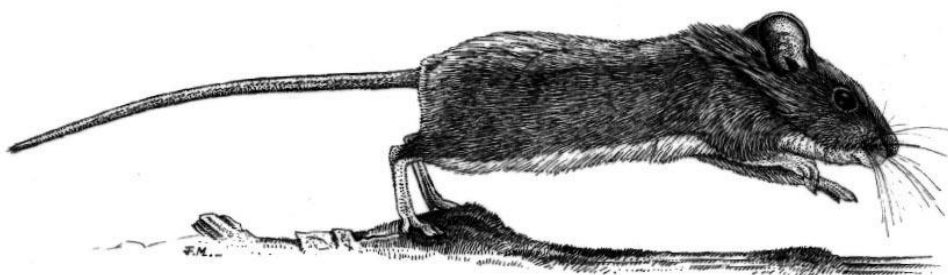


**EL RIESGO DE DEPREDACIÓN Y LA
COMPETENCIA INTRAESPECÍFICA ALTERAN EL
COMPORTAMIENTO DE DISPERSIÓN DE
SEMILLAS POR PARTE DE ROEDORES**



Memoria del proyecto de final de carrera
Licenciatura de Ciencias Ambientales
Universitat Autònoma de Barcelona
Junio 2012



SEBASTIÀ GILI SERRAT

TUTORES

DR. ALBERTO MUÑOZ MUÑOZ

PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

INVESTIGADOR ASOCIADO AL CREAM

DR. JOSEP M^a ESPELTA I MORRAL

INVESTIGADOR DEL CREAM

PROFESOR ASOCIADO DE LA UAB



-SEBASTIÀ GILI SERRAT, JUNIO 2012-

The creation of a thousand forests is in one acorn.

RALPH WALDO EMERSON

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer la colaboración de todas esas personas que han hecho posible el desarrollo de este proyecto:

En primer lugar, quiero agradecer al Dr. Alberto Muñoz y Dr. Josep Maria Espelta, no sólo por ser mis tutores, sino por la buena labor de dirección y orientación que han hecho, por la oportunidad de trabajar con ellos y por el apoyo que me han dado.

También quiero agradecer a todo el personal del Centro de Recuperación de fauna Can Balasc, por su buena acogida y su apoyo en los fríos días de diciembre.

Al personal del CREAF por su buena acogida, especialmente Pau Suñé y Marcos Fernández que me acompañaron en los trabajos de campo y me hicieron pasar buenos momentos.

A todos aquellos que en algún momento del trabajo me han ayudado de forma desinteresada.

Y, no podría terminar mis agradecimientos sin mencionar a mi familia y, especialmente, a mi pareja, por su apoyo y paciencia en los momentos más duros, no sólo de este trabajo, sino desde que empezó mi vida de universitario.

Muchas gracias a todos.

El riesgo de depredación y la competencia intraespecífica alteran el comportamiento de dispersión de semillas por parte de roedores

Sebastià Gili Serrat

RESUMEN

Los roedores tienen un importante papel como dispersores/depredadores de bellotas en los bosques Mediterráneos de *Quercus* spp. Existe abundante información del efecto de factores intrínsecos de las semillas (tamaño, composición) en la selección de las bellotas por estos animales, mientras que la influencia de otros procesos como el riesgo de depredación o la competencia intraespecífica han estado mucho menos estudiados. En un bosque mixto de encina y roble en el Parque Natural de Collserola, se ha investigado el patrón de dispersión/depredación de bellotas por parte del ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*) en función del riesgo de depredación por parte de jineta (*Genetta genetta*) y la competencia intraespecífica (mediante un experimento en el que estos factores se simulaban a partir de olores).

Un censo previo determinó que la población de roedores presente en el área de estudio estaba formada principalmente por *Apodemys sylvaticus*. Éstos respondieron al tratamiento de olor pues se observó un retraso significativo en la manipulación de bellotas de jineta respecto a los otros dos tratamientos. Asimismo, respecto a la distancia de dispersión se observó que las bellotas del tratamiento con olor a ratón eran dispersadas a menor distancia, a una distancia intermedia las de jineta y a mayor distancia las del tratamiento control. En todos los tratamientos, las bellotas dispersadas a zonas de microhábitat abierto fueron menos depredadas.

Este trabajo sugiere que el patrón espacio temporal de dispersión/depredación de bellotas en bosques de encina y roble puede tener una elevada complejidad, a la vez que subraya el interés de mantener la integridad de las redes tróficas por sus efectos directos e indirectos sobre las poblaciones de organismos situados a diferentes niveles.

PALABRAS CLAVE: *Apodemus sylvaticus*, bellota, dispersión de semillas, depredación de semillas, *Genetta genetta*, *Quercus*, tratamiento de olor.

The risk of predation and intraspecific competition alter the seed dispersal behaviour by rodents

Sebastià Gili Serrat

ABSTRACT: Rodents may play an important role as seed dispersers/predators in Mediterranean oak (*Quercus* spp) forests. There exists much information about the influence of seed size or composition on the rodent choices while the influence of other environmental factors (risk of predation, intraspecific competition) has been barely addressed. In a typical Mediterranean mixed oak forest we studied how the pattern of acorn dispersal/predation by wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) was influenced by the risk of predation by genet (*Genetta genetta*) or intraspecific competition (wood mice presence) by means of simulating their odour clues.

According to a sampling campaign the dominant species of rodent in the study area was wood mouse *Apodemus sylvaticus*. Mice responded to odour treatment because there was a significant delay in the handling of acorns in the genet treatment in comparison to the other two treatments. Concerning the distance of acorn dispersal, acorns from the mouse treatment were dispersed at shorter distances in comparison to the control treatment, while those from the genet treatment were dispersed at intermediate ones.

This work shows a highly complex spatial pattern of acorn dispersal while it emphasizes the importance conserving the integrity of the food web structure because of the direct and indirect effects among different organisms at different levels.

KEY WORDS: Acorn, *Apodemus sylvaticus*, Seed dispersal, *Genetta genetta*, *Quercus*, Odour treatment.

El perill de depredació i la competència intraespecífica alteren el comportament de dispersió de llavors per part de rosegadors

Sebastià Gili Serrat

RESUM: Els rosegadors tenen un important paper com dispersors/depredadors d'agllans en els boscos Mediterranis de *Quercus* spp. Existeix molta informació de l'efecte dels factors intrínsecs de les llavors (mida i composició) a la selecció de les agllans per aquests animals, mentre que la influència d'altres processos com el perill de depredació o la competència intraespecífica han estat molt menys estudiats. En un bosc mixt d'alzina i roure al Parc Natural de Collserola, s'ha investigat el patró de dispersió/depredació d'agllans per part del ratolí de bosc (*Apodemus sylvaticus*) en funció del perill de depredació per part de la geneta (*Genetta genetta*) i la competència intraespecífica (mitjançant un experiment en el que aquests factors es simulaven a partir d'olors).

Un cens previ determinà que la població de rosegadors a l'àrea d'estudi estava formada principalment per *Apodemus sylvaticus*. Aquests van respondre al tractament d'olor ja que es va observar un retard significatiu en la manipulació d'agllans de geneta respecte als altres dos tractaments. De la mateixa manera, respecte a la distància de dispersió, es va observar que les agllans del tractament amb olor a ratolí eren dispersades a menor distància, a una distància intermèdia les de geneta i a una major distància les del tractament control. En tots els tractaments, les agllans dispersades a zones de microhàbitat obert van ser menys depredades.

Aquest treball suggereix que el patró espai temporal de dispersió/depredació d'agllans en boscos d'alzina i roure pot tenir una elevada complexitat, al mateix temps que remarca l'interès de mantenir la integritat de les xarxes tròfiques pels seus efectes directes i indirectes sobre les poblacions d'organismes situats a diferents nivells.

PARAULES CLAU: Agllà, *Apodemus sylvaticus*, dispersió de llavors, depredació de llavors, *Genetta genetta*, *Quercus*, tractament d'olor.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. IMPORTANCIA DE LOS ROEDORES EN LA DISPERSIÓN DE SEMILLAS	1
1.2. INTERACCIÓN ENTRE ESPECIES ANIMALES: DEPREDACIÓN Y COMPETENCIA CONESPECÍFICA	2
2. OBJETIVOS	5
2.1. OBJETIVOS GENERALES	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. MATERIALES Y MÉTODOS	6
3.1. ZONA DE ESTUDIO	6
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL	9
3.2.1. ESTIMA DE LAS POBLACIONES DE ROEDORES	9
3.2.2. TRATAMIENTO EXPERIMENTAL	9
3.2.3. SEGUIMIENTO DE LA DEPREDACIÓN/DISPERSIÓN DE BELLOTAS	11
3.3. ANÁLISIS DE DATOS	12
4. RESULTADOS	13
4.1. POBLACIONES DE ROEDORES Y PATRONES DE DEPREDACIÓN Y DISPERSIÓN	13
5. DISCUSIÓN	16
6. CONCLUSIONES	20
7. BIBLIOGRAFÍA	22
8. PRESUPUESTO	28
9. CRONOGRAMA	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Parque Natural de la Serra de Collserola.	6
Figura 2. Fases del ciclo reproductivo de la encina y factores que influyen en las pérdidas de potencial reproductivo en cada fase.	7
Figura 3. Esquema de la configuración espacial de las estaciones con las semillas marcadas.	10
Figura 4. Fotografías de dos estaciones.	10
Figura 5. Control de actividad de movimiento y depredación de las bellotas en cada una de las jaulas.	11
Figura 6. Destinos de las bellotas marcadas como consecuencia de los patrones de depredación y dispersión por parte de los roedores.	13
Figura 7. Número de bellotas movidas (totales y en cada tratamiento) en cada día de control.	14
Figura 8. Media \pm Error Standard de las distancias de dispersión de las bellotas de roble y encina en cada tratamiento de olor.	15

1. INTRODUCCIÓN

1.1. IMPORTANCIA DE LOS ROEDORES EN LA DISPERSIÓN DE SEMILLAS

Son muchos los estudios que han analizado el importante papel que tienen los animales granívoros como dispersores de semillas en diferentes ecosistemas (Herrera, 1985; Pulido y Díaz, 2005; Pons & Pausas, 2007; Muñoz y Bonal, 2007; Perea *et al.*, 2011a; Perea *et al.*, 2011b; y otros). Su importancia es debida a que muchas especies de granívoros no consumen inmediatamente las semillas, sino que un número variable de ellas las almacenan a cierta distancia de donde las encontraron (usualmente bajo el árbol madre) para su posterior consumo. En ocasiones, estas semillas almacenadas son olvidadas o fallece el roedor que las guardó, con lo que tienen mayor posibilidad de germinar y dar lugar a plántulas que las que se quedaron debajo el árbol madre, debido a la mortalidad denso-dependiente por patógenos o depredadores de semillas (Sanz, 2011).

Especies animales muy comunes en la dispersión de semillas son los pequeños roedores, que, por otra parte, también son importantes consumidores de este recurso (Santos y Telleria, 1997; Xiao & Zang, 2005; Hayes *et al.*, 2006). Este consumo puede reducir la regeneración natural de muchas especies, por lo que los pequeños roedores tienen un papel dual en su interacción con las plantas cuyas semillas consumen y dispersan. Por tanto, las decisiones de los roedores (consumir o no las semillas) puede tener consecuencias importantes en la ecología y la historia natural de las plantas con las que interaccionan. De esta manera, para comprender mejor este tipo de interacciones entre animales y plantas y el funcionamiento de los ecosistemas de los que forman parte, es importante conocer de qué dependen las decisiones que toman los pequeños roedores al encontrarse semillas.

Se conocen algunos de los factores que pueden afectar la selección de semillas por roedores. Uno de los más estudiados es el conjunto de características intrínsecas de las semillas como sus propiedades nutricionales, relacionadas con su composición química y su tamaño (Emlen, 1966). Por ejemplo, Rodríguez-Estevez *et al.*, (2008) documentaron diferencias en la composición nutricional (proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales) y la proporción de toxinas (taninos y glucósidos) en

bellotas de diferentes especies de *Quercus*. Sus resultados mostraron que las de *Q. ilex* tenían mayor cantidad de ácidos grasos y menor contenido en taninos que otras, lo que hace que sean las preferidas por animales como el arrendajo, *Garrulus glandarius* (Pons & Pausas, 2007a) o el ratón de campo, *Apodemus sylvaticus* (Pons & Pausas, 2007b). Otras características importantes de las semillas que influyen en las decisiones de los roedores son el tamaño (Jansen *et al.*, 2002; Xiao *et al.*, 2005; y Muñoz & Bonal, 2008a; y otros) o la infestación por larvas de insectos (Estele *et al.*, 1996; Muñoz y Bonal, 2008b). Además de las características de las semillas algunos factores ambientales pueden afectar la selección de semillas por parte de roedores (ej. disponibilidad de semillas) Así, Jansen *et al.* (2004) observó que los años de alta producción de semillas de *Carapa procera*, estimula a los roedores a actuar más como dispersores y menos como depredadores que en años de baja producción.

1.2. RIESGO DE DEPREDACIÓN Y COMPETENCIA INTRAESPECÍFICA

Un factor ambiental muy importante para los pequeños roedores es el riesgo de depredación, ya que estos animales se encuentran entre las principales presas de muchas aves de rapiña como la lechuza *Tyto alba* (Bontzorlos *et al.*, 2005) o mamíferos como la jineta *Genetta genetta* (Torre *et al.*, 2003). Ésta última basa su dieta en pequeños roedores, representando el 88.2% del aporte de la biomasa (Torre *et al.*, 2003). Algunos autores la consideran incluso especializada en la captura del ratón de campo (Virgós, *et al.*, 1999), de manera que este roedor puede representar un 86.9% de la biomasa de la dieta (Torres *et al.*, 2003). Por tanto, la distribución y las decisiones de los pequeños roedores están fuertemente influenciadas por su sensibilidad al riesgo de depredación (Haim and Rosenfeld, 1993; Berton *et al.*, 1998; Banks *et al.*, 2003; Kavaliers *et al.*, 2005). Para reducir el riesgo de depredación, muchos roedores seleccionan microhábitats seguros como los matorrales (Keesing, 1998; Manson & Stiles, 1998; Mooser y Wilmer, 2002; Muñoz *et al.*, 2009). Asimismo su supervivencia puede depender de si son capaces de detectar un depredador antes de que el depredador los detecte. Por ello, los pequeños roedores han desarrollado un extraordinario sentido del olfato (Hayes *et al.*, 2006). Esta sensibilidad para detectar y discriminar diferentes olores les es especialmente útil a los animales nocturnos cuya visión está muy limitada en la oscuridad de la noche.

El olfato no sólo es útil a los roedores para evitar la depredación, sino también para adquirir información sobre sus congéneres. Algunos roedores disponen de varias glándulas exocrinas que producen secreciones olorosas como la glándula caudal, situada en la base de la cola (Stoddart y Sales, 1985). Estas sustancias son liberadas de forma pasiva al entrar en contacto con algún elemento del entorno (piedras, ramas, hojas,...). El conjunto de estas secreciones, unido a las liberadas con la orina y los excrementos, llevan la información que permite a los conespecíficos distinguir el sexo, la edad, la condición reproductora, e incluso la población a la que pertenece el individuo que las produce (Stoddart y Sales, 1985; Sawrey and Dewsbury, 1994). Esta comunicación entre individuos no sólo es importante para la reproducción o el marcaje territorial, sino que también informa sobre la presencia de potenciales competidores por el alimento. De hecho, el robo de semillas por conespecíficos es un factor muy importante que condiciona las estrategias de almacenamiento de dispersión de semillas de los roedores (Vander Wall, 1991; Banks *et al.*, 2003; Muñoz y Bonal, 2011; y otros).

Así pues, los patrones de consumo y dispersión de semillas por parte de los roedores probablemente dependerán (i) del riesgo de depredación a que se ven sometidos y (ii) de su percepción a la presencia de potenciales conespecíficos que puedan robarle las semillas almacenadas. Analizar estas cuestiones es complicado debido a que, en condiciones naturales, no se sabe cómo los roedores perciben y evalúan en todo momento el riesgo real de depredación o a la presencia de conespecíficos en sus áreas de actividad. Además, las características de los diferentes microhábitats pueden estar relacionadas con el riesgo de depredación o la probabilidad de robo de semillas: ej. la densidad de matorrales reduce la detectabilidad pero aumenta la tasa de robo de semillas por conespecíficos (Muñoz y Bonal, 2007, 2011). De esta manera, es necesario diferenciar claramente cuál es el papel de cada uno de estos factores (depredadores y conespecíficos) en las decisiones de los roedores dispersantes y para ello es necesaria una aproximación experimental.

En este trabajo hipotetizamos que tanto depredadores como conespecíficos pueden tener un efecto importante en los patrones de depredación/dispersión de semillas por parte de los roedores, lo que a su vez puede tener consecuencias en los patrones de regeneración natural de la planta dispersada. Por tanto, especies de carnívoros que en principio no tienen relación directa con especies de plantas, pueden estar relacionadas

indirectamente a través de un nivel intermedio de la cadena trófica: los pequeños roedores que son consumidos por los carnívoros y que a su vez consumen y dispersan las semillas de las plantas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este proyecto es determinar qué influencia tiene el riesgo de depredación por jineta (*Genetta genetta*) y la presencia de conespecíficos en los patrones de depredación y dispersión de semillas de *Quercus spp.* por parte del ratón de campo *Apodemus sylvaticus*. A partir de éste objetivo general, se han abordado los siguientes objetivos específicos:

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Conocer las poblaciones de los principales roedores depredadores y dispersantes de semillas en la zona de estudio, el Parque Natural de Collserola.
- 2) Conocer si los pequeños roedores son capaces de detectar y discriminar los olores de depredadores potenciales (restos fecales de jineta) y de conespecíficos (restos fecales de *A. sylvaticus*)
- 3) Analizar el efecto del riesgo de depredación y de la presencia de conespecíficos sobre la tasa de remoción de las bellotas.
- 4) Analizar el efecto del riesgo de depredación y de la presencia de conespecíficos en la distancia de dispersión de las bellotas.
- 5) Analizar el efecto del riesgo de depredación y de la presencia de conespecíficos en el microhábitat de destino de las bellotas.
- 6) Plantear medidas de gestión mediante los resultados obtenidos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Parque Natural de Collserola (41° 26' N, 2° 5' E, provincia de Barcelona, España) (Figura 1). Este Parque forma parte de la Serralada Litoral Catalana junto al Macizo del Garraf y la Serralada de Marina y está delimitado por los ríos Llobregat y Besos, en el sudoeste y el nordeste respectivamente, y con el Pla de Barcelona al sudeste y la depresión del Vallès al noroeste. El clima es típicamente Mediterráneo, caracterizado por inviernos suaves, veranos secos y calurosos, oscilación térmica anual moderada y precipitaciones estacionales en conjunto escasas y fuertemente irregulares. La temperatura media anual se sitúa alrededor de los 15 °C, y la precipitación anual se sitúa cerca de los 620 mm. (Datos del observatorio Fabra, 432m. Del 1961 al 1990). El sustrato rocoso es principalmente pizarra y el grosor del suelo no es muy importante, por lo que hace que en algunas partes aflore la roca madre.



Figura 1. Localización del Parque Natural de la Sierra de Collserola. Fuente: propia a partir del ICC.

La vegetación es producto de una larga modelación antrópica causada por el uso de la tierra, que se cultivó a principios del siglo XX, creando terrazas y bancales. Por lo tanto, los paisajes actuales son un mosaico de diferentes ambientes compuestos, principalmente, por un bosque joven y con una gestión mínima o nula desde la segunda

mitad del siglo XX que ha creado masas de elevada densidad y escaso desarrollo. En el área de estudio el bosque está dominado por especies esclerófilas y perennes como las encinas (*Quercus ilex*) y caducifolias como los robles (*Quercus pubescens*), aunque también están presentes el pino carrasco (*Pinus halepensis*) y el pino piñonero (*Pinus pinea*). El sotobosque es denso y está formado por especies típicas de encinar, destacando la elevada presencia de especies arbustivas como el madroño (*Arbutus unedo*), la coscoja (*Quercus coccifera*) y el lentisco (*Pistacia Lentiscus*).

El fruto de los *Quercus* es la bellota. Las bellotas, debido a su relativo gran tamaño, necesitan dispersarse mediante animales como *Apodemus sylvaticus*, (Santos y Telleria, 1997; Xiao *et al.*, 2005; Rosalino *et al.*, 2011; Perea *et al.*, 2011; y otros). La dispersión de bellotas es una etapa clave dentro del ciclo de regeneración de los *Quercus* que determina en gran medida el éxito de regeneración natural de los encinares Mediterráneos (Figura 2).

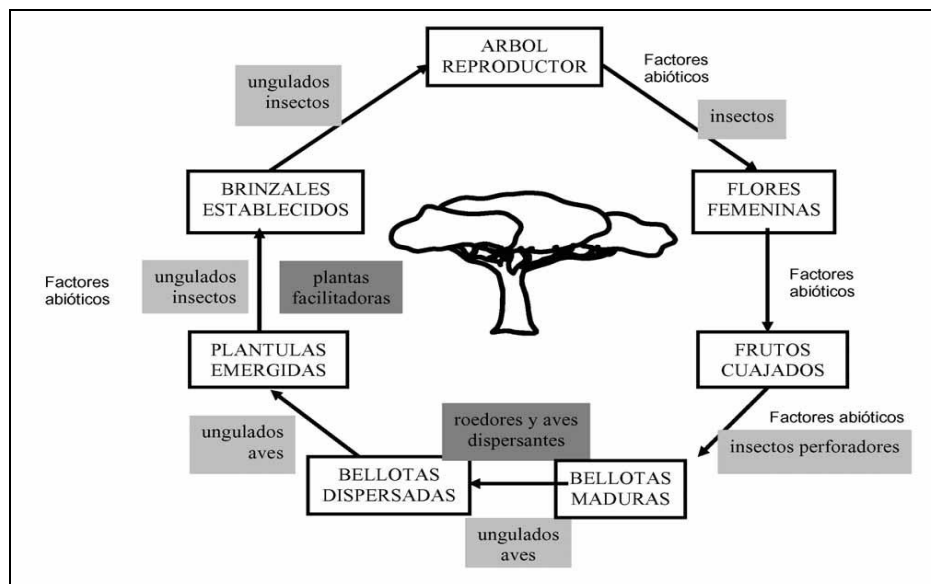


Figura 2. Fases del ciclo reproductivo de la encina y factores que influyen en las pérdidas de potencial reproductivo en cada fase. Los factores abióticos (lluvias, sequías, heladas) actuarían aumentando o disminuyendo la fecundidad de los árboles maduros y/o la supervivencia de las plántulas jóvenes. Los herbívoros (en gris claro) actuarían disminuyendo, de modo sucesivo, el potencial reproductivo anual de la población de plantas, mientras que las plantas facilitadoras (matorrales o árboles plantados) y los animales dispersantes (en gris oscuro) conservarían parte del potencial reproductivo

residual proporcionando sitios seguros (protegidos de herbívoros y/o factores abióticos) para las semillas y plántulas y transportando las semillas a estos sitios, respectivamente. Fuente: Díaz y cols, 2003-2006.

La fauna del Parque es bastante diversa con cerca de 190 especies de vertebrados, principalmente de carácter forestal (*Guia de la natura del Parc de Collserola. Consorci del Parc de Collserola, 2004*). En este contexto, cabe destacar que el ratón de campo, *Apodemus sylvaticus*, es el micromamífero forestal más abundante en los bosques de Collserola y también de la Península Ibérica. Tiene una vida media-corta, que no supera los dos años, con una tasa de supervivencia baja pero con una capacidad reproductora elevada y a una edad muy temprana. Es el roedor dominante en el área de estudio, aunque se ha constatado la presencia de ratones morunos (*Mus spretus*) en trampeos recientes (datos no publicados). Ambas especies de roedores son importantes consumidores y dispersores de bellotas durante el otoño-invierno, condicionando los patrones de regeneración natural de las especies de *Quercus* (Puerta Piñero, 2008; Muñoz y Bonal, 2011). Por otra parte, en la zona de estudio hay constancia de la presencia de uno de los depredadores más especializados en la captura de pequeños mamíferos de la Península Ibérica, la jineta (*Genetta genetta*). Los estudios de su dieta se realizan analizando los contenidos de las letrinas que deposita en lugares estratégicos, ya que éstas cumplen una función social y articulan los territorios de los machos (Pla *et al.*, 2001). En base a estos análisis se ha comprobado que este carnívoro nocturno de pequeño tamaño basa su alimentación en presas como *A. sylvaticus* (Virgós *et al.*, 1999). En el área de estudio, el personal del Parque de Collserola monitoriza varias letrinas de jineta, estando la más próxima a menos de 1 Km. de la zona de estudio.

Nuestro sistema de estudio está por tanto estructurado en tres niveles tróficos cuya base son las bellotas de encinas (*Q. ilex*) y robles (*Q. pubescens*), el segundo nivel los roedores granívoros que las consumen y dispersan (principalmente *A. sylvaticus*) y el tercer nivel los carnívoros que consumen a los roedores (principalmente *G. genetta*). Esta estructura jerárquica justifica el objetivo principal de este proyecto, que es analizar cómo influye la presencia de depredadores y conespecíficos en el comportamiento depredador y dispersor de semillas por parte de los pequeños roedores y qué

consecuencias pueden derivarse para los procesos de regeneración natural en bosques de *Quercus*.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.2.1. ESTIMA DE LAS POBLACIONES DE ROEDORES.

En el área de estudio se realizó un censo de pequeños mamíferos al principio del otoño de 2011 (septiembre). Se utilizaron 132 trampas Sherman repartidas uniformemente en una malla de 10 x 10 m cubriendo aproximadamente un área total de 2ha. Las trampas se cebaron con manzana y una pasta hecha con atún y harina, y en ellas se introdujo una bola de algodón hidrófugo para proteger de la intemperie a los roedores capturados. Las trampas se revisaron durante 4 días consecutivos al amanecer. Los roedores capturados fueron identificados, sexados, pesados y marcados con un microchip sub-dérmico para su posterior reconocimiento en caso de ser recapturados (Musicc AVID LTD). Estos microchips, además se han revelado muy útiles para comprobar la depredación de roedores por parte de las jinetas, ya que pueden ser fácilmente detectados entre los restos fecales depositados en las letrinas. De hecho en una letrina cercana a nuestra área de estudio se detectaron varios de los microchips utilizados en la población de roedores estudiada.

3.2.2. TRATAMIENTO EXPERIMENTAL

En el área de estudio se instalaron 20 estaciones para medir los patrones de depredación y dispersión de bellotas por roedores, colocadas unas de las otras a más de 20 metros. Cada estación estaba dividida en 3 puntos situados en los vértices de un triángulo equilátero imaginario de unos 4 m de lado. A cada vértice del trío se le asignó un tratamiento de olor: olor a jineta, olor a roedor (*A. sylvaticus*) y control (ver más adelante, Figura 3). El objetivo del tratamiento experimental era romper con las claves naturales que el área de campeo ofrece a los roedores, para así conocer los efectos del riesgo de depredación y la presencia de conespecíficos (competencia intraespecífica) sobre las decisiones de los roedores frente a las bellotas que encuentran. En cada punto del trío se ancló al suelo una jaula semiesférica de 20 cm de radio con una luz de malla de 5 cm. Estas jaulas servían para fijar los algodones impregnados con el olor correspondiente mediante unas bridas (Figura 4) y también para proteger de otros depredadores (jabalí y aves) las bellotas marcadas, que se colocarían dentro (Figura 4).

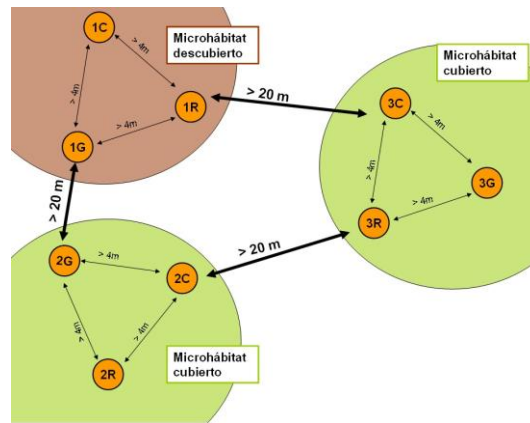


Figura 3. Configuración espacial de los tríos de jaulas con los tres tratamientos experimentales de olor. Fuente: propia.

En el tratamiento de jineta, se simuló su presencia mezclando heces frescas, cogidas en una letrina cercana, con agua y se vaporizó la mezcla sobre dos bolas de algodón puro. De manera similar, para obtener olor a roedor, se capturaron, una semana antes al inicio del estudio y mediante trampas Sherman, 4 *Apodemus sylvaticus* en la zona de estudio y se les mantuvo en cautividad junto a algodones durante un tiempo. De estos algodones se extrajeron las heces que se mezclaron con agua y se vaporizaron sobre bolas de algodón al igual que en el caso del olor a jineta. En el tratamiento de ‘Control’ se vaporizó con agua pura (i. e., sin ningún olor) algodón limpio para controlar los posibles efectos de la humedad generada en las vaporizaciones o cualquier otro factor no relacionado con el olor asignado a cada punto. Durante todo el periodo en el que se realizó el seguimiento de los patrones de depredación y dispersión de bellotas, en los 3 puntos de los tríos se vaporizó la esencia correspondiente cada dos días.



Figura 4. Fotografías de dos estaciones. En la izquierda, junto a la jaula semiesférica se observa la cámara HD Portable DVR que grabó la actividad de los roedores durante las noches del estudio. En la derecha, se observa el detalle de una estación preparada para el estudio. Fuente: propia.

3.2.3. SEGUIMIENTO DE LA DEPREDACIÓN/DISPERSIÓN DE BELLOTAS

El seguimiento de los patrones de depredación-dispersión de bellotas se realizó entre los meses de noviembre y diciembre de 2011, periodo en el que se produce la máxima disponibilidad de bellotas en el suelo. Se utilizaron un total de 360 bellotas de encina y roble. Se seleccionaron tres tamaños de bellotas *Grandes*, *Medianas* y *Pequeñas*, con un peso que osciló entre 11.3 g. y 0.2 g. Se descartaron aquellas infestadas por gorgojos (*Curculio elephas*), ya que los roedores las desprecian (Muñoz y Bonal, 2008).

En cada jaula se colocaron 6 bellotas clasificadas en 3 tamaños y 2 especies, según el siguiente esquema:



Las bellotas colocadas en cada jaula eran marcadas individualmente para poderlas localizar una vez dispersadas. Se marcaron haciéndoles una punción en el centro por donde se les ataba un hilo de acero de 50 cm de largo en cuyo extremo se ataba una etiqueta fluorescente con un código único para cada bellota (para un procedimiento similar, véase Muñoz & Bonal, 2011). Esta metodología no tiene efecto alguno en el comportamiento de los roedores (Forget and Wenny, 2005). Usando esta técnica se pudieron localizar el 95% de las bellotas marcadas en este estudio. Se hicieron 11 revisiones periódicas durante 3 semanas (24 días naturales desde su colocación) para anotar los patrones de depredación y movimiento de bellotas. En cada revisión se anotaba si las bellotas estaban comidas en la jaula o movidas. En el caso de

estar movidas se anotaba la distancia, el microhábitat de destino, así como si la bellota estaba comida o no (Figura 5).

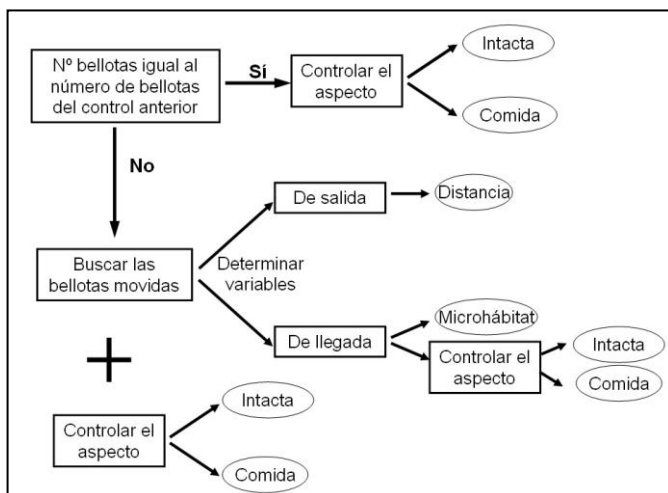


Figura 5. Control de actividad de movimiento y depredación de las bellotas en cada una de las jaulas. Fuente: propia.

3.3. ANÁLISIS DE DATOS

Los análisis estadísticos se realizaron con STATISTICA, versión 8.0, Stat Soft INC, Tulsa, Oklahoma (EE.UU). Para estudiar la influencia del tipo de tratamiento, la especie y peso de la bellota en los patrones del día de manipulación de las bellotas se utilizó un Modelo Lineal Generalizado, asumiendo una distribución de Poisson. Por otra parte, para estudiar la influencia de la especie, tratamiento y peso de la bellota en los patrones de depredación/dispersión se utilizó un Modelo Lineal Generalizado, asumiendo que la variable respuesta se distribuía siguiendo una distribución binomial. Este mismo tipo de modelo se usó para estudiar las diferencias de selección entre las bellotas movidas sobre las manipuladas en función del tratamiento, la especie de la bellota y para estudiar qué factores (tratamiento de olor, especie o peso) influenciaba en el día en el que las bellotas eran consumidas o dispersadas. Para estudiar la influencia sobre la distancia de dispersión de las bellotas del tipo de tratamiento, la especie y el peso se hizo un Modelo Lineal General. Las distancias se transformaron en logaritmo en base 10 para normalizar su distribución. Para testar las diferencias entre niveles de los factores que resultaron significativos en este análisis se realizaron comparaciones a posteriori mediante el test de Fisher-LSD. Finalmente la influencia de los factores tratamiento, microhábitat y distancia de dispersión sobre la probabilidad de depredación de las bellotas, al ser una variable binaria, se hizo con un Modelo Lineal Generalizado asumiendo una distribución Binomial de la variable independiente.

4. RESULTADOS

4.1. POBLACIONES DE ROEDORES Y PATRONES DE DEPREDACIÓN Y DISPERSIÓN DE BELLOTAS

Se capturaron 29 individuos diferentes en la zona de estudio durante las 4 noches de trampeo. Dos de ellos eran musarañas (*Crocidura russula*) y el resto pertenecían al ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*). Las capturas estuvieron homogéneamente distribuidas a lo largo de toda la zona donde se localizaban las jaulas con bellotas marcadas.

Por lo que respecta al uso de bellotas en el experimento con los distintos tratamientos de olor, al final del experimento, los ratones utilizaron el 61.9 % de las 360 bellotas marcadas, de las cuales un 11.2 % fueron depredadas dentro de la jaula. Del resto, un 26.0 % fueron dispersadas y no consumidas, mientras que un 62.8 % fueron dispersadas y depredadas (Figura 6). Se consiguió localizar el 94.4 % de las bellotas movidas gracias a la etiqueta fluorescente.

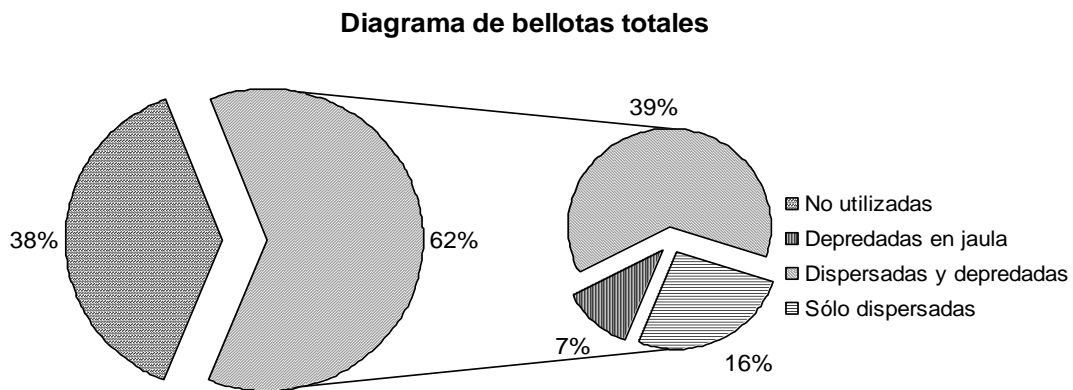


Figura 6. Destinos de las bellotas marcadas como consecuencia de los patrones de depredación y dispersión por parte de los roedores

Del total de bellotas manipuladas (comidas + movidas) un 33.6% fueron del tratamiento control, un 30.0 % del tratamiento de jineta y un 36.3% del tratamiento de ratón.

La manipulación de las bellotas totales (encina + roble) fue en aumento hasta la 4ª revisión, con un valor de 47 bellotas manipuladas, después de esta fecha, fue

disminuyendo. Este patrón general no fue sin embargo igual en los tres tratamientos ya que en el tratamiento de jineta hubo un retraso significativo del pico de actividad (Figura 7). Es decir, los ratones primero utilizaron bellotas de las jaulas control y con olor a ratón antes de decidirse por explotar las semillas con olor a jineta.

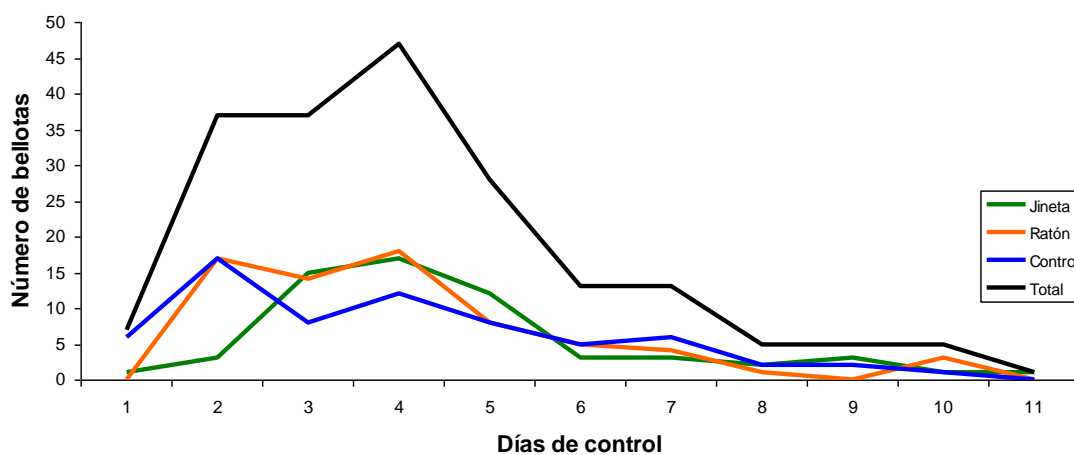


Figura 7. Número de bellotas movidas (totales y en cada tratamiento) en cada día de control.

La manipulación de las bellotas entre las dos especies de *Quercus* fue parecida, con un 54.7% en las de encina y un 45.3 % en las de roble. Por otra parte, las bellotas de roble fueron manipuladas antes que las de encina (efecto del día de remoción, $F=4.54$, $p=0.034$), es decir, que las bellotas de roble las utilizaron antes que las bellotas de encina (3.94 ± 0.19 vs. 4.45 ± 0.23 días).

La media de las distancias de dispersión fue de 135 ± 16 cm con un máximo de 2000 cm. No se encontraron diferencias significativas en las distancias de dispersión entre las bellotas de las dos especies de *Quercus* ($F=0.26$, $p=0.61$). Sin embargo, si se encontró un efecto significativo del tratamiento de olor en las distancias de dispersión de las bellotas ($F= 5.35$, $p= 0.006$). La distancia a la que se dispersaron las bellotas que procedían del tratamiento con olor a ratón fueron significativamente menores que las del control, presentando las bellotas procedentes de jaulas con olor a jineta distancias intermedias y no significativamente diferentes ($p>0.2$ en ambos casos) a las de los otros dos tratamientos (Figura 8).

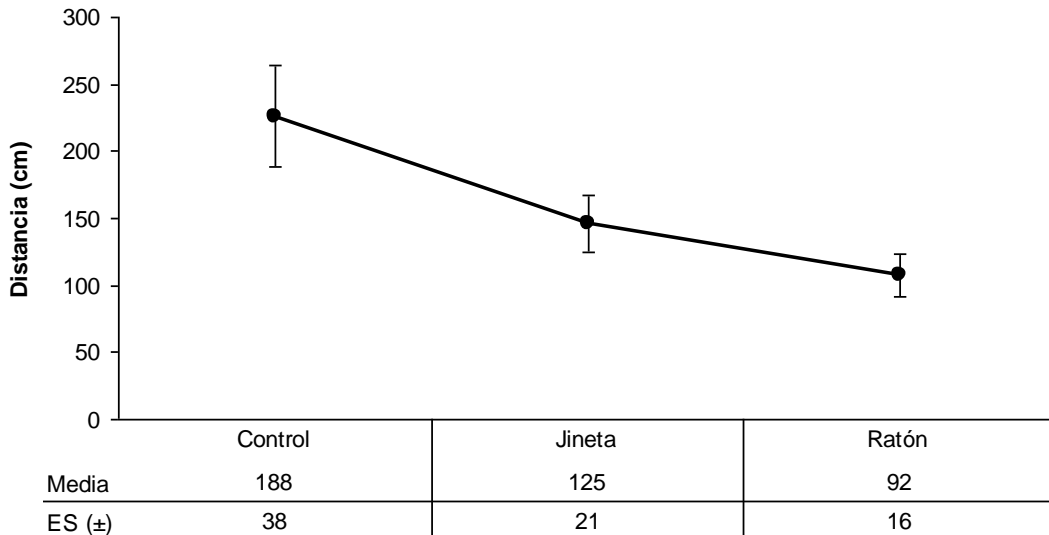


Figura 8. Media \pm ES. de las distancias de dispersión de las bellotas de roble y encina en cada tratamiento de olor.

La distancia de dispersión tuvo un efecto significativo en la probabilidad de depredación de las bellotas dispersadas ($W=6.56$, $p=0.01$) de manera que aquellas bellotas dispersadas más cerca eran preferentemente consumidas. Por otra parte, el microhábitat de destino de las bellotas también tuvo un efecto significativo ($W=5.59$, $p=0.02$), con el resultado que aquellas bellotas dispersadas a microhábitats descubiertos sufrieron una menor tasa de depredación ($W=5.59$, $p=0.02$).

Por otra parte, se observó que el tratamiento de olor hizo cambiar los patrones de selección del hábitat final de las bellotas dispersadas ($W=6.41$, $p=0.04$). Las bellotas provenientes del control las dispersaban principalmente a microhábitats descubiertos ($W=4.95$, $p=0.03$). Otro factor que influyó a los roedores en la selección del microhábitat fue la distancia a la que dispersaban las bellotas, que interaccionaba de manera positiva ($W=17.67$, $p<0.05$), es decir, que a mayor distancia mayor probabilidad tenían las bellotas de ir a parar a un microhábitat descubierta

5. DISCUSIÓN

En nuestra área de estudio la especie dominante de roedor es el ratón de campo *Apodemus sylvaticus*. Este roedor es de origen eurosiberiano, y prefiere hábitats frescos y con orientación norte, como el área donde se encuentra nuestra zona de estudio, lo que explicaría su dominancia respecto a otras especies más termófilas como el ratón moruno *Mus spretus*, que ocupa ambientes más áridos y abiertos (Muñoz et al. 2009). Por otra parte, la presencia de *Crocidura russula* corrobora el hecho de que la zona de estudio cuenta, además, con una buena cobertura vegetal del suelo, ya que, aunque es una especie con escasos requerimientos y con una distribución geográfica muy amplia, prefiere zonas con abundante matorral y especies herbáceas bajas (López-Fuster, 2010).

En nuestra zona de estudio *A. sylvaticus* es capaz de reconocer las señales químicas procedentes de conespecíficos y de depredadores, ya que su comportamiento depredador y dispersante de bellotas difiere entre los tratamientos experimentales de olor que aplicamos en nuestro estudio. Por tanto, con nuestro experimento hemos conseguido ‘romper’ la variación natural en las señales químicas que los roedores utilizan durante la noche cuando se alimentan en sus áreas de campeo. Esto nos ha permitido estudiar el efecto de estas señales químicas en su comportamiento, descartando potenciales correlaciones de estas señales con otras variables del hábitat. Muchos trabajos han demostrado que los pequeños roedores son sensibles a olores de distinta naturaleza en el laboratorio (Haim and Rosenfeld, 1993; Berton *et al.*, 1998; Banks *et al.*, 2003; Kavaliers *et al.*, 2005; Hayes *et al.*, 2006), pero los trabajos realizados en condiciones de campo son mucho más escasos (Banks *et al.*, 2003; Powell and Banks 2004). Al parecer *A. sylvaticus* basa algunas de sus decisiones, al menos en la selección de alimento, en las señales químicas de conespecíficos y depredadores que existen en la zona donde encuentra el alimento.

En primer lugar se observa un retraso en el uso de bellotas en el tratamiento de jineta respecto al tratamiento con olor a ratón y al control. Por tanto, los roedores identifican las áreas marcadas con olor de su principal depredador terrestre como lugares ‘arriesgados’ y por ello tienden a explotar primero las áreas menos peligrosas

para buscar alimento. Esta capacidad les puede permitir a los roedores reducir en gran medida el riesgo de ser depredados mientras se alimentan (Banks *et al.*, 2003; Hayes *et al.*, 2006). Destaca además que el tratamiento con olor a ratón no difiere con respecto al control, lo que sugiere que la presencia de conoespecíficos no se interpreta como un riesgo a la hora de seleccionar bellotas.

El tratamiento de olor también tuvo un efecto significativo en las distancias de dispersión de las bellotas movidas (ver Figura 8). En este caso fue el tratamiento con olor a ratón el que determinó las diferencias. Las bellotas procedentes de jaulas con olor a roedor fueron dispersadas a menores distancias que las procedentes del control. Pese a que los conoespecíficos no son considerados como ‘riesgo’ a la hora de seleccionar semillas, parece ser que sí podrían representar un riesgo como potenciales ‘ladrones’ de las semillas dispersadas por sus congéneres. A primera vista el hecho de que las bellotas que proceden de jaulas con olor a ratón fuesen dispersadas a menores distancias parece contra-intuitivo, ya que se esperaría que las dispersaran más lejos para reducir la posibilidad de robo. Sin embargo no sabemos si dispersar más lejos una semilla reduce realmente la probabilidad de robo. De hecho Perea *et al.*, (2011) comprobaron que el aumento de la distancia era proporcional a la probabilidad de depredar las bellotas dispersadas. La clave en estas cuestiones es saber si la depredación de las bellotas dispersadas corresponde al robo o recuperación por parte del roedor que las movió. Esta información es muy difícil de obtener en condiciones naturales y representa un reto en la investigación de estas cuestiones. Por otro lado, el hecho de que huela a ratón en una determinada zona puede ser interpretado por los roedores como ‘zona segura frente a depredadores’ con lo que quizá no les interese alejarse mucho en este sentido de la zona segura, balanceando por tanto el riesgo de depredación y riesgo de robo, lo que explicaría las menores distancias de dispersión en las bellotas que proceden de jaulas con olor a ratón. En otras especies se ha comprobado de hecho que los animales prefieren desarrollar su actividad en zonas donde huele a conoespecíficos (Muñoz, 2004; Xiao *et al.*, 2004).

La seguridad de una zona respecto al robo de semillas parece depender más de las características del microhábitat donde son almacenadas las semillas que de la distancia desde donde han sido movidas (Muñoz y Bonal 2011). De hecho nuestros resultados demuestran que el microhábitat final de las bellotas dispersadas tenía efectos

en la probabilidad de depredación de éstas, de manera que las bellotas que eran dispersadas hacia microhábitats descubiertos tenían una menor probabilidad de depredación. Este hecho coincide con el resultado de Muñoz y Bonal (2011) en un estudio realizado en “dehesas” en el que se observó que las bellotas movidas hacia lugares desprotegidos de vegetación implican, a los roedores, una mayor exposición a la depredación por la ausencia de lugares seguros.

Las señales químicas de depredadores y conespecíficos tienen un papel importante en las decisiones de los pequeños roedores depredadores y dispersantes de semillas y, por tanto, pueden afectar a los procesos de dispersión y regeneración natural de los bosques (Hayes *et al.*, 2006). Se han documentado frecuentemente patrones generales de depredación y dispersión de semillas por algunas especies de roedores, sin tener en cuenta las señales que los roedores encuentran en las zonas donde desarrollan su actividad (Pons & Pausas, 2007). Estas señales, sufren importantes variaciones en el espacio y el tiempo, con lo que las decisiones de los roedores dispersantes pueden ser más variables en el espacio y en el tiempo que los patrones generales que se han documentado frecuentemente. Es importante conocer los mecanismos de estas decisiones y los patrones a los que responden. Por ejemplo, el hecho de que aumente la población de un depredador de roedores en una zona podría tener, además de efectos directos sobre la población de roedores (efectos cuantitativos), efectos indirectos sobre la dispersión de semillas y la regeneración de los bosques al modificar el comportamiento del agente dispersante (efecto cualitativo).

Pese a su dominancia a escala de paisaje, los bosques Mediterráneos de encina y roble muestran notables dificultades de regeneración sexual por bellota (Retana *et al.*, 1999; Espelta *et al.*, 1995, 2009). En este escenario ecológico, diferentes estudios han señalado como clave el papel de los pequeños roedores como *A. sylvaticus* en la dispersión de bellotas desde la planta madre y su distribución a micro-ambientes que puedan favorecer su germinación y finalmente, el establecimiento de plántulas (Muñoz *et al.*, 2007, 2009). En este contexto, este proyecto aporta diferentes resultados que pueden contribuir a mejorar la gestión de los bosques de encina y roble, especialmente en espacios naturales protegidos. Así, se ha observado que una alteración de la cadena trófica, como representaría la desaparición de la jineta – y el consiguiente aumento de las poblaciones de roedores - podría alterar los patrones de dispersión de bellotas

promoviendo una menor distancia de dispersión y un patrón más agregado a la planta madre, con posibles efectos negativos de denso-dependencia. En síntesis, nuestros resultados refuerzan el interés de mantener la integridad de las redes tróficas, por sus efectos directos sobre las poblaciones de organismos situados a diferentes niveles, pero también por sus efectos más sutiles e indirectos entre niveles no directamente conectados, como puede ser la regeneración de los bosques mixtos de robles y encinas con las jinetas.

6. CONCLUSIONES

- En los bosques de *Quercus* spp. del Parque Natural de Collserola *Apodemus sylvaticus* es un importante depredador y dispersor de bellotas.
- *Apodemus sylvaticus* muestra un sentido del olfato muy desarrollado que le permite diferenciar los olores de sus depredadores y de sus congéneres.
- Esta capacidad de discriminación modifica sus pautas de depredación/dispersión de bellotas ante estos diferentes estímulos.
- La presencia (olor) de jineta *Genetta genetta*, principal depredador de *Apodemus sylvaticus*, influye en el comportamiento de los ratones retrasando el uso de las bellotas y haciendo que éstas sean dispersadas a distancias intermedias desde la fuente de recurso.
- La presencia de conespecíficos (olor a ratón) también modifica el comportamiento de *A. sylvaticus*. La manipulación de bellotas se produce en al inicio del tratamiento, igual que en el tratamiento control, pero las bellotas se dispersan más cerca.
- Independientemente del tipo de estímulo (olor) percibido, *A. sylvaticus* tiende a consumir preferentemente las bellotas dispersadas más lejos de la fuente de recurso y que se han depositado en microhábitats cubiertos.
- El conjunto de resultados obtenidos en este proyecto señalan que el patrón espacio-temporal de dispersión de bellotas, y finalmente reclutamiento de plántulas de encina y roble, puede ser altamente variable y complejo. Este patrón (número de bellotas depredadas/dispersadas, distancia y destino) puede depender críticamente de la abundancia, no solo del principal dispersor de bellotas *A. sylvaticus*, sino también de la abundancia del principal depredador de éste, la jineta.

- El mantenimiento de la integridad de la red trófica ratón de campo - jineta puede resultar un elemento clave para favorecer la regeneración sexual (por bellota) de los bosques de encina y roble.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Banks, P.B., Hughes, N.K., Rose, T. A. 2003. Do native Australian small mammals avoid faeces of domestic dogs? Responses of *Rattus fuscipes* and *Antechinus stuartii*. *Australian Zoologist*, 32: 406-406.
- Berton, F., Vogel, E., and Belzung, C. 1998. Modulation of mice anxiety in response to cat odor as a consequence of predators diet. *Physiology & Behavior* 65 (2): 247-254.
- Berzins, R. and Helder, R. 2008. Olfactory communication and the importance of different odors sources in the ferret (*Mustela putorius f. furo*). *Mammalian Biology* 73: 379-387.
- Bontzorlos, Vasileios A., Peris, Salvador J., Vlachos Christos G., and Bakaloudis, Dimitris E. 2005. The diet of barn owl in the agricultural landscapes of central Greece *Folia Zoology*. 54 (1-2): 99-110.
- Calzada, J. 1988. Gineta Común, *Genetta genetta* (Linnaeus, 1758). *Galemys*, 10 (1): 3-11.
- Carbonero Muñoz, M^a Dolores. 2011. *Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas*. Tesis Doctoral. Univesidad de Códova (España).
- Castroviejo, S., Laínz, M., López, G., Monserrat, P., Muñoz, F., Paiva, J., Villar, L. 1990. *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares Vol. 2*. Ed. C.S.I.C., pp. 897. Madrid (España).
- Díaz, M & Alonso, C.L., Arroyo, L., Bonal, R., Muñoz, A., y Smit, C. 2003-2006. Desarrollo de un protocolo de seguimiento a largo plazo de los organismos clave para el funcionamiento de los bosques Mediterráneos. *Proyectos de investigación en parques nacionales*.
- Díaz, M., Torre, I., Peris, A., Tena, L. 2005. Foraging behavior of wood mice s related to presence and activity of genets. *Journal of Mammalogy* 86 (6): 1178-1185.
- Emlen, J. Merritt. 1966. The role of time and energy in food preference. *The American Naturalist* 100 (916): 611-617
- Espelta, J.M., Cortés, P., Molowny, R., Retana, J. 2009. Acorn crop size and pre-dispersal predation determine inter-specific differences in the recruitment of co-occurring oaks. *Oecologia* 161: 559-568.

- Espelta, J.M., Riba, M., Retana, J. 1995. Patterns of seedling recruitment in West-Mediterranean *Quercus ilex* forests influenced by canopy development. *Journal of Vegetation Science* 6: 465–472.
- Forget, P.M. and Wenny, D. 2005. How to elucidate seed fate: Review of methods used to study seed caching and secondary dispersal. - In: Forget, P.-M. *et al.*, (eds), Seed fate: predation, dispersal and seedling establishment. CABI Int, pp. 379-393.
- García-Mozo H, Gómez-Casero MT, Domínguez E, Galán C. 2007. Influence of pollen emission and weather-related factors on variations in holm-oak (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) acorn production. *Environmental and Experimental Botany* 61(1): 35-40.
- Gómez-Aparicio, L., Gómez, J. M., Zamora, R., Boettinger, J. L. 2005. Canopy vs. soil effects of shrubs facilitating tree seedlings in Mediterranean montane ecosystems. *Journal of Vegetation Science* 16: 191-198.
- Haim A., Rozenfeld F.M. 1993. Temporal segregation in coexisting *Acomys* species: The role of odour. *Physiology and Behavior* 54 (6): 1159-1161.
- Hairston N, Smith F, Slobodkin L. 1960. Community structure, population control and competition. *American Naturalist* 94: 421–425.
- Hayes, R. A., Nahrung, H. F. y Wilson, J. C. 2006. The response of native Australian rodents to predator odors varies seasonally: a by-product of life history variation? *Animal behaviour* 71: 1307-1311
- Herrera, C. M. 1985. Habitat–consumer interaction in frugivorous birds. Pages 341-365 in M. L. Cody (Ed.), *Habitat selection in birds*. Academy Press, New York.
- Jansen, P. A. et al. 2004. Seed mass and mast seeding enhance dispersal by a neotropical scatter-hoarding rodent. *Ecological Monographs*. 4: 569-589.
- Jansen, P.A., M. Bartholomeus, Bongers, F., Elzinga, J. A., Den Ouden, J., Van Wieren, S.E. 2002. The role of seed size in dispersal by a scatter-hoarding rodent. – In: Levey, D. J. et al. (eds), *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. CAB Int, pp. 209-225.
- Joly, M., Michel, B., Deputte, B., Verdier., JM. 2004. Odor discrimination assessment with an automated olfactometric method in a prosimian primate, *Microcebus murinus*. *Physiology & Behavior* 82: 325-329.
- Jordano, P. 1987. Avian fruit removal: effects of fruit variation, crop size, and insect damage. *Ecology* 68: 1711-1723.

- Kavaliers M., Choleris E., Pfaff D.W. 2005. Recognition and avoidance of the odors of parasitized conspecifics and predators: Differential genomic correlates. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 29 (8): 1347-1359.
- Keesing, Felicia. 1998. Impacts of ungulates on the demography and diversity of small mammals in central Kenya. *Oecologia* 116: 381-389.
- López-Fuster, M. J. 2010. Musaraña ibérica – *Sorex granarius*. *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Ediciones Salvador, A., Cassinello, J. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Mata, A. & F. Quevedo. 1998. Diccionario didáctico de ecología. Editorial de la Universidad de Costa Rica (UCR). San José. 387 pp.
- Montesinos, D., 2007. *Resource availability and reproductive efficacy of the dioecious tree Juniperus thurifera*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. Valencia (España).
- Moser, B.W., & Witmer, G. W. 2000 .The effects of elk and cattle foraging on the vegetation, birds, and small mammals of the Bridge Creek Wildlife Area, Oregon. *International Biodeterioration and Biodegradation* 45: 151–157.
- Muñoz, A. & Bonal, R. 2007 Rodents change acorn dispersal behaviour in response to ungulate presence. *Oikos*, 116: 1631–1638.
- Muñoz, A. & Bonal, R. 2008. Seed choice by rodents: learning or inheritance? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62: 913–922.
- Muñoz, A. 2004. Chemo-orientation using conspecific chemical cues in the Stripe-necked terrapin (*Mauremys leprosa*). *Journal of Chemical Ecology* 30 (3): 519-530.
- Muñoz, A., Bonal, R., Díaz, M. 2009. Ungulates, rodents, shrubs: interactions in a diverse Mediterranean ecosystem *Basic and Applied Ecology* 10; 151-160.
- Muñoz, A., y Bonal, R., 2011. Linking seed dispersal to cache protection strategies. *Journal of ecology* 99: 1016-1025.
- Nogales, M., Rodríguez-Luengo, J. L., and Marrero, P. 2006. Ecological effects and distribution of invasive non-native mammals on the Canary Islands. *Mammal Review* 36 (1): 49-65.
- Perea, R., González, R., San Miguel, A., Gil, L. 2011b. Moonlight and shelter cause differential seed selection and removal by rodents. *Animal Behaviour* XXX: 1-7.
- Perea, R., San Miguel, A., Gil, L. 2011a. Acorn dispersal by rodents: The importance of re-dispersal and distance to shelter. *Basic and Applied Ecology* 12: 432-439.

- Pla, A., F. Llimona, D. Rodríguez-Teijeiro y A. Raspall. 2001. Primeros datos sobre el estudio de las letrinas de gineta (*Genetta genetta*) en el Parque de Collserola (Barcelona). Resúmenes V Jornadas de la SECEM, Vitoria, Pp. 116.
- Pons, J., and Pausas J.G. 2007a. Not only size matters: Acorn selection by the European jay (*Garrulus glandarius*). *Acta Oecologica*, 31 (3): 353-360.
- Pons, J., and Pausas, J. G. 2007b. Rodent acorn selection in a Mediterranean oak landscape. *Ecol Res* 22: 535-541.
- Powell, F., Banks, P. B. 2004. Do house mice modify their foraging behaviour in response to predator odours and habitat? *Animal Behaviour* 67: 753-759.
- Preston, S. D. and Jacobs, L. F. 2005. Chace decision making: the effects of competition on chace decisions in Merriam's kangaroo rat (*Dipodomys merriami*). *Journal of Comparative Psychology* 119 (2): 187-196.
- Puerta Piñero, Carolina. 2008. *Ecología de la Regeneración de Quercus ilex a escala de paisaje: importancia de los dispersores y/o depredadores de semillas para el reclutamiento*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada (España).
- Ramos Masqueda, S. 2002. *Biología reproductiva de una masa de alcornoque (Q. Suber L.) en el sur de Badajoz*. Tesis doctoral. Universidad De Extremadura. Badajoz (España).
- Retana, J., Espelta, J.M., Gracia, M. and Riba, M. 1999. Seedling recruitment . In *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests* . F. Rodà J. Retana , C.A. Gracia and J. Bellot (eds). Ecological Studies 137. Springer-Verlag , Berlin, Germany , pp. 89–103.
- Rodriguez-Estevez *et al.* 2008. Dimensiones y características nutritivas de las bellotas de los Quercus de la dehesa. *Archivos de zootecniavol.* 57 (R): pp. 12.
- Rosalino, L.M., Ferreira, D., Leitão, I., Santos-Reis, M. 2011. Usage patterns of Mediterranean agro-forest habitat components by wood mice *Apodemus sylvaticus*. *Mammalian Biology* 76 (3): 268-273.
- Rousset, O. and Lepart, J. 1999. Shrub facilitation of *Quercus humilis* regeneration in succession on calcareous grasslands. *Journal of Vegetation Science* 10: 493-502.
- Santos y Telleria 1997. Vertebrate predation on Holm oak, *Quercus ilex*, acorns in a fragmented habitat: effects on seedling recruitment. *Forest Ecology and Management* 98: 181-187.

- Sanz., David. 2011. La importancia de los ratones de campo. www.medioambientales.com.
- Sawrey, D. K., Dewsbury, D. A. 1994. Conespecific odor preferences in montane voles (*Microtus montanus*): Effects of sexual experience. *Physiology & Behaviour* 56 (2): 339-344.
- Sheffield, S. R., and C. M. King. 1994. *Mustela nivalis*. Mammalian Species 454: 1-10.
- Shimada, Takuya. 2001. Hoarding behaviors of two wood mouse species: different preference for acorns of two Fagaceae species. *Ecological Research* 16 (1): 127-133.
- Soria, F.J., Villagrán, M., del Tió, R., y Ocete, M. E. 1995. Incidencia de *Curculio elephas* Gyll (*Col., Curculionidae*) en alcornoques y encinares del parque natural Sierra Norte de Sevilla. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 21: 195-201
- Steele MA, Hadj-Chikh L Z, Smallwood P D. 1996 Caching decisions by grey squirrels : A test of the handling time and perishability hypotheses [J]. *Animal Behaviour* 52: 941 – 948.
- Stoddart, D. M. y Sales, G. D. 1985. The olfactory and acoustic biology of wood mice, yellow-necked mice and bank voles. En: The ecology of woodland rodents. Bank voles and Wood mice. *Symposia of the Zoological Society of London*, 55: 117-139.
- Torre, I., Arrizadala, A., Díaz, M. 2002. Ratón de campo (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus 1758). *Galemys* 14 (2): 1-26.
- Torre, I., Ballesteros, T., y Degollada, A., 2003 Cambios en la dieta de la Gineta (*Genetta genetta* LINNAEUS, 1758) con relación a la disponibilidad de micromamíferos: ¿Posible preferencia por el topillo rojo? *Galemys* 15 (nº especial).
- Vander Wall, Sephan B. 1991. Mechanisms of cache recovery by yellow pine chipmunks. *Animal Behaviour* 41 (5): 851-863.
- Virgós, E., M. Llorente y Y. Cortés. 1999. Geographical variation in genet (*Genetta genetta*) diet: a literature review. *Mammal Review*, 29: 119-128.
- Xiao K, Kondo Y, and Sakuma Y. 2004. Sex-specific effects of gonadal steroids on conspecific odor preference in the rat. *Hormones and Behaviour* 46 (3): 356-361.

- Xiao, Z. & Zang, Z. 2005. Effects of a seed size on dispersal distance in five rodent-dispersed fagaceous species. *Acta Oecologica* 28 (3): 221-229
- Xiao, Z., Zhang, Z., Wang, Y., 2003. Rodent's ability to discriminate weevil-infested acorns: Potential effects on regeneration of nut-bearing plants. *Acta Theriologica Sinica* 23 (4): 312-320.

8. PRESUPUESTO

GASTOS DIRECTOS

Recursos Humanos

Descripción	Cantidad	Precio (€/unidad)	Subtotal (€)
Trabajo de campo	90 h	15	1350.00
Tratamiento de datos y redacción memoria	350 h	12	4200.00
Dietas	20	10.8	216.00
TOTAL			5766.00

Recursos Materiales

Descripción	Cantidad	Precio (€/unidad)	Subtotal (€)	
Transporte privado	720 km	0.15€/km	108.00	
Transporte público	Tarjeta T-10 (1Z)	3	9.25	27.75
Material de campo	Herramientas, hilo de acero, cintas fluorescentes, ...	-	-	105
Material fungible	Impresiones	-	-	50
TOTAL			290.75	

Subtotal Gastos Directos

6056.75 €

GASTOS INDIRECTOS

Descripción	Cantidad	Precio (€/unidad)	Subtotal
Recursos materiales inventariables	20%	-	1211.35
Subtotal Gastos Indirectos			1211.35€

Base Imponible 7268.10

IVA 18% 1308.26

GASTO TOTAL 8576.36 €

9. CRONOGRAMA

TAREA	2011			2012						
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Elección del proyecto	■									
Elaboración de la propuesta preliminar	■									
Elaboración de los objetivos		■								
Visita a la zona de estudio		■								
Búsqueda bibliográfica		■	■	■	■	■	■	■		
Preparación material de campo		■	■							
Redacción de la memoria : Introducción y Marco Teórico			■	■	■					
Redacción de la memoria. Materiales y Métodos			■	■	■					
Preparación del tratamiento experimental		■								
Control de actividad de movimiento de semillas: obtención de datos.			■	■						
Análisis de datos				■	■	■				
Redacción de la memoria: Resultados						■	■	■		
Redacción de la memoria: Discusión y otros apartados							■	■	■	
Elaboración artículo Científico								■	■	■
Elaboración de la presentación oral									■	■
Ensayo de la defensa										■
Defensa pública del proyecto										■