R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

27 de Febrero de 2023

El grupo operativo Interfaz ha recibido para su proyecto de innovación una subvención de 516.241,82€, importe cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y al 20% por fondos de la Administración General del Estado (AGE), tal como se establece en el Real Decreto 169/2018, de 23 de marzo.

El organismo encargado del contenido es el GO INTERFAZ. La Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) es la autoridad de gestión encargada de la aplicación de la ayuda del FEADER y nacional correspondiente.

Comisión Europea: Área de Agricultura y Desarrollo Rural"

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Modelizar a gran escala la aptitud ecológica de las diferentes zonas de estudio para la implantación de siete taxones arbóreos compatibles con un aprovechamiento agroforestal (*Pinus pinea, Castanea sativa, Juglans regia, Prunus avium, Quercus suber y Sorbus domestica)* de interés desde una perspectiva tanto económica como ecológica.

Imagen cortesía de Sorbus Bosques Multifuncionales

go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

ZONAS DE ESTUDIO

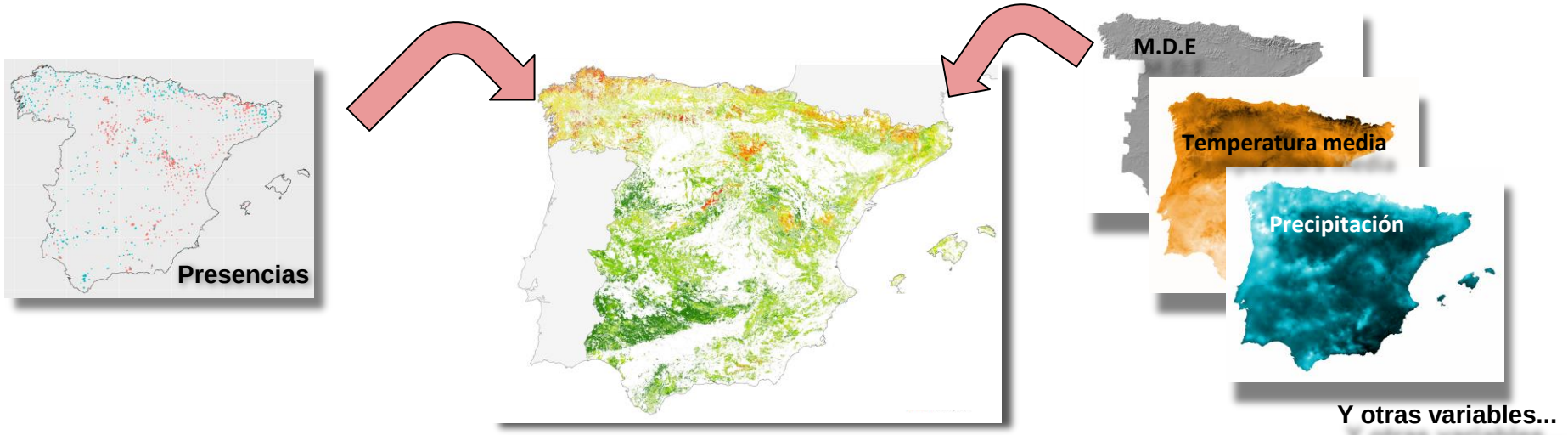
El área objeto de análisis está constituida por las siguientes provincias implicadas en el proyecto: A Coruña, Ourense, León y Girona

Figura 1. Provincias implicadas en el proyecto (gris) y límites de las regiones biogeoclimáticas (azul, rojo y verde)

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

MODELOS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES (SDM)



Mapa de “probabilidad” de presencia

go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

PREDICCIÓN CONJUNTA

Review TRENDS in Ecology and Evolution Vol.22 No.1

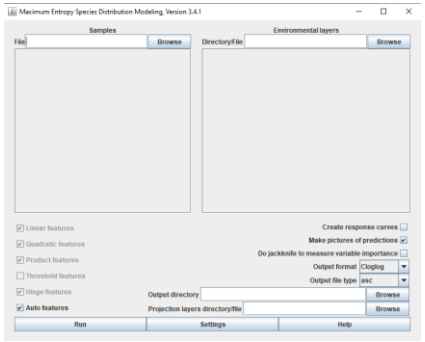
Full text provided by www.sciencedirect.com ScienceDirect

Ensemble forecasting of species distributions

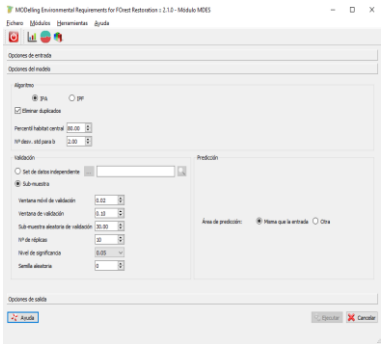
Miguel B. Araújo[1] and Mark New[2]

[1] Department of Biodiversity and Evolutionary Biology, National Museum of Natural Sciences, CSIC, C/Gutiérrez Abascal, 2, 28006, Madrid, Spain
[2] Climate Research Laboratory, Oxford University Centre for the Environment, South Parks Road, Oxford, UK, OX1 3QY

MAXENT



MODERFOREST



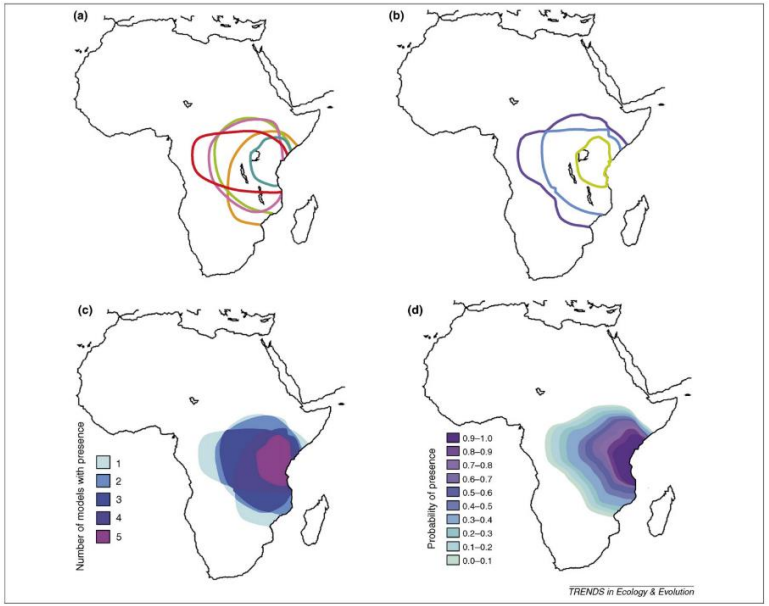


Figure 1. Examples of alternative approaches to analysing ensemble forecasts using artificial data projected onto the map of Africa: **(a)** Individual results from five hypothetical bioclimatic models (shown by coloured lines) predicting the area occupied by a key species under a climate change scenario (no combination of the ensemble forecast is performed); **(b)** a bounding box showing the area where at least one (purple) or all models (green) predict species presence in the future, and a consensus forecast (blue) showing the area where at least half the models (the median) forecast species presence; **(c)** a frequency histogram, showing the number of models (1–5) forecasting the presence of the species at any point; and **(d)** a probability density function showing the likelihood of species presence estimated from a large ensemble.

go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

DATOS DE PARTIDA

1. **Datos de presencia de las especies de interés:** se han empleado las bases de datos del 3er Inventario Forestal Nacional (IFN3) incluyendo aquellas parcelas con al menos un 90% de pies/ha de la especie objetivo

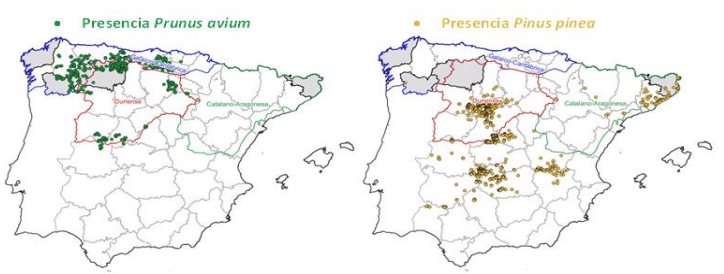


Tabla 1. Especies, acrónimos y número de observaciones empleadas en el análisis.

Especie	Acrónimo	Nº observaciones totales
Castanea sativa	CST	508
Juglans regia	JRG	177
Prunus avium	PAV	462
Pinus pinea	PPN	922
Quercus suber	QSB	244
Sorbus domestica	SDO	175

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

DATOS DE PARTIDA

1. Datos de la presencia de las especies de interés

- Clasificación Biogeoclimática de España peninsular y balear (Elena Rosello, 1997)
- Datos de presencias dentro de las regiones biogeoclimáticas Galaico-Cantábrica, Duriense y Catalano-Aragonesa.

Tabla 2. Número de parcelas empleadas para el análisis comprendidas dentro de las regiones biogeoclimáticas para cada uno de los taxones objeto de estudio

Especie	Acrónimo	Número de observaciones
Castanea sativa	CST	466
Juglans regia	JRG	168
Prunus avium	PAV	453
Pinus pinea	PPN	531
Quercus suber	QSB	65
Sorbus domestica	SDO	175

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

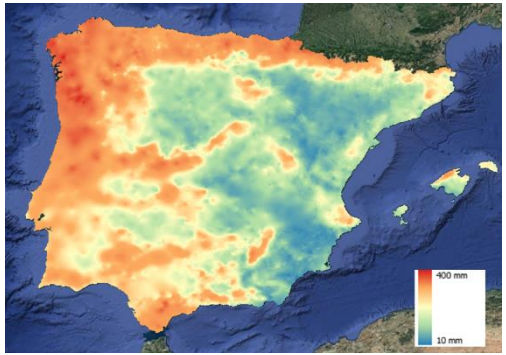
DATOS DE PARTIDA

2. Datos de variables climáticas:

2.1 Datos climáticos actuales AEMET: Información en formato ráster de 1km de resolución contenida en el Atlas Climático Ibérico (AEMET 2011) con datos climáticos comprendidos entre los años 1971 y 2000.

Tabla 3. Variables climáticas escenario actual del Atlas Climático Ibérico (Aemet 2011).

Variable Climática	Periodo	Resolución	SRC
Temperatura mínima (ºC)	1971-2000	1km	EPSG:25830
Temperatura máxima (ºC)	1971-2000	1km	EPSG:25830
Temperatura media (ºC)	1971-2000	1km	EPSG:25830
Precipitación (mm)	1971-2000	1km	EPSG:25830



Ráster precipitación total (mm) mes de Enero (AEMET escenario actual)

go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

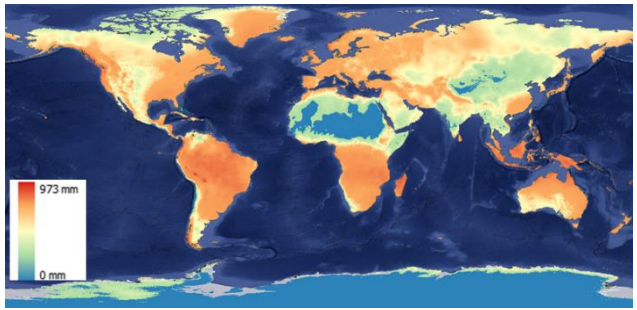
2. Datos de variables climáticas:

2.2 Datos climáticos WorldClim:

- Escenario Actual: Datos climáticos comprendidos entre los años 1970 y 2000 según los modelos de WorldClim

Tabla 4. Variables climáticas escenario actual WorldClim (2020)

Variable Climática	Periodo	Resolución	SRC
Temperatura mínima (ºC)	1970-2000	30 seg (≈1km)	WGS84
Temperatura máxima (ºC)	1970-2000	30 seg (≈1km)	WGS84
Temperatura media (ºC)	1970-2000	30 seg (≈1km)	WGS84
Precipitación (mm)	1970-2000	30 seg (≈1km)	WGS84



Ráster precipitación total (mm) mes de enero (WorldClim escenario actual)

go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

2. Datos climáticos WorldClim:

- **Escenario Futuro:** Datos climáticos obtenidos a partir de modelos climáticos globales y supuestos socioeconómicos para el periodo comprendido entre los años 2041 y 2060

Tabla 5. Variables climáticas escenario futuro WorldClim

Variable Climática	Periodo	Resolución	SRC
Temperatura mínima (ºC)	2041-2060	30 seg (≈1km)	WGS84
Temperatura máxima (ºC)	2041-2060	30 seg (≈1km)	WGS84
Precipitación (mm)	2041-2060	30 seg (≈1km)	WGS84

Los modelos climáticos globales "Global climate models" (GCMs) y los supuestos socioeconómicos (SSPs) empleados asumen un aumento global medio de las temperaturas de 2ºC para final de siglo.

Tabla 6. Modelos climáticos globales (GCMs) y supuestos socioeconómicos (SSPs) empleados en el escenario futuro

Fuente de datos	Periodo	GCMS	SSPs
WorldClim	2041-2060	EC-Earth3	SSP245

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

2. Datos climáticos WorldClim:

Variables climáticas empleadas:

- Géneros *Pinus, Castanea y Quercus: Gandullo et al. 2004; Gandullo y Sánchez Palomares 1994; Sánchez Palomares et al. 2007)*
- *Géneros Prunus, Juglans y Sorbus: Manual de selvicultura para plantaciones de especies productoras de madera de calidad (Montero et al. 2003)*

Tabla 7. Descripción de las diferentes variables empleadas

Variable	Definición
PP	Precipitación de primavera (mm)
PV	Precipitación de verano (mm)
PT	Precipitación total (mm)
TNF	Temperatura media de las mínimas del mes más frío (ºC)
TXC	Temperatura media de las máximas del mes más cálido (ºC)
DSQ	Duración del periodo seco (meses)
IH	Índice hídrico anual (adimensional)
ISQ	Intensidad de la sequía º/1

Tabla 8. Variables climáticas empleadas para cada uno de los taxones objeto de estudio

Taxón	Variables climáticas
Castanea sativa	IH, PP, PV, TNF, TXC
Juglans regia	PT, PP, PV, TNF, TXC, IH, ISQ
Pinus pinea	TM, PT, IH, DSQ
Prunus avium	PT, PP, PV, TNF, TXC, IH, ISQ
Quercus suber	TM, PT, IH, DSQ
Sorbus domestica	PT, PP, PV, TNF, TXC, IH, ISQ

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

<u>Fase 1: Preparación de los datos</u>

Calcular Temperatura media para el escenario futuro de WorldClim:

A partir de los rasters de las variables TMAX y TMIN de cada uno de los meses del año disponibles para el escenario futuro de WorldClim, se ha calculado la variable temperatura media empleando para ello la siguiente fórmula.

$$Tmean_{futuro}WorldClim = \frac{Tmax_{Futuro}WorldClim + Tmin_{Futuro}WorldClim}{2}$$

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

<u>Fase 1: Preparación de los datos</u>

Calcular factores para la simulación de escenarios futuros a partir de los datos de AEMET

A partir de variables climáticas de WorldClim para los dos escenarios, se ha procedido a calcular los incrementos de cada una de las variables que se han aplicado para simular el escenario futuro del modelo AEMET correspondiente al periodo comprendido entre 2041 y 2060.

- ***Incremento de la Temperatura mínima en el futuro:***

$$\Delta Temp_min = Tmin_{Futuro}WorldClim - Tmin_{Actual}WorldClim$$

- ***Incremento de la Temperatura máxima en el futuro:***

$$\Delta Temp_\max = Tmax_{Futuro}WorldClim - Tmax_{Actual}WorldClim$$

- ***Incremento de la Temperatura media en el futuro:***

$$\Delta Temp_mean = Tmean_{Futuro}WorldClim - Tmean_{Actual}WorldClim$$

- ***Incremento de la Precipitación en el futuro:***

$$\Delta Precipitación = \frac{Precipitación_{Futuro}WorldClim}{Precipitación_{Acutal}WorldClim}$$

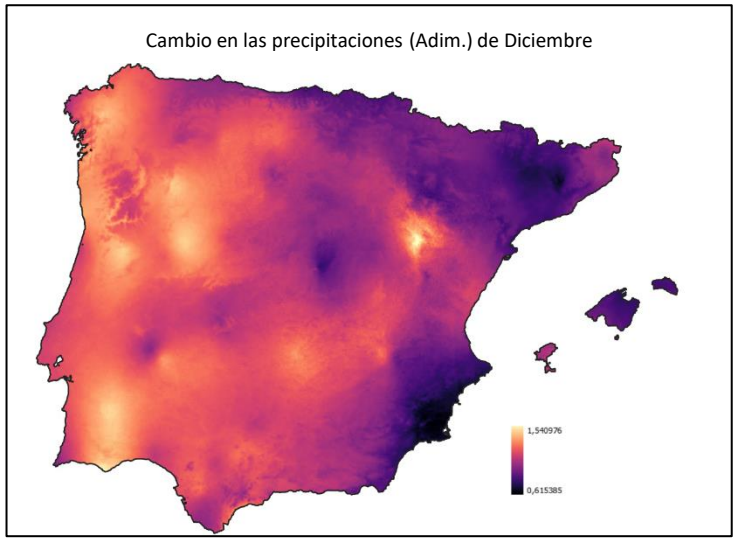
go interfaz

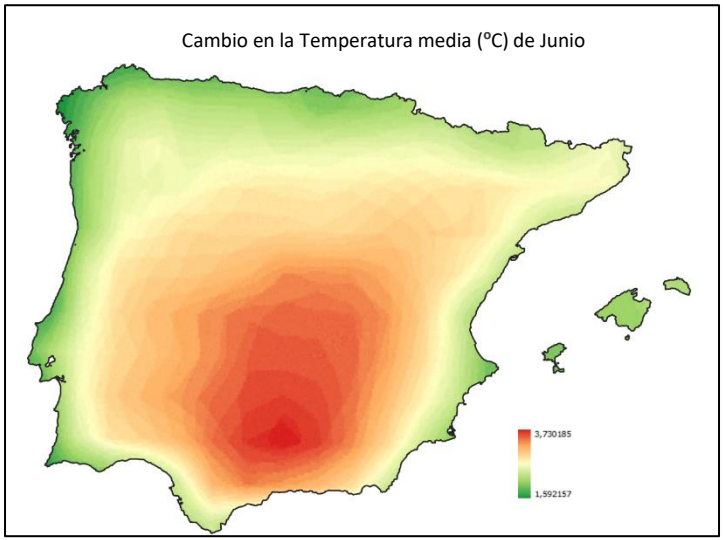
R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

Fase 1: Preparación de los datos

Calcular factores para la simulación de escenarios futuros a partir de los datos de AEMET





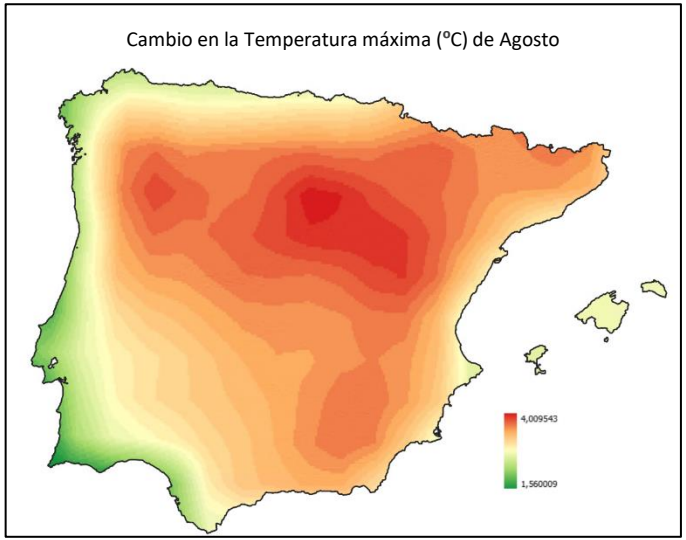
go interfaz

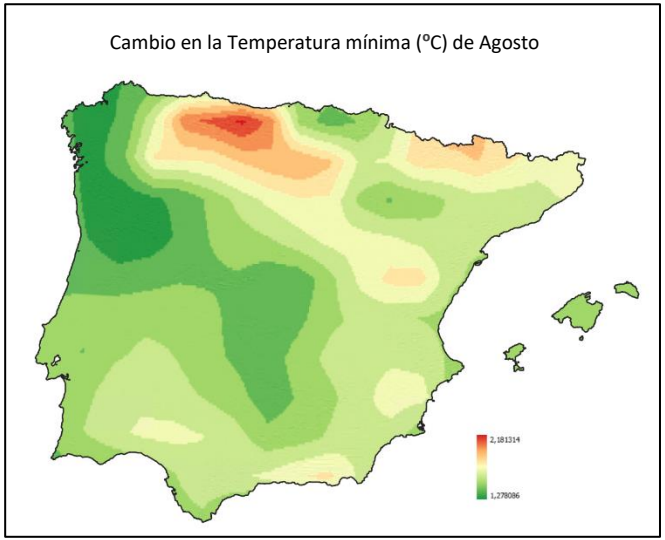
R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

Fase 1: Preparación de los datos

Calcular factores para la simulación de escenarios futuros a partir de los datos de AEMET





go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

<u>Fase 1: Preparación de los datos</u>

Simular escenario futuro para las variables climáticas de AEMET (2041-2060)

A partir de los incrementos de las diferentes variables climáticas para cada uno de los meses se ha realizado la simulación de un escenario climático futuro tomando como datos de partida las variables climáticas del escenario actual de AEMET

- ***Temperatura media de las mínimas futuras AEMET:***

$$Temp_min_{futura_}Aemet = Tmin_{actual}Aemet + \Delta Tmin$$

- ***Temperatura media de las máximas futuras AEMET:***

$$Temp_max_{futura}Aemet = Tmax_{actual}Aemet + \Delta Tmax$$

- ***Temperatura media futura AEMET:***

$$Temp_mean_{futura}Aemet = Tmean_{actual}Aemet + \Delta Tmean$$

- ***Precipitación futura AEMET:***

$$Precipitación_{futura}Aemet = Precipitación_{actual}Aemet * \Delta Precipitación$$

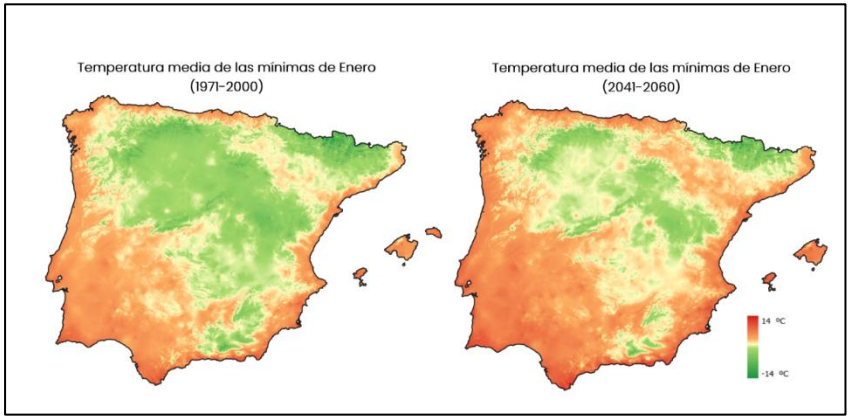
go interfaz

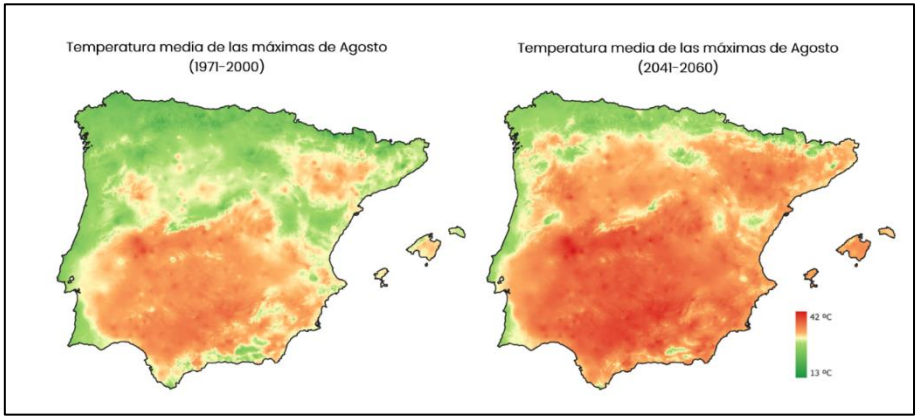
R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

<u>Fase 1: Preparación de los datos</u>

Simular escenario futuro para las variables climáticas de AEMET (2041-2060)





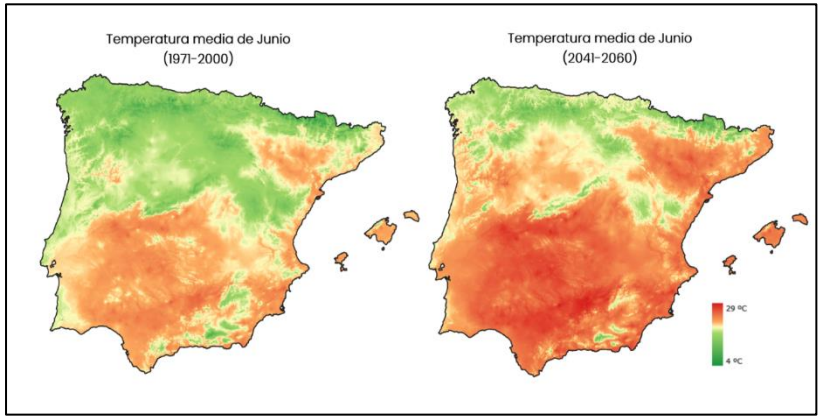
go interfaz

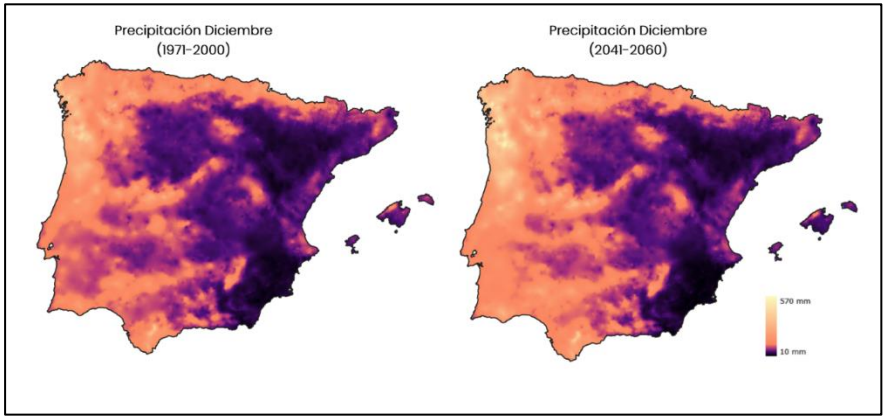
R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

<u>Fase 1: Preparación de los datos</u>

Simular escenario futuro para las variables climáticas de AEMET (2041-2060)





go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

Fase 2: Modelización de la adecuación climática

El proceso de modelización seguido ha sido el conocido como "predicción conjunta" (esemble forecasting) (Araújo y New 2007) que consiste en generar modelos de aptitud basados en distintos algoritmos de cálculo.

- **Maxent:** *Basado en métodos de maximización de la entropía (Phillips et al. 2006).*
- **API:** *Basado en técnicas de similitud ecológica mediante distancias de Mahalanobis (Alonso Ponce et al. 2010)*

El primer algoritmo se ha ejecutado mediante la aplicación Maxent mientras que para el segundo se ha empleado la aplicación Moderforest. En todos los algoritmos y especies se ha dividido la muestra en submuestras aleatorias de entrenamiento y validación, empleando 10 réplicas para el algoritmo de Maxent y 20 para el caso de Moderforest.

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

Fase 2: Modelización de la adecuación climática

Para la modelización se han empleado los datos de presencia para cada una de las especies objeto de estudio y los parámetros climáticos tanto actuales como futuros que se describen en la Tabla 9.

Tabla 9. Parámetros climáticos para la modelización de las variables y % de Validación

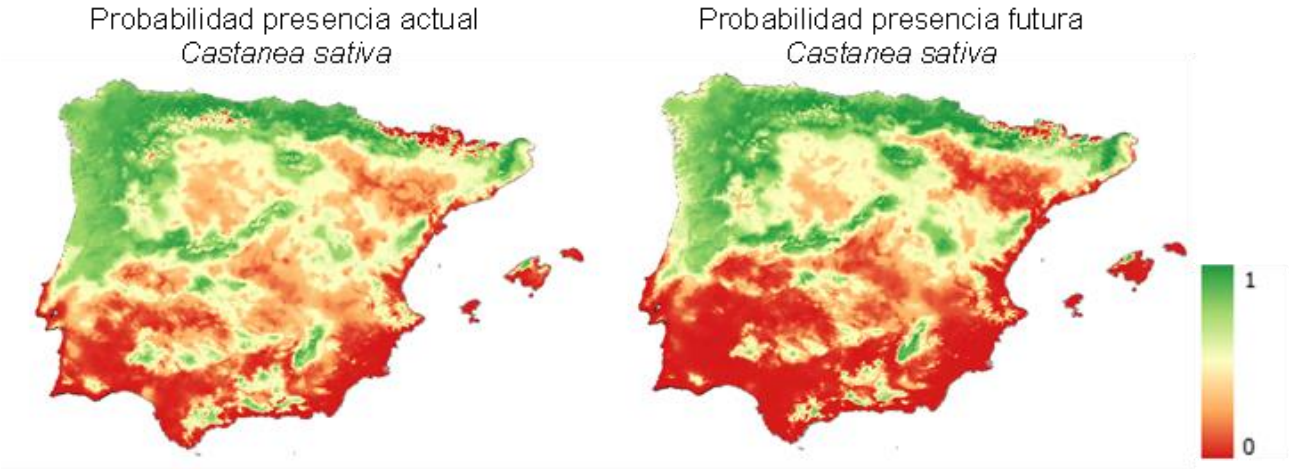
Taxón	Parámetros climáticos	% Validación
Castanea sativa	IH, PP, PV, TNF, TXC	70
Juglans regia	PT, PP, PV, TNF, TXC, IH, ISQ	30
Pinus pinea	TM, PT, IH, DSQ	70
Prunus avium	PT, PP, PV, TNF, TXC, IH, ISQ	70
Quercus suber	TM, PT, IH, DSQ	30
Sorbus domestica	PT, PP, PV, TNF, TXC, IH, ISQ	30

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

Fase 2: Modelización de la adecuación climática

1. Generar **ráster de probabilidad** de presencia actual y futura para cada una de las especies



Resultados de Maxent con los rasters de probabilidad de presencia actual (izq.) y futura (dcha.) de Castanea sativa

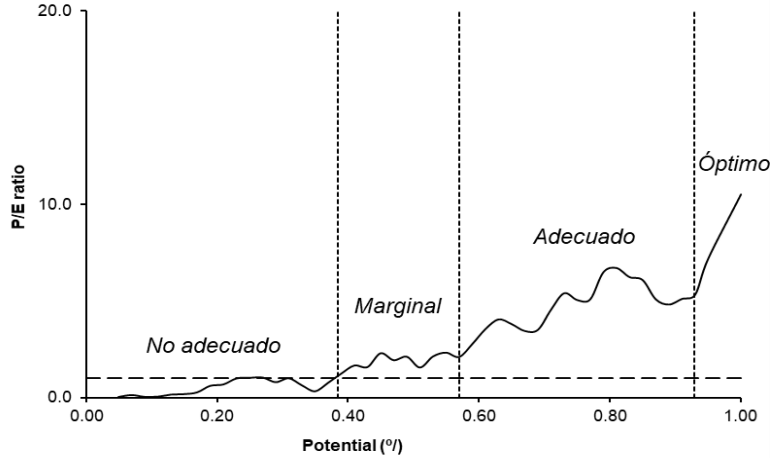
go interfaz

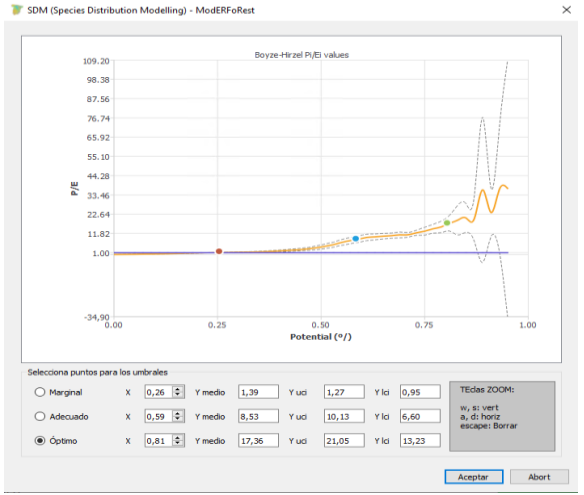
R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

Fase 2: Modelización de la adecuación climática

2. **Validación** de los modelos de adecuación climática y **análisis de los umbrales de corte** para las tres clases de aptitud empleando el procedimiento basado en la curva de Boyce-Hirzel (Hirzel et al. 2006) implementado en Moderforest.

Diagrama Boyce-Hirzel (izquierda Maxent y derecha Moderforest) con los umbrales de corte para los indicadores de aptitud para Castanea sativa





go intertaz

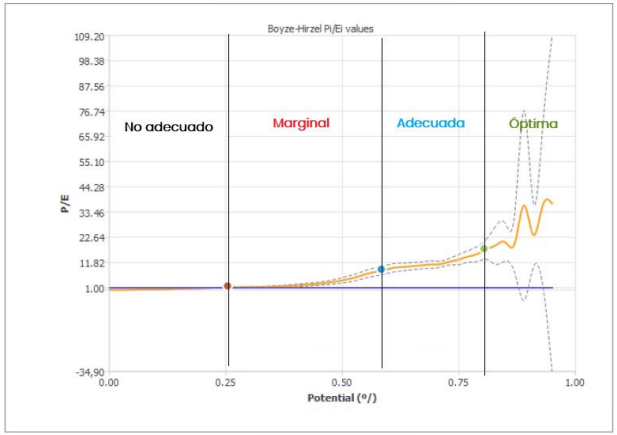
R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

Fase 2: Modelización de la adecuación climática

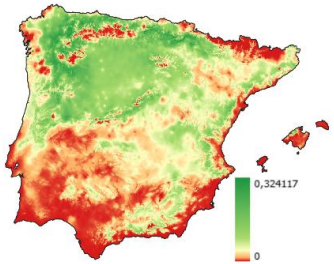
2. Validación de los modelos de adecuación climática y análisis de los umbrales de corte para las tres clases de aptitud empleando el procedimiento basado en la curva de Boyce-Hirzel (Hirzel et al. 2006) implementado en Moderforest.

Diagrama Boyce-Hirzel (Moderforest) con los umbrales de corte para los indicadores de aptitud para Castanea sativa

Gráfico BH *Castanea sativa*



Mapa probabilidad presencia
Castanea sativa



Validación del modelo:

Diagrama Boyce-Hirzel:

Punto marginal (no normalizado):	0.0946505
Punto adecuado (no normalizado):	0.216757
Punto óptimo (no normalizado):	0.298402
Valor normalizado:	0.370293

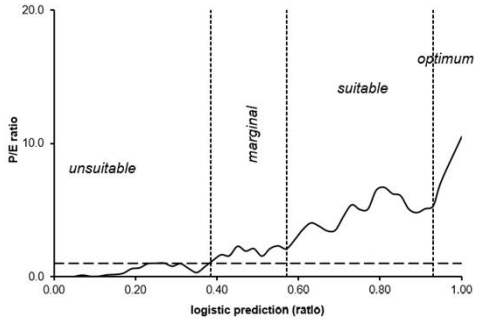
go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

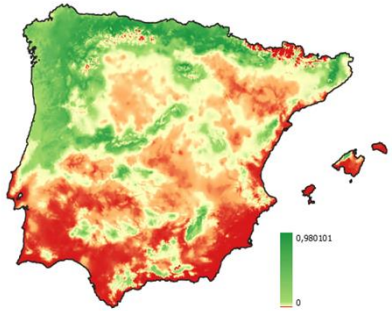
Fase 2: Modelización de la adecuación climática

2. Validación de los modelos de adecuación climática y análisis de los umbrales de corte para las tres clases de aptitud empleando el procedimiento basado en la curva de Boyce-Hirzel (Hirzel et al. 2006) ad hoc en Maxent.

Diagrama Boyce-Hirzel (Maxent) con los umbrales de corte para los indicadores de aptitud para Castanea sativa



Punto marginal	0.39
Punto adecuado	0.57
Punto óptimo	0.93



Mapa probabilidad presencia
Castanea sativa

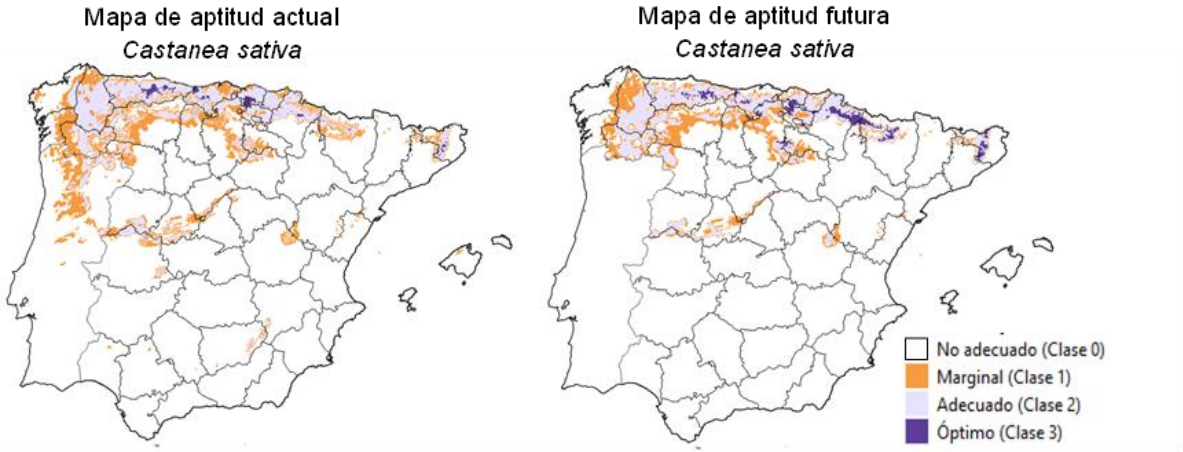
go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

Fase 2: Modelización de la adecuación climática

3. Establecer las clases de aptitud dentro del intervalo par el cuál se ha asumido que la especie esta presente definiendo para cada uno de los algoritmos tres clases (marginal, adecuada y óptima)



Mapas de aptitud actual (izq.) y futura (dcha.) de Maxent para Castanea sativa

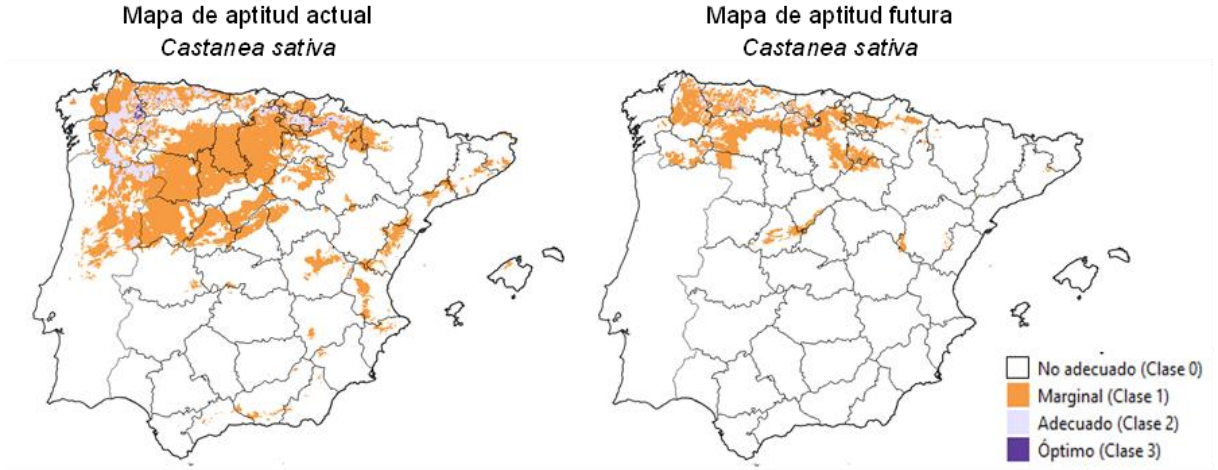
go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

METODOLOGÍA

Fase 2: Modelización de la adecuación climática

3. Establecer las clases de aptitud dentro del intervalo par el cuál se ha asumido que la especie esta presente definiendo para cada uno de los algoritmos tres clases (marginal, adecuada y óptima)



Mapas de aptitud actual (izq.) y futura (dcha.) de Moderforest para Castanea sativa

go interfaz

R2. Determinación de usos a partir de mapas de potencialidad

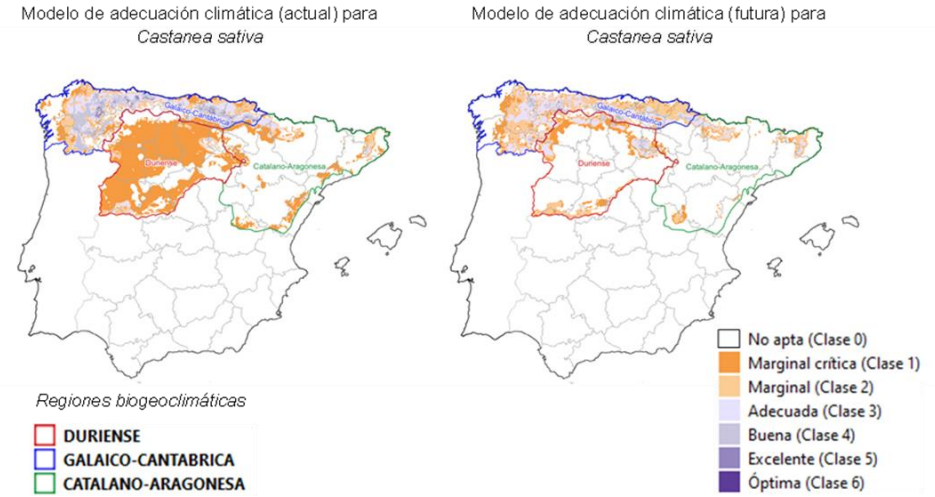
METODOLOGÍA

Fase 2: Modelización de la adecuación climática

4. Combinando los resultados de los dos algoritmos se obtiene un raster de predicción conjunta con valores que pueden variar de 1 a 6 en función de la aptitud de la especie.

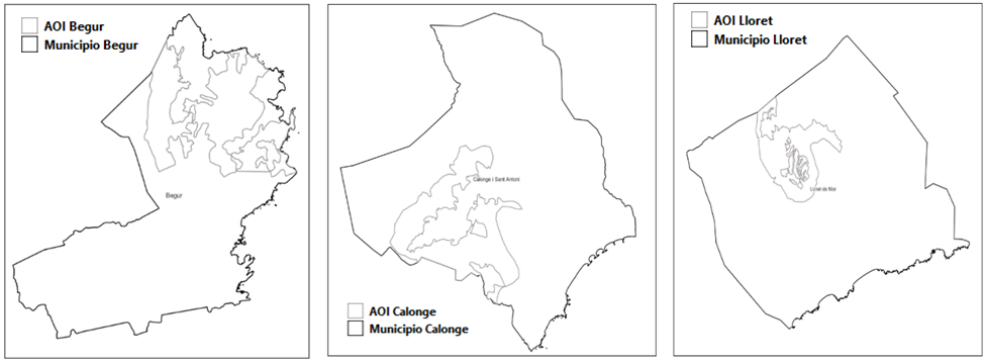
Tabla 10. Clases de aptitud para la presencia de la especie objeto de estudio

Clase de aptitud	Valor
No apto	0
Marginal crítica	1
Marginal	2
Adecuada	3
Buena	4
Excelente	5
Óptima	6



Modelos de adecuación climática actual (izq.) y futura (dcha.) a partir de la predicción conjunta para Castanea sativa

Resultados zonas GO Interfaz Cataluña



Zonas de estudio Begur (izq.), Calonge (centro) y Lloret del Mar (dcha.) en Cataluña

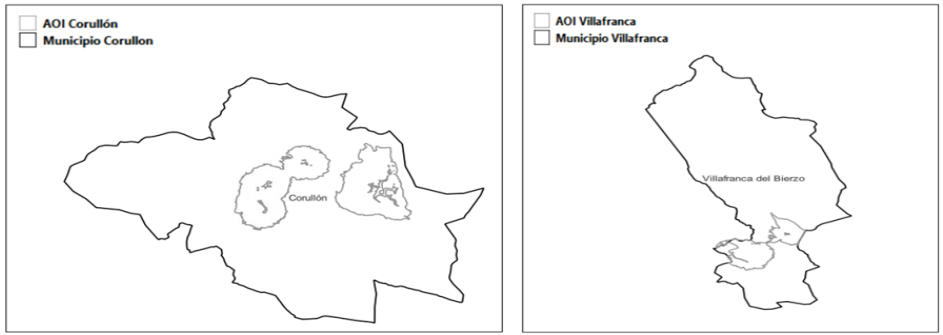
Modelo de adecuación climática actual (izq.) y futura (drcha.) para Prunus avium en Calonge

Tabla 11.Resultados de las estadísticas zonales de los modelos de adecuación climática en Cataluña

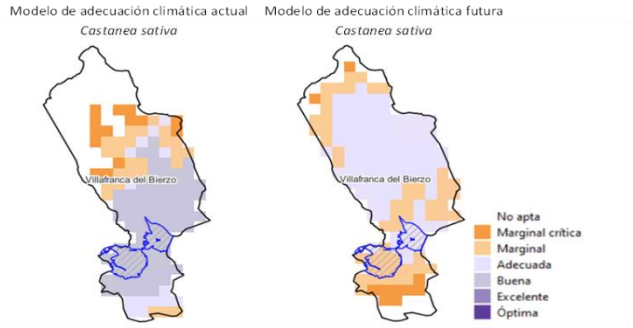
		ACTUAL	FUTURA
Zona de estudio	**Taxón**	**Media**	**Media**
Begur	CST	0	0
	JRG	1	0
	PPN	0	0
	PAV	0	0
	QSB	4.8	0.25
	SDO	0	0
Calonge	CST	0.4	0
	JRG	1.2	0
	PPN	0	0
	PAV	0.8	0
	QSB	4	1.6
	SDO	0	0
Lloret del Mar	CST	0	0
	JRG	0.75	0
	PPN	0	0
	PAV	0	0
	QSB	3.75	0.75
	SDO	0	0

go interfaz

Resultados zonas GO Interfaz Castilla y León



Zonas de estudio Corullón (izq.) y Villafranca del Bierzo (dcha.) en Castilla y León



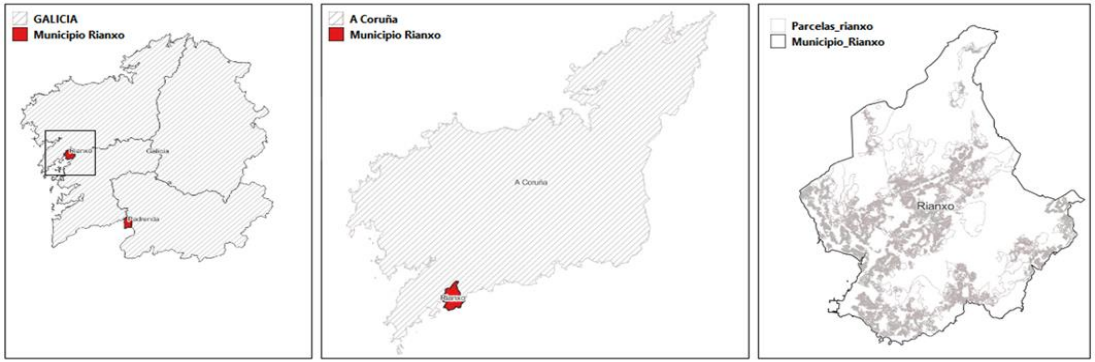
Modelo de adecuación climática actual (izq.) y futura (drcha.) para Castanea sativa en Villafranca del Bierzo

Tabla 12.Resultados de las estadísticas zonales de los modelos de adecuación climática en CYL

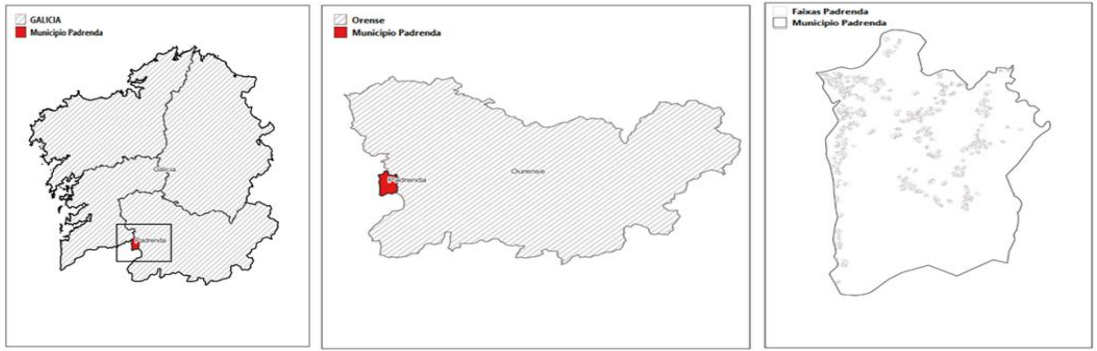
		ACTUAL	FUTURA
Zona de estudio	**Taxón**	**Media**	**Media**
Corullón	CST	4	2.27
	JRG	1	0.81
	PPN	0	0
	PAV	3.45	0.54
	QSB	0.36	4.18
	SDO	0	0
Villafranca del Bierzo	CST	4	2.5
	JRG	1	0.92
	PPN	0	0
	PAV	3.5	0.64
	QSB	0	3.42
	SDO	0	0

go interfaz

Resultados zonas GO Interfaz Galicia



Localización del concello de Rianxo en el que se encuentra la zona de estudio.



Localización del concello de Padrenda en el que se encuentra la zona de estudio.

Tabla 13.Resultados de las estadísticas zonales de los modelos de adecuación climática en Galicia

		ACTUAL	FUTURA
Zona de estudio	**Taxón**	**Media**	**Media**
Rianxo	CST	0	0
	JRG	0	0
	PPN	0	0
	PAV	0	0
	QSB	0	0.35
	SDO	0	0
Padrenda	CST	0.87	0.70
	JRG	0	0
	PPN	0	0
	PAV	1.1	0
	QSB	0.5	1.23
	SDO	0	0

go interfaz

¡Gracias!

go interfaz

Financión

El grupo operativo Interfaz ha recibido para su proyecto de innovación una subvención de 516.241,82€, importe cofinanciado al 80% por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) y al 20% por fondos de la Administración General del Estado (AGE), tal como se establece en el Real Decreto 169/2018, de 23 de marzo.

El organismo encargado del contenido es el GO INTERFAZ. La Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) es la autoridad de gestión encargada de la aplicación de la ayuda del FEADER y nacional correspondiente.

Comisión Europea: Área de Agricultura y Desarrollo Rural"

Socios

Colaboradores