



**Producción primaria y
cambio climático: una
historia de resiliencia,
estrategias adaptativas
e interacciones con el
ecosistema**



José Carlos Pérez Girón
jcperezgiron@gmail.com

Ponferrada, 09/11/2022

Introducción

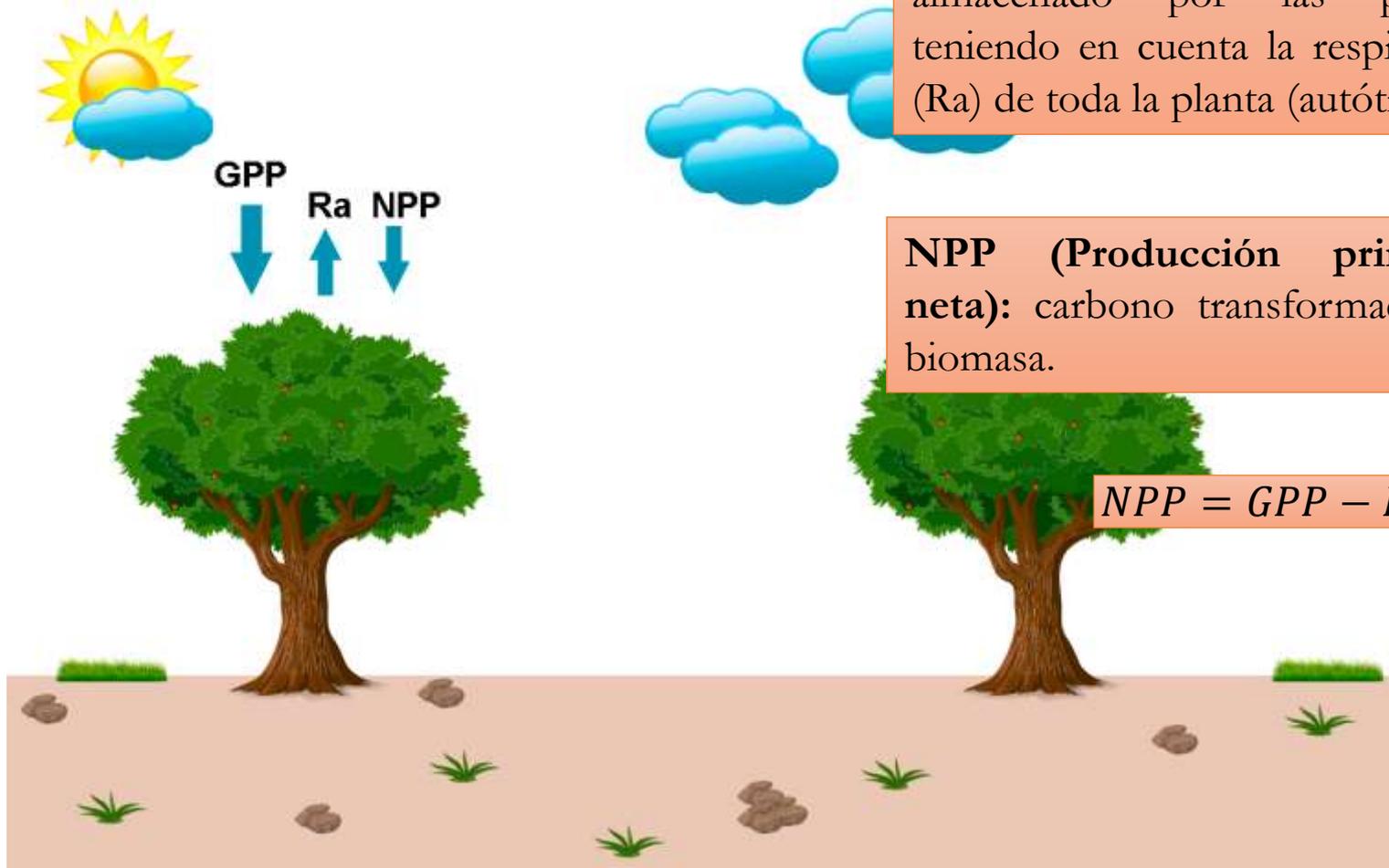
Producción primaria



Producción primaria



Producción primaria

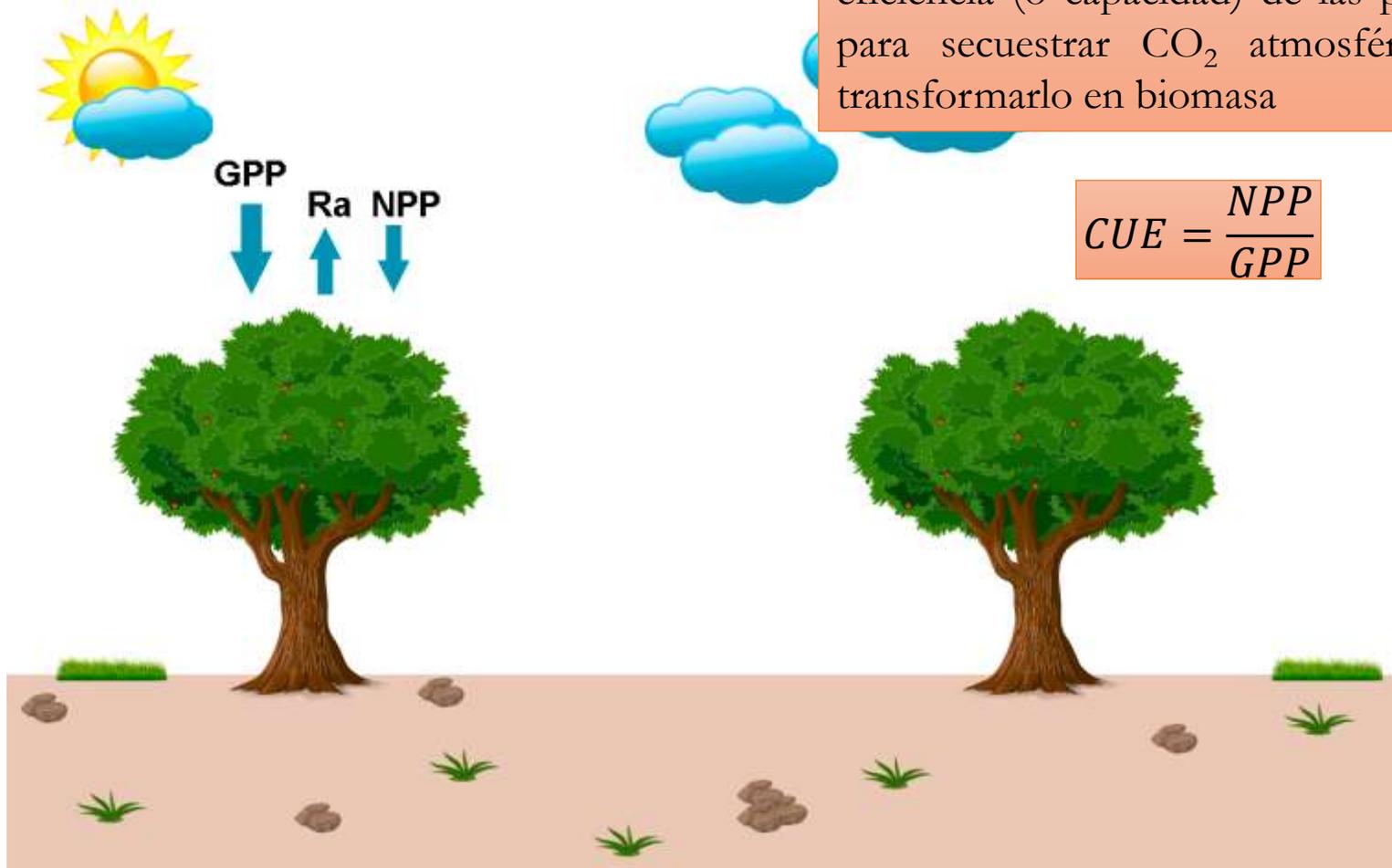


GPP (Producción primaria bruta): cantidad total de carbono almacenado por las plantas teniendo en cuenta la respiración (R_a) de toda la planta (autótrofa).

NPP (Producción primaria neta): carbono transformado en biomasa.

$$NPP = GPP - R_a$$

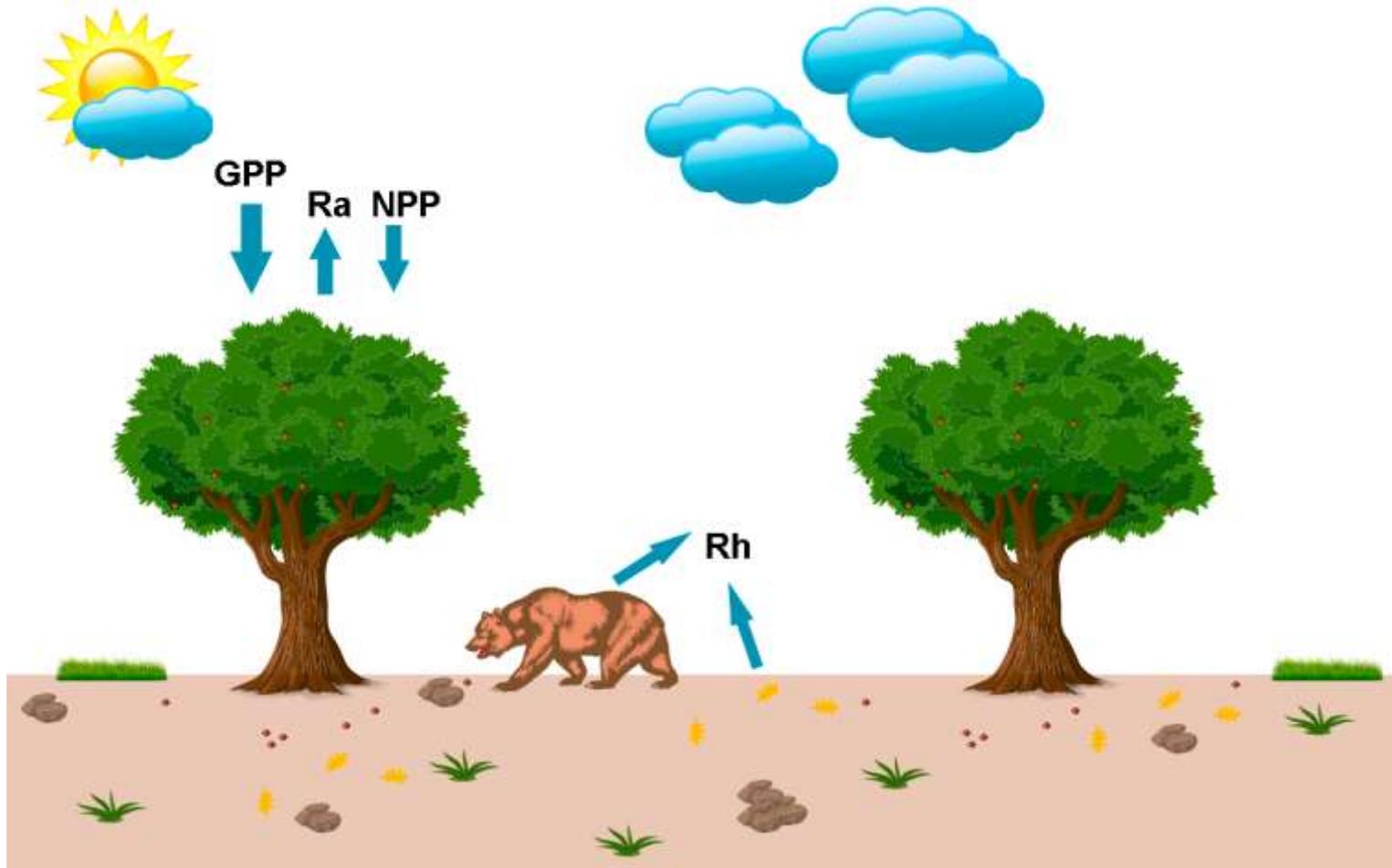
Producción primaria



CUE (Carbon Use Efficiency):
eficiencia (o capacidad) de las plantas para secuestrar CO₂ atmosférico y transformarlo en biomasa

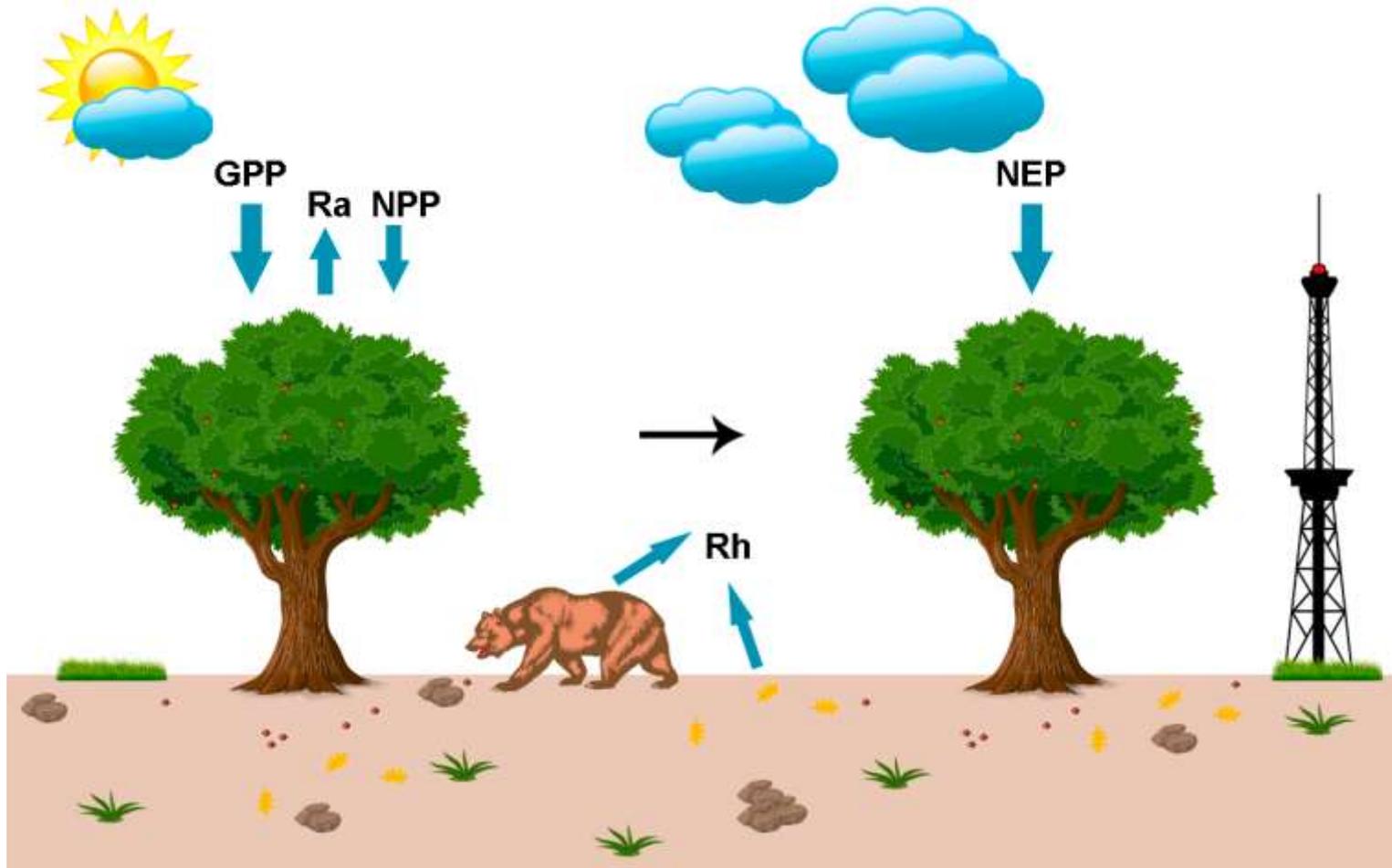
$$CUE = \frac{NPP}{GPP}$$

Producción primaria



Producción primaria

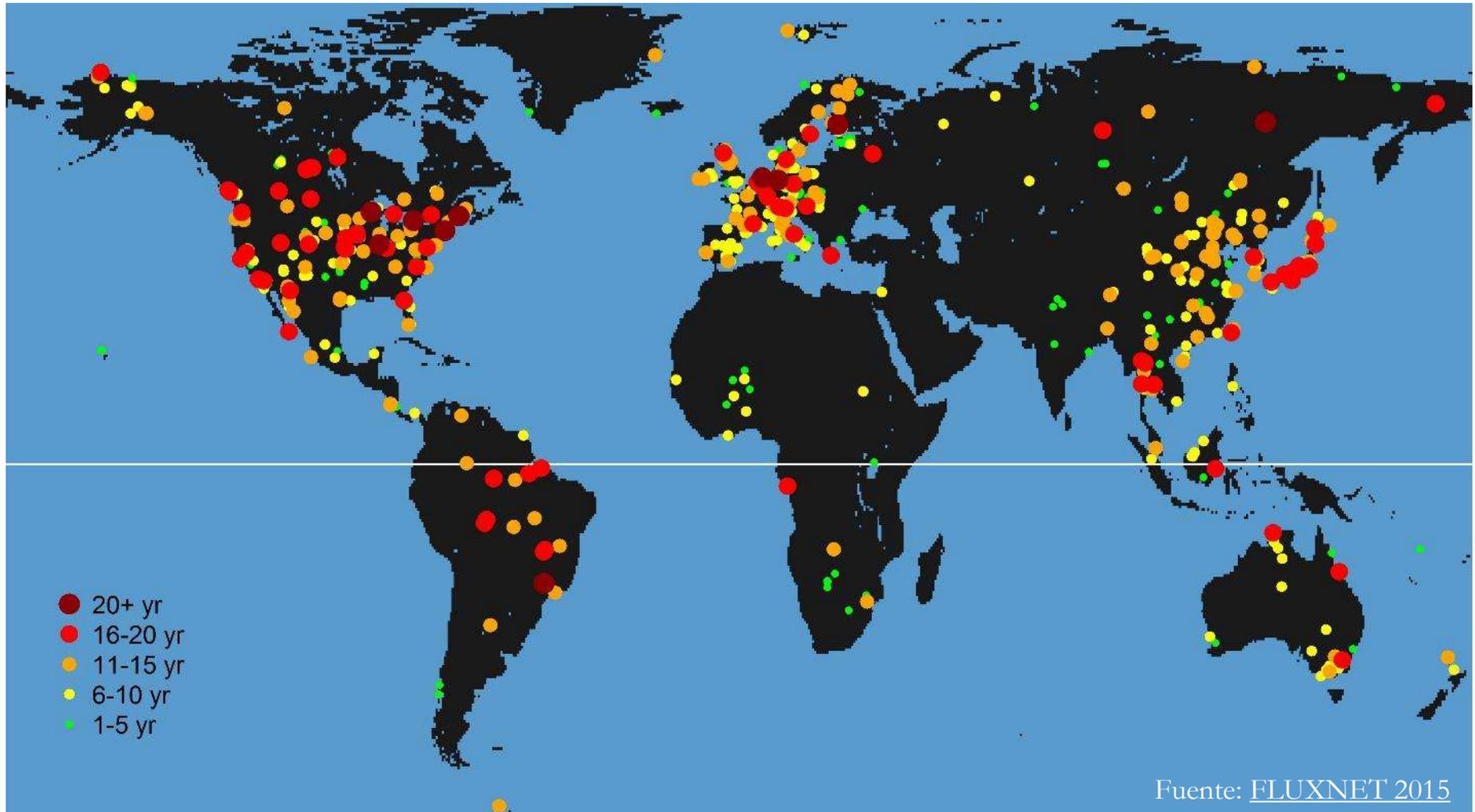
$$NEP = GPP - R_a - R_h = NPP - R_h$$



Producción primaria



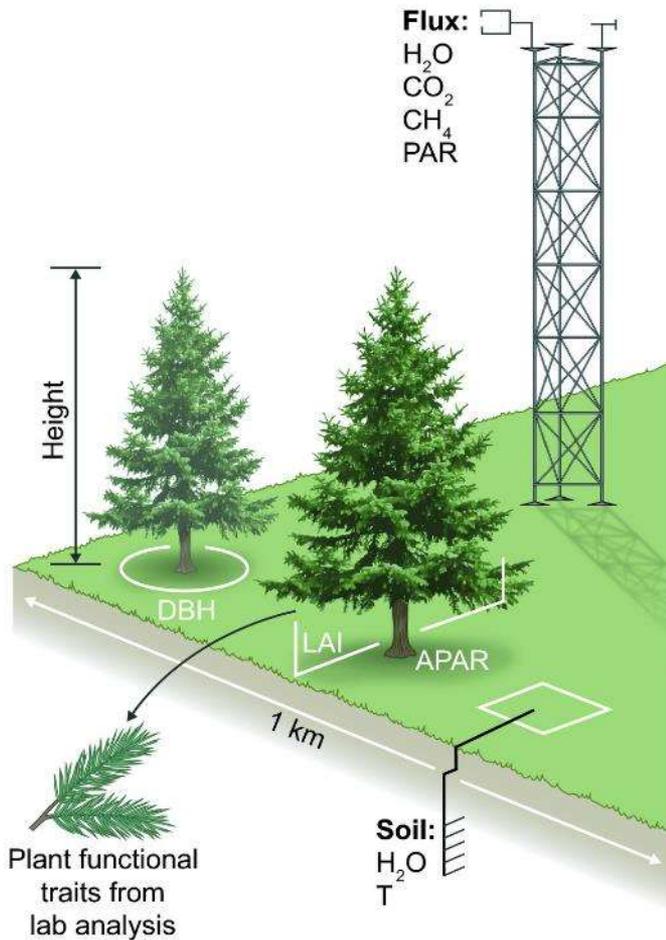
Producción primaria



Producción primaria

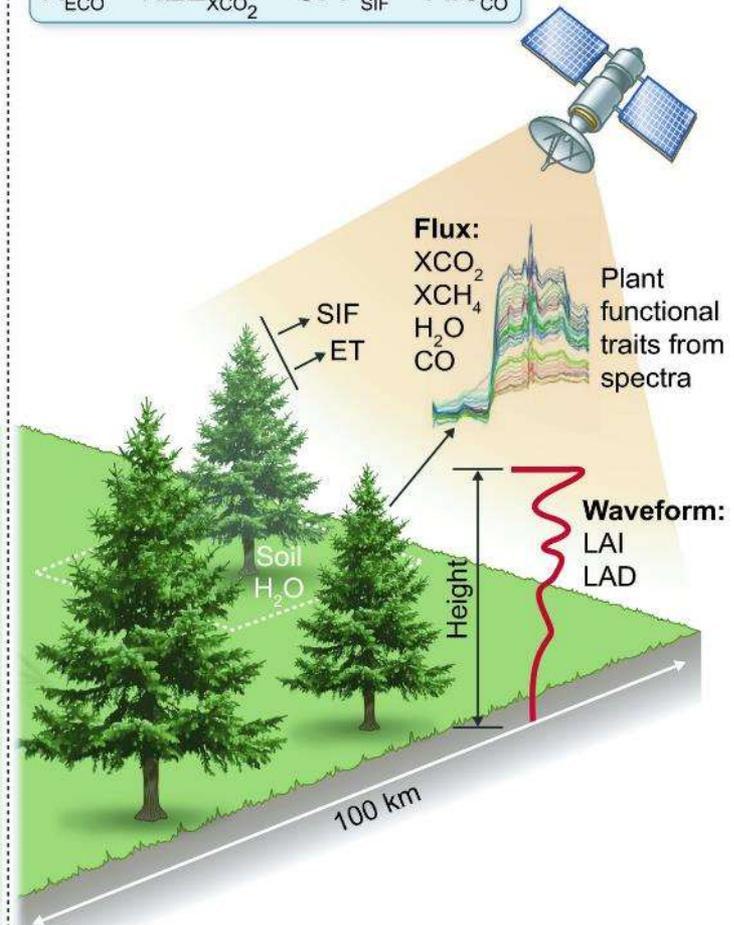
In situ

Carbon equation
 $GPP = NEE_{EC} - R_{ECO} \text{ (night)}$



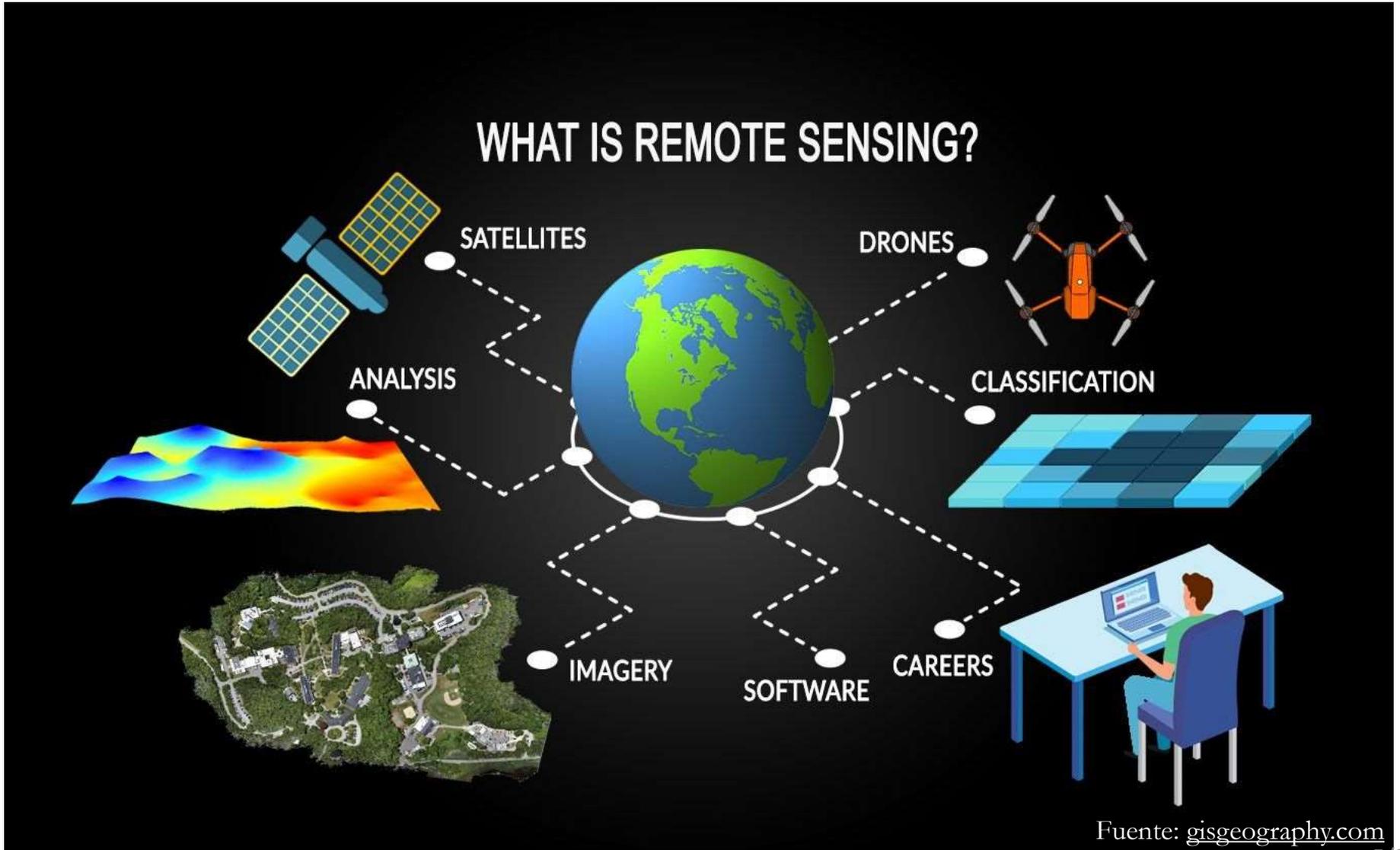
Space

Carbon equation
 $R_{ECO} = NEE_{XCO_2} - GPP_{SIF} - Fire_{CO}$

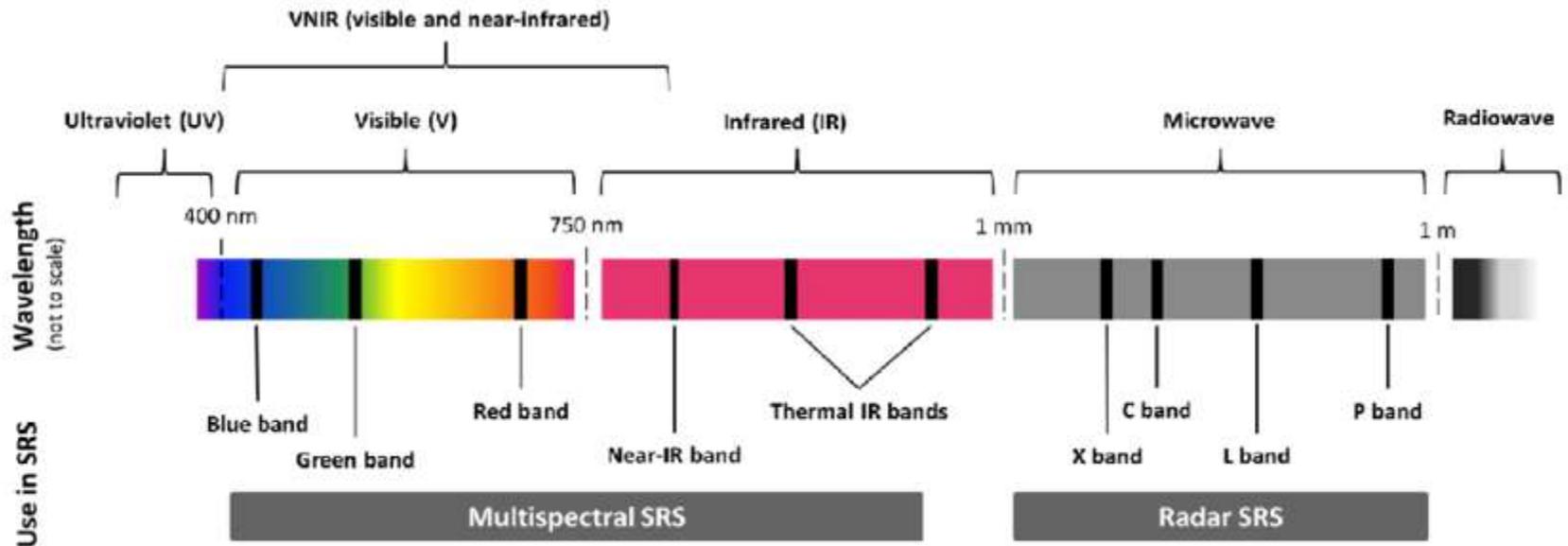


Fuente: Schimel & Schneider, 2019

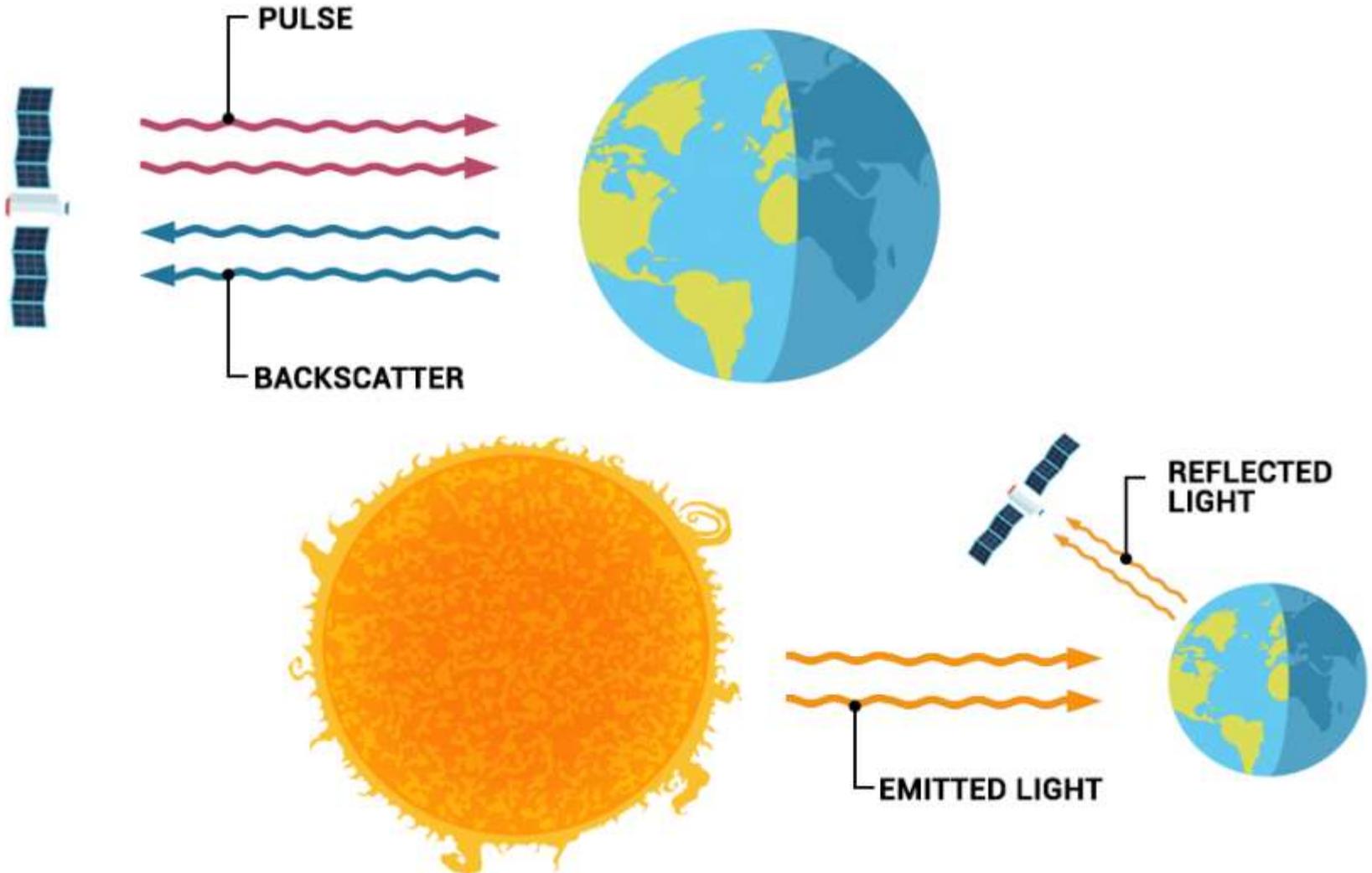
Sensores remotos - teledetección



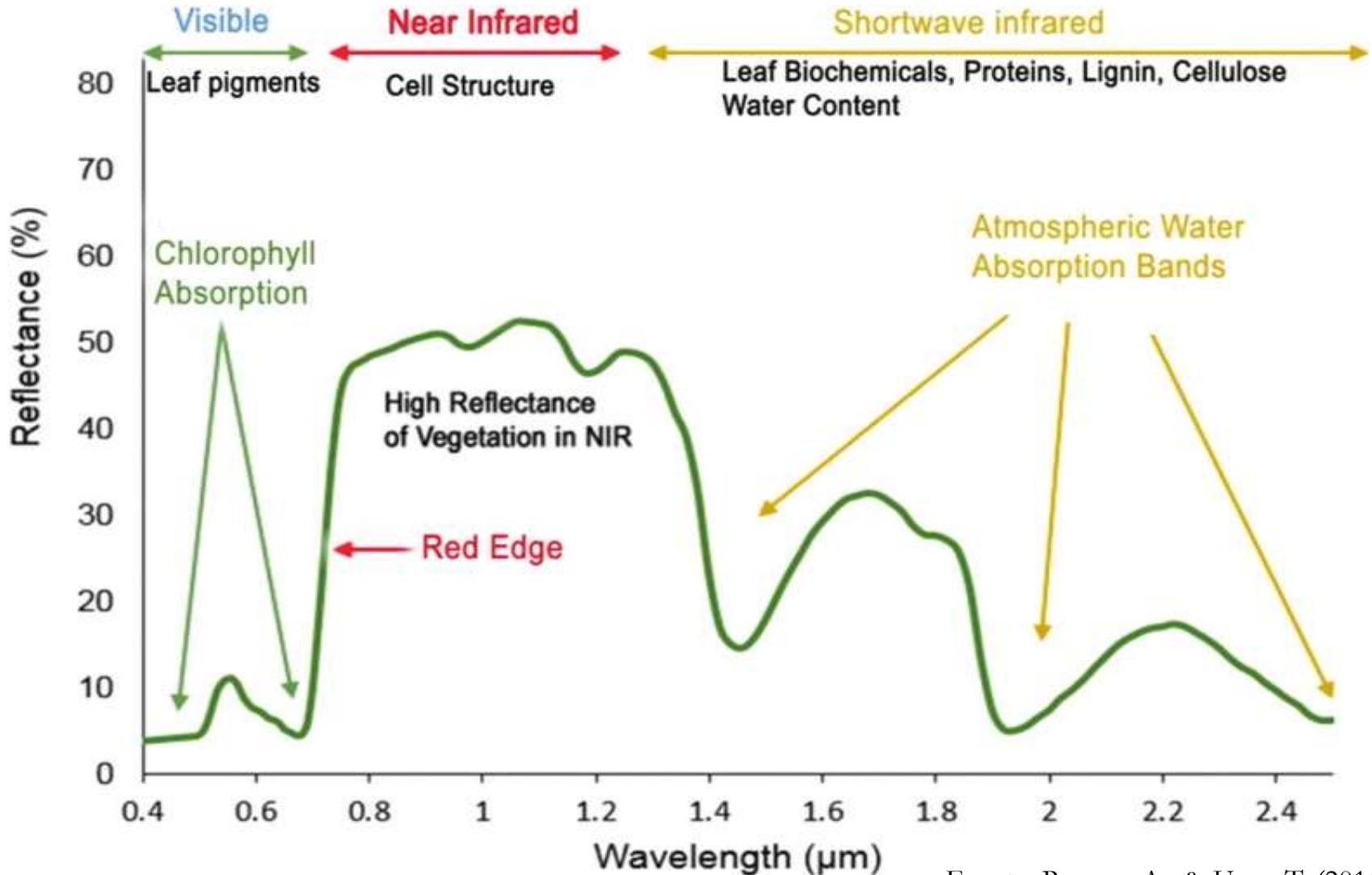
Sensores remotos - teledetección



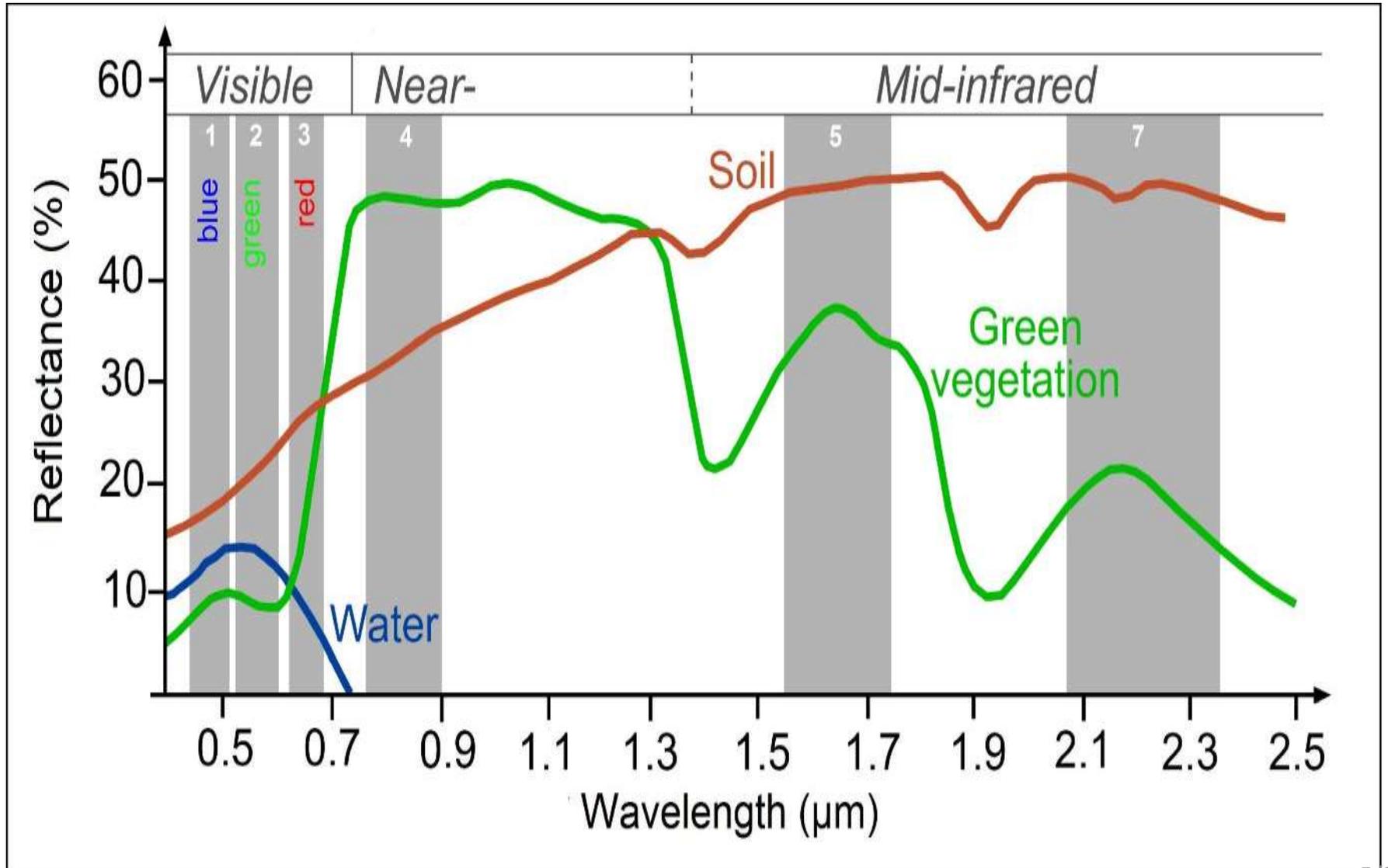
Sensores remotos - teledetección



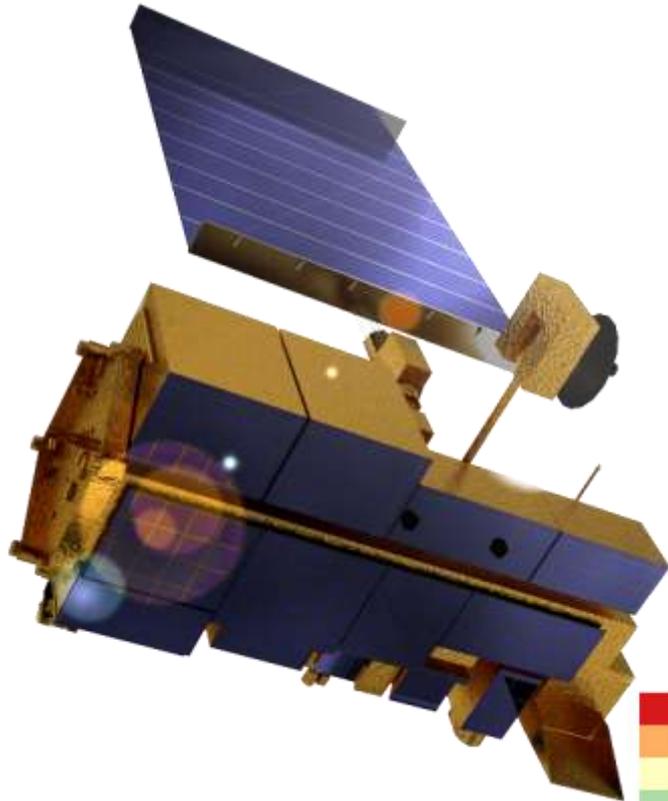
Sensores remotos - teledetección



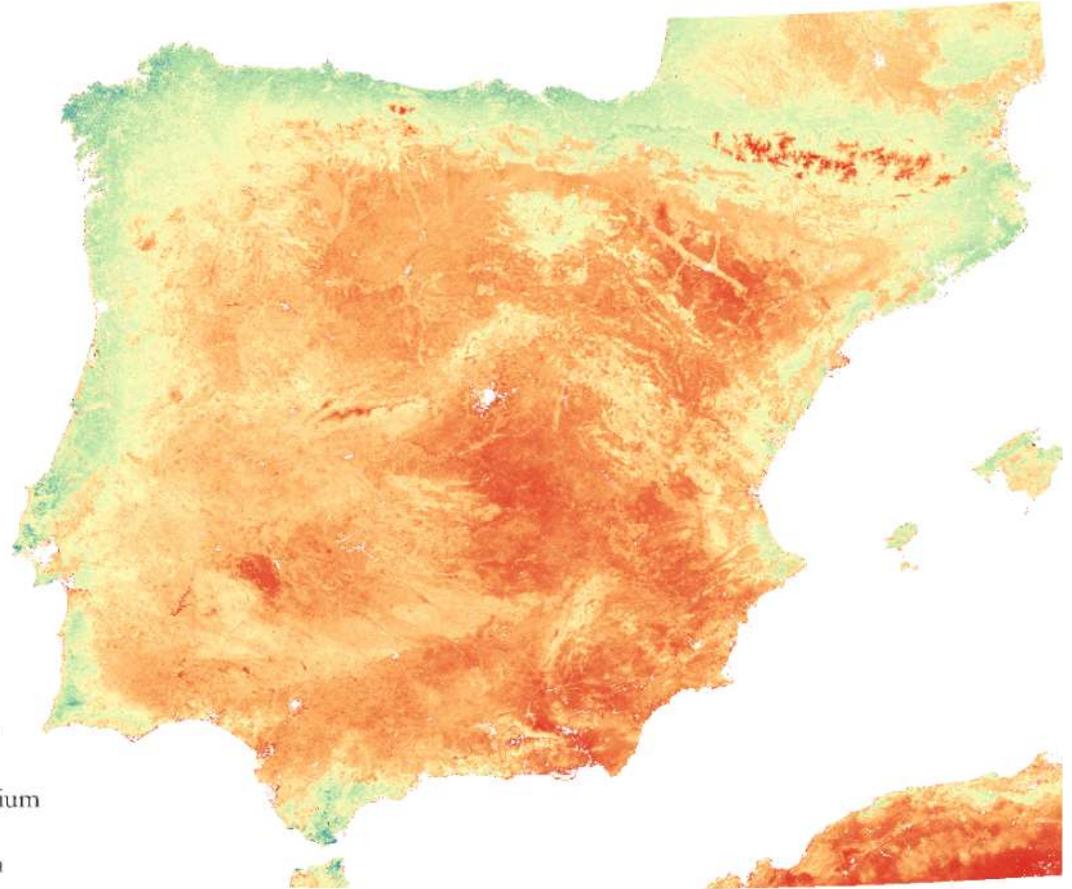
Sensores remotos - teledetección



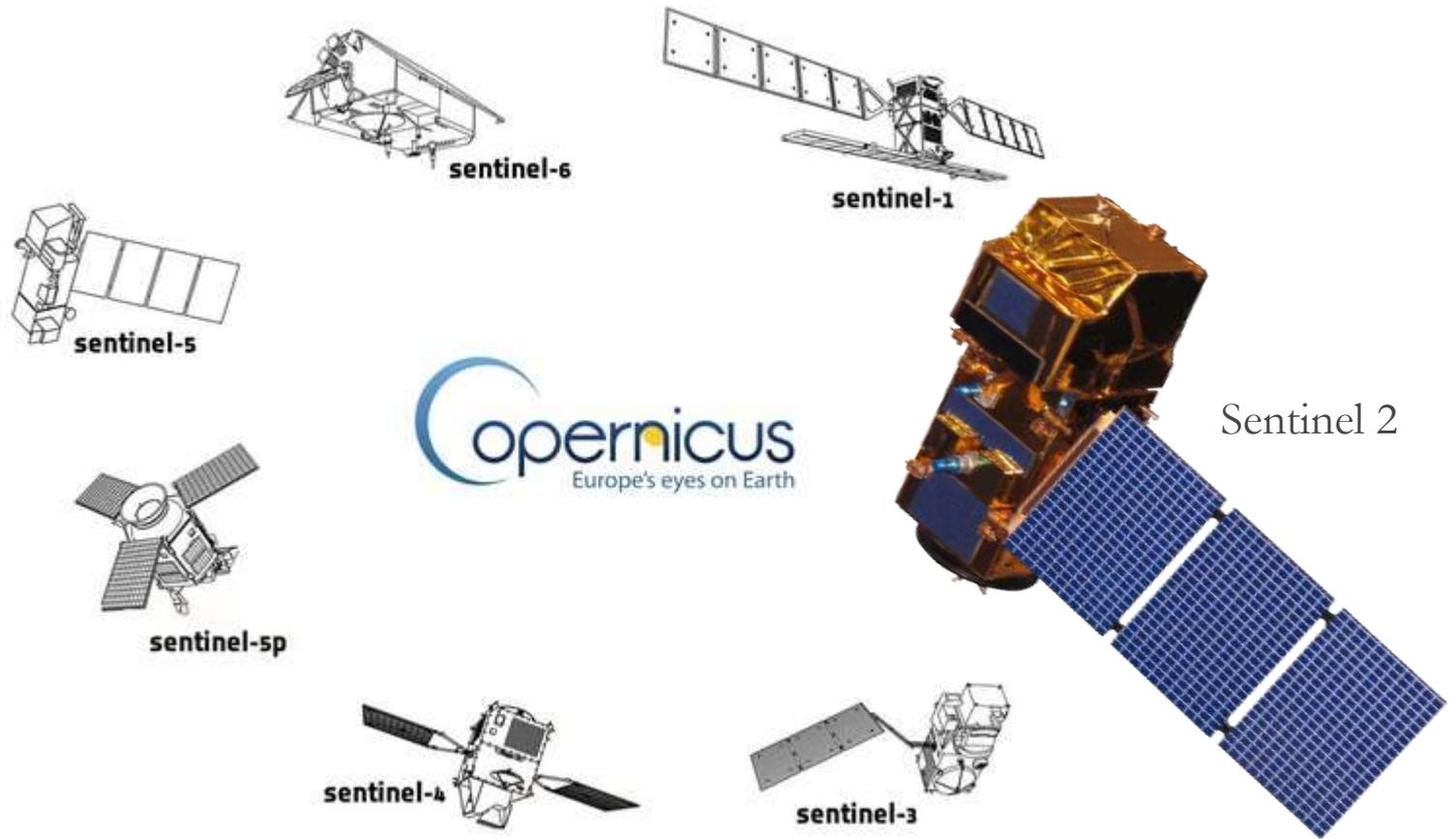
Sensores remotos - teledetección



Terra MODIS

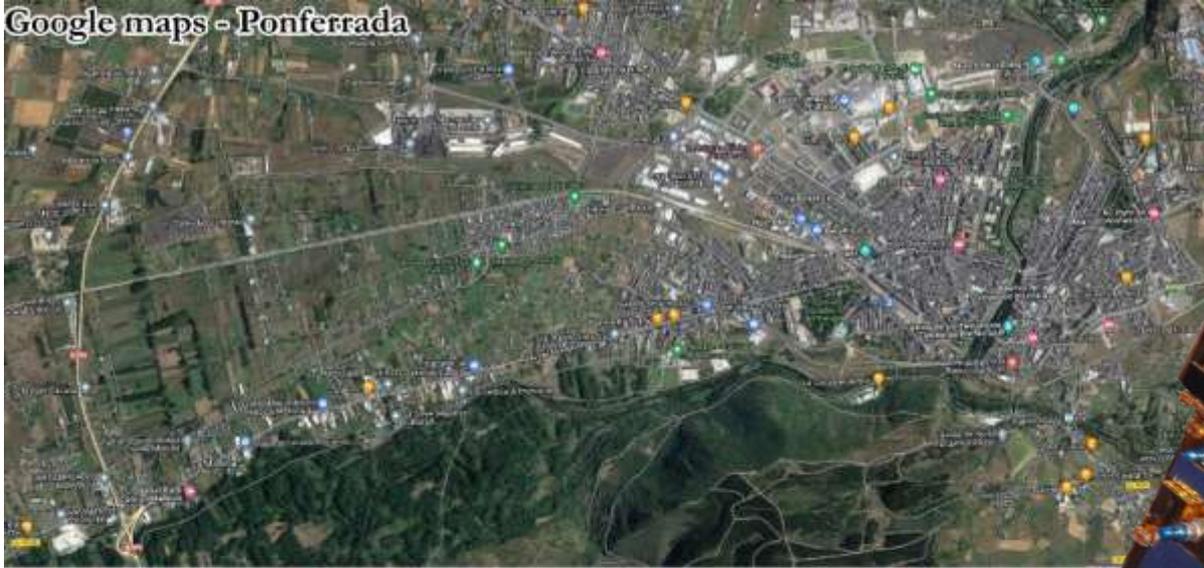


Sensores remotos - teledetección

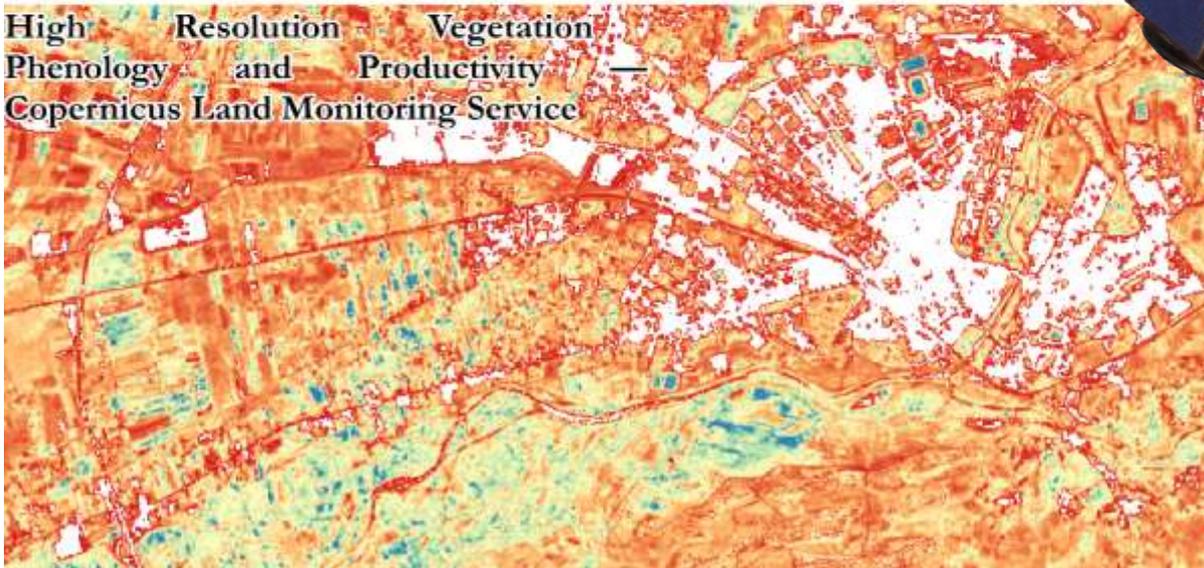


Sensores remotos - teledetección

Google maps - Ponferrada

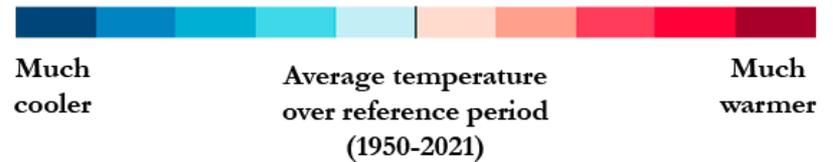
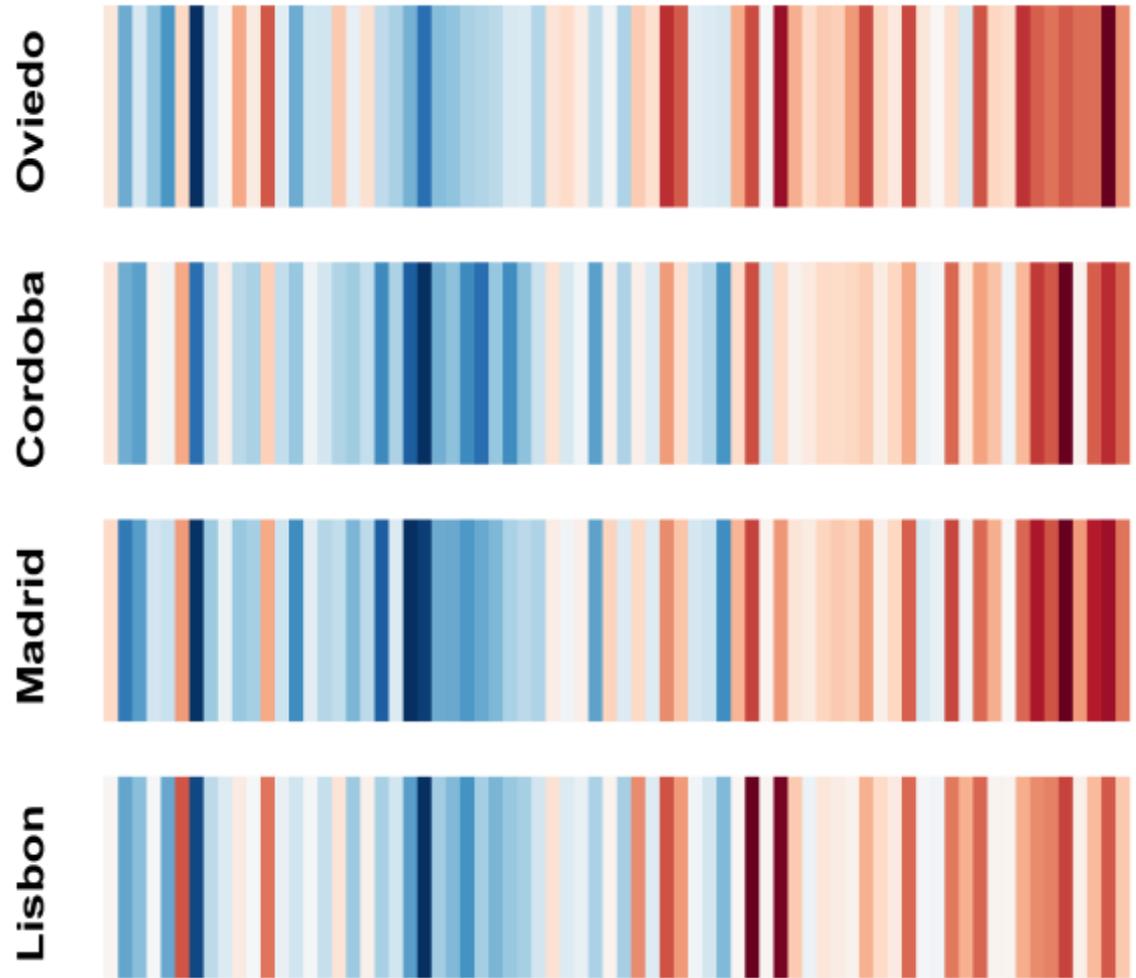


High Resolution Vegetation Phenology and Productivity — Copernicus Land Monitoring Service

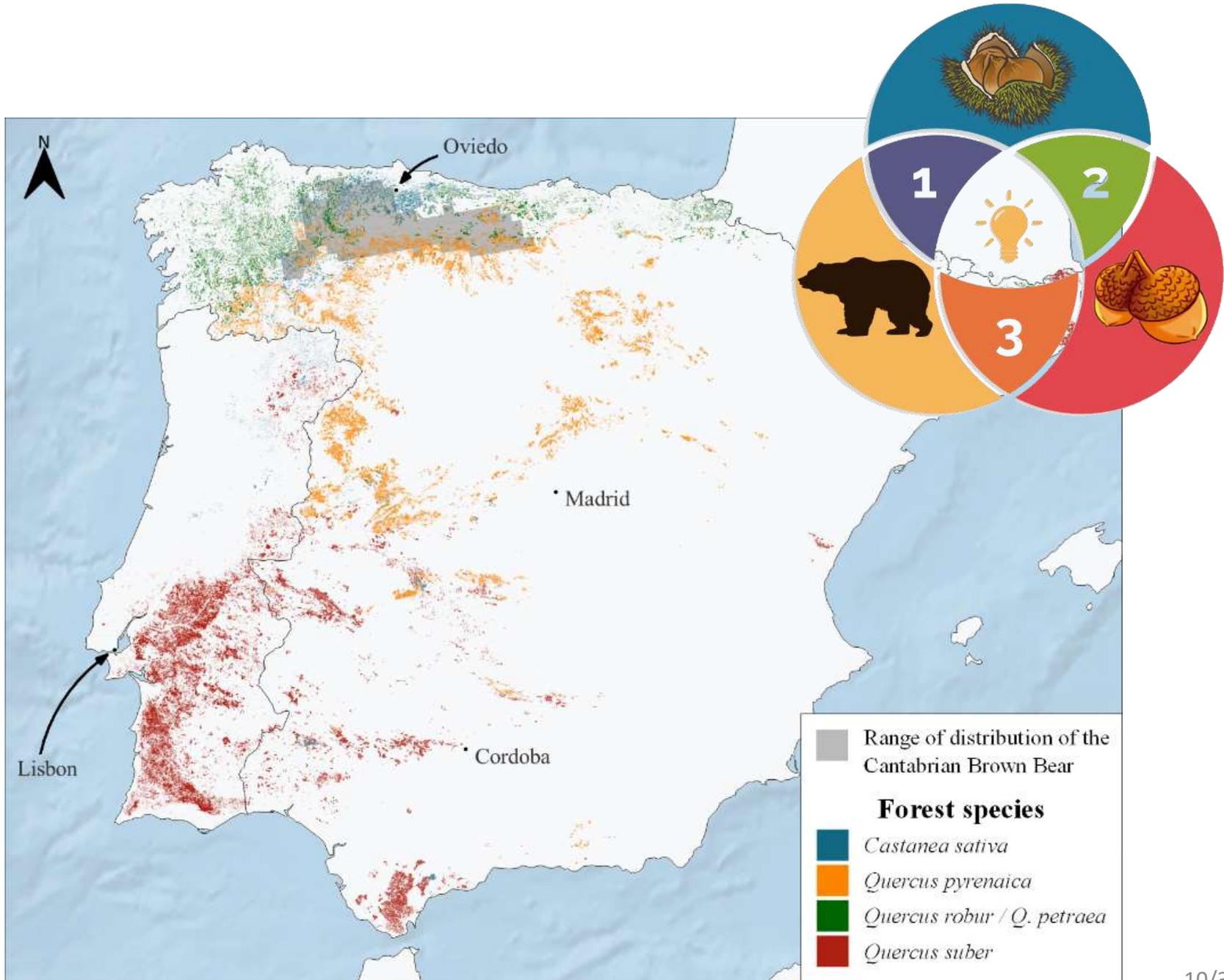


Sentinel 2

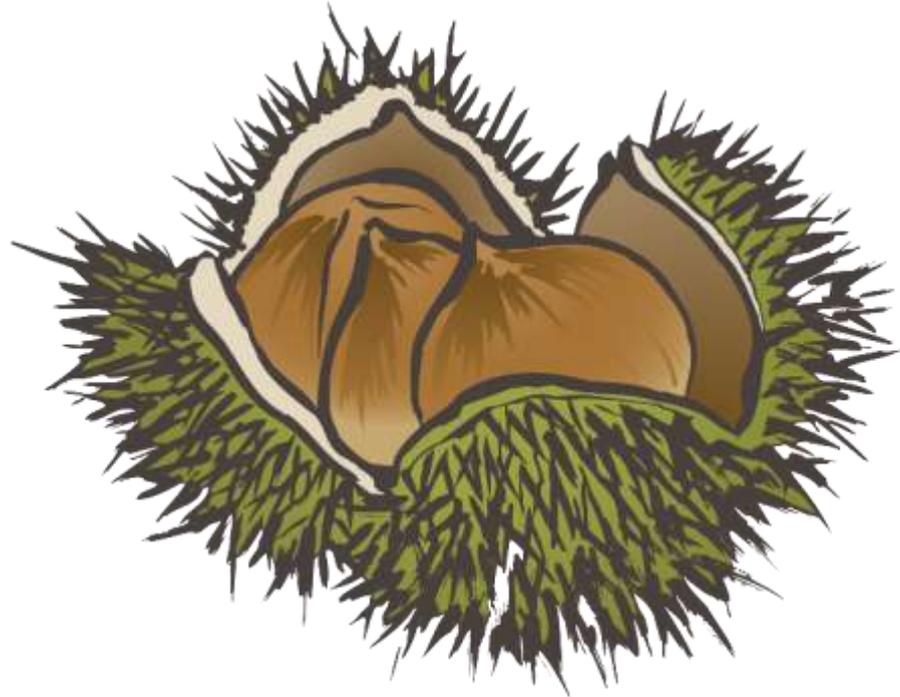
Cambio climático



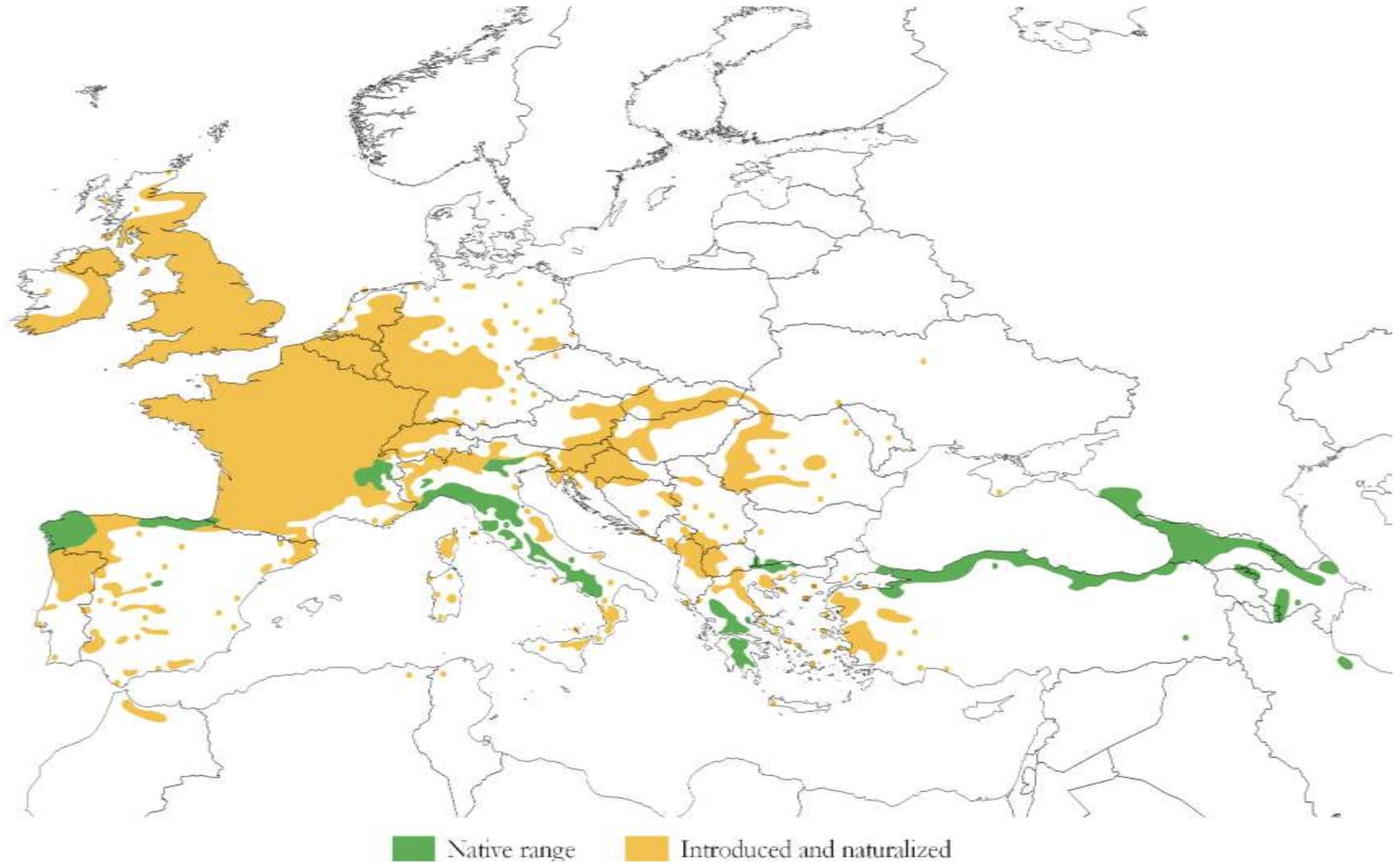
Protagonistas



Resiliencia



¿Qué está pasando?



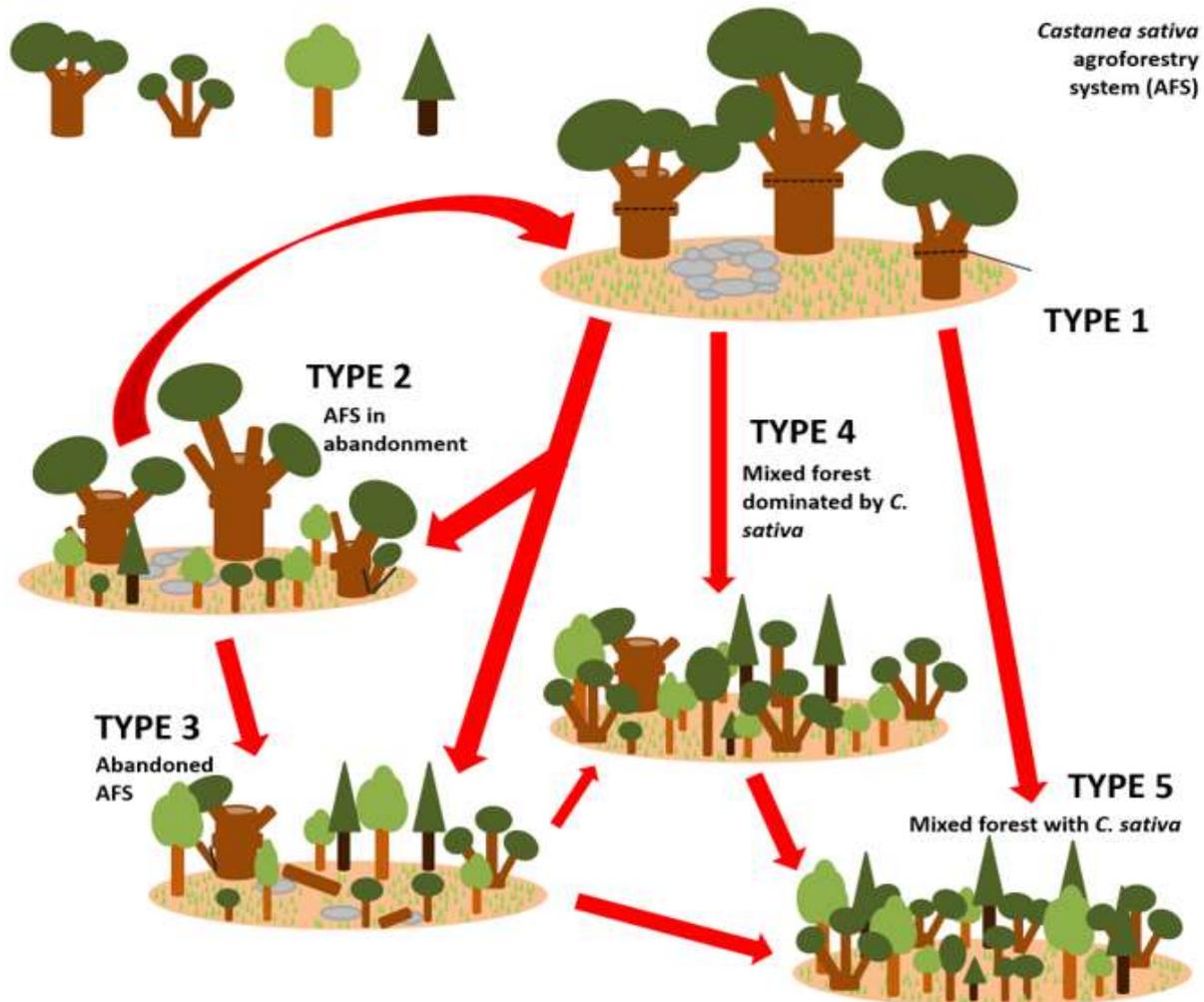
¿Qué está pasando?



¿Qué está pasando?



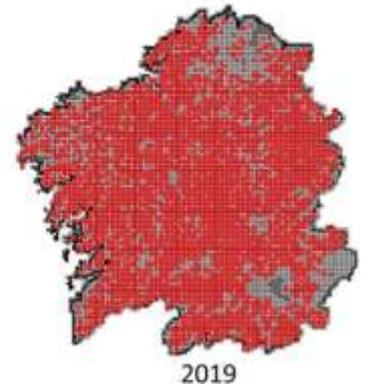
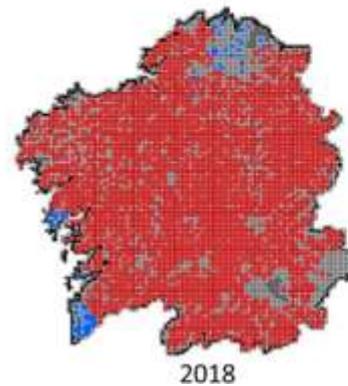
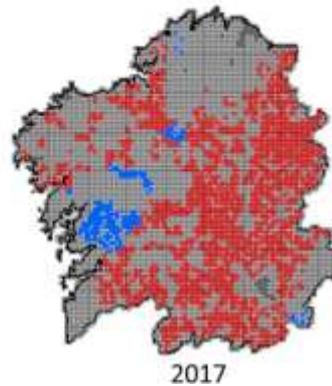
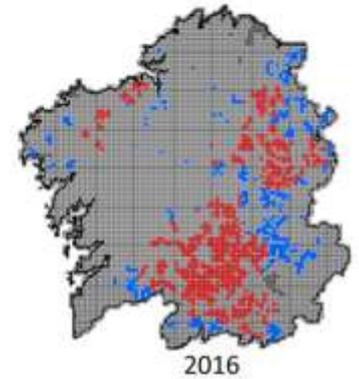
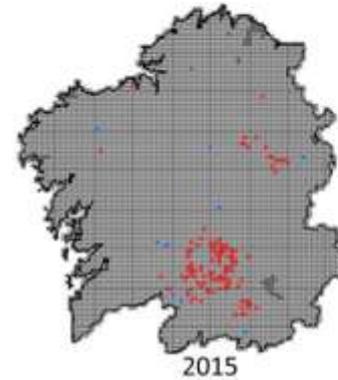
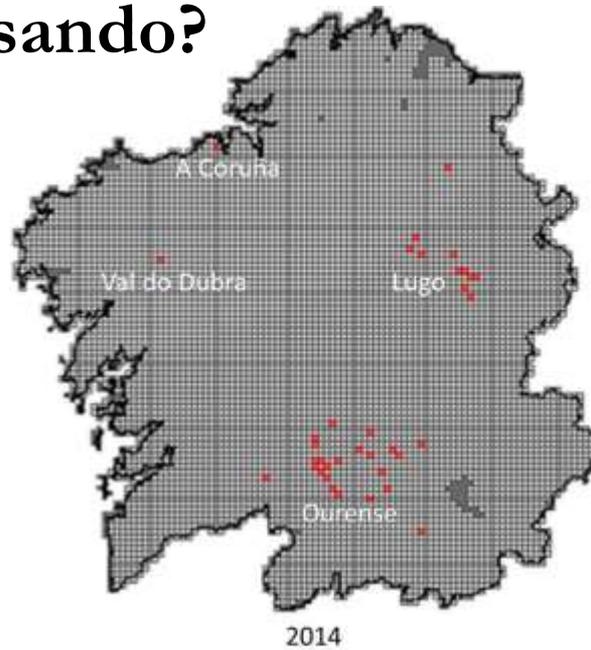
¿Qué está pasando?



Fuente: Roces-Diaz et al., 2018

¿Qué está pasando?

Fuente: Gil-Tapetado et al., 2021



- Tinta del castaño (*Phytophthora cinnamomi* Rands)
- Cancro del castaño (*Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr)
- Avispilla del castaño (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu)
(detectado en 2012)

¿Qué está pasando?

Diario de León

La sequía impone un cambio en el modelo de gestión de los castaños

Los sistemas de riego serán vitales para evitar mermas de producción como la de este año



Erizos de un castaño en un soto del Bierzo. L. DE LA MATA



MARÍA CARRO 17 DE OCTUBRE DE 2022, 3:33

¿Qué está pasando?

Diari

La sequía impone un nuevo modelo de gestión

Los sistemas de riego serán vitales para ev



Erizos de un castaño en un soto del Bierzo. L. DE LA MATA

f t s

MARÍA CARRO 17 DE OCTUBRE DE 2022, 3:33

La Voz de Galicia

Lee sin límites por solo 1€/primer mes [Suscríbete](#)

OURENSE

El cambio climático reducirá las zonas productivas de castaño

CÁNDIDA ANDALUZ
OURENSE / LA VOZ



MIGUEL VILLAR

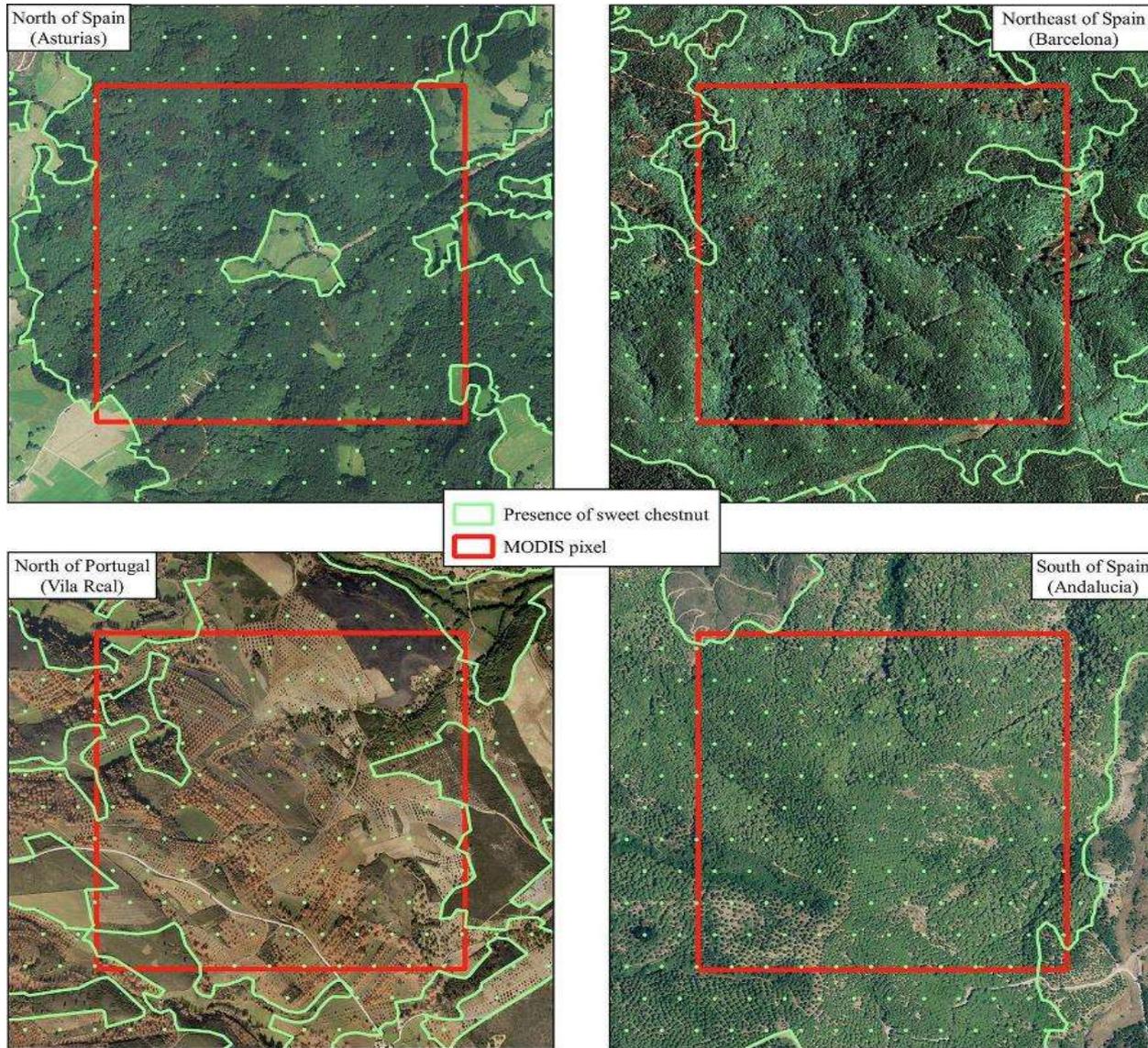
La temperatura en la provincia subió de media 1,5 grados desde 1960

22 feb 2021 . Actualizado a las 17:34 h.

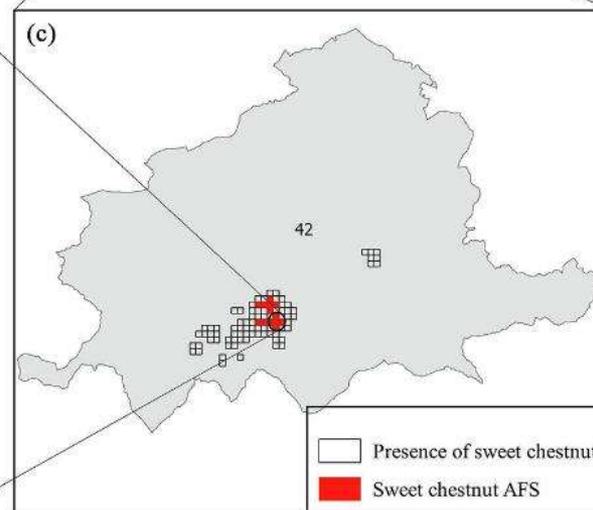
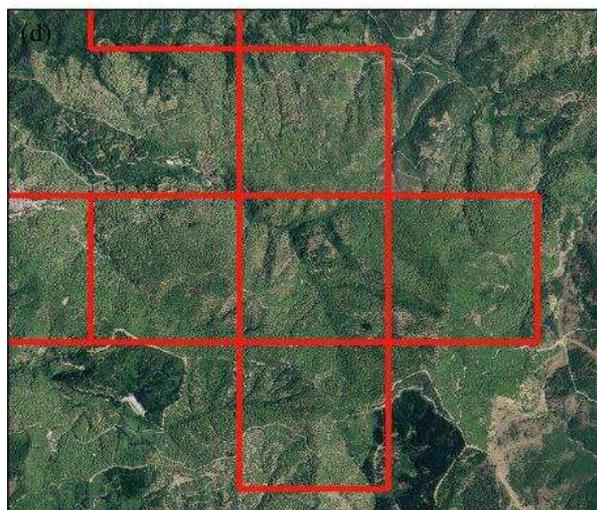
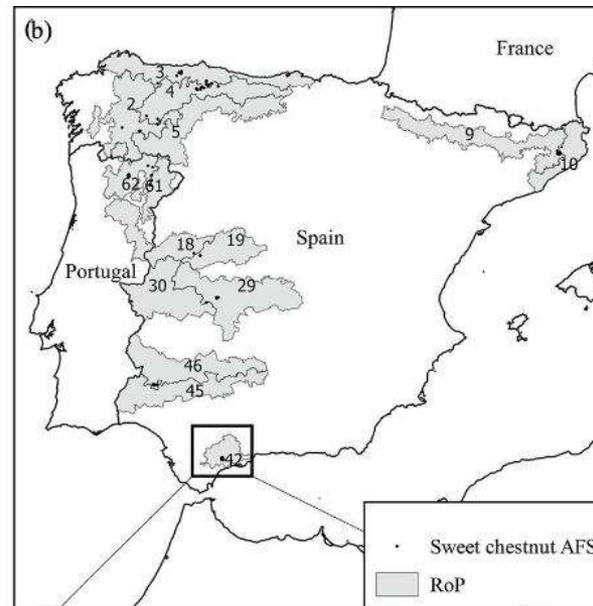
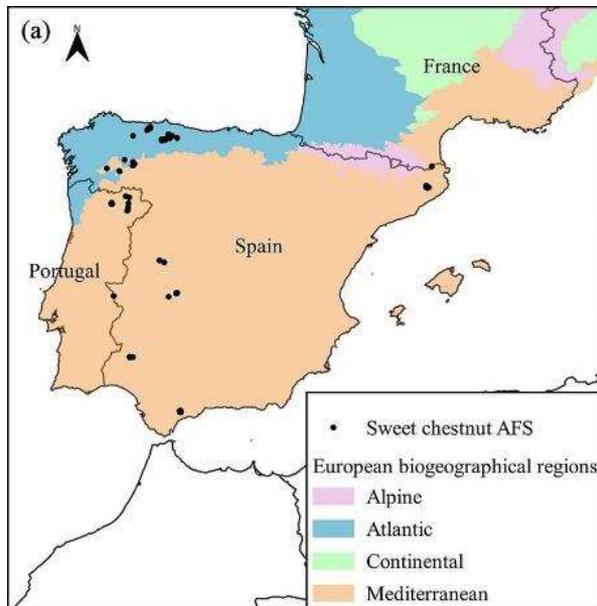
Nuestro objetivo:

- (i) Evaluar la influencia del clima en la productividad de los SAF de castaño en la Península Ibérica mediante el uso de indicadores de producción primaria.
- (ii) Analizar la resiliencia de los SAF de castaño en un futuro escenario de cambio climático.

¿Cómo se hizo?

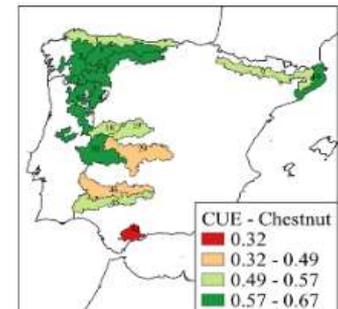
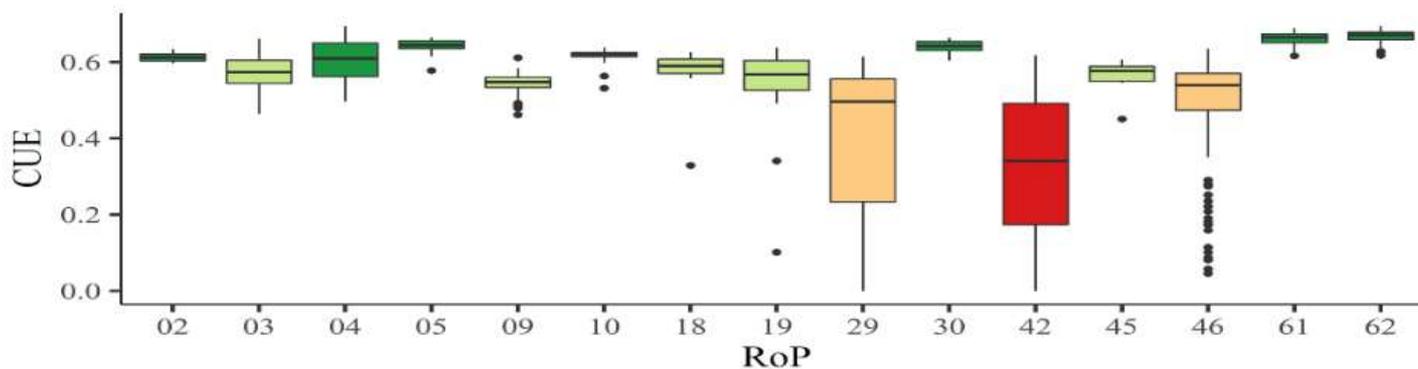
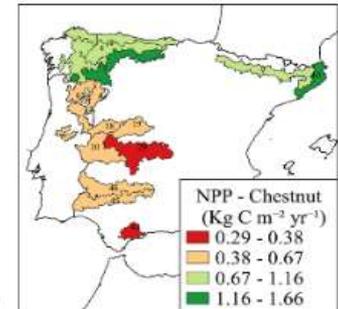
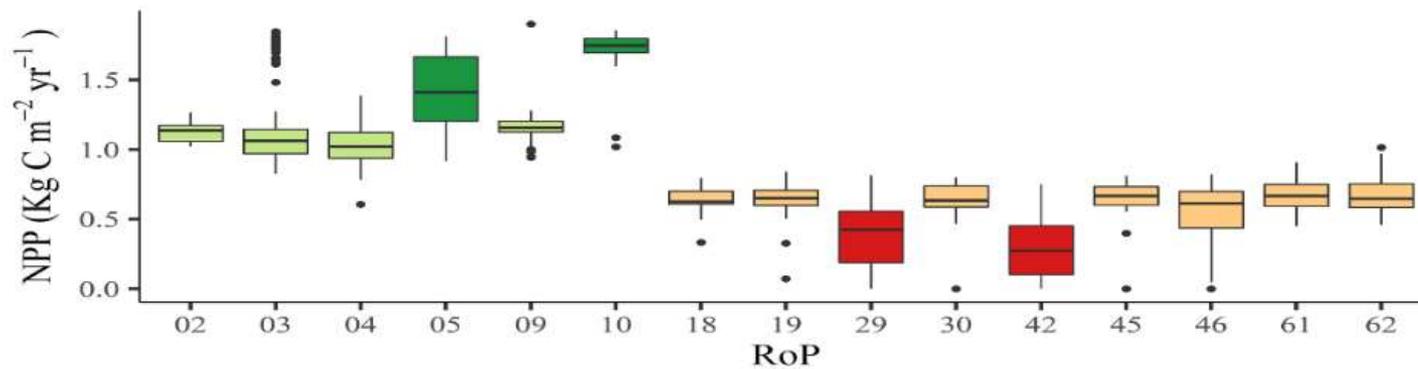
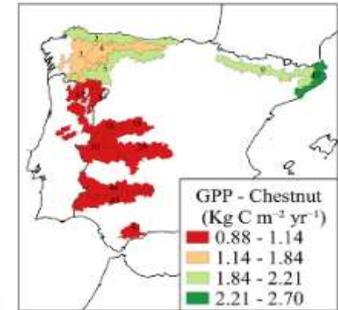
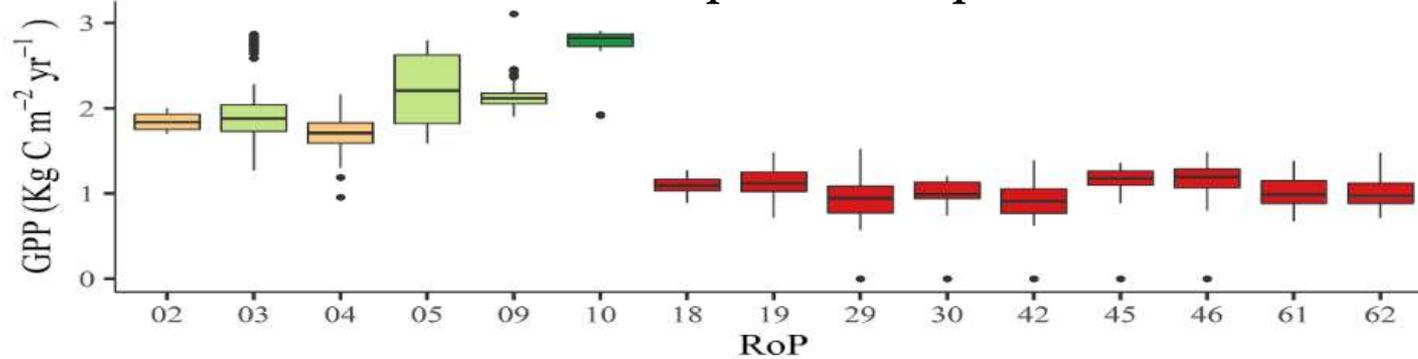


¿Cómo se hizo?



Resultados

Tendencias en los indicadores de producción primaria



Resultados

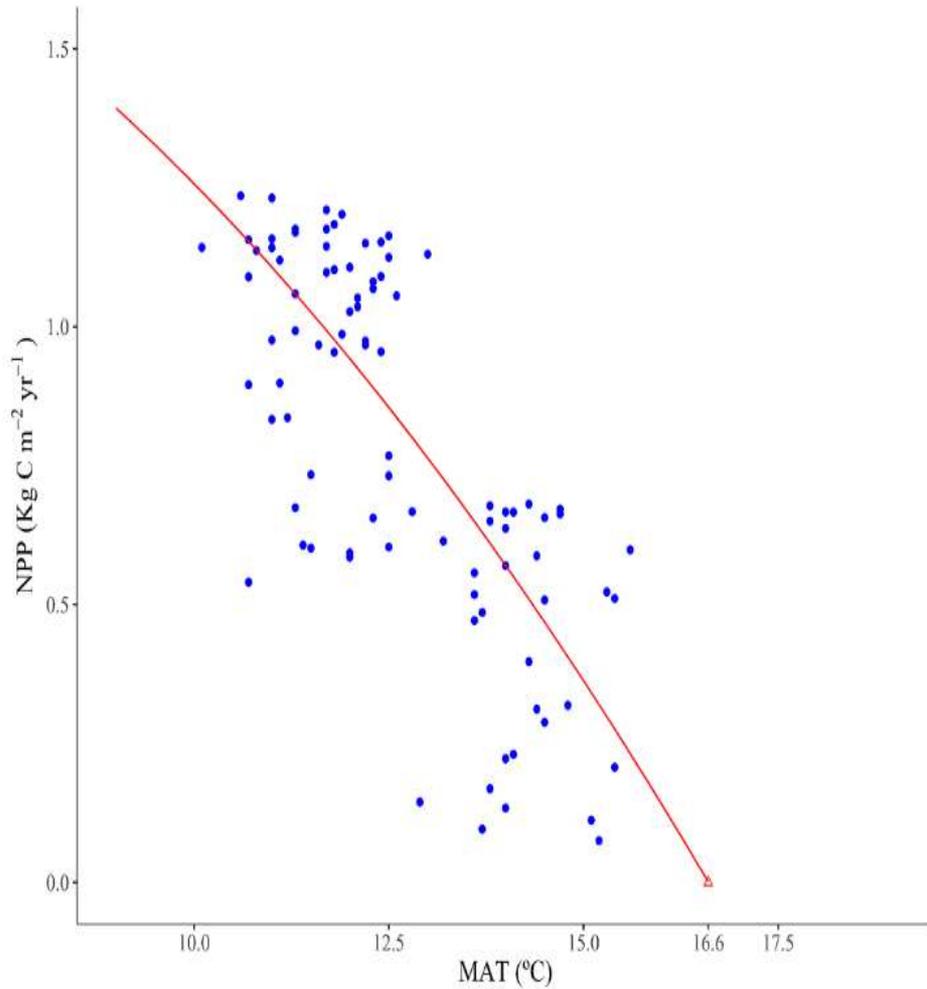
Influencia climática

Region	Dependent variable	Independent variable	Parameter estimate	Std. Error	RMSE	R ²	R _{fit} ²
Iberian Peninsula	NPP (Kg C m ⁻² yr ⁻¹)	(Constant)	0.3565	0.1123	0.1749	0.785	0.7778
		MP09	0.0162	0.0010			
		MP11	-0.0081	0.0019			
		MP12	0.0040	0.0013			
	CUE	(Constant)	-1.9133	0.3036	0.105	0.467	0.4549
		LAT	0.0624	0.0079			
MP07		-0.0031	0.0008				
Mediterranean biogeographical region	NPP (Kg C m ⁻² yr ⁻¹)	(Constant)	-4.6636	0.8936	0.1582	0.825	0.8170
		MP09	0.0154	0.0017			
		LAT	0.1017	0.0197			
		MT12	0.0904	0.0249			
	CUE	(Constant)	-1.7244	0.2729	0.1146	0.496	0.4811
		LAT	0.0547	0.0067			
LON		-0.0124	0.0038				
Atlantic biogeographical region	NPP (Kg C m ⁻² yr ⁻¹)	(Constant)	0.3818	0.2397	0.1767	0.313	0.2786
		MP08	0.0114	0.0038			

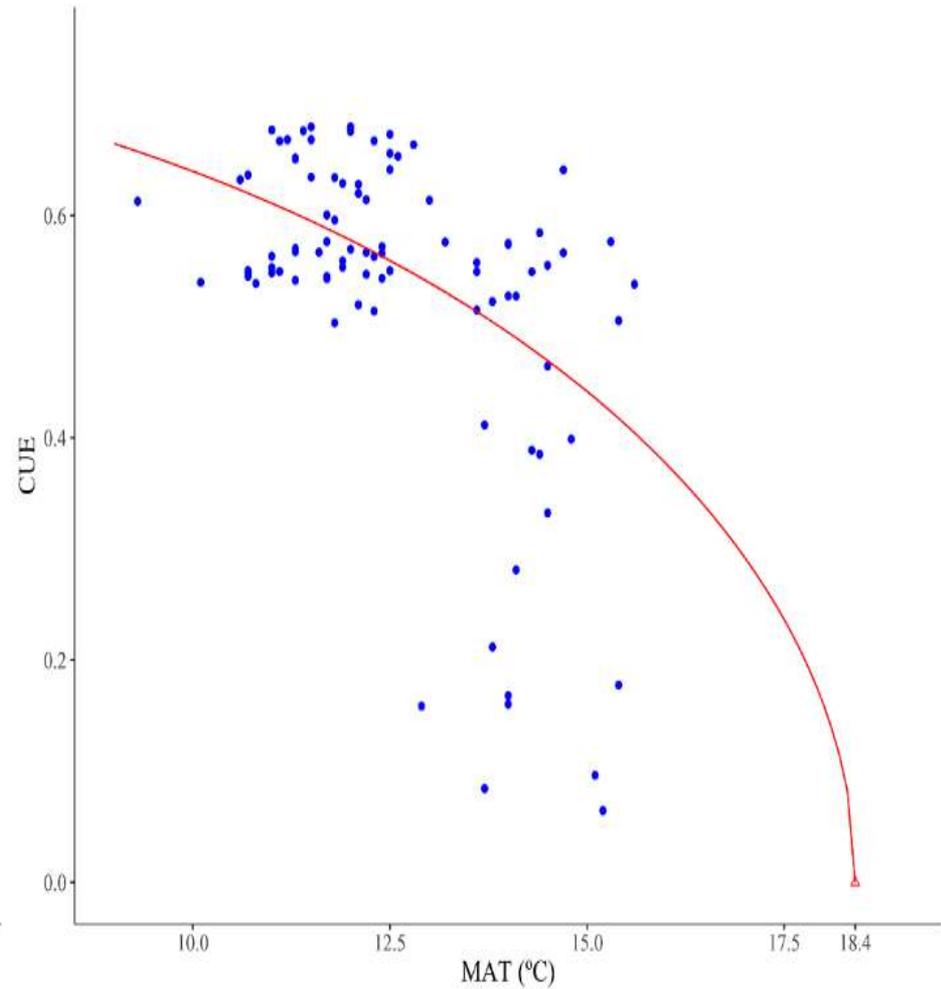
Resultados

Resiliencia

$$NPP = 1.9725296 - 0.0071536 \text{ MAT}^2 \quad R^2 \text{ Adj} = 0.50$$



$$CUE = \text{sqrt} (0.580705 - 0.001714 \text{ MAT}^2) \quad R^2 \text{ Adj} = 0.30$$

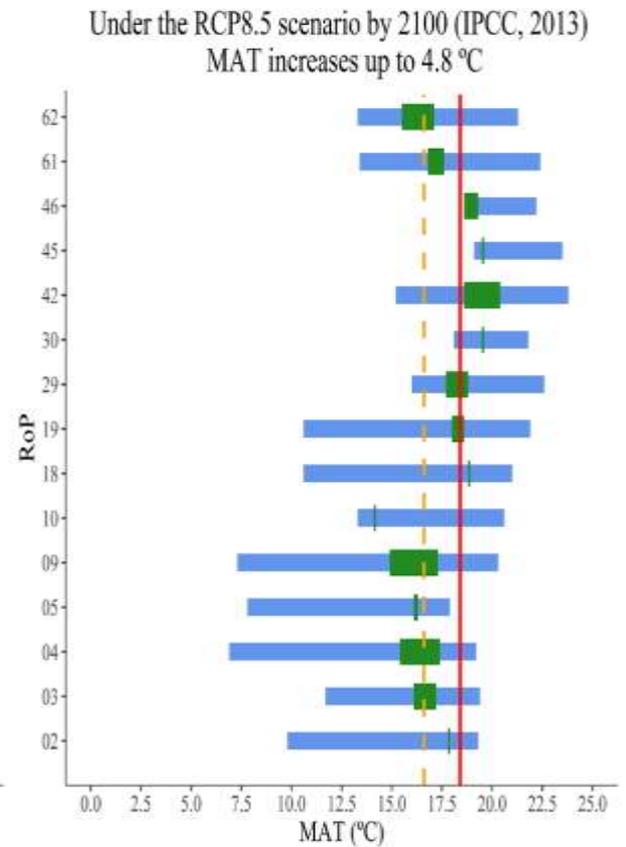
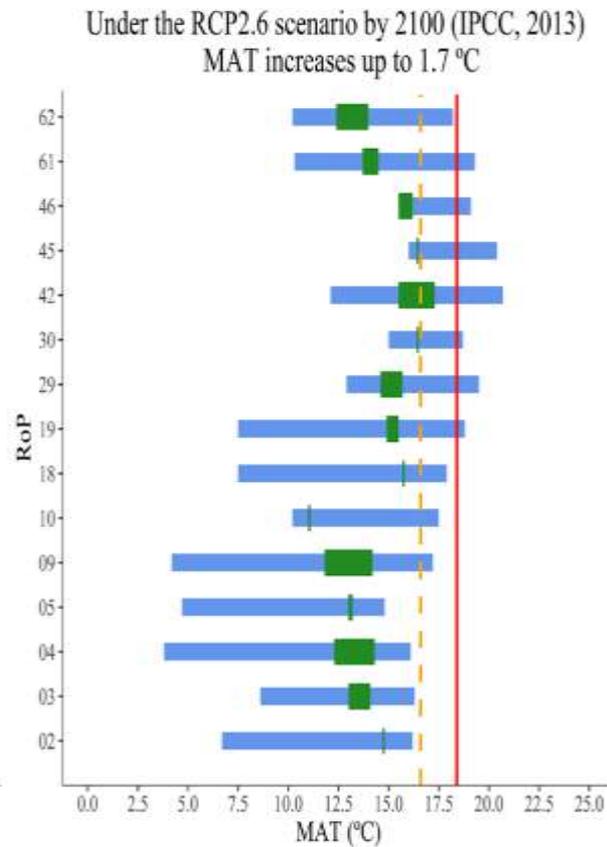
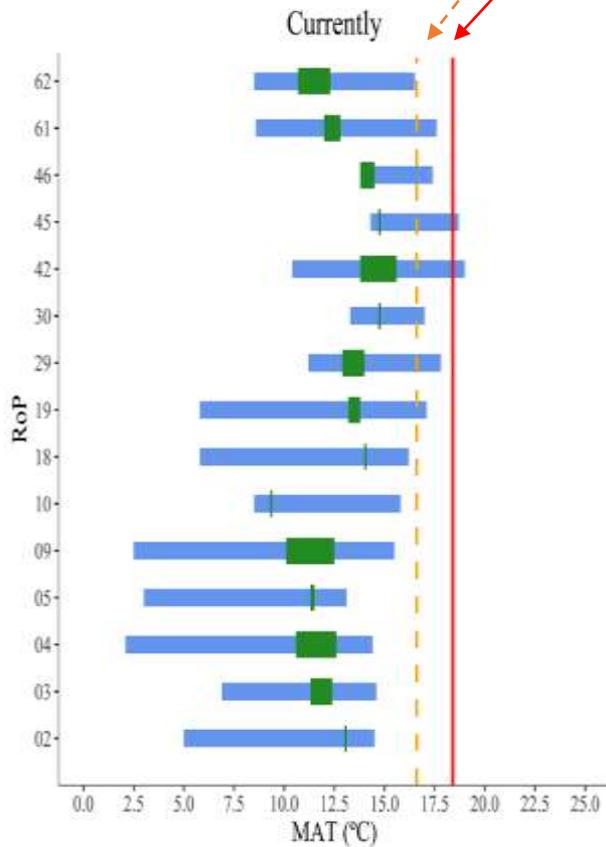


Resultados

Resiliencia

Línea naranja discontinua: NPP = 0

Línea roja: CUE=0



RoP Sweet chestnut AFS



Conclusiones

Factores climáticos que comprometen el estado y la capacidad de resiliencia de los sistemas agroforestales de castaño.

- La zona atlántica de España y norte de Portugal está fuertemente influenciada por factores o características propias del rodal más que por factores climáticos, mientras que en la zona mediterránea el clima es el principal factor limitante.
- Bajo los escenarios de cambio climático previstos, la sostenibilidad de los sistemas agroforestales de castaño y su provisión de servicios ecosistémicos en el área atlántica de España y el norte de Portugal no estarían en riesgo.
- La situación actual es incierta en las regiones mediterráneas del centro y sur de la Península Ibérica y nuestras proyecciones futuras apuntan a una grave amenaza para la continuidad de los ecosistemas de castaño en estas zonas bajo cualquier escenario de cambio climático.

Estrategias adaptativas



¿Qué está pasando?

- Hábitat natural de interés comunitario (Directiva Hábitat)



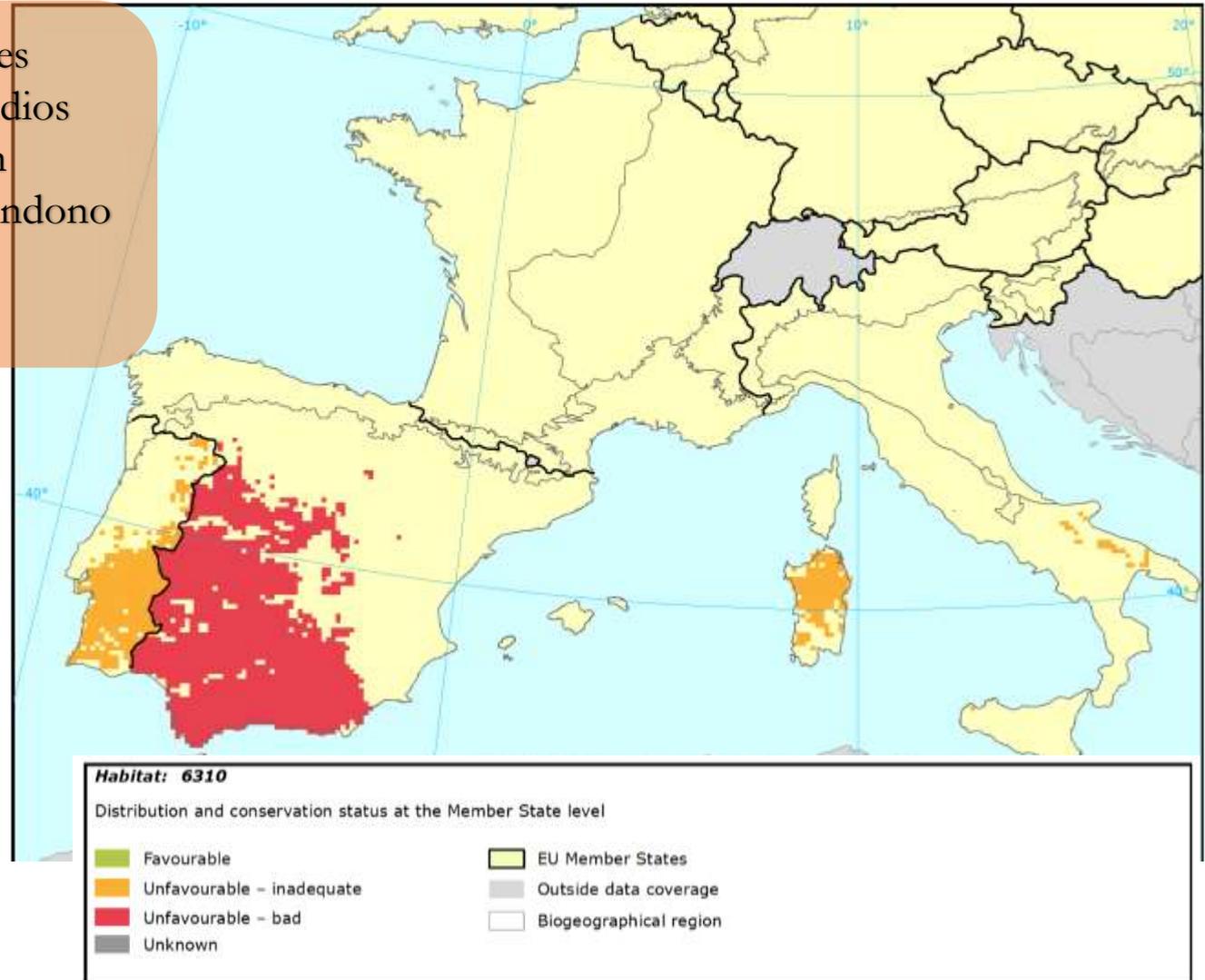
¿Qué está pasando?



¿Qué está pasando?

Assessment of conservation status at the Member State level

- Plagas y enfermedades
- Recurrencia de incendios
- Falta de regeneración
- Cambio de uso y abandono del suelo
- ¿Cambio climático?



Nuestro objetivo:

- (i) Evaluar la influencia de la variabilidad climática en diferentes SAF de alcornoque en la Península Ibérica utilizando indicadores de producción.
- (ii) Analizar si la ubicación geográfica puede jugar un papel importante en la incidencia de los efectos adversos del clima sobre estos ecosistemas.

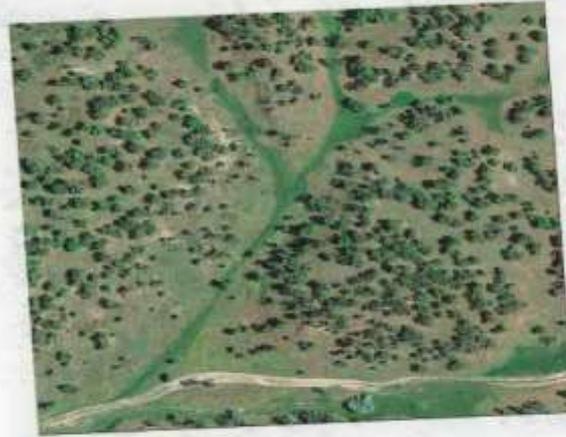
¿Cómo se hizo?

Low-density



TCD < 10%

Moderate-density



TCD 10% – 25%

High-density



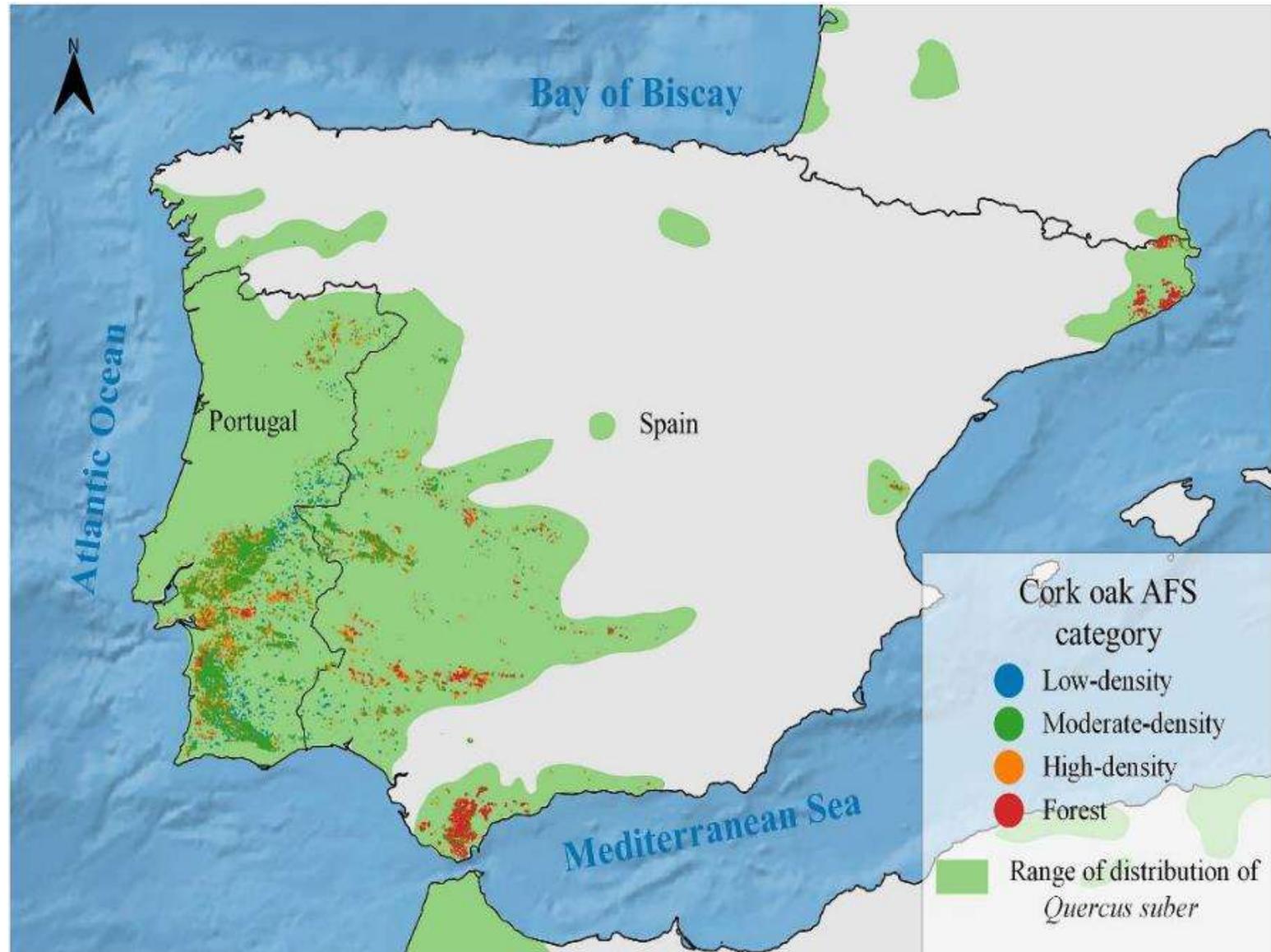
TCD 25% – 50%

Forest



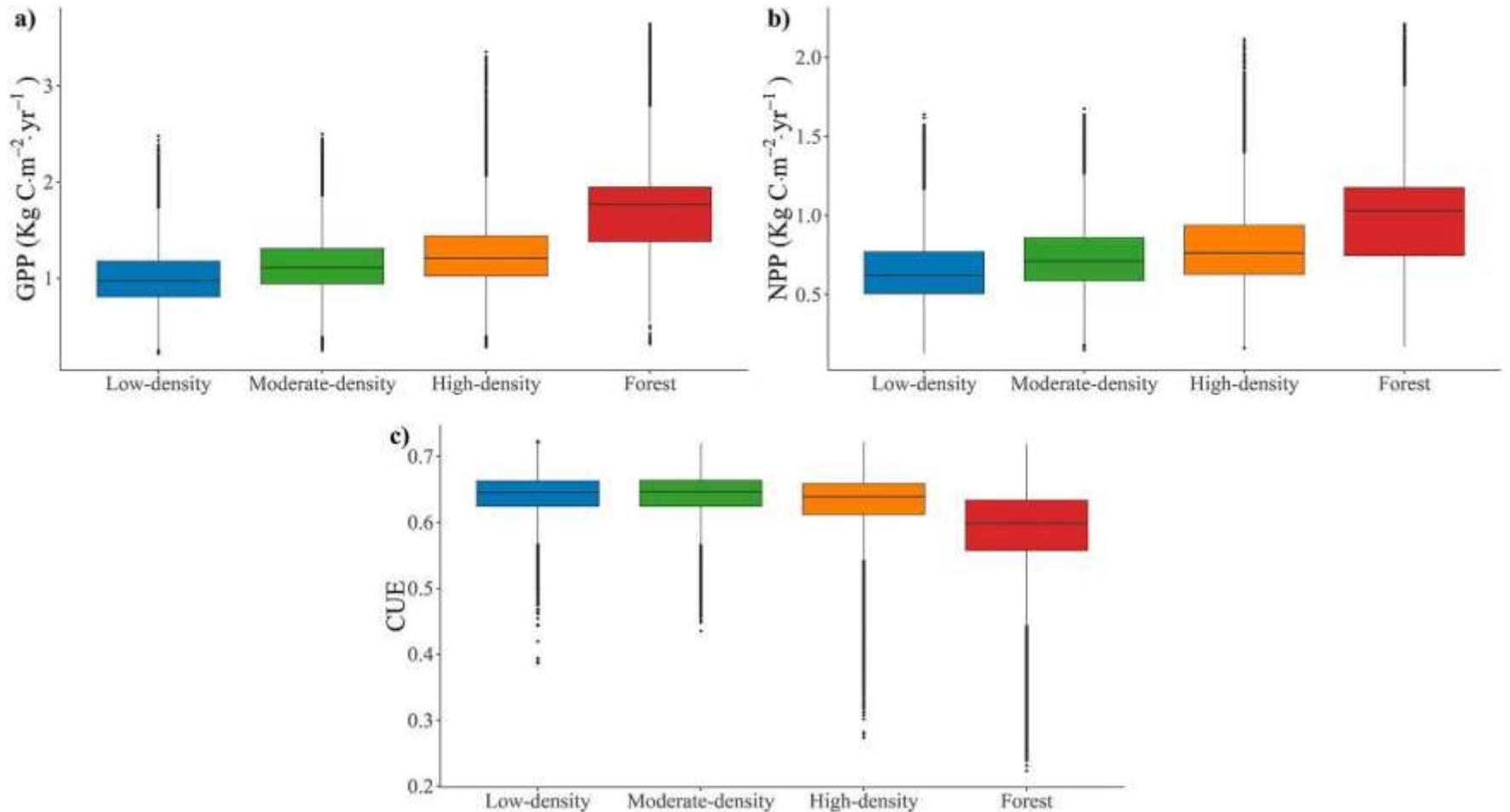
TCD > 50%

¿Cómo se hizo?



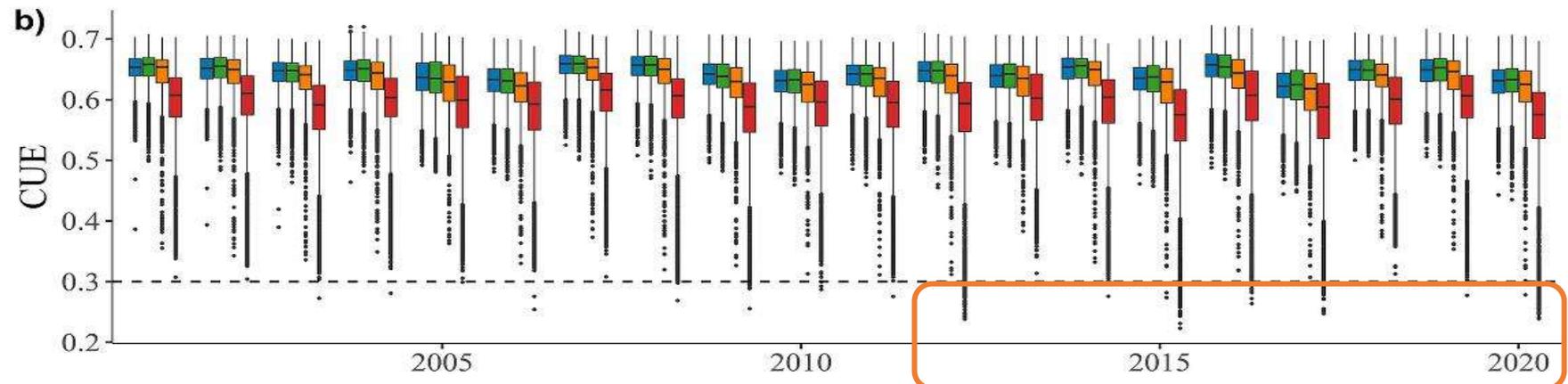
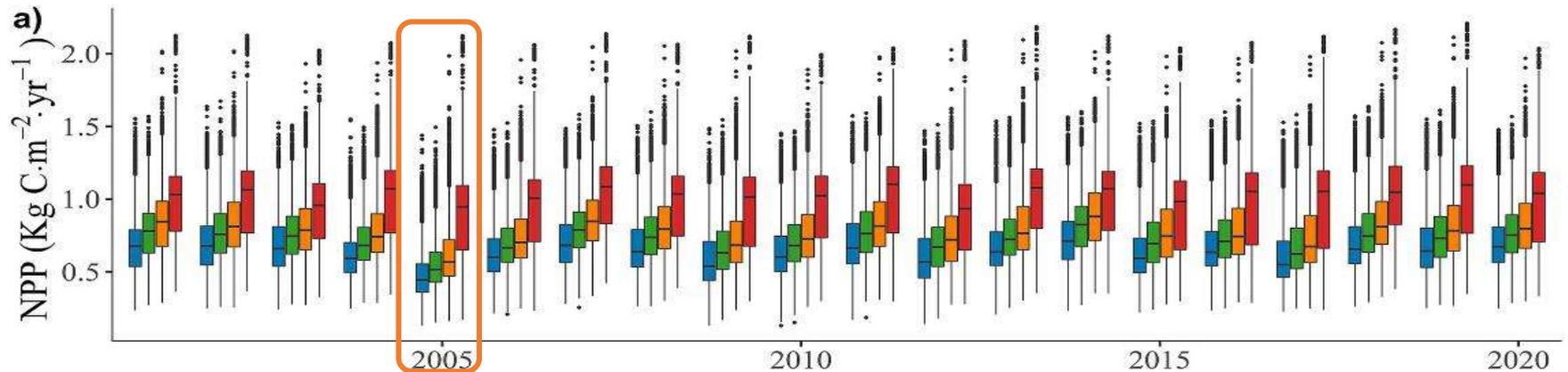
Resultados

Tendencias en los indicadores de producción primaria



Resultados

Tendencias en los indicadores de producción primaria



Density ■ Low-density ■ Moderate-density ■ High-density ■ Forest

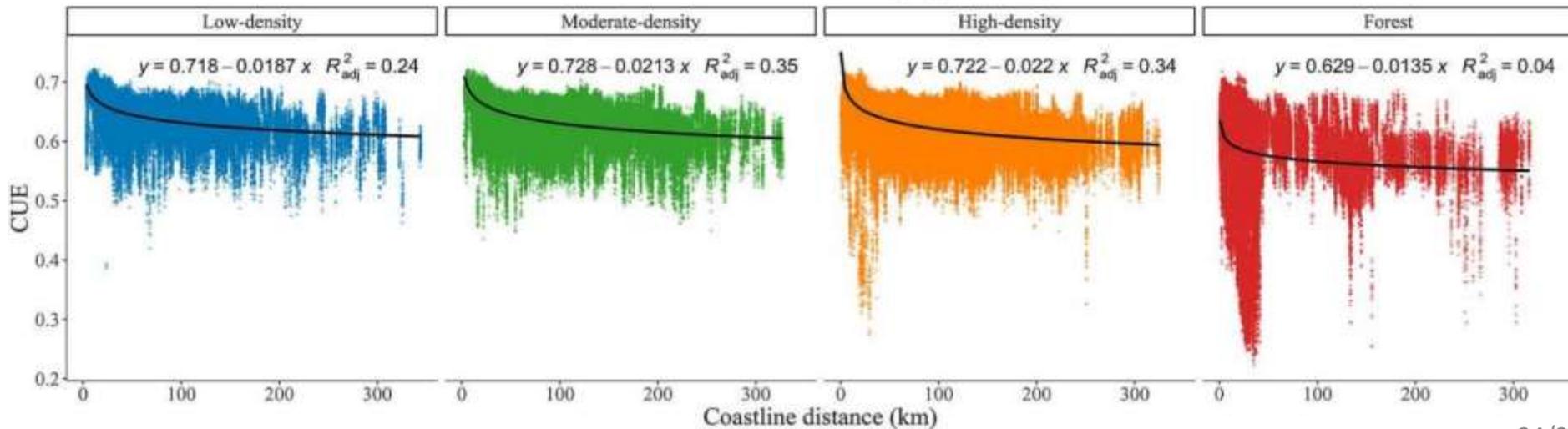
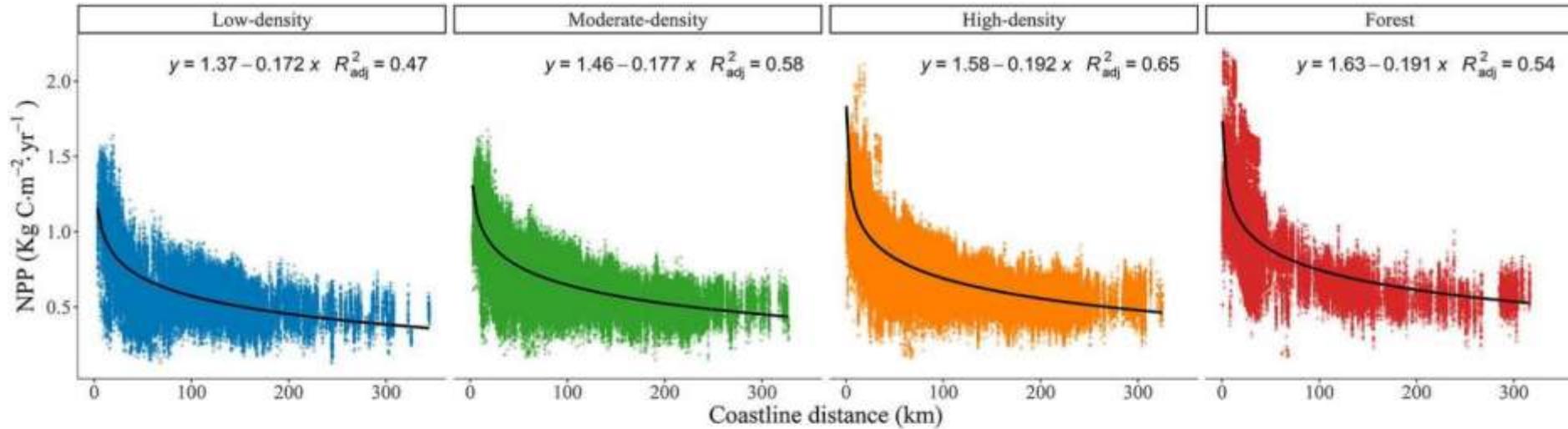
Resultados

Influencia climática

AFS Category	Dependent variable	Independent variable	Parameter estimate	R_{fit}^2
Low-density	NPP (Kg C m ⁻² yr ⁻¹)	(Intercept)	0.6889	0.6438
		rhm_Summer	0.1845	
		swv11_Summer	-0.2162	
		swv12_Summer	0.2119	
	CUE	(Intercept)	0.6426	0.4606
		e_Summer	0.0058	
Moderate-density	NPP (Kg C m ⁻² yr ⁻¹)	(Intercept)	0.7529	0.6832
		rhm_Summer	0.1702	
		swv11_Summer	-0.1795	
		swv12_Summer	0.1817	
	CUE	(Intercept)	0.3065	0.5039
		rhm_Summer	0.4485	
High-density	NPP (Kg C m ⁻² yr ⁻¹)	(Intercept)	0.8058	0.7243
		rhm_Summer	0.1828	
		swv11_Summer	-0.1696	
		swv12_Summer	0.1740	
	CUE	(Intercept)	0.6336	0.5713
		rhm_Summer	0.0206	
Forest	NPP (Kg C m ⁻² yr ⁻¹)	(Intercept)	0.9337	0.5747
		rhm_Summer	0.2047	
		tp_Summer	-0.0342	
		(Intercept)	0.5828	
	CUE	swv11_Summer	-0.0232	
		swv13_Summer	0.0223	
		t2m_Summer	-0.0295	

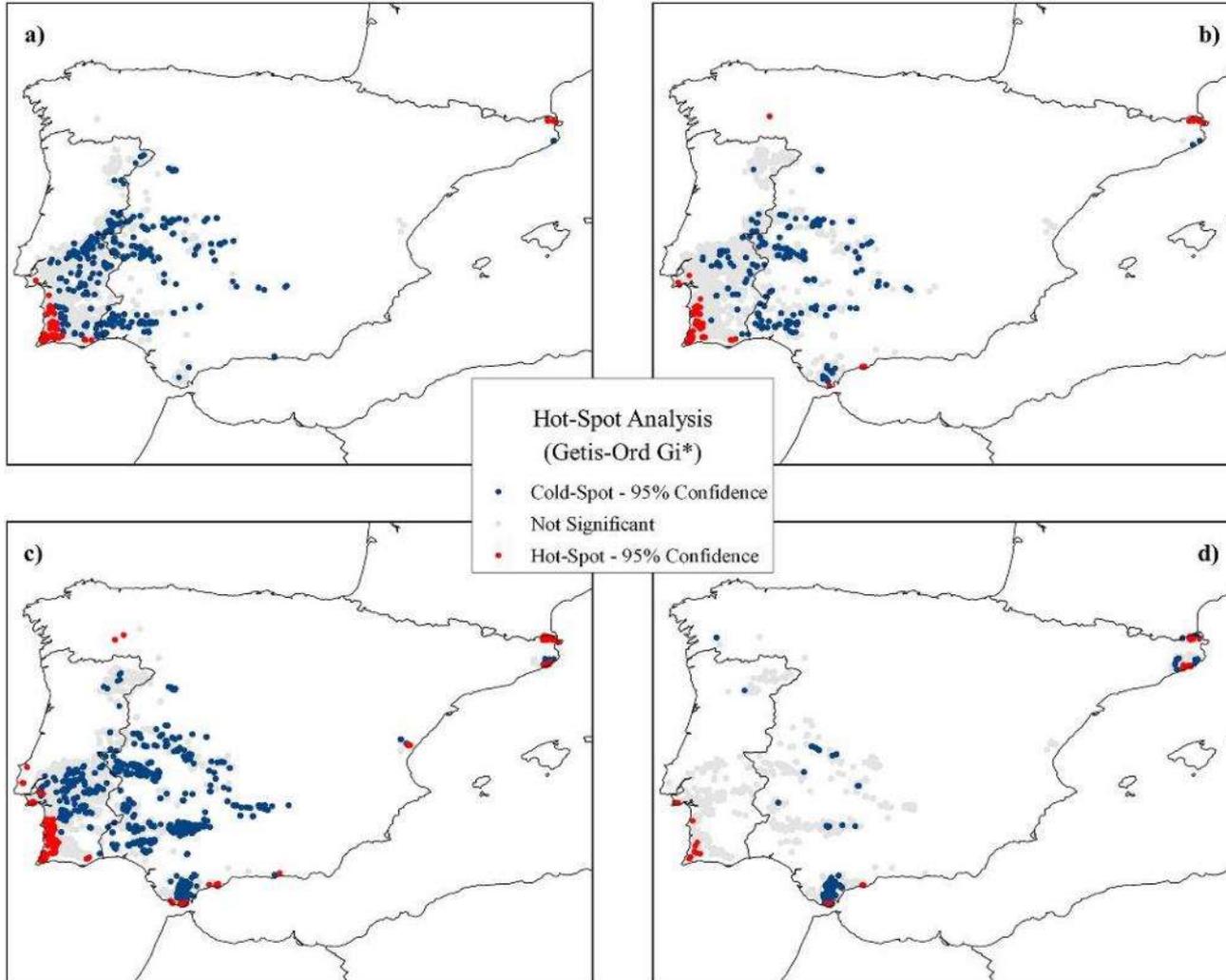
Resultados

Proximidad a la costa



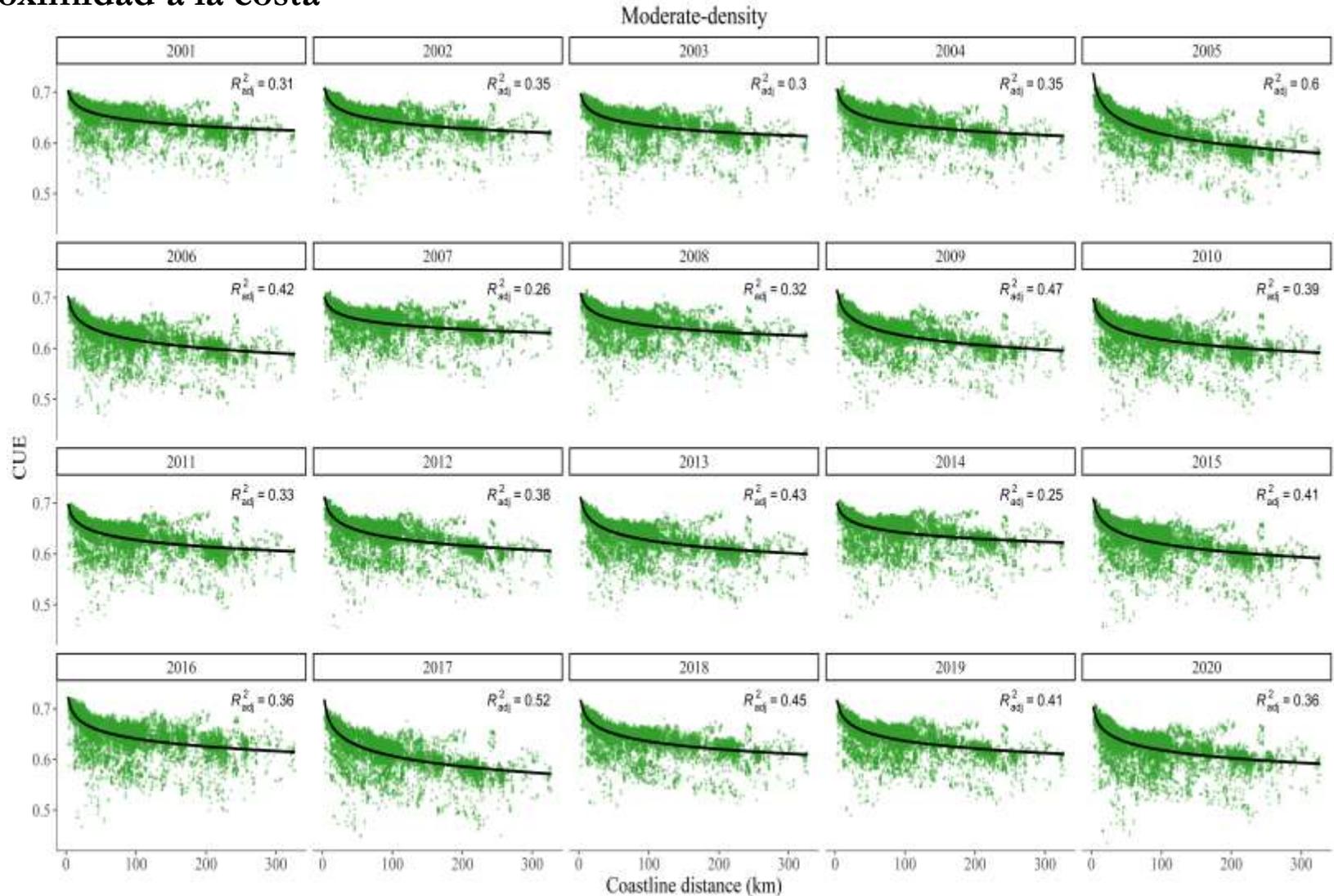
Resultados

Proximidad a la costa



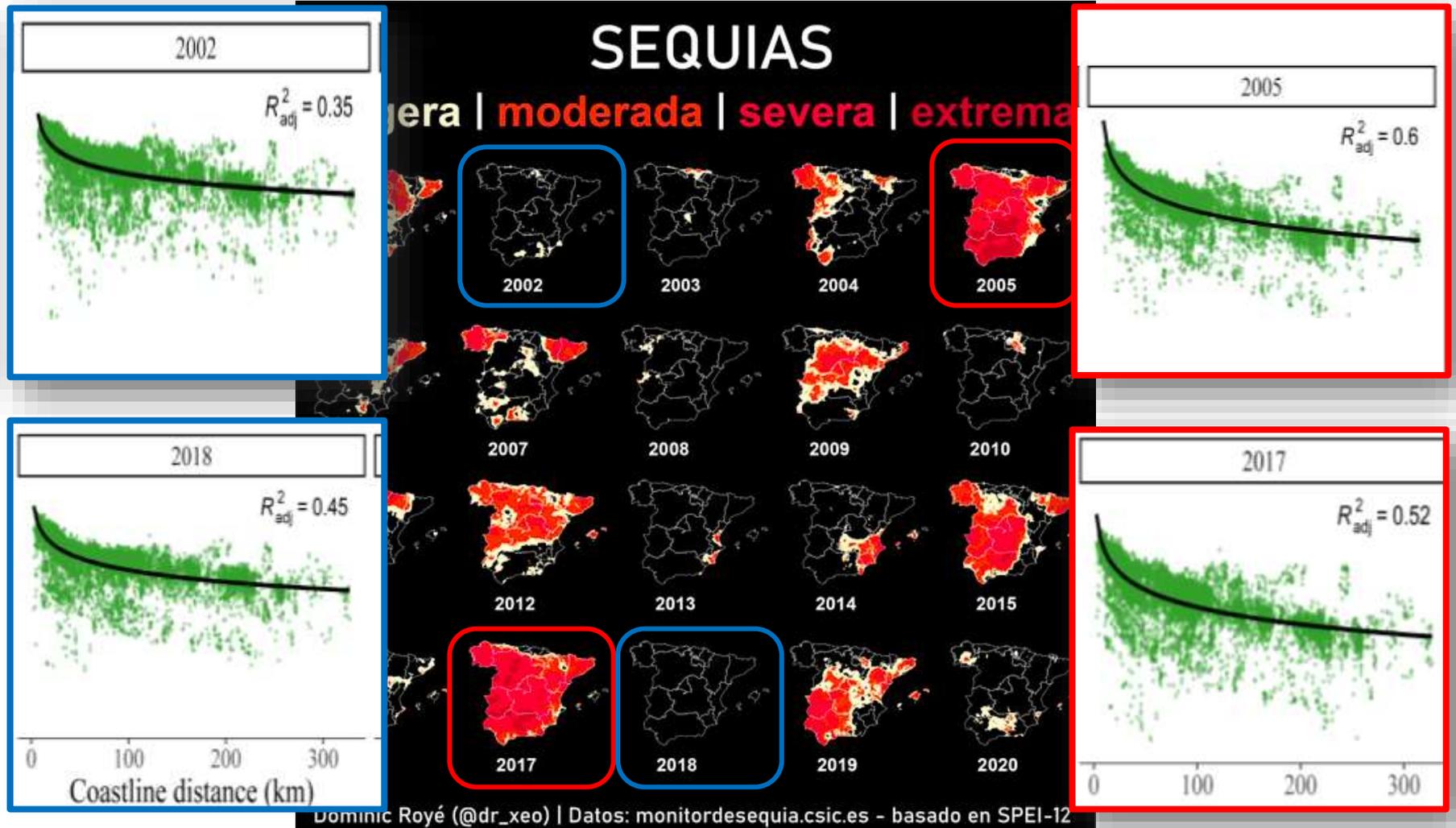
Resultados

Proximidad a la costa



Resultados

Proximidad a la costa



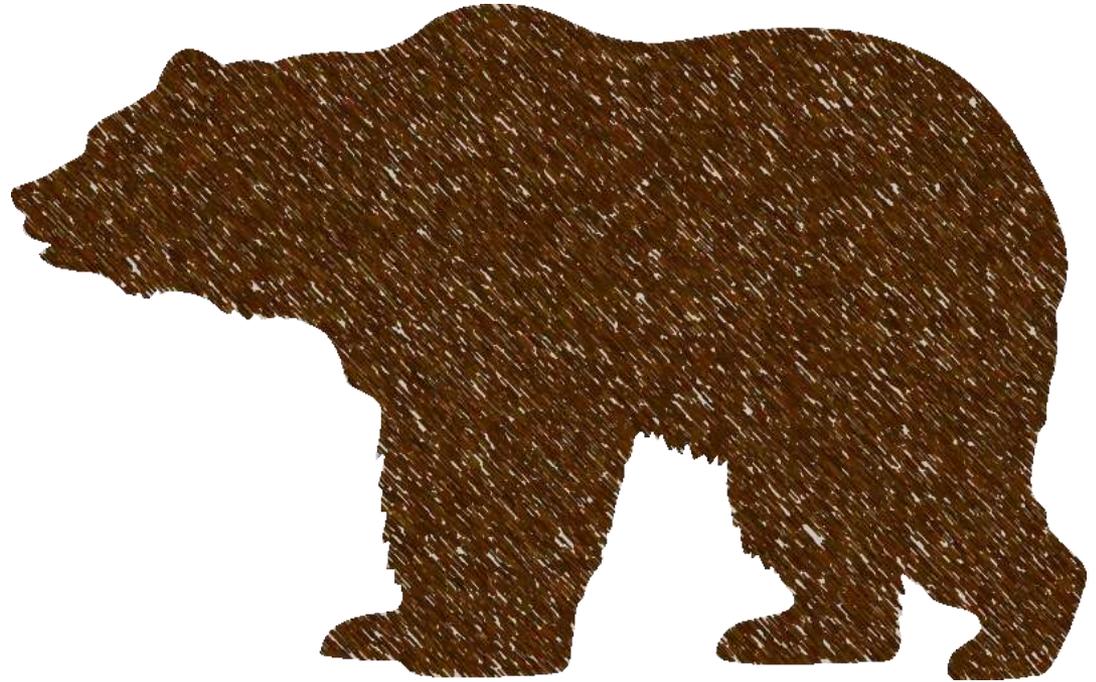
Fuente: Adaptado de
https://dominicroye.github.io/media/albums/climate/006_sequias2.png

Conclusiones

Factores climáticos que comprometen el estado de los ecosistemas de alcornoque y papel de la ubicación geográfica.

- La densidad de la masa juega un papel clave en la adaptación a la variación climática, manteniendo unas condiciones microclimáticas que hacen que los sistemas agroforestales de alcornoque sean menos dependientes de las variables ambientales.
- La respuesta de los sistemas agroforestales de alcornoque refleja los rasgos ecológicos de la especie y las diferentes estrategias de adaptación utilizadas, tanto por los árboles que lo componen como por las plantas del sotobosque, para sobrevivir a las temporadas de sequía, donde el agua es el principal factor limitante de la producción primaria.
- La proximidad a la costa mejora los niveles de productividad y amortigua las condiciones climáticas en años de sequía extrema, reduciendo los efectos adversos asociados y el riesgo para el ecosistema.

Interacciones con el ecosistema



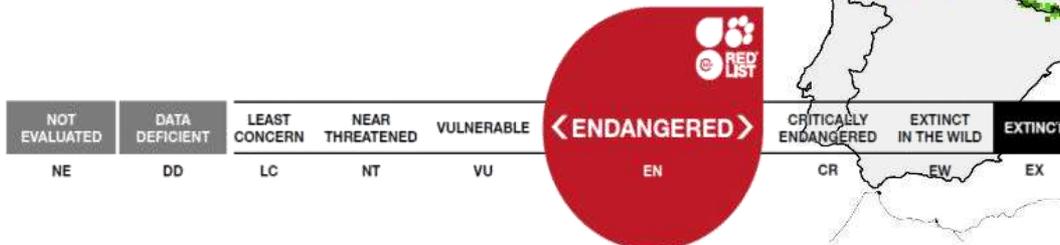
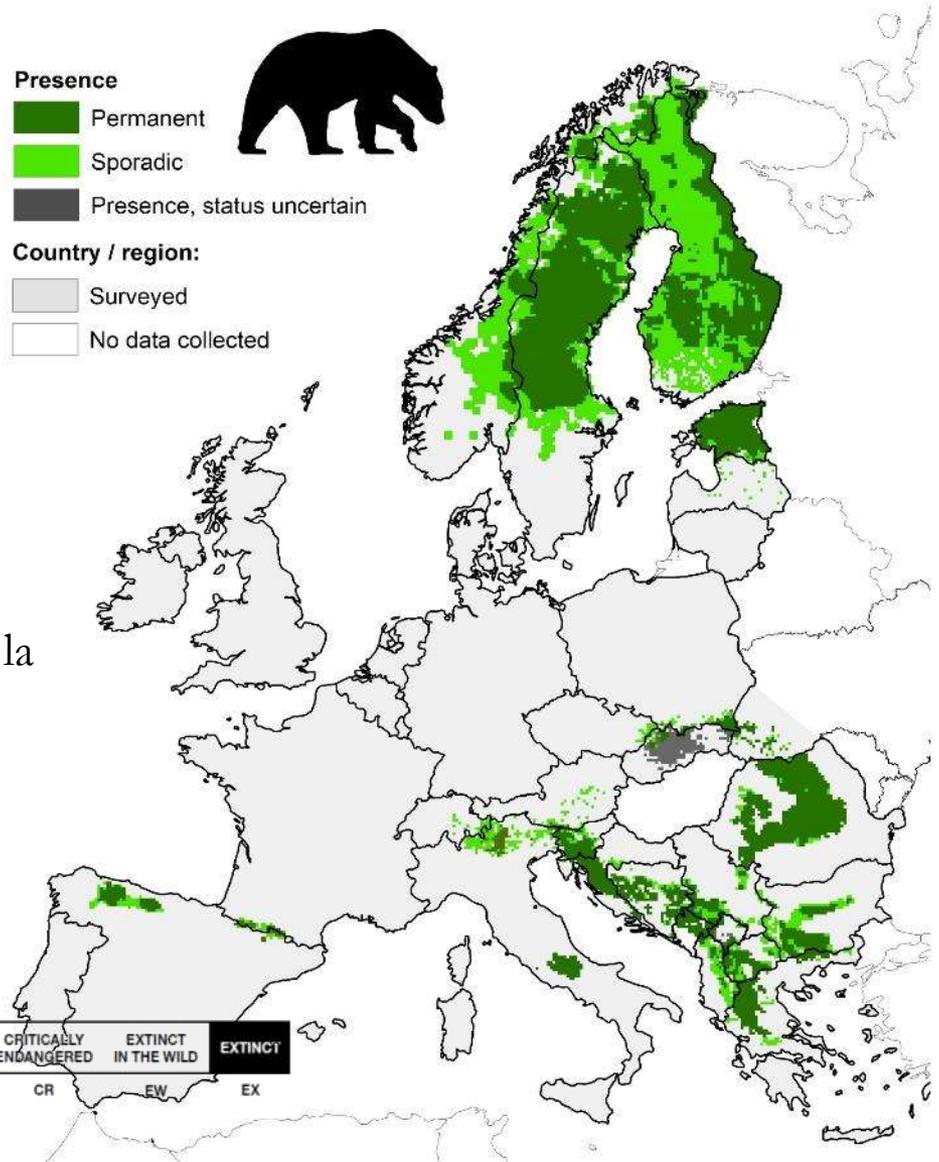
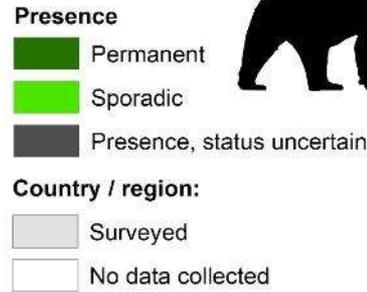
¿Qué está pasando?



Espece prioritaria por la
Directiva Habitats

En peligro por:

- Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)
- Catálogo de Especies Amenazadas en España



¿Qué está pasando?



Los osos pardos acumulan reservas de grasa durante la hiperfagia antes del período de hibernación.

Requieren al menos el 19% de las reservas de grasa corporal para apoyar la reproducción de las osas.



¿Qué está pasando?



OSOS CON FUTURO



El Proyecto LIFE Osos con Futuro “Mejora de recursos tróficos clave y prevención de conflictos invernales para conservar el oso pardo cantábrico en escenarios de cambio climático” – LIFE19 NAT/ES/000913 – se está desarrollando bajo la coordinación de la Fundación Oso Pardo desde octubre de 2020 y hasta marzo de 2025. El proyecto cuenta como beneficiarios asociados con la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y la Fundación Patrimonio Natural, de la Junta de Castilla y León. Las administraciones autonómicas de la Junta de Castilla y León y el Principado de Asturias colaboran en el proyecto, y el Principado de Asturias además contribuye a la cofinanciación. La Fundación Tierra Pura colabora técnicamente y cofinancia el proyecto.



Osos cantábricos y cambio climático

Diferentes modelos climáticos y los datos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático prevén para finales de este siglo una disminución de la precipitación de un 15% y un incremento de la temperatura de hasta 4 °C en la Cordillera Cantábrica. Así mismo, los escenarios de cambio climático regionalizados para España para la alta montaña prevén que hacia 2040 las temperaturas máximas invernales subirán unos 2 °C y su aumento será particularmente importante en noviembre y marzo lo que, con toda probabilidad, contribuirá a reducir la innivación, aún más de lo que ya se viene detectando en los observatorios meteorológicos.

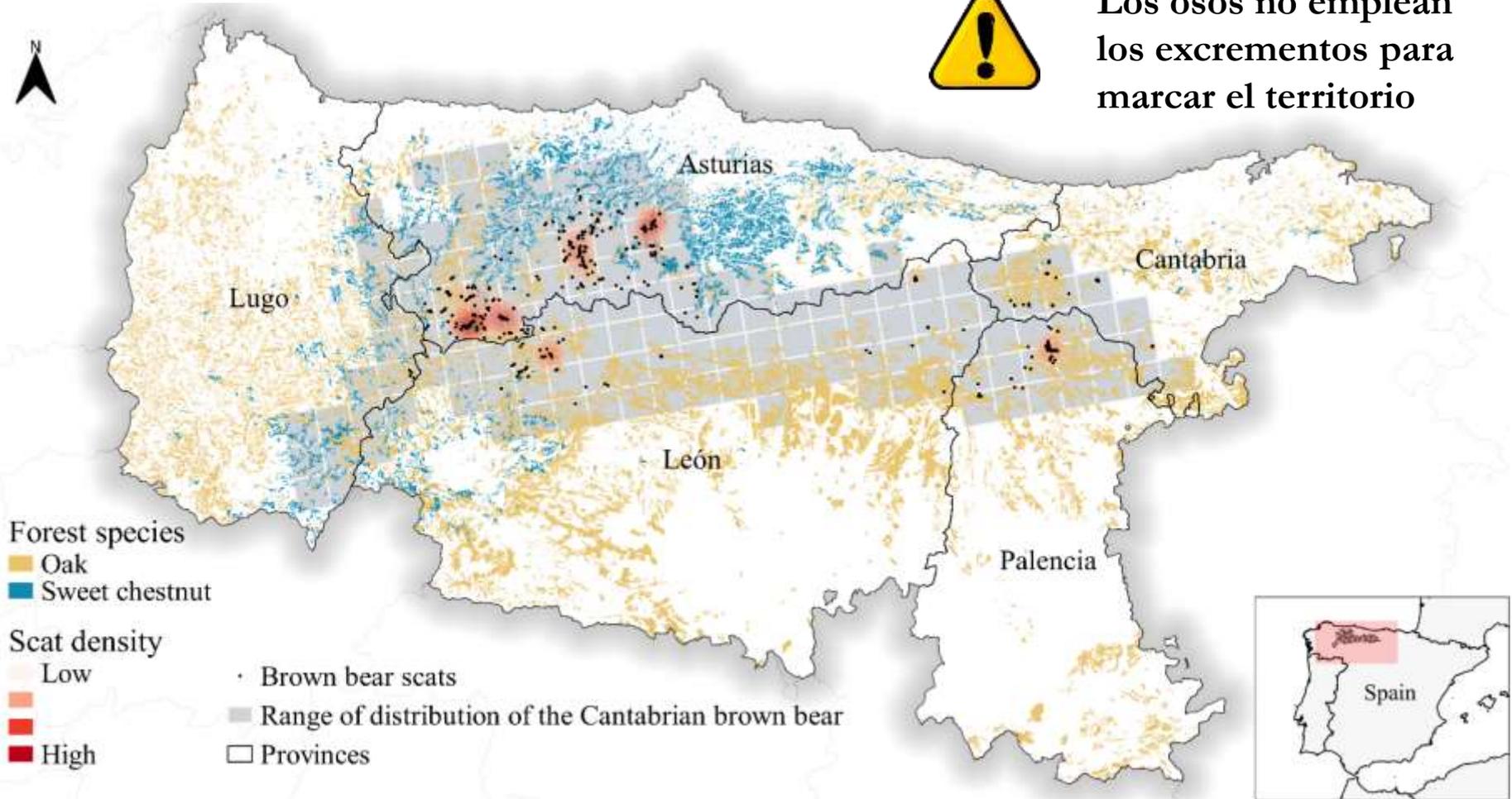
+ El cambio climático afecta al oso pardo en su ecología y fisiología, especialmente en lo relacionado con la hibernación

+ Disponibilidad de alimento y la producción de fruto de especies arbóreas y arbustivas

¿Qué está pasando?



Los osos no emplean los excrementos para marcar el territorio



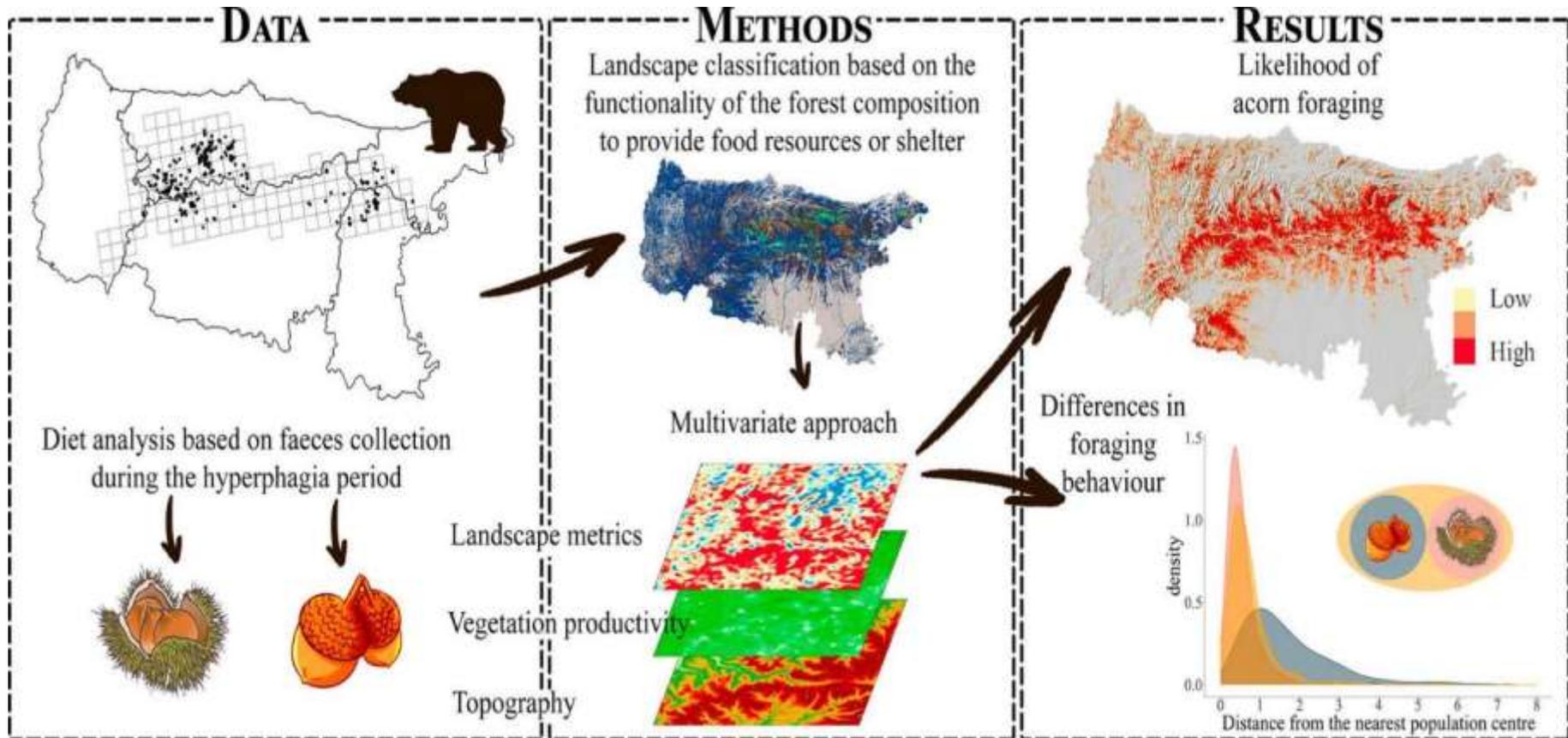
¿Qué está pasando?



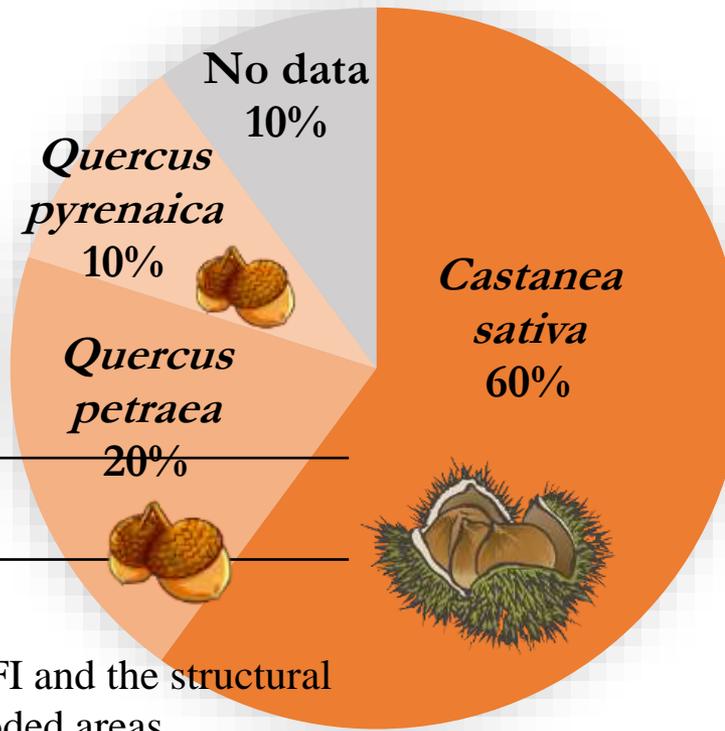
Nuestro objetivo:

- (i) Analizar la distribución espacial de los excrementos de oso pardo durante la hiperfagia para comprender los patrones de alimentación en relación con las características de los parches productores de fruto seco.
- (ii) Evaluar y modelizar cómo la productividad de la vegetación, la topografía y el paisaje están relacionados con el consumo de frutos secos (bellotas y castañas) por parte del oso pardo durante la temporada de hiperfagia.

¿Cómo se hizo?



¿Cómo se hizo?



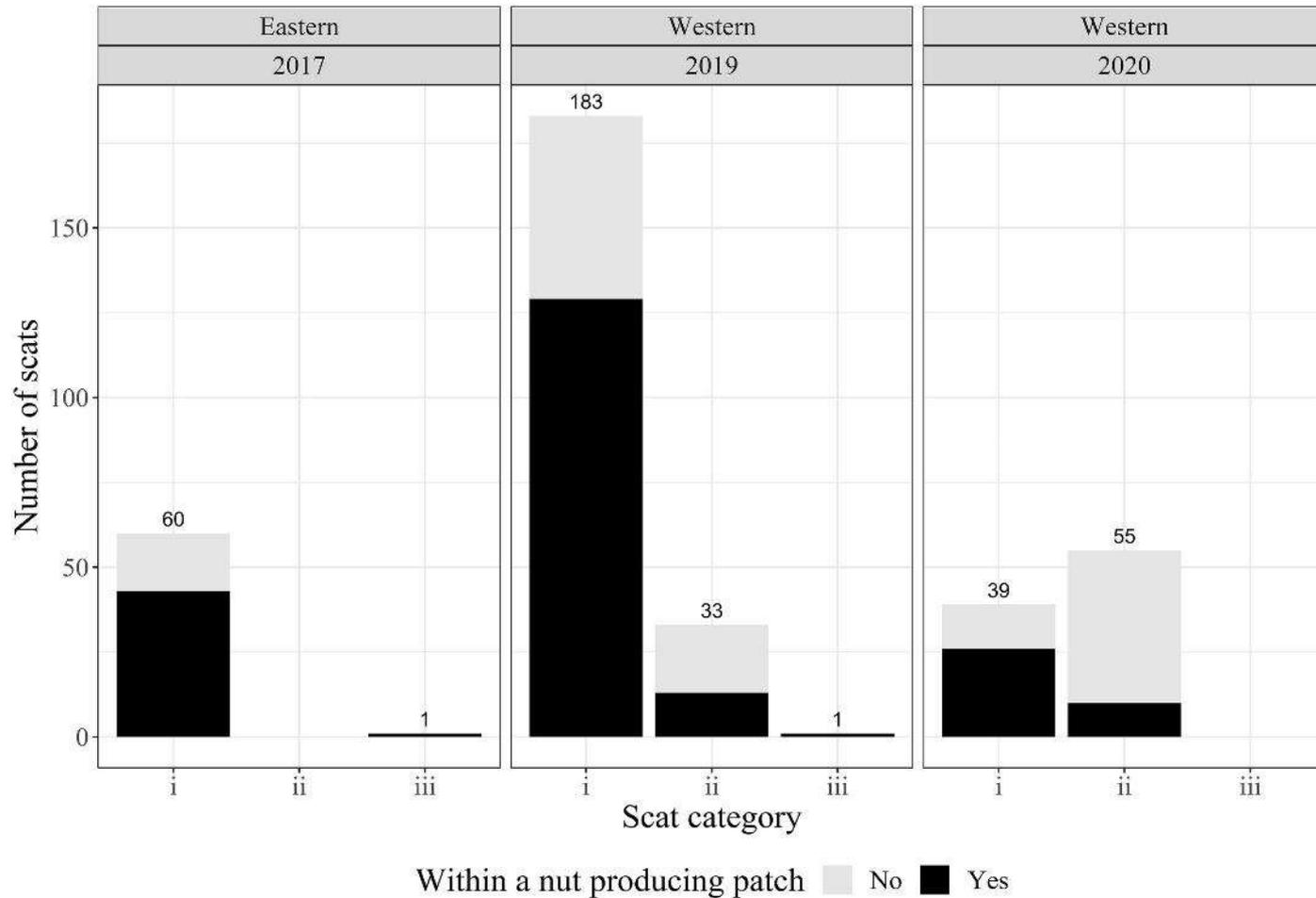
Class	Landscape code	Description	
Wetland	1		
Grassland	2		
Water	3	Land use established by the TNFI and the structural forest type in non-wooded areas	
Artificial areas	4		
Cropland	5		
Fresh fruit	6		% of area with capacity to produce fresh fruit \geq 50 %
Nuts	7		% of area with capacity to produce nuts \geq 50 %
Mixed fruit-nuts	8	% of area with capacity to produce fresh fruit and nuts $<$ 50 % but together add up more than 50 %	
Shelter	9	Forest areas without capacity to produce fruit production	

Resultados

Localización de los excrementos

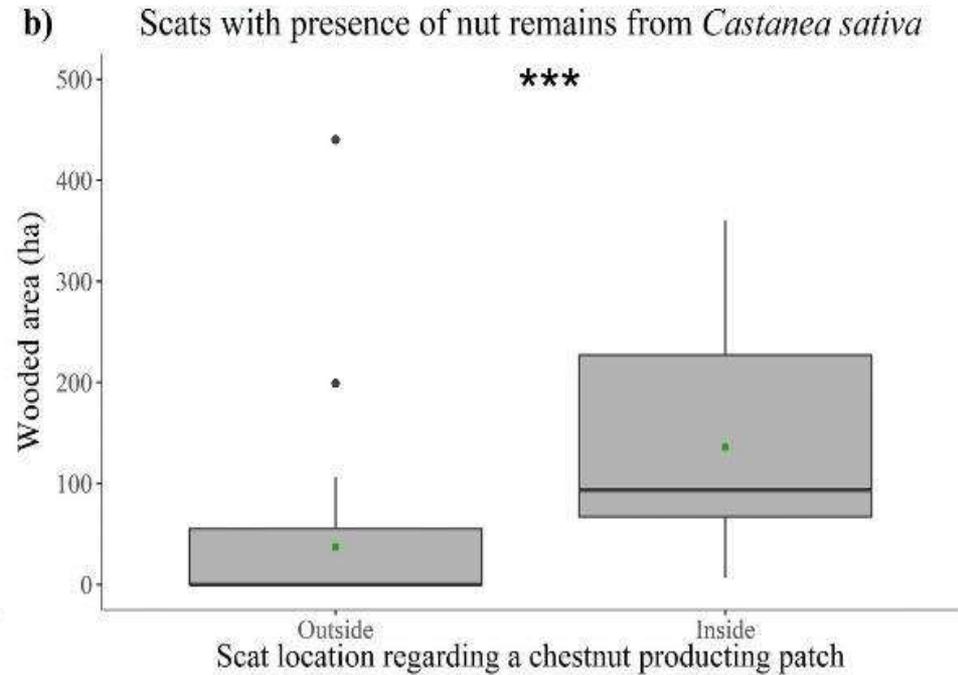
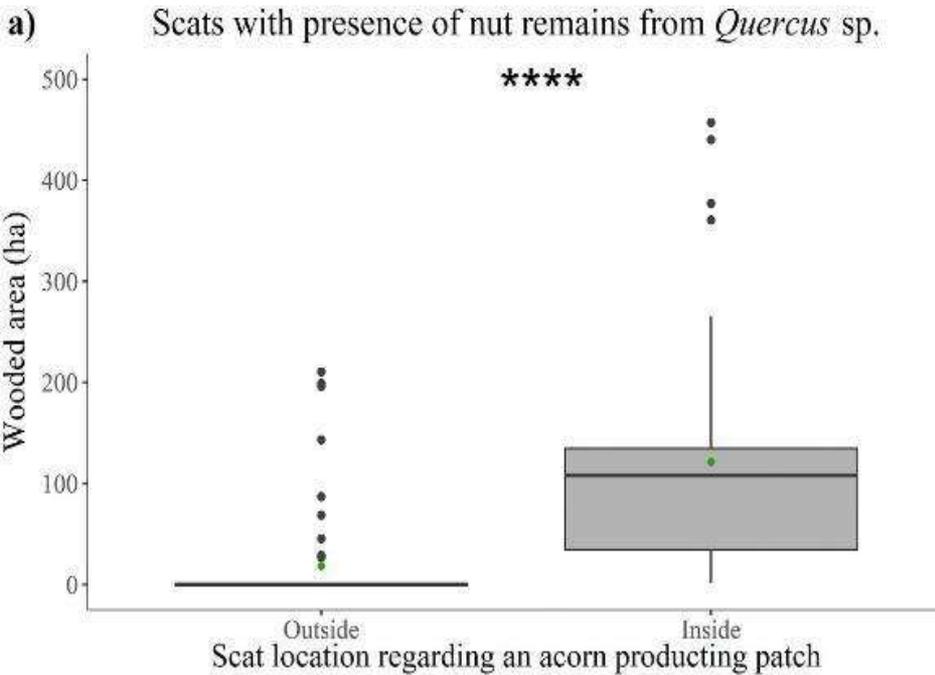
Excrementos:

- i) Restos de bellota (*Quercus* sp.)
- ii) Restos de castaña (*C. sativa*)
- iii) Restos de bellota y castaña
- iv) Otros restos



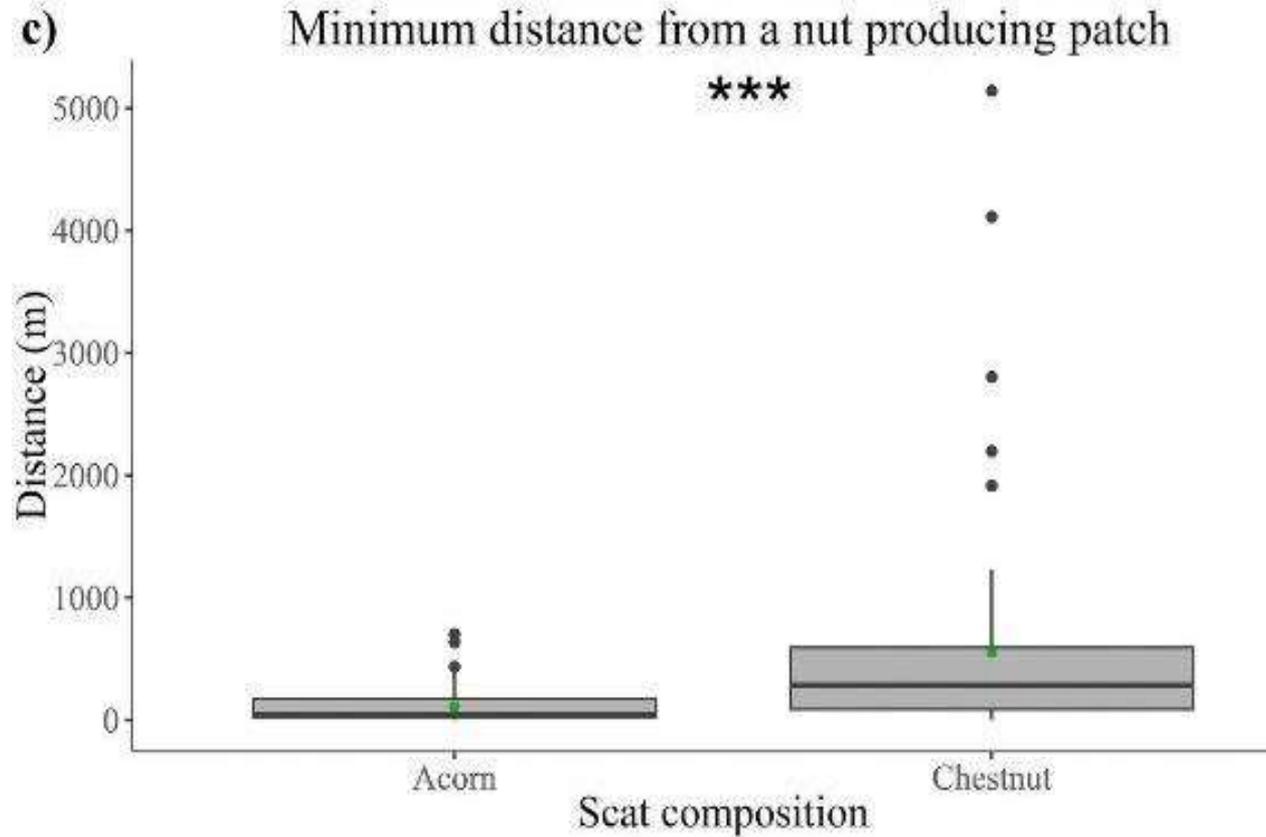
Resultados

Localización de los excrementos



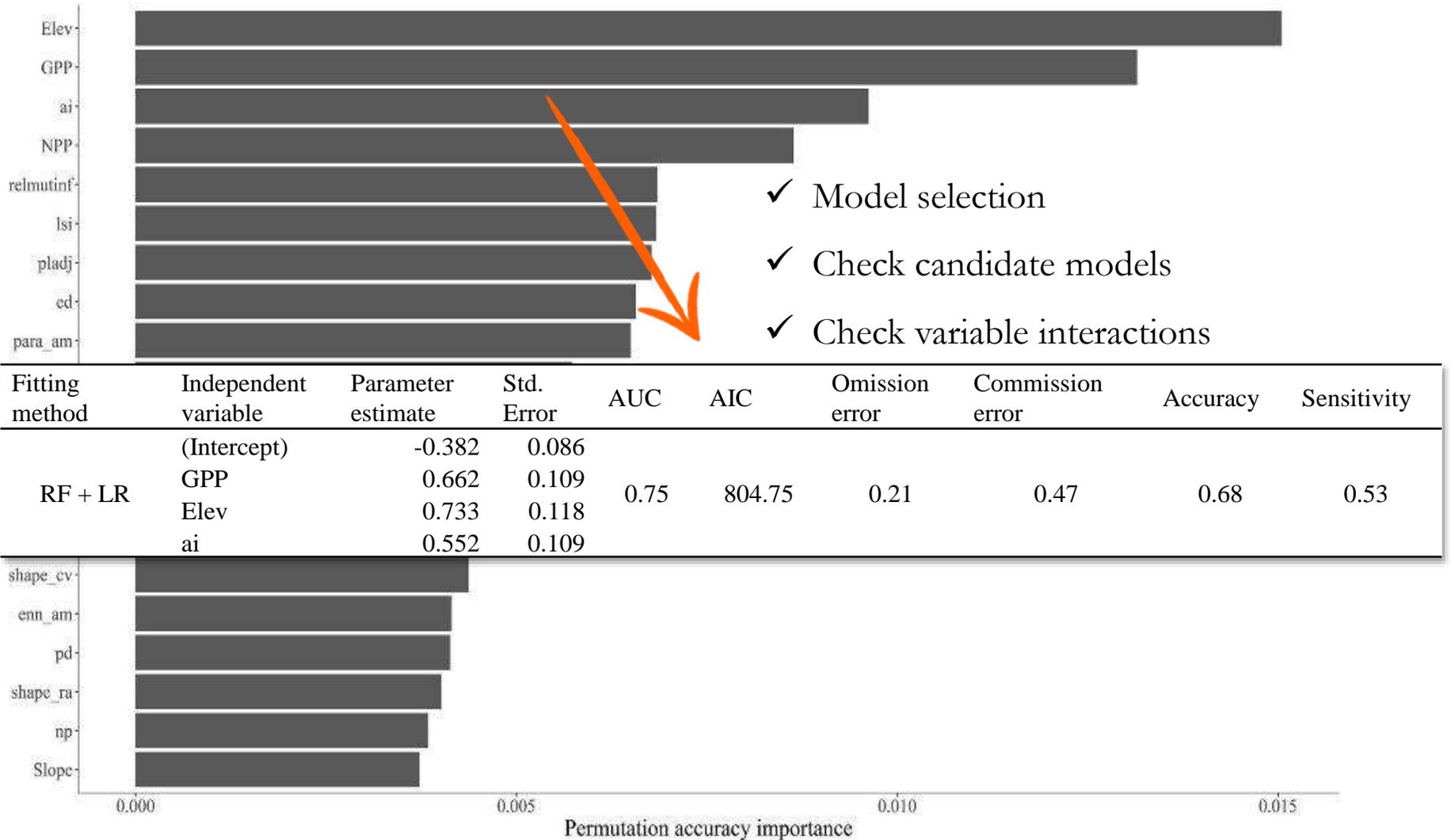
Resultados

Localización de los excrementos



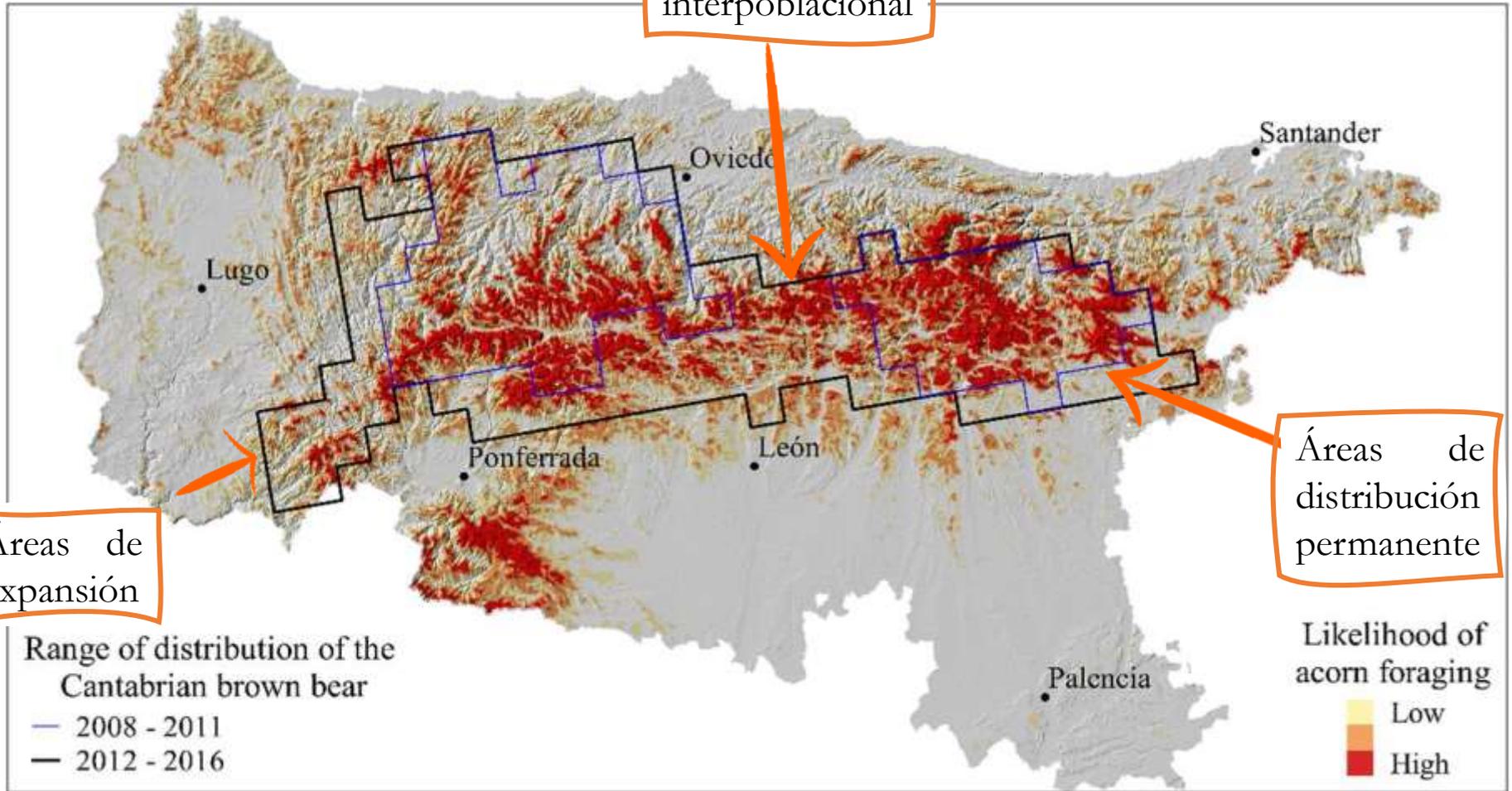
Resultados

Modelización: Bellota



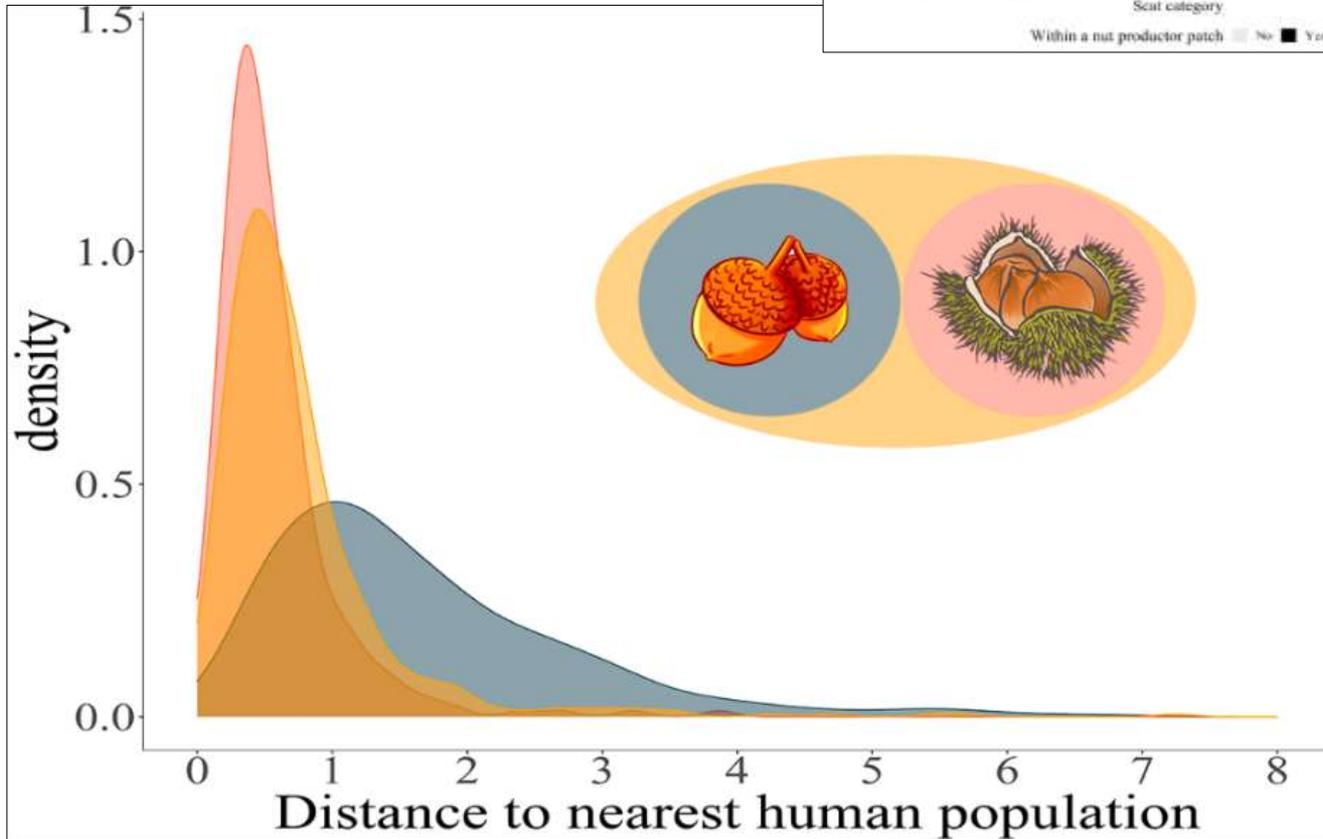
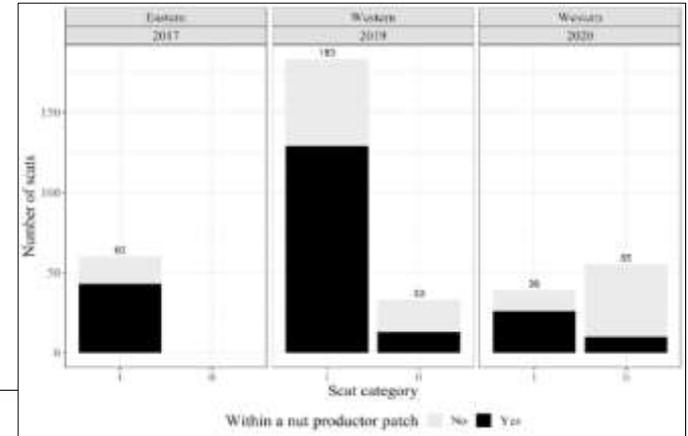
Resultados

Modelización: Bellota

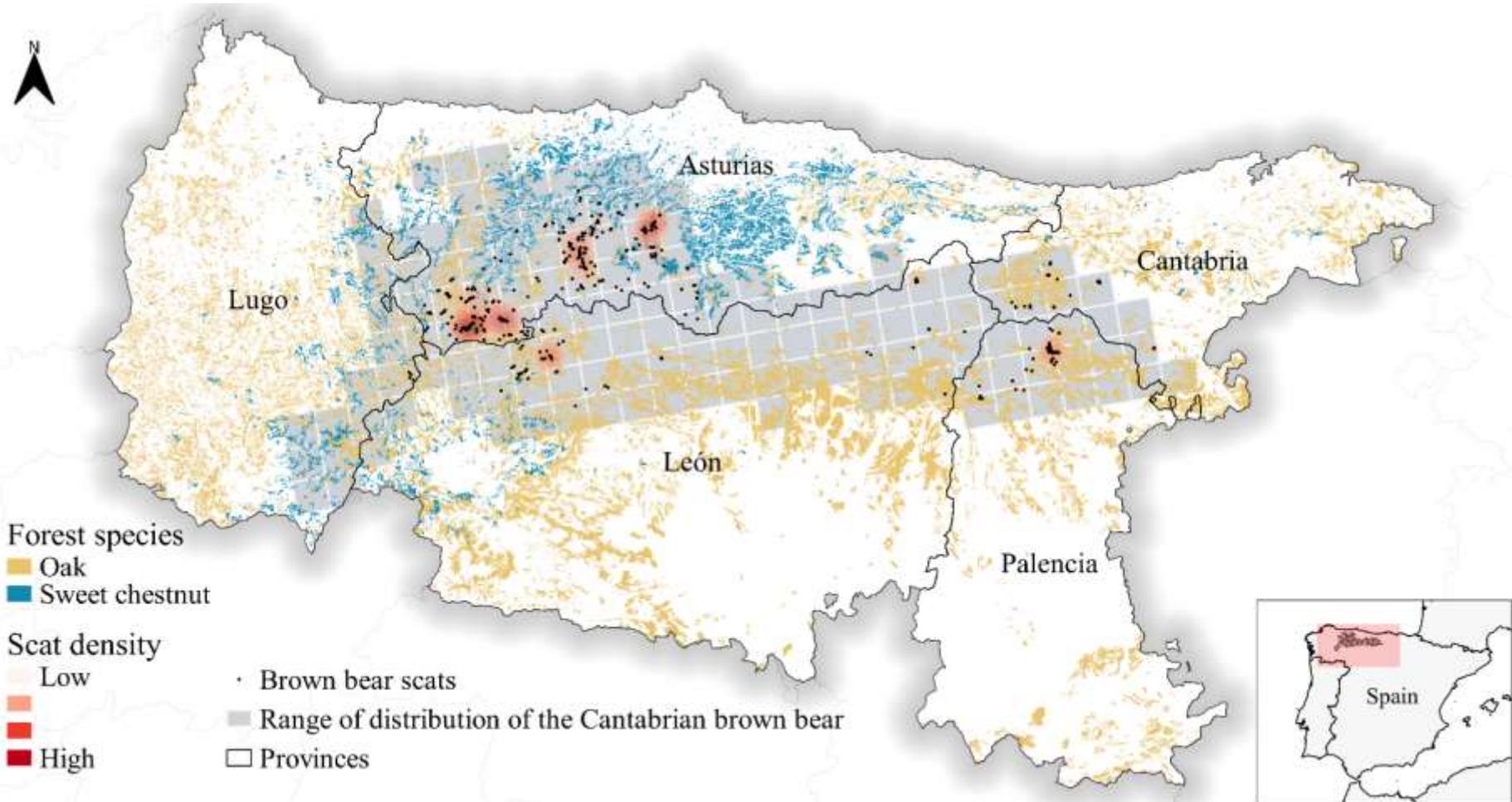


Resultados

Modelización: Castaña



Resultados



Conclusiones

Indicadores de producción primaria, patrones de alimentación de frutos secos y distribución espacial relacionada con el consumo de estos durante la temporada de hiperfagia por el oso pardo cantábrico.

- Los indicadores primarios de producción son buenos indicadores para comprender los patrones de alimentación de frutos secos y la distribución espacial del oso pardo cantábrico durante la temporada de hiperfagia, aunque deben combinarse con otras variables ambientales.
- Los osos prefieren alimentarse de bellotas, específicamente en rodales mixtos de bosques caducifolios relativamente grandes, altamente agregados, con un alto grado de diversidad en el patrón del paisaje, caracterizados por la presencia de rodales adyacentes de diversas clases de cobertura, que proporcionarán áreas de refugio donde los osos pueden pasar desapercibidos.

Conclusiones

Indicadores de producción primaria, patrones de alimentación de frutos secos y distribución espacial relacionada con el consumo de estos durante la temporada de hiperfagia por el oso pardo cantábrico.

- La castaña posiblemente adquiera mayor importancia en la dieta del oso durante la hiperfagia en los próximos años, compensando la producción variable de otros frutos secos. Después de consumir las castañas, los osos tienden a desplazarse hacia rodales o áreas de refugio más tranquilas, mientras que después de consumir las bellotas, la existencia de grandes rodales adyacentes y complejos, muy agregados, actúan como refugios donde los osos pasan desapercibidos.
- Los modelos de predicción destacaron áreas de gran importancia (p. ej., celdas de distribución permanente) o de reciente expansión (p. ej., el corredor interpoblacional o el suroeste de la subpoblación occidental) para el oso pardo cantábrico.



**Producción primaria y
cambio climático: una
historia de resiliencia,
estrategias adaptativas
e interacciones con el
ecosistema**



José Carlos Pérez Girón
jcperezgiron@gmail.com

Ponferrada, 09/11/2022