

Premio Universitario de la SECF a la mejor Tesis Doctoral

Factores determinantes del reclutamiento de encinas (*Quercus ilex*) en mosaicos agroforestales. Dispersión de bellotas por urracas (*Pica pica*) y establecimiento de plántulas

Determining factors of holm oak (*Quercus ilex*) recruitment in agroforestry mosaics. Acorn dispersal by magpies (*Pica pica*) and seedling establishment

Martínez-Baroja, L.^{1,2*}

¹ *Universidad de Alcalá, Forest Ecology and Restoration Group (FORECO),
Departamento de Ciencias de la Vida, Alcalá de Henares, Madrid, Spain*

² *Department of Wildland Resources, College of Natural Resources,
Utah State University, Logan, Utah, 84322, USA*

* Autor de correspondencia: loretomabavi@outlook.es

Resumen

La restauración forestal de tierras agrícolas abandonadas es uno de los grandes retos ecológicos actuales. Diversos factores pueden acelerar o limitar esta restauración en ambientes mediterráneos. El objetivo general de la Tesis Doctoral fue evaluar el efecto de diferentes factores que determinan el reclutamiento de encinas (*Quercus ilex*) en campos agrícolas abandonados, centrándose en la dispersión de bellotas por urracas (*Pica pica*) y el establecimiento de plántulas.

La urraca es una dispersora masiva y efectiva de bellotas. Los adultos reproductores, especialmente los machos, fueron los individuos que más bellotas dispersaron, almacenando el 86% de las bellotas removidas. El almacenamiento de bellotas por la urraca es un proceso jerárquico de toma de decisiones a diferentes escalas espaciales dirigido primero por la territorialidad y después por la preferencia de sitios para esconderlas, seleccionando las zonas aradas antes que la plantación arbórea y estas antes que el herbazal. Esta preferencia de hábitats coincidió con la densidad de plántulas emergidas en ellos.

La depredación de bellotas y plántulas emergidas es el principal factor limitante del reclutamiento de encinas en campos agrícolas abandonados en ambientes mediterráneos. La variabilidad climática interanual, la orientación y la distancia a islotes de encinas plantados para asistir la regeneración natural afectaron a la emergencia y la supervivencia temprana de las plántulas de encinas. Además, redujeron el crecimiento de las hierbas, facilitando indirectamente la emergencia y la supervivencia temprana cerca de los islotes. Los islotes de encinas plantados son una fuente de bellotas clave donde no hay remanentes de vegetación natural.

Palabras clave: *almacenes dispersos de semillas, campos abandonados, interacciones animal-planta, islotes forestales, regeneración natural forestal, sinzoocoria.*

Abstract

Forest restoration of old fields is a major ecological challenge. In Mediterranean environments a variety of factors can either accelerate or limit this restoration. The main objective of this PhD Thesis was to assess the effect of different ecological factors on the recruitment of holm oak (*Quercus ilex*) in old fields. The Thesis focuses on the dispersal of acorns by magpie (*Pica pica*) and the emergence, survival, and establishment of seedlings.

Magpie was a massive and effective acorn disperser. Breeding magpies, especially breeding males, were the main acorn scatter-hoarders, caching 86% of the acorns they remove. The selection of sites to cache acorns by magpie followed a hierarchical decision-making process at different scales driven first by territoriality and then by cache site preferences, with tilled areas selected over tree plantations and tree plantations over old fields for acorn caching. This caching preference matched the density of emerged seedlings across habitats.

Predation of acorns and emerged seedlings is the main limiting factor of holm oak recruitment in Mediterranean abandoned farmland. Inter-annual climatic variation and the orientation and distance to oak islets planted as seed sources to assist natural regeneration in old fields affected oak seedling emergence and early survival. Moreover, islets reduced herbaceous growth, indirectly facilitating seedling emergence and early survival near the islets. Planted oak islets are a key acorn source where there are no remnants of natural vegetation.

Palabras clave: *abandoned fields, forest natural regeneration, plant-animal interactions, seed scatter-hoarding, synzoocory, tree islets.*

1. Introducción

Comprender los factores que determinan el reclutamiento de especies leñosas es esencial para la restauración de tierras agrícolas abandonadas como consecuencia de los cambios de uso del suelo, uno de los componentes del cambio global. Existen factores limitantes que bloquean o ralentizan la restauración forestal de estos campos abandonados en ambientes mediterráneos como la aridez (Andivia *et al.*, 2017; Martínez-Muñoz *et al.*, 2019), la falta de propágulos y sus dispersores (Pons y Pausas, 2007; Rey-Benayas *et al.*, 2008; Gianpasquale y Alberto, 2019), la depredación de semillas, la herbivoría (Gómez, 2003) y la competencia entre plantas (Cuesta *et al.*, 2010; Gavinet *et al.*, 2020). Se desconoce o es poco conocido el papel de algunos animales en estos procesos determinantes del reclutamiento de las plantas, como es la dispersión de semillas (Fig. 1).

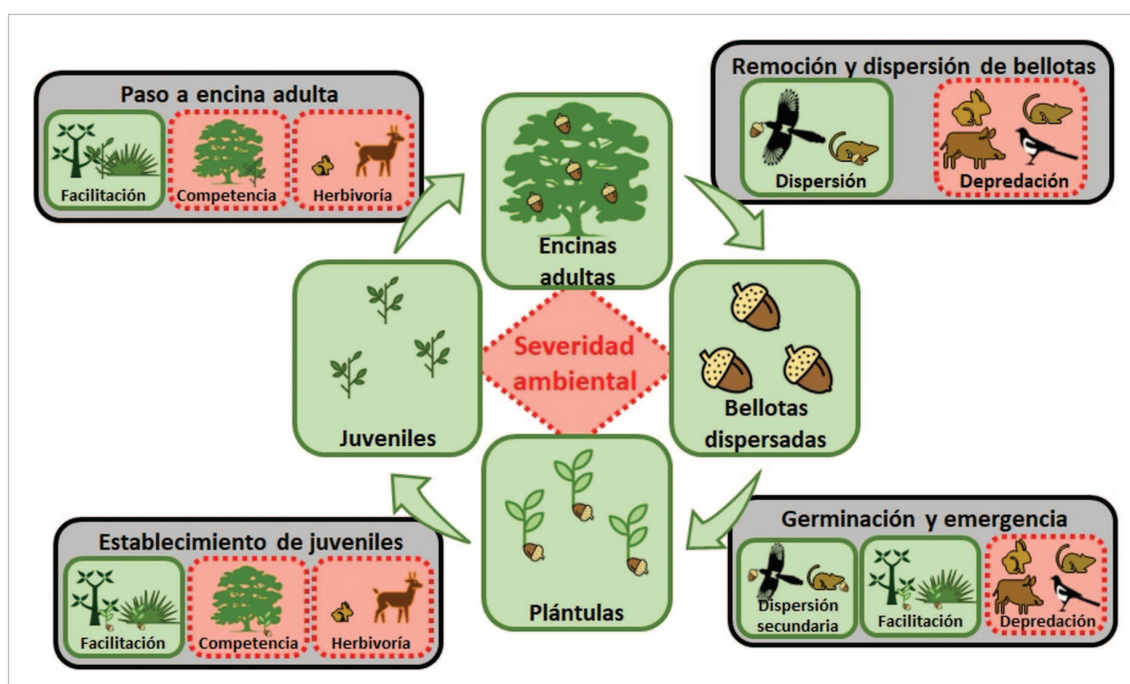


Figura 1. Ciclo de la regeneración de encinas en campos agrícolas abandonados mediterráneos donde la severidad ambiental limita todas las etapas del proceso. Las flechas representan el paso entre los diferentes eventos, desde las bellotas hasta el reclutamiento de las encinas adultas, que a su vez producirán más bellotas. Los cuadros grises representan los principales factores que determinan la transición de una etapa a la siguiente; dentro de ellos, se representan los factores bióticos (en verde y línea continua los que tienen efectos positivos y en rojo y línea discontinua los que tienen efectos negativos). Fuente: elaboración propia con información extraída de los esquemas de Schupp y Fuentes (1995), Wang y Smith (2002), Jordano *et al.* (2008) y Gelmi-Candusso *et al.* (2019). Iconos: Humberto Cesar Pomaro, VM, Cedric Villain, Ray Design, Philipp Lehmann, Mahabbah, DigitalShards de Noun Project y freepik.

Esta Tesis Doctoral se ha centrado en algunas interacciones animal-planta y planta-planta implicadas en procesos clave de la regeneración forestal. Para ello se han identificado, descrito y cuantificado dichos procesos usando como modelo la

encina como especie dispersada y la urraca como especie dispersora. El objetivo general de la Tesis fue evaluar el efecto de distintos factores que determinan el reclutamiento natural de las encinas en campos agrícolas abandonados mediterráneos. Concretamente, esta Tesis se ha centrado en la fase de la dispersión de bellotas (capítulos 1 y 2 de investigación de la Tesis y secciones 2 y 3 de este resumen) y de los procesos post-dispersivos (capítulos 3 y 4 y sección 4). El conocimiento, las ideas y las herramientas de gestión que se aportan tienen un valor aplicado para la restauración forestal.

2. Dispersión masiva y efectiva de bellotas por la urraca

La regeneración y expansión de los bosques de quercíneas en Eurasia depende de la dispersión de bellotas por animales (dispersión zoócora), especialmente del arrendajo euroasiático (*Garrulus glandarius*) (Bossema, 1979; Pesendorfer *et al.*, 2016). Cada arrendajo dispersa miles de bellotas, almacenándolas en escondites (dispersión sinzoócora) de una sola bellota en el suelo para su posterior consumo (scatter-hoarding), de las que una fracción queda sin recuperar por el ave y puede continuar el ciclo de reclutamiento lejos del árbol madre (Bossema, 1979). Sin embargo, en los sistemas agroforestales abiertos donde el arrendajo está ausente, como campos de cultivo abandonados alejados de fuentes de bellotas, también se produce el reclutamiento de quercíneas. En estos sistemas vive la urraca, uno de los córvidos más comunes y ampliamente distribuidos de Eurasia. El género *Quercus* tam-

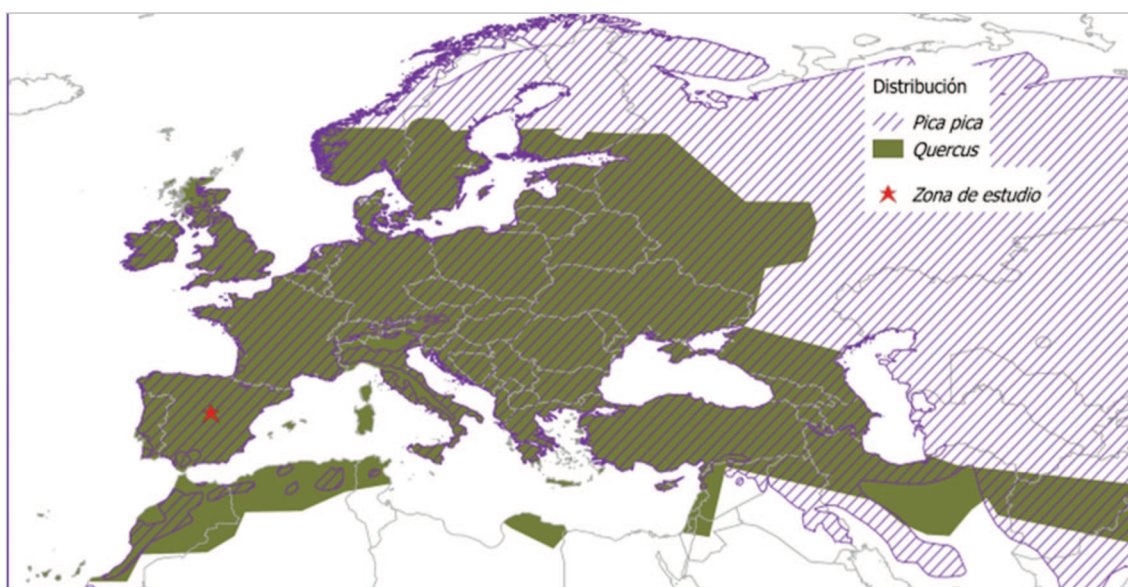


Figura 2. Distribución de la urraca y el género *Quercus* en Europa. La estrella roja muestra la ubicación de nuestro sitio de estudio en el centro de España (dispersión de encina *Q. ilex* y quejigo *Q. faginea*). Fuente de la distribución de las aves: Handbook of the Birds of the World and BirdLife International, 2017. Fuente de la distribución de las quercíneas: Kappelle, 2006; Pesendorfer *et al.*, 2016; Denk *et al.*, 2017. Modificado de Martínez-Baroja *et al.*, 2019.

bién está ampliamente distribuido por el hemisferio Norte, incluidos los ambientes mediterráneos. Ambas distribuciones solapan en gran medida (Fig. 2).

El objetivo de este capítulo fue cuantificar la dispersión de bellotas por urraca a escala de individuo y de población, evaluando su efecto en la emergencia de plántulas. Mediante cámaras de foto-trampeo determinamos que a escala de población la urraca fue la especie que se llevó la mayor parte de la producción anual de bellotas, el 65% de las bellotas de la copa (Video 1) y el 48% de las bellotas del suelo (Video 2). Los radiotransmisores insertados en las bellotas revelaron que las urracas almacenan un 86% de las bellotas que remueven (Video 3). A escala de individuo, los adultos reproductores del nido más cercano fueron los principales dispersores de bellotas (89%). El número de bellotas removidas desde los comederos durante seis semanas dependió del sexo del individuo reproductor, dispersando los machos casi el doble (805 bellotas en promedio, rango 219-1595) que las hembras (487 bellotas, rango 197-747). Teniendo en cuenta estas cifras y el porcentaje de las bellotas que almacenan, una urraca puede llegar a almacenar más de 1300 bellotas durante seis se-

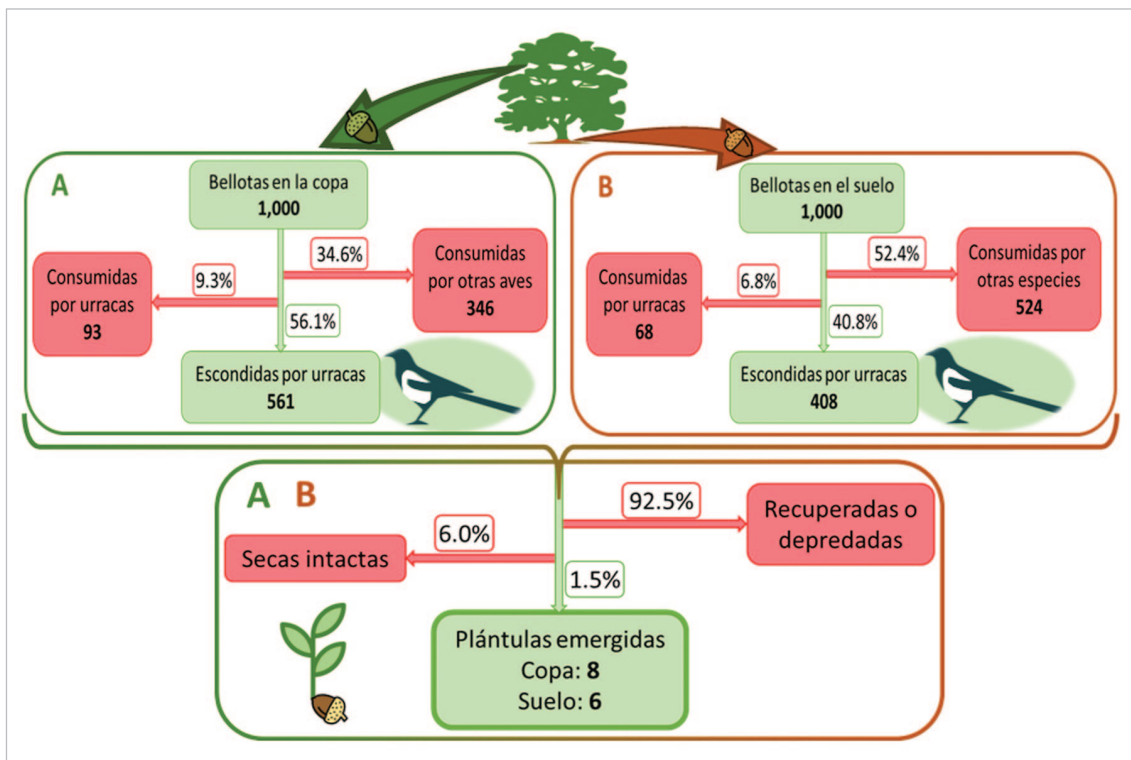


Figura 3. Esquema de vida, que parte de una producción de bellotas repartida en 1000 bellotas en la copa y 1000 en el suelo. La probabilidad (%) de transición entre etapas se muestra junto a las flechas. Considerando las bellotas que se llevan otros animales y las que depredan las urracas, 561 bellotas de las copas y 408 del suelo acabarán escondidas. Teniendo en cuenta las bellotas escondidas que son depredadas y las que se secan, 8 bellotas de las copas y 6 del suelo se convertirían en plántulas. Estos resultados son dependientes del contexto. En el sitio estudiado hay una alta densidad de conejos que depredan tanto las bellotas como las plántulas. Controlando esta densidad, o haciendo este experimento en otros lugares con menor densidad de conejo, el número de plántulas alcanzado podría ser mayor. Modificado de Martínez-Baroja *et al.*, 2019.



manas. La distancia media de dispersión fue de 32.4 m (1.4-210 m), lo que sitúa a la urraca como un dispersor de media-larga distancia (Traveset *et al.*, 2014). Hasta el 2.4% de las bellotas dispersadas por las urracas no fueron recuperadas (*Vídeo 4*) ni depredadas por estas u otros animales, lo que produjo una alta densidad de plántulas de quercíneas (56–439 plántulas/ha). En la *Figura 3* se presentan un esquema de vida de una producción de bellotas repartida en 1000 bellotas en la copa y 1000 en el suelo teniendo en cuenta los principales resultados de esta sección.

3. La territorialidad y las preferencias espaciales del dispersor determinan el patrón espacial del almacenamiento de semillas y afecta a la emergencia de plántulas

Para las plantas con semillas dispersadas por animales que hacen almacenes dispersos (*scatter-hoarders*), la toma de decisiones de los animales cuando almacenan las semillas determina el patrón espacial de dispersión y la “plantilla” inicial del reclutamiento (Alcántara *et al.*, 2000; Rodríguez-Pérez *et al.*, 2012), lo que dirige la regeneración de muchas especies. Sin embargo, no se conocen bien las bases del comportamiento animal que organiza la distribución de semillas en paisajes espacialmente complejos.

El objetivo de este estudio fue determinar la importancia del territorio y la preferencia espacial de almacenamiento de bellotas de encina por las urracas a distintas escalas, mediada por la distancia de dispersión, y si el patrón espacial de dispersión determina el patrón de plántulas emergidas. Mediante radio-seguimiento de bellotas, se observó que las urracas siguieron un proceso jerárquico de toma de decisiones en el que las bellotas fueron almacenadas en el territorio de almacenamiento y este restringió tanto la distancia de dispersión como la disponibilidad de lugares a distintas escalas espaciales de dispersión. A la escala más amplia (hábitat), las urracas prefirieron las zonas aradas antes que el bosque y este antes que el herbazal, siguiendo un gradiente de menor a mayor compactación del suelo (*Fig. 4*). Estas diferencias fueron máximas a distancias cortas o medias, donde se almacenaron la mayor parte de las bellotas, y mínimas a distancias largas.

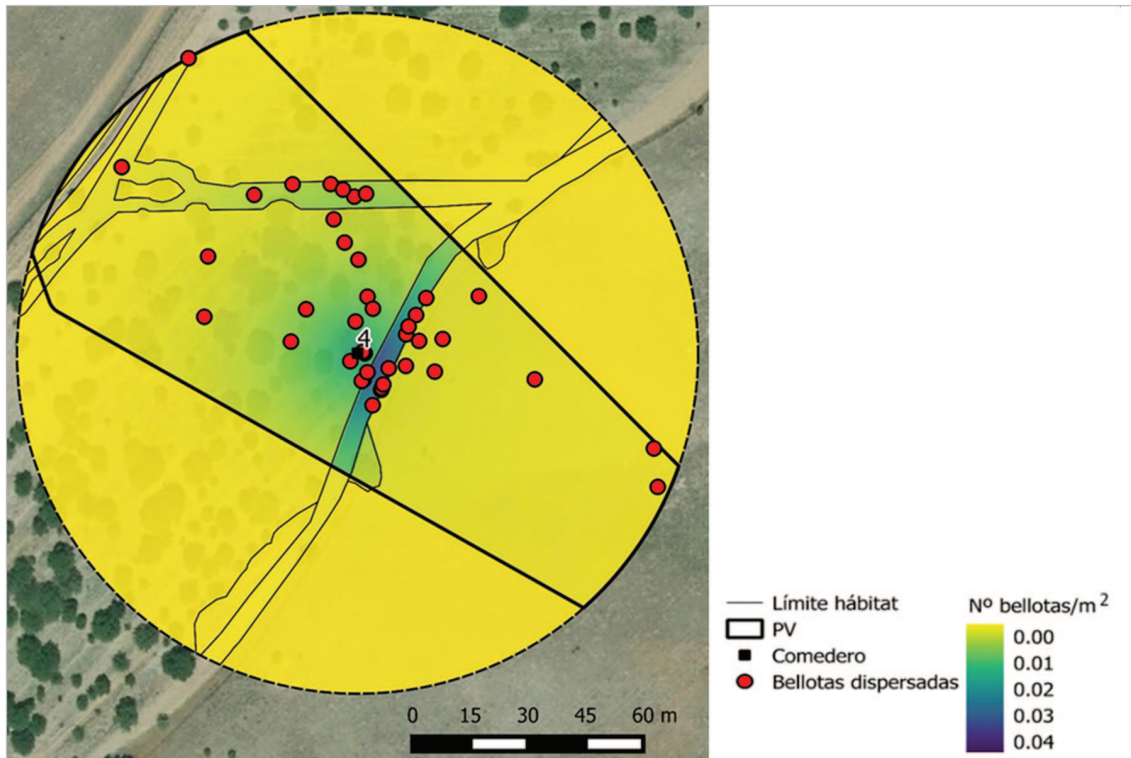


Figura 4. Selección de hábitats (bosquete, cortafuegos y herbazal) por las urracas para dispersar las bellotas con radiotransmisores (puntos rojos) desde uno de los seis comederos estudiados. PV: territorio de almacenamiento. Modificado de Martínez-Baroja *et al.*, 2021.

A escala de sub-hábitat, dentro del bosquete seleccionaron las zonas con mayor productividad vegetal para almacenar bellotas. A escala de micrositio, prefirieron las estructuras hechas por animales, como escarbaduras y letrinas de conejos y hormigueros. En muchos lugares las urracas seleccionaron los materiales menos abundantes como piedras y hojarasca para ocultar las bellotas. Los micrositios y materiales menos abundantes pueden constituir hitos para relocalizar las bellotas almacenadas. Finalmente, las preferencias a escala de hábitat se correlacionaron positivamente con las densidades de plántulas emergidas en los diferentes hábitats en la primavera siguiente.

La territorialidad de las urracas determina indirectamente la emergencia de plántulas y puede determinar el reclutamiento de quercíneas y la regeneración del bosque restringiendo la distancia de dispersión y la disponibilidad de hábitats para el almacenamiento de bellotas. En los territorios ubicados dentro del bosquete, las urracas solo almacenan bellotas dentro del bosquete contribuyendo a la densificación del bosque. En territorios ubicados entre bosquete y herbazal, las urracas también pueden contribuir a la expansión del bosque hacia los campos de cultivo abandonados. Y en el caso de los territorios ubicados en árboles aislados del herbazal contribuirán a la expansión del bosque.

4. La depredación y la aridez ralentizan la expansión de islotes forestales plantados para restaurar tierras de cultivo mediterráneas y la orientación y la distancia a estos afectan a la emergencia y supervivencia de plántulas

Para restaurar campos agrícolas abandonados se propuso el modelo de los “islotes forestales en mares agrícolas”, que es un tipo de nucleación aplicada para favorecer la regeneración forestal mediante pequeños núcleos plantados (Rey-Benayas *et al.*, 2008). Su finalidad es actuar como núcleos de exportación de propágulos y reclutamiento de especies además de la expansión de los propios islotes plantados. De esta manera, los islotes favorecerían la restauración forestal.

El objetivo del capítulo 3 fue analizar la depredación de bellotas de encina y el efecto de la herbivoría, la distancia y la orientación a los islotes forestales en la emergencia y la supervivencia de las plántulas de encina. El objetivo del capítulo 4 fue analizar el efecto de la variación climática interanual, la distancia y la orientación a los islotes forestales y las características del micrositio en la emergencia y la supervivencia de las plántulas y el establecimiento de encinas transcurridos 25 años desde la plantación de los islotes. El 96.9% de las bellotas sembradas sin protectores fueron depredadas, quedando restos de bellotas en el lugar de siembra, y/o removidas con destino incierto (*Fig. 5*). La probabilidad de supervivencia de las plántulas dependió de la protección frente a la herbivoría. El 33.3% de las plántulas protegidas sobrevivió el primer verano, mientras que el resto se secaron. Sin embar-

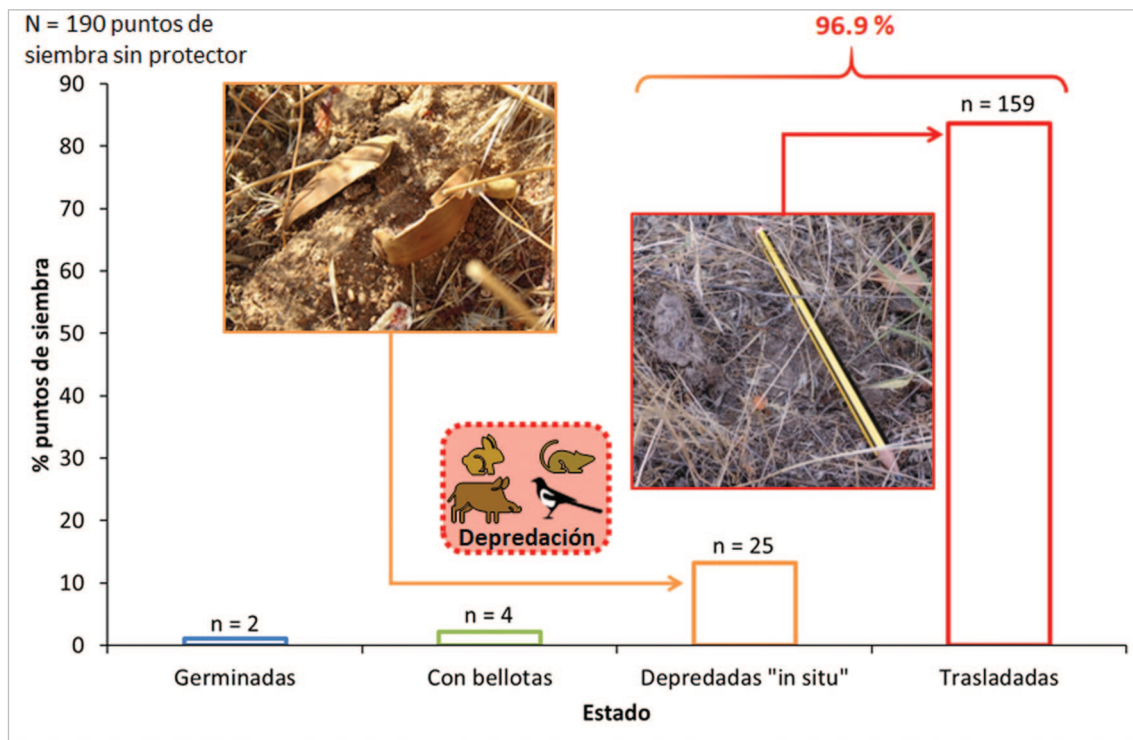


Figura 5. Devenir de las bellotas sembradas sin protector. Las barras naranjas y rojas muestran la proporción de bellotas depredadas y removidas. Datos tomados de Rey Benayas *et al.*, 2015.

go, todas las plántulas a las que se les quitó el protector fueron depredadas. Se demuestra que la depredación post-dispersiva de las bellotas de encina es el principal factor limitante, seguido de la aridez, del reclutamiento de encinas en campos agrícolas abandonados en ambientes mediterráneos.

Existe una marcada variación en la emergencia y en la supervivencia de plántulas debida a la variación climática interanual. Las primaveras lluviosas incrementan el éxito en ambos procesos. Además, la supervivencia se incrementa más si la primavera lluviosa es seguida por veranos lluviosos. Tanto la emergencia como la supervivencia de los puntos de siembra protegidos fueron mayores en micrositios cercanos a los islotes en las orientaciones de los islotes menos expuestas al sol y lejos de los islotes en las orientaciones más expuestas al sol (Fig. 6a y b). La supervivencia de las plántulas emergidas de manera natural fue mayor en las orientaciones menos expuestas al sol y cerca que lejos de los islotes en todas las orientaciones (Fig. 6c). Sin embargo, la tasa de crecimiento no fue afectada por estos factores. La supervivencia de las plántulas fue un 26% menor en los puntos de siembra sin protector frente a aquéllos que sí lo tenían por efecto de la herbivoría.

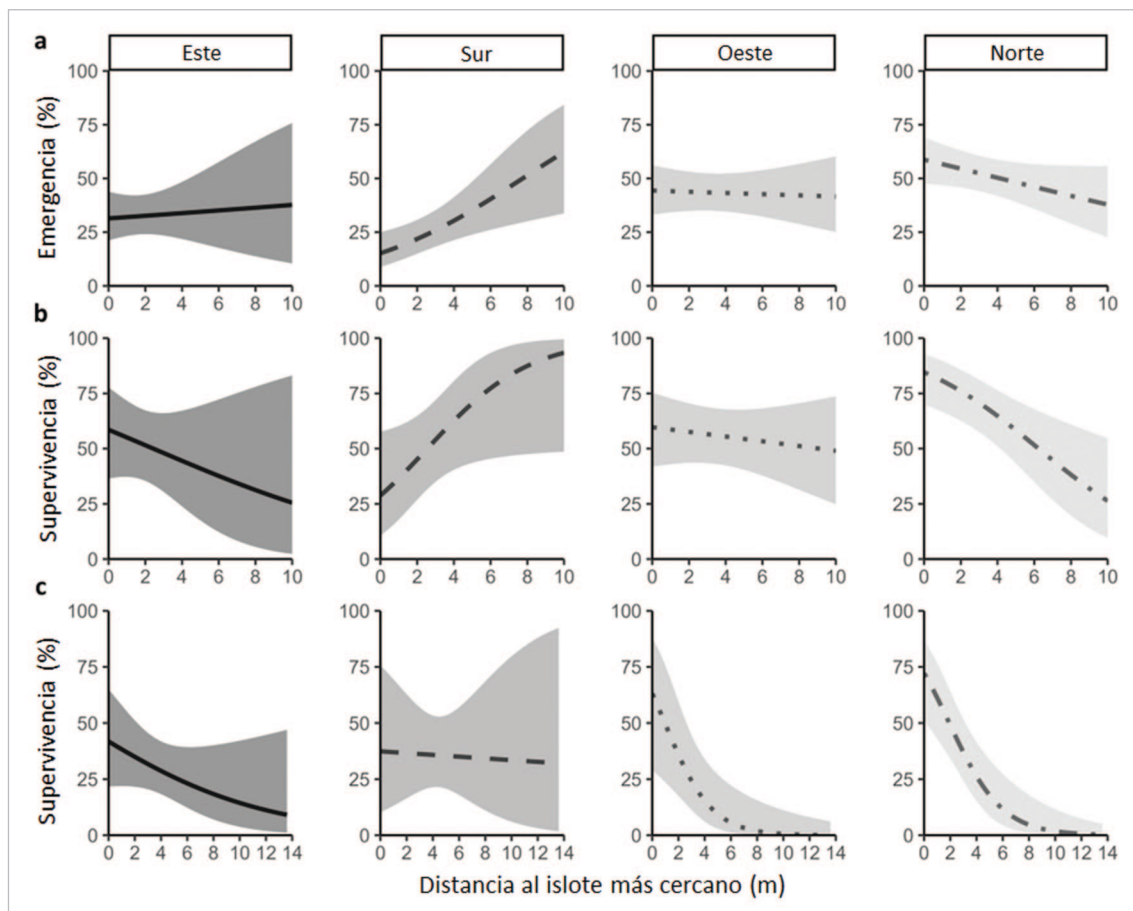


Figura 6. Probabilidad de emergencia (a) y supervivencia (b) en los puntos de siembra y supervivencia de las plántulas emergidas naturalmente (c) en función de las distintas orientaciones y distancias al islote forestal más cercano. Modificado de Martínez-Baroja *et al.*, 2022.

No hubo diferencias significativas en la biomasa herbácea con y sin exclusión de herbívoros, por lo que el anillo con escasa vegetación alrededor de los islotes se debe a la competencia de los islotes establecidos y no a la herbivoría. Los islotes reducen de manera “indirecta” la competencia de las hierbas, lo que puede afectar de manera positiva la emergencia y supervivencia temprana de las plántulas de encinas. Transcurridos 25 años desde la plantación de los islotes forestales de encina se han establecido de manera espontánea 92 nuevos individuos, con una tasa de reclutamiento de 5.7 individuos $\text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ (Fig. 7). Los islotes forestales plantados resultaron efectivos para la restauración pasiva de los bosques mediterráneos en campos agrícolas abandonados.

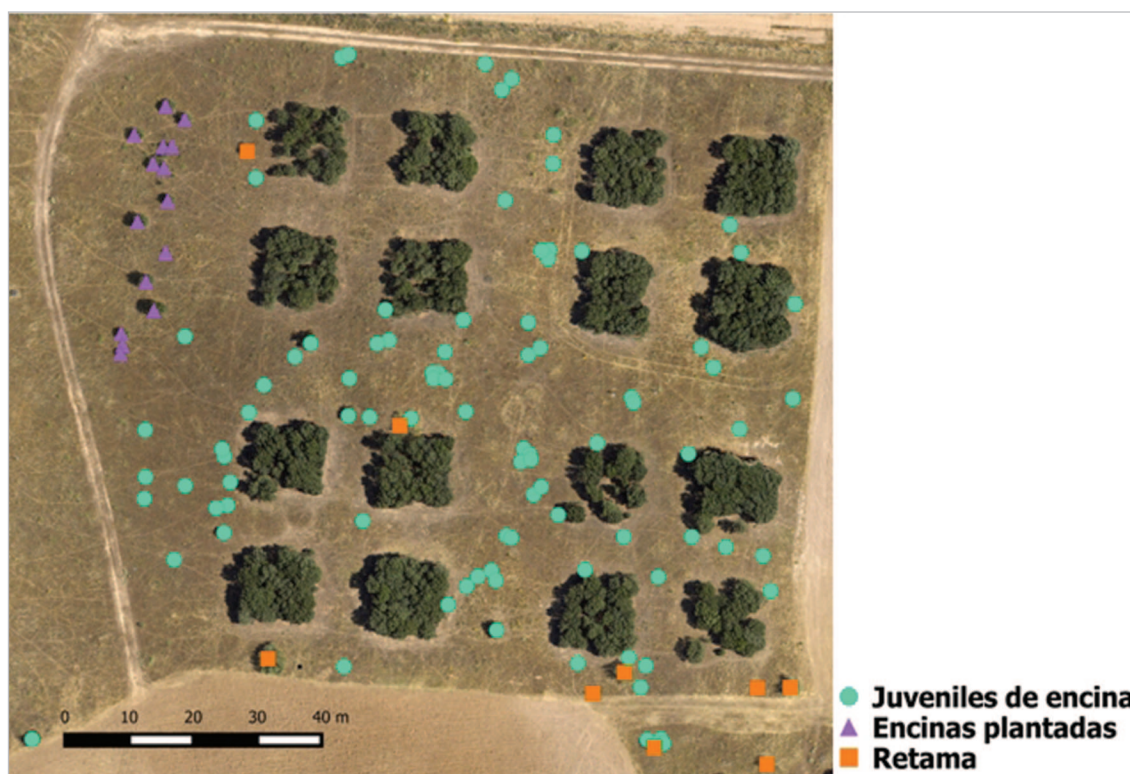


Figura 7. Posición de las 92 encinas reclutadas desde los islotes forestales tras 25 años desde la plantación de los islotes.

5. Conclusiones

La urraca es una dispersora masiva y efectiva de bellotas que puede tener un papel clave en el reclutamiento de quercíneas en sistemas agroforestales abiertos de manera análoga al de los arrendajos en bosques. La toma de decisiones de la urraca para el almacenamiento disperso de semillas es un proceso jerárquico, ya que los lugares de almacenamiento se seleccionan a distintas escalas espaciales determinados por la territorialidad y las preferencias espaciales de almacenamiento.

La regeneración natural de encinas asistida mediante islotes forestales plantados

en campos agrícolas abandonados es lenta debido a la alta depredación de las bellotas, la herbivoría de las plántulas y la sequía durante la primavera y el verano. Los islotes afectaron a la supervivencia de los juveniles en función de la orientación y la distancia. Estos islotes son una herramienta útil para la regeneración natural asistida de bosques de quercíneas en ambientes mediterráneos.

Agradecimientos/Financiación

Me gustaría agradecer la dirección y el apoyo a mis directores de Tesis José María Rey Benayas, Lorenzo Pérez Camacho y Pedro Villar Salvador, a otros coautores de los artículos derivados de esta Tesis y a todas las instituciones y personas que han colaborado con nosotros, tanto en el trabajo de campo como revisando vídeos.

Esta Tesis Doctoral ha sido financiada por una ayuda para contratos predoctorales para la formación de doctores (BES-2015-075276) del Ministerio de Economía y Competitividad. La investigación ha sido financiada por los proyectos CGL2014-53308-P del Ministerio de Economía y Competitividad, PID2019-106806GB-I00 del Ministerio de Ciencia e Innovación, CCG2014/BIO-02 y UAH-GP2019-6 de la Universidad de Alcalá y S2013/MAE-2719 y S2018/EMT-4338 del programa Remedial de actividades de I+D entre grupos de investigación de la Comunidad de Madrid.

6. Bibliografía

- Alcántara, J.M.; Rey, P.J.; Valera, F.; Sánchez-LaFuente, A.; 2000. Factors shaping the seedfall pattern of a bird-dispersed plant. *Ecology* 81: 1937-1950. <https://doi.org/10.2307/177283>
- Andivia, E.; Villar-Salvador, P.; Tovar, L.; Rabasa, S.; Rey Benayas, J.M.; 2017. Multiscale assessment of woody species recruitment in Mediterranean shrublands: facilitation and beyond. *Journal of Vegetation Science* 28: 639-648. <https://doi.org/10.1111/jvs.12520>
- Bossema, I.; 1979. Jays and oaks: an eco-ethological study of a symbiosis. *Behaviour* 70: 1-116. <https://doi.org/10.1163/156853979X00016>
- Cuesta, B.; Villar-Salvador, P.; Puértolas, J.; Rey Benayas, J.M.; Michalet, R.; 2010. Facilitation of *Quercus ilex* in Mediterranean shrubland is explained by both direct and indirect interactions mediated by herbs. *Journal of Ecology* 98: 687-696. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01655.x>
- Denk, T.; Grimm, G.W.; Manos, P.S.; Deng, M.; Hipp, A.L.; 2017. An updated infrageneric classification of the oaks: review of previous taxonomic schemes and synthesis of evolutionary patterns. En Gil-Pelegrín, E., Peguero-Pina, J. J., Sancho-Knapik, D. (eds.), *Oaks physiological ecology. Exploring the functional diversity of genus Quercus L.*, pp. 13-38. Springer International Publishing, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5_2
- Gavinet, J.; Ourcival, J.-M.; Gauzere, J.; García de Jalón, L.; Limousin, J.-M.; 2020. Drought mitigation by thinning: Benefits from the stem to the stand along 15 years of experimental rainfall exclusion in a holm oak coppice. *Forest Ecology and Management* 473: 118266. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118266>

- Gelmi-Candusso, T.A.; Bialozyt, R.; Slana, D.; Zárata Gómez, R.; Heymann, E.W.; Heer, K.; 2019. Estimating seed dispersal distance: A comparison of methods using animal movement and plant genetic data on two primate-dispersed Neotropical plant species. *Ecology and Evolution* 9: 8965-8977. <https://doi.org/10.1002/ece3.5422>
- Gianpasquale, C.; Alberto, M.; 2019. The occurrence and density of three sympatric corvids in a Mediterranean agroecosystem explained by land use. *Journal of Ornithology* 160: 1133-1150. <https://doi.org/10.1007/s10336-019-01679-2>
- Gómez, J.M.; 2003. Spatial patterns in long-distance dispersal of *Quercus ilex* acorns by jays in a heterogeneous landscape. *Ecography* 26: 573-584. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0587.2003.03586.x>
- Handbook of the Birds of the World and BirdLife International. 2017. Handbook of the Birds of the World and BirdLife International digital checklist of the birds of the world.
- Jordano, P.; Pulido, F.; Arroyo, J.; García-Castaño, J.L.; García-Fayos, P.; 2008. Procesos de limitación demográfica. En Valladares, F. (ed.), *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*, pp. 231-250. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S.A., Madrid, España.
- Kappelle, M.; ed. 2006. *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests*. Springer, Berlin. <https://doi.org/10.1007/3-540-28909-7>
- Martínez Baroja, L.; Pérez Camacho, L.; Villar Salvador, P.; Rebollo, S.; Leverkus, A.B.; Pesendorfer, M.B.; Molina Morales, M.; *et al.* 2021. Caching territoriality and site preferences by a scatter hoarder drive the spatial pattern of seed dispersal and affect seedling emergence. *Journal of Ecology* 109: 2342-2353. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13642>
- Martínez Baroja, L.; Pérez Camacho, L.; Villar Salvador, P.; Rebollo, S.; Quiles, P.; Gómez Sánchez, D.; Molina Morales, M.; *et al.* 2019. Massive and effective acorn dispersal into agroforestry systems by an overlooked vector, the Eurasian magpie (*Pica pica*). *Ecosphere* 10: e02989. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2989>
- Martínez-Baroja, L.; Rey-Benayas, J.M.; Pérez-Camacho, L.; Villar-Salvador, P.; 2022. Drivers of oak establishment in Mediterranean old fields from 25-year-old woodland islets planted to assist natural regeneration. *European Journal of Forest Research* 141: 17-30. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01423-7>
- Martínez-Muñoz, M.; Gómez-Aparicio, L.; Pérez-Ramos, I.M.; 2019. Techniques to promote tree regeneration in Mediterranean savannah-like ecosystems. *Ecosistemas* 28: 142-149. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1798>
- Pesendorfer, M.B.; Sillett, T.S.; Koenig, W.D.; Morrison, S.A.; 2016. Scatter-hoarding corvids as seed dispersers for oaks and pines: a review of a widely distributed mutualism and its utility to habitat restoration. *Condor* 118: 215-237. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-15-125.1>
- Pons, J.; Pausas, J.G.; 2007. Acorn dispersal estimated by radio-tracking. *Oecologia* 153: 903-911. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0788-x>
- Rey Benayas, J.M.; Martínez-Baroja, L.; Pérez-Camacho, L.; Villar-Salvador, P.; Holl, K.D.; 2015. Predation and aridity slow down the spread of 21-year-old planted woodland islets in restored Mediterranean farmland. *New Forests* 46: 841-853. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9490-8>
- Rey-Benayas, J.M.; Bullock, J.M.; Newton, A.C.; 2008. Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6: 329-336. <https://doi.org/10.1890/070057>

- Rodríguez-Pérez, J.; Wiegand, T.; Santamaria, L.; 2012. Frugivore behaviour determines plant distribution: a spatially-explicit analysis of a plant-disperser interaction. *Ecography* 35: 113-123. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2011.06930.x>
- Schupp, E.W.; Fuentes, M.; 1995. Spatial patterns of seed dispersal and the unification of plant population ecology. *Écoscience* 2: 267-275. <https://doi.org/10.1080/11956860.1995.11682293>
- Traveset, A.; Heleno, R.; Nogales, M.; 2014. The ecology of seed dispersal. En Gallagher, R. S. (ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*, pp. 62-93. CAB International, Boston, MA. <https://doi.org/10.1079/9781780641836.0062>
- Wang, B.C.; Smith, T.B.; 2002. Closing the seed dispersal loop. *Trends in Ecology & Evolution* 17: 379-386. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02541-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02541-7)

Publicaciones derivadas de la Tesis Doctoral

- Martínez-Baroja, L.; Pérez-Camacho, L.; Villar-Salvador, P.; Rebollo, S.; Quiles, P.; Gómez-Sánchez, D.; Molina-Morales, M.; *et al.* 2019. Massive and effective acorn dispersal into agroforestry systems by an overlooked vector, the Eurasian magpie (*Pica pica*). *Ecosphere* 10: e02989. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2989>
- Martínez-Baroja, L.; Pérez-Camacho, L.; Villar-Salvador, P.; Rebollo, S.; Leverkus, A.B.; Pesendorfer, M.B.; Molina-Morales, M.; *et al.* 2021. Caching territoriality and site preferences by a scatter hoarder drive the spatial pattern of seed dispersal and affect seedling emergence. *Journal of Ecology* 109: 2342-2353. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13642>
- Rey-Benayas, J.M.; Martínez-Baroja, L.; Pérez-Camacho, L.; Villar-Salvador, P.; Holl, K.D.; 2015. Predation and aridity slow down the spread of 21-year-old planted woodland islets in restored Mediterranean farmland. *New Forests* 46: 841-853. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9490-8>
- Martínez-Baroja, L.; Rey-Benayas, J.M.; Pérez-Camacho, L.; Villar-Salvador, P.; 2022. Drivers of oak establishment in Mediterranean old fields from 25-year-old woodland islets planted to assist natural regeneration. *European Journal of Forest Research* 141: 17-30. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01423-7>

Tesis Doctoral

- Martínez-Baroja, L. (2021). Factores determinantes del reclutamiento de encinas (*Quercus ilex*) en mosaicos agroforestales. Dispersión de bellotas por urracas (*Pica pica*) y establecimiento de plántulas. Universidad de Alcalá. <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/51053>

