

Cambio global en acción: patrones e implicaciones de la expansión y densificación de los bosques de sabina albar en el Parque Natural del Alto Tajo

Belén Acuña-Míguez, Andrés Bravo-Oviedo, Raquel Benavides, Jesús Villellas, Irene Martín-Forés,
Fernando Valladares

El grupo de Ecología y Cambio Global del Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC llevamos más de quince años trabajando en el Parque Natural del Alto Tajo con el objetivo de comprender los impactos del cambio global (cambio climático, cambios de uso del territorio etc.) en los principales ecosistemas del parque. Un aspecto importante de los trabajos más recientes es investigar las implicaciones de las relaciones entre las distintas especies forestales y entre los individuos de cada especie para determinar la funcionalidad de los bosques, así como entender el efecto del cambio climático sobre estas interacciones entre especies y entre individuos de una especie. Parte de estos estudios se han financiado con proyectos europeos, siendo los más recientes FunDivEUROPE (FP7-ENV-2010. 265171), cuyo objetivo fue explorar la relación entre biodiversidad y el funcionamiento ecosistémico en bosques europeos, SPONFOREST (BIODIVERSA-3, PCIN-2016-055), dirigido a analizar las implicaciones del avance, expansión y densificación de los bosques europeos como consecuencia del abandono rural y de cambios en los usos del suelo, y GENTREE (H2020, No. 676876) proyecto europeo para caracterizar la variabilidad genética y fenotípica de especies forestales europeas a lo largo de su área de distribución.

En la actualidad, estamos desarrollando un proyecto del Plan Nacional para analizar la estructura y funcionamiento del bosque mediterráneo en escenarios de cambio climático y abandono rural (COMEDIAS-CGL2017-83170-R), centrándonos en bosques de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.). La sabina albar es una especie endémica del suroeste de la cuenca mediterránea. Los bosques de sabina albar se encuentran protegidos por el programa Red Natura 2000 y tienen la consideración de Hábitat de interés comunitario (9560). Los sabinares ocupan un área aproximada de 11.251,78 ha en el Parque Natural del Alto Tajo, localizadas fundamentalmente sobre parameras jurásicas. El Parque Natural, gracias a sus condiciones climáticas extremas y continentales, ha sido un excelente refugio para este tipo de formación forestal relictas. En la actualidad, debido al cese de actividades agrícolas y ganaderas, los sabinares se están expandiendo, ocupando tierras de cultivo y pastos que han sido abandonados. Así, debido a las singularidades de estas formaciones forestales y a su expansión y densificación actual, la zona del Parque Natural del Alto Tajo ofrece una oportunidad única para estudiar los gradientes de expansión forestal (desde núcleos de bosque maduro hasta áreas recientemente colonizadas) de esta especie (**Fig. 1**) y su respuesta al actual cambio global.

Los objetivos específicos del proyecto COMEDIAS son: i) reconstruir el **proceso de avance y densificación forestal** en sabinares del interior peninsular; ii) cuantificar los cambios que el proceso de avance y densificación producen **sobre las comunidades vegetales y su entorno**; iii) cuantificar el efecto de la expansión y densificación del sabinar sobre las **características de los individuos de sabina albar**; iv) estimar el impacto tanto positivo como negativo de la expansión y densificación sobre los principales **servicios ecosistémicos**; v) sintetizar los resultados relativos al avance y densificación de las masas de sabinar, **comunicarlos y divulgarlos**, y promover actuaciones de **gestión forestal adaptativa** en escenarios de cambio global

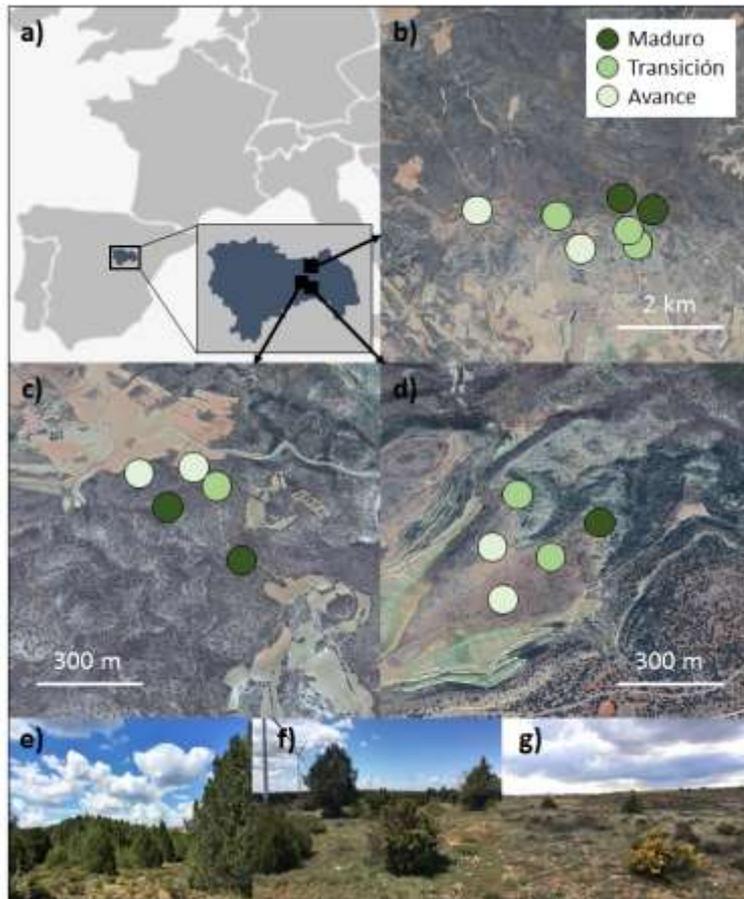


Figura 1. Localización y fotografías de nuestra área de estudio. a) Hemos seleccionado tres zonas en el Parque Natural del Alto Tajo. Nuestras parcelas de estudio fueron clasificadas en diferentes etapas del gradiente de expansión forestal: núcleos maduros de sabinar bien conservado, zonas de transición y frentes de expansión cercanas a tierras de cultivo abandonadas en b) Maranchón, c) Huertahernando y d) Ribarredonda. Las etapas del gradiente difieren en la densidad de árboles de sabinar e) bosque maduro, f) zona de transición y g) frente de expansión. (Figura modificada Villellas *et al* 2020).

Uno de los aspectos analizados ha sido la eficiencia en el uso del agua de los árboles a lo largo del gradiente de expansión forestal. Entender cómo los árboles utilizan el agua a lo largo del gradiente puede ayudarnos a predecir cómo responderán los árboles ante una menor disponibilidad de agua debido al cambio climático. Nuestros resultados mostraron que los árboles de las áreas recientemente colonizadas, los cuales son más jóvenes y de mayor vigor, utilizan el agua de manera más eficiente que los árboles del bosque maduro. De manera que los árboles de las masas maduras del gradiente de expansión forestal podrían estar en riesgo si la cantidad de agua disponible disminuye y, por el contrario, los árboles que se encuentran en las áreas recientemente colonizadas podrían tener una ventaja ante futuros escenarios de cambio climático, gracias a su mayor eficiencia en el uso del agua (Acuña-Míguez *et al.*, en revisión).

Otro aspecto analizado dentro del proyecto han sido los patrones y motores de la diversidad funcional de los árboles a lo largo del gradiente de expansión forestal. Los rasgos funcionales son las características morfológicas y fisiológicas de los individuos con implicaciones en su eficacia biológica. Por ello, el estudio de estos rasgos, así como de la variabilidad entre individuos presente en los gradientes de expansión de sabinar albar, ayudaría a entender la capacidad de respuesta de estos árboles ante un ambiente cambiante y a proponer formas de gestión adaptativa para los bosques dentro del contexto de cambio global. Nuestros resultados

mostraron que las diferencias en rasgos funcionales entre árboles se debían más a la distancia geográfica entre individuos que a diferencias genéticas, sugiriendo la importancia de las condiciones ambientales locales para la diversidad funcional de los sabinares en expansión (Villemas *et al.*, 2020). Una vez analizada la variabilidad funcional a lo largo del gradiente de expansión forestal en las sabinas adultas, estamos estudiando el papel de la ontogenia, es decir, si la variabilidad que se da entre árboles adultos a lo largo de gradiente es consecuencia de una diferenciación temprana en sus características (en juveniles) o más bien tardía ya entre adultos.



Figura 2. Frutos, flores, semillas, adultos y juveniles de sabina albar (*Juniperus thurifera*)

Además, hemos estudiado los patrones espaciales de regeneración del sabinar. Esto permite comprender cómo los individuos juveniles de sabina albar se establecen en el territorio, teniendo en cuenta la densidad y disposición espacial de los individuos adultos, el género de los mismos (machos o hembras), así como la pedregosidad y la vegetación leñosa presente en el terreno circundante. Nuestros resultados muestran que en esta especie predominan los procesos de facilitación intraespecífica, es decir, que los juveniles de esta especie se establecen en zonas cercanas a individuos adultos, debido a que los individuos adultos (especialmente los machos) alivian las duras condiciones climáticas del entorno (Martin-Fores *et al.*, en preparación).

Por otra parte, se ha evaluado el cambio en las contribuciones de la naturaleza a la sociedad asociadas al proceso de expansión y densificación del sabinar. Nuestros resultados muestran un incremento en las contribuciones reguladoras (como por ejemplo regulación del clima derivada del mayor secuestro de carbono en la biomasa arbórea) y materiales (producción de leña y energía derivada). Sin embargo, con respecto a las contribuciones no materiales, la expansión y densificación del sabinar es percibida mayoritariamente como un proceso negativo por parte de diferentes actores sociales, especialmente debido a la pérdida de identidad cultural derivada del abandono de las actividades agrarias (Martin-Fores *et al.*, en revisión).

Además de los estudios llevados a cabo por el grupo, nos encontramos en la actualidad colaborando con la Universidad de Cambridge para el estudio del almacenamiento de carbono cuyos resultados preliminares muestran que la biomasa aérea y, por tanto, el almacenamiento de carbono de estos árboles se ve reducido por la competencia tanto dentro de la especie como entre especies leñosas (Betley *et al.*, en preparación). También estamos colaborando con el Centro de investigaciones Ecológicas y Aplicaciones Forestales (CREAF) para el estudio del crecimiento de los árboles y la densidad de la madera a lo largo del gradiente de expansión. Los resultados

preliminares muestran un mayor crecimiento de los árboles que se encuentran en el frente de avance debido principalmente a una disminución de la densidad arbórea en esta etapa del gradiente (Alfaro-Sánchez *et al.*, en preparación)

Finalmente, se está desarrollando una tesis doctoral cuyo objetivo principal es estudiar el funcionamiento y los servicios ecosistémicos de regulación del bosque de sabina albar en diferentes etapas del gradiente de expansión integrando los procesos de la parte aérea de la planta con los de la parte subterránea (raíces y suelo). Los objetivos específicos de la tesis son: i) cuantificación del almacenamiento de carbono en los diferentes componentes del bosque (árboles, especies leñosas presentes en el bosque, suelo mineral y hojarasca fresca y en proceso de humificación); ii) efecto de la expansión y densificación del bosque en el almacenamiento de carbono, gracias a la información del Inventario Forestal Nacional); iii) aporte y reciclado de nutrientes a lo largo del gradiente, estimando la tasa de caída y descomposición de hojarasca; iv) la actividad y diversidad microbiana y v) el efecto de la sequía en el crecimiento del tronco y la raíz de los árboles. Así, esta tesis contribuirá a entender los efectos de la expansión y densificación de los bosques sobre el almacenamiento de carbono, el ciclo de nutrientes y el crecimiento de los árboles de una manera más integrada.

Referencias:

Acuña-Míguez, B., Valladares, F., Martín-Forés, I. Reduced water use efficiency at mature stages of *Juniperus thurifera* expansion gradient: potential risk under future climate change scenarios. *Forests* (en revisión).

Alfaro-Sánchez, R., Espelta, J.M., Valladares, F., Acuña-Míguez, B. & Martín-Forés, I. (in prep) Not everything is about sex: forest densification patterns instead of tree gender affect secondary growth and response to climate in a dioecious tree species. To be submitted to *Journal of Ecology*

Bentley, L., Forner Sales, A., Martín-Forés, I., Khoury, S., Valladares, F. & Coomes, D.A. (in prep) Implications of changing ecological context for the growth of a priority habitat species.

Martín-Forés, I., Bastías, C.C., de la Cruz, M., Acuña-Míguez, B., Magro, S., Valladares, F. (in prep) Facilitation plays a differential role in recruitment patterns along a forest expansion gradient. To be submitted to *Ecography*.

Martín-Forés, I., Magro, S., Bravo-Oviedo, A., Alfaro-Sánchez, R., Frei, T., Valdés-Correcher, E., Rodríguez Fernández-Blanco, C., Gerzabek, G., González-Martínez, S.C., Winkel, G., Hampe, A. & Valladares, F. Changes in nature's contributions to people associated with spontaneous forest expansion and densification in temperate Europe. *People and Nature* (en revisión)

Villellas, J., Martín-Forés, I., Mariette, S., Massot, M., Guichoux, E., Acuña Míguez, B., Hampe, A., Valladares, F. (2020). Functional distance is driven more strongly by environmental factors than by genetic relatedness in *Juniperus thurifera* L. expanding forest stands. *Annals of Forest Science*, 77: 66.