

# Mapas nacionales de calidad de estación para *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Fagus sylvatica* y *Quercus pyrenaica*

Daniel Moreno Fernández<sup>1</sup>, Juan Gabriel Álvarez Álvarez<sup>2</sup>, Roque Rodríguez Sollaeiro<sup>3</sup>, Isabel Cañellas<sup>4</sup>, Fernando Montes<sup>4</sup>, César Pérez Cruzado<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dr. Ingeniero Forestal. INIA-CIFOR/Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural

<sup>2</sup> Dr. Ingeniero de Montes. Departamento de Ingeniería Agroforestal. Unidad de Gestión Forestal Sostenible.

Escuela de Ingeniería. Universidad de Santiago de Compostela

<sup>3</sup> Dr. Ingeniera/o de Montes. Departamento de Producción vegetal. Unidad de Gestión Forestal Sostenible. Escuela de Ingeniería. Universidad de Santiago de Compostela

<sup>4</sup> Dra./Dr. Ingeniera/o de Montes. INIA-CIFOR

La determinación de la calidad de estación de un rodal es fundamental para poder establecer una gestión sostenible de los recursos. La mayor parte de los trabajos que estudian las variables que explican la calidad de estación se ha llevado a cabo a escala local o regional y fundamentalmente utilizando índices, como el índice de sitio (relación altura dominante-edad), aplicables únicamente a masas regulares. Los objetivos de este trabajo son: i) ajustar modelos de calidad de estación a escala nacional para algunas de las principales especies arbóreas forestales de la Península Ibérica (*Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *Fagus sylvatica* y *Quercus pyrenaica*) válidos para masas con distinta forma principal; y ii) elaborar mapas de calidad de estación a escala nacional. Los modelos de calidad de estación se ajustaron usando modelos no lineales a partir de los pares de datos altura dominante-diámetro dominante de las parcelas del Tercer Inventario Forestal Nacional. Los mapas de calidad de estación se desarrollaron usando las predicciones de modelos aditivos espaciales que incluían variables fisiográficas como predictores. La precisión de nuestros modelos aditivos espaciales se encuentra entre 38,2 % y 47,9 %. La altitud y la orientación son variables fundamentales para determinar la calidad de estación. Los mapas mostrados pueden ser útiles tanto para la gestión forestal a escala regional como para el desarrollo de políticas forestales a nivel nacional.

**Palabras clave:** Gestión forestal sostenible; índice de forma; políticas forestales; escala nacional

## INTRODUCCIÓN

La toma de decisiones selvícolas como la determinación del turno, el régimen de claras, la estimación de la posibilidad o las prioridades de producción (no solo madera) en un rodal viene determinada por diferentes factores como son la especie, edad, protección del suelo, altitud, exposición, clima, fisiografía, espesura o calidad de los productos que se espera obtener, entre otros. Uno de los factores que tiene una especial importancia en esa toma de decisiones es la calidad de estación. Se conoce como calidad de estación a la capacidad que tiene una especie de producir bienes y servicios (ya sea madera, corcho, piñas, fijación de carbono, etcétera) en una estación determinada, es decir, a la productividad forestal de una especie en un lugar determinado. La calidad de estación también afecta a la producción de productos no maderables, como se ha señalado para la producción de piña (Calama et al., 2008), corcho (Corona et al., 2005; Ferreira et al., 2000) o bayas (Turtiainen et al., 2016).

La calidad de estación ha sido frecuentemente expresada a través del índice de calidad de estación o índice de sitio (*site index* en inglés). El índice de sitio define la calidad de estación, mediante familias de curvas de distinta naturaleza, como la altura dominante que alcanza una masa a una edad determinada, conocida como edad típica o de referencia (Ortega y Montero, 1988). Sin embargo, el empleo del índice de sitio queda restringido a masas regulares. De esta forma, la calidad de estación en masas con formas principales de masa más complejas, como las irregulares, o en masas mixtas no podría ser determinada mediante este índice. Frente a la relación

altura dominante–edad, otros autores (por ejemplo Vanclay, 1994) han empleado la relación altura dominante–diámetro. Esta relación se conoce como índice de forma (del inglés, *site form*), y se ha demostrado que se puede aplicar satisfactoriamente en masas puras y mixtas con distintas formas principales de masa (McLintock and Bickford, 1957; Stout and Shumway, 1982; Huang and Titus, 1993; Vanclay, 1994) lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.; su ventaja es, por tanto, la posibilidad de aplicar los modelos de estimación de calidad de estación a escala muy amplia, sin necesidad de tener que distinguir entre masas regulares o irregulares ni que estimar la edad (en masas regulares). Sin embargo, algunos autores desaconsejan su uso, como Wang (1998) o Fu et al. (2017) the validity of using height of dominant trees at a specific breast height diameter (20 cm). Aunque en este trabajo se ha optado por emplear el índice de forma, la controversia sobre su uso hace recomendables más trabajos que evalúen su relación con la calidad de estación.

En España hay disponible una amplia variedad de modelos de calidad de estación para las principales especies en el territorio nacional (ver por ejemplo las recopilaciones de Diéguez-Aranda et al., 2009 o Bravo et al., 2011), cuya aplicación queda restringida a las zonas en las que se tomaron los datos para el ajuste (a escala local o regional), quedando además condicionado su uso al conocimiento de la edad del rodal. Sin embargo, no hay ninguna herramienta o modelo que permita determinar la calidad de estación a escala nacional para las principales especies forestales. Una metodología que permita estimar la calidad de estación a escala nacional puede ser especial-

mente útil para el desarrollo de políticas forestales.

El objetivo de este trabajo es ajustar modelos de calidad de estación a escala nacional para cinco especies forestales: pino resinero (*Pinus pinaster* Ait.), haya (*Fagus sylvatica* L.), rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.), pino laricio (*Pinus nigra* Arn.) y pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.), usando el Tercer Inventario Forestal Nacional (3IFN; DGCN, 2006) como base de datos y el índice de forma como índice de referencia. Además, se elaboran mapas de calidad de estación a nivel nacional para las cinco especies mencionadas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para cada una de las especies se seleccionaron todas las parcelas del 3IFN en las que la dominancia de los pies mayores (diámetro normal  $\geq 7,5$  cm) era superior al 90 % en área basimétrica (Tabla 1). Para el caso del pino resinero, únicamente se consideraron las parcelas de esta especie situadas en las provincias gallegas costeras (La Coruña, Lugo y Pontevedra), Asturias, Cantabria y el País Vasco. En cada una de las parcelas se calculó el diámetro dominante ( $D_0$ ) y la altura dominante ( $H_0$ ), como la media del diámetro y de la altura de los 100 pies más gruesos. A continuación, mediante el método de la curva guía se ajustaron modelos no lineales de calidad de estación relacionando el diámetro dominante y la altura dominante, es decir, se ajustaron modelos de índice de forma. Se probaron dos modelos base, el de Hossfeld II y el de Bertalanffy-Richards (Kiviste et al., 2002), y se seleccionó el que mejor se ajustó a la naturaleza de los datos. Estos modelos permiten determinar la altura dominante de una masa para un diámetro típico de forma análoga al índice de sitio.

Tabla 1. Características dasométricas de las parcelas del Tercer Inventario Forestal para las especies estudiadas

Especie	N	N G $\geq 90$ %	G	$H_0$	$D_0$
<i>Fagus sylvatica</i>	4 449	1 915	(0,4) 25,5 (64,2)	(3,7)18,8 (36,5)	(7,5) 40,9 (158,8)
<i>Pinus nigra</i>	8 352	3 212	(0,4) 15,1 (80,4)	(2,6) 10,4 (33,3)	(7,5) 26,5 (100,3)
<i>Pinus pinaster</i>	3 410	1 568	(0,4) 18,0 (85,0)	(2,0) 15,2 (29,3)	(7,5) 30,5 (71,9)
<i>Pinus sylvestris</i>	10 919	5 171	(0,4) 22,7 (83,8)	(2,0) 12,1 (30,5)	(7,5) 29,9 (64,8)
<i>Quercus pyrenaica</i>	5 528	2 889	(0,4) 10,9 (72,5)	(0,4) 9,9 (23,3)	(7,5) 24,2 (134,4)

N - Número de parcelas del Tercer Inventario Forestal; N G  $\geq 90$  % - Número de parcelas del Tercer Inventario Forestal con área basimétrica mayor del 90 %; G - Área basimétrica media ( $m^2 ha^{-1}$ );  $H_0$  - Altura dominante media (m);  $D_0$  - Diámetro dominante medio (cm). Valores mínimos y máximos entre paréntesis. Fuente: Moreno-Fernández et al. (2018)

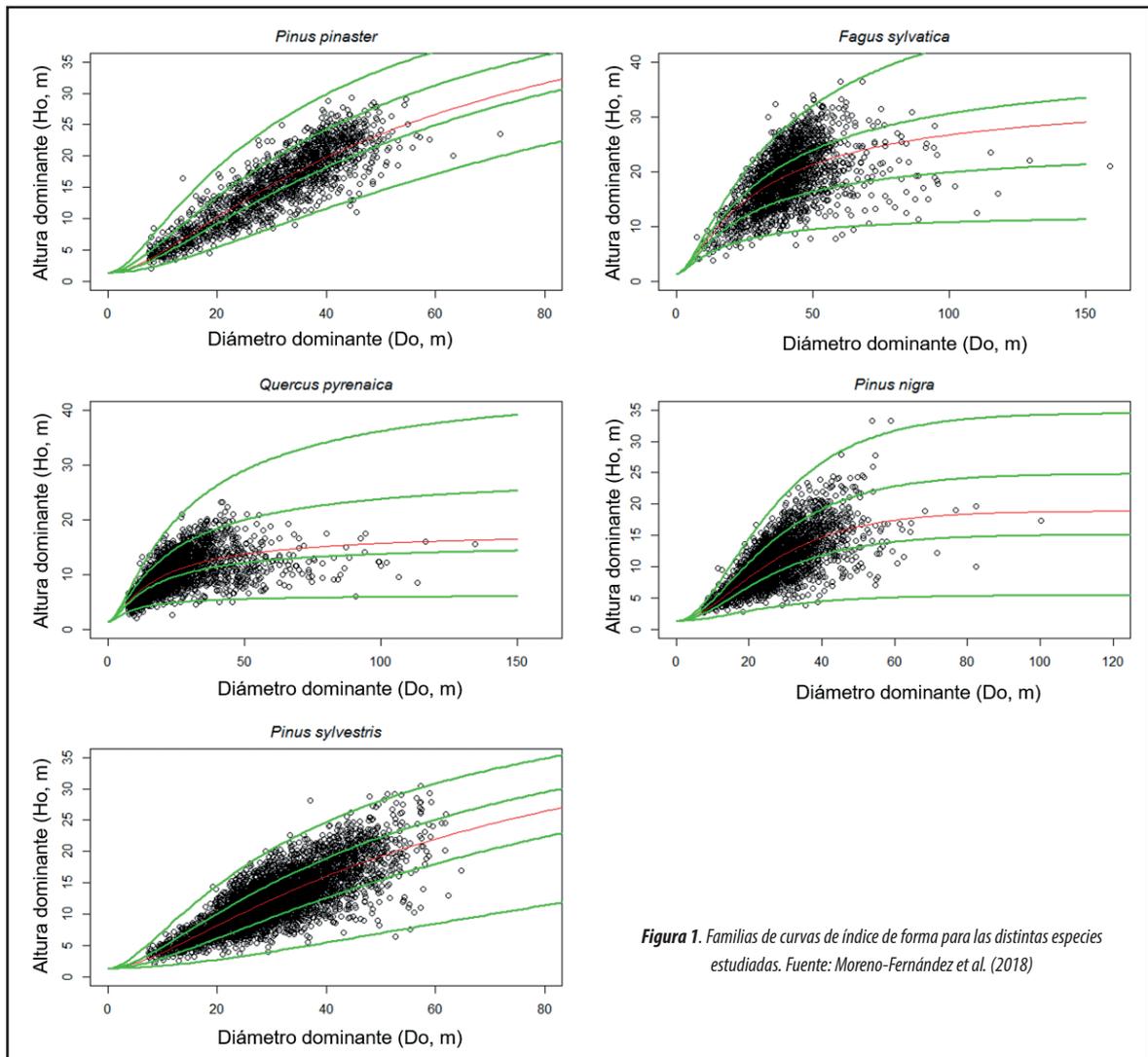


Figura 1. Familias de curvas de índice de forma para las distintas especies estudiadas. Fuente: Moreno-Fernández et al. (2018)

La relación  $H_0/D_0$  varía con la edad de la masa en masas regulares y con la edad del árbol en las irregulares; se asume que esa variación sigue una misma curva para una parcela dada, de forma que todas las parcelas que tienen una calidad de estación similar presentan curvas similares. Se ha usado un mínimo de árboles por parcela de forma que se amortigüe el hecho de que uno o varios de ellos no hayan sido dominantes durante toda su vida, y se trabaja con masas donde el 90 % del área basimétrica corresponde con la especie principal, intentando evitar árboles trasmochos o con una relación  $H_0/D_0$  alterada por daños en la copa. El empleo de curvas de calidad determinadas a partir de la edad mediante el apeo y análisis del tronco ayudan a distinguir árboles dominantes, pero no garantiza que un árbol haya sido dominante durante

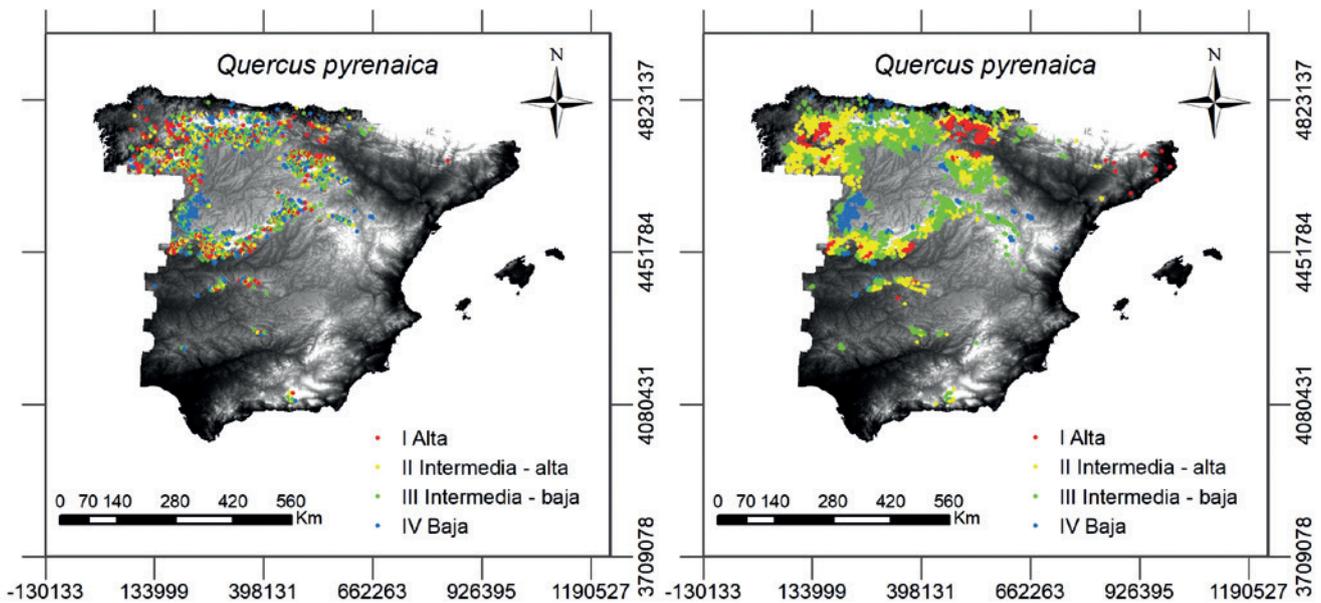
toda su vida; tanto para el índice de sitio como para el índice de forma, la calidad de los resultados depende de la selección de los árboles tipo. Además, la obtención de datos de análisis del tronco es muy costosa, y difícilmente se obtiene una muestra distribuida de forma homogénea por toda el área de estudio.

La relación  $H_0/D_0$  puede verse más afectada por la espesura y los cambios asociados a perturbaciones naturales y tratamientos selvícolas que la altura dominante, al menos en masas regulares. Aun así, a pesar de las debilidades del índice de forma, permite obtener una idea global del patrón de cambio de calidad de estación a escala nacional, o tal vez en toda el área de distribución de una especie. Se asume que los cambios en el índice de forma como consecuencia de la gestión son más evidentes en especies donde esta

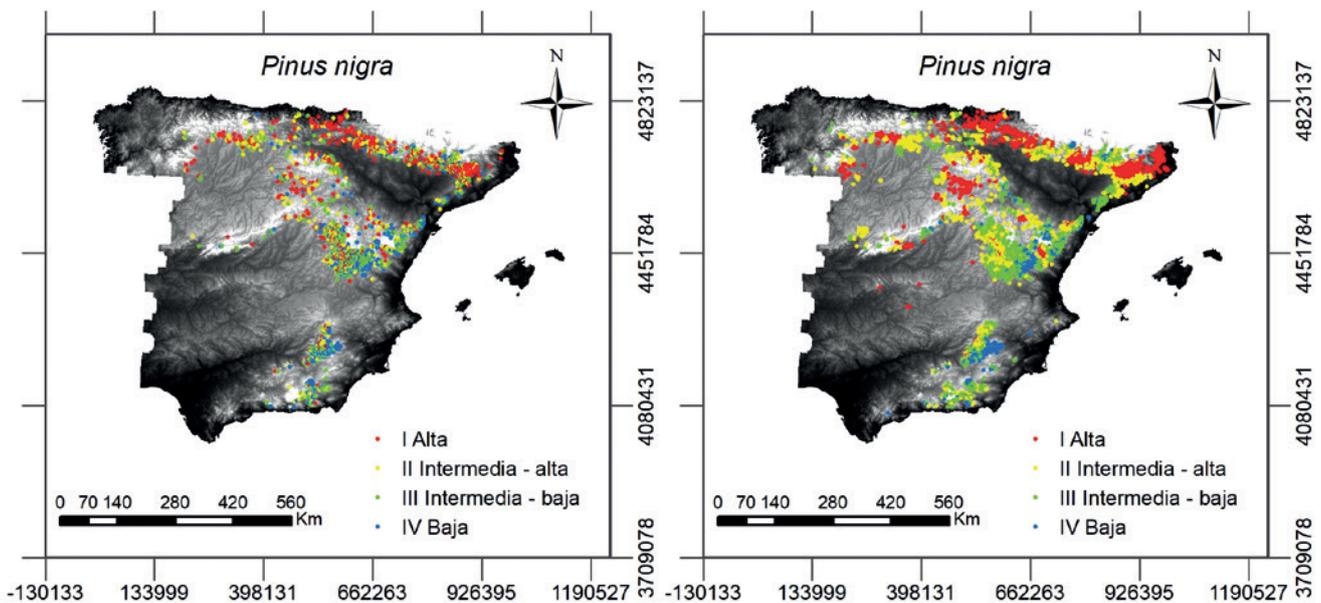
es intensiva (como *Pinus radiata* o especies del género *Eucalyptus*) que en especies donde es extensiva.

Una vez seleccionado el modelo, se asignó una categoría de calidad de estación (calidad de estación observada) a cada una de las parcelas utilizando los cuartiles de la distribución de valores de la calidad de estación como puntos de corte, siendo las parcelas con mejor calidad de estación aquellas situadas por encima del tercer cuartil (calidad I); y las de peor calidad, aquellas situadas por debajo del primer cuartil (calidad IV), mientras que las parcelas situadas entre el primer y el tercer cuartil se repartieron entre dos categorías intermedias de calidad de estación (calidad II y III) usando la mediana (segundo cuartil) como valor de separación.

En el siguiente paso, mediante modelos aditivos espaciales se deter-



**Figura 2.** Mapas de calidad de estación para el rebollo. A la izquierda, valores observados (parcelas con dominancia mayor del 90 % en área basimétrica). A la derecha, valores predichos en las parcelas con presencia de pies adultos. Fuente: Moreno Fernández et al. (2018)



**Figura 3.** Mapas de calidad de estación para el pino laricio. A la izquierda, valores observados (parcelas con dominancia mayor del 90 % en área basimétrica). A la derecha, valores predichos en las parcelas con presencia de pies adultos. Fuente: Moreno Fernández et al. (2018)

minó la relación entre el índice de forma y distintas variables fisiográficas (altitud en m, pendiente y orientación en grados) y climáticas (temperatura media anual en °C). Estos modelos permiten establecer relaciones complejas entre la variable dependiente y las independientes de forma no lineal. Además, se incorporó una componente espacial relacionando la latitud y la longitud que permitió, además, eliminar la autocorrelación espacial y

considerar el efecto de las variables ambientales (como las variables edafológicas) no incluidas en el modelo. Los valores predichos por los modelos aditivos espaciales se clasificaron en categorías de calidad de estación (calidad de estación predicha) de acuerdo a los puntos de corte establecidos con anterioridad. La evaluación de los modelos se realizó comparando la calidad de estación observada y la calidad de estación predicha

usando una matriz de confusión, que evalúa el grado de concordancia entre las clases observadas y las clases asignadas por el modelo. Finalmente, se extrapola la calidad de estación a todas las parcelas del 3IFN en las que había presencia de las especies estudiadas, permitiendo de esta forma la elaboración de los mapas de calidad de estación. En Moreno-Fernández et al. (2018) se recoge de forma más detallada la metodología empleada.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo base de índice de forma que mejor se adaptó a la naturaleza de los pares de datos diámetro dominante-altura dominante fue Hossfeld II para todas las especies excepto en el caso del pino laricio, en cuyo caso fue seleccionado el de Bertalanffy-Richards. La Figura 1 muestra las familias de curvas del índice de forma para las cinco especies estudiadas.

En cuanto a los modelos aditivos espaciales, cabe destacar que la altitud de las parcelas fue la variable más determinante en el análisis de la calidad de estación. Las mejores calidades de estación del pino resinero aparecen en altitudes bajas. Este resultado no es sorprendente, ya que concuerda con la autoecología de la especie (Gandullo y Sánchez Palomares, 1994; Álvarez Álvarez et al., 2011). De hecho, Álvarez Álvarez et al. (2011) detectan que la productividad se maximiza a los 513 m de altitud. La

relación del rebollo con la altitud presenta una forma similar a la de una U invertida con una meseta en torno a los 500 y 800 metros. La calidad de estación se reduce a altitudes inferiores a los 500 m y altitudes superiores a los 800 m, aunque la especie siga creciendo hasta los 1200-1350 m. Según Sánchez Palomares et al. (2008) el intervalo altitudinal de esta especie se sitúa entre los 400 y los 1400 m, apareciendo su hábitat óptimo a altitudes inferiores en el norte que en el sur. Se esperarían relaciones similares entre la calidad de estación del pino silvestre, del pino laricio y del haya. Sin embargo, nuestros resultados apuntan a que la calidad de estación de estas tres especies disminuye al incrementarse la altitud, si bien los modelos han sido ajustados en parcelas en las que la especie estudiada presentaba una dominancia mayor del 90 % en área basimétrica, es decir, en parcelas en las que las condiciones ambientales o la acción

humana permiten la persistencia de masas monoespecíficas. Además, la componente espacio-temporal puede absorber parte del efecto de la altitud.

La orientación también jugó un papel importante explicando la variación en la calidad de estación del pino silvestre, el pino laricio, el haya y el rebollo. Las mejores calidades de estación se encontraron en orientaciones situadas al norte, es decir, en umbrías. Este resultado no es sorprendente debido a que ninguna de estas cuatro especies es de temperamento robusto y, además, se ven favorecidas en condiciones de humedad (Gandullo y Sánchez Palomares, 1994; Gandullo et al., 2004; Ruiz de la Torre, 2006; Sánchez Palomares et al., 2008). Finalmente, encontramos una relación débil, aunque significativa, entre la calidad de estación y la pendiente del terreno para el haya. Las mejores calidades de estación aparecen en pendientes entre 20 ° y 30 °, mientras que se ve reducida a medida que aumenta o disminuye la pendiente. Este resultado se justifica porque la distribución de esta especie queda prácticamente restringida a lugares montañosos.

La capacidad predictiva de los modelos aditivos espaciales osciló entre el 38,7 % hasta el 47,9 % en el caso del pino laricio (Tabla 2). Las especies que han mostrado peor capacidad predictiva han sido las dos frondosas, el haya y el rebollo. Esto puede explicarse por el distinto patrón en crecimiento en altura que muestran estas especies cuando se les trata en monte bajo. Otros trabajos desarrollados en España obtuvieron mayor capacidad predictiva. Por ejemplo, los modelos de calidad de estación propuestos por Bueis et al. (2016) para el pino silvestre en el norte de Castilla presentan valores del 71 %, y los modelos de Bravo Oviedo y Montero (2005) alcanzaron valores del 75 % para el pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en el sur de Andalucía. Sin embargo, estos trabajos se llevaron a cabo a escalas más pequeñas: local o regional. De hecho, otros autores (Chen et al., 2002) han advertido de que la capacidad predictiva de los modelos de calidad de estación disminuye a medida que aumenta la escala de trabajo. Por otro lado, la matriz de confusión

Tabla 2. Matriz de confusión para las especies estudiadas

Especie	Capacidad predictiva	Modelo de índice de forma <sup>1</sup>	Modelo aditivo espacial <sup>2</sup>			
			I	II	III	IV
<i>Fagus sylvatica</i>	42,7 %	I	135	270	73	1
		II	34	274	157	13
		III	13	193	220	53
		IV	2	79	209	189
<i>Pinus nigra</i>	47,9 %	I	418	309	72	4
		II	120	388	253	42
		III	31	277	406	89
		IV	6	117	354	326
<i>Pinus pinaster</i>	45,4 %	I	139	121	44	1
		II	37	145	114	10
		III	11	109	159	26
		IV	2	59	133	112
<i>Pinus sylvestris</i>	45,2 %	I	654	464	161	13
		II	197	659	400	36
		III	47	468	664	113
		IV	11	225	696	360
<i>Quercus pyrenaica</i>	38,2 %	I	179	428	113	0
		II	50	373	296	3
		III	19	255	409	39
		IV	11	153	417	142

<sup>1</sup> Calidad de estación observada. <sup>2</sup> Calidad de estación predicha. Calidad de estación: I - Alta; II - Intermedia-alta; III - Intermedia-baja; IV - Baja. Fuente: Moreno Fernández et al. (2018)

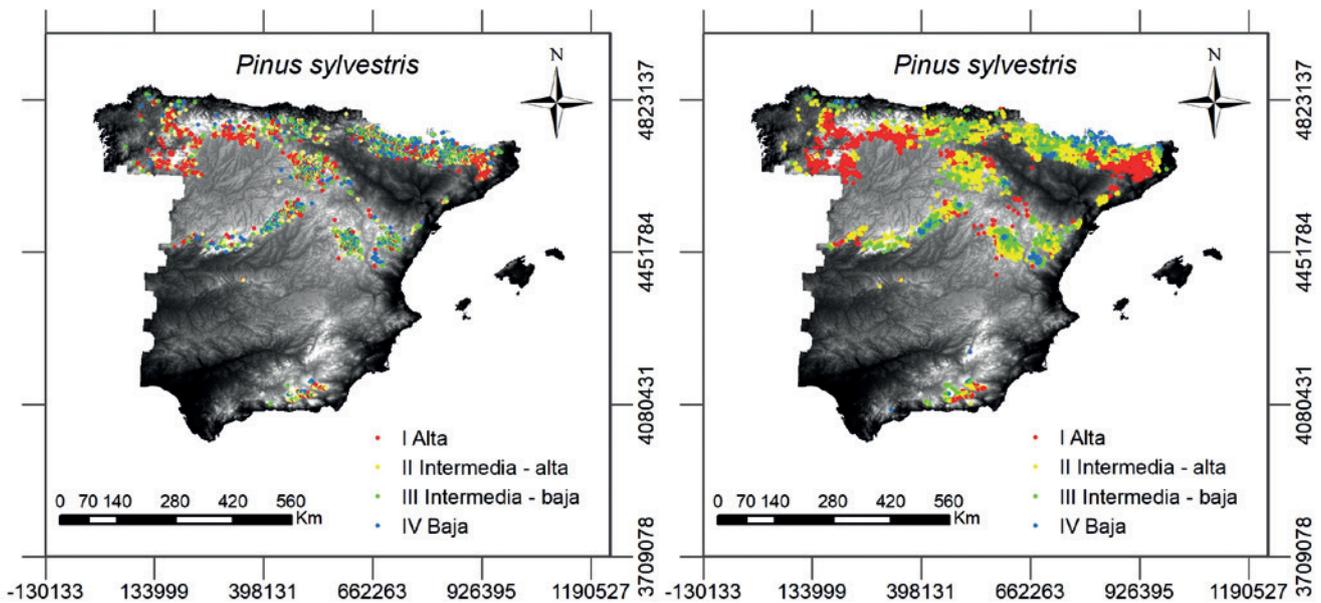


Figura 4. Mapas de calidad de estación para el pino silvestre. A la izquierda, valores observados (parcelas con dominancia mayor del 90 % en área basimétrica). A la derecha, valores predichos en las parcelas con presencia de pies adultos. Fuente: Moreno Fernández et al. (2018)

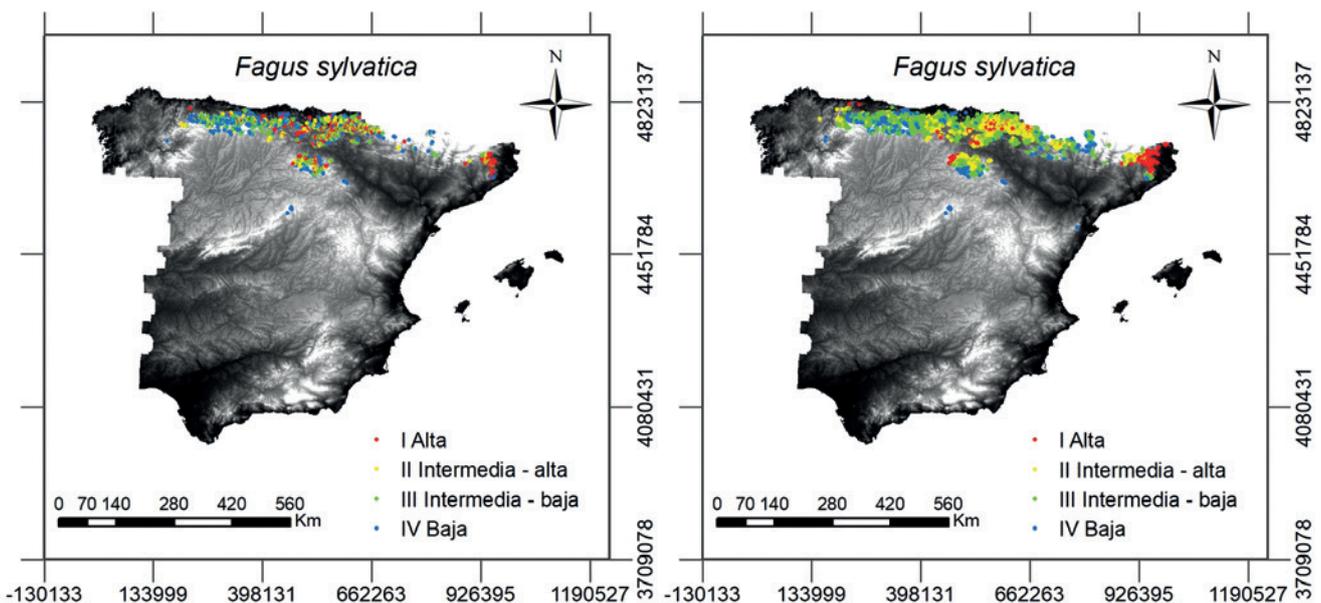


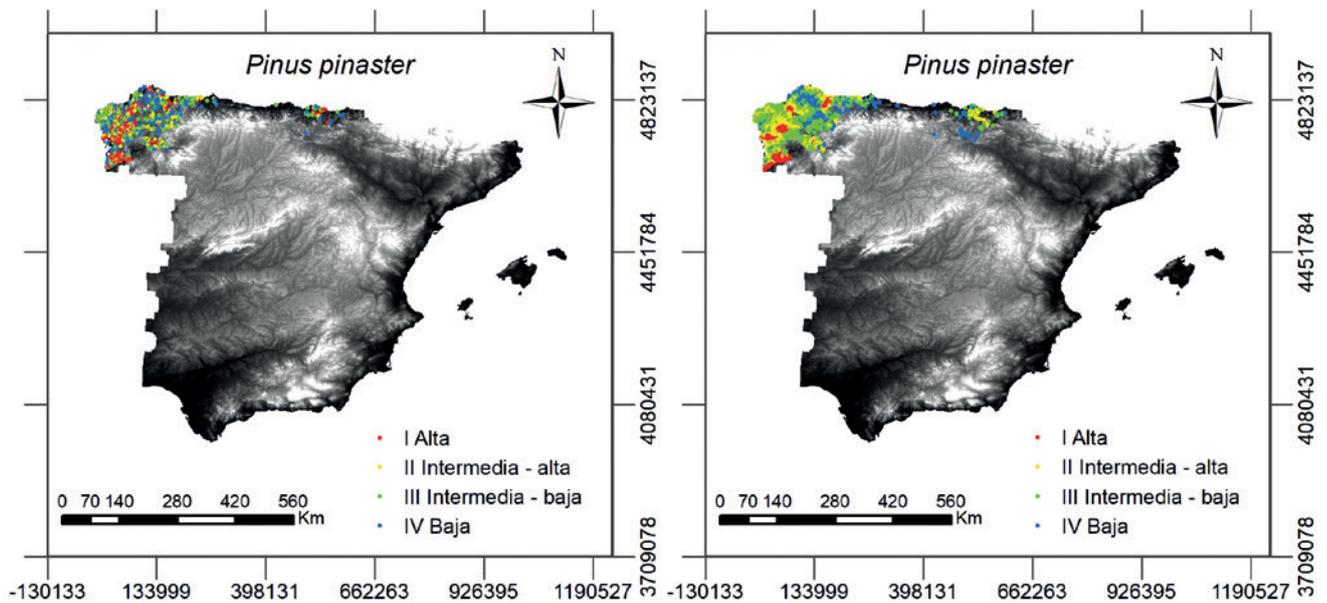
Figura 5. Mapas de calidad de estación para el haya. A la izquierda, valores observados (parcelas con dominancia mayor del 90 % en área basimétrica). A la derecha, valores predichos en las parcelas con presencia de pies adultos. Fuente: Moreno Fernández et al. (2018)

muestra que las parcelas no clasificadas correctamente por los modelos aditivos espaciales son clasificadas, en su mayor parte, en las categorías de calidad de estación adyacentes, disminuyendo la proporción de errores groseros. Además, la correspondencia entre los mapas de calidad de estación observada y los mapas de calidad de estación predicha (Figuras 2, 3, 4, 5 y 6) es clara.

Las Figuras 2, 3, 4, 5 y 6 permi-

ten identificar patrones espaciales de calidad de estación para las cinco especies a escala nacional. Las zonas septentrionales del Sistema Ibérico, el oeste de La Rioja y de los montes Vascos, la cara sur de la cordillera Cantábrica, los montes de Galicia y ciertas áreas del Sistema Central son estaciones con gran productividad para el rebollo (calidad de estación I y II, ver Figura 2). En el caso del pino laricio, las áreas con mayor productivi-

dad aparecen tanto en masas naturales (Prepirineo aragonés y catalán, sur del Sistema Ibérico y algunas localizaciones en los sistemas Béticos) como en las repoblaciones localizadas en el País Vasco y Navarra, en el norte del Sistema Ibérico y en la cordillera Cantábrica (Figura 3). Resultados similares han sido detectados para el pino silvestre (Figura 4). Por su parte, el haya presenta las mejores calidades de estación en las parcelas situadas



**Figura 6.** Mapas de calidad de estación para el pino resinero. A la izquierda, valores observados (parcelas con dominancia mayor del 90 % en área basimétrica). A la derecha, valores predichos en las parcelas con presencia de pies adultos. Fuente: Moreno Fernández et al. (2018)

en Navarra y en el oeste de La Rioja, mientras que las peores calidades de estación se encuentran en las parcelas más meridionales (Figura 5). Son sorprendentes las altas calidades de estación identificadas en el Prepirineo Oriental y Pirineo Oriental para el pino silvestre, pino laricio y las dos frondosas estudiadas. Finalmente, nuestros resultados indican que las mejores calidades de estación para el pino resinero están a bajas altitudes, en Vizcaya, Asturias y, con mayor importancia, en los valles gallegos (Figura 6).

Nuestros resultados pueden ser una importante herramienta para los gestores forestales así como para el

desarrollo de políticas forestales a escala nacional, si bien deben manejarse con cautela en la gestión de montes concretos, debiendo contrastarse con datos locales. Además, la

metodología propuesta hace que dichos resultados puedan ser aplicados en masas con distinta forma principal y en masas con distinta composición de especies.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha financiado por los siguientes proyectos de investigación: AGL2016-76769-C2-1-R y AGL2016-76769-C2-2-R. Daniel Moreno Fernández es beneficiario de un contrato predoctoral de Formación del Profesorado Universitario (FPU13/02113) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. César Pérez Cruzado es beneficiario de un contrato Juan de la Cierva financiado por la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación, y MSCA-EF de la Comisión Europea.

Agradecemos a la editorial Elsevier por autorizar el uso de las figuras incluidas en este trabajo, publicadas originalmente en la revista *Forest Ecology and Management* 417 (2018), en el artículo *National-scale assessment of forest site productivity in Spain* (<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.016>).

#### BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Álvarez P, Khouri EA, Cámara-Obregón A et al. 2011. Effects of foliar nutrients and environmental factors on site productivity in *Pinus pinaster* Ait. stands in Asturias (NW Spain). *Ann. For. Sci.* 68: 497–509.

Bravo-Oviedo A, Montero G. 2005. Site index in relation to edaphic variables in stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in south west Spain. *Ann. For. Sci.* 62: 61–72.

Bravo F, del Río M, Barrio M et al. 2011. Growth and yield models in Spain: historical overview. *For. Syst.* 20: 315–328.

Bueis T, Bravo F, Pando V, Turrión MB. 2016. Relationship between environmental parameters

and *Pinus sylvestris* L. site index in forest plantations in northern Spain acidic plateau. *IForest* 9: 394–401.

Calama R, Gordo FJ, Mutke S, Montero G. 2008. An empirical ecological-type model for predicting stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production in the Northern Plateau (Spain). *For. Ecol. Manage.* 255: 660–673.

Corona P, Dettori S, Filigheddu MR et al. 2005. Site quality evaluation by classification tree: an application to cork quality in Sardinia. *Eur. J. For. Res.* 124: 37–46.

Chen HY, Krestov P V, Klinka K. 2002. Trembling aspen site index in relation to environmental measures of site quality at two spatial scales. *Can. J. For. Res.*

32: 112–119.

Diéguez-Aranda U, Rojo A, Castedo-Dorado F et al. 2009. *Herramientas sostenibles para la gestión forestal sostenible en Galicia*. Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia. Santiago de Compostela

DGCN. 2006. *III Inventario Forestal Nacional*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid

Ferreira A, Lopes F, Pereira H. 2000. Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège dans une région de production. *Ann. For. Sci.* 57: 187–193.

Fu L, Lei X, Sharma R et al. 2017. Comparing height – age and height – diameter modelling approaches for estimating site productivity of natural uneven-

aged forests. *Forestry*. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpx049>.

Gandullo J, Blanco A, Sánchez-Palomares O et al. 2004. *Las estaciones ecológicas de los hayedos españoles*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid

Gandullo J, Sánchez-Palomares O. 1994. *Estaciones ecológicas de los pinares españoles*. ICONA, Madrid

Huang S, Titus SJ. 1993. An index of site productivity for uneven-aged or mixed-species stands. *Can. J. For. Res.* 23: 558–562.

Kiviste A, Álvarez-González JG, Rojo A, Ruiz-González AD. 2002. *Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal*. Monografías INIA: Serie forestal n.º 4, INIA, Madrid.

McLintock TF, Bickford CA. 1957. *A proposed site index for red spruce in the Northeast*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, Upper Darby, PA

Moreno-Fernández D, Álvarez-González JG, Rodríguez-Soalleiro R et al. 2018. National-scale assessment of forest site productivity in Spain. *For. Ecol. Manag.* 417: 197–207.

Ortega A, Montero G. 1988. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revisión bibliográfica. *Ecología* 2: 155–184.

Ruiz de la Torre J. 2006. *Flora mayor*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid

Sánchez-Palomares O, Roig S, del Río M et al. 2008. *Las estaciones ecológicas actuales y potenciales de*

*los rebollares españoles*. Monografías INIA: Serie forestal no 17. INIA, Madrid

Stout BB, Shumway DL. 1982. Site quality estimation using height and diameter. *For. Sci.* 3: 639–645.

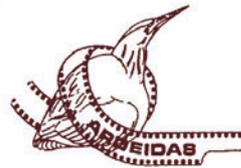
Turtiainen M, Miina J, Salo K, Hotanen JP. 2006. Modelling the coverage and annual variation in bilberry yield in Finland. *Silva Fennica* 50(4): 1573.

Vanclay JK. 1994. *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests*. CAB International, Wallingford

Wang G. 1998. Is height of dominant trees at a reference diameter an adequate measure of site quality? *For. Ecol. Manag.* 112: 49–54.

# FOTO-ARDEIDAS

## banco de imágenes desde 1988



ARCHIVO FOTOGRÁFICO  
PRODUCCIÓN VIDEOGRÁFICA



620 97 20 63  
680 96 72 55  
608 01 42 71



Foto Ardeidas