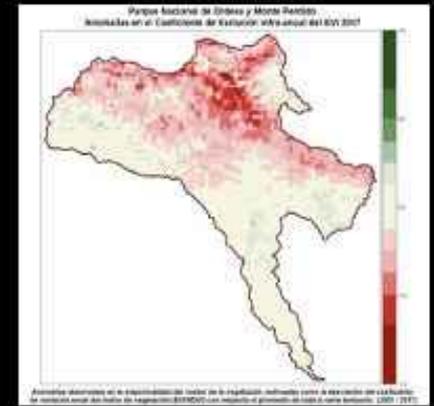
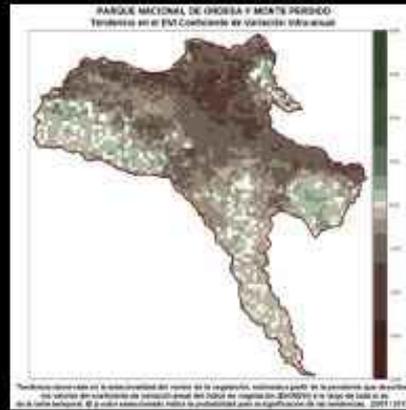
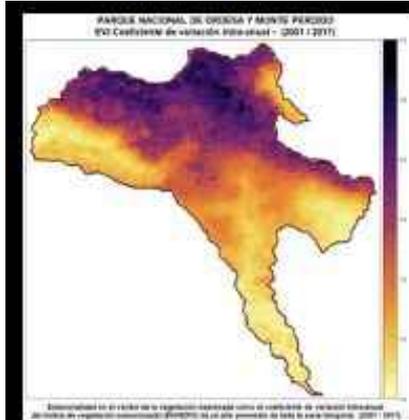
Resumen de los productos que ofrece REMOTE

Condiciones de referencia
(valores medios)

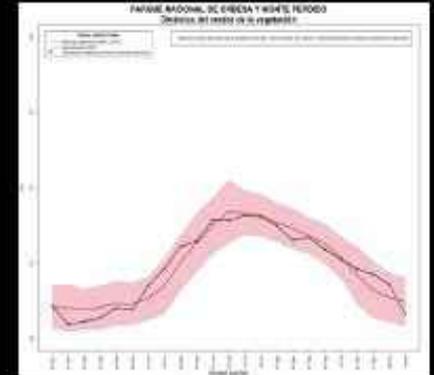
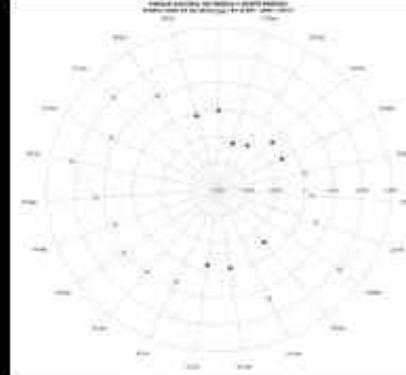
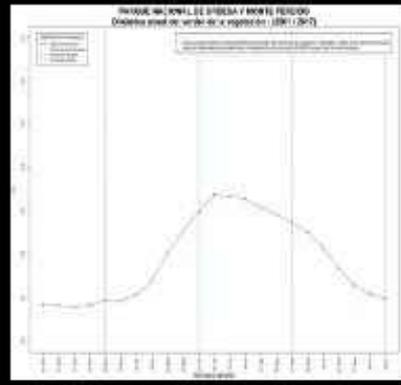
Tendencias
(cambios graduales)

Anomalías
(desviaciones anuales frente a la media)

Datos agregados
interanuales
(a lo largo de la serie
temporal)



Información
sobre la
dinámica
estacional
(intra-anual)



Observaciones, modelos e hipótesis

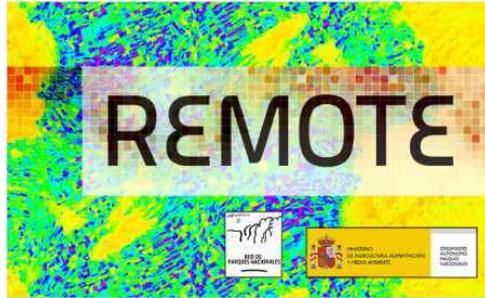
Representaciones formales, verbales o matemáticas, de un objeto o de un fenómeno real. Son representaciones simplificadas pero capaces de describir las características relevantes del sistema.

FASES DEL PROCESO DE MODELIZACIÓN

(Piñol & Martínez-Vilalta 2006, basado en Beven 2001)



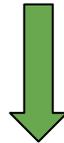
Hipótesis para el seguimiento de los cambios en los ecosistemas



Observaciones en las tendencias de los atributos funcionales (Mapas y modelos)



Observaciones de procesos e impulsores de cambio (Revisión bibliográfica)



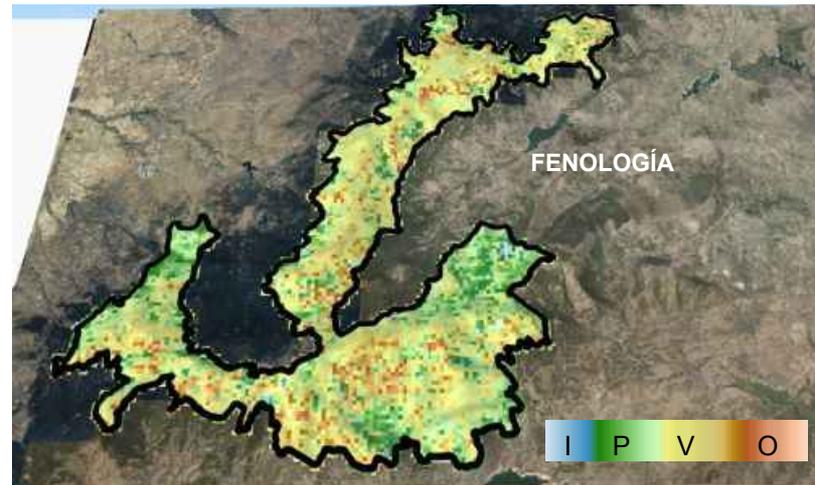
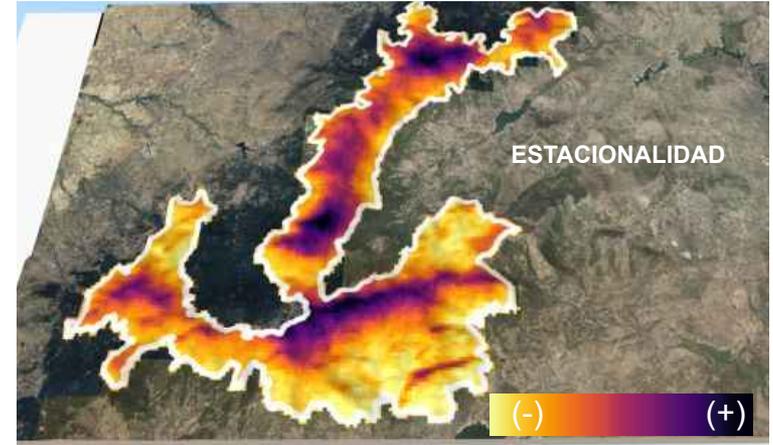
Percepciones y observaciones de procesos e impulsores de cambio (Entrevistas y talleres)



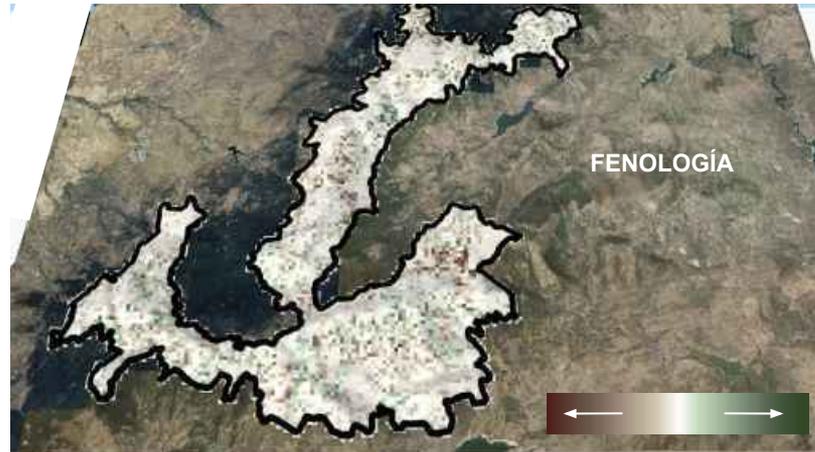
Hipótesis para el seguimiento de los cambios en los ecosistemas

OBSERVACIONES PARA EL PN GUADARRAMA PARA LA SERIE TEMPORAL 2001-2019

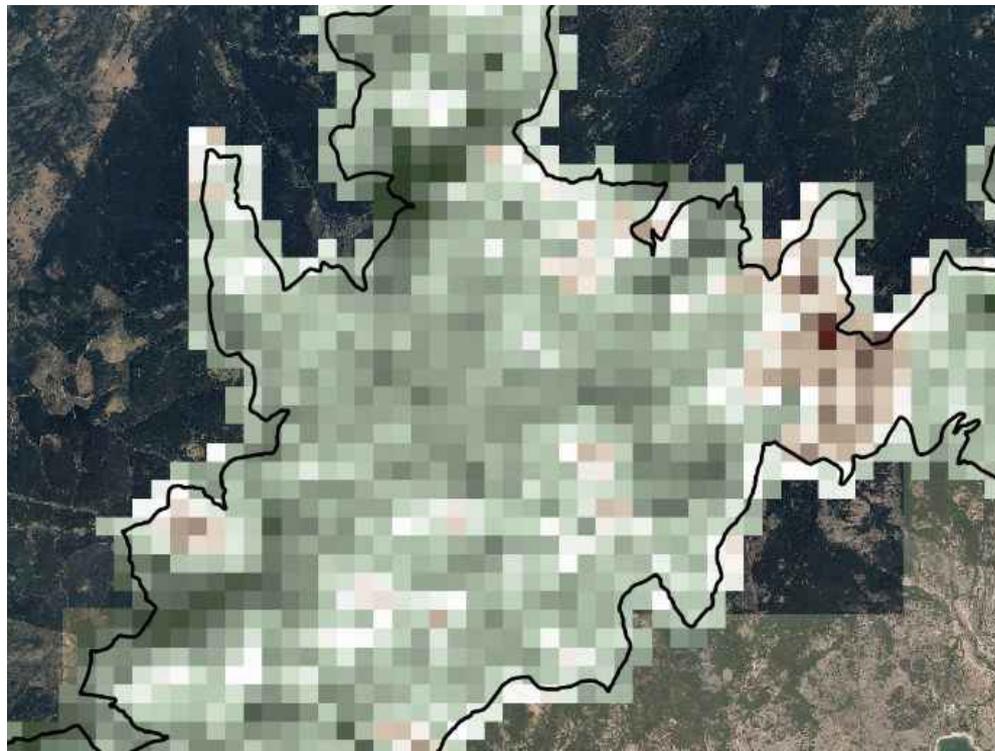
PN GUADARRAMA: CONDICIONES DE REFERENCIA



PN GUADARRAMA: TENDENCIAS



Observación 1: TENDENCIAS EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA



Observación 2: TENDENCIAS EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA



Observación 3: TENDENCIAS EN LA ESTACIONALIDAD



Observación 4: Tendencias en la FENOLOGÍA



Marrón: adelanto en el máximo verdor.
Verde: retraso en el máximo verdor.



**HIPÓTESIS DE ASOCIACIÓN ENTRE OBSERVACIONES Y PROCESOS DE CAMBIO O
ACCIONES DE GESTIÓN**

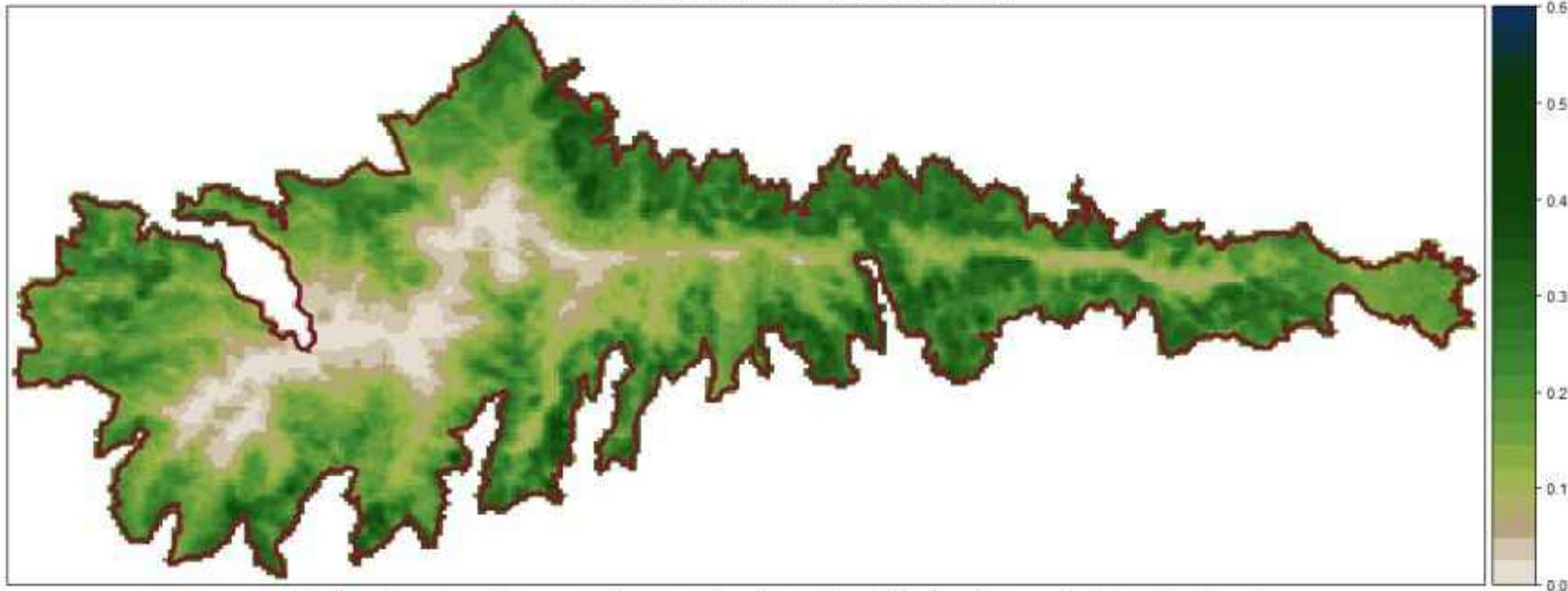
Hipótesis de asociación entre las tendencias en el funcionamiento ecosistémico observados y los procesos de cambio ecológico y acciones de gestión documentadas para el Parque Nacional de Guadarrama

Cambios en el funcionamiento ecosistémico	Tendencias observadas a lo largo de la serie temporal	Proceso con el que es compatible	Impacto sobre la vegetación y la biodiversidad
En la productividad primaria neta (EVI medio del periodo)	Crecimiento generalizado, destacan depresiones y valles. Nulo en altitudes intermedias.	Procesos de matorralización en la cima por abandono ganadería y disminución del manto de nieve Mayor crecimiento en valles probablemente por el incremento del agua del deshielo. Menor en altitudes medias debido al aumento de la escorrentía. Descenso en áreas de gestión forestal.	Pérdida de pastizales psicixerófilos en las cimas. Incremento de la biomasa en pinares. Mayor crecimiento de los robledales (<i>Quercus pyrenaica</i>) y encinares (<i>Quercus ilex</i>). Pérdida de hábitat para anfibios y mariposas.
En la estacionalidad del dosel	Disminución de la estacionalidad en cumbres y en la cuenca sur Aumento en las laderas.	Abandono ganadería. Aumento de la Tª media del parque debido al cambio climático. Aumento de la superficie de matorral en las cumbres	Pérdida de pastizales psicixerófilos en las partes altas. Aumento del dosel vegetal en vegetación perenne (pinares, encinares). Pérdida de hábitat para anfibios y mariposas.
En la fenología del dosel	Adelanto en áreas puntuales. Retraso en áreas puntuales.	Aumento de la Tª media del parque debido al cambio climático. Disponibilidad hídrica para las plantas adelantada en el tiempo	Desajuste temporal en las interacciones biológicas ocurridas entre la vegetación. Modificaciones del ciclo biológico en plantas. Pérdida de hábitat para anfibios y mariposas.

OBSERVACIONES EN EL PN SIERRA NEVADA PARA LA SERIE TEMPORAL 2001-2019

PN SIERRA NEVADA: CONDICIONES DE REFERENCIA PRODUCTIVIDAD

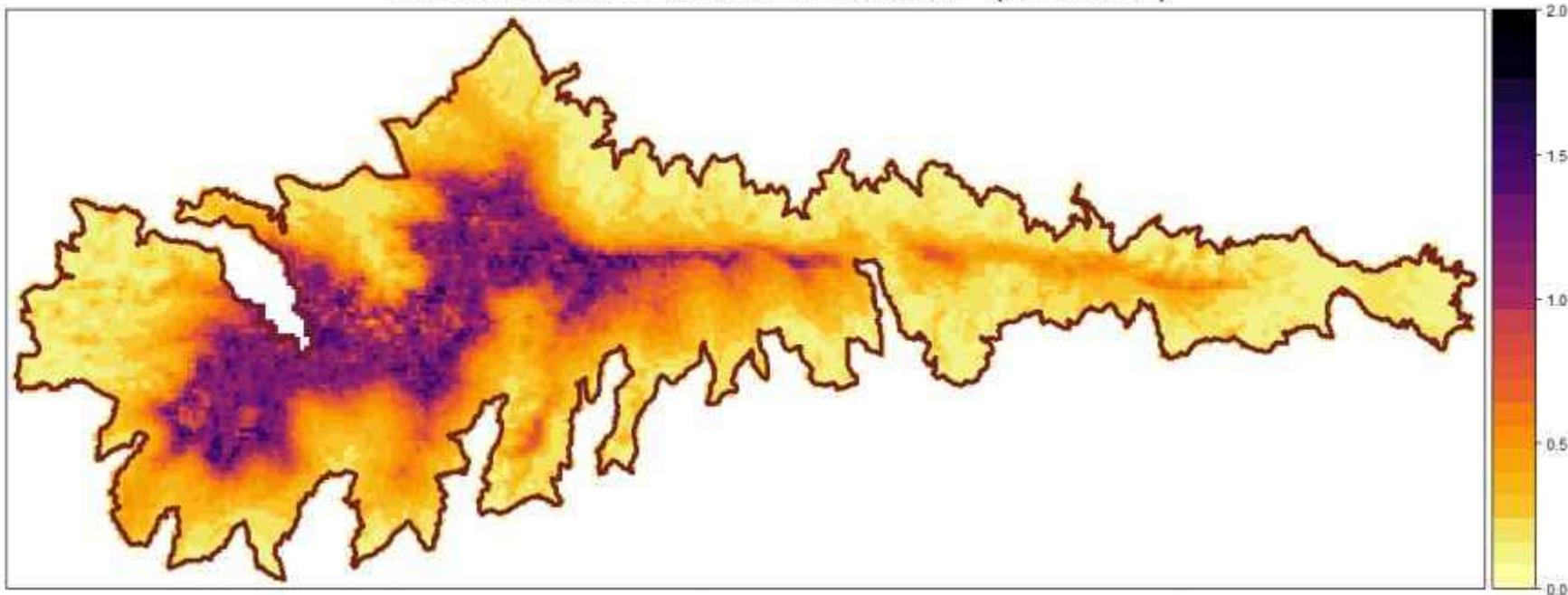
PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA
EVI Medio Anual - (2001 / 2019)



Producción primaria expresada como el valor medio del índice de vegetación seleccionado (EVI/NDVI) de un año promedio representativo de toda la serie temporal. (2001 / 2019)

PN SIERRA NEVADA: CONDICIONES DE REFERENCIA ESTACIONALIDAD

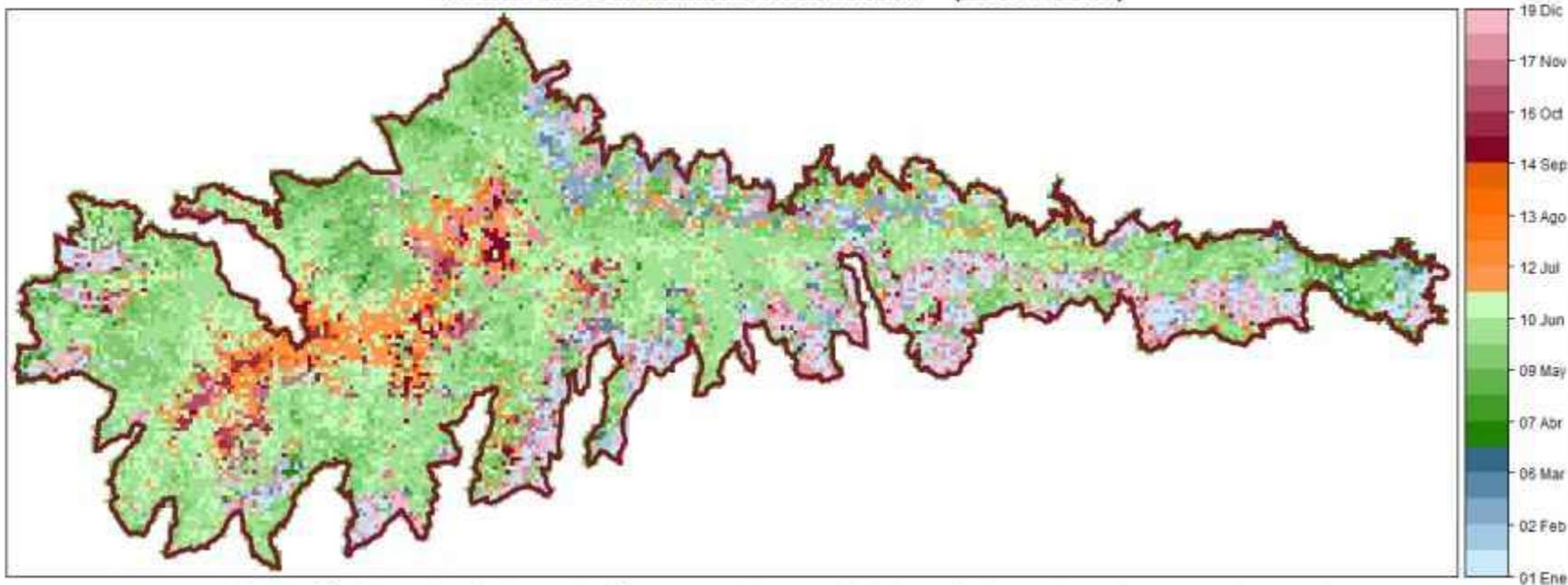
PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA
EVI Coeficiente de variación intra-anual - (2001 / 2019)



Estacionalidad en el verdor de la vegetación expresada como el coeficiente de variación intra-anual del índice de vegetación seleccionado (EVI/NDVI) de un año promedio de toda la serie temporal. (2001 / 2019)

PN SIERRA NEVADA: CONDICIONES DE REFERENCIA FENOLOGÍA

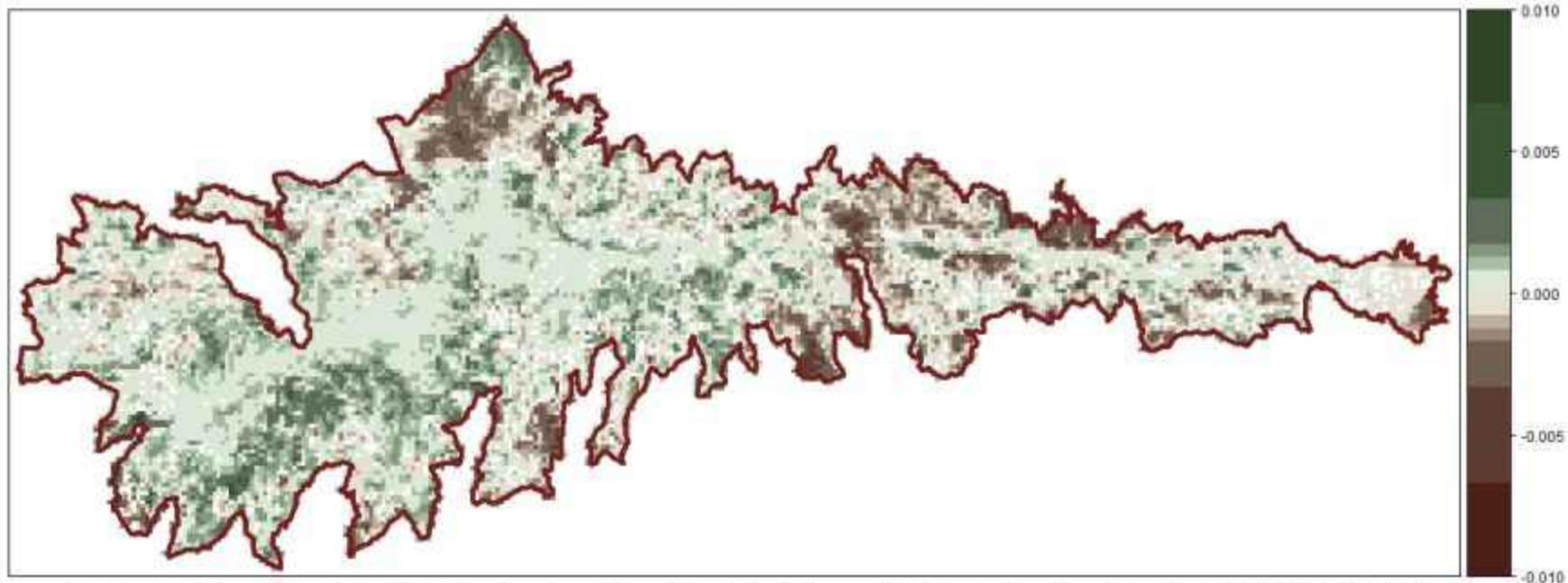
PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA Fecha del EVI máximo intra-anual - (2001 / 2019)



Fenología del verdor de la vegetación expresada como la fecha más frecuente en la que se alcanza el valor máximo del índice de vegetación (EVI/NDVI) en un año promedio de toda la serie temporal. (2001 / 2019)

PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA

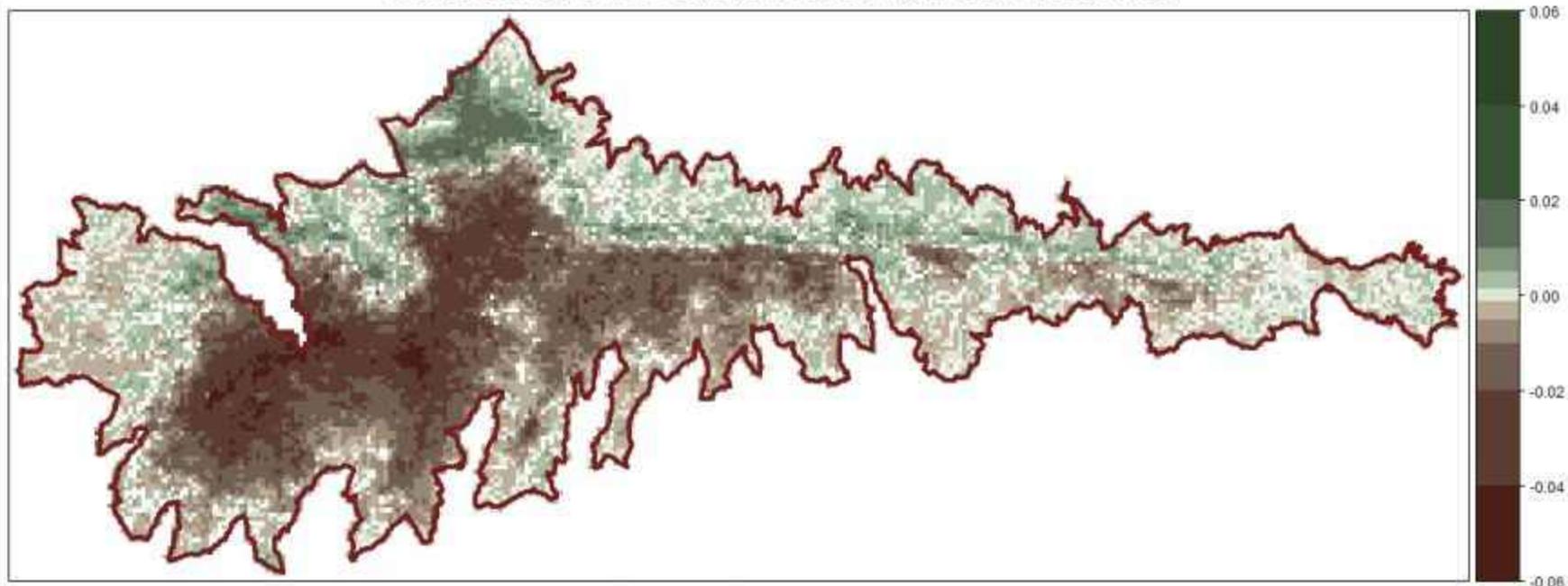
Tendencia en el EVI Medio



Tendencia observada en la producción primaria, estimada a partir de la pendiente que describen los valores del EVI/NDVI Medio anual a lo largo de toda la serie temporal. El p-valor seleccionado indica la probabilidad para la significación de las tendencias. (2001 / 2018)

PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA

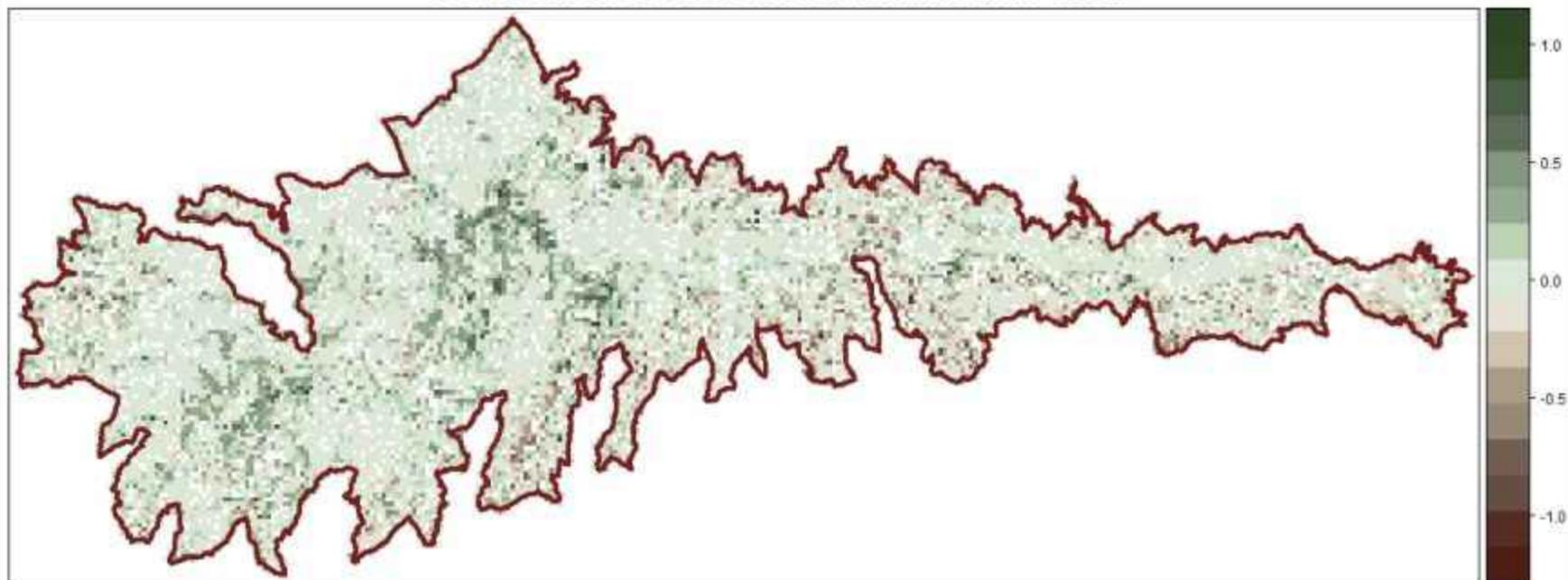
Tendencia en el EVI Coeficiente de Variación intra-anual



Tendencia observada en la estacionalidad del verdor de la vegetación, estimada a partir de la pendiente que describen los valores del coeficiente de variación anual del índice de vegetación (EVI/NDVI) a lo largo de toda la serie temporal. El p-valor seleccionado indica la probabilidad para la significación de las tendencias. (2001 / 2018)

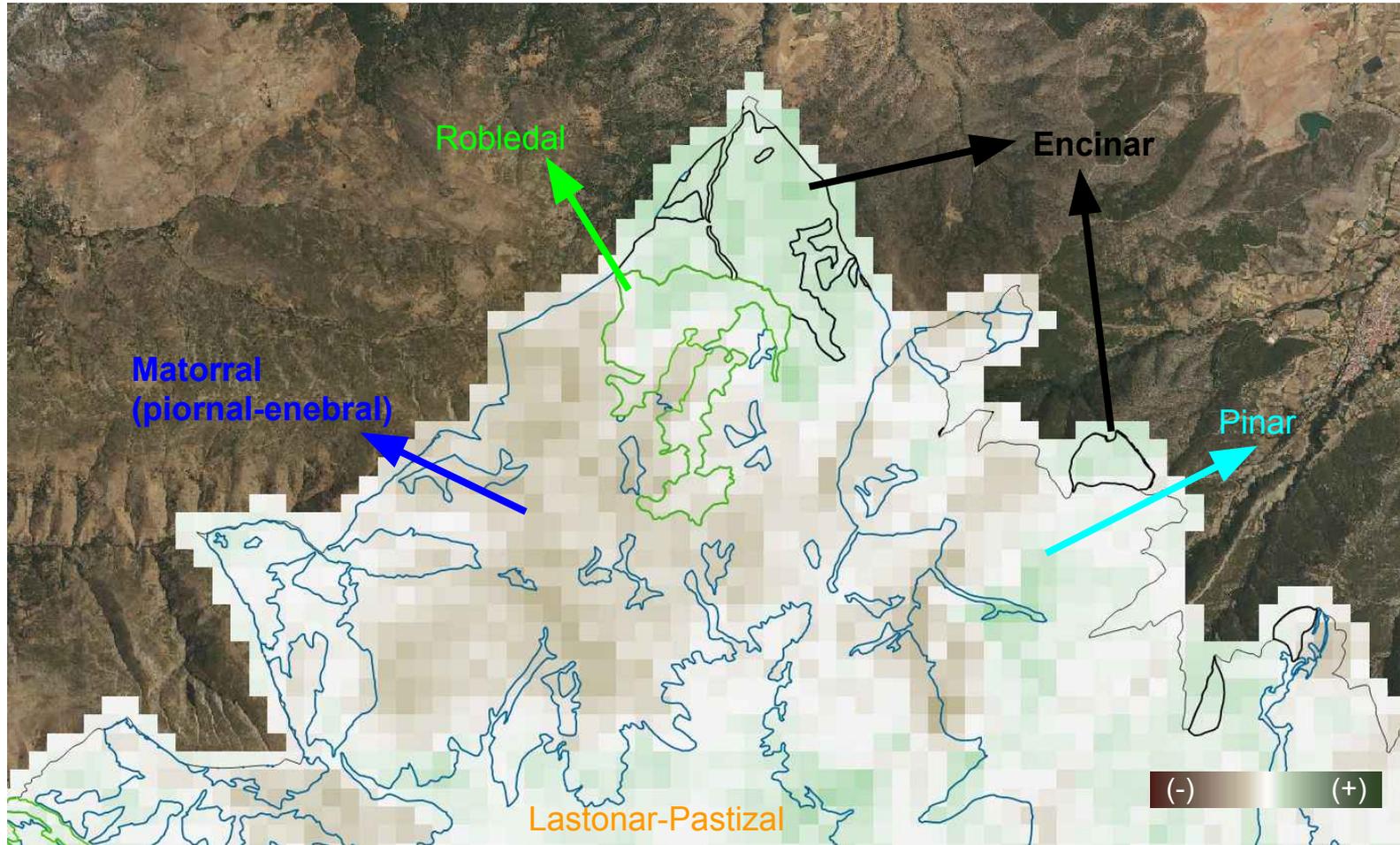
PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA

Tendencia en la fecha del EVI máximo intra-anual

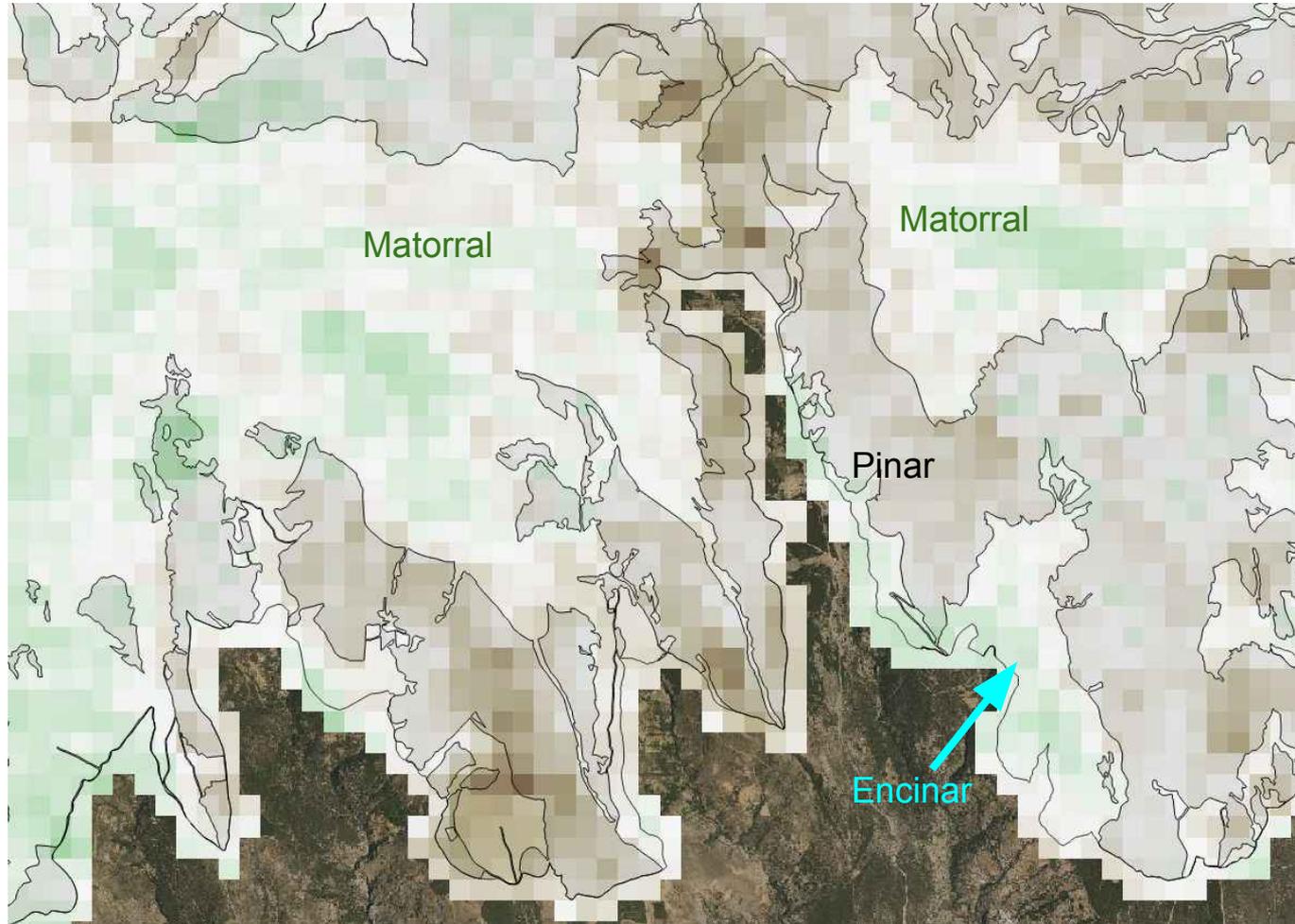


Tendencia observada en la fenología del verdor de la vegetación, estimada a partir de la pendiente que describen las fechas en las que el índice de vegetación (EVI/NDVI) alcanza el máximo valor anual, a lo largo de toda de toda la serie temporal. El p-valor seleccionado indica la probabilidad para la significación de las tendencias. (2001 / 2018)

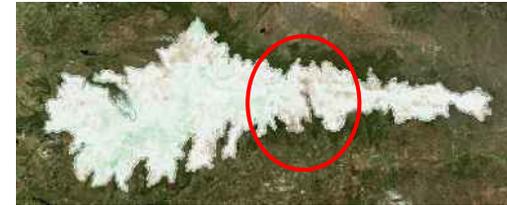
Observación 1: Tendencias en la PRODUCTIVIDAD



Observación 2: Tendencias en la PRODUCTIVIDAD

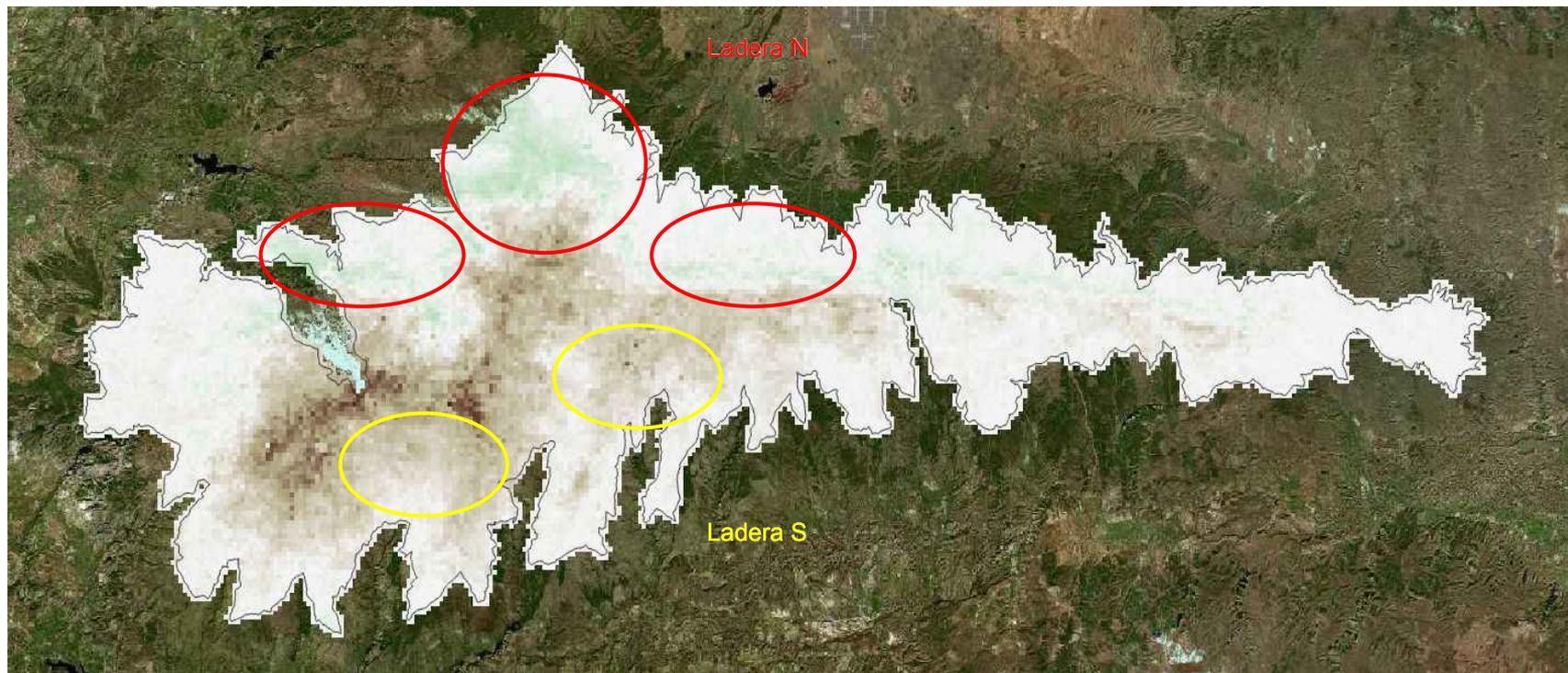


Puerto de la Ragua -
Laroles

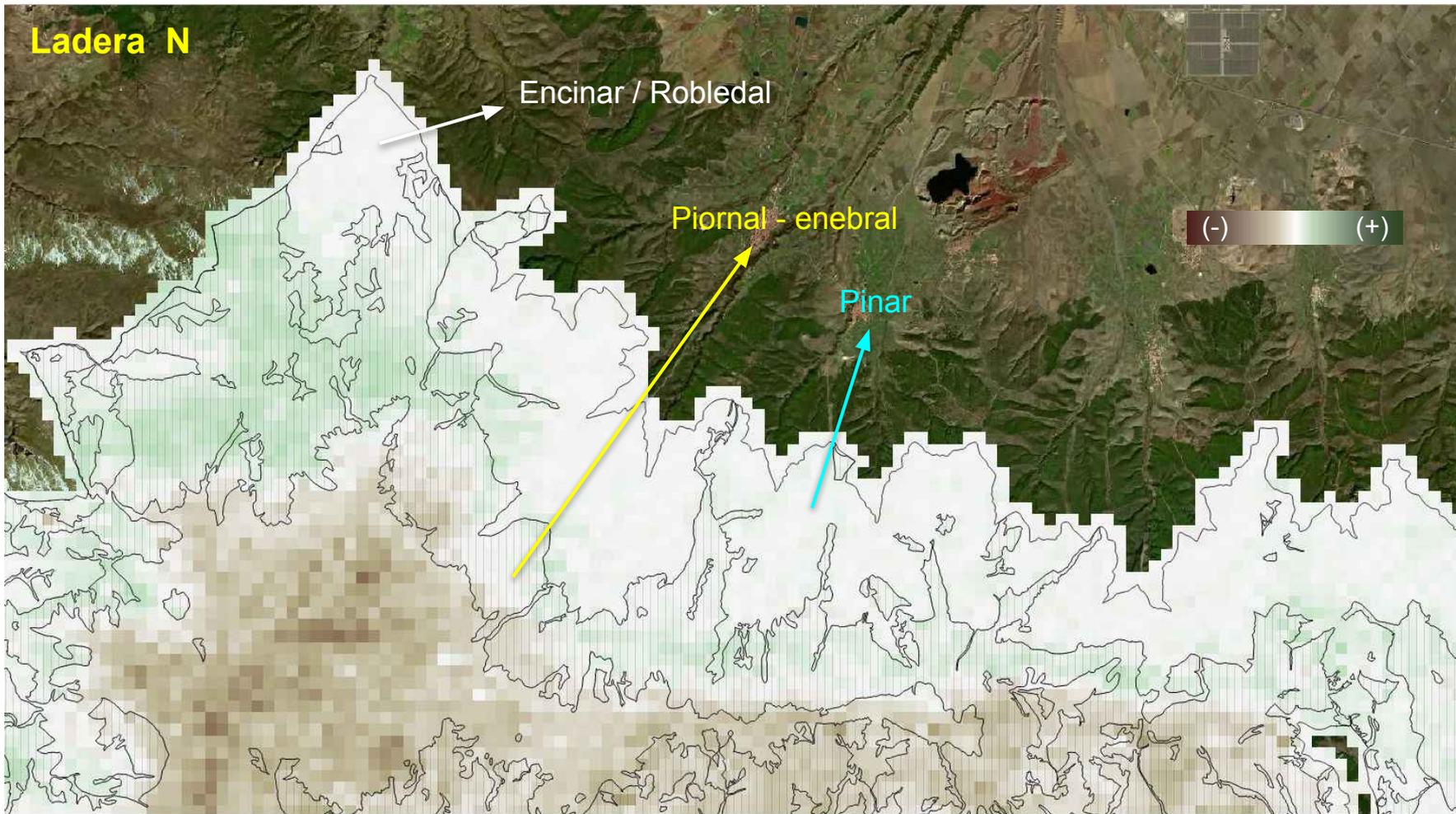


(-) (+)

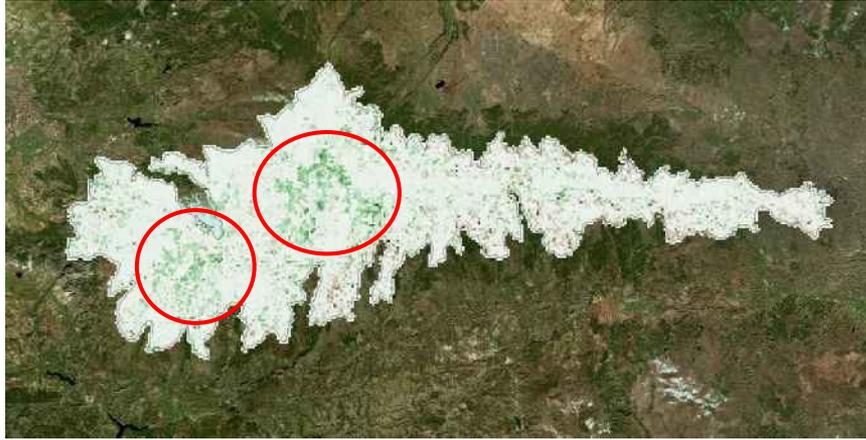
Observación 3: Tendencias en la ESTACIONALIDAD



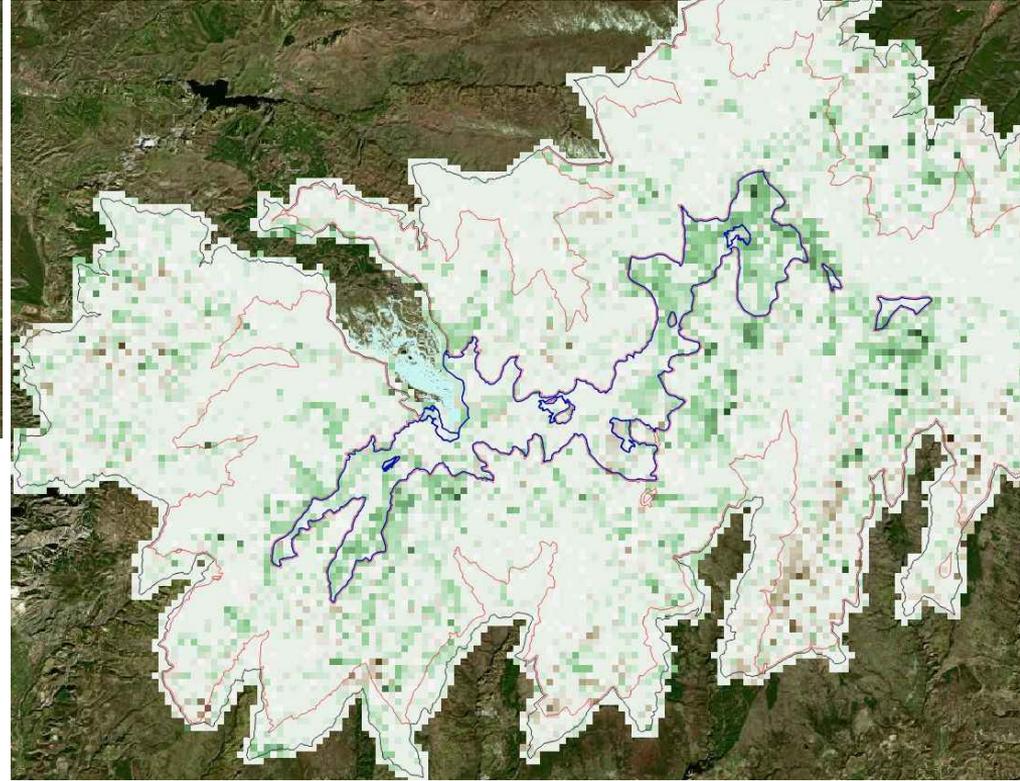
Observación 3: Tendencias en la ESTACIONALIDAD



Observación 4: Tendencias en la FENOLOGÍA



← →
Adelanto Retraso
(Fecha máximo verdor)



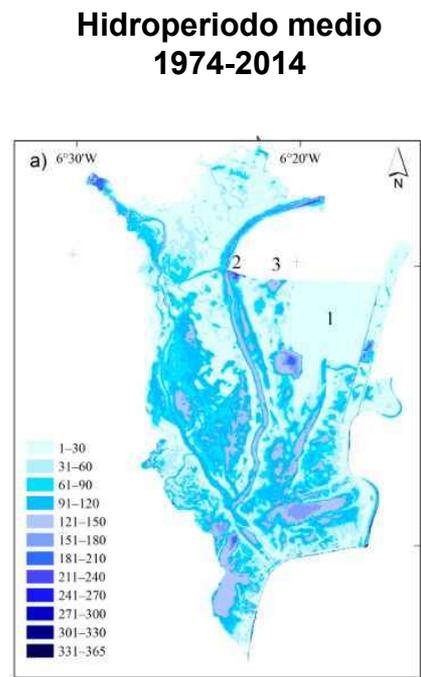
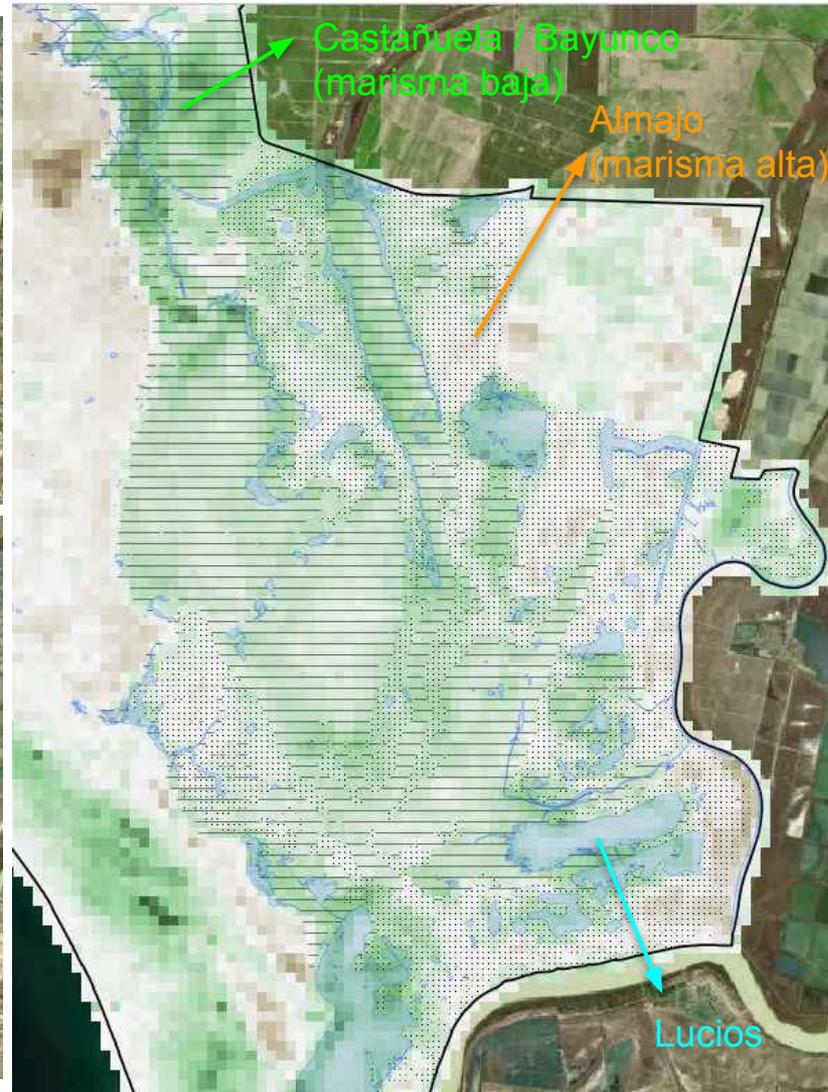
Crioromediterráneo
Oromediterráneo

OBSERVACIONES PARA EL PN DOÑANA PARA LA SERIE TEMPORAL 2001-2019

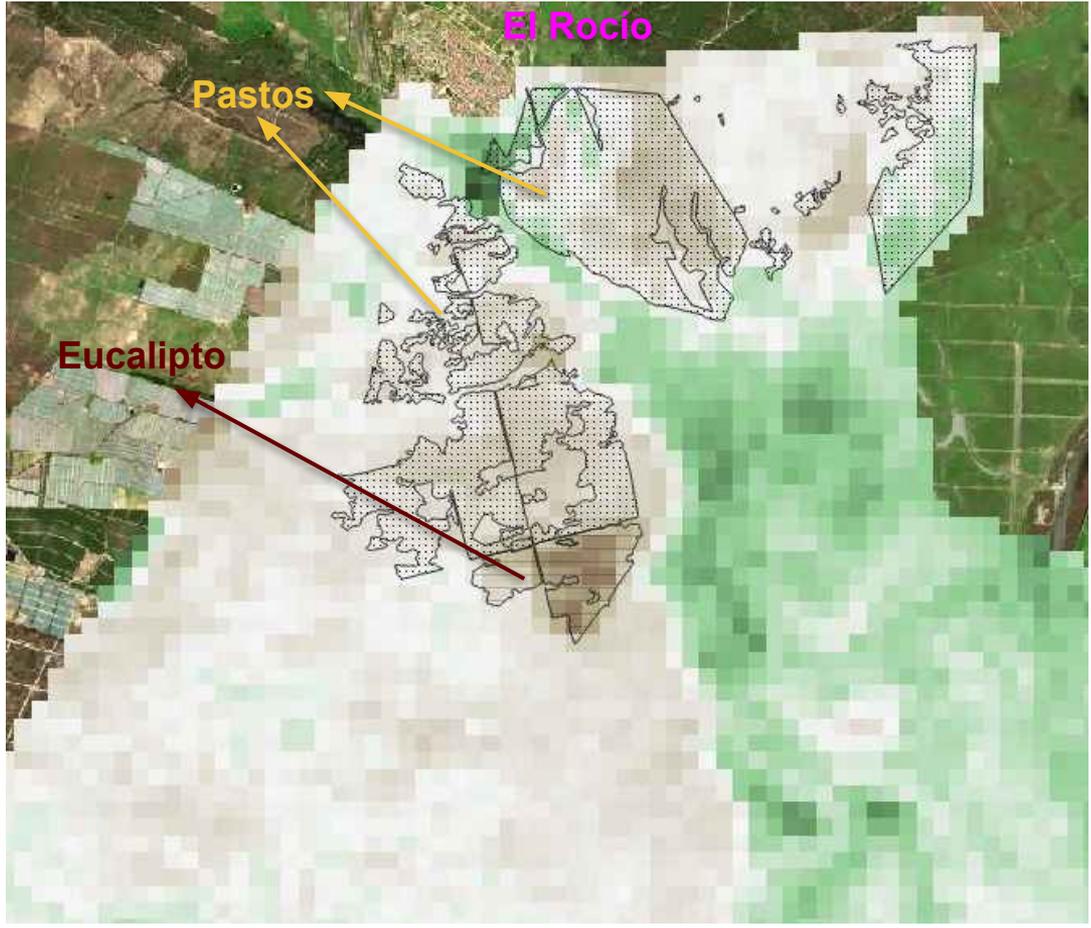
Observación 1: TENDENCIAS EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA



Observación 2: TENDENCIAS EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA



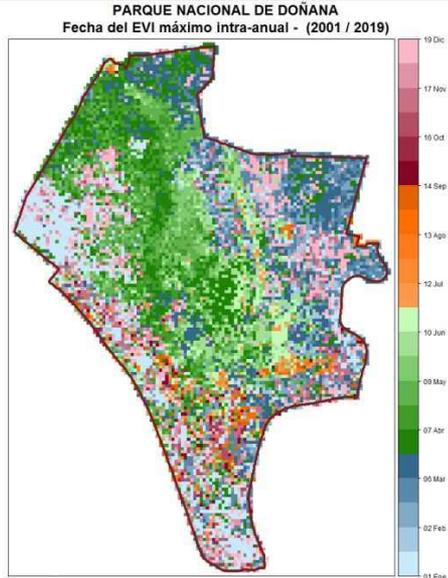
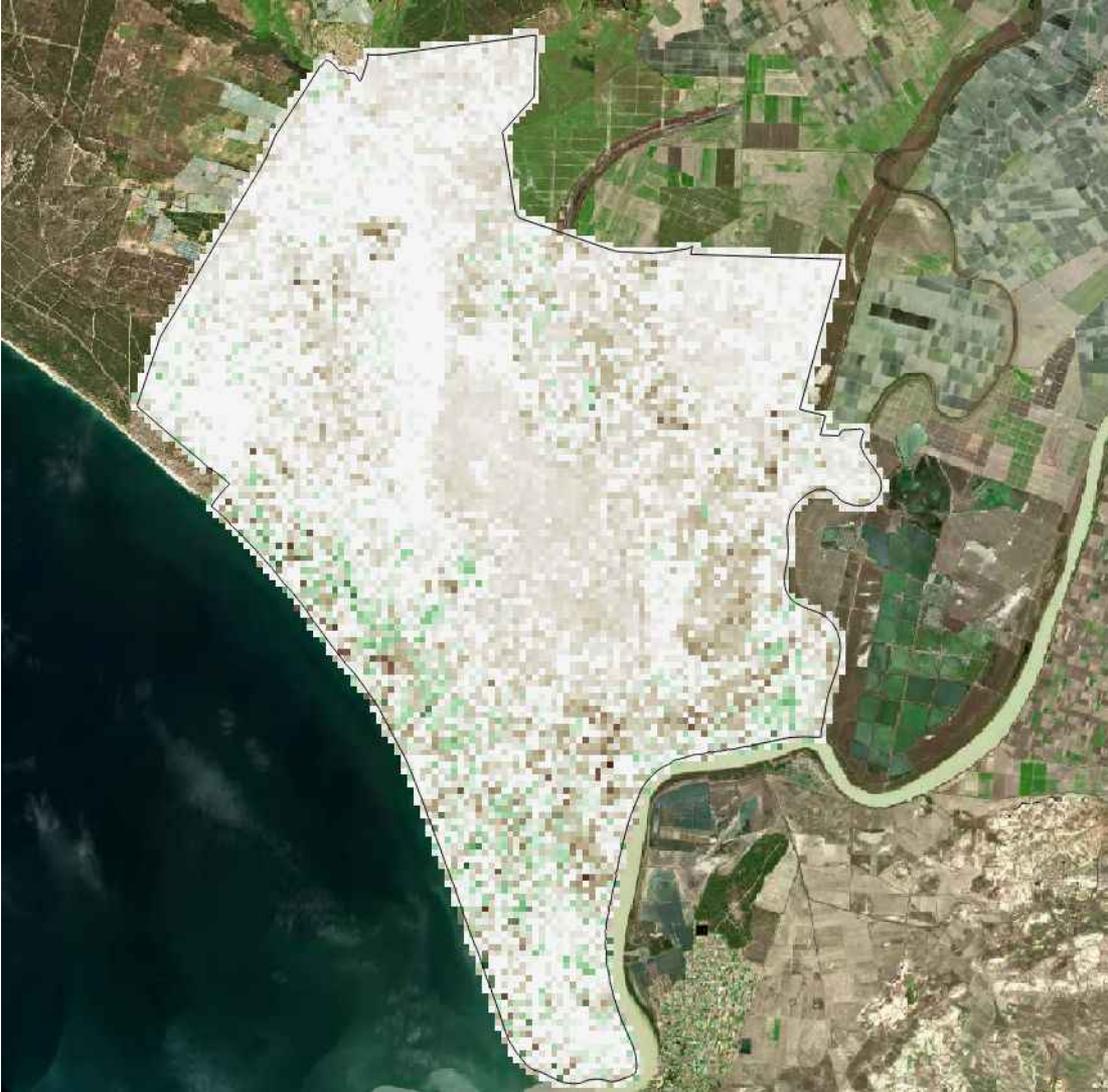
Observación 3: TENDENCIAS EN LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA



Observación 4: TENDENCIAS EN LA ESTACIONALIDAD



Observación 5: TENDENCIAS EN LA FENOLOGÍA

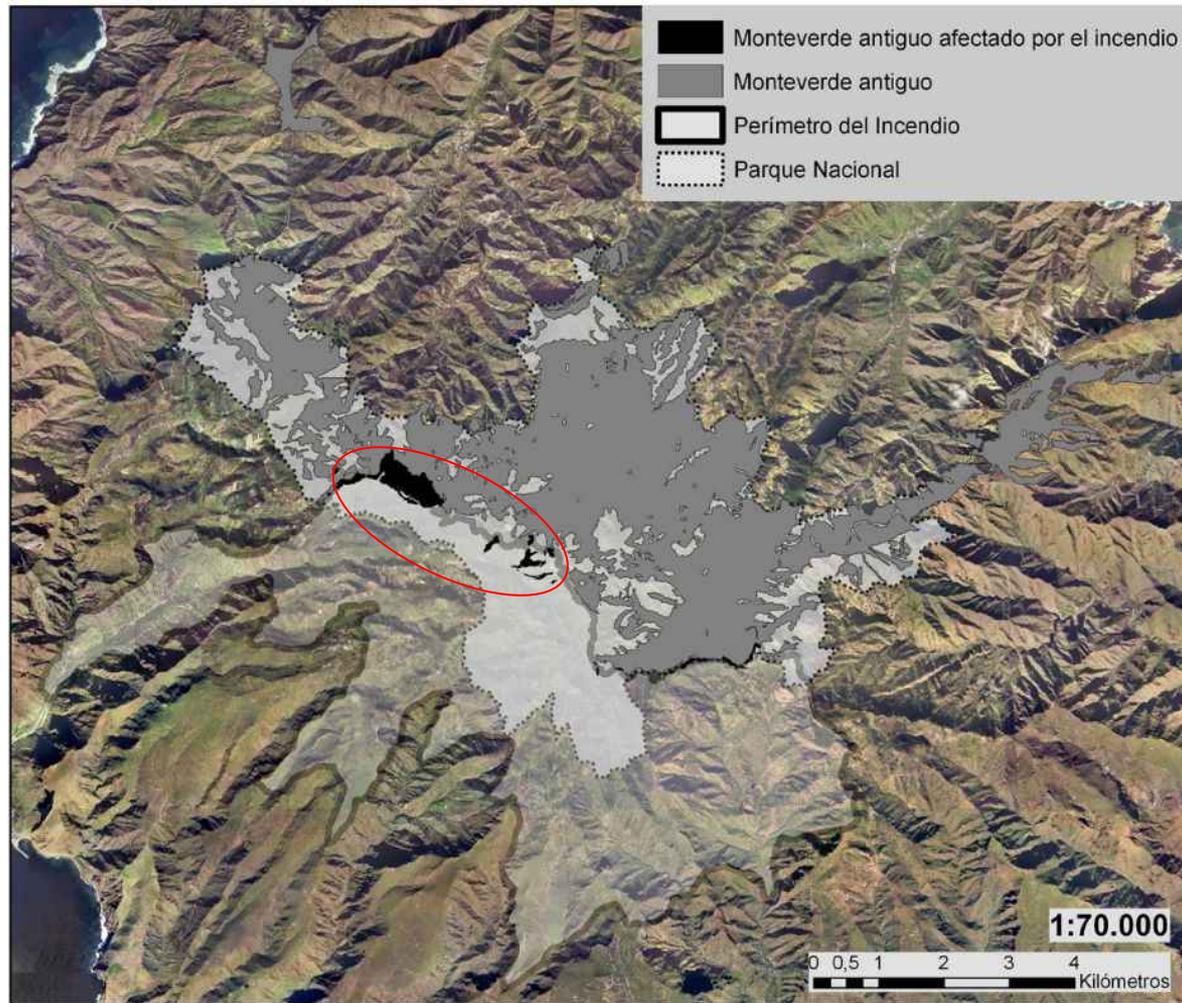
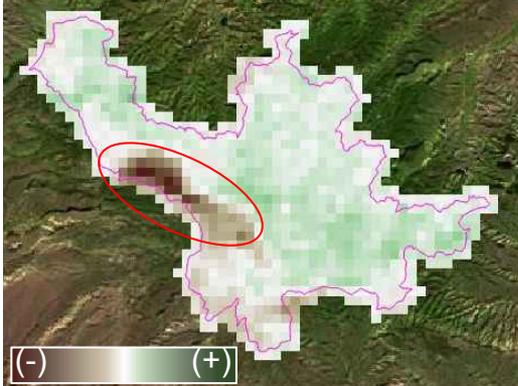


Fenología del verdor de la vegetación expresada como la fecha más frecuente en la que se alcanza el valor máximo del índice de vegetación (EVI/NDVI) en un año promedio de toda la serie temporal. (2001 / 2019)

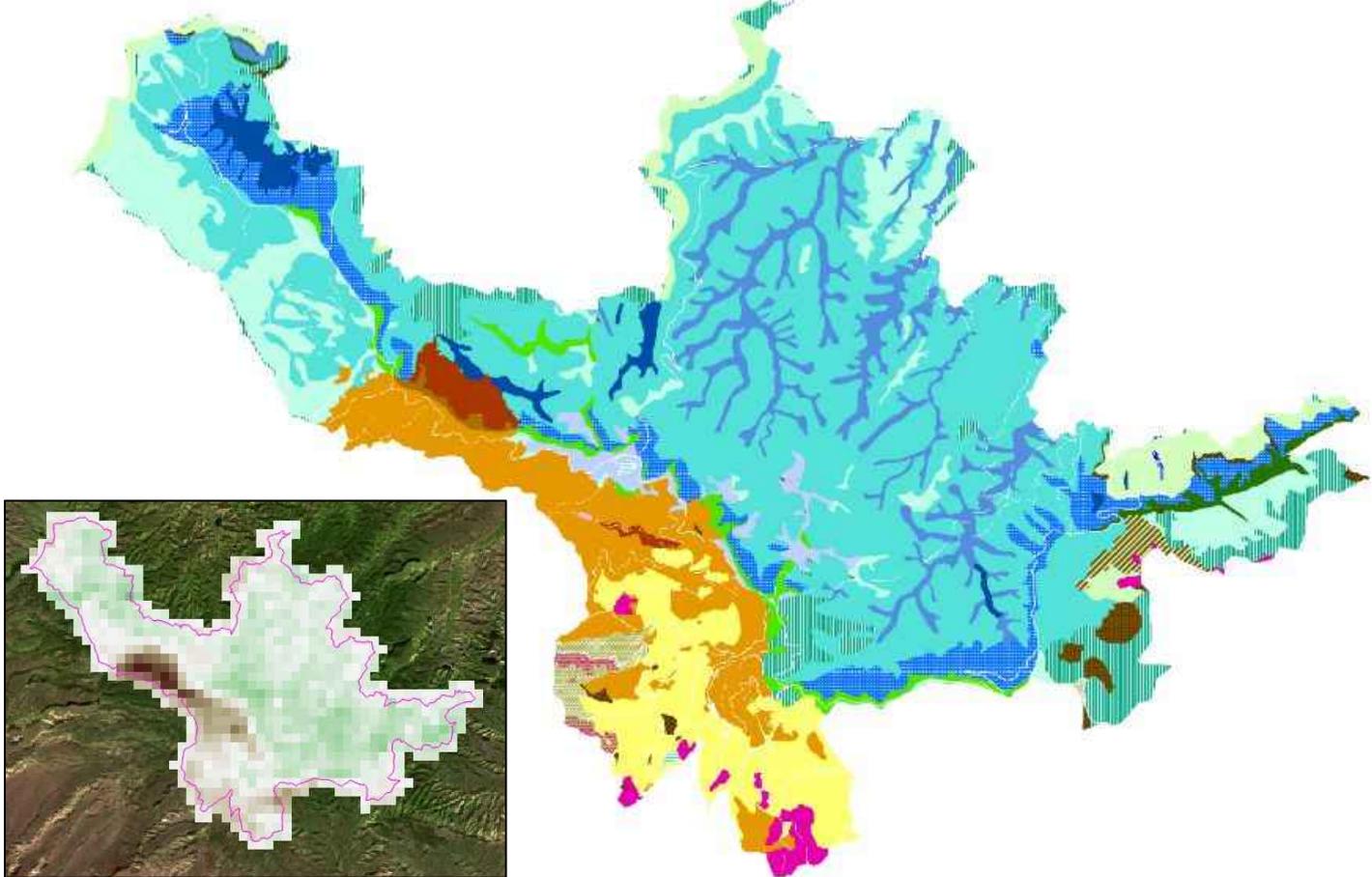


OBSERVACIONES PARA EL PN GARAJONAY PARA LA SERIE TEMPORAL 2001-2019

Observación 1:
TENDENCIA PRODUCTIVIDAD



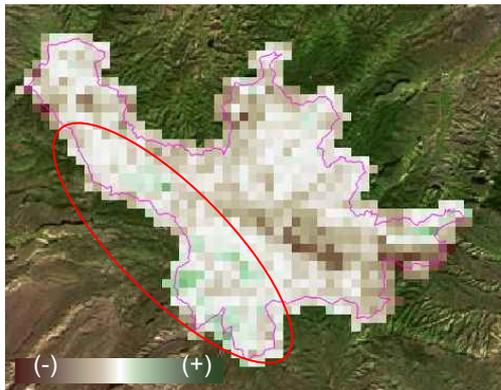
Observación 1:
TENDENCIA PRODUCTIVIDAD



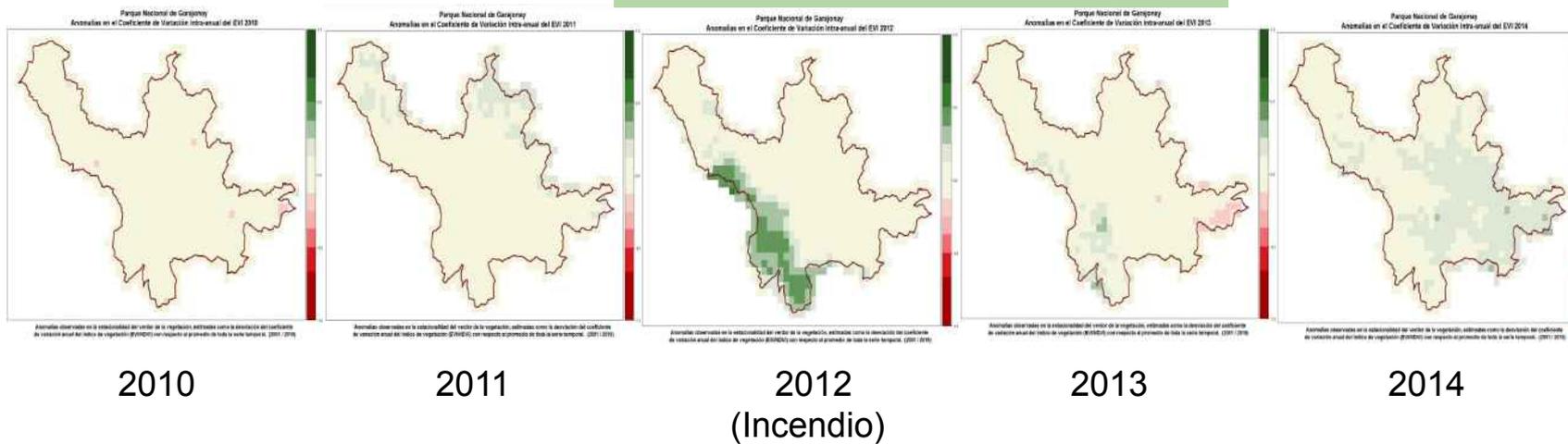
1. Vegetación 2019

9360* Laurisilvas macaronésicas (Laurus, Ocotea)	Monteverde húmedo de ladera en transición a fayal-brezal.	Fayal-brezal incipiente postincendio.	9550 Pinares endémicos canarios	Otras comunidades vegetales naturales
Monteverde seco.	Monteverde húmedo de ladera y fondo de barranco serral postincendio.	Matorral de codonias con jaras.	Matorral de escobón.	Hierbazal subtropical de maderas.
Monteverde húmedo de ladera.	Sauzal.	Monteverde húmedo de crestería con brezo.	8220 Pendientes rocosas silíceas con vegetación casmofítica	Vegetación introducida.
Monteverde húmedo de fondo de barranco con vitahigo.	4050* Brezales macaronésicos endémicos	Monteverde húmedo de crestería con leño (leño).	Complejo de vegetación rupícola de los domos silíceas.	Plantación de pino-carosus.
Monteverde húmedo de fondo de barranco con II.	Fayal-brezal de altitud.	Monteverde húmedo de crestería serral postincendio.	Comunidades rupícolas en paredes y azarifes.	Castañar.
Monteverde húmedo de maderas.	Fayal-brezal serral u subserbón.		Mosaico de vegetación rupícola con enclaves de monteverde bajo.	

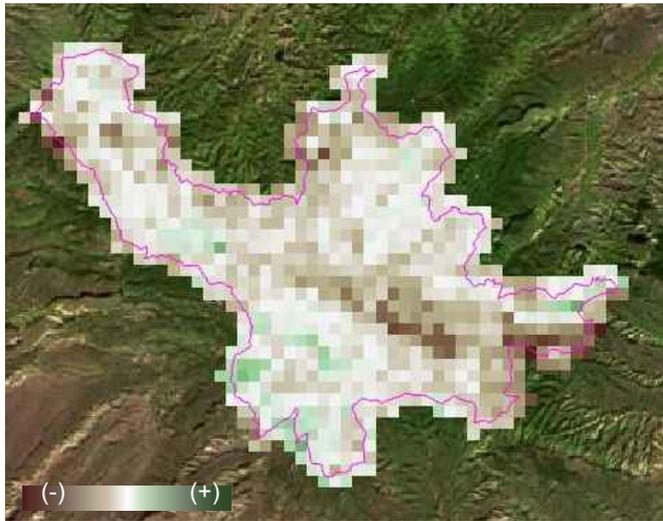
Observación 2:
TENDENCIA ESTACIONALIDAD



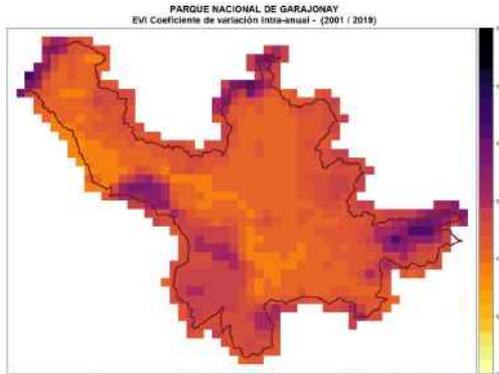
Anomalías Estacionalidad 2010-2014



Observación 2:
TENDENCIA ESTACIONALIDAD

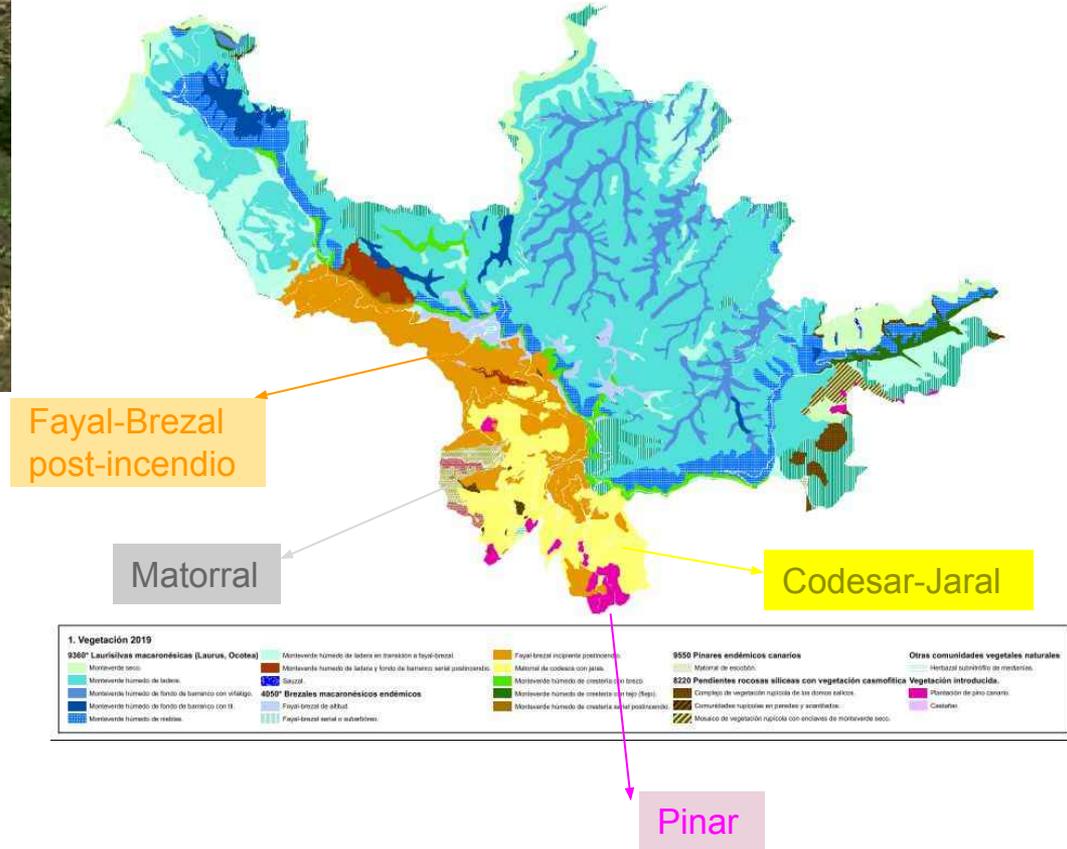


Tendencia 2001-2019



Referencia 2001-2019

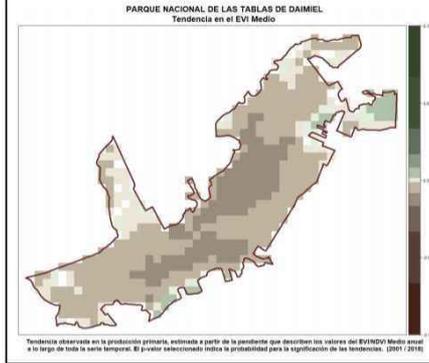
Vegetación asociada a tendencias positivas



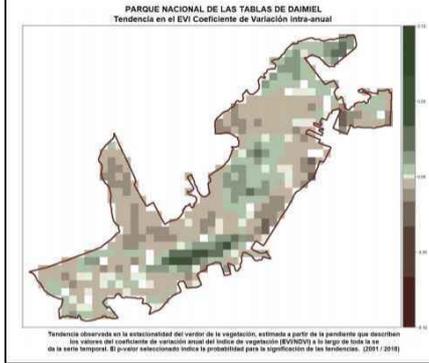
OBSERVACIONES PARA EL PN TABLAS DE DAIMIEL PARA LA SERIE TEMPORAL 2001-2019

CONSISTENCIA ESPACIAL ENTRE TENDENCIAS Y ANOMALÍAS 2018

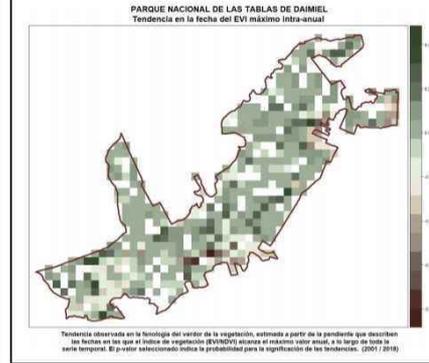
EVI Medio - (≈Producción primaria)



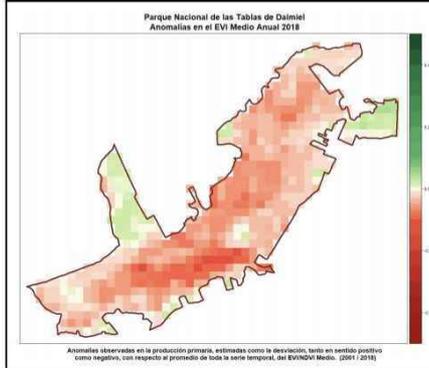
sCV - (≈Estacionalidad)



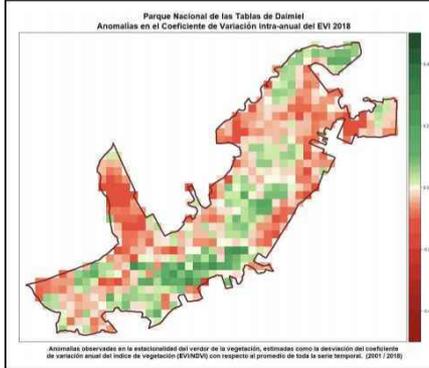
Fecha del máximo - (≈Fenología)



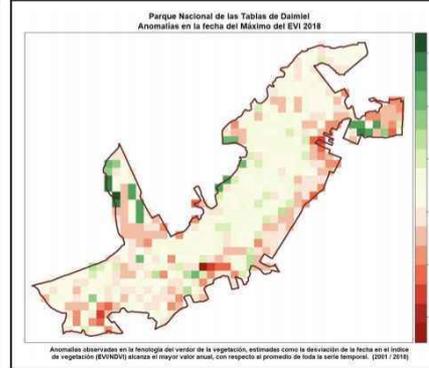
Anomalías 2018

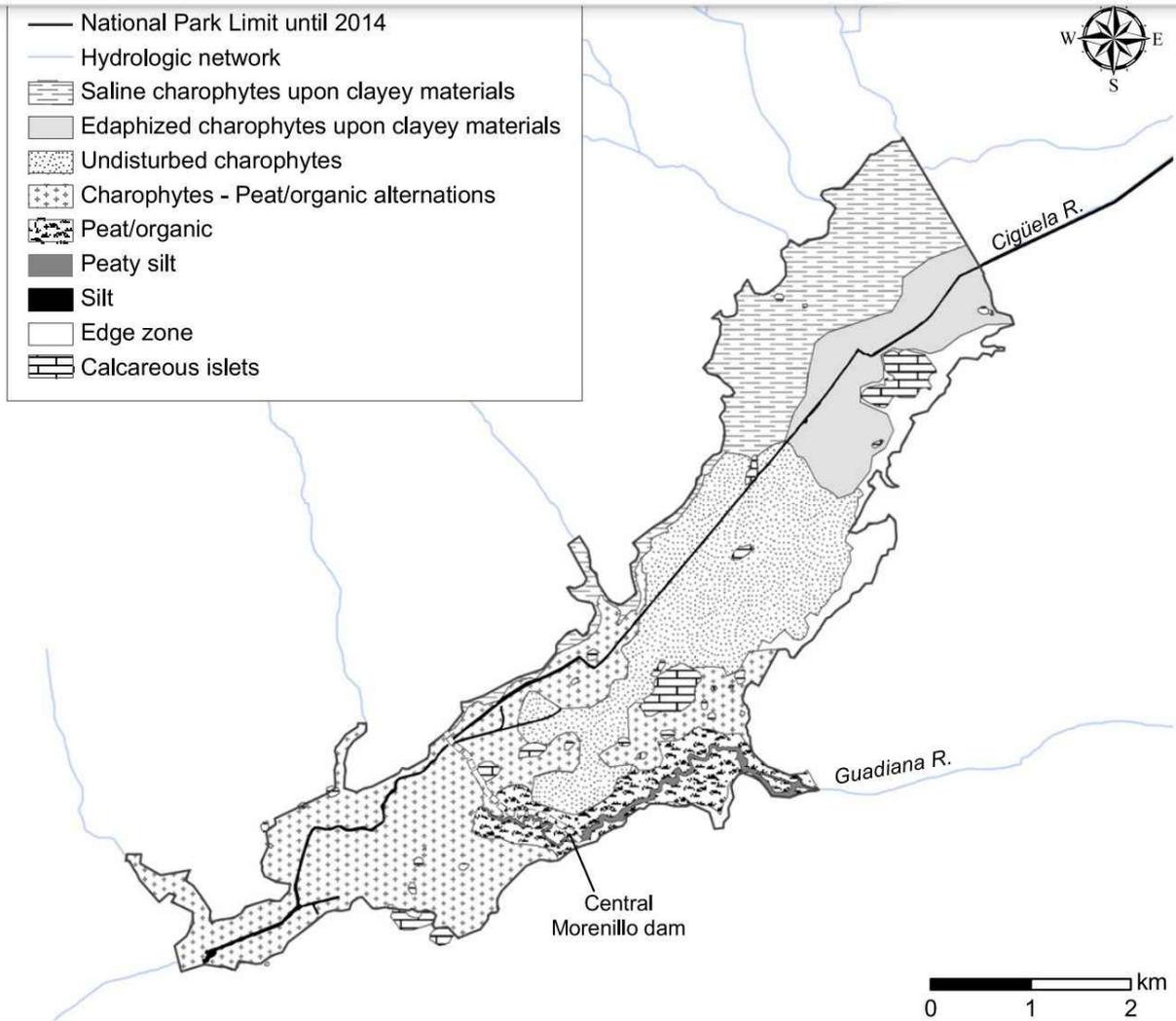


Anomalías 2018



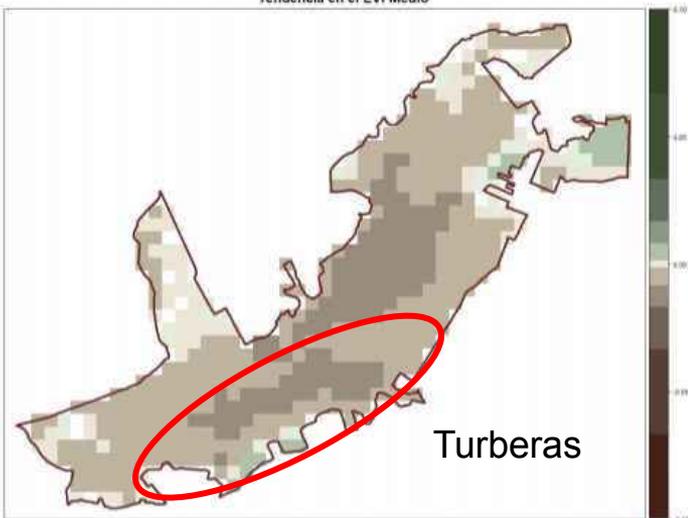
Anomalías 2018



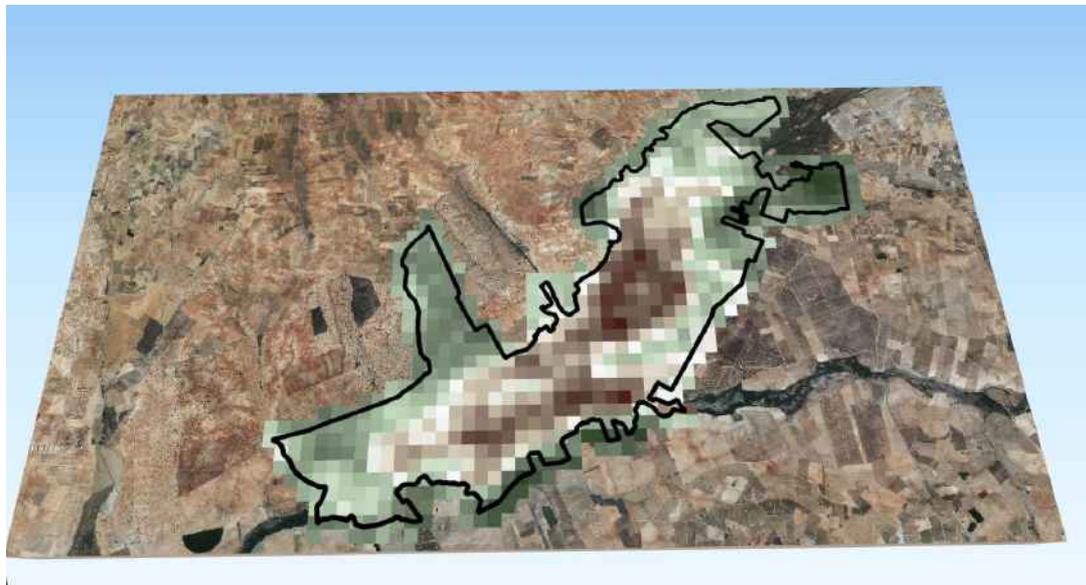


EVI Medio - (\approx Producción primaria)

PARQUE NACIONAL DE LAS TABLAS DE DAIMIEL
Tendencia en el EVI Medio

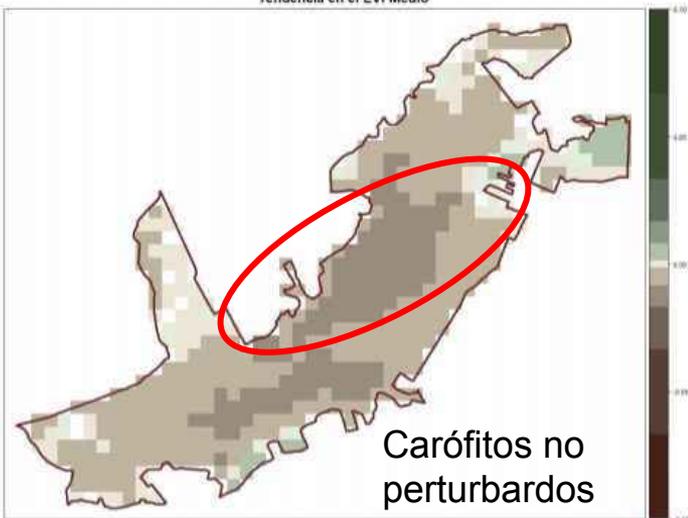


Tendencia observada en la producción primaria, estimada a partir de la pendiente que describen los valores del EVI/NDVI Medio anual a lo largo de toda la serie temporal. El p-valor seleccionado indica la probabilidad para la significación de las tendencias. (2001 / 2018).



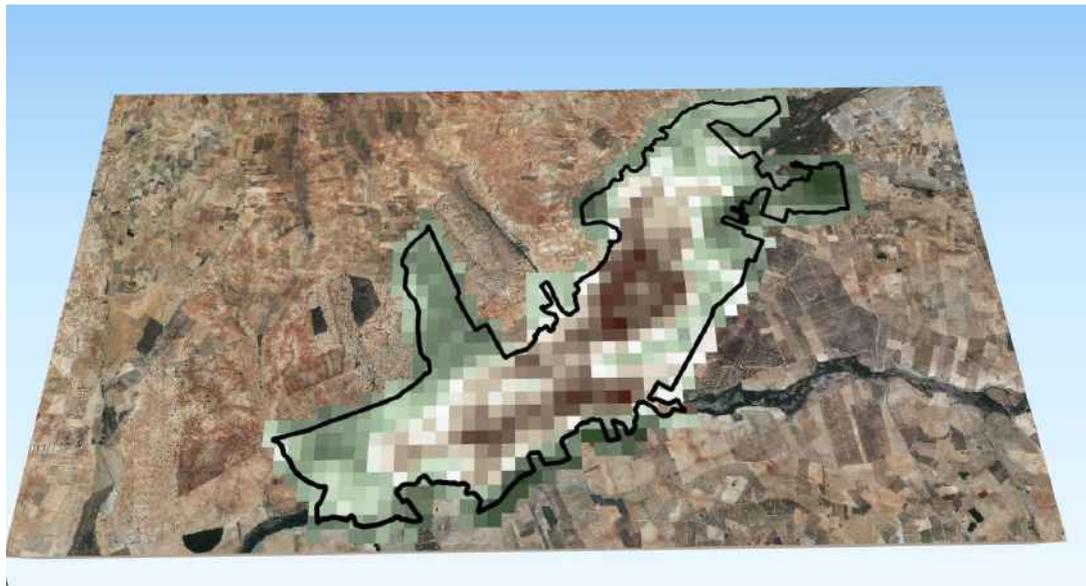
EVI Medio - (\approx Producción primaria)

PARQUE NACIONAL DE LAS TABLAS DE DAIMIEL
Tendencia en el EVI Medio



Carófitos no perturbados

Tendencia observada en la producción primaria, estimada a partir de la pendiente que describen los valores del EVI/NDVI Medio anual a lo largo de toda la serie temporal. El p-valor seleccionado indica la probabilidad para la significación de las tendencias. (2001 / 2018).



POSIBLES NUEVOS DESARROLLOS

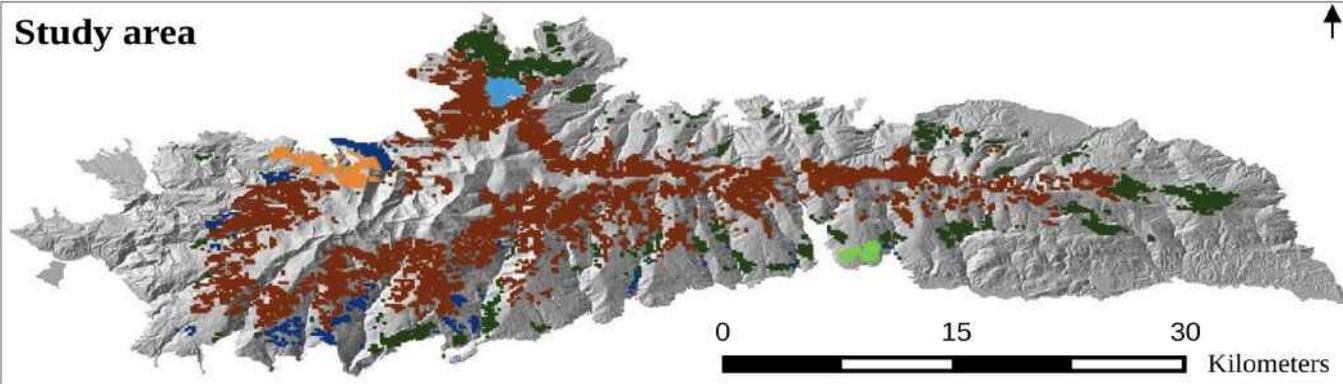
Evaluación del estado de conservación de HICs basado en teledetección del funcionamiento ecosistémico



Legend

- Mediterranean sclerophyllous forest *9340
- Mediterranean sclerophyllous forest *9340 (Reference conditions)
- Mediterranean deciduous forest *9230
- Mediterranean deciduous forest *9230 (Reference conditions)
- Sub-Mediterranean and temperate scrub *5120
- Sub-Mediterranean and temperate scrub *5120 (Reference conditions)

Study area



Assessment of ecosystem functioning from space: Advancements in the Habitats Directive implementation

Juan M. Requena-Mullor^{1,*,}, Andrés Reyes^{2,}, Paula Escribano^{2,}, Javier Cabello^{1,2,}

¹Andalusian Center for the Assessment and Monitoring of Global Change (CAESGG), University of Almería, 04120 Almería, Spain

²Department of Biology and Geology, University of Almería, La Cañada de San Urbano, 04120 Almería, Spain



Evaluación del estado de conservación de HICs basado en teledetección del funcionamiento ecosistémico

Obtuvimos una clasificación de los píxeles de los hábitats de acuerdo con las categorías del estado de conservación (Artículo 17)

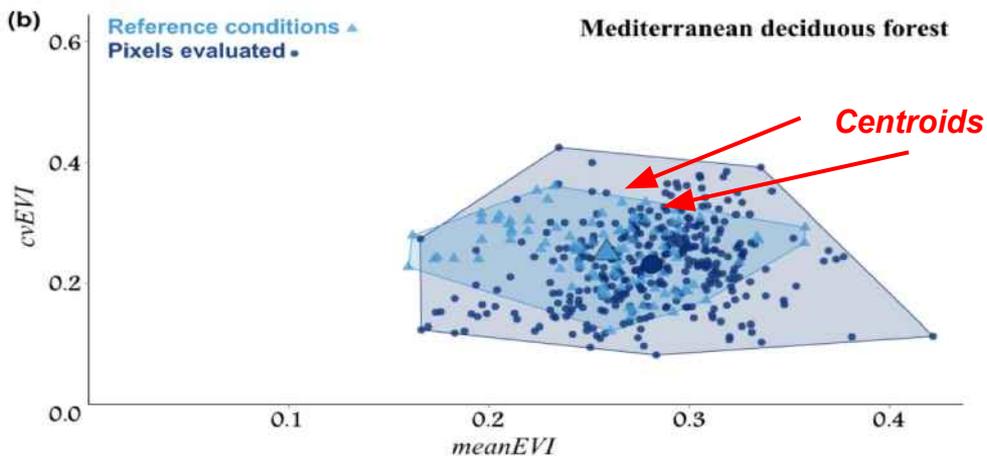
Los pasos fueron:

- Estimación de dos descriptores funcionales del ecosistema derivados del satélite (producto MOD13Q1) relacionados con la producción primaria y la estacionalidad durante el período de notificación.
- Ordenación de los píxeles en un espacio funcional bidimensional para calcular la distancia entre los lugares evaluados y los de referencia.
- Categorización de los píxeles y los hábitats según sus distancias medias a las condiciones de referencia (centroide).
- Caracterización espacialmente explícita de los hábitats en términos de las 3 categorías de información del EC.

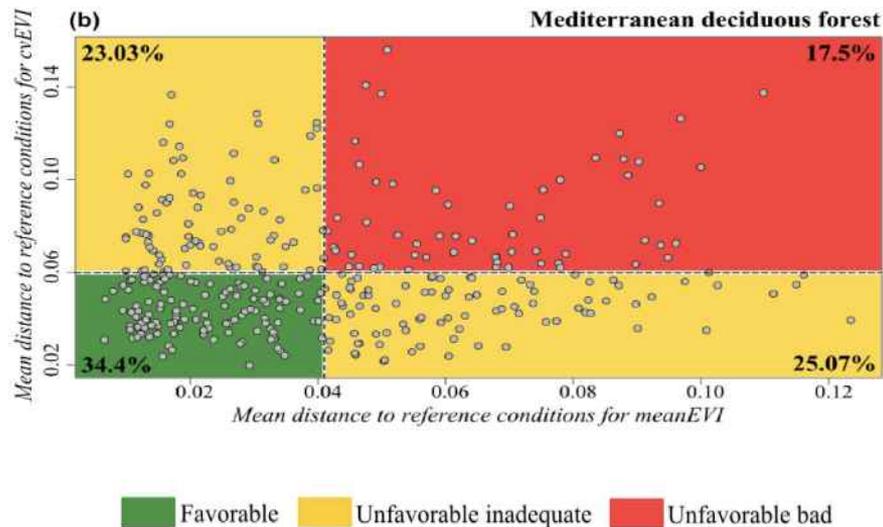
 Favorable  Unfavorable inadequate  Unfavorable bad

Evaluación del estado de conservación de HICs basado en teledetección del funcionamiento ecosistémico

Píxeles en el espacio funcional: distancias a las condiciones de referencia en el espacio funcional



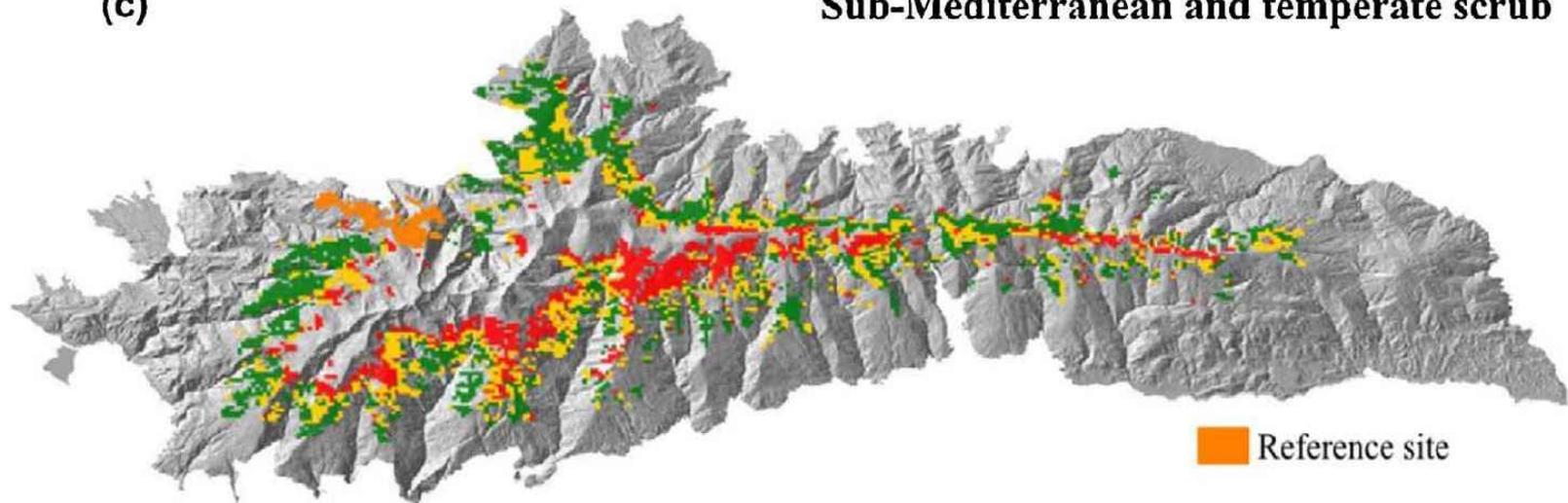
Categorización de los píxeles según las distancias a las condiciones de referencia



Evaluación del estado de conservación de HICs basado en teledetección del funcionamiento ecosistémico

(c)

Sub-Mediterranean and temperate scrub



Reference site

Favourable Unfavourable-inadequate Unfavourable-bad

0

15

Kilometers

**Explorando la relación entre la
biodiversidad de mariposas diurnas
y el NDVI y otros controles
ambientales, como apoyo al
programa de seguimiento del
Espacio Natural de Sierra Nevada**

Trabajo Fin de Máster

Máster en Conservación, Gestión y Restauración de
la Biodiversidad
2021



Pedro Javier Solera Álvarez.

Tutores: Dr. Javier Cabello Piñar y José Miguel Barea Azcón



Fotografía de Barea-Azcón

Mariposas diurnas (Lepidoptera)

Conocimiento de taxonomía y su ecología

Indicadores del estado de conservación de la biodiversidad (Brereton et al. 2011, Barea-Azcón et al. 2013).

Amplias bases de datos y redes de seguimiento



Barea-Azcón

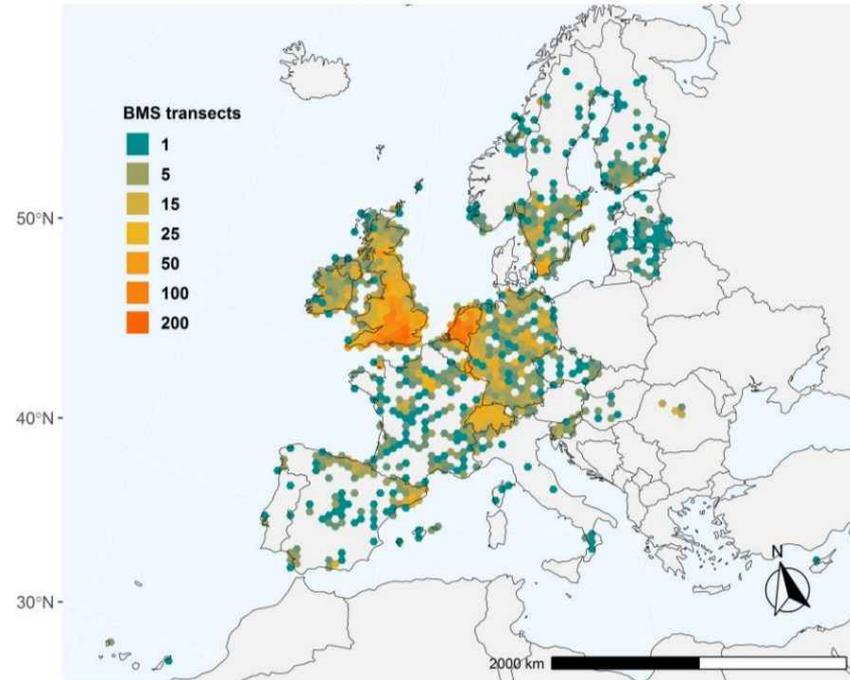


Figura 1. Distribución del esfuerzo en la Redes de seguimiento de Mariposas Diurnas en Europa eBMS (Schmucki et al. 2020)

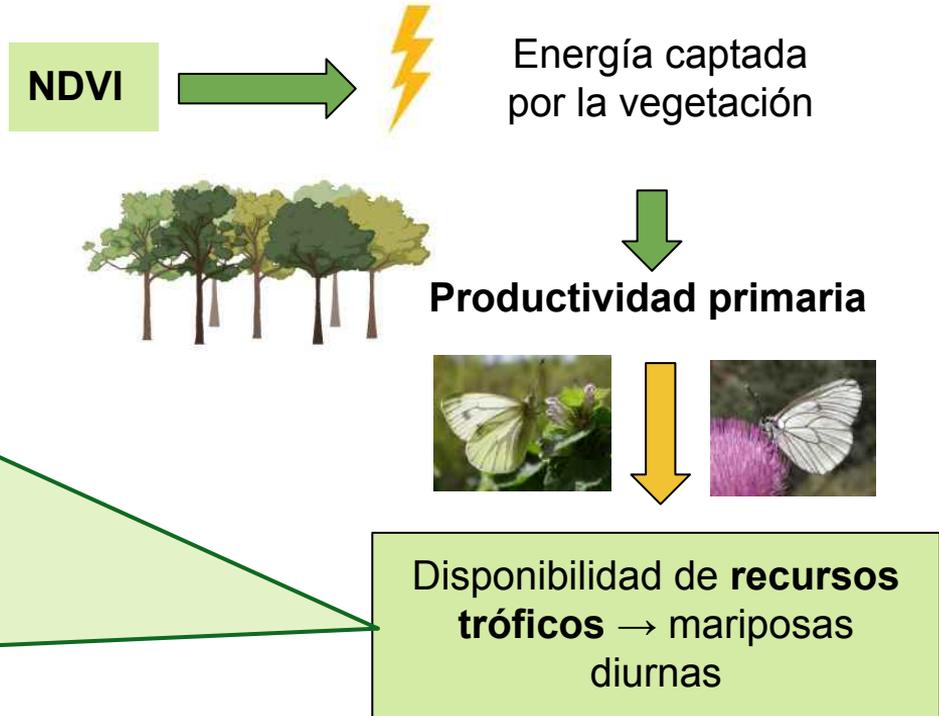
Teledetección: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Correlación positiva entre **diversidad** de mariposas diurnas y **NDVI** medio (Bailey et al. 2004; Seto et al. 2004; Alavi y King, 2008; Samaniego y Marquet, 2009)

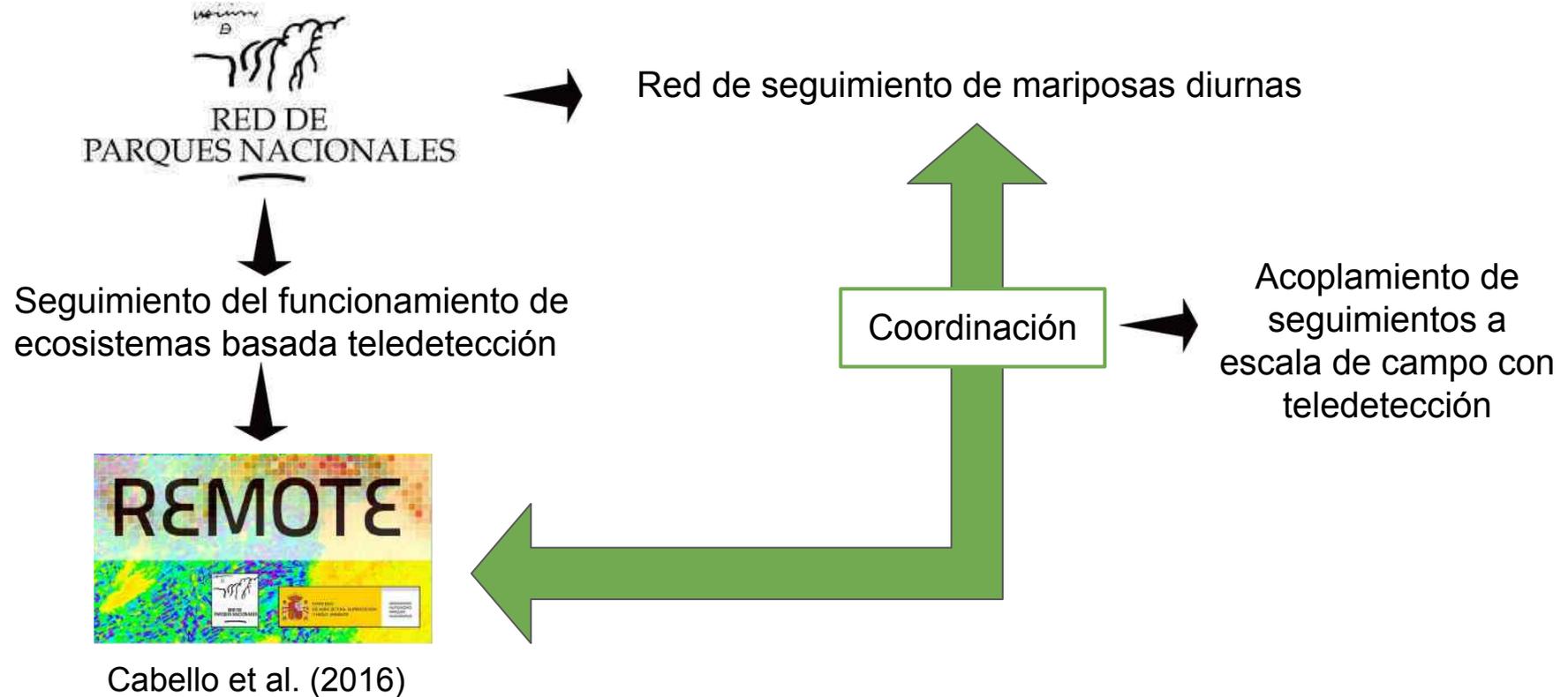
Heterogeneidad espacial del **NDVI** y **riqueza** (Kumar et al. 2008; Levanoni et al. 2011)

Descenso del NDVI → **cambios demográficos** y en la **composición** de las comunidades de mariposas (Debinski et al. 2006; van Bergen et al. 2020)

Ausencia de correlación entre NDVI y mariposas (Dewan et al. 2021; Popovic et al. 2021)



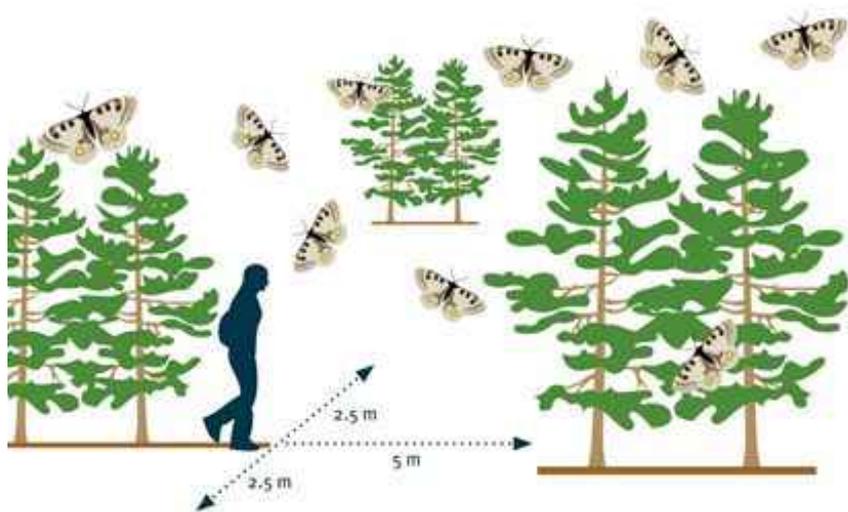
Teledetección: herramienta para el seguimiento de las poblaciones de mariposas



Programa de seguimiento de las mariposas diurnas de Sierra Nevada

Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada

20 transectos



Extendido a toda la Red de Parques Nacionales de España

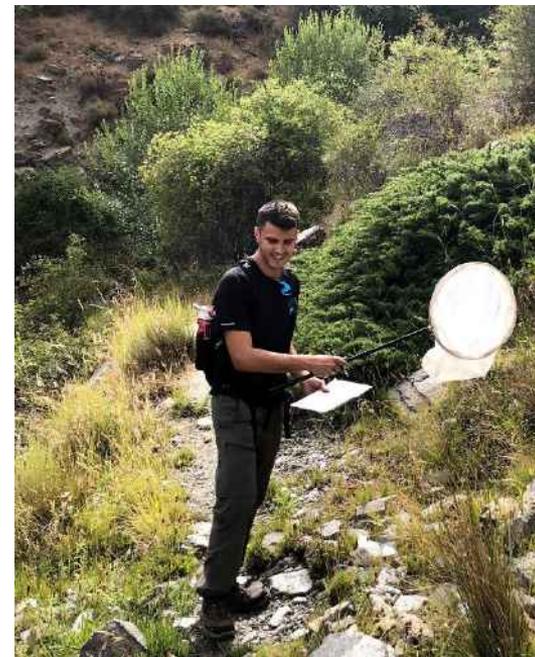


Figura 2. Método censo (imagen cedida por Barea-Azcón).

Área de estudio:
SIERRA NEVADA

Unidades de estudio:
TRANSECTOS

- Red de **20 transectos**
- Gradiente altitudinal:
2500 metros
- 13 ecosistemas
(Observatorio de Cambio
Global de Sierra Nevada,
Pérez-Luque et al. 2019)

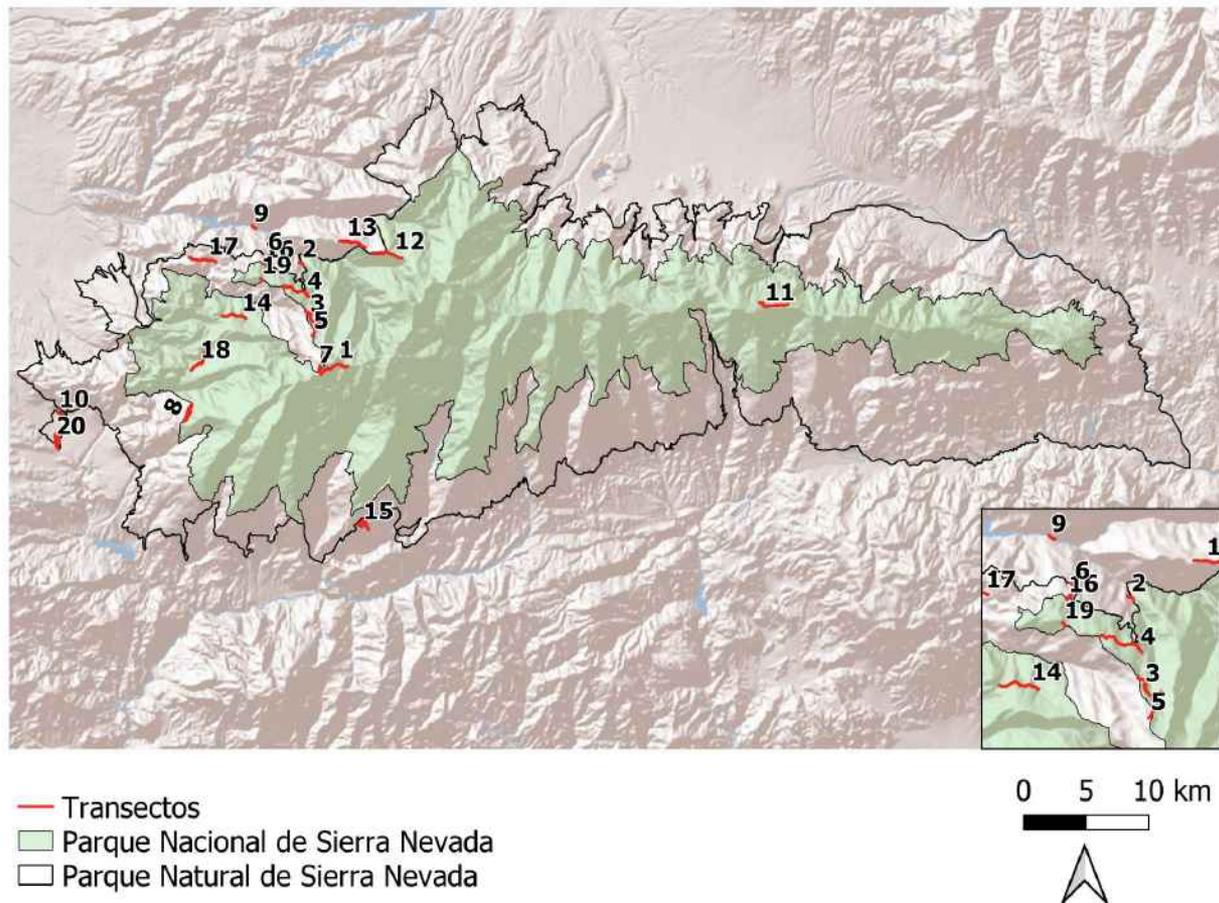


Figura 3. Red de transectos del BMSSN (Elaboración propia)

Mariposas como indicadores



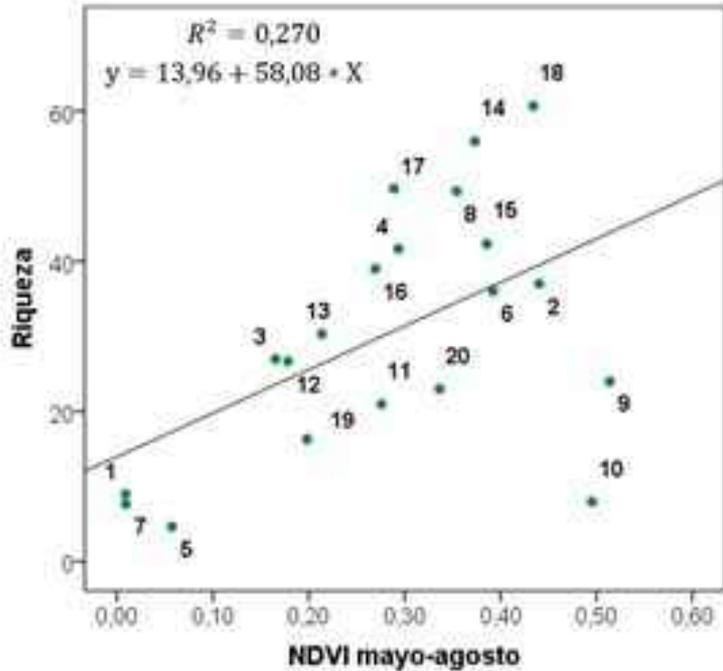
Teledetección
+
Programa de **seguimiento de mariposas diurnas**
en Sierra Nevada



Productividad Primaria (NDVI) → principal control ambiental de la riqueza y abundancia de mariposas diurnas en Sierra Nevada

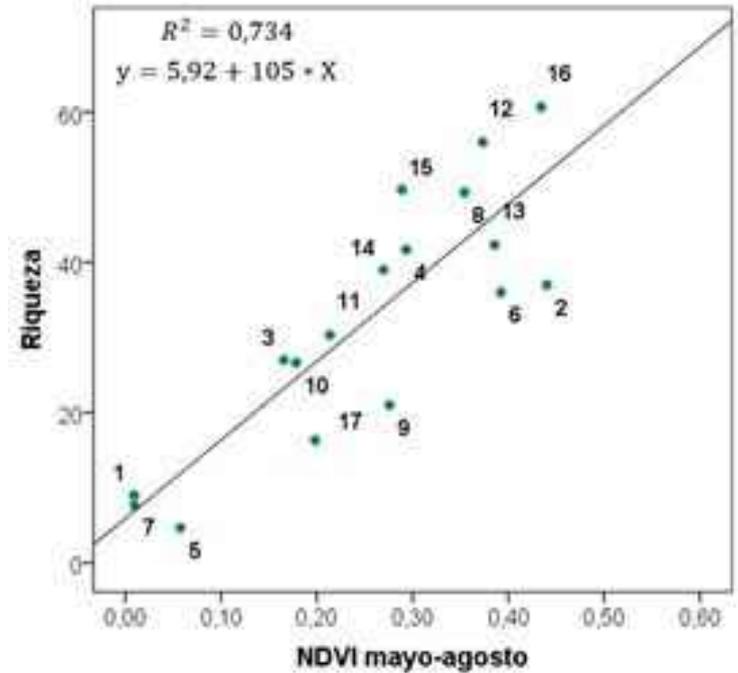


Escenario 1 (20 transectos)



Correlación positiva moderada
NDVI may-agos 27% variabilidad explicada

Escenario 2 (Eliminados 3 transectos zonas bajas)



Correlación positiva FUERTE
NDVI medio 65% vs NDVI may-agos 73%

MUCHAS GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

**Cuánta información encierran los
colores de la Naturaleza!!!**

