

Inventarios forestales para el estudio de patrones y procesos en Ecología

P. Ruiz-Benito^{1,*}, R. García-Valdés²

(1) Grupo de Ecología y Restauración Forestal, Departamento de Ciencias de la Vida, Universidad de Alcalá, Edificio de Ciencias, Campus Universitario, 28805 Alcalá de Henares, Madrid.

(2) Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) y Departamento de Biología Animal, de Biología Vegetal y de Ecología. Universidad Autónoma de Barcelona, Campus de Bellaterra. 08193, Cerdanyola del Vallès, España.

* Autor para la correspondencia: Paloma Ruiz-Benito [palomaruibenito@gmail.com]

> Recibido el 21 de noviembre de 2016 - Aceptado el 01 de diciembre de 2016

Ruiz-Benito, P., García-Valdés, R. 2016. Inventarios forestales para el estudio de patrones y procesos en Ecología. *Ecosistemas* 25(3): 1-5. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.01

Evolución histórica e información disponible en los Inventarios Forestales Nacionales

Los inventarios forestales representan, históricamente, un esfuerzo significativo de obtención de información sobre la extensión, el estado y la condición de las superficies forestales en una determinada región (Chirichi et al. 2011). Aunque el diseño de muestreo puede diferir entre las regiones o países, en general los inventarios distribuyen parcelas sistemáticamente a lo largo de amplias extensiones de lo que se considera superficie forestal (es decir, aquellas zonas con cobertura forestal superior a entre el 10% y el 20%). Además, los Inventarios Forestales Nacionales (IFN) suelen planificarse para ser repetidos periódicamente, teniendo de esta forma, no solo una amplia extensión espacial, sino también un importante componente temporal.

Las parcelas de los inventarios forestales suelen ser circulares, relativamente pequeñas (inferiores a 0.5 ha), y dependiendo del país o región, pueden tener un radio fijo o variable (es decir que el radio de cada parcela depende del tamaño del individuo medido). En cada parcela, se muestrean exclusivamente aquellos árboles que superan un determinado diámetro, medido a la altura de pecho (ver Fig. 1). Así, para cada árbol individual considerado se identifica la especie, se mide el diámetro, y en ocasiones la altura u otras características individuales. Por ejemplo, en el IFN español se mide el diámetro de copa de algunos árboles característicos de la zona, mientras que en el Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (IEFC) se miden distintos rasgos funcionales. Si los inventarios se repiten periódicamente se suele anotar qué individuos han muerto, y/o cuales se han incorporado a la masa forestal respecto al inventario anterior. Asimismo, en los inventarios forestales, generalmente, se mide el estado de regeneración de cada especie y clase de tamaño (p. ej. número de individuos menores de 0.30 m de altura), junto con alguna medida de las especies arbustivas (p. ej. cobertura y altura media para cada especie). Las parcelas se suelen localizar espacialmente, por lo que se pueden asociar con datos topográficos y/o climáticos de manera relativamente sencilla, usando p.ej., Sistemas de Información Geográfica.

Los IFN comenzaron a realizarse de una manera sistemática a principios del S. XX en algunos países nórdicos, extendiéndose después a otros países europeos, norteamericanos, y siendo muy comunes en la actualidad (Tomppo et al. 2010). Inicialmente, los IFN tenían como propósito proporcionar información detallada para la mejora de la gestión, planificación y explotación forestal. Específicamente, los IFN tienen la finalidad de: (1) cuantificar la superficie ocupada por bosque; (2) conocer las existencias madereras de cada especie; y (3) monitorizar el estado de salud, y otras características importantes, de las masas forestales. Actualmente, los inventarios forestales cubren un amplio abanico de objetivos a nivel nacional, desde suministrar estadísticas forestales o estudiar la evolución temporal de los bosques, hasta ser una fuente crucial de información para la investigación científica, así como para la concepción de políticas de gestión forestal, y de programas educativos orientados a la mejora del conocimiento medioambiental de la sociedad. La importancia de los IFN ha aumentado en el mundo científico en las últimas décadas, y así el número de artículos científicos que se han publicado usando IFN ha aumentado exponencialmente desde los años 80 (Fig. 2a), siendo especialmente prolíficos países europeos, Estados Unidos y China (Fig. 2b).

Aplicaciones de inventarios forestales para el estudio de patrones y procesos en Ecología

Los bosques son un ecosistema complejo, formado por especies longevas, individuos de gran talla, y que cuenta con una gran diversidad estructural por tamaños. Por ello, experimentar en estos ecosistemas es particularmente difícil, especialmente para un número alto de especies y a escalas temporales largas, que permitan cuantificar procesos clave en los bosques. Por ello, la disponibilidad de información observacional a extensiones espaciales amplias ha permitido avanzar en el conocimiento de aspectos teóricos y aplicados, como p.ej. los efectos del cambio climático sobre los bosques (Sagarin y Pauchard 2009). Además, los inventarios forestales siguen muestreos sistemáticos y suelen cubrir amplios periodos temporales, lo que los convierte en una fuente de información idónea para dar respuesta a algunas de las preguntas clásicas de la ecología.

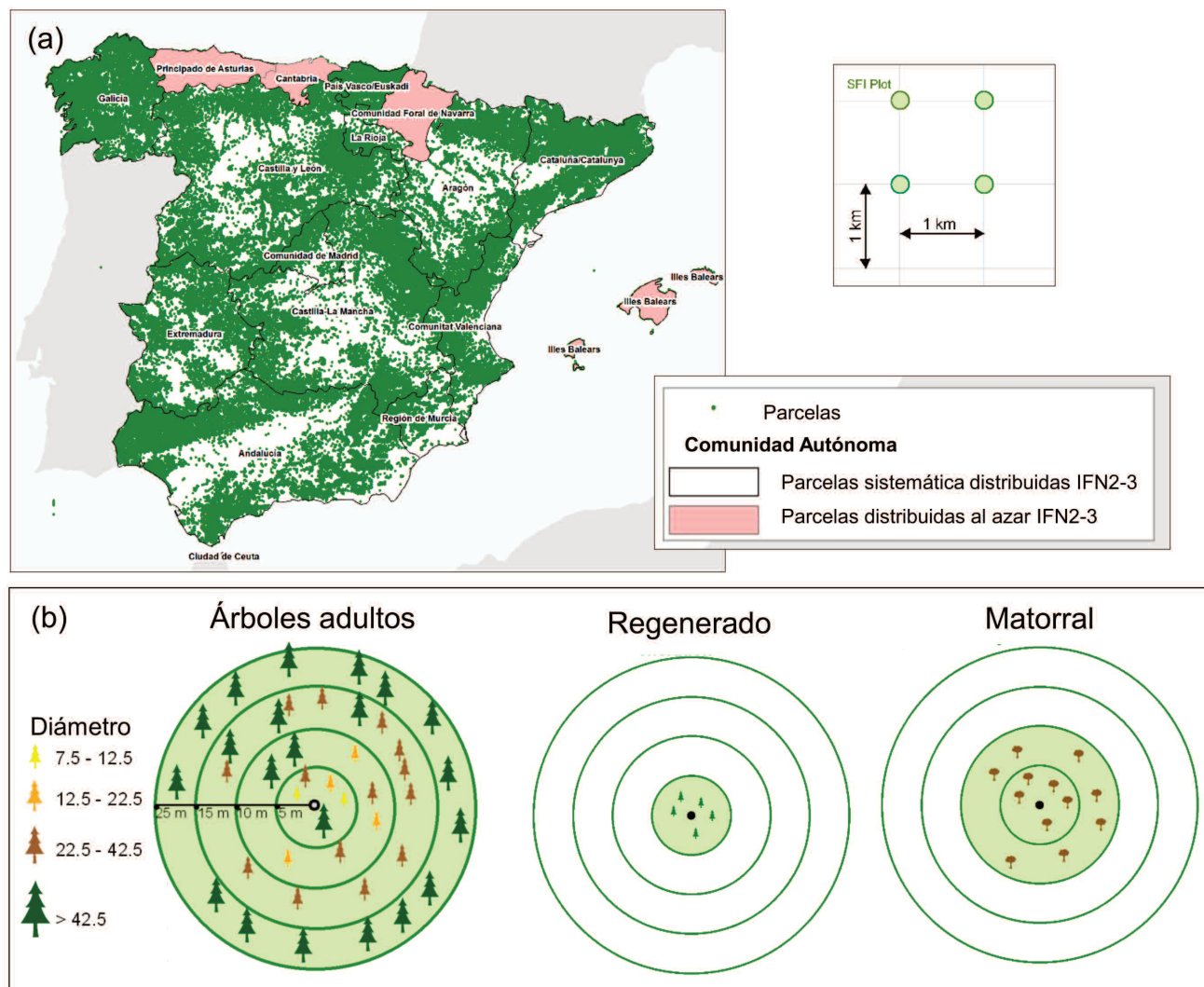


Figura 1. Típico muestreo de Inventario Forestal Nacional (IFN) con radio variable, usando como ejemplo el IFN español: (a) Mapa mostrando la distribución de las parcelas permanentes entre el segundo y tercer IFN (IFN2-3), y (b) muestreo realizado para árboles adultos, regeneración o matorral.

Figure 1. Typical survey of National Forest Inventory (NFI) with a variable radius, using as an example the Spanish NFI: (a) Map showing plot distribution of the permanent plots between the second and third NFI, and (b) sampling performed for adult trees, regeneration and shrubs.

En España, el IFN ha cumplido recientemente 50 años. La primera edición del IFN fue ideada en los años 60 del siglo pasado, y su creación estuvo motivada por la necesidad de estadísticas forestales a nivel nacional. Actualmente, hay disponibles cuatro ediciones del IFN: el IFN1 (1965-1974, interpretación del vuelo americano de 1957), el IFN2 (1986-1996, Mapa de Cultivos y Aprovechamientos 1:50 000), el IFN3 (1997-2007; Mapa Forestal Español 1:50 000) y el IFN4 (2010-actualidad; Mapa Forestal Español 1:25 000). A partir del IFN2 la información entre ediciones es perfectamente comparable a nivel de parcela e individuo, con una distribución regular de las parcelas muestreadas en una malla de 1×1 km (Villaescusa y Díaz 1998). El inventario español es un claro ejemplo de la detallada información que pueden contener los IFN, incluyendo datos relativos a los árboles adultos, a la regeneración, al matorral, y a la parcela muestreada (p.ej. coordenadas, tipo de distribución y manejo). Esta información ha sido fundamental para generar avances en el conocimiento a nivel nacional e internacional sobre el estado y dinámica de los bosques. Se han llevado a cabo estudios sobre el uso sostenible de recursos forestales (Ojea et al. 2012), los cambios en el uso del suelo y fragmentación del bosque (García-Valdés et al. 2015b; Montoya et al. 2008), las características de los bosques plantados *versus* los naturales (Ruiz-Benito et al. 2012), el almacenamiento de carbono (Ruiz-Benito et al. 2014b; Simonson et al. 2016; Vayreda et al. 2012), la invasión por especies exóticas (Hernández et al. 2014b), la demografía de especies arbóreas (Carnicer et al. 2011; Carnicer et al. 2014; Coll et al. 2013;

García-Valdés et al. 2015a; Gómez-Aparicio et al. 2011; Ibáñez et al. 2014; Ruiz-Benito et al. 2013; Vayreda et al. 2013; Vilà-Cabrera et al. 2011), el papel de la diversidad en el funcionamiento de los bosques (Madrigal-González et al. 2016; Ratcliffe et al. 2016a; Ruiz-Benito et al. 2014a; Ruiz-Benito et al. 2016; Vilà et al. 2013), la distribución de las especies arbóreas (Benito-Garzón et al. 2013; García-Valdés et al. 2013; Hernández et al. 2014a; Urbieta et al. 2011; Urli et al. 2014; Vayreda et al. 2016a), las relaciones alométricas entre las especies forestales (Lines et al. 2012), y las interacciones bióticas (Baudena et al. 2015; García-Valdés et al. 2015a; Kunstler et al. 2016).

En este monográfico se pone en valor el inventario forestal como fuente de información fundamental para la sociedad y la ciencia. El presente monográfico cuenta con nueve contribuciones: tres trabajos de investigación, cinco de revisión y una comunicación breve que utilizan inventarios forestales como fuente de datos, a partir de la cual, se estudian diversos patrones y procesos relacionados con la ecología terrestre. Las contribuciones muestran cómo gracias a los inventarios forestales se han estudiado los efectos del cambio climático en la distribución de especies, el estado y el funcionamiento de los bosques; y los efectos de la diversidad inter- e intra-específica y la biología evolutiva en el funcionamiento de los bosques.

Los inventarios forestales suponen una fuente de datos valiosa para estudiar factores subyacentes a la distribución de especies leñosas y efectos potenciales del cambio climático. En el presente

monográfico, Navarro-Cerrillo et al. (2016) analizan la distribución de la regeneración de especies arbóreas y arbustivas en el Parque Natural sierra de Baza, y analizan como ésta podría verse afectada por el cambio climático. Olthoff et al. (2016) estudian las curvas de distribución y características de las especies arbustivas en comparación con las especies arbóreas, a lo largo de un gradiente climático de transición entre el clima templado atlántico y mediterráneo. Palop-Navarro et al. (2016) proponen una nueva metodología para estimar el estado de desarrollo de los bosques en España, haciendo uso de datos obtenidos mediante la tecnología LIDAR (en inglés "Light Detection and Ranging"), y concretamente para identificar los bosques maduros que tienen un especial interés desde el punto de vista de la conservación. Puerta-Piñero (2016), por otro lado, presenta funciones para identificar parcelas del IFN español clasificadas como repoblaciones forestales. Finalmente, García-Valdés y Morales-Castilla (2016) dedican su artículo a presentar posibles herramientas de modelización matemática, que pueden utilizarse en combinación con datos proveniente de los IFN, para estudiar y anticipar los efectos del cambio climático en los bosques.

La composición de las comunidades determina el funcionamiento de los ecosistemas, porque de ella depende cómo se usan los recursos, cómo se produce la biomasa, y cómo se reciclan y descomponen los nutrientes (Cardinale et al. 2012). La disponibilidad de datos observacionales en grandes extensiones espaciales ha permitido avanzar en el conocimiento sobre los efectos de la diversidad inter- e intra-específica en el funcionamiento de los

bosques, y los patrones de distribución espacial de los rasgos funciones. En el presente monográfico contamos con tres revisiones que se centran en estas cuestiones. Ratcliffe et al. (2016b) revisan cómo los IFN han contribuido a avanzar en el conocimiento de los efectos de la diversidad en el funcionamiento de los bosques. Vayreda et al. (2016b) hacen una revisión del IEFEC donde ponen de manifiesto la importancia de medir la variabilidad intra-específica de rasgos funcionales y muestran aplicaciones en el uso del IEFEC para estudios de ecología funcional. Finalmente, Godoy y Rueda (2016) hacen una detallada revisión de cómo los IFN Nacionales pueden servir para responder preguntas en torno a la evolución, el mantenimiento y el funcionamiento de la diversidad de especies.

A pesar del carácter internacional, en este número queremos poner de manifiesto la labor que el Inventario Forestal Nacional ha supuesto para el avance científico en España. Alberdi et al. (2016) dedican su artículo a explicar los objetivos y metodología que ha tenido el IFN español a lo largo de sus distintas ediciones, y reflexionan sobre su grado de adecuación a los estándares internacionales, su evolución en el futuro, y los retos a los que tendrá que enfrentarse.

Futuras tendencias e importancia de crear redes de colaboración a largo plazo

Los inventarios forestales y otras redes observacionales a largo plazo se presentan como una buena fuente de datos complementaria a los experimentos y estudios observacionales para avanzar en cuestiones teóricas, y aplicadas, relacionadas con el funcionamiento de los bosques (von Gadow et al. 2016). Para el estudio de patrones y procesos en Ecología, es fundamental disponer de éste tipo de inventarios que abarquen escalas espaciales y temporales amplias. Por esta razón, han existido diferentes iniciativas internacionales de cara a apoyar la armonización de IFN, en las que se han discutido detalles como, por ejemplo, la definición del concepto de área forestal, el diseño de los inventarios y el esfuerzo de muestreo deseable (Chirici et al. 2011; Tomppo et al. 2010). Los IFN no solo tienen un papel fundamental para informar del estado y evolución de los bosques, sino que tienen la capacidad de aumentar el conocimiento científico, tanto teórico como aplicado, en materias relacionadas con los ecosistemas forestales. Todo este conocimiento es fundamental de cara al diseño de medidas de gestión adaptativa orientadas a superar los retos y amenazas, como el cambio climático, a las que se enfrenta este ecosistema vital en un mundo amenazado por cambios profundos.

Agradecimientos

Como editores invitados queremos agradecerles a todos los autores sus contribuciones, y a todos los revisores su gran esfuerzo en la realización del presente monográfico. Queremos agradecerles especialmente a Carolina Puerta Piñero habernos invitado a realizar este número especial, y también a Luis Cayuela y Leyre Jiménez por la ayuda prestada en la coordinación de la labor editorial. Queremos agradecer también a Miguel A. Zavala, Ignacio Morales Castilla y Enrique Andivia por los comentarios y sugerencias a este artículo. PRB durante la realización de este artículo ha estado financiada por una Juan de la Cierva Formación (FJCI-2014-19921) y por FUNDIVER (MINECO, CGL2015-69186-C2-2-R).

Referencias

- Alberdi, I., Sandoval, V., Condés, S., Cañellas, I., Vallejo, R. 2016. El inventario forestal nacional español, una herramienta para el conocimiento, la gestión y la conservación de los ecosistemas forestales arbolados. *Ecosistemas*. *Ecosistemas* 25(3):88-97. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.10.
- Baudena, M., Sánchez, A., Georg, C.-P., Ruiz-Benito, P., Rodríguez, M.Á., Zavala, M.A., Rietkerk, M. 2015. Revealing patterns of local species

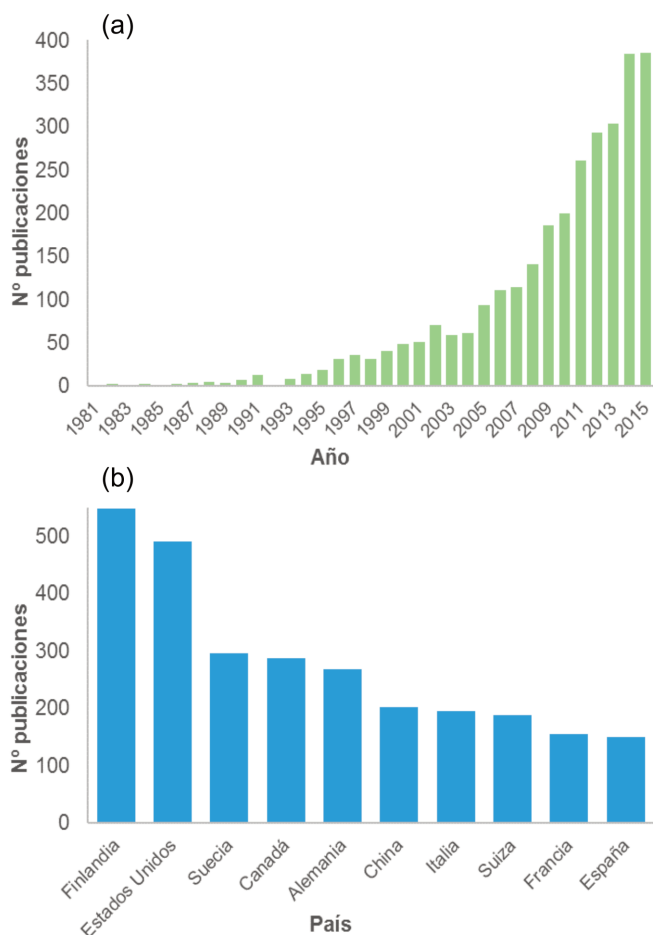


Figura 2. Número de artículos científicos publicados por (a) año y (b) país en revistas internacionales incluidas en Scopus relacionadas con Inventarios Forestales Nacionales desde 1980 hasta 2015. Hemos realizado una búsqueda de palabras clave en el área de TEMA: ("National Forest Inventory").

Figure 2. Per-year number of scientific articles published in international journals (a) per year and (b) per country included in Scopus related to National Forest Inventories from 1980 to 2015. We have done a search of keywords in the topic: ("National Forest Inventory").

- richness along environmental gradients with a novel network tool. *Scientific Reports* 5: 11561.
- Benito-Garzón, M., Ruiz-Benito, P., Zavala, M.A. 2013. Inter-specific differences in tree growth and mortality responses to climate determine potential species distribution limits in iberian forests. *Global Ecology and Biogeography* 22: 1141-1151.
- Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G.M., Tilman, D., Wardle, D.A., Kinzig, A.P., Daily, G.C., Loreau, M., Grace, J.B., Larigauderie, A., Srivastava, D.S., Naeem, S., 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486: 59-67.
- Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sánchez, G., Peñuelas, J. 2011. Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(4): 1474-1478.
- Carnicer, J., Coll, M., Pons, X., Ninyerola, M., Vayreda, J., Peñuelas, J. 2014. Large-scale recruitment limitation in mediterranean pines: The role of *Quercus ilex* and forest successional advance as key regional drivers. *Global Ecology and Biogeography* 23(3): 371-384.
- Coll, M., Peñuelas, J., Ninyerola, M., Pons, X., Carnicer, J. 2013. Multivariate effect gradients driving forest demographic responses in the iberian peninsula. *Forest Ecology and Management* 303(0): 195-209.
- Chirici, G., Winter, S., McRoberts, R. 2011. National forest inventories: Contributions to forest biodiversity assessments. *Managing Forest Ecosystems* Edn., Dordrecht, The Netherlands: Springer Science + Business Media.
- García-Valdés, R., Gotelli, N.J., Zavala, M.A., Purves, D.W., Araújo, M.B. 2015a. Effects of climate, species interactions, and dispersal on decadal colonization and extinction rates of iberian tree species. *Ecological Modelling*, 309-310: 118-127.
- García-Valdés, R., Morales-Castilla, I. 2016. Efectos del cambio climático en los ecosistemas forestales: Integrando inventarios y modelos. *Ecosistemas* 25(3):51-59. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.06.
- García-Valdés, R., Svenning, J.-C., Zavala, M.A., Purves, D.W., Araújo, M.B. 2015b. Evaluating the combined effects of climate and land-use change on tree species distributions. *Journal of Applied Ecology* 52(4): 902-912.
- García-Valdés, R., Zavala, M.A., Araújo, M.B., Purves, D.W. 2013. Chasing a moving target: Projecting climate change-induced changes in non-equilibrium tree species distributions. *Journal of Ecology* 101: 441-453.
- Godoy, O., Rueda, M. 2016. El uso de inventarios forestales para entender la evolución, el mantenimiento, y el funcionamiento de la diversidad de especies. *Ecosistemas* 25(3):80-87. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.09.
- Gómez-Aparicio, L., García-Valdés, R., Ruiz-Benito, P., Zavala, M.A. 2011. Disentangling the relative importance of climate, size and competition on tree growth in iberian forests: Implications for management under global change. *Global Change Biology* 17: 2400-2414.
- Hernández, L., Cañellas, I., Alberdi, I., Torres, I., Montes, F. 2014a. Assessing changes in species distribution from sequential large-scale forest inventories. *Annals of Forest Science* 71(2): 161-171.
- Hernández, L., Martínez-Fernández, J., Cañellas, I., de la Cueva, A.V. 2014b. Assessing spatio-temporal rates, patterns and determinants of biological invasions in forest ecosystems. The case of acacia species in nw Spain. *Forest Ecology and Management* 329: 206-213.
- Ibáñez, B., Ibáñez, I., Gómez-Aparicio, L., Ruiz-Benito, P., García, L.V., Marañón, T. 2014. Contrasting effects of climate change along life stages of a dominant tree species: The importance of soil-climate interactions. *Diversity and Distributions* 20: 872-883.
- Kunstler, G., Falster, D., Coomes, D.A., Hui, F., Kooyman, R.M., Laughlin, D.C., Poorter, L., Vanderwel, M., Vieilledent, G., Wright, S.J., Aiba, M., Baraloto, C., Caspersen, J., Cornelissen, J.H.C., Gourlet-Fleury, S., Hanewinkel, M., Herault, B., Kattge, J., Kurokawa, H., Onoda, Y., Peñuelas, J., Poorter, H., Uriarte, M., Richardson, S., Ruiz-Benito, P., Sun, I.F., Ståhl, G., Swenson, N.G., Thompson, J., Westerlund, B., Wirth, C., Zavala, M.A., Zeng, H., Zimmerman, J.K., Zimmermann, N.E., Westoby, M. 2016. Plant functional traits have globally consistent effects on competition. *Nature* 529(7585): 204-207.
- Lines, E.R., Zavala, M.A., Purves, D.W., Coomes, D.A. 2012. Predictable changes in aboveground allometry of trees along gradients of temperature, aridity and competition. *Global Ecology and Biogeography* 21(10): 1017-1028.
- Madrigal-González, J., Ruiz-Benito, P., Ratcliffe, S., Calatayud, J., Kändler, G., Lehtonen, A., Dahlgren, J., Wirth, C., Zavala, M.A. 2016. Complementarity effects on tree growth are contingent on tree size and climatic conditions across Europe. *Scientific Reports* 6: 32233.
- Montoya, D., Zavala, M.A., Rodriguez, M.A., Purves, D.W. 2008. Animal versus wind dispersal and the robustness of tree species to deforestation. *Science* 320(5882): 1502-1504.
- Navarro-Cerrillo, R.M., Clavero, I., Lorenzo Vidaña, A., Quero, J.L., Duque-Lazo, J. 2016. Integración de datos de inventario y modelos de hábitat para predecir la regeneración de especies leñosas mediterráneas en repoblaciones forestales. *Ecosistemas* 25(3):6-21. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.02.
- Ojea, E., Ruiz-Benito, P., Markanda, A., Zavala, M.A. 2012. Wood provisioning in mediterranean forests: A bottom up spatial valuation approach. *Forest Policy and Economics* 20: 78-88.
- Olthoff, A.E., Martínez-Ruiz, C., Alday, J.G. 2016. Curvas de respuesta de las especies forestales a lo largo de un gradiente ambiental atlántico-mediterráneo: Una aproximación a partir de datos del tercer inventario forestal nacional. *Ecosistemas* 25(3):22-34. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.03.
- Palop-Navarro, E., Bañuelos, M.J., Quevedo, M. 2016. Combinando datos lidar e inventario forestal para identificar estados avanzados de desarrollo en bosques caducifolios. *Ecosistemas* 25(3):35-42. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.04.
- Puerta-Piñero, C. 2016. Identificación y evaluación de repoblaciones forestales mediante el inventario forestal nacional español. *Ecosistemas* 25(3):43-50. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.05.
- Ratcliffe, S., Liebergesell, M., Ruiz-Benito, P., Madrigal González, J., Muñoz Castañeda, J.M., Kändler, G., Lehtonen, A., Dahlgren, J., Kattge, J., Peñuelas, J., Zavala, M.A., Wirth, C. 2016a. Modes of functional biodiversity control on tree productivity across the european continent. *Global Ecology and Biogeography* 25(3): 251-262.
- Ratcliffe, S., Ruiz-Benito, P., Kändler, G., Zavala, M.A. 2016b. Retos y oportunidades en el uso de inventarios forestales nacionales para el estudio de la relación entre la diversidad y el aprovisionamiento de servicios ecosistémicos en bosques. *Ecosistemas* 25(3):60-69. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.07.
- Ruiz-Benito, P., Gómez-Aparicio, L., Paquette, A., Messier, C., Kattge, J., Zavala, M.A. 2014a. Diversity increases carbon storage and tree productivity in Spanish forests. *Global Ecology and Biogeography* 23(3): 311-322.
- Ruiz-Benito, P., Gómez-Aparicio, L., Zavala, M.A. 2012. Large scale assessment of regeneration and diversity in mediterranean planted pine forests along ecological gradients. *Diversity and Distributions* 18(11): 1092-1106.
- Ruiz-Benito, P., Lines, E.R., Gómez-Aparicio, L., Zavala, M.A., Coomes, D.A. 2013. Patterns and drivers of tree mortality in iberian forests: Climatic effects are modified by competition. *PLoS ONE* 8(2): e56843.
- Ruiz-Benito, P., Madrigal-González, J., Ratcliffe, S., Coomes, D.A., Kändler, G., Lehtonen, A., Wirth, C., Zavala, M.A. 2014b. Stand structure and recent climate change constrain stand basal area change in european forests: A comparison across boreal, temperate and mediterranean biomes. *Ecosystems* 17: 1439-1454.
- Ruiz-Benito, P., Ratcliffe, S., Jump, A.S., Gómez-Aparicio, L., Madrigal-González, J., Wirth, C., Kändler, G., Lehtonen, A., Dahlgren, J., Kattge, J., Zavala, M.A. 2016. Functional diversity underlies demographic responses to environmental variation across european forests. *Global Ecology and Biogeography*.
- Sagarin, R., Pauchard, A. 2009. Observational approaches in ecology open new ground in a changing world. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(7): 379-386.
- Simonson, W., Ruiz-Benito, P., Valladares, F., Coomes, D.A. 2016. Modelling above-ground carbon dynamics using multi-temporal airborne lidar: Insights from a mediterranean woodland. *Biogeosciences* 13(4): 961-973.
- Tomppo, E., Gschwantner, T., Lawrence, M., McRoberts, R.E. 2010. National forest inventories: Pathways for common reporting. Springer Science + Business Media.
- Urbieta, I., García, L., Zavala, M.A., Marañón, T. 2011. Mediterranean pine and oak distribution in the southern of Spain: Is there a mismatch between regeneration and adult distributions? *Journal of Vegetation of Science* 22(1): 18-31.
- Urli, M., Delzon, S., Eyermann, A., Couallier, V., García-Valdés, R., Zavala, M.A., Porté, A.J. 2014. Inferring shifts in tree species distribution using asymmetric distribution curves: A case study in the iberian mountains. *Journal of Vegetation Science* 25: 147-159.

- Vayreda, J., Gracia, M., Canadell, J.G., Retana, J. 2012. Spatial patterns and predictors of forest carbon stocks in western mediterranean. *Ecosystems* 15(8): 1258-1270.
- Vayreda, J., Gracia, M., Martínez-Vilalta, J., Retana, J. 2013. Patterns and drivers of regeneration of tree species in forests of peninsular spain. *Journal of Biogeography* 40(7): 1252-1265.
- Vayreda, J., Martínez-Vilalta, J., Gracia, M., Canadell, J.G., Retana, J. 2016a. Anthropogenic-driven rapid shifts in tree distribution lead to increased dominance of broadleaf species. *Global Change Biology* 22: 3984-3995.
- Vayreda, J., Martínez-Vilalta, J., Vilà-Cabrera, A. 2016b. El inventario ecológico y forestal de cataluña: Una herramienta para la ecología funcional. *Ecosistemas* 25(3):70-79. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-3.08.
- Vilà-Cabrera, A., Martínez-Vilalta, J., Vayreda, J., Retana, J. 2011. Structural and climatic determinants of demographic rates of scots pine forests across the iberian peninsula. *Ecological Applications* 31(4): 1162-1172.
- Vilà, M., Carrillo-Gavilán, A., Vayreda, J., Bugmann, H., Fridman, J., Grodzki, W., Haase, J., Kunstler, G., Schelhaas, M., Trasobares, A. 2013. Disentangling biodiversity and climatic determinants of wood production. *PLoS One* 8(2): e53530.
- Villaescusa, R., Díaz, R. 1998. Segundo inventario forestal nacional (1986-1996). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, ICONA.
- von Gadow, K., Zhao, X.H., Tewari, V.P., Zhang, C.Y., Kumar, A., Corral Rivas, J.J., Kumar, R. 2016. Forest observational studies: An alternative to designed experiments. *European Journal of Forest Research* 135: 417-431.