



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Integración de variables sociodemográficas en las dinámicas de expansión y densificación de los bosques de sabina albar.

ACUÑA-MÍGUEZ, B.^{1,2}, CONCEPCIÓN, E.D.¹, VALLADARES, F.^{1,3}, MAS BARREIRO, A.¹, y BRAVO-OVIEDO, A.¹

¹ Departamento de Biogeografía y Cambio Global, Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC), 28006, Madrid, España

² Escuela Internacional de Doctorado, Universidad Rey Juan Carlos, 28933, Móstoles, Madrid, España

³ Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, Área de Biodiversidad y Conservación, Universidad Rey Juan Carlos, 28933, Móstoles, Madrid, España

Resumen

El cese de actividades agrícolas y ganaderas debido al éxodo rural es una de las principales causas del aumento de la cobertura forestal en Europa. Aunque esta explicación ha sido muy extendida, existen pocos estudios que integren el efecto de la dinámica de poblaciones humanas en la expansión y densificación forestal. El objetivo de este trabajo es analizar y cuantificar los efectos directos e indirectos de diferentes variables climáticas y poblacionales sobre el crecimiento de los bosques de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la provincia de Guadalajara (España). Para cuantificar estos efectos ajustamos modelos de ecuaciones estructurales a datos procedentes del Inventario Forestal Nacional y del Instituto Nacional de Estadística. Este trabajo es pionero en comprender y cuantificar el efecto del abandono rural sobre la dinámica de densificación de este tipo de bosque.

Palabras clave

Abandono rural; despoblación; inventario forestal nacional; *Juniperus thurifera*.

1. Introducción

Los cambios en la cobertura (atributos biofísicos de la superficie terrestre) y usos del suelo (el uso que los seres humanos hacen de dichos atributos) están reconocidos como los principales agentes del cambio global debido a sus interacciones con el clima, procesos ecosistémicos ciclos biogeoquímicos, biodiversidad y actividades humanas (IGBP, 1999) y por ello, juegan un papel importante en el cambio global (IGBP, 1999; Sala et al., 2000).

Rey-Benayas et al. (2007) identificaron 3 principales motores que producían el abandono de los usos tradicionales del suelo: el ecológico (topografía, suelo, erosión y clima), socioeconómico (mercado, despoblación, aspectos tecnológicos, accesibilidad, etc.) y gestión del territorio. En concreto, los factores socioeconómicos son los que controlan los cambios en los usos del suelo mientras que los factores medioambientales determinan el tipo de cambio (Sluiter & De Jong, 2007). Estudios previos muestran que los cambios en los usos del suelo están estrechamente relacionados con la despoblación rural en áreas montañosas de la región Mediterránea (Kosmas et al 2002; (Lasanta et al 2017). Desde la época de los 60 a la actualidad, las áreas destinadas a la agricultura han disminuido significativamente en dicha región (EEA, 2007), siendo la despoblación una de las

principales razones del cese de actividades agrícolas, ganaderas y selvícolas (MacDonald et al., 2000).

Frecuentemente, la despoblación y el abandono de los usos tradicionales del suelo (agricultura y ganadería) promueven una recuperación de la vegetación (Silva et al., 2016; Malandra et al., 2019). Esta regeneración pasiva y espontánea del bosque aumenta diversos servicios ecosistémicos claves de aprovechamiento (producción de madera), regulación (polinización, regulación del clima, limpieza de agua, prevención de inundaciones, control de la erosión, secuestro de carbono) y culturales (Miura et al., 2015; Riis et al., 2020). Entender el efecto que presentan diferentes variables demográficas sobre la recuperación forestal (densificación y/o expansión) se vuelve, por tanto, clave para conocer los cambios que se producirán en los servicios ecosistémicos.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es analizar y cuantificar los efectos directos e indirectos de diferentes variables climáticas y socioeconómicas sobre el crecimiento de los bosques de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) en la provincia de Guadalajara (España).

Nuestra hipótesis es que los municipios con condiciones climáticas más severas (menor precipitación y temperaturas extremas tanto bajas como altas) presentarán una mayor despoblación. Dichas condiciones climáticas afectarán negativamente al incremento del crecimiento de los bosques de sabina albar. Además, la despoblación, como medida de abandono de los usos tradicionales del suelo, incrementará el crecimiento en dichas masas forestales.

3. Metodología

Área y especie de estudio

El área de estudio es la provincia de Guadalajara, España. La provincia de Guadalajara presenta 264 municipios y ocupa 11.303.81 km². Según los datos proporcionados por el INE, el 19.16% de la población (48.861 habitantes) se encuentra dispersa en aproximadamente un 93% de la superficie total de la provincia, lo cual representa una densidad de población 4.30 hab/km². Debido a esta baja densidad de población, la provincia de Guadalajara ha sido definida por algunos autores como la “zona cero de la despoblación en Europa” (Burillo-Cuadrado y Burillo Mozota, 2018).

Juniperus thurifera L., comúnmente conocida como sabina albar, es una especie arbórea de la familia Cupressaceae que puede llegar a medir 20 metros. La mayor parte del área de extensión de esta especie, aproximadamente un 90%, se encuentra en España (Costa et al., 1997), donde *J. thurifera* ocupa unas 600.000 ha del país, de las cuales aproximadamente 117.000 ha son de masas forestales puras de *J. thurifera* (Alonso Ponce et al., 2010). Los bosques de esta especie están recogidos en la Red Natura 2000 como hábitats prioritarios para la conservación y la mayoría de ellos se encuentran en áreas con una alta tasa de abandono rural desde que ha desencadenado su expansión y densificación (Gimeno et al., 2012a)

Base de datos del Inventario Forestal Nacional

El Inventario Forestal Nacional (IFN) español es un proyecto de evaluación y seguimiento de los ecosistemas forestales españoles que presenta como unidad de diseño muestral la provincia (Alberdi et al., 2016). Debido a que el IFN1 presenta una metodología diferente al IFN2 e IFN3, para el presente estudio solo se han tenido en cuenta estos dos últimos inventarios.

Para el presente estudio, se seleccionaron las parcelas del IFN2 e IFN3 que eran masas puras de sabina albar y además eran comparables entre sí (es decir, aquellas parcelas que estaban presentes en ambos inventarios). De dichas parcelas y para los dos inventarios se calculó para la parcela, para los pies incorporados y para los pies muertos el volumen maderable ($m^3 ha^{-1}$) y el área basimétrica ($m^2 ha^{-1}$). Del IFN3, además, obtuvimos el incremento neto del volumen y del área basimétrica para cada parcela. Las parcelas se agruparon por municipios y se tomaron aquellos municipios que presentaban más de dos parcelas muestreadas. Posteriormente, se calculó el crecimiento relativo de Breymann para cada municipio teniendo en cuenta los 10 años entre cada inventario (eq. 1).

$$\text{Crecimiento relativo de Breymann} = (((\text{Vol}_{\text{IFN}3} - \text{Vol}_{\text{IFN}2})/10)/\text{Vol}_{\text{IFN}3}) \times 100 \quad (\text{eq.1})$$

Variables demográficas

Los datos de población por municipio (solo de aquellos municipios con parcelas comparables entre inventarios) del año 1960 al 2004 se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística. Se tomaron los datos desde el año 1960, año en el que se considera que comenzó el proceso de éxodo rural, al 2004, año en el que se completó el muestreo del IFN3 en la provincia de Guadalajara. Con estos datos y teniendo en cuenta la superficie de cada municipio (km^2) se calculó la densidad de población por municipio y año. Se tomó el año 1991 como año más cercano al inicio del IFN2 y el año 2003 como el año más cercano al IFN3. Además, se calculó la tasa de despoblamiento, como la pendiente de la recta entre los años 1960 y 2004.

Variables climáticas

Las variables climáticas para cada parcela del inventario fueron extraídas de la base de datos de WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>), usando un análisis espacial en ArcMap™ 10.5. Usamos aquellas variables que describen tendencias anuales y variabilidad climática. En concreto fueron la temperatura media anual (BIO1), la precipitación anual (BIO12), la estacionalidad de la temperatura (desviación estándar x 100; BIO4) y la precipitación de la estación más seca (BIO17).

Análisis estadístico

Utilizamos modelos de ecuaciones estructurales (SEM, por sus siglas en inglés, Structural Equation Modeling). Analizamos si los incrementos netos en volumen, área basimétrica o el incremento relativo de Breymann es el resultado del efecto directo de diferentes variables climáticas y demográficas (fig. 1). Este tipo de modelos requieren relaciones lineales entre variables y distribuciones normales. Para ello, nuestras variables de estudio fueron transformadas

logarítmicamente. Utilizamos el estadístico de Fisher para evaluar si las relaciones entre las variables eran consistentes con los datos (Lefcheck, 2016; Shipley, 2016).

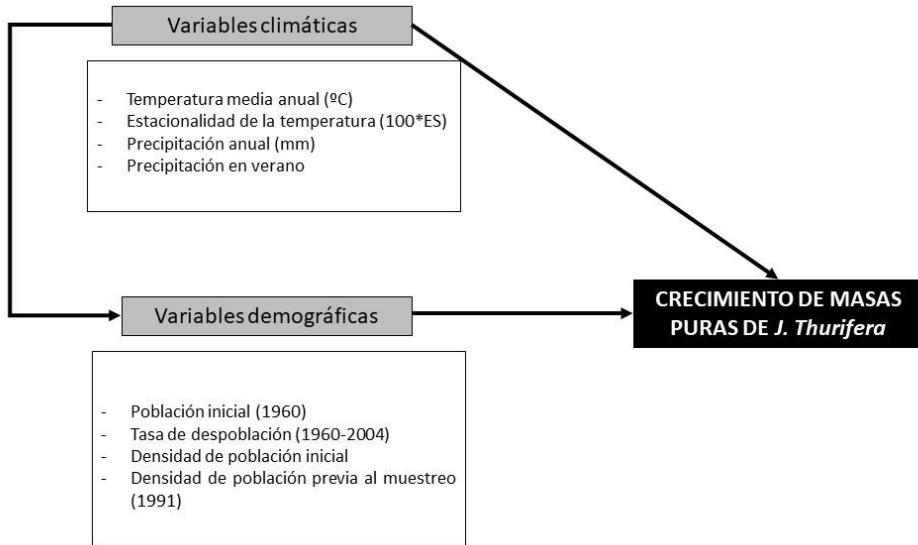


Figura 1. Contextualización de la hipótesis de este estudio: el crecimiento en masas puras de la sabina albar es el resultado de efectos directos de variables climáticas y de diferentes variables poblacionales relacionadas con la despoblación de los municipios.

4. Resultados

Nuestros resultados mostraron que el crecimiento relativo de Breymann en las masas puras de sabina albar viene determinado por un efecto directo negativo de la densidad de población al inicio del periodo de crecimiento. Además, la precipitación en la estación más seca afecta directa y negativamente a la densidad de población en dicho año. Dicha variable climática presenta un efecto positivo e indirecto sobre el crecimiento relativo de Breymann (-2.2264*-0.0105) (fig. 2).

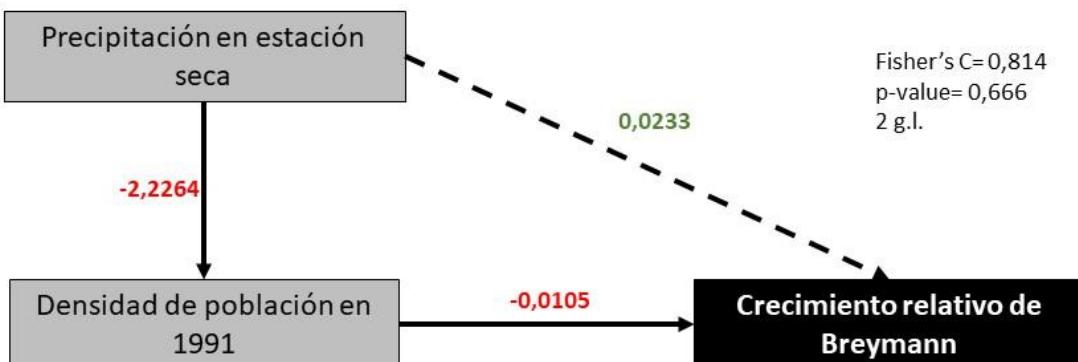


Figura 2. Modelo de ecuación estructural del crecimiento relativo de Breymann en masas puras de J. thurifera predicho por la densidad de población en 1991 y la precipitación en la estación más secas. Los colores en los coeficientes muestran el signo de los efectos. Las líneas continuas muestran efectos directos y la línea discontinua efectos indirectos.

5. Discusión

El incremento en el volumen de madera en las masas puras de sabina albar en la provincia de Guadalajara viene determinado por la densidad de población en el inicio de los muestreos, una menor densidad de población incrementa el crecimiento anual en dichas masas forestales. Además, la densidad de población depende de la precipitación en la estación más seca, a menor precipitación mayor es la densidad de población de los municipios. Una mayor precipitación en la estación más seca aumenta el crecimiento anual de las masas de sabina albar.

En España, se ha observado que las zonas rurales con baja densidad de población donde los servicios e infraestructuras son escasos e ineficientes son las zonas donde hay una mayor tasa de éxodo rural (Perpiña-Castillo et al. 2020). La densidad de población no es un indicador directo de la tasa despoblación, sino que es consecuencia, en un momento determinado, del resultado de un proceso más complejo. En la definición de nuestras hipótesis planteamos que la población inicial en el año 1960 que representaba un máximo en todos los municipios y la tasa de despoblación podrían influir en la densidad de población, sin embargo, este tipo de relaciones no resultó significativo. La incorporación de otras variables como los índices de desarrollo o desigualdad podrían mejorar la capacidad explicativa de nuestro modelo. En este estudio, además, hemos encontrado que municipios con climas más adversos, como son las zonas con una sequía mayor durante el verano, son aquellos menos despoblados. Para entender mejor la relación entre factores climáticos y socioeconómicos, incorporaremos en futuros estudios diferentes provincias donde exista una mayor diferencia en sus condiciones climáticas.

Bruno et al. (2021) mostraron que las zonas con menor densidad de población, donde el éxodo es mayor, es donde se producen los procesos de expansión y densificación de los bosques debido al cese de actividades agrícolas y ganaderas además de silvícolas, por lo que disminuye el uso de leña y madera y existe una sustitución de los recursos forestales por otras fuentes de energía y materiales (Poyatos et al 2003). Este estudio muestra que los municipios con menor densidad de población en 1991 presentan mayor incremento anual del crecimiento en volumen de las parcelas. No hemos encontrado que tasas de despoblación más acusadas presenten diferentes incrementos del crecimiento en volumen de las masas forestales. Esto podría deberse a que este estudio se ha llevado a cabo en solo una provincia de España donde la densidad de población en todos los municipios es baja y las diferencias entre los municipios es pequeña.

Estudios previos ya han mostrado que en masas puras y maduras de sabina albar (como son las que se han utilizado en este estudio) las ratios de crecimiento de los árboles son menores (Alfaro-Sánchez et al 2020). Además, condiciones climáticas favorables, es decir, temperaturas cálidas en primavera y veranos húmedos, aumentan el crecimiento anual de esta especie (Rozas et al. 2009; Gimeno et al. 2012b). Estos resultados concuerdan con los nuestros, al menos para la precipitación en la estación más seca, ya que un aumento de la misma promueve un aumento en el volumen de las masas puras de sabina albar.

6. Conclusiones

Los resultados del presente estudio muestran que existe una relación entre el crecimiento de las masas puras de la sabina albar y la densidad de población de los municipios donde se encuentran dichos bosques. Además, se ha mostrado como las densidades de población en esta provincia viene determinada por factores climáticos.

Futuros estudios incorporarán el uso del suelo en los municipios donde se está produciendo un incremento del crecimiento en los bosques de sabina albar. Además, se añadirán otras provincias donde existe éxodo rural y donde también la sabina albar se está expandiendo y densificando.

7. Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo gracias a la financiación de la Comunidad de Madrid (REMEDINAL TE-CM S2018/EMT-4338) y a la financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (Proyecto CGL2017-83170-R). BAM recibió financiación de un contrato predoctoral del Ministerio de Ciencia (FPI: PRE2018-083584).

8. Bibliografía

ALBERDI, I.; SANDOVAL, V.; CONDÉS, S.; CAÑELLAS, I.; VALLEJO, R; 2016. El inventario Forestal español, una herramienta para el conocimiento, la gestión y la conservación de los ecosistemas forestales arbolados. *Ecosistemas* 25, 88-97

ALFARO-SÁNCHEZ, R.; ESPELTA, J.M.; VALLADARES, F; ACUÑA-MÍGUEZ, B.; MARTÍN-FORÉS, I; 2021 et al. Disentangling the role of sex dimorphism and forest structure as drivers of growth and wood density in expanding *Juniperus thurifera* L. woodlands. *Ann. For. Sci.* 78, 86

ALONSO PONCE, R.; PALOMARES, O.S.; GÓMEZ, S.R.; 2010. Las Estaciones Ecológicas Actuales y Potenciales de los Sabinares Albares Españoles; INIA—Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria: Madrid, Spain

BRUNO, D.; SORANDO, R.; ÁLVAREZ-FARIZO, B.; CASTELLANO, C.; CÉSPEDES, V.; GALLARDO, B.; JIMÉNEZ, J.J.; LÓPEZ, M.V.; LÓPEZ-FLORES, R.; MORET-FERNÁNDEZ, D.; NAVARRO, E.; PICAZO, F.; SEVILLA-CALLEJO, M.; TORMO, J.; VIDAL-MACUA, J.J.; NICOLAU, J.M.; COMÍN, F.A.; 2021. Depopulation impacts on ecosystem services in Mediterranean rural areas. *Ecosyst. Serv.* 52, 101369.

COSTA, M.; MORLA, C.; SÁINZ, H; 1997. Los Bosques Ibéricos: Una interpretación geobotánica. Ed. Planeta, Madrid, España.

EEA. (2007). Land-use scenarios for Europe: Qualitative and quantitative analysis on a European scale. Luxembourg: European Environmental Agency (EEA). EEA Technical report 9/2007.

GIMENO, T. E.; ESCUDERO, A.; DELGADO, A.; VALLADARES, F.; 2012a. Previous land use alters the effect of climate change and facilitation on expanding woodlands of Spanish juniper. *Ecosystems* 15, 564–579.

GIMENO, T.E.; CAMARERO, J.J.; GRANDA, E; PÍAS, B., VALLADARES, F.; 2012b. Enhanced growth of *Juniperus thurifera* under a warmer climate is explained by a positive carbon gain under cold and drought. *Tree Physiol* 32, 326–336.

IGBP (1999) Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Implementation Strategy. IGBP Report No. 48/IHDP Report No 10. Stockholm (Sweden): International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), International Human Dimension Programme on Global Environmental Change (IHDP).

KOSMAS, C.; DANALATOS, N.G.; LÓPEZ-BERMÚDEZ, F.; ROMERO-DÍAZ, M.A.; 2002. The effect of land use on soil erosion and land degradation under Mediterranean conditions. In: Geeson, N.A., Brandt, C.J., Thornes, J.B. (Eds.), *Mediterranean Desertification: A Mosaic of Processes and Responses*. Wiley, Chichester, pp. 57–70.

LASANTA, T.; ARNÁEZ, J.; PASCUAL, N.; RUIZ-FLAÑOO, P.; ERREA, M.P.; LANA-RENAULT, N.; 2017. Space-time process and drivers of land abandonment in Europe. *Catena* 149, 810–823.

LEFCHECK, J.S.; 2016. piecewiseSEM: piecewise structural equation modelling in r for ecology, evolution, and systematics. *Methods Ecol. Evol.* 7, 573–579

MACDONALD, D.; CRABTREE, J.R.; WIESINGER, G.; DAX, T.; STAMOU, N.; FLEURY, P.: ET AL.; 2000. Agricultural abandonment in mountain areas of Europe: environmental consequences and policy response. *J. Environ. Manag.* 59, 47–69.

MALANDRA, F.; VITALI, A.; URBINATI, C.; WEISBERG, P.J.; GARBARINO, M.; 2019. Patterns and drivers of forest landscape change in the Apennines range, Italy. *Reg. Environ. Change* 19 (7), 1973–1985.

MIURA, S.; AMACHER, M.; HOFER, T.; SAN-MIGUEL-AYANZ, J.; ERNAWATI THACKWAY, R.; 2015. Protective functions and ecosystem services of global forests in the past quartercentury. *For. Ecol. Manage.* 352, 35–46.

BURILLO-CUADRADO, M.P.; BURILLO MOZOTA, F.; 2018. Las regiones desfavorecidas de España ante la política de cohesión 2021 – 2027. Monografías Instituto Serranía Celtibérica nº 2

PERPIÑA-CASTILLO, C.; COLL-ALIAGA, E.; LAVALLE, C., MARTÍNEZ-LLARIO, J.C.; 2020. An assessment and spatial modelling of agricultural land abandonment in Spain (2015–2030). *Sustainability* 12: 560

POYATOS, R.; LATRON, J.; LLORENS, P.; 2003. Land use and land cover change after agricultural abandonment. *Mt. Res. Dev.* 23 (4), 362–368.

REY-BENAYAS, J.; MARTINS, A.; NICOLAU, J.M.; SCHULZ, J.J.; 2007. Abandonment of agricultural land: an overview of drivers and consequences. CAB Rev.: Perspect. Agric., Vet. Sci., Nutr. Nat. Resour. 2, 1–14.

RIIS, T.; KELLY-QUINN, M.; AGUIAR, F.C.; MANOLAKI, P.; BRUNO, D.; BEJARANO, M.D.; ET AL.; 2020. Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. *BioScience* 70 (6), 501–514.

ROZAS, V.; DESOTO, L.; OLANO, J.M.; 2009. Sex-specific, age-dependent sensitivity of tree-ring growth to climate in the dioecious tree *Juniperus thurifera*. *New Phytol* 182:687–697.

SALA, O. E.; CHAPIN, F. S.; III; ARMESTO J. J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; ET AL.; 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287, 1770-1774.

SHIPLEY, B; 2016. Cause and Correlation in Biology (Second. ed.), Cambridge University Press, Cambridge

SILVA, R.F.; BATISTELLA, M.; MORAN, E.F.; 2016. Drivers of land change: human-environment interactions and the Atlantic forest transition in the Paraíba Valley, Brazil. *Land Use Policy* 58, 133–144

SLUITER, R.; DE JONG, S.M.; 2007. Spatial patterns of Mediterranean land abandonment and related land cover transitions. *Landscape Ecol.* 22 (4), 559–576.