



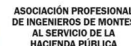
Cartografía de aptitud de diferentes especies, evaluación de la potencialidad de las principales producciones forestales para diferentes estaciones biogeográficas.

**Modelos de gestión innovadores para la mejora
de la productividad en áreas de minifundio**

Financia



Socios



Colaboran



1. El Grupo Operativo PROMINIFUN

El trabajo que a continuación se presenta ha sido desarrollado por FORA FOREST TECHNOLOGIES SLL en el marco del Grupo Operativo PROMINIFUN cuyo objetivo general es la recuperación, puesta en valor y dinamización de las áreas de minifundio en el medio rural forestal mediante el desarrollo de soluciones innovadoras en la gestión del territorio que permitan solucionar los problemas derivados del abandono del mismo. Se corresponde con:

- El Objetivo Específico 1: Digitalización y diseño de soluciones para mejorar la gestión del minifundio.
- El Resultado 1: Repositorio de datos para alimentar la plataforma web.
- El entregable de la Actividad 2: Cartografía de aptitud de las diferentes especies.

El GO ProMinifun está financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación a través del Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020 de la Unión Europea, y participan como socios la Fundación Cesefor, la Confederación de Organizaciones de Selvicultores de España (COSE), la Federación de Asociaciones Forestales de Castilla y León (FAFCYLE), la Asociación Profesional de Ingenieros de Montes al servicio de la Hacienda Pública (APIMHP), la Universidad de Vigo, Agresta, y föra technologies. Además han colaborado en esta iniciativa la Junta de Castilla y León, la Universidad de Extremadura, la Asociación Forestal de León y la Asociación Forestal de Zamora.

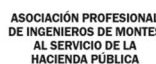
2. Objetivo

El objetivo del presente informe es detallar los procedimientos y los resultados obtenidos en el curso del desarrollo de la Act.2 R1 del proyecto. Esta actividad persigue modelizar, a gran escala, la aptitud ecológica de los distintos territorios en estudio para la implantación de siete táxones arbóreos (*Pinus pinaster* ssp. *atlantica*, *Pinus pinaster* ssp. *mesogeensis*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinea*, *Castanea sativa*, *Eucalyptus globulus* y *Populus x euramericana*) de interés tanto desde una perspectiva económica como ecológica.

Financia



Socios



Colaboran



3. Material y métodos

Área de estudio

El área objetivo del análisis está constituida por las provincias implicadas en el proyecto: A Coruña, Lugo, Ourense, Pontevedra, Asturias, Cantabria, León, Zamora, Segovia, Navarra, Huesca, Zaragoza, Teruel, Madrid y Cáceres. En la Figura 1 puede visualizarse el área mencionada.

Datos

Las fuentes de datos empleadas en el análisis se agrupan en dos categorías:

i) datos de presencia de las especies de interés: se han utilizado las bases de datos del 3^{er} Inventario Forestal Nacional (IFN3), por ser el último disponible para todo el área de estudio. Las parcelas seleccionadas han sido aquéllas con al menos un 90% de pies/ha de la especie objetivo.

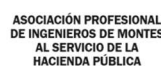


Figura 1. Área de estudio (sombreado). En verde, los límites de las regiones biogeoclimáticas.

Financia



Socios



Colaboran



ii) Datos de variables climáticas: se ha utilizado la información proporcionada en formato raster, con 1 km de resolución en el Atlas Climático Ibérico (Aemet 2011)¹. Las variables empleadas se han seleccionado en función de los requerimientos ecológicos de cada especie, para lo cual se ha seguido, en el caso de las especies del género *Pinus* y *Castanea*, las publicaciones sobre la autoecología de las respectivas especies² (); en el caso de *E. globulus* y *P.x euramericana* se han seguido las indicaciones recogidas en el Compendio de Silvicultura Aplicada³.

Tabla 1. Variables climáticas empleadas para cada especie. Véase la Tabla 2 para el significado de los acrónimos.

Taxon	Variables	Taxon	Variables
<i>Pinus pinaster</i> ssp. <i>atlantica</i>	IH,PP,PV,TNF,TXC	<i>Castanea sativa</i>	IH,PP,PV,TNF,TXC
<i>Pinus pinaster</i> ssp. <i>mesogeensis</i>	DEF,OSCXN,PT,IH,TMV	<i>Eucalyptus globulus</i>	PT,PV,TM,TNF,TXC
<i>Pinus halepensis</i>	ETP,TM,PT,OSCM,PV	<i>Populus x euramericana</i>	TNP,TNO,ETP,PV
<i>Pinus pinea</i>	TM,PT,IH,DSQ		

Tabla 2. Definición de los acrónimos de las variables climáticas empleadas.

Variable	Definición
PP	Precipitación de primavera (mm)
PV	Precipitación de verano (mm)
PT	Precipitación total (mm)
TM	Temperatura media anual (°C)
TMV	Temperatura media estival (°C)
TNF	Temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C)
TNO	Temperatura media de las mínimas de otoño (°C)
TNP	Temperatura media de las mínimas de primavera (°C)
TXC	Temperatura media de las máximas del mes más cálido (°C)
OSCM	Oscilación térmica media anual (°C)
OSCXN	Oscilación térmica máxima anual (°C)

¹ AEMET, 2011. Atlas climático ibérico. Agencia Estatal de Meteorología-Instituto de Meteorología de Portugal.

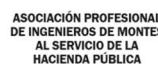
² Para una revisión de todas las publicaciones, ver López-Senespleda, E., Montero, G., Ruiz-Peinado, R., Alonso Ponce, R., Serrada, R., Sánchez-Palomares, O., 2018. Cincuenta años de autoecología forestal paramétrica en España. *Foresta* 70, 40–47.

³ Montero González, G., Serrada, R., Reque, J.A. (Eds.) 2008. Compendio de silvicultura aplicada en España. INIA, Madrid.

Financia



Socios



Colaboran



ETP	Evapotranspiración potencial (mm) ⁴
DEF	Suma de déficits (mm) ⁴
IH	Índice hídrico anual (adim.) ⁴
DSQ	Duración del periodo seco (meses)

Además, con el fin de acotar con más precisión la selección de las parcelas del IFN3 para el análisis, se ha empleado la Clasificación Biogeoclimática de España peninsular y balear (Elena Roselló 1997)⁵, ya que el área de estudio está definida por límites administrativos que no obedecen a parámetros ecológicos. Las ubicaciones utilizadas como presencias para entrenar los algoritmos se han seleccionado de entre las ubicadas dentro de las regiones biogeoclimáticas Galaico-Cantábrica, Duriense, Catalano-Aragonesa, Extremaduriense y Manchega.

Por último, aunque dada la escala de este trabajo son las variables climáticas las que gobiernan la distribución general de los táxones y, además, resulta inviable introducir variables edáficas con suficiente precisión, en el caso de la especie *Populus x euramericana*, dado su evidente carácter intrazonal como consecuencia de su dependencia de suelos con nivel freático próximo a la superficie, se ha utilizado, además, la Síntesis Litológica de España peninsular y Baleares, desarrollada por el Dr. Sánchez Palomares en el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria a partir del Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias.

El número de parcelas definitivamente seleccionadas, por especies, para entrenar los modelos se presentan en la Tabla 3. Dado el gran número de observaciones disponibles, se optó por elevados porcentajes de muestra reservada para la validación.

Tabla 3. Número de parcelas (presencias), por especies, seleccionadas para el entrenamiento de los algoritmos, y porcentaje de muestra reservada para la validación.					
Taxon	n	% validación	Taxon	n	% validación
<i>Pinus pinaster ssp. atlantica</i>	1644	90	<i>Castanea sativa</i>	508	50
<i>Pinus halepensis</i>	4091	90	<i>Eucalyptus globulus</i>	1471	90
<i>Pinus pinea</i>	922	50	<i>Populus x euramericana</i>	538	50
<i>Pinus pinaster ssp. mesogeensis</i>	3876	90			

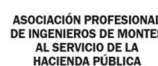
⁴ Thornthwaite, C.W., Mather, J.R., 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balances. Publ. Climatol. 10, 181–311.

⁵ Elena Rosello, R., 1997. LIBRO Clasificación biogeoclimática de España peninsular y balear. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Financia



Socios



Colaboran



Métodos estadísticos

El proceso de modelización seguido ha sido el conocido como “predicción conjunta” (*ensemble forecasting*⁶), que consiste, muy resumidamente, en generar modelos de aptitud basados en distintos algoritmos de cálculo. En nuestro caso, se han empleado tres algoritmos distintos:

1. Maxent, basado en métodos de maximización de la entropía (información)⁷.
2. API, basado en técnicas de similitud ecológica mediante distancias de Mahalanobis⁸.
3. FPI, basado en técnicas de envolvente ambiental⁹.

El primero se ha ejecutado mediante la aplicación homónima¹⁰, mientras que los otros dos se encuentran disponibles en la aplicación Moderforest¹¹. En todos los algoritmos y especies se ha dividido la muestra en submuestras aleatorias de entrenamiento y validación, repitiéndose 10 veces cada proceso.

Para validar cada modelo y establecer los umbrales de corte de los indicadores de aptitud (que pueden ser interpretados como probabilidades de presencia *sensu lato*) generados con cada algoritmo se ha empleado el procedimiento basado en la curva de Boyce-Hirzel (Hirzel et al 2006)¹², el cual, además de analizar la validez de la predicción, permite establecer objetivamente dos o más clases de aptitud dentro del intervalo para el cual el modelo predice la presencia de la especie. Este método de validación se apoya únicamente en datos de presencia y está implementado en Moderforest pero no en Maxent, por lo que, para este último caso, se ha

⁶ Araújo, M.B., New, M., 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends Ecol. Evol.* **22**, 42–47.

⁷ Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Modell.* **190**, 231–259.

⁸ Alonso Ponce, R., López Senespleda, E., Sánchez Palomares, O., 2010. A novel application of the ecological field theory to the definition of physiographic and climatic potential areas of forest species. *Eur. J. For. Res.* **129**, 119–131. doi:10.1007/s10342-008-0254-2

⁹ Rubio, A., Sánchez Palomares, O., 2006. Physiographic and climatic potential areas for *Fagus sylvatica* L. based on habitat suitability indicator models. *Forestry* **79**, 439–451.

¹⁰ https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/

¹¹

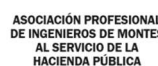
https://www.researchgate.net/publication/295907776_Programa_MODERFOREST_una_aplicacion_para_la_eleccion_de_especie_y_origen_de_la_semilla_en_repoblaciones_forestales

¹² Hirzel, A., Le Lay, G., Helfer, V., Randin, C.F., Guisan, A., 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. *Ecol. Modell.* **199**, 142–152.

Financia



Socios



Colaboran



calculado *ad hoc* a partir de los resultados que proporciona la aplicación. El procedimiento definido por Hirzel et al se basa en comparar la predicción hecha por el modelo con lo que se predeciría mediante un modelo escogido al azar. Para el ratio entre los valores de probabilidad predicha por el modelo generado y el modelo aleatorio sea significativamente mayor que 1, se asume que la predicción del modelo generado es válida y por tanto la especie está presente en esa localización.

Además, como se ha mencionado, el método permite establecer clases de aptitud dentro del intervalo del índice de aptitud para el cual se ha asumido que la especie está presente. Gracias a ello, para cada uno de los tres algoritmos se han podido definir tres clases (*marginal*, *adecuada* y *óptima*), a las que se les ha asignado el valor ordinal 1, 2 y 3, respectivamente. Por último, sumando los valores ordinales de los tres algoritmos obtenemos un ráster de predicción conjunta con valores que pueden variar de 1 a 9. Por último, las clases de aptitud derivadas de estos valores ordinales se ha definido de la siguiente manera: 1: no apto; 2: marginal crítica; 3: marginal leve; 4: adecuada baja; 5: adecuada media; 6: adecuada alta; 7: óptima baja; 8: óptima media; 9: óptima máxima. El hecho de etiquetar el valor 1 como *no apto* tiene como objetivo evitar sobre predicciones, eliminando localizaciones donde sólo uno de los algoritmos haya predicho la presencia de la especie, y con el mínimo valor ordinal.

Por último, tal y como se adelantó más arriba, en el caso del taxon *Populus x euramericana*, el modelo de aptitud final fue recortado con los polígonos etiquetados en alguna de las clases de edad cuaternaria del mapa de Síntesis litológica de la España Peninsular y Balear, a excepción de los correspondientes a cordones litorales y playas, depósitos glaciares y morrenas.

4. Resultados

A continuación se exponen, especie por especie, los resultados más relevantes obtenidos. Junto con este informe se facilitan todos los archivos geoespaciales generados, así como una leyenda (archivo *clases_aptitud.qml*) para poder visualizar fácilmente los datos. Las capas geoespaciales se entregan en formato geotiff, src ETRS89 UTM30, con 1 km de resolución.

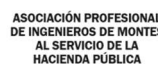
Pinus pinaster ssp. atlantica.

El modelo conjunto identifica amplias zonas de Galicia como de aptitud *óptima* (Figura 2). Por el contrario, en Asturias, Cantabria y El Bierzo, aun presentando aptitud en gran parte del territorio, la clase es mayoritariamente *adecuada*. Por último, son de destacar algunas áreas de aptitud marginal en la mitad norte de Navarra y en muy escasos puntos de las zonas montañosas del resto de provincias, la mayoría de tipo marginal crítico.

Financia



Socios



Colaboran



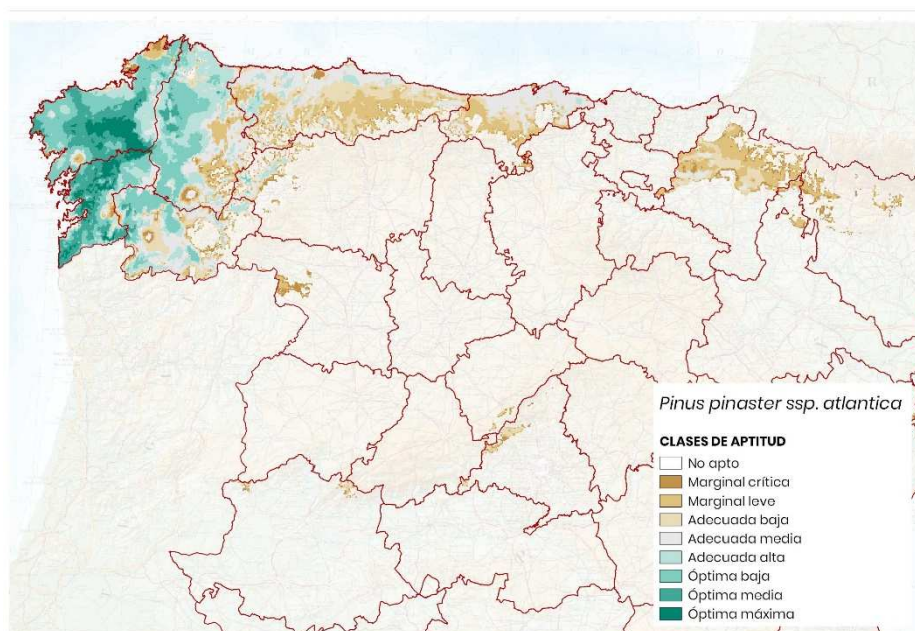


Figura 2. Mapa de aptitud para *Pinus pinaster* ssp. *atlantica* generado con el método de predicción conjunta de los algoritmos Maxent, Api y Fpi.

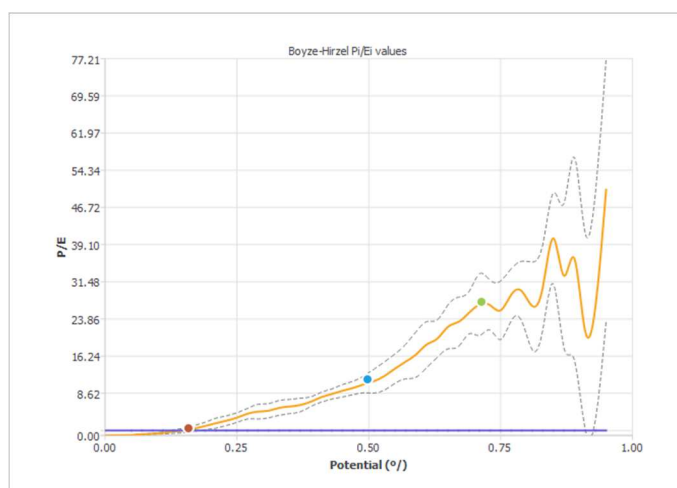
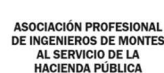


Figura 3. Curva de Boyce-Hirzel para para *Pinus pinaster* ssp. *atlantica*. Los tres puntos de color rojo, azul y verde indican los límites inferiores para las clases marginal, adecuada y óptima, respectivamente. La línea naranja indica el valor medio de la curva y las líneas discontinuas $\pm 95\%$ de intervalo de confianza..

Financia



Socios



Colaboran



La curva de Boyce-Hirzel (Figura 3) muestra un buen comportamiento, con valores por encima del umbral 1 a partir del punto definido como umbral inferior de la clase marginal y cada vez más elevados a medida que aumenta el valor del índice de aptitud normalizado, e intervalos de confianza que sólo se ensanchan para valores muy elevados del índice, fruto de un menor tamaño de la muestra de píxeles.

Pinus pinaster ssp. mesogeensis.

El pino resinero o negral presenta una óptima aptitud en amplias zonas de Segovia (prácticamente toda la provincia), Zamora, Cáceres (tanto en el Sistema Central como en la S^a de Guadalupe) y Madrid y, en menor medida, en el páramo leonés y el extremo occidental de las provincias de Teruel y Zaragoza. Por el contrario, su potencial es nulo en Asturias y Cantabria, y apenas sí pronostica reducidas áreas marginales en el interior de Galicia. En el sector norte del valle del Ebro la aptitud es mayoritariamente marginal, aunque se alcanzan aptitudes adecuadas en pequeños enclaves de La Ribagorza o incluso óptimas en Las Cinco Villas (Figura 4).

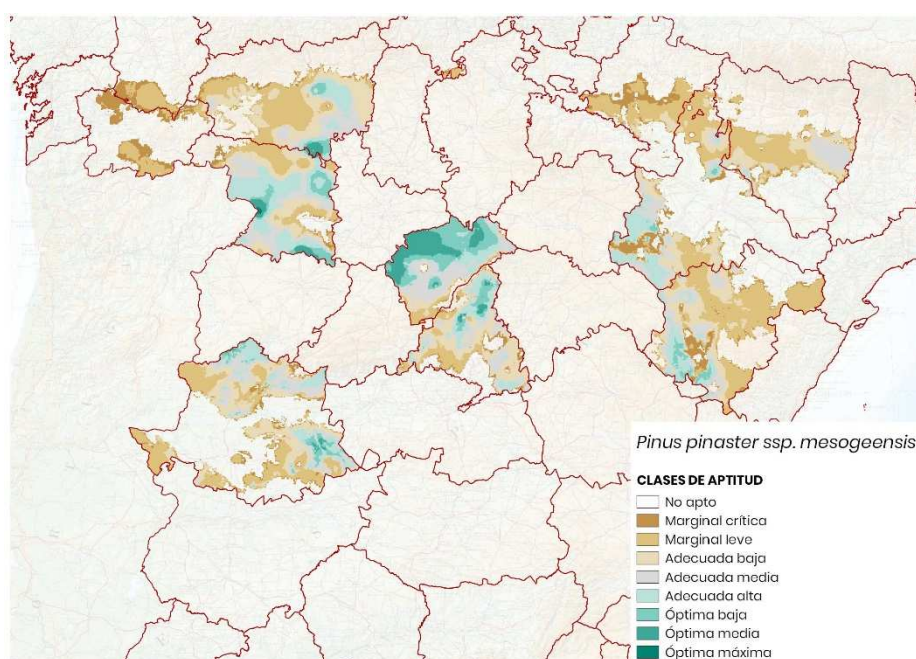
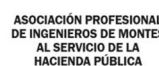


Figura 4. Mapa de aptitud para *Pinus pinaster ssp. mesogeensis* generado con el método de predicción conjunta de los algoritmos Maxent, Api y Fpi.

Financia



Socios



Colaboran



Por su parte, la curva de Boyce-Hirzel (Figura 5) muestra un excelente comportamiento, con valores por encima del umbral 1 a partir del punto definido como umbral inferior de la clase marginal y cada vez más elevados a medida que aumenta el valor del índice de aptitud normalizado, e intervalos de confianza muy estrechos que sólo se ensanchan para valores muy elevados del índice, fruto de un menor tamaño de la muestra de píxeles.

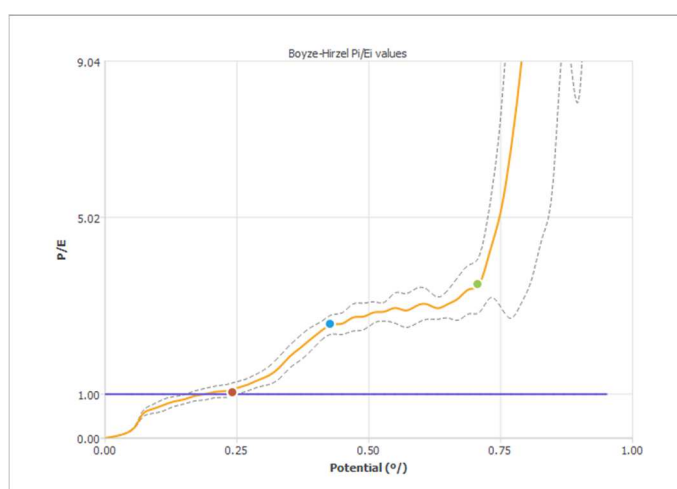


Figura 5. Curva de Boyce-Hirzel para para *Pinus pinaster* ssp. *mesogeensis*. Los tres puntos de color rojo, azul y verde indican los límites inferiores para las clases marginal, adecuada y óptima, respectivamente. La línea naranja indica el valor medio de la curva y las líneas discontinuas $\pm 95\%$ de intervalo de confianza.

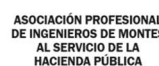
Pinus halepensis.

El modelo generado identifica amplias zonas del valle del Ebro en Aragón y Navarra como de aptitud óptima (Figura 6). Sin embargo, las áreas de clase máxima son escasas, denotando la preferencia de la especie por zonas más genuinamente mediterráneas. También es de destacar las extensas zonas de aptitud adecuada que encontramos en Zamora oriental, Segovia y Madrid, donde en la actualidad la especie está ausente. Por último, en León y Cáceres (y algún pequeño enclave gallego) hay áreas de aptitud marginal, mientras que en Asturias y Cantabria todo el territorio es no apto.

Financia



Socios



Colaboran



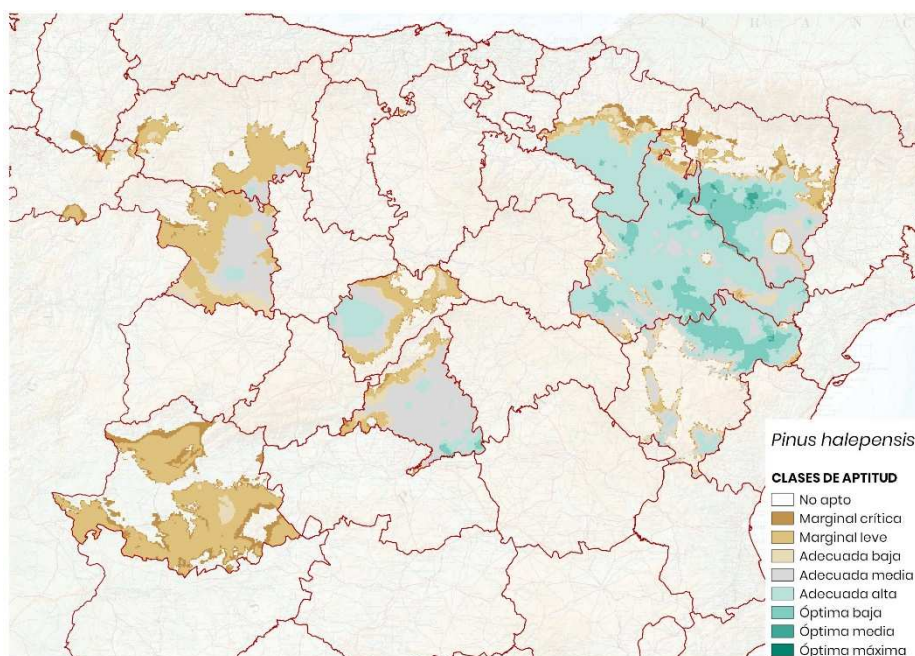


Figura 6. Mapa de aptitud para *Pinus halepensis* generado con el método de predicción conjunta de los algoritmos Maxent, Api y Fpi.

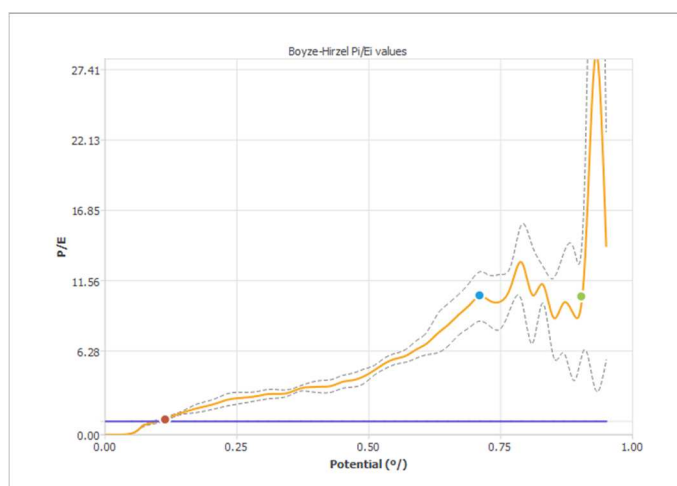
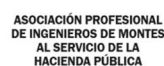


Figura 7. Curva de Boyce-Hirzel para para *Pinus halepensis*. Los tres puntos de color rojo, azul y verde indican los límites inferiores para las clases marginal, adecuada y óptima, respectivamente. La línea naranja indica el valor medio de la curva y las líneas discontinuas $\pm 95\%$ de intervalo de confianza.

Financia



Socios



Colaboran



La curva de Boyce-Hirzel (Figura 7) muestra un buen comportamiento, con valores por encima del umbral 1 a partir del punto definido como umbral inferior de la clase marginal y cada vez más elevados a medida que aumenta el valor del índice de aptitud normalizado, e intervalos de confianza que sólo se ensanchan para valores muy elevados del índice, fruto de un menor tamaño de la muestra de píxeles.

Pinus pinea.

El pino piñonero presenta una óptima aptitud en amplias zonas de Zamora, Segovia y Madrid. Por el contrario, su potencial es nulo en Asturias y prácticamente la totalidad de Cantabria y Galicia, salvo pequeños enclaves de aptitud marginal. En el valle del Ebro la aptitud es también marginal, aunque ya en Navarra pueden encontrarse zonas de aptitud adecuada. Algo parecido ocurre en el Cáceres, donde casi toda la provincia presenta aptitud marginal salvo pequeñas áreas entre Monfragüe y la S^a de Guadalupe donde incluso se alcanza aptitud óptima (Figura 8).

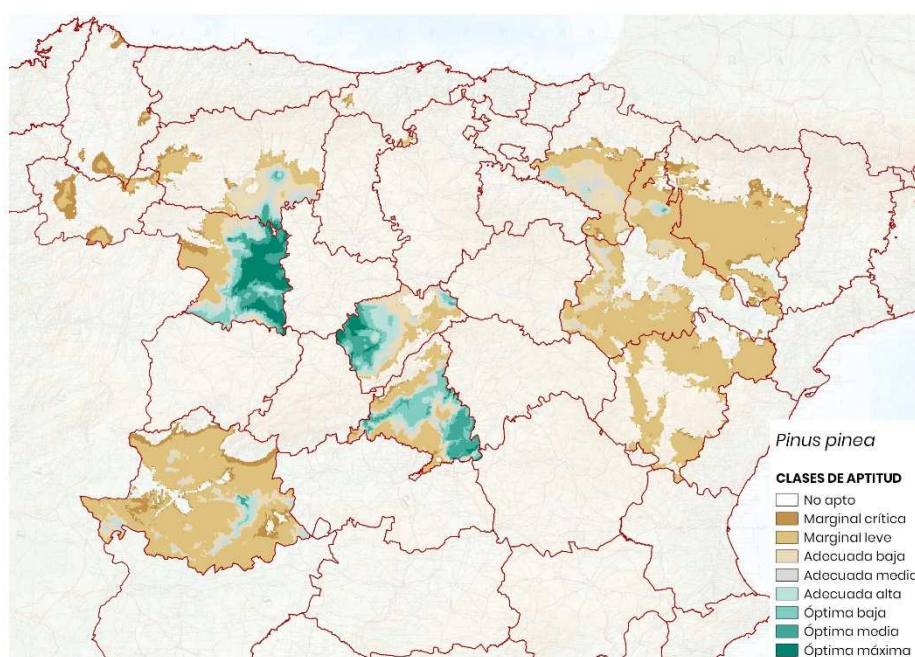
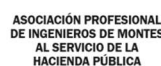


Figura 8. Mapa de aptitud para *Pinus pinea* generado con el método de predicción conjunta de los algoritmos Maxent, Api y Fpi.

Financia



Socios



Colaboran



Por su parte, la curva de Boyce-Hirzel (Figura 9) muestra un excelente comportamiento, con valores por encima del umbral 1 a partir del punto definido como umbral inferior de la clase marginal y cada vez más elevados a medida que aumenta el valor del índice de aptitud normalizado, e intervalos de confianza muy estrechos que sólo se ensanchan para valores muy elevados del índice, fruto de un menor tamaño de la muestra de píxeles.

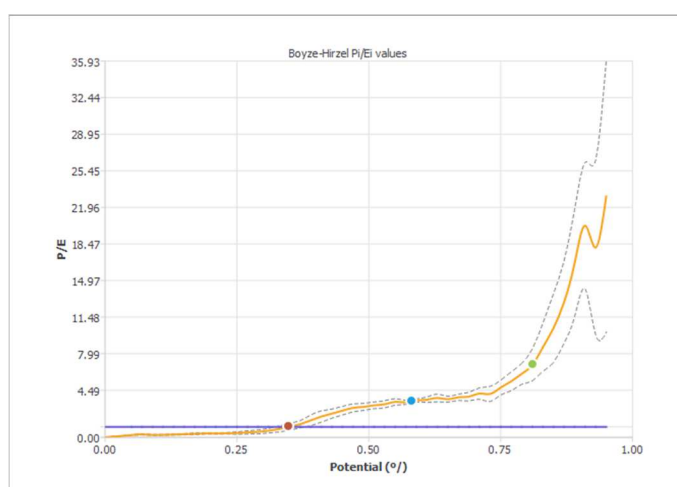


Figura 9. Curva de Boyce-Hirzel para *Pinus pinea*. Los tres puntos de color rojo, azul y verde indican los límites inferiores para las clases marginal, adecuada y óptima, respectivamente. La línea naranja indica el valor medio de la curva y las líneas discontinuas $\pm 95\%$ de intervalo de confianza.

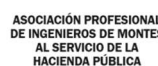
Castanea sativa.

El castaño muestra una altísima potencialidad en amplias zonas de Lugo, Ourense, El Bierzo, Asturias, Cantabria y la mitad norte de Navarra (Figura 10). Además, en buena parte del Sanabria, Aliste, la S^a de Gata y, en menor medida, en la S^a de Guadarrama y el Prepirineo Aragonés occidental encontramos zonas significativas con aptitud adecuada. Las zonas más cercanas a la costa tanto de Galicia como del Cantábrico no parecen presentar una especial adecuación para la especie, ya que en su mayoría presentan aptitud marginal.

Financia



Socios



Colaboran



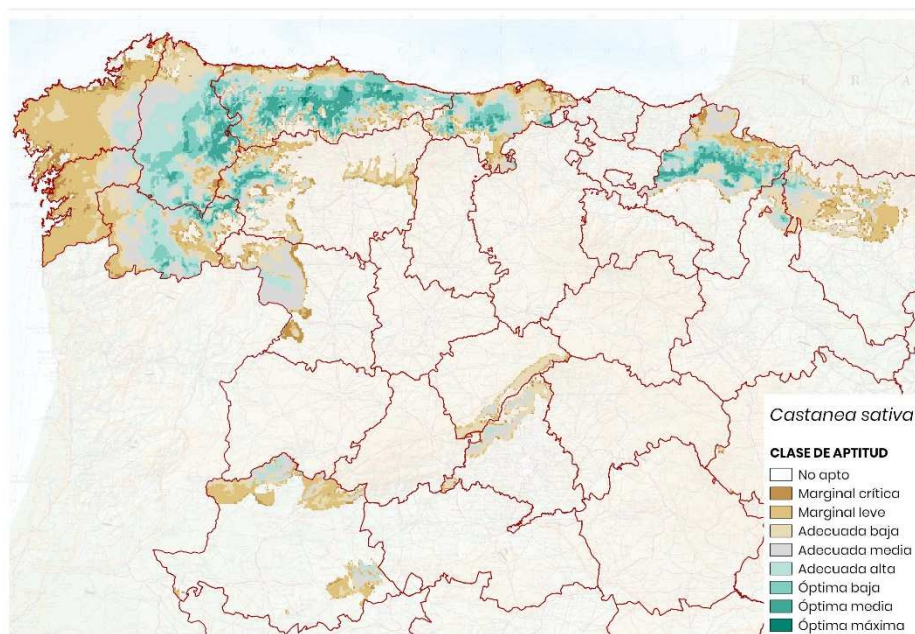


Figura 10. Mapa de aptitud para *Castanea sativa* generado con el método de predicción conjunta de los algoritmos Maxent, Api y Fpi.

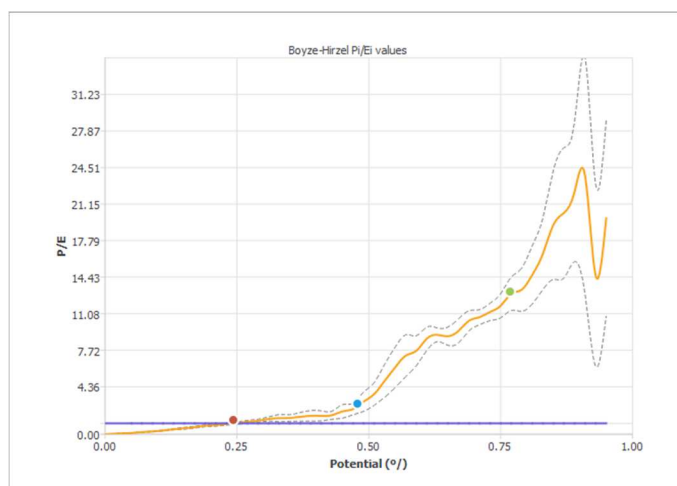
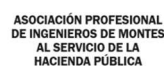


Figura 11. Curva de Boyce-Hirzel para para *Castanea sativa*. Los tres puntos de color rojo, azul y verde indican los límites inferiores para las clases marginal, adecuada y óptima, respectivamente. La línea naranja indica el valor medio de la curva y las líneas discontinuas $\pm 95\%$ de intervalo de confianza.

Financia



Socios



Colaboran



Al igual que en las especies anteriores, la curva de Boyce-Hirzel (Figura 11) muestra un buen comportamiento, con valores por encima del umbral 1 a partir del punto definido como umbral inferior de la clase marginal y cada vez más elevados a medida que aumenta el valor del índice de aptitud normalizado, e intervalos de confianza muy estrechos que sólo se ensanchan para valores muy elevados del índice, fruto de un menor tamaño de la muestra de píxeles.

Eucalyptus globulus.

El modelo de aptitud para el eucalipto (Figura 12) demuestra que la especie no presenta territorio climáticamente apto fuera de las áreas donde habita en la actualidad en España, esto es, las áreas no muy alejadas de la costa de Galicia y la cornisa Cantábrica. Fuera de esos territorios, solamente se han podido detectar unas pequeñas áreas de marginalidad leve o crítica en el valle del Baztán y las estribaciones de la Sª de Aralar, en Navarra.

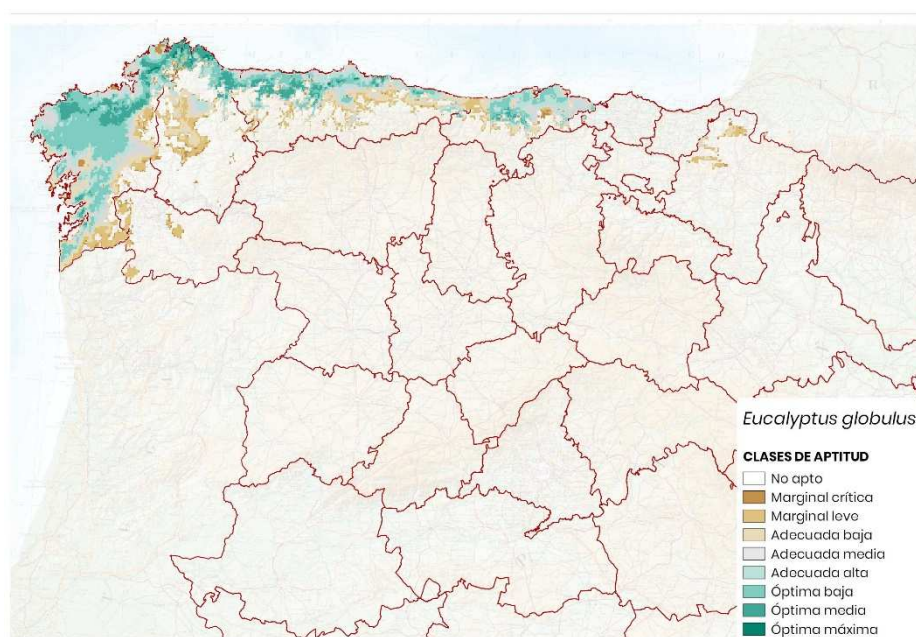


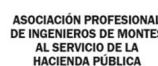
Figura 12. Mapa de aptitud para *Eucalyptus globulus* generado con el método de predicción conjunta de los algoritmos Maxent, Api y Fpi.

La curva de Boyce-Hirzel (Figura 13) muestra un comportamiento algo menos robusto, sobre todo para valores altos del índice de aptitud, para los cuales la curva cae y el intervalo de confianza se ensancha mucho. En cualquier caso, la curva se mantiene claramente por encima del umbral 1 a

Financia



Socios



Colaboran



partir del punto definido como umbral inferior de la clase marginal y cada vez más elevados a medida que aumenta el valor del índice de aptitud normalizado.

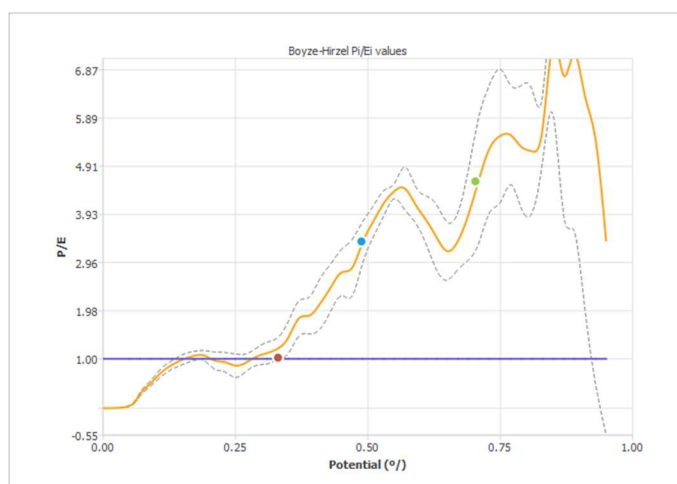


Figura 13. Curva de Boyce-Hirzel para para *Eucalyptus globulus*. Los tres puntos de color rojo, azul y verde indican los límites inferiores para las clases marginal, adecuada y óptima, respectivamente. La línea naranja indica el valor medio de la curva y las líneas discontinuas $\pm 95\%$ de intervalo de confianza.

Populus x euramericana.

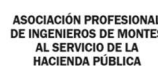
El chopo para producción de madera muestra una gran aptitud climática en amplias zonas de León, Zamora, Segovia y Aragón. Además, la comarca de A Limia (Ourense) y la S^a de Gata también registran una aptitud óptima o adecuada alta para la especie. Prácticamente toda Galicia, Asturias, Madrid, Navarra y Huesca (salvo el Pirineo) presentan aptitud adecuada o marginal desde un punto de vista estrictamente climático (Figura 14).

Sin embargo, como es natural, al restringir el análisis a los suelos asentados sobre terrenos cuaternarios (zonas aluviales recientes) el área potencial para la especie se restringe notablemente, si bien son las áreas de aptitud óptima las más frecuentes sobre dichos terrenos. En particular, los ríos de los Valles del Duero y del Ebro, así como el río Limia en Ourense son los que mejores clases de aptitud presentan (Figura 15).

Financia



Socios



Colaboran



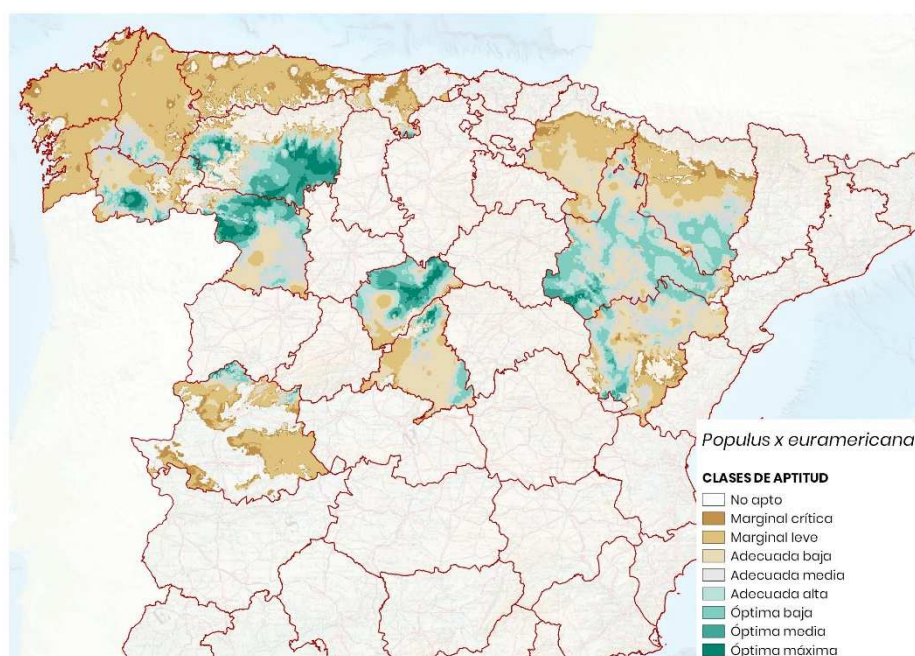
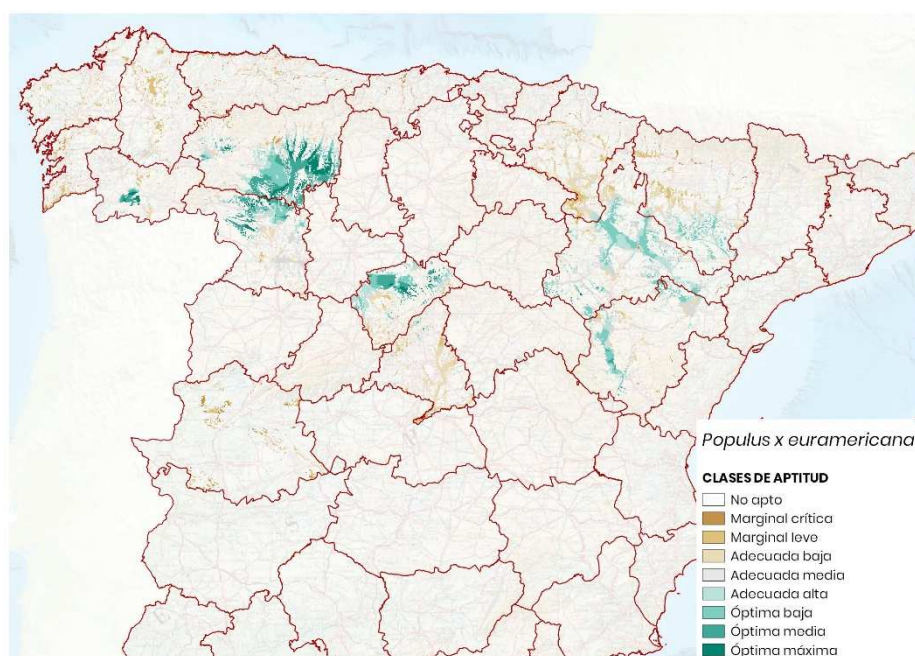


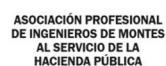
Figura 14. Mapa de aptitud para *Populus x euramericana* generado con el método de predicción conjunta de los algoritmos Maxent, Api y Fpi.



Financia



Socios



Colaboran



Figura 15. Mapa de aptitud para *Populus x euramericana* generado con el método de predicción conjunta de los algoritmos Maxent, Api y Fpi, restringido a las áreas asentadas sobre materiales aluviales cuaternarios.

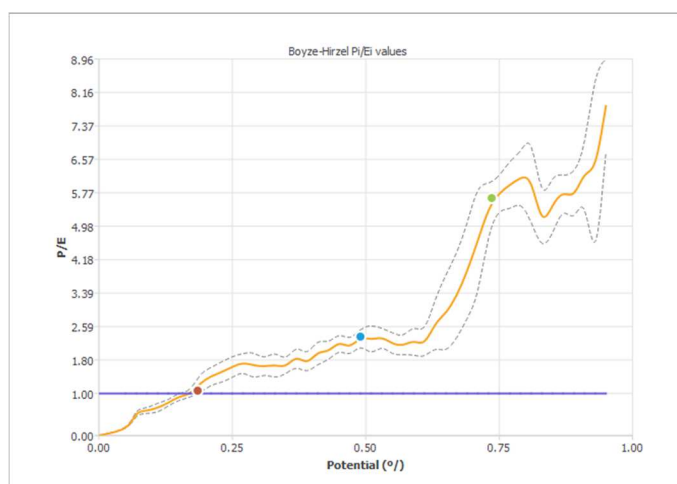


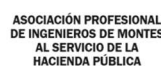
Figura 16. Curva de Boyce-Hirzel para para *Populus x euramericana*. Los tres puntos de color rojo, azul y verde indican los límites inferiores para las clases marginal, adecuada y óptima, respectivamente. La línea naranja indica el valor medio de la curva y las líneas discontinuas $\pm 95\%$ de intervalo de confianza.

Por su parte, la curva de Boyce-Hirzel (Figura 16Figura 9) muestra un excelente comportamiento, con valores por encima del umbral 1 a partir del punto definido como umbral inferior de la clase marginal y cada vez más elevados a medida que aumenta el valor del índice de aptitud normalizado, e intervalos de confianza muy estrechos en todo el rango de variación del índice de aptitud.

Financia



Socios



Colaboran

