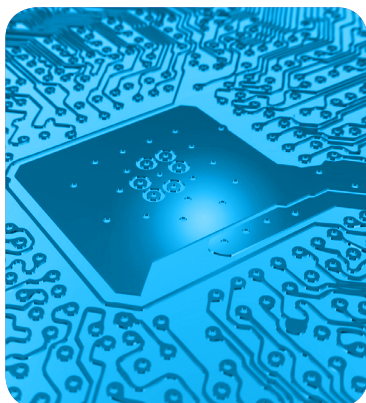
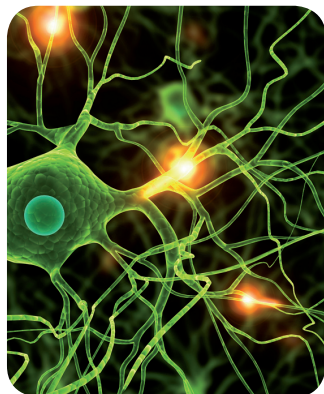




# MÁSTERES de la UAM

Facultad de Ciencias /11-12

Máster en Ecología



**Distribución espacial y repartición de hábitat del sisón común (*Tetrax tetrax*) con dos especies simpátricas en el centro de la Península Ibérica**

*Silvia Herrero*

*Cófreces*



**Universidad Autónoma de Madrid**



**Universidad Complutense de Madrid**



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE  
MADRID



**DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y REPARTICIÓN DEL HÁBITAT DEL SISÓN  
COMÚN (*Tetrax tetrax*) CON DOS ESPECIES SIMPÁTRICAS EN EL  
CENTRO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA**

**Tutores**

Manuel B. Morales Prieto

Juan Traba Díaz

**Director técnico**

María Paula Delgado Lara

**Enero 2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar me gustaría agradecer a mis tutores académicos, Juan Traba y Manuel Morales, la oportunidad de realizar este proyecto, así como su inestimable guía durante todo este tiempo. De igual forma, dar un millón de gracias a mi tutora técnica, Paula Delgado, y a Rocío Tarjuelo por su predisposición a ayudarme, por el interés que siempre han mostrado y por los buenos días de campo que hemos compartido, ya estuviéramos bajo un sol aplastante o haciendo patinaje motorizado “poco artístico” sobre barro. Gracias también a todos los que pensaron que no había nada mejor que hacer durante los tempranísimos amaneceres primaverales y estivales que ver “pajarillos” en el campo; a Pablo, por amenizar el trabajo en el despacho, a pesar de su reciente mudanza; a Sara, por sus ánimos y los buenos y necesarios ratos de desconexión; y a toda la “Ecofamily”, porque nada habría sido igual sin ellos.

Y por supuesto, no puedo acabar estas líneas sin hacer mención a mi familia, para la que no tengo palabras suficientes de agradecimiento por su incondicional apoyo en todo lo que me propongo hacer, sea donde sea, y a pesar de que en ocasiones se pregunten para qué demonios vale todo esto de la Biología y más aún de la Ecología.

**MUCHAS GRACIAS A TODOS**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos e hipótesis.....	2
METODOLOGÍA .....	3
Descripción de las especies de objeto de estudio .....	3
Descripción de la zona de estudio .....	5
Toma de datos.....	6
Análisis de datos.....	8
RESULTADOS .....	13
DISCUSIÓN.....	23
CONCLUSIONES .....	27
BIBLIOGRAFÍA.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las tres zonas de estudio en la Comunidad de Madrid y mapas del parcelario de cada una de ellas.....	6
Figura 2. Pesos de Akaike de las variables incluidas en el conjunto de modelos con diferencia de Akaike $< 2$ para el sisón.....	15
Figura 3. Resultados de la partición de la varianza del modelo para el sisón.....	16
Figura 4. Pesos de Akaike de las variables incluidas en el conjunto de modelos con diferencia de Akaike $< 2$ avutarda.....	17
Figura 5. Resultados de la partición de la varianza del modelo para la avutarda.....	18
Figura 6. Pesos de Akaike de las variables incluidas en el conjunto de modelos con diferencia de Akaike $< 2$ para la perdiz.....	19

Figura 7. Resultado de la función L para el sisón en Valdetorres.....	20
Figura 8. Resultado de la función L para el sisón en Campo Real.. .....	20
Figura 9. Resultado de la función L para la avutarda en Valdetorres .....	21
Figura 10. Resultado de la función L para la avutarda en Campo Real. ....	21
Figura 11. Resultado de la función L para la perdiz en Valdetorres. ....	22
Figura 12. Resultado de la función L para la perdiz en Campo Real.....	22

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma seguido en el trabajo de campo. ....	7
Tabla 2. Variables calculadas para la realización de los modelos de selección de hábitat. ....	9
Tabla 3. Resultados del PCA realizado para los tipos de sustrato.. .....	13
Tabla 4. Resultados del promediado de modelos de selección de hábitat para el sisón.....	15
Tabla 5. Resultados del promediado de modelos de selección de hábitat para la avutarda.. .....	17
Tabla 6. Resultado del promediado de modelos de selección de hábitat para la perdiz.. .....	19

# **Distribución espacial y repartición del hábitat del sisón común (*Tetrax tetrax*) con dos especies simpátricas en el centro de la península Ibérica**

Silvia Herrero Cófreces (sil.herrero@estudiante.uam.es)

## **ABSTRACT**

The Little Bustard, the Great Bustard and the Red-legged Partridge are three sympatric species that coexist in the Iberian cereal pseudo-steppes. Knowledge of the habitat selection patterns of these species is essential for developing effective management and conservation of these ecosystems. This work has focused on the study of little bustard, great bustard and red-legged partridge habitat selection preferences in three areas within the Region of Madrid, taking into account not only abiotic variables but also biotic interactions such as intra and interspecific relationships. Spatial patterns analysis and habitat selection models (determining the relative importance of habitat-context variables, conspecific relationships and heterospecific relationships) have been carried out. Proximity to conspecifics was the most important variable in the Little Bustard model; this species only shows an aggregation pattern in the area with the lowest population density. In the case of the Great Bustard, the distance to conspecifics, the distance to the nearest Little Bustards and the arable fields were the most important variables; the Great Bustard showed a random distribution pattern. However, the bivariate analysis of both the Great Bustard and the Little Bustard showed a clear pattern of aggregation between them. Finally, the red-legged partridge had a strong preference for road neighborhood, especially tracks. This work proves the relevance of biotic variables in habitat selection of sympatric species, and the fact that coexistence is related to segregation by habitat-context variables preferences.

## **RESUMEN**

El sisón común, la avutarda común y la perdiz roja son tres especies simpátricas que habitan en las pseudoestepas cerealistas de la península Ibérica. El conocimiento los patrones de selección de hábitat de estas especies es un elemento esencial para la elaboración de estrategias de conservación eficientes. Este trabajo se ha centrado en el estudio de las preferencias en la selección del hábitat en tres zonas de la Comunidad de Madrid del sisón, la avutarda y la perdiz, teniendo en cuenta no sólo variables abióticas sino también incluyendo variables bióticas como son las interacciones intra e interespecíficas. Se han realizado análisis de patrones espaciales de puntos, así como modelos de selección de hábitat para cada una de las especies, determinando la importancia de cada grupo de variables tenido en cuenta (variables de hábitat-contexto, relaciones coespecíficas y relaciones heteroespecíficas). La selección de hábitat en el sisón estuvo determinada significativamente por la cercanía a coespecíficos, y sólo presentó agregación en la zona con menor densidad. En el caso de la avutarda fueron la distancia a coespecíficos y a sisones, y la presencia de labrados las variables más relevantes; además, presentó una distribución aleatoria en estas zonas. Sin embargo, un estudio conjunto del patrón de distribución de sisón y avutarda mostró un claro patrón de agregación entre ambas especies. Por último, la perdiz tuvo una clara preferencia por las inmediaciones de vías de transporte, especialmente caminos. Con este trabajo se ha demostrado el peso que tienen las variables bióticas en la

selección de hábitat de estas especies, y la existencia de segregación espacial a nivel de variables de hábitat-contexto, permitiendo su coexistencia.

**Palabras clave:** Avutarda común, coexistencia, coespecíficos, heteroespecíficos, patrón espacial, perdiz roja, selección de hábitat, sición común

## INTRODUCCIÓN

Según la teoría del nicho ecológico, el nicho fundamental de una especie queda definido por las condiciones ambientales denso-independientes que caracterizan el lugar donde puede habitar dicha especie, por satisfacer los requerimientos de ésta; mientras que el nicho realizado queda definido por las relaciones bióticas, la dinámica de los recursos que utiliza y la ecología local de la especie, delimitando el área que realmente ocupa (Soberón, 2007; Guisan y Thuiller, 2005). Las interacciones bióticas son un factor importante tanto en la estructura y funcionamiento de una comunidad (Morris, 2003; Ricklefs, 1987), como para la dinámica poblacional de cada especie, viéndose reflejado, a escala local, en su nicho realizado (Soberón, 2007; Pulliam, 2000; Wiens, 1989). La estrategia de selección de hábitat de una especie a esta escala no puede entenderse únicamente como el resultado de una coexistencia entre especies simpátricas interactuantes, aunque es un factor importante a tener en cuenta como medida de la posible competencia y la estructura generada por tal relación (Morris 2003).

El sisón (*Tetrax tetrax*) es un ave esteparia paleártica que, en la península Ibérica, se puede encontrar en zonas de pseudoestepa cerealista. Actualmente está sufriendo una fuerte regresión en toda su área de distribución (García de la Morena et al., 2006) debido a cambios en el uso del suelo, principalmente relacionados con la intensificación agraria (Delgado et al., 2009; Brotons et al., 2004; Wolff et al., 2001). Por todo ello, está catalogada como “Vulnerable” tanto a nivel europeo (Birdlife International, 2008) como en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESPE) (Real Decreto 139/2011).

Los factores determinantes de la distribución del sisón se han estudiado tanto a gran escala (Delgado et al., 2011; Suárez-Seoane et al., 2008, 2002) como a pequeña y media escala, tanto en la época reproductora (Delgado et al., 2009; Morales et al., 2008, 2005; Traba et al., 2008; Jiguet et al., 2002, 2000) como invernal (Silva et al., 2004). A pesar del aumento en el conocimiento de la especie en los últimos años, todavía falta información relativa a aspectos más detallados de su ecología, entre los que destaca la relación del sisón con especies simpátricas y el efecto de estas interacciones en la selección de hábitat a escala local.

Este es el objetivo del presente trabajo, para el que se han elegido dos especies con las que el sisón comparte hábitat y recursos tróficos, como son la avutarda común (*Otis tarda*) y la perdiz roja (*Alectoris rufa*). Las tres son especies que pueden encontrarse en pseudoestepas cerealistas



(García de la Morena et al., 2006; Blanco Aguiar et al., 2004; Palacín et al., 2004; Fortuna, 2002), teniendo una clara preferencia por las zonas agrícolas de secano, con un relieve llano o suavemente ondulado y un paisaje parcheado y abierto que incluya cultivos de cereal (Vargas et al., 2006; Brotons et al., 2004; Suárez-Seoane, 2002; Wolff et al., 2001). De hecho, la presencia de herbáceas de secano es el elemento predictor ambiental más importante que determina la presencia de las especies esteparias (Brotons et al., 2004). En cuanto a su alimentación, son especies principalmente herbívoras, cuya dieta se complementa con insectos durante la época de reproducción en los adultos, y también durante las primeras semanas del desarrollo de los pollos (Traba et al., 2008; Jiguet et al., 2002; Lane et al., 1999; del Hoyo et al., 1994). Como punto en común, también cabe destacar que aunque son, indudablemente, aves ligadas a ecosistemas de origen antrópico, todas ellas tienen una tendencia a evitar zonas con infraestructuras y presencia humanas (Brotons et al., 2004; Lane et al., 2001).

A pesar de la coincidencia en los patrones generales de selección de hábitat a escala de paisaje de las tres especies, existen diferencias en cuanto a la selección específica de los distintos sustratos usados por cada una. El sisón se puede encontrar principalmente en barbechos, seguido por terrenos de cereal, labrados y leguminosas (Delgado et al., 2010; Morales et al., 2005; Suárez-Seoane, 2002; Wolff et al., 2001). En cuanto a la avutarda, muestra preferencia por zonas con cultivos de cereal de mayor extensión, ocupando secundariamente rastros, sembrados, barbechos y leguminosas, según el recurso alimenticio que le reporte en las diferentes estaciones del año (Magaña et al., 2010; Moreira et al., 2004; Suárez-Seoane, 2002; Lane et al., 2001; Pescador y Peris, 1996). Por último, la perdiz selecciona positivamente los cultivos de cereal de cobertura media, en zonas donde además existan linderos naturales o manchas de vegetación natural entre las parcelas, evitando los barbechos (Buenestado et al., 2008; Vargas et al., 2006; Fortuna, 2002).

### Objetivos e hipótesis

Con el presente trabajo se pretende ahondar, por una parte, en el estudio de las relaciones interespecíficas del sisón con dos especies simpátricas, la avutarda común y la perdiz roja, a escala de distribución espacial. Se realizará mediante el estudio de la selección de hábitat de cada una de las especies, tanto a nivel de recursos tróficos como espaciales, determinando los patrones de solapamiento y segregación de las mismas.

Concretamente se han establecido para este trabajo dos objetivos principales, que son los siguientes:

1. Realización de modelos de selección de hábitat para las tres especies en las tres zonas de estudio.
2. Determinación de los patrones de solapamiento y segregación entre el sisón y las dos especies simpátricas, mediante la comparación de los patrones espaciales uni y bivariados.

Así, las predicciones que se han planteado son las siguientes:

1. El patrón de selección de hábitat y segregación espacial a escala de paisaje de los individuos de cada especie será el reflejo, tanto de la selección activa de determinadas características del hábitat debida a diferencias en sus requerimientos específicos, como de la influencia ejercida por la presencia de individuos de alguna de las especies con las que coexiste.
2. La correlación entre la abundancia del sisón, y la abundancia de las especies simpátricas, permitirá inferir la existencia de un efecto de dicha coexistencia sobre el sisón. Según esto, una correlación negativa entre ambas variables indicará que el sisón se ve perjudicado ante la presencia de las otras especies.

## **METODOLOGÍA**

### Descripción de las especies de objeto de estudio

- Sisón Común (*Tetrax tetrax* L.):

El sisón es un ave perteneciente a la familia de las otíidas que se distribuye fundamentalmente en la península Ibérica y las estepas centroasiáticas, encontrándose de forma mucho más fragmentada en el noroeste de África, el resto de la Europa mediterránea y el suroeste del continente asiático (BirdLife International, 2008; García de la Morena et al., 2004; Cramp y Simmons, 1980). La especie es gregaria la mayor parte del año, pero fuertemente territorial durante el periodo reproductor, manteniendo unos territorios de 4-6 ha (Cramp y Simmons, 1980). El sisón presenta dimorfismo sexual durante el periodo reproductivo, no tanto en tamaño como en morfología, ya que los machos adquieren durante el periodo reproductor un

característico collar blanco en forma de “V” sobre el plumaje negro del cuello (Cramp y Simmons, 1980). El sistema de apareamiento de la especie es poligínico en lek disperso (Jiguet et al., 2000, 2002), con un *display* de tipo “bala” en el que comienza a exhibirse a finales de abril (Cramp y Simmons, 1980). La puesta de 3-4 huevos se realiza durante los meses de mayo y junio, y es incubada por la hembra durante 20-22 días. El cuidado de la prole es monoparental materno, alcanzando los juveniles su tamaño adulto a los 50-55 días aunque permanecen con la hembras hasta el otoño (del Hoyo et al., 1994; Cramp y Simmons, 1980). Su catalogación a nivel mundial es de “Casi Amenazado” (BirdLife International, 2008) y a nivel español como “Vulnerable” (Real Decreto 139/2011).

- Avutarda Común (*Otis tarda* L.):

La avutarda es el ave voladora de mayor peso del mundo (Del Hoyo 1996). Esta otídida se distribuye discontinuamente desde la península Ibérica y norte de Marruecos, por el centro y sudeste europeo, hasta las estepas de Asia Central (Palacín et al., 2004; Cramp y Simmons, 1980). Es una especie gregaria, siendo el tamaño de los bandos mayor durante el invierno (Cramp y Simmons, 1980). Presenta un fuerte dimorfismo sexual tanto en tamaño como en morfología, ya que los machos al menos duplican en peso a las hembras y adquieren un plumaje reproductor muy característico, con largos “bigotes” blancos a ambos lados del pico y la gola se torna blanquecina (Cramp y Simmons, 1980). El sistema de apareamiento de la especie es poligínico en lek disperso (Morales et al., 2001), con un *display* de tipo “rueda” que se desarrolla principalmente desde finales de marzo a finales de abril, aunque puede llegar a extenderse hasta principios de junio (Cramp y Simmons, 1980). La puesta se lleva a cabo en abril-mayo (del Hoyo et al., 1994) y es monoparental materno (Hidalgo y Carranza, 1990). Su catalogación a nivel mundial es de “Vulnerable” (BirdLife International, 2008) y en España está incluida en el LESPE (Real Decreto 139/2011).

- Perdiz roja (*Alectoris rufa* L.):

La perdiz roja es una galliforme que sólo se encuentra en el suroeste mediterráneo del continente europeo, comprendiendo el centro y sudeste de Francia, el noroeste de Italia y la península Ibérica; las poblaciones del Reino Unido son introducidas (Blanco Aguiar et al., 2004; Cramp y Simmons, 1980). Es una especie gregaria, aunque muestra un marcado carácter territorial durante la época de cría, que se muestra mediante cantos y un comportamiento desafiante y agresivo ante

intrusos, cualquiera que sea su sexo (Cramp y Simmons, 1980). Este periodo comienza en marzo, realizándose la puesta a finales de abril principios de mayo en el caso de la península Ibérica (del Hoyo et al., 1994; Cramp y Simmons, 1980). A nivel mundial está catalogada como de “Preocupación Menor” (BirdLife International, 2009) aunque en España no está incluida en el LESPE (Real Decreto 139/2011).

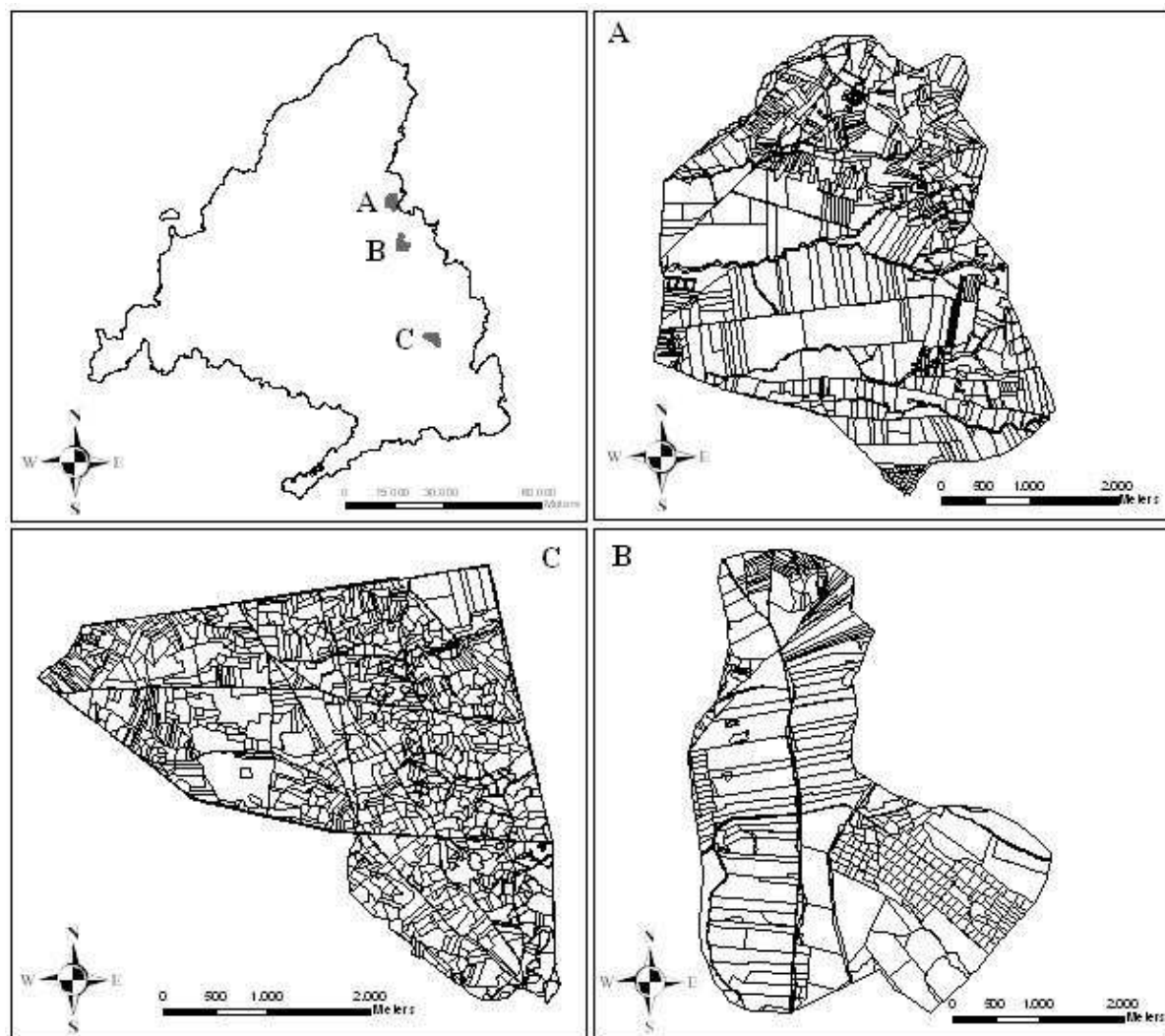
### Descripción de la zona de estudio

El estudio se ha llevado a cabo en tres zonas de la Comunidad de Madrid. Dos de ellas están incluidas en la Zona de Especial Protección para las Aves nº139 “Estepas cerealistas de los ríos Jarama y Henares”, localizadas respectivamente en los municipios de Valdetorres del Jarama y de Daganzo de Arriba. La tercera pertenece a la IBA nº075 “Las Alcarrias de Alcalá”, en el municipio de Campo Real (**Figura 1**). Las tres áreas de estudio seleccionadas se incluyen dentro de las zonas de alto interés para la avifauna esteparia, dada la variedad y abundancia de estas aves en dichas zonas (Traba et al., 2007).

La primera de ellas (**Figura 1A**) se extiende en un área 1500 ha ubicada en los términos municipales de Valdetorres del Jarama y Talamanca del Jarama, al noroeste de la provincia (40° 19' N, 3° 18' W); la segunda (**Figura 1B**), comprende 1320 ha que se localizan en el término municipal de Daganzo de Arriba (40° 32' N, 3° 27' W), al este de la provincia; y finalmente, la última de las zonas (**Figura 1C**) se encuentra en el término municipal de Campo Real (40° 19' N, 3° 18' W), al suroeste, abarcando una superficie de 1150 ha.

En los tres casos, las zonas están situadas en territorios suavemente ondulados y a una altitud media semejante (entre 680 y 800 m). Tienen un clima mediterráneo continental, que se caracteriza por presentar unas precipitaciones anuales medias de 436 mm, con máximos en primavera y otoño; y unas temperaturas medias máxima y mínima de 19,4 y 9,7°C respectivamente. Sin embargo, se producen grandes oscilaciones térmicas tanto diarias como estacionales, alcanzándose valores de temperatura máxima por encima de 35°C y apenas superando mínimas de -2°C (AEMET, 2011).

El uso del suelo es fundamentalmente agrícola con cultivos de secano extensivos, predominantemente cereal, aunque también están presentes en menor medida los cultivos de leguminosas o de leñosas (olivares, viñedos o frutales), así como parcelas en barbecho o eriales.



**Figura 1.** Localización de las tres zonas de estudio en la Comunidad de Madrid (en gris, mapa superior izquierdo) y mapas del parcelario de cada una de ellas. A: Valdetorres de Jarama; B: Daganzo de Arriba; C: Campo Real.

### Toma de datos

El trabajo de campo se realizó durante la primavera de 2011 (**Tabla 1**) y consistió en el mapeo exhaustivo de las poblaciones de las tres especies en cada una de las áreas de estudio mediante recorridos en coche de la red de caminos existente. Las observaciones se georreferenciaron con ayuda de una PDA con GPS, en la que previamente se cargaron los mapas con el parcelario de cada una de las zonas. En cada censo, la zona de estudio se dividió en dos partes, asignando un equipo en coche a cada una de ellas, y realizando el censo ambos equipos simultáneamente. Los

censos se llevaron a cabo durante la época de emparejamiento de las aves, y se extendieron durante las primeras tres horas del día a partir del amanecer (coincidiendo con el momento de mayor actividad de las aves; García de la Morena, 2006; Fortuna, 2002; Alonso et al., 1990). Este método ha sido ampliamente usado en estudios ornitológicos (Delgado et al., 2010; Vögeli et al., 2010; Hingrat et al., 2008; Morales et al., 2008; Tella et al., 2005).

**Tabla 1.** Cronograma seguido en el trabajo de campo.

2011	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Censo pre-reproductor de perdiz												
Censo pre-reproductor de sisón y avutarda												
Características del hábitat												

Los censos de perdiz se realizaron durante el mes de marzo mediante estaciones de escucha de 500 m de radio, cuya localización se estableció de tal forma que abarcaran, sin superponerse entre sí, toda la superficie de cada zona de estudio. El tiempo de escucha en cada estación fue de 10 minutos, mapeándose todas las perdices vistas y/u oídas.

Los censos de sisón y avutarda se llevaron a cabo durante el mes de mayo y en días consecutivos para cada zona, a razón de un censo por cada especie y zona. Como excepción, en la localidad de Daganzo se realizó un único censo para ambas especies, debido a que la localización de los individuos se ve facilitada por las características orográficas del terreno y por la baja densidad de los mismos. En cada uno de ellos se realizó un recorrido a través de la red de caminos, en el que se establecieron paradas cada 500 m, o a la distancia necesaria en el caso de que la visibilidad fuese mala, para conseguir cubrir totalmente la superficie a censar.

Cada censo, tanto de perdiz como de avutarda y sisón consistió en un mapeo de individuos vistos u oídos en el área de muestreo, anotando: Especie, número de individuos, sexo, sustrato sobre el que se encontraba el animal, actividad que estaba realizando, hora y fecha de la localización. Además, en el censo de perdiz, se anotó el número de la estación de escucha.

El estudio de los usos del hábitat se realizó durante los días de censo del mes de mayo y se completó posteriormente con mapeos de las áreas de estudio a lo largo de ese mes. En él, se determinó el tipo de hábitat de cada una de las parcelas que componen las tres zonas de estudio.

Los tipos de sustrato determinados fueron: cereal (se incluye cualquier tipo de cultivo de cereal sembrado ese año), leguminosa (cultivo de cualquier leguminosa sembrado ese año), rastrojo (terreno cultivado el año pasado, no arado y con restos del cultivo), barbecho (terreno cultivado uno o dos años antes y rebrotado), barbecho viejo (terreno que no ha sido cultivado durante más de dos años y con abundante vegetación natural), erial (terreno no cultivado, con abundante vegetación natural y arbustos dispersos), labrado (terreno labrado recientemente y prácticamente desprovisto de vegetación), barbecho de labrado (labrado rebrotado), viñedo, olivar, frutal, bosque (terreno arbolado de origen natural) e improductivo (terreno con elementos antrópicos o no apto para el aprovechamiento agrícola).

### Análisis de datos

#### *Variables:*

El primer paso, previo al análisis de los datos, fue la obtención de una matriz con los datos de todas las variables necesarias para la realización de los análisis pertinentes (**Tabla 2**), sirviéndose para ello de: la información georreferenciada recogida durante el trabajo de campo, los mapas topográficos con curvas de nivel a 5 m de las tres localidades, y las herramientas disponibles en las aplicaciones para sistemas de información geográfica.

En primer lugar se procedió a la revisión de las observaciones, con el objetivo de eliminar posibles dobles conteos. Posteriormente, se obtuvieron puntos control para cada una de las especies y zonas de estudio, en igual número que las observaciones (Suárez-Seoane et al., 2002) y a una distancia mínima de 100 m de éstas; estos puntos fueron posteriormente usados como pseudoausencias en la elaboración de los modelos.

En segundo lugar, se obtuvieron los modelos digitales de elevaciones del terreno de las áreas de estudio mediante técnicas de interpolación y partiendo de los mapas topográficos digitalizados con curvas de nivel a 5 m.

A continuación, se extrajo la información de las variables siguientes para cada punto (entendiendo como tal, tanto observaciones en campo como puntos control), referidas a un buffer de 100 m: altitud relativa y pendiente medias, y porcentaje de cada tipo de sustrato. Además, también se obtuvieron, para cada uno de los puntos, la distancia mínima a caminos, la distancia

mínima a carreteras, la distancia mínima a cualquier tipo de vía de transporte, la distancia mínima a núcleos urbanos, y por último la distancia a observaciones de coespecíficos y heteroespecíficos más próximas. Estas últimas sólo se calcularon para el sisón y la avutarda, ya que las observaciones de perdiz no eran coetáneas con respecto a las otras dos especies. Debido a esto mismo, la interacción con la perdiz por parte de las otras dos especies no se incluyó como distancia sino como probabilidad de presencia, mediante la realización, a partir de las observaciones del censo de perdiz, de un kriging ordinario. Este método fue elegido por ser un tipo de interpolación que tiene en cuenta tanto el número de puntos como su disposición espacial (Gallardo y Maestre, 2008).

Los tipos de sustrato, se agruparon en categorías en función del significado biológico para las especies estudiadas (**Tabla 2**); y la altitud media se relativizó para cada una de las zonas con el fin de estandarizar la variable, correspondiendo 0 a la cota media mínima de los buffer de esa zona y 1, la cota media máxima.

**Tabla 2.** Variables calculadas para la realización de los modelos de selección de hábitat.

	VARIABLES	ABREVIATURA	UNIDADES	
Zona	Campo Real	CR		
	Daganzo de Arriba	DG	-	
	Valdetorres de Jarama	VT		
Variables de hábitat-contexto	Pendiente media	MEAN_PTE	%	
	Altitud media relativa	ALT	-	
	Distancia a la carretera más cercana	DIST_CARRE	metros	
	Distancia al camino más cercano	DIST_CAM	metros	
	Distancia a la vía de transporte más cercana	DIST_VIAS	metros	
	Tipos de sustrato	Barbechos: Rastrojo, barbecho de labrado y barbecho (del año)	B	%
		Eriales y barbechos viejos	EyBV	%
		Labrado	L	%
		Cereal	C	%
		Leguminosa	LEG	%
		Viñedos	V	%
		Otros: Olivares, frutales y terrenos no cultivados	OTROS	%
	Variables de interacción biótica	Distancia a sisón más cercano	DIST_SISON	metros
Distancia a avutarda más cercana		DIST_AVUT	metros	
Probabilidad de presencia de perdiz		MEAN_PERDIZ	metros	



Las variables escogidas para la elaboración de los modelos de selección de hábitat de estas especies han sido ampliamente utilizados en este tipo de análisis según la bibliografía (López-Jamar et al. 2011; Delgado et al., 2010; Buenestado et al., 2008; Morales et al. 2005; Suárez-Seoane, 2002; Wolff et al., 2002, 2001; Lane et al., 2001; Osborne et al., 2001).

#### *Análisis de selección de hábitat:*

La superficie ocupada en cada zona por los distintos tipos de sustrato se redujo mediante un Análisis de Componentes Principales (PCA) a dos factores ortogonales que resumen de forma interpretable la mayor parte de la variación existente, con el objetivo de evitar la colinealidad entre las variables de tipos de sustrato (Guisan y Zimmermann, 2000) y no sobreparametrizar el modelo debido al bajo número de observaciones para cada una de ellas. Por otro lado, se realizó un análisis de correlación, para detectar aquellas variables cuyo coeficiente de correlación fuera mayor de 0,7 (Morales et al., 2008; Faria y Rabaça, 2004), con el fin de reducir más si cabe la redundancia de los modelos. Además, se introdujo la variable categórica “zona” como factor aleatorio para poder determinar si existían diferencias significativas en las variables explicativas entre las tres zonas de estudio. Cuando las variables explicativas continuas no cumplieron el supuesto de normalidad fueron transformadas mediante la raíz cuadrada o el logaritmo, dependiendo del grado de asimetría que presentasen.

Se desarrollaron modelos generalizados mixtos (GLMM) binomiales y con función logit, ya que la variable respuesta es de tipo binario (presencia vs. ausencia) (Martínez et al., 2008; Guisan y Zimmermann, 2000). En el caso de la perdiz, fue un modelo de hábitat estricto, mientras que para el sisón y la avutarda también se incluyeron interacciones bióticas.

Para obtener un modelo de selección de hábitat para cada especie se utilizó la aproximación del promediado de modelos propuesta por Burnham y Anderson (2002). Esta técnica permite calcular los parámetros promediados para cada una de las variables explicativas incluidas en un conjunto de posibles modelos. Todos los posibles modelos se ordenaron mediante el coeficiente de Akaike (AIC), según el cual el mejor modelo (es decir, el modelo más sencillo que mejor explica los datos) es aquel que presenta menor AIC (Johnson y Omland, 2004; Burnham y Anderson, 2002). Para el promediado de modelos, se considera como conjunto de posibles modelos todos aquellos cuya diferencia de Akaike ( $\Delta_i = AIC_i - AIC_{\text{Mejor Modelo}}$ ) es menor de 2.

La selección de variables para los modelos de selección de hábitat se realizó mediante el procedimiento de la variable aleatoria (Whittingham et al., 2005). Para ello fue necesario calcular los pesos de Akaike ( $w_i$ ) de cada una de las variables, concepto que se basa en la probabilidad de cada una de ellas de formar parte del mejor modelo (Burnham y Anderson 2002). Para ello se calculó en primer lugar el peso de cada modelo dentro del conjunto con  $\Delta_i < 2$  según la siguiente fórmula:

$$w_i = \frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\Delta_i\right)}{\sum_{r=1}^R \exp\left(-\frac{1}{2}\Delta_r\right)}$$

Los pesos de Akaike de cada variable se calcularon sumando los pesos de cada modelo en el que apareció cada una de las variables. Después se creó la variable aleatoria, con una distribución normal y no correlacionada con la variable respuesta; y se calculó el  $w_i$  medio para 100 repeticiones (Whittingham et al., 2005). Se consideraron como variables relevantes aquellas que tuvieron un  $w_i$  medio mayor que el  $w_i$  medio obtenido para la variable aleatoria (Whittingham et al., 2005). Este procedimiento se realizó independientemente para cada una de las especies.

Una vez definidas las variables importantes para cada especie, se realizó una partición de la varianza para determinar la contribución relativa a la variabilidad en la selección de hábitat de las especies objeto de estudio por parte de tres grupos de variables diferenciados: hábitat-contexto, relaciones interespecíficas y relaciones intraespecíficas (Horne et al., 2008; Carrete et al., 2005). Las variables incluidas en el grupo hábitat-contexto fueron: pendiente media, altitud media relativa, distancia a vía de transporte más cercana y los ejes del PCA. El grupo de relaciones intraespecíficas incluyó la variable distancia al coespecífico más cercano, y el grupo de relaciones interespecíficas incluyó la probabilidad de presencia de perdiz y la distancia al heteroespecífico más cercano.

#### *Distribución espacial del sisón y la avutarda:*

Para determinar la existencia de patrones espaciales de puntos se aplicaron estadísticos de segundo orden, concretamente una variación de la función K de Ripley denominada función L (De la Cruz Rot, 2008). Para poder aplicar correctamente estos índices, es necesario que los puntos a usar procedan de un censo completo del área de estudio (Fortin y Dale, 2005).

La función K se basa en la comparación del número de observaciones que hay en el entorno de un punto respecto al número de observaciones esperadas para un conjunto de puntos con distribución aleatoria (De la Cruz Rot, 2008; Fortin y Dale, 2005). Para ello se determina una superficie circular centrada en cada una de las observaciones de la muestra, cuyo radio se incrementa progresivamente. En el caso de un conjunto de puntos aleatorios, el número de observaciones dentro de cada círculo aumenta proporcionalmente al área del círculo, por lo que la existencia de un mayor número de puntos respecto a lo esperado por azar indica la existencia de un patrón espacial de agregación y un menor número de puntos, un patrón de dispersión/repulsión (De la Cruz Rot, 2008). Además, con este método también se puede determinar un intervalo de confianza para el valor obtenido y tiene en cuenta el efecto borde en el cálculo del mismo (De la Cruz Rot, 2008; Fortin y Dale, 2005).

Se pueden aplicar dos tipos de índices, dependiendo del número de conjuntos de datos a usar. La función K univariada utiliza un único conjunto de datos para determinar el número de observaciones de ese mismo grupo que hay en el entorno de cada uno de los puntos que lo componen (De la Cruz Rot, 2008). Por su parte, la función K bivariada utiliza dos conjuntos de datos para determinar el número de observaciones de uno de los grupos que hay en el entorno de cada uno de los puntos pertenecientes al otro grupo (De la Cruz Rot, 2008).

El estadístico utilizado en este trabajo fue la función L que es una transformación de la función K de Ripley en una función lineal, lo que permite una visualización e interpretación más sencillas de los resultados, ya que valores positivos son indicadores de dispersión /repulsión mientras que los valores negativos indican agregación (De la Cruz Rot, 2008).

Con el objetivo de determinar la existencia o no de un patrón de agregación entre individuos de la misma especie, la función L aplicada fue de tipo univariada tanto para las observaciones de sisón como para las observaciones de avutarda. Se optó por la función L bivariada para analizar la existencia de agregación entre los individuos de ambas especies. Estos cálculos se han realizado tomando el máximo radio posible (el 25% de la distancia máxima entre dos puntos) y un “step distance” (o incremento progresivo del radio) de un metro. Se han realizado 999 iteraciones para la determinación del intervalo de confianza al 95%. Los valores por debajo del intervalo de confianza indican agregación estadísticamente significativas entre los puntos, mientras que los valores mayores implican repulsión significativa.

El cálculo de estos índices no se realizó para la localidad de Daganzo debido al bajo número de observaciones existente.

La obtención de las diferentes variables explicativas se llevó a cabo con ArcGIS 9.3 (ESRI, 2008). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico Statistica 8.0 (StatSoft, 2008) y el programa R (R Development Core Team, 2011), y para los análisis de distribución de puntos se utilizó el programa PASSaGE 2 (Rosenberg, 2001).

## RESULTADOS

### *Variables:*

El PCA extrajo dos ejes (**Tabla 3**) que absorbieron el 45,18% de la variabilidad de los tipos de sustrato. El eje 1 (PCA1) explicó el 24,84% de la variabilidad de los datos, y estuvo positivamente asociado a la superficie de cereales y negativamente a la superficie de barbechos. Este eje representa un gradiente de cobertura de vegetación cultivada, desde barbechos (vegetación mayoritariamente natural) a cereales (cultivo dominante). El eje 2 (PCA2) explicó el 20,44% de la variabilidad referida a los tipos de sustrato, apareciendo los labrados en el extremo negativo y los barbechos asociados con valores positivos; representa un gradiente de cobertura de vegetación, desde el suelo desnudo (representado por los labrados) hasta cobertura del suelo con vegetación natural (representado por los barbechos).

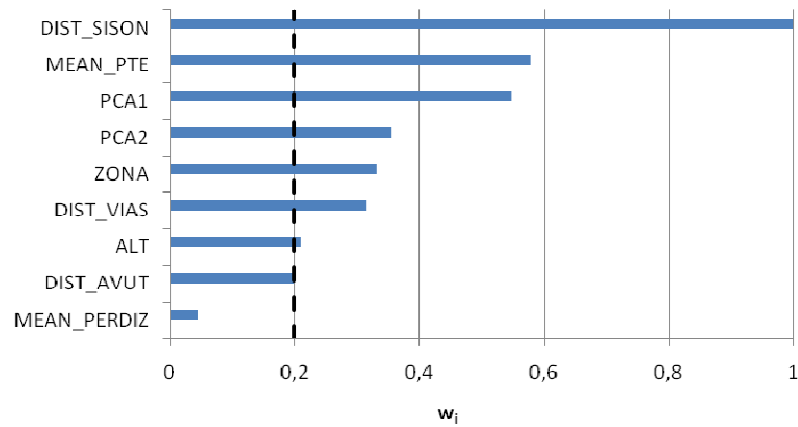
**Tabla 3.** Resultados del PCA realizado para los tipos de sustrato. En negrita se indican los extremos de cada eje; para explicación de los tipos de sustrato ver **Tabla 2**.

% TIPO DE SUSTRATO	PCA1	PCA2
B	<b>-0,758324</b>	<b>0,521289</b>
EyBV	-0,180445	-0,098331
L	-0,207755	<b>-0,845893</b>
C	<b>0,838755</b>	0,366472
LEG	0,267992	-0,287063
V	0,25358	-0,112885

### *Modelos de selección de hábitat:*

Ninguno de los modelos calculados presentó sobredispersión ni sobreparametrización de los datos ya que, por un lado el valor de la relación de la devianza dividida entre los grados de libertad no fue superior a 2, ni las variables fueron introducidas en un número mayor de  $n/3$  en ningún caso (siendo  $n$  el tamaño muestral).

En el caso del sisón, el proceso de selección de los modelos incluyó 35 modelos con  $\Delta AIC < 2$  (**ANEXO 1**) cuyas variables presentaron unos  $w_i$  que pueden verse en la **Figura 2**. La variable aleatoria obtuvo un  $w_i=0,1994$ , lo que supuso que las variables finalmente seleccionadas para el modelo fueran: pendiente, distancia a vías de transporte, distancia a otro sisón, ambos ejes del PCA, altitud y la zona de estudio (**Tabla 4**). La variable con mayor peso en el modelo fue la distancia a otros sisonos y apareció con coeficiente negativo, lo que significa que los sisonos tienden a encontrarse en zonas donde hay presencia de otros individuos de su misma especie. El resto de variables referentes a las características abióticas del hábitat presentó menores pesos de Akaike. Entre ellos, la pendiente y el eje 1 del PCA, ambos con coeficiente negativo, son las variables de hábitat-contexto que tienen una mayor importancia (**Tabla 4**). Esto indica una selección del sisón por zonas de baja pendiente y cubiertas por barbechos. Además, estas zonas se encuentran alejadas de vías de transporte y, como muestra el PCA2, tienen un mayor peso los labrados frente a cereales, tal y como indica respectivamente el signo positivo y negativo del coeficiente de estas variables. Las variables que tienen menor importancia en la selección de hábitat por parte de esta especie son la altitud y el área de estudio, puesto que presentan los menores  $w_i$ .

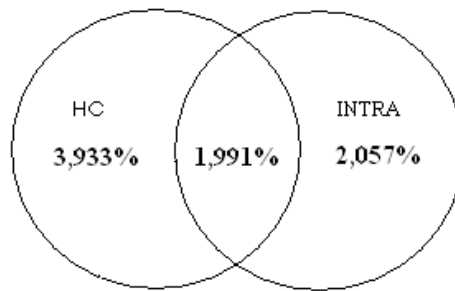


**Figura 2.** Pesos de Akaike ( $w_i$ ) de las variables incluidas en el conjunto de modelos con diferencia de Akaike ( $\Delta AIC$ )  $< 2$  para el sisón. Línea discontinua: Valor de la variable aleatoria. Para explicación de las variables ver **Tabla 2**.

**Tabla 4.** Resultados del promediado de modelos de selección de hábitat para el sisón. Para explicación de las variables ver **Tabla 2**.

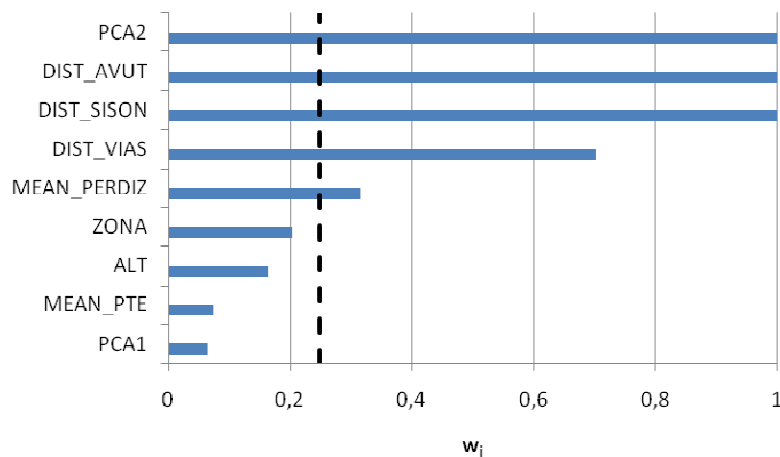
VARIABLES	Coefficiente	Error estándar promediado
Intercept	3,810	1,650
MEAN_PTE	-0,653	1,660
DIST_VIAS	0,0178	0,667
DIST_SISON	-1,500	0,904
PCA1	-0,151	0,194
PCA2	-0,086	0,173
ALT	-0,558	0,036
ZONA-DG	0,323	0,715
ZONA-VT	0,248	0,531

Debido a que ninguna de las variables que forman parte del modelo de selección de hábitat del sisón pertenecen a variables del grupo de interacciones interespecíficas, únicamente se calculó la partición de la varianza sobre los grupos de hábitat-contexto e interacciones intraespecíficas. Los resultados obtenidos (**Figura 3**) muestran que del 7,98% de la variabilidad de los datos que es explicado por el modelo, las características abióticas del hábitat absorben una mayor parte de la misma, mientras que la cercanía de sisones y la fracción compartida por ambos grupos ambos explican un porcentaje similar.



**Figura 3.** Resultados de la partición de la varianza del modelo para el sisón. Las cantidades indican el porcentaje de variabilidad total explicada por cada uno de los componentes. HC: variabilidad explicada exclusivamente por las variables de hábitat-contexto; INTRA: variabilidad explicada exclusivamente por interacciones intraespecíficas. El porcentaje sin denominación se corresponden con la porción compartida por los dos grupos de variables.

Para la avutarda, el proceso de selección de los modelos incluyó 10 modelos con  $\Delta AIC < 2$  (**ANEXO 2**), cuyas variables presentaron unos  $w_i$  que pueden verse en la **Figura 4**. La variable aleatoria calculada obtuvo un  $w_i=0,2485$ , lo que implicó que las variables seleccionadas para el modelo fueran: distancia a vías de transporte, distancia a sisón, distancia a avutarda, presencia de perdiz y PCA2. Las variables con mayor peso en el modelo calculado fueron la distancia a sisón, la distancia a avutarda y el eje 2 del PCA (**Tabla 5**). Todas ellas presentaron coeficientes negativos, de manera que la presencia de avutarda se ve favorecida por la presencia de labrados y la cercanía tanto de sisones como de otras avutardas. El resto de variables presentó pesos intermedios. Por un lado las avutardas aparecieron asociadas a zonas más alejadas de las vías de transporte, como indica el signo positivo del coeficiente de esta variable, y por otro lado tendieron a alejarse de las zonas con presencia de perdiz.



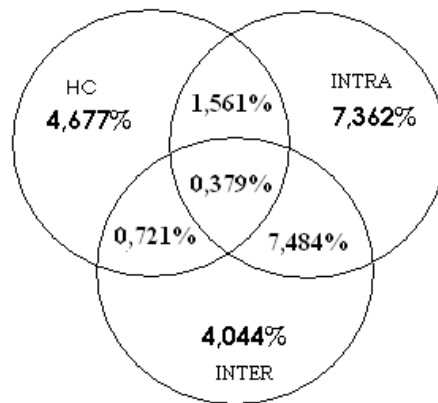
**Figura 4.** Pesos de Akaike ( $w_i$ ) de las variables incluidas en el conjunto de modelos con diferencia de Akaike ( $\Delta AIC$ ) < 2 avutarda. Línea discontinua: Valor de la variable aleatoria. Para explicación de las variables ver **Tabla 2**.

**Tabla 5.** Resultados del promediado de modelos de selección de hábitat para la avutarda. Para explicación de las variables ver **Tabla 2**.

VARIABLE	Coefficiente	Error estándar promediado
Intercept	6,170	2,180
DIST_VIAS	0,581	0,682
DIST_SISON	-0,089	0,606
DIST_AVUT	-2,470	2,440
MEAN_PERDIZ	1,560	0,185
PCA2	-0,401	0,039

Los resultados de la partición de la varianza relativa a los tres grupos de variables incluidas en el modelo promediado (variables de hábitat-contexto, variables de interacciones intraespecíficas y variables de interacciones interespecíficas), mostraron que la mayor capacidad explicativa recayó tanto en la distancia a coespecíficos como en la fracción compartida entre la distancia a coespecíficos y la distancia a interespecíficos (sisón y perdiz). Estas dos fracciones suponen más de la mitad (61,78 %) del 24,03% de variabilidad de los datos que es explicada por el modelo (**Figura 5**).

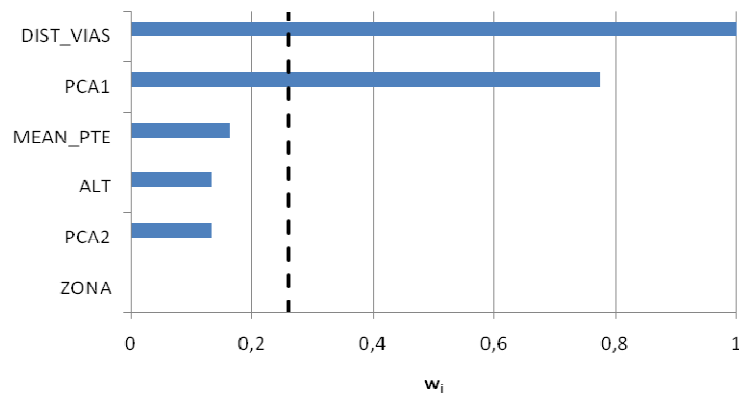




**Figura 5.** Resultados de la partición de la varianza del modelo para la avutarda. Las cantidades indican el porcentaje de variabilidad total explicada por cada uno de los componentes. HC: variabilidad explicada exclusivamente por las variables de hábitat-contexto; INTRA: variabilidad explicada sólo por interacciones intraespecíficas; INTER: variabilidad explicada sólo por interacciones interespecíficas. Los porcentajes sin denominación corresponden con porciones compartidas por más de un grupo de variables.

Para la perdiz, el proceso de selección de los modelos incluyó 5 modelos con  $\Delta AIC < 2$  (**ANEXO 3**) cuyas variables presentaron unos  $w_i$  que pueden verse en la **Figura 6**. La variable aleatoria obtuvo un  $w_i=0,2599$ , por lo que las variables seleccionadas para el modelo fueron la distancia a vías de transporte y el eje 1 del PCA (**Tabla 6**). La variable con mayor peso en el modelo fue la distancia a vías de transporte. El hecho de que esta variable aparezca con signo negativo es indicativo de la preferencia de la perdiz por ubicarse en la cercanía de los caminos. En segundo lugar se encuentra el PCA1, cuyo coeficiente negativo nos indica que prefiere zonas con mayor cobertura de barbechos que de cereales. El porcentaje de la variabilidad de los datos que puede ser explicada por este modelo fue de 18,22%.

En el caso de la perdiz, no se llevó a cabo la partición de la varianza, ya que todas las variables incluidas en el modelo de selección de hábitat pertenecían al grupo de variables de hábitat-contexto.



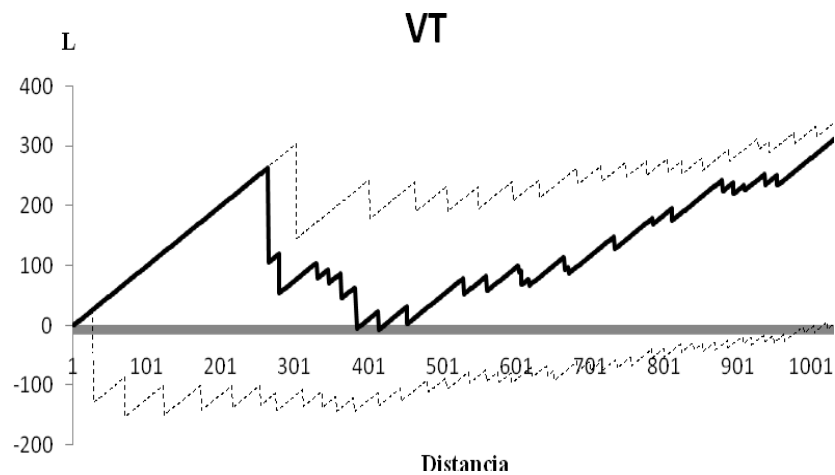
**Figura 6.** Pesos de Akaike ( $w_i$ ) de las variables incluidas en el conjunto de modelos con diferencia de Akaike ( $\Delta AIC$ ) < 2 para la perdiz. Línea discontinua: Valor de la variable aleatoria. Para explicación de las variables ver **Tabla 2**.

**Tabla 6.** Resultado del promediado de modelos de selección de hábitat para la perdiz. Para explicación de las variables ver **Tabla 2**.

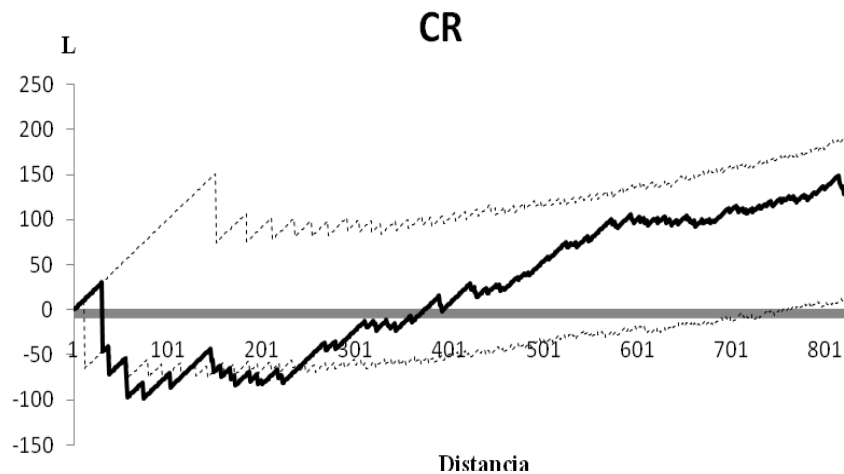
VARIABLES	Coeficiente	Error estándar promediado
Intercept	1,900	0,497
DIST_VIAS	-0,205	0,178
PCA1	-0,179	0,047

#### *Distribución espacial del sisón y la avutarda:*

La función L univariada para el sisón no mostró agregación entre los individuos en el caso de Valdetorres (**Figura 7**), pero sí para las observaciones de Campo Real (**Figura 8**). En este segundo caso, la agregación apareció entre los 56 y los 238 metros de distancia de las observaciones.

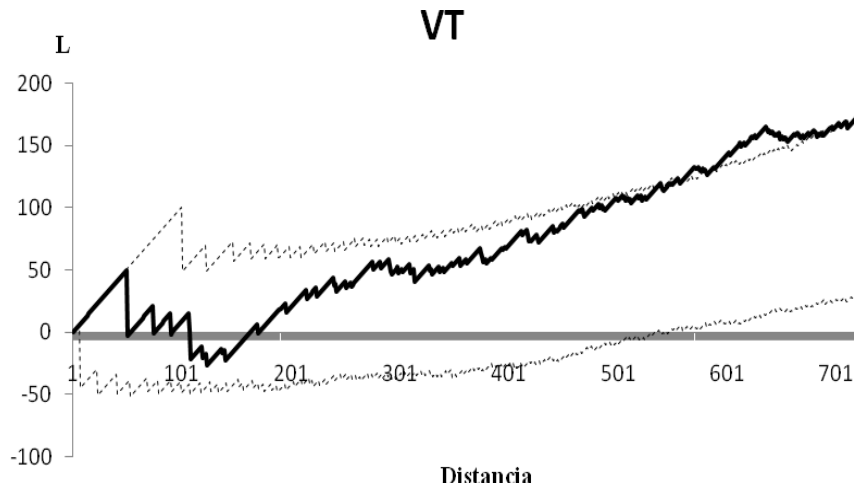


**Figura 7.** Resultado de la función L para el sisón en Valdetorres (VT). Línea continua: Valor de la función L en función del aumento del radio del área para el que se calcula; línea discontinua: Intervalo de confianza para  $p=0,95$ .

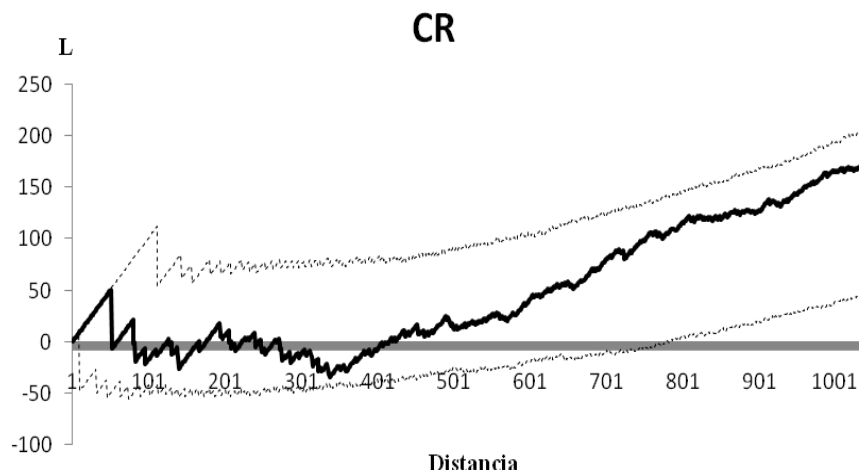


**Figura 8.** Resultado de la función L para el sisón en Campo Real (CR). Línea continua: Valor de la función L en función del aumento del radio del área para el que se calcula; línea discontinua: Intervalo de confianza para  $p=0,95$ .

Para la avutarda, la función L univariada mostró una distribución aleatoria tanto en Valdeterres (**Figura 9**) como en Campo Real en todas las escalas (distancias) consideradas (**Figura 10**).

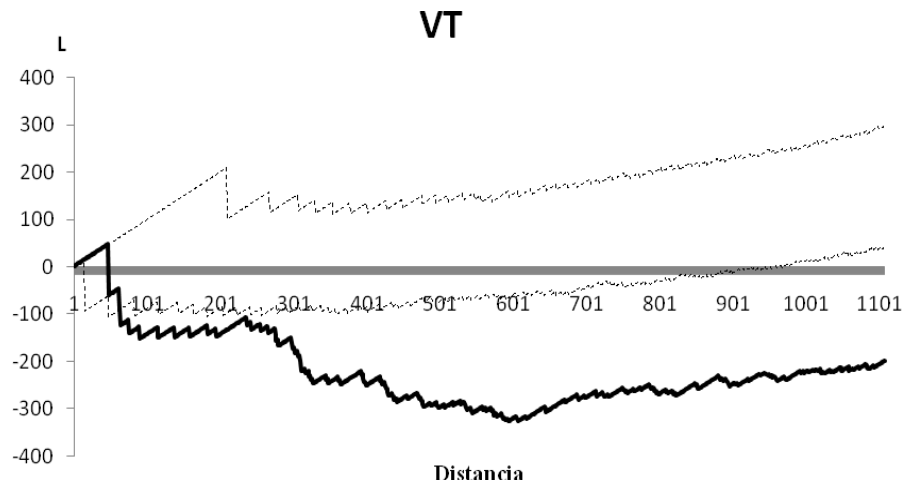


**Figura 9.** Resultado de la función L para la avutarda en Valdeterres (VT). Línea continua: Valor de la función L en función del aumento del radio del área para el que se calcula; línea discontinua: Intervalo de confianza para  $p=0,95$

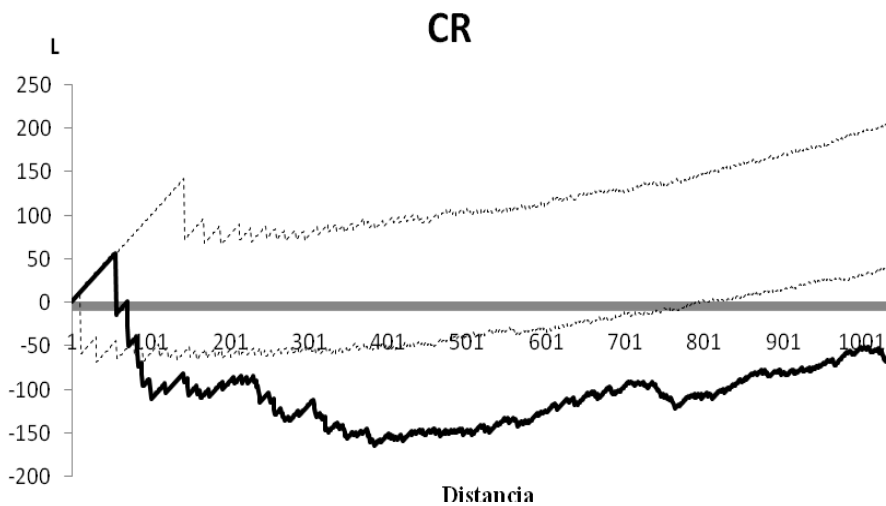


**Figura 10.** Resultado de la función L para la avutarda en Campo Real (CR). Línea continua: Valor de la función L en función del aumento del radio del área para el que se calcula; línea discontinua: Intervalo de confianza para  $p=0,95$ .

La función L bivariada para el sisón y la avutarda conjuntamente mostró la existencia de agregación entre los individuos de ambas especies y en ambas localidades. En el caso de Valdetorres esta agregación apareció a partir de los 65 metros (**Figura 11**) y en Campo Real a partir de los 85 metros (**Figura 12**).



**Figura 11.** Resultado de la función L para la perdiz en Valdetorres (VT). Línea continua: Valor de la función L en función del aumento del radio del área para el que se calcula; línea discontinua: Intervalo de confianza para  $p=0,95$ .



**Figura 12.** Resultado de la función L para la perdiz en Campo Real (CR). Línea continua: Valor de la función L en función del aumento del radio del área para el que se calcula; línea discontinua: Intervalo de confianza para  $p=0,95$ .

## DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo han mostrado el importante papel que desempeñan las relaciones tanto intraespecíficas como heteroespecíficas en los patrones de selección de hábitat, poniendo de manifiesto la necesidad de incluir estas variables en los modelos de selección de hábitat y no sólo variables de tipo abiótico.

La realización del promediado de modelos nos ha permitido obtener modelos de selección de hábitat que tuvieran en cuenta la incertidumbre en la selección de los mismos, ya que el modelo final se ha obtenido a partir de un conjunto de modelos (modelos con  $\Delta AIC < 2$ ) en el que la diferencia entre ellos en términos del coeficiente de Akaike es muy pequeña y por tanto insuficiente para determinar cuál de esos modelos es el que más se acerca a la realidad.

Una vez obtenidos los modelos para cada una de las especies, la partición de la varianza ha permitido determinar la importancia relativa de cada grupo de variables dentro del patrón de selección (variables de hábitat-contexto, variables bióticas intraespecíficas y variables bióticas interespecíficas), poniendo de manifiesto la relevancia de las relaciones entre individuos de la misma especie.

El modelo para el sisón mostró que la selección de hábitat de esta especie viene principalmente determinada por variables de interacción biótica, concretamente las interacciones intraespecíficas. La variable que presentó mayor peso en el modelo fue la cercanía de otros sisonos, lo que puede relacionarse con el sistema de reproducción tipo *lek* de esta especie. Los machos defienden un territorio determinado que ha sido seleccionado según la visibilidad que ofrece (Morales et al., 2008; Jiguet et al., 2002) y la cantidad de alimento disponible (Traba et al., 2008). Estas características que tienen que reunir los territorios estarían representadas por el resto de variables presentes en el modelo, las cuales presentaron menores pesos. Así, estas zonas deben de: tener baja pendiente para favorecer la visibilidad (Jiguet et al., 2002); estar alejadas de las vías de transporte, por ser fuente de perturbaciones antrópicas (Brotons et al., 2004); presentar gran abundancia de barbechos, ya que son fuente de alimento y refugio (Delgado et al., 2010; Traba et al., 2008; Jiguet et al., 2002); y baja cobertura de cereales, cultivo que impide la visibilidad de su exhibición sexual debido a la mayor altura que presenta la vegetación (Morales et al., 2008; Jiguet et al., 2002).

Sin embargo, los resultados de la partición de la varianza mostraron que el bloque de variables de hábitat-contexto absorbía el doble de variabilidad que las variables de interacción intraespecíficas. Este resultado parece contradecir el obtenido en el modelo de selección, en el cual la distancia a coespecíficos fue la variable con mayor importancia. Sin embargo hay que tener en cuenta que la fracción de variabilidad absorbida exclusivamente por el grupo de interacciones intraespecíficas se debe únicamente a una variable, la distancia a coespecíficos, y a pesar de eso explica más de la mitad de lo que explica el conjunto de cinco variables que componen el bloque de hábitat-contexto. Esto no hace sino reforzar lo obtenido en el modelo de selección de hábitat respecto a la importancia que tiene para los sisones la cercanía de coespecíficos.

En el caso de la avutarda, el modelo mostró que la selección de hábitat de esta especie viene determinada tanto por variables de hábitat-contexto como por variables de interacción biótica. La significación de los valores negativos del PCA2 en el modelo es indicativo de que los labrados tienen una gran importancia para la especie. Puesto que en la fecha en la que se realizaron los censos aún existían algunos individuos retrasados realizando la exhibición sexual (ruedas), este resultado es lógico ya que los labrados suponen un ambiente abierto en el que se consigue una alta visibilidad por parte de las hembras circundantes. Por otra parte, el resto de machos que ya se habían apareado empezaban a congregarse en pequeños bandos, suceso que ocurre antes de la migración post-reproductora (Alonso et al. 2000; Morales, 2000; Morales et al. 2000), lo que puede explicar la importancia en el modelo de la cercanía de coespecíficos. Además, diversos estudios han determinado la relevancia que tiene la atracción coespecífica para que las avutardas se asienten en una zona determinada, por encima incluso de las preferencias de hábitat (Alonso et al., 2004; Lane et al., 2001; Osborne et al., 2001). La tercera variable importante obtenida en el modelo fue la cercanía a sisones. Esto podría deberse a que ambas especies seleccionan el mismo tipo de paisaje aunque, a una escala más detallada, los requerimientos concretos de cada una de ellas sean diferentes (Delgado et al 2009; Moreira et al., 2004). Sin embargo, el resultado obtenido con la partición de la varianza permitió conocer que las variables significativas no tuvieron igual importancia en la selección de hábitat, a pesar de tener un mismo peso en el modelo promediado. El bloque de interacciones intraespecíficas (distancia a otras avutardas) explicó una mayor variabilidad de los datos, junto con la fracción compartida por los dos tipos de interacciones bióticas, lo que puede explicarse por la coincidencia en las características generales del hábitat a

escala de paisaje seleccionado por las tres especies (García de la Morena et al., 2006; Blanco Aguiar et al., 2004; Palacín et al., 2004; Fortuna, 2002).

Además, en el modelo se incluyeron otras variables que presentaron pesos intermedios, como son la distancia a vías de transporte y la presencia de perdices. Por un lado, la proximidad a caminos y carreteras supone la existencia de molestias antrópicas para estas aves, por eso tienden a distanciarse de ellas, al igual que hacen con otras infraestructuras humanas (López-Jamar, 2011; Lane et al., 2001; Osborne et al., 2001). Por otro lado, la presencia de perdices está ligada fundamentalmente a la cercanía de caminos (ver más abajo), y tienden además a evitar zonas con baja cobertura (Buenestado et al., 2008), como son los labrados. De ahí que las avutardas se encuentren en zonas con baja probabilidad de presencia de perdiz.

El modelo de selección de hábitat de la perdiz mostró que la variable más relevante fue la cercanía a vías de transporte. Esto es debido a la selección positiva que hacen de los linderos presentes fundamentalmente en los caminos (Buenestado et al., 2008; Fortuna, 2002; Lucio Calero, 1991), ya que este tipo de hábitat con una cobertura media de vegetación supone una fuente importante y diversa de alimentos para este ave, a la vez que le ofrece cobijo frente a depredadores (Vargas et al., 2006; Fortuna, 2002).

Los modelos obtenidos muestran una segregación en los patrones de selección de hábitat del sisón con las especies simpátricas estudiadas, la cual se produce a nivel de requerimientos y preferencias en cuanto a variables de hábitat-contexto. El sisón selecciona zonas con mayor abundancia de barbechos que de labrados, y que además se encuentren alejados de vías de transporte. Por su parte la avutarda también prefiere zonas alejadas de carreteras y caminos, pero a diferencia del sisón debe predominar la superficie labrada. La perdiz, al igual que el sisón, prefiere barbechos; sin embargo estos se encuentran cerca de los linderos que bordean los caminos que discurren en la zona de estudio.

En lo referente a las relaciones bióticas, cabe destacar la gran importancia que tiene la cercanía de coespecíficos para estas otíidas, variable que resultó importante en ambos modelos. Debe decirse que no se han podido constatar relaciones de competencia entre las especies estudiadas sino de mera coexistencia, ya que la segregación que muestran se debe a diferencias en los requerimientos específicos en cuanto a condiciones del hábitat y no a efectos negativos entre las especies simpátricas estudiadas.



El análisis de patrones de puntos mediante la función L ha permitido evaluar la posible existencia de patrones de agregación/repulsión para la avutarda y el sisón en las zonas de estudio de Valdetorres y Campo Real, tanto entre individuos de diferente especie como intraespecíficos.

La función L-univariada calculada para las observaciones de sisón mostró que los sisones sólo presentaron agregación en una de las dos localidades. En el caso de Valdetorres este resultado apoya lo encontrado en anteriores trabajos (Delgado et al., 2010), y podría deberse a un efecto de baja densidad (0,011 individuos/ha), que limita el efecto de atracción coespecífica al poner gran cantidad de hábitat a disposición de los machos. En el caso de Campo Real, sin embargo, la mayor densidad (0,044 individuos/ha) y el patrón espacial de los barbechos podría favorecer la disposición agregada de los machos. No obstante, debe profundizarse en los aspectos concretos de sistema de apareamiento, dada la variabilidad interpoblacional observada.

Por otro lado, el resultado obtenido para la función L-univariada realizada para las observaciones de avutarda, muestra que la disposición espacial de los individuos de esta especie presentan un patrón espacial aleatorio. Este resultado parece paradójico dado el sistema de apareamiento de tipo *lek* que presenta la especie. Sin embargo, esta agregación es especialmente patente en el pico reproductor que hay en el mes de abril, para después disminuir a medida que el *lek* se dispersa (Morales, 2000), y puesto que el censo se realizó después de esta fecha (durante la primera quincena de mayo) es lógico pensar que los individuos ya no se encuentren reunidos en torno a las arenas y el número de avutardas que aún se encuentra realizando la exhibición sexual no sea una parte significativa de la población, y por ello no se haya obtenido un patrón de agregación significativo.

En cuanto a los patrones de distribución espacial de sisón y avutarda de forma conjunta, puede verse en el resultado de la función L-bivariada que se produce la agregación de los individuos a partir de una distancia superior a los 60 metros tanto en Valdetorres como el Campo Real, lo que puede ser debido a que ambas especies seleccionan el mismo tipo de hábitat a escala de paisaje aunque no a menor escala (Morales & Traba, 2009). Esta ausencia de agregación a esta escala menor se debe a la diferencia en las preferencias específicas en cada una de ellas, como se ha podido ver en los modelos de selección de hábitat anteriores.

## CONCLUSIONES

Los modelos de selección de hábitat obtenidos para el sisón, la avutarda y la perdiz muestran una segregación a pequeña escala en las preferencias y requerimientos en cuanto a variables de hábitat-contexto. El sisón selecciona zonas de barbecho, con baja pendiente y alejadas de carreteras y caminos; la avutarda prefiere zonas labradas alejadas de vías de transporte; y la perdiz se localiza en barbechos cercanos a linderos de carreteras y caminos. Esto demuestra la segregación espacial de las tres especies que permite su coexistencia en el paisaje. De hecho, las poblaciones de sisón y avutarda de las dos localidades en las que se han realizado análisis de patrones espaciales (Valdetorres de Jarama y Campo Real), presentan un claro patrón de agregación interespecífica.

Además, con este trabajo se ha mostrado el peso que tienen las relaciones interespecíficas en la selección de hábitat del sisón, y la importancia de las relaciones tanto intra como interespecíficas para la avutarda. Por tanto, se pone de manifiesto la relevancia de las relaciones interespecíficas en los modelos de selección de hábitat, y la necesidad de incluir variables de interacción biótica en este tipo de estudios.

## BIBLIOGRAFÍA

- AEMET. 2011. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Disponible en: [www.aemet.es](http://www.aemet.es). Con acceso: 20/05/2011.
- Alonso, J.A., Alonso, J.C., Hellmich, J., Lucio, A.L., Martín, E., Naveso, M.A. y Purroy, F.J. 1990. *Parámetros demográficos, selección de hábitat y distribución de la avutarda (Otis tarda) en tres regiones españolas*. ICONA, Madrid.
- Alonso, J.C., Martín, C.A., Alonso, J.A., Palacín, C., Magaña, M. y Lane, S.J. 2004. Distribution dynamics of a great bustard metapopulation throughout a decade: influence of conspecific attraction and recruitment. *Biodiversity and Conservation* 13: 1659-1674.
- Alonso, J.C., Morales, M.B. y Alonso, J.A. 2000. Partial migration, and lek and nesting fidelity in female Great Bustards. *The Condor* 102: 127-136.
- Araújo, M.B. y Luoto, M. 2007. The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. *Global Ecology and Biogeography* 16: 743-753.
- BirdLife International 2008. *Otis tarda*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. Disponible en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Con acceso: 20/05/2011.
- BirdLife International 2008. *Tetrax tetrax*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. Disponible en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Con acceso: 20/05/2011.
- BirdLife International 2009. *Alectoris rufa*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. Disponible en: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Con acceso: 20/05/2011.
- Blanco Aguiar, J.A., Virgós, E. y Villafuerte, R. 2004. Perdiz roja (*Alectoris rufa*). En: *Atlas de las aves reproductoras de España* (eds. Martí, R y del Moral, J.C.) pp. 212-213. Ministerio de Medio Ambiente.
- Brotons, L., Mañosa, S. y Estrada, J. 2004. Modelling the effects of irrigation schemes on the distribution of steppe birds in Mediterranean farmland. *Biodiversity and Conservation* 13: 1039-1058.
- Buenestado, F.J., Ferreras, P., Delibes-Mateos, M., Tortosa, F.S., Blanco-Aguiar, J.A. y Villafuerte, R. 2008. Habitat selection and home range size of red-legged partridges in Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 126: 158-162.
- Burnham, K.P. y Anderson, D.R. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach (2<sup>nd</sup> ed.). Springer-Verlag New York, Inc., New York.
- Carrete, M., Sánchez-Zapata, J.A., Calvo, J.F. y Lande, R. 2005. Demography and habitat availability in territorial occupancy of two competing species. *Oikos* 108: 125-136.
- Cramp, S. y Simmons, K.E.L. 1980. *The Birds of the Western Palearctic*, Vol. 2. Oxford University Press, London.
- De la Cruz Rot, M. 2008. Tema 3: Métodos para analizar datos puntuales (Maestre, F.T., Escudero, A. y Bonet, A. eds.). En: *Introducción al análisis espacial de datos en Ecología y ciencias ambientales: Métodos y aplicaciones*, pp. 75-127. Dykinson, Madrid.
- Del Hoyo, J., Elliott, A. y Sargatal, J. 1994. *Handbook of the birds of the world. (vol. 2)*. New World Vultures to Guinea-fowl. Lynx Edicions, Barcelona.

- Del Hoyo, J., Elliott, A. y Sargatal, J. 1994. *Handbook of the birds of the world. (vol. 3). Hoatzin to Auks*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Delgado, M.P., Morales, M.B., Traba, J. y García de la Morena, E.L. 2009. Determining the effects of habitat management and climate on the population trends of a declining steppe bird. *Ibis* 151: 440-451.
- Delgado, M.P., Traba, J., García de la Morena, E.L. y Morales, M.B. 2010. Habitat selection and density-dependent relationships in spatial occupancy by male little bustards *Tetrax tetrax*. *Ardea* 98: 185-194
- España. Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. *Boletín Oficial del Estado*, 23 de febrero de 2011, núm. 46, pp. 20912-20951.
- ESRI. 2008. *ArcGIS Desktop v.9.3*. Environmental Systems Research Institute. Redlands.
- Faria, N. y Rabaça, J.E. 2004. Breeding habitat modelling of the little bustard *Tetrax tetrax* in the site of community importance of Cabrela (Portugal). *Ardeola* 51: 331-343.
- Fortin M-J y Dale M.R.T. 2005. *Spatial analysis: a guide for ecologists*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fortuna, M.A. 2002. Selección de hábitat de la perdiz roja *Alectoris rufa* en el periodo reproductor en relación con las características del paisaje de un agrosistema de La Mancha (España). *Ardeola* 49: 59-66.
- Gallardo, A. y Maestre, F.T. 2008. Tema 6: Métodos geoestadísticos para el análisis de datos espacialmente explícitos (Maestre, F.T., Escudero, A. y Bonet, A. eds.). En: *Introducción al análisis espacial de datos en Ecología y ciencias ambientales: Métodos y aplicaciones*, pp. 215-272. Dykinson, Madrid.
- García de la Morena, E.L., de Juana, E., Martínez, C., Morales, M.B. y Suárez, F. 2006. Sisón común (*Tetrax tetrax*). En: *Atlas de las aves reproductoras de España* (eds. Martí, R y del Moral, J.C.) pp. 232-233. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Green, R.E. 1984. The feeding ecology and survival of chicks (*Alectoris rufa* and *Perdix perdix*) on arable farmland in east Anglia. *The Journal of Applied Ecology* 21: 817-830.
- Guisan, A. y Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- Guisan, A. y Zimmermann, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Hidalgo, S.J. y Carranza, J. 1990 *Ecología y comportamiento de la avutarda (Otis tarda L.)*. Servicio de publicaciones de Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Hingrant, Y., Saint Jalme, M., Chalah, T., Orhant, N. y Lacroix, F. 2008. Environmental and social constraints on breeding site selection. Does the exploited-el and hotspot model apply to the Hubara bustard *Clamydotis undulata undulate*? *J. Avian Biol.* 39: 393-404.
- Horne, J.S., Garton, E.O. y Rachlow, J.L. 2008. A synoptic model of animal space use: Simultaneous estimation of home range, habitat selection, and inter/intra-specific relationships. *Ecological Modelling* 214: 338-348.

- Jiguet, F., Arroyo, B. y Bretagnolle, V. 2000. Lek mating systems: a case study in the *Little Bustard Tetrax tetrax*. *Behavioural Processes* 51: 63-82.
- Jiguet, F., Jaulin, S. y Arroyo, B. 2002. Resource defense on exploded leks: do male little bustards, *T. tetrax*, control resources for females? *Animal Behavior* 63: 899-905.
- Johnson, J.B. y Omland, K.S.. 2004. Model selection in ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 101-108.
- Lane, S.J., Alonso, J.C. y Martín, C. 2001. Habitat preferences of great bustard *Otis tarda* flocks in the arable steppes of central Spain: are potentially suitable areas unoccupied? *Journal of Applied Ecology* 38: 193-203.
- Lane, S.J., Alonso, J.C. y Naveso, M.A. 1999. Seasonal changes in diet and diet selection of great bustards (*Otis. tarda*) in north-west Spain. *J. Zool., Lond.* 247: 201-214.
- López-Jamar, J., Casas, F., Díaz, M. y Morales, M.B. 2011. Local differences in habitat selection by Great Bustards *Otis tarda* in changing agricultural landscapes: implications for farmland bird conservation. *Bird Conservation International* 21: 328-341.
- Magaña, M., Alonso, J.L., Martín, C.A., Bautista, L.M. y Martín, B. 2010. Nest-site selection by Great Bustards *Otis tarda* suggests a trade-off between concealment and visibility. *Ibis* 152: 77-89.
- Martínez, I., Escudero, A. y Carreño, F. 2008. Tema 11: Modelos predictivos de distribución espacialmente explícitos con datos de presencia (Maestre, F.T., Escudero, A. y Bonet, A. eds.). En: *Introducción al análisis espacial de datos en Ecología y ciencias ambientales: Métodos y aplicaciones*, pp. 411-448. Dykinson, Madrid.
- Morales, M. B. 2000. *Ecología reproductiva y movimientos estacionales en la avutarda común (Otis tarda)*. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Morales, M.B. & Traba, J. (2009) Compromisos adaptativos en la selección de hábitat de aves esteparias. En: Dopazo, H. & Navarro, A. (eds.) *Adaptación y Evolución: 150 años después del Origen de las Especies*. pags: 304-313. SESBE.
- Morales, M.B., Jiguet, F. y Arroyo, B. 2001. Exploded leks: what bustards can teach us. *Ardeola*, 41: 85-98.
- Morales, M.B., Alonso, J.C., Alonso, J.A. y Martín, E. 2000. Migration Patterns in Male Great Bustard (*Otis tarda*). *The Auk* 117: 493-498.
- Morales, M.B., García, J.T. y Arroyo, B. 2005. Can landscape composition changes predict spatial and annual variation of little bustard male abundance? *Animal Conservation* 8: 167-174.
- Morales, M.B., Traba, J., Carriles, E., Delgado, M.P., García de la Morena, E.L. 2008. Sexual differences in microhabitat selection of breeding little bustards *Tetrax tetrax*: Ecological segregation based on vegetation structure. *Acta Oecologica* 34: 345-353.
- Moreira, F., Morgado, R. & Arthur, S. 2004. Great bustard *Otis tarda* habitat selection in relation to agricultural use in southern Portugal. *Wildl. Biol.* 10: 251-260.
- Morris, D.W. 2003. Toward an ecological synthesis: a case for habitat selection. *Oecología* 136:1-13.

- Osborne, P.E., Alonso, J.C. y Bryant, R.G. 2001. Modelling landscape-scale habitat use using GIS and remote sensing: a case study with great bustard. *Journal of Applied Ecology* 38: 458-471.
- Palacín, C., Alonso, J.C., Martín C.A., Alonso, J.A., Magaña, M. y Martín, B. 2004. Avutarda común. En: *Atlas de las aves reproductora de España* (eds. Marti, R y del Motal, J.C.) pp. 336-337. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Pescador, M. y Peris, S.J. 1996. Selección del hábitat por la avutarda (*Otis tarda*) en campos agrícolas del centro-oeste de la península Ibérica. *Ecología* 10: 471-480.
- Pulliam, H.R. 2000. On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters* 3: 349-361.
- R Development Core Team. 2011. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Ricklefs, R.E. 1987. Community Diversity: Relative Roles of Local and Regional Processes. *Science* 235: 167-171.
- Rosenberg, M.S. 2001. PASSAGE: Pattern Analysis, Spatial Statistics and Geographic Exegesis. Version 2. Arizona State University, Tempe.
- Silva, J.P., Pinto, M. y Palmeirim, J.M. 2004. Managing landscapes for the little bustard *Tetrax tetrax*: lessons from the study of winter habitat selection. *Biological Conservation* 117: 521-528.
- Soberón, J. 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species *Ecology Letters* 10: 1115-1123.
- StatSoft, Inc. 2007. *STATISTICA* v.8.0. StatSoft, Inc., Tulsa.
- Suárez-Seoane, S., García de la Morena, E.L., Morales, M.B., Osborne, P.E. y de Juana, E. 2008. Maximum entropy niche-based modelling of seasonal changes in little bustard (*Tetrax tetrax*) distribution. *Ecological Modelling* 219: 14-29.
- Suárez-Seoane, S., Osborne, P.E. y Alonso, J.L. 2002. Large-scale habitat selection by agricultural steppe birds in Spain: identifying species-habitat responses using generalized additive models. *Journal of Applied Ecology* 39: 775-771.
- Tella, J.L., Vögeli, M. Serrano, D. y Carrete, M. 2005. Current status of the threatened Dupont's lark in Spain: overestimation, decline, and extinction of local populations. *Oryx*, 39: 90-94.
- Traba, J., García de la Morena, E.L., Morales, M.B. y Suárez, F. 2007. Determining high values areas for steppe birds in Spain: hot spots, complementarity and the efficiency of protected areas. *Biodiversity and Conservation*, 16: 3255-3275.
- Traba, J., Morales, M.B., García de la Morena, E.L., Delgado, M.P. y Kristin, A. 2008. Selection of breeding territory by little bustard (*Tetrax tetrax*) males in Central Spain: the role of arthropod availability. *Ecol. Res.* 23: 615-622.
- Vargas, J.M., Guerrero, J.C. Farfán, M.A., Barbosa, A.M. y Real, R. 2006. Land use and environmental factors affecting red-legged partridge (*Alectoris rufa*) hunting yields in southern Spain. *Eur J. Wildl. Res.* 52: 188-195.

- Vögeli, M., Serrano, D., Pacios, F. y Tell, J.L. 2010. The relative importance of patch habitat quality and landscape attributes on a declining steppe-bird metapopulation. *Biological Conservation* 143: 1057-1067.
- Whittingham, M.J. Swetnam, R.D, Wilson, J.D., Chamberlain, D.E. y Freckleton, R.P. 2005. Habitat selection by yellowhammers *Emberiza citrinella* on lowland farmland at two spatial scales: implications for conservation management. *Journal of Applied Ecology*, 42: 270–280.
- Wiens, J.A. 1989. *The ecology of bird communities (vol. 1 y 2)*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wolff, A., Paul, J.P., Martin, J.L. y Bretagnolle, V. 2001 The benefits of extensive agriculture to birds: the case of the little bustard. *Journal in Applied Ecology* 38: 963-975.

## ANEXO 1

Conjunto de modelos con diferencia de Akaike ( $\Delta AIC$ ) < 2 inicialmente seleccionados para realizar el promediado de modelos para el sisón. AIC: Coeficiente de Akaike;  $w_i$ : Peso de Akaike de cada modelo. Para explicación de las variables ver **Tabla 2**.

VARIABLES					AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
MEAN_PTE	DIST_SISON	PCA2	ZONA		197,26	0,00	0,05
MEAN_PTE	DIST_SISON	PCA1			197,30	0,04	0,05
MEAN_PTE	DIST_VIAS	DIST_SISON	PCA1		197,62	0,36	0,04
DIST_SISON	PCA1				197,70	0,44	0,04
MEAN_PTE	DIST_SISON	PCA1	PCA2	ZONA	197,83	0,57	0,04
MEAN_PTE	DIST_SISON	PCA1	ZONA		197,86	0,60	0,04
MEAN_PTE	DIST_SISON	ZONA			198,30	1,05	0,03
DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA1			198,34	1,08	0,03
DIST_SISON	PCA1	ALT			198,35	1,09	0,03
DIST_VIAS	DIST_SISON				198,36	1,11	0,03
DIST_VIAS	DIST_SISON	PCA1			198,39	1,14	0,03
MEAN_PTE	DIST_SISON	PCA1	PCA2		198,51	1,25	0,03
MEAN_PTE	DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA1		198,52	1,26	0,03
MEAN_PTE	DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA2	ZONA	198,56	1,31	0,03
DIST_SISON					198,60	1,35	0,03
MEAN_PTE	DIST_VIAS	DIST_SISON			198,65	1,39	0,03
MEAN_PTE	DIST_VIAS	DIST_SISON	PCA2	ZONA	198,67	1,41	0,03
DIST_SISON	DIST_AVUT				198,71	1,46	0,03
DIST_VIAS	DIST_SISON	ALT			198,80	1,54	0,02
DIST_SISON	PCA2	ALT	ZONA		198,82	1,56	0,02
MEAN_PTE	DIST_VIAS	DIST_SISON	PCA1	PCA2	198,84	1,59	0,02
MEAN_PTE	DIST_SISON	MEAN_PERDIZ	PCA1		198,84	1,59	0,02
MEAN_PTE	DIST_SISON	PCA2	ALT	ZONA	198,95	1,69	0,02
DIST_VIAS	DIST_SISON	PCA1	ALT		198,96	1,70	0,02
DIST_SISON	PCA1	PCA2			199,01	1,75	0,02
MEAN_PTE	DIST_SISON	DIST_AVUT	ZONA		199,09	1,84	0,02
MEAN_PTE	DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA1	ZONA	199,10	1,85	0,02
DIST_SISON	ALT				199,10	1,85	0,02
DIST_VIAS	DIST_SISON	PCA2	ALT		199,12	1,87	0,02
MEAN_PTE	DIST_SISON	MEAN_PERDIZ	PCA2	ZONA	199,12	1,87	0,02
DIST_VIAS	DIST_SISON	DIST_AVUT			199,13	1,87	0,02
MEAN_PTE	DIST_VIAS	DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA1	199,18	1,93	0,02
MEAN_PTE	DIST_SISON	PCA1	ALT		199,21	1,96	0,02
DIST_SISON	PCA1	PCA2	ALT		199,22	1,97	0,02
DIST_VIAS	DIST_SISON	PCA2			199,25	1,99	0,02



## ANEXO 2

Conjunto de modelos con diferencia de Akaike ( $\Delta$  AIC) < 2 seleccionados para realizar el promediado de modelos para la avutarda. AIC: Coeficiente de Akaike;  $w_i$ : Peso de Akaike de cada modelo. Para explicación de las variables ver **Tabla 2**.

VARIABLES						AIC	$\Delta$ AIC	$w_i$
DIST_VIAS	DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA2			163,43	0,00	0,17
DIST_VIAS	DIST_SISON	DIST_AVUT	MEAN_PERDIZ	PCA2		163,66	0,23	0,15
DIST_SISON	DIST_AVUT	"PCA2"		ZONA		164,00	0,58	0,13
DIST_SISON	DIST_AVUT	"PCA2"				164,74	1,31	0,09
DIST_VIAS	DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA2	ALT		164,83	1,40	0,08
DIST_SISON	DIST_AVUT	MEAN_PERDIZ	PCA2			164,88	1,45	0,08
DIST_VIAS	DIST_SISON	DIST_AVUT	MEAN_PERDIZ	PCA2	ALT	164,95	1,52	0,08
DIST_VIAS	DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA2	ZONA		165,04	1,62	0,08
MEAN_PTE	DIST_VIAS	DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA2		165,11	1,68	0,07
DIST_VIAS	DIST_SISON	DIST_AVUT	PCA2	PCA2		165,39	1,96	0,06

### ANEXO 3

Conjunto de modelos con diferencia de Akaike ( $\Delta AIC$ ) < 2 seleccionados para realizar el promediado de modelos para la perdiz. AIC: Coeficiente de Akaike;  $w_i$ : Peso de Akaike de cada modelo. Para explicación de las variables ver Tabla 2.

VARIABLES			AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
DIST_VIAS	PCA1		130,71	0,00	0,34
DIST_VIAS			131,57	0,86	0,22
MEAN_PTE	DIST_VIAS	PCA1	132,20	1,48	0,16
DIST_VIAS	PCA1	ALT	132,59	1,88	0,13
DIST_VIAS	PCA1	PCA2	132,59	1,88	0,13