

Convocatoria de ayuda a proyectos de investigación liderados por jóvenes investigadores

1. Datos de identificación.

Título de la propuesta	Patrones espaciales de dispersión efectiva de semillas en dos especies de <i>Quercus</i> : una aproximación usando modelos de vecindad
Nombre y apellidos del solicitante	Ignacio Manuel Pérez Ramos
Datos de contacto: e-mail y teléfono	imperez@irnase.csic.es ; tfno: 954 62 47 11
Departamento/Instituto/Grupo de Investigación/Otros	Departamento de "Geoecología, Biogeoquímica y Microbiología Ambiental", Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS, CSIC).
Dirección, código postal, provincia	Avenida Reina Mercedes, nº 10. C.P. 41012, Sevilla.

2. Memoria Técnica. Actividades y resultados de investigación

2.1. Introducción (Planteamiento, objetivos y justificación)

El proceso de dispersión de semillas juega un papel crítico en el reclutamiento de muchas especies de plantas, como es el caso de *Quercus*, afectando a su vez a la viabilidad y dinámica de sus poblaciones (Purves *et al.*, 2007; Pérez-Ramos *et al.*, 2012). Recientes evidencias han mostrado que la composición y distribución espacial de especies del dosel determinan fuertemente la dinámica de reclutamiento de las especies del sotobosque, modificando las condiciones micro-ambientales que condicionan el establecimiento de plántulas y/o alterando los hábitos de forrajeo de los dispersores de semillas (Tremmel & Bazzaz, 1993; Gómez-Aparicio *et al.*, 2008). Estudios recientes han incorporado el uso de modelos de vecindad como alternativa para estudiar las interacciones entre la distribución espacial y composición de especies del dosel y la dinámica de reclutamiento a nivel del sotobosque (Canham & Uriarte, 2006; Gómez-Aparicio & Canham, 2008). La mayoría de ellos se han centrado en los efectos directos del dosel sobre la fase de plántula o bien en los efectos indirectos mediados por las poblaciones de depredadores de semillas (Schnurr *et al.*, 2004; Wilson *et al.*, 2007). Sin embargo, se desconoce la influencia que pueda ejercer la distribución y composición específica del dosel sobre los patrones espaciales de dispersión efectiva de semillas. Este marco conceptual ha sido abordado en el presente proyecto usando una aproximación espacialmente explícita (modelos de vecindad) y considerando no sólo el número de semillas dispersadas

(componente cuantitativa de efectividad en el proceso de dispersión) sino también la calidad de los micrositios a los que son transportadas estas semillas (componente cualitativa). Esta componente cualitativa de la dispersión, imprescindible para determinar su grado de “efectividad” sobre el proceso de reclutamiento (Jordano & Schupp, 2000), ha recibido mucha menos atención que la componente cuantitativa (Schupp *et al.*, 2010), probablemente por la complejidad metodológica que entrañan sus medidas. En el presente proyecto se monitorizaron un total de 1470 bellotas (735 de *Q. suber* y 735 de *Q. canariensis*), distribuidas regularmente en tres parcelas de bosque Mediterráneo de 60 x 60 m, y se caracterizó la idoneidad de los micrositios de destino para el establecimiento de plántulas. El objetivo general del presente proyecto consistió en evaluar si la variación espacial en el proceso de dispersión de semillas en dos especies coexistentes de *Quercus* podía ser predicha a partir de: i) la composición y distribución de los árboles vecinos que constituyen el dosel; y ii) la composición y distribución de especies de matorral, que ha sido normalmente ignorada en estudios similares a pesar de su reconocida influencia sobre los hábitos de forrajeo de los consumidores de semillas (e.g., Gómez *et al.*, 2003; Pérez-Ramos *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos en este proyecto son útiles no sólo desde un punto de vista ecológico sino también aplicado, pudiendo ser utilizados como herramienta útil para la gestión y conservación de las especies de estudio.

2.2. Descripción de la ejecución - Metodología

El estudio se llevó a cabo en tres sitios de bosque mixto de alcornoque (*Q. suber*) – quejigo (*Q. canariensis*), ampliamente distribuidos dentro de los límites del Parque Natural “Los Alcornocales” (Cádiz-Málaga; Figura 1), y cercados con malla cinegética para evitar la interferencia de los grandes herbívoros. Estos tres sitios cubren un gradiente amplio de condiciones climatológicas y edáficas (Tabla 1).

Concretamente, los experimentos de dispersión de semillas se llevaron a cabo en tres parcelas experimentales de 60 x 60 metros (una por cada sitio), subdivididas a su vez en 49 sub-parcelas de 10 x 10 m, que fueron previamente establecidas para un proyecto anterior del MCYT. En este proyecto, se identificaron y mapearon todas las especies de árbol y matorral localizadas dentro de cada parcela, y se cuantificó el diámetro del tronco y el área de proyección de la copa de cada individuo (Figura 2).



Figura 1. Localización geográfica de los tres sitios de estudio. En color verde se han marcado los límites del Parque Natural “Los Alcornocales”.

	Sitio de estudio		
	JIM	TAL	COM
Localización			
longitud	36° 23' 10.0" N	36° 28' 13.3" N	36° 6' 9.2" N
latitud	5° 31' 52.1" W	5° 35' 31.4" W	5° 30' 52.7" W
Precipitación (mm)			
Precipitación media anual	860,78	546,28	984,53
Temperatura (°C)			
media anual	18,38	18,15	18,98
media mensual mínima	7,65	6,66	10,76
media mensual máxima	32,16	32,92	29,34
mínima absoluta	-1,00	-4,00	0,60

Tabla 1. Localización detallada y características climatológicas medias de los últimos 25 años en los tres sitios de estudio (JIM: Jimena de la Fra.; TAL: La Tala; COM: Comares).

A mediados de otoño (en torno al 15 de Noviembre), coincidiendo con el pico de máxima producción de semillas de las dos especies, se colocaron grupos de diez bellotas (cinco de cada especie) en el centro de cada una de las sub-parcelas previamente definidas. La separación entre bellotas del mismo grupo fue de 0.5 m y cada grupo estuvo marcado en sus esquinas con banderas de color. Previamente, todas las bellotas fueron perforadas en uno de sus extremos y sujetas a un alambre (8 cm long, 0.6 mm ϕ) provisto de una etiqueta de color con el fin de hacer un seguimiento individual del proceso de dispersión (ver ejemplos en Gómez *et al.*, 2008; Puerta-Piñero *et al.*, 2010; Figura 3). Todas las bellotas fueron revisadas a comienzos de la primavera (Marzo), anotándose el número de bellotas desaparecidas, el número de ellas depredadas *in situ*, y el posible agente depredador (fundamentalmente roedores o escarabajos). Con el fin de localizar aquellas bellotas desaparecidas, se hizo además una búsqueda exhaustiva en círculos concéntricos de hasta 15 m y, una vez localizadas, se midió la distancia de dispersión desde el punto de origen. Los micrositios de destino fueron marcados y mapeados dentro de las parcelas de 60 x 60 m para caracterizar las condiciones micro-ambientales y calcular la probabilidad acumulada de establecimiento de plántulas (germinación x emergencia x supervivencia) en esos micrositios, gracias a la información disponible en proyectos anteriores (Ibáñez *et al.*, datos no publicados). El mapeo se llevó a cabo mediante el uso de una estación total (Leica TC407). Para evaluar el efecto de la disponibilidad natural de recursos, en cada censo se estimó categóricamente la abundancia natural de bellotas en el suelo en cada punto de muestreo.

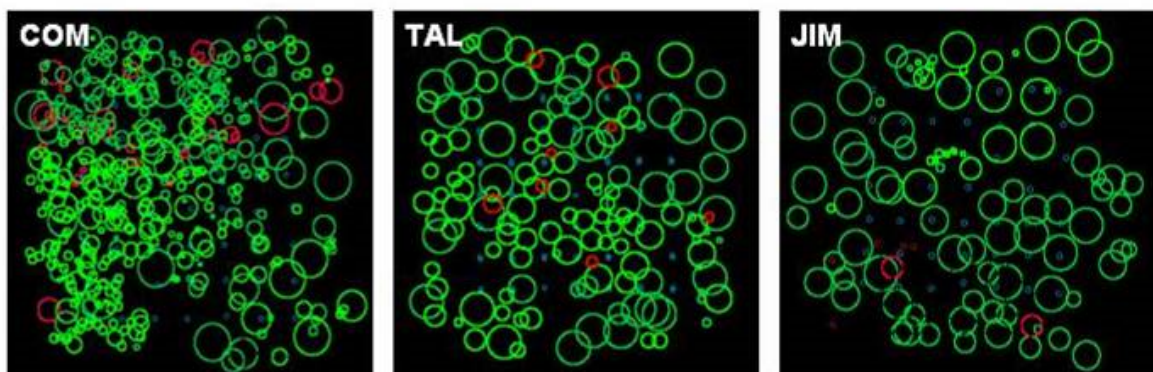


Figura 2. Distribución espacial de árboles en las mallas de 60 x 60 m de los tres sitios de estudio (JIM: Jimena de la Fra.; TAL: La Tala; COM: Comares). Los individuos de *Q. canariensis* se han representado con círculos de color verde claro, y los de *Q. suber* con círculos de color verde oscuro. Los círculos rojos representan individuos muertos. Finalmente, los puntos azules representan los 49 puntos de muestreo. El diámetro de los círculos es proporcional al dbh de cada árbol.



Figura 3. Detalle de bellota marcada para la monitorización individual del proceso de dispersión.

2.3. Resultados obtenidos (cumplimiento de objetivos)

Gracias a la financiación de la AEET, pudieron cumplirse todos los objetivos previamente planteados en el presente proyecto. En la actualidad, estoy aplicando modelos de vecindad para analizar el efecto de los árboles y matorrales vecinos sobre el proceso de dispersión efectiva de semillas. A continuación detallo algunos de los resultados preliminares sobre el proceso global de dispersión de semillas.

Durante el año de muestreo, el porcentaje de semillas manipuladas por animales (i. e. dispersadas o consumidas *in situ*) fue extremadamente alto (entre 80 y 90%) en los tres sitios de bosque (Figura 4). De estas bellotas, alrededor del 20% fueron consumidas *in situ* mientras que el 80% restante fue dispersado (horizontal y/o verticalmente) a cierta distancia de su sitio de origen. La gran mayoría de las bellotas dispersadas que fueron re-localizadas en el censo de primavera (más del 95%) mostraron evidencias de haber sido manipuladas por roedores, mientras que el 5% restante mostró claros indicios de la acción de escarabajos, que enterraron prácticamente la totalidad de las bellotas que manipularon. Sin embargo, los roedores fueron menos efectivos en el proceso de dispersión de semillas pues consumieron más del 93% de las bellotas dispersadas, llegando a establecerse como plántulas un porcentaje relativamente bajo de las semillas iniciales (entre el 2 y el 3%). En cambio, a pesar de ser cuantitativamente menos importantes, los escarabajos dispersaron de manera efectiva (i.e. bellotas enterradas que mantuvieron su viabilidad) más del 25% de las bellotas que manipularon, resultando en una dispersión de alta calidad (Figura 4).

También se detectaron algunas diferencias al comparar ambas especies de *Quercus*. Así, las bellotas de alcornoque exhibieron unas tasas más bajas tanto de manipulación como de posterior dispersión efectiva de semillas en comparación con las de quejigo (Figura 4). Como resultado, la proporción de semillas dispersadas de manera efectiva por ambos agentes dispersores (roedores y escarabajos) fue casi el doble para el quejigo que para el alcornoque (4% vs. 2.4%).

2011/2012

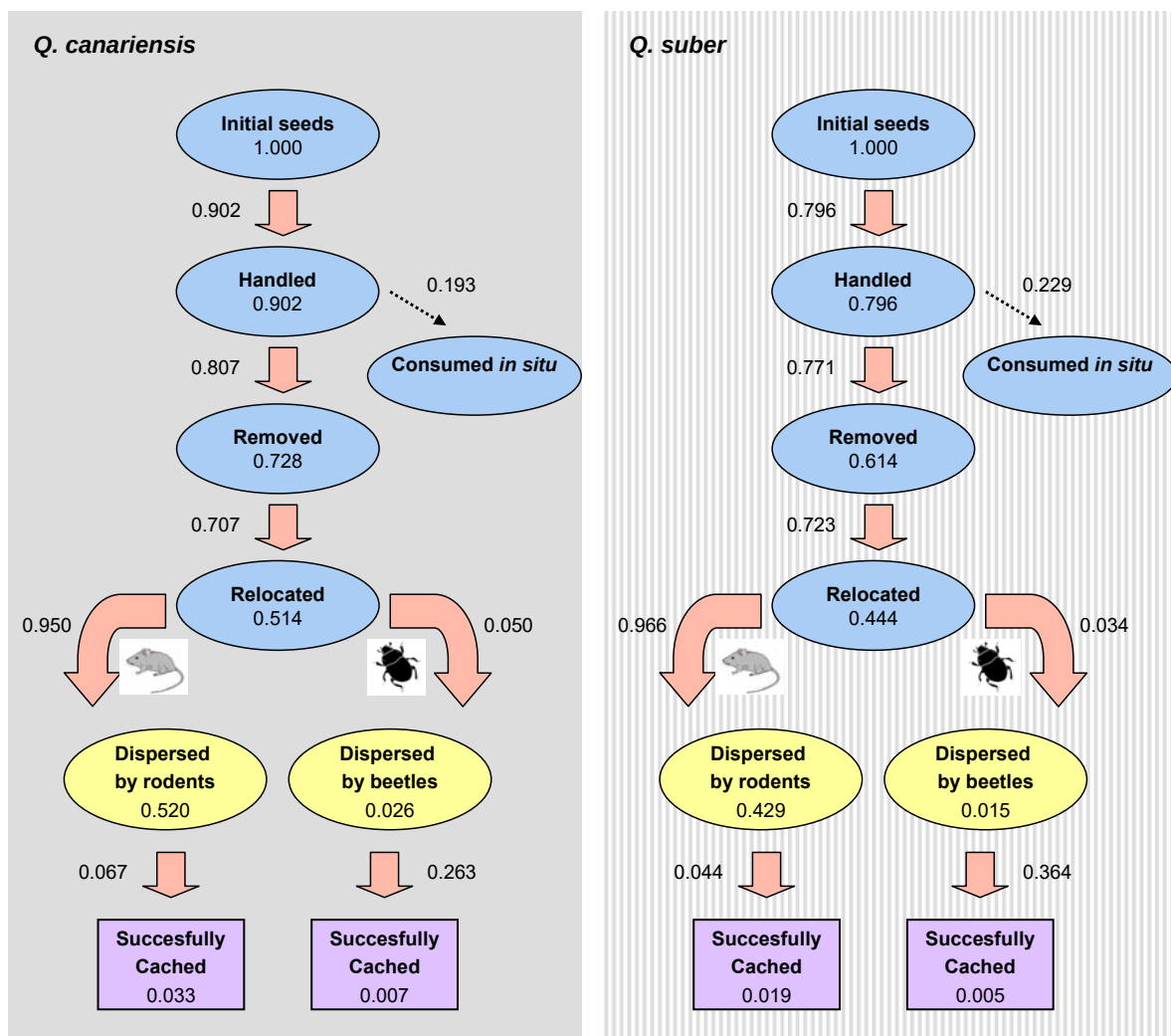


Figura 4. Diagrama resumen del destino de las bellotas experimentales. Los valores próximos a las flechas indican las probabilidades de transición entre las diferentes categorías; los valores anotados en el interior de las casillas indican la proporción de las bellotas iniciales que aún permanecen vivas en cada una de dichas categorías.

2.4. Conclusiones y valoración de la ejecución

En general, no se detectó ningún problema importante durante la puesta en marcha y ejecución del presente proyecto. De hecho, la tasa de re-localización de las semillas experimentales fue superior al 70% (Figura 4), lo cual es imprescindible para determinar exitosamente la componente cualitativa del proceso de dispersión. Los efectos de la composición y distribución de árboles y matorrales vecinos sobre la dispersión efectiva de semillas de ambas especies de *Quercus* serán determinados en un futuro próximo, una vez que se concluyan los análisis de vecindad (*neighborhood models*).

Como resultados esperables, cabría encontrarse un efecto “atractor” más acusado de los alcornoques adultos debido al mayor tamaño y menor contenido en taninos de sus semillas (Pérez-Ramos *et al.*, 2008). Así, las poblaciones de consumidores de bellotas, como roedores o escarabajos, estarán probablemente más concentradas en la vecindad de alcornoques productivos. Por otro lado, la distribución de especies de matorral generará patrones diferenciales de segregación espacial en los procesos de depredación/dispersión de semillas como consecuencia de los patrones de forrajeo selectivo de los principales agentes consumidores de bellotas en el área de estudio. Así, por ejemplo, cabría esperarse una mayor actividad de roedores (con un papel predominantemente depredador) bajo la copa protectora del matorral (Pérez-Ramos & Marañón, 2008), que contrastaría con una mayor densidad de escarabajos (con un potencial dispersor más efectivo) en los micrositios desprovistos de vegetación (Pérez-Ramos *et al.*, 2007). Finalmente, la probabilidad de que una semilla sea depredada o bien dispersada de manera efectiva (i.e., transportada a micrositios aptos para el establecimiento de plántulas) dependerá también de su tamaño así como de la abundancia natural de semillas en su entorno inmediato.

2.5. Publicaciones resultantes

Sería esperable que los resultados del presente proyecto sean publicados en al menos una revista científica internacional de prestigio, como por ejemplo *Ecology*, *Journal of Ecology* o *New Phytologist*. Con carácter más divulgativo, estos resultados serán también enviados en forma de artículo científico a la revista *Ecosistemas*.

2.6. Bibliografía citada

- Canham, C. D. & Uriarte, M. (2006). Analysis of neighborhood dynamics of forest ecosystems using likelihood methods and modeling. *Ecological Applications*, 16(1), 62-73.
- Gómez-Aparicio, L. & Canham, C. D. (2008). Neighborhood models of the effects of invasive tree species on ecosystem processes. *Ecological Monographs*, 78(1), 69-86.
- Gómez-Aparicio, L., Canham, C. D. & Martin, P. H. (2008). Neighbourhood models of the effects of the invasive *Acer platanoides* on tree seedling dynamics: linking impacts on communities and ecosystems. *Journal of Ecology*, 96(1), 78-90.
- Gómez, J.M., García, D., & Zamora, R. (2003) Impact of vertebrate acorn- and seedling-predators on a Mediterranean *Quercus pyrenaica* forest. *Forest Ecology and Management*, 180, 125-134.
- Gómez, J. M., Puerta-Piñero, C. & Schupp, E. W. (2008) Effectiveness of rodents as local seed dispersers of Holm Oaks. *Oecologia*, 155, 529-537.
- Harper, J.L. (1977) Population biology of plants Academic Press, Londres, Inglaterra.
- Jordano, P. & Schupp, E.W. (2000) Seed disperser effectiveness: the quantity component and patterns of seed rain for *Prunus mahaleb*. *Ecological Monographs*, 70, 591-615.
- Pérez-Ramos, I. M., Marañón, T., Lobo, J. M. & Verdú, J. R. (2007). Acorn removal and dispersal by the dung beetle *Thorectes lusitanicus*: ecological implications. *Ecological Entomology*, 32(4), 349-356.
- Pérez-Ramos, I. M. & Marañón, T. (2008a) Factors affecting postdispersal seed predation in two coexisting oak species: microhabitat, burial and exclusion of large herbivores. *Forest Ecology and Management*, 255, 3506-3514.
- Pérez-Ramos, I.M., Urbieto, T.I., Marañón, T., Zavala, M.A. & Kobe, R.K. (2008b) Seed removal in two coexisting oak species: ecological consequences of seed size, plant cover and seed-drop timing. *Oikos*, 117, 1386-1396.
- Pérez-Ramos, Urbieto, T.I., I.M., Zavala, M.A., Marañón, T. (2012) Ontogenetic conflicts and rank reversals in two Mediterranean oak species: implications for coexistence. *Journal of Ecology*, 100, 267-277.
- Puerta-Piñero, C., Gómez, J.M. & Schupp, E.W. (2010) Spatial patterns of acorn dispersal by rodents: do acorn crop size and ungulate presence matter? *Oikos*, 119, 179-187.
- Purves, D. W., Zavala, M.A., Ogle, K., Prieto, F. & Rey-Benayas, J.M. (2007) Environmental heterogeneity, bird-mediated directed dispersal, and oak woodland dynamics in Mediterranean Spain. *Ecological Monographs*, 77, 77-97.
- Schnurr, J.L., Canham, C.D., Ostfeld, R.S. & Inouye, R.S. (2004) Neighborhood analyses of small-mammal dynamics: impacts on seed predation and seedling establishment. *Ecology*, 85 (3), 741-755.
- Schupp, E.W., Jordano, P. & Gómez, J.M. (2010) Seed dispersal effectiveness revisited: a conceptual review. *New Phytologist*, 188, 333-353.
- Tremmel, D. C. and Bazzaz, F. A. (1993). How neighbor canopy architecture affects target plant performance. *Ecology*, 74(7), 2114-2124.
- Wilson, D.J., Wright, E.F., Canham, C.D. & Ruscoe, W. (2007) Neighborhood analyses of tree seed predation by introduced rodents in a New Zealand temperate rainforest. *Ecography*, 30, 105-119.