Molestias a la Avutarda común (*Otis tarda*) en la ZEPA 139 "Estepas Cerealistas de los ríos Jarama y Henares": actividades humanas, respuestas de las aves e implicaciones de manejo

Trabajo para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados (D.E.A.). Universidad Autónoma de Madrid (U.A.M.); Facultad de Ciencias Biológicas; Departamento de Ecología

Carlos Ponce Cabas
Dpto. Ecología Evolutiva
Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC
José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid
Tutor Académico: Javier Seoane Pinilla
Profesor Contratado Doctor. UAM.

ÍNDICE

Resumen 3

1.- Introducción 4

1.1.- Especie objeto de estudio: la Avutarda común 5

2.- Metodología 9

2.1.- Área de estudio 9

2.2.- Descripción de las actividades humanas y molestias a las aves 10

2.3.- Análisis de la información 13

3.- Resultados 15

3.1.- frecuencia de las respuestas ante las molestias..... 15

3.2.- Actividades humanas y frecuencia de las molestias 16

3.3.- Tipo y duración de las respuestas para las diferentes molestias..... 18

3.4.- Variaciones estacionales y diarias en las molestias y respuestas de las avutardas 19

3.5.- Índices de Peligrosidad para la avutarda 21

4.- Discusión..... 23

5.- Implicaciones de gestión..... 30

6.- Agradecimientos 33

8.- Referencias Bibliográficas 34

1.- Resumen

En el presente trabajo se investigan los efectos de las actividades humanas sobre el comportamiento de las avutardas comunes (*Otis tarda*) en una Zona de Especial Protección para las Aves cerca de la ciudad de Madrid. Se han registrado un total de 532 molestias, lo que supone 0.93 molestias por hora, un valor alto comparado con otros estudios. Cada individuo sufrió, de media, una molestia cada cuatro horas y media y pasó respondiendo aproximadamente el 0,58 % de su tiempo disponible. La huida fue más frecuente que la alerta y entre las respuestas de huida, el vuelo fue más habitual que la huida caminando. El tráfico de coches y los paseantes fueron las principales fuentes de molestias para las aves, causando el 46,1%. Otras actividades también fueron perjudiciales en relación a su abundancia o tiempo de permanencia en la zona (motoristas, perros, helicópteros y aviones). Por el contrario, las actividades ganaderas y de agricultura como tractores y rebaños de ovejas produjeron relativamente pocas molestias (19,9%) y la respuesta habitual de las aves no fue la huida volando. La distribución temporal de las actividades cinegéticas provocó una mayor frecuencia de molestias en fines de semana que en días de diario y en invierno que en primavera. La frecuencia diaria de las molestias también influyó en la respuesta de las aves. La peligrosidad de automóviles y paseantes en la zona de estudio fue la mayor, mientras que la de los jinetes, camiones y ciclistas fue muy baja. Al eliminar los factores concernientes a la zona de estudio, los rebaños de ovejas, cazadores, cazadores, perros sueltos y paseantes fueron las actividades más peligrosas, por lo que hay que evitar que su frecuencia aumente en la zona de estudio. Se considera necesaria la regulación del tráfico y de la caza con el fin de asegurar la conservación de la especie en el área de estudio, además de la instalación de observatorios para los ornitólogos y aficionados a la naturaleza.

1-. Introducción

Las molestias pueden ser definidas como sucesos o eventos que provocan algún cambio en la biología de las aves, ya sea en su comportamiento (comer, cuidado del plumaje, etc.), en la estructura de los bandos o en la reproducción. Varios trabajos que han empleado a las aves como objeto de estudio han mostrado que las molestias procedentes de actividades humanas influyen de forma negativa sobre distintos aspectos de la vida de las aves debido a que interpretan que existe un riesgo de predación (Frid y Dill 2002). En concreto, las molestias pueden provocar efectos adversos sobre la eficacia de alimentación (Burger y Gochfeld 1991; Burger 1994), y la reproducción (Parsons y Burger 1982; Safina y Burger 1983; Rodgers y Smith 1995; Fernández-Juricic 2002; Weimerskirch *et al.* 2002; Brambilla *et al.* 2004). Más aún, las molestias pueden afectar de forma negativa a aspectos como la distribución y el éxito reproductivo de los individuos y, finalmente, pueden reducir su supervivencia (p.e., Goss-Custard *et al.* 2006) debido, entre otras cuestiones, a que el tiempo que emplean respondiendo frente a las molestias no lo pueden destinar a actividades de obtención de alimento, de descanso o de reproducción. Además, se ha demostrado que las aves pueden llegar a escoger lugares peores para su alimentación si eso conlleva una disminución del riesgo de depredación (Carrascal y Alonso 2006).

Como consecuencia de lo anterior, se considera que las actividades antrópicas y los efectos sobre las aves deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar planes de gestión en espacios protegidos de importancia para las aves (Ramírez Sanz *et al.* 2000).

En el presente trabajo se estudian las actividades humanas que se llevan a cabo en una zona protegida de la Comunidad de Madrid y las consecuencias que generan las molestias sobre la Avutarda común (*Otis tarda*).

Se cuantifican los efectos directos que tienen las actividades humanas sobre las aves mediante el estudio de diferentes aspectos, ya que las consecuencias de ello pueden llegar a ser diferentes debido a que cada tipo de respuesta puede generar diferentes problemas. Por una parte, se estudian las variaciones que se producen en diferentes tipos de días de la semana, debido a que las actividades humanas que se desarrollan pueden ser diferentes en el tipo y cantidad, y en diferentes épocas del año, ya que la distribución y comportamiento de las aves difiere notablemente, como puede

ocurrir con las actividades humanas, por lo que las consecuencias para las aves también podrían ser diferentes.

En concreto, se estudian las diferentes respuestas de las aves frente a las distintas fuentes de molestias, se compara la frecuencia de las molestias entre el invierno y la primavera y se exploran las posibles diferencias entre los fines de semana-festivos y días de diario para evaluar el impacto de las actividades que se llevan a cabo durante estos días ya que, si las actividades y su frecuencia difieren, las aves pueden sentirse más inseguras y responder de forma diferente. Por último, se ha elaborado un índice de peligrosidad de las diferentes actividades para las avutardas de la zona de estudio y otro índice independiente de la frecuencia de las actividades, extrapolable a otras zonas con presencia de la especie

El objetivo final de este trabajo es evaluar la compatibilidad de las actividades humanas con la conservación de una especie en peligro. Las administraciones encargadas de gestionar los espacios en los que se ha desarrollado el trabajo y en otras zonas pueden considerar útiles los resultados obtenidos, con el fin de regular determinadas actividades humanas para que sean compatibles con la conservación de las avutardas y otras aves esteparias presentes en la zona de estudio.

1.1.- La Avutarda común, especie objeto de estudio

La Avutarda común (*Otis tarda*) es un ave que presenta varias particularidades. En primer lugar, es la especie de ave de mayor tamaño de Europa y está considerada como la más pesada del mundo que tiene capacidad de vuelo. Otra característica llamativa es el acusado dimorfismo sexual en tamaño y en coloración. Así, los machos adultos pesan de 12 a 18 kg y las hembras rara vez llegan a los 6 kg (un 30% del peso de los primeros). Además, la coloración de las hembras es críptica, mientras que los machos, en primavera, poseen un colorido más llamativo y contrastado entre las diferentes partes de su cuerpo que se hace más evidente durante la exhibición nupcial que realizan desde mediados de marzo hasta finales de abril en lo que se conoce como “la rueda”. Este gran tamaño hace a la especie una buena candidata para desarrollar estudios de comportamiento desde observatorios situados a gran distancia.

Por otra parte, la avutarda es una de las pocas especies de aves en las que el sistema reproductivo es de tipo *lek* (Gewalt 1959; Cramp y Simmons 1980; Johnsgard 1991; del Hoyo *et al.* 1996; Morales 2000). El lek es un sistema de apareamiento poligínico consistente en que un conjunto de machos que se exhiben en determinados lugares son visitados por las hembras para el apareamiento, así, cada macho copulará con varias hembras.

Cuando un macho hace la rueda, en primer lugar levanta la cola dejando ver las plumas inferiores de color blanco. A continuación, el ave gira las alas, inclina su cabeza hacia atrás, y se convierte en algo que parece como una gran bola blanca. Al mismo tiempo, infla los sacos aéreos que tiene en el cuello, mostrando la línea sin plumas que presenta a ambos lados del mismo, eriza las barbas, apoya la nuca sobre la espalda, y eleva el tronco hacia atrás, llevando la cola hasta su espalda. Cuando una hembra está en las proximidades del macho, éste comienza a dar vueltas a su alrededor realizando movimientos laterales con su cuerpo hasta que la hembra se echa al suelo y deja que el macho copule con ella. Todo este proceso implica mucho tiempo, ya que un macho debe avanzar de una fase a otra (rueda 1, rueda 2 y rueda 3) poco a poco y tener paciencia para que las hembras no se sientan acosadas y abandonen el lugar. Debido a esto, también se produce un alto gasto de energía (el macho no se alimenta durante todo ese tiempo). Un macho puede estar realizando la rueda bastante tiempo hasta que una hembra evalúe su calidad y decida copular con él, por tanto una molestia durante estos momentos puede conllevar serias consecuencias sobre la reproducción de la especie, provocando que las hembras se marchen y no copulen con el macho que habían seleccionado. Además, si se desarrollan varias actividades humanas coincidiendo en el tiempo y en el espacio durante esta época, se puede producir la parada de todas las ruedas y no se reanudan hasta varias horas después o al día siguiente si la molestia se ha producido por la tarde. También hay que tener en cuenta que el periodo efectivo de cópulas es bastante reducido, situándose entre el 20-30 de abril (Magaña 2007), por lo que es necesario que las aves estén tranquilas durante ese periodo.

Tras el apareamiento, la hembra selecciona un lugar para hacer la puesta. El nido consiste en una ligera depresión del terreno, prácticamente sin cubierta vegetal alguna y la puesta oscila entre 1 y 3 huevos de color verdoso con manchas parduscas que incuba durante unas cuatro semanas. Los pollos nacen a finales de mayo-primeros

de junio. El cuidado de los pollos lo realiza exclusivamente la hembra y puede alargarse hasta la siguiente primavera, momento en el que la hembra volverá a copular. Este periodo también es crítico para la especie, debido a la vulnerabilidad de los pollos. Durante el verano, si se produce una molestia, la hembra sale volando, mientras que el pollo permanece echado, y la hembra sólo vuelve a recogerlo cuando la molestia ha cesado (datos propios). Si ese tiempo es excesivo, el pollo podría llegar a morir debido a las altas temperaturas. A pesar de la importancia que tiene esta época, se ha decidido no incluirla en el estudio debido a que la productividad de la especie es muy baja (en los mejores años no llega al 30% de las hembras con pollo) y las familias suelen situarse en zonas algo retiradas de los lugares principales para la especie, por lo que el bajo tamaño muestral haría que no se pudieran obtener resultados fiables. Por otro lado, las altas temperaturas hacen que el periodo diario de actividad de la especie se vea restringido al amanecer y atardecer, por lo que serían necesarios muchos días de observación para obtener información suficiente para ser analizada.

La avutarda común es una especie amenazada a escala mundial (Collar *et al*. 1994; Heredia *et al*. 1996; BirdLife International 2004a), catalogada como vulnerable a nivel nacional e internacional (BirdLife International 2004a, b; Palacín *et al.* 2004) que pertenece a la familia de aves *Otididae*, de origen probablemente africano, en la que también se encuentran el Sisón común (*Tetrax tetrax*) y la Avutarda hubara (*Chlamydotis undulata*), las cuales habitan en zonas secas o semiáridas y están perfectamente adaptadas a la vida en medios carentes de arbolado (Johnsgard 1991). El hábitat original de la especie son las estepas naturales del Paleártico, aunque actualmente, el hábitat principal lo forman las grandes extensiones de cultivo de secano con predominancia de cereal, aunque puede estar compuesto también por otros tipos de cultivos leñosos como olivares o viñedos, aunque siempre en menores proporciones que el primero. Por tanto, actualmente, la vida de la avutarda está íntimamente ligada a las actividades agrícolas humanas, muy necesarias para la viabilidad de la especie, sin embargo, estas actividades también pueden llegar a ser perjudiciales, así que se produce una aparente contradicción entre estas dos cuestiones.

El tamaño de la población mundial de la especie se estima actualmente entre 43.500 y 51.200 individuos. España acoge entre 27.500 y 30.000 individuos (Palacín y Alonso 2008), lo que supone el 60% de la población mundial de la especie. De éstas,

unas 1.400 se encuentran en la Comunidad de Madrid (Alonso *et al.* 2006). El futuro de esta especie se ve amenazada en algunos lugares de España debido a la degradación del hábitat causada por la intensificación agrícola, desarrollo de infraestructuras, urbanismo, y mortalidad no natural provocada por las colisiones con tendidos eléctricos (Palacín *et al.* 2004) y, en menor medida, por la caza ilegal (datos propios). Este proceso es particularmente notorio cerca de la ciudad de Madrid, donde el desarrollo urbanístico se está produciendo a gran velocidad (Naredo *et al.* 1989; Ruíz 1999).

Los censos llevados a cabo en la Comunidad de Madrid desde 1988 han mostrado una constante pérdida de hábitat para las avutardas debido a la construcción de infraestructuras y desarrollo urbanístico, y está provocando la agregación de las aves en los mejores lugares a través de un proceso de atracción coespecífica (Alonso *et al.* 2003, 2004). Dicha pérdida de hábitat potencialmente utilizable por la especie se ha estimado en más de la mitad respecto a 1990 (Martín 2008). Además, los problemas derivados de este hecho suponen que varios de los grupos reproductores presentes en la Comunidad de Madrid pueden llegar a desaparecer en menos de 50 años, poniendo en grave peligro el futuro de la metapoblación de avutardas de la Comunidad de Madrid (Martín 2008). El desarrollo urbanístico también provoca otro tipo de impactos muy poco estudiados, como las molestias a las aves derivadas del aumento de la presencia humana y las actividades recreativas asociadas. También hay que tener en cuenta que las avutardas viven en medios abiertos dedicados fundamentalmente a actividades agrícolas y ganaderas, por lo que también pueden ser molestadas como consecuencia de ello. Por último, la caza de liebre (*Lepus granatensis*) con galgo, de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) y de perdiz roja (*Alectoris rufa*) está permitida en estas zonas. Sin embargo, las molestias provocadas por las actividades humanas a estas aves no han sido cuantificadas, y tampoco se ha evaluado si estas actividades son compatibles con la conservación de la especie.

2.- Metodología

2.1.- Área de estudio

El estudio fue llevado a cabo en la Zona de Especial Protección para las Aves nº 139 "Estepas Cerealistas de los Ríos Jarama y Henares", situada al noreste de la Comunidad de Madrid (Figura 1). Esta zona alberga el 65% de las avutardas comunes que crían en la Comunidad de Madrid, es decir, algo más de 900 ejemplares (Alonso *et al.* 2006). Esta cantidad de aves hace que la avutarda común sea una buena candidata para desarrollar este estudio (junto con lo mencionado anteriormente). Además de la avutarda común, en la ZEPA 139 se encuentran otras especies amenazadas que comparten hábitat con esta especie. Algunas de ellas son el Sisón común (*Tetrax tetrax*), la Ganga ortega (*Pterocles orientalis*), o los Aguiluchos cenizo (*Circus pygargus*) y pálido (*C. cyaneus*), que, lógicamente, también se encuentran sometidas a las mismas fuentes de molestias de origen humano que las avutardas. La zona está dedicada principalmente al cultivo de trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*) o avena (*Avena sativa*) en régimen de año y vez. Las leguminosas como la veza (*Vicia sativa*) o yeros (*Vicia ervilia*) son cultivadas de forma ocasional.

El hecho de que la zona sea cruzada por numerosas pistas hace que también sea frecuente el tránsito de vehículos, paseantes y ciclistas, que desarrollan actividades lúdicas en la zona y pueden ser fuente de molestias. Otros usos importantes en la zona son el ganadero, sobre todo procedente de los rebaños de ovejas que son conducidos por pastores y perros, y el cinegético, permitido entre los meses de octubre y enero.

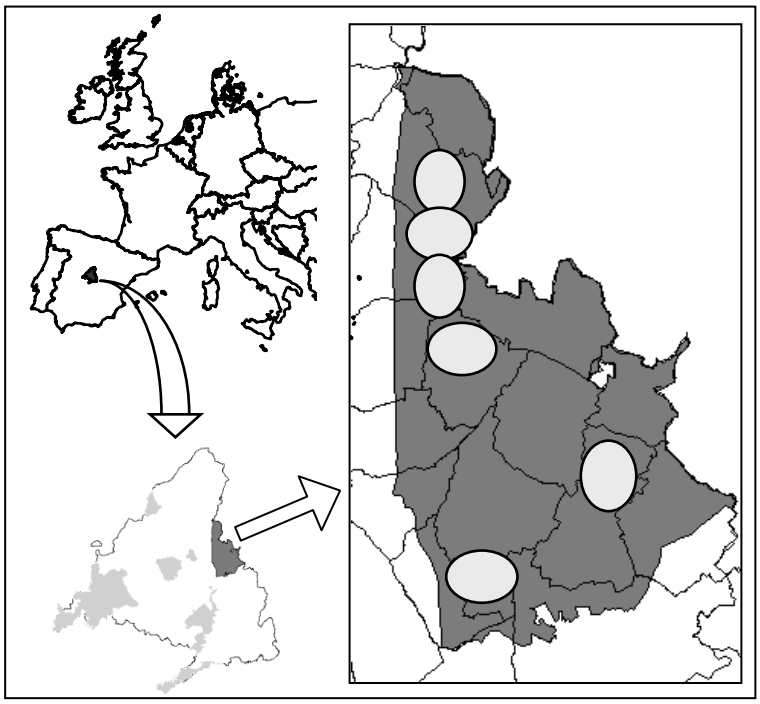

Figura 1. Mapa del área de estudio en el que se muestra la localización de la Comunidad de Madrid, las ZEPA madrileñas (gris) y la localización de los observatorios en la ZEPA 139.

2.2.- Descripción de las actividades humanas y molestias a las aves

Se seleccionaron 6 observatorios, lo que supone una superficie total de 3000 ha (más del 9% del área total de la ZEPA), como muestra representativa de las principales zonas en las que se encuentran las avutardas. Desde estos observatorios se pueden ver los movimientos de las avutardas mediante el uso de telescopios y prismáticos lo suficientemente lejos como para no interferir en el comportamiento de las aves (sin provocar molestias). La información se obtuvo durante 164 días (575 horas de observación), distribuidas entre los inviernos de 2003-04 y 2004-05 (107 días, 415 horas) y las primaveras de 2004 y 2005 (27 días, 160 horas). Dichas observaciones se llevaron a cabo tanto en días de diario (94 días, 324 horas) como en fines de semana y festivos (70 días, 251 horas).

El periodo de observación comenzó antes del amanecer y terminó al mediodía, momento en el que las avutardas se echan a descansar, por lo que su detectabilidad es mínima (Martínez 2000) y dificulta enormemente el trabajo hasta que vuelven a estar completamente activas a últimas horas de la tarde. El periodo de observación (horas/día) fue constante excepto cuando las condiciones meteorológicas (lluvia, niebla o viento fuerte) lo impidieron. Las aves fueron cartografiadas en mapas 1:10.000 al amanecer, antes de que comenzaran las actividades humanas y sus movimientos fueron reflejados cada media hora. Los movimientos espontáneos de las aves y los cambios en el tamaño de los bandos fueron registrados también. Las aves que cruzaron el área de estudio pero no se posaron en un sitio visible donde poder registrar la información necesaria, no fueron consideradas.

Para cada actividad se anotó la hora de comienzo y de fin, independientemente de si provocó o no algún tipo de respuesta de las aves (molestia). Las actividades fueron agrupadas según se refleja en la Tabla 1.

Las molestias causadas por animales silvestres también fueron computadas para los análisis generales, pero no en la evaluación de las molestias originadas por actividades humanas. Cuando las avutardas salieron de la zona de observación, se midió la duración de la respuesta durante el tiempo en que las aves estaban a la vista, aunque esto ocurrió en raras ocasiones.

Tabla 1. Tipos de actividades tratadas en el estudio.

Actividades	Consideraciones particulares
Aeronaves	Avionetas e hidroaviones
Animales	Rapaces, zorros y córvidos
Automóviles	Coches y todoterrenos
Camiones	Camiones y excavadoras
Cazadores	Con escopetas o acompañados de
Ciclistas	
Helicópteros	
Jinetes	
Motoristas	Motocicletas y quads
Otros	Basura y quema de rastrojos
Paseantes	Solos o acompañados de perros en las
Perros	Perros sueltos o asilvestrados
Rebaños de	acompañados de un pastor y perros
Tractores	

Para cada molestia fueron recogidas las siguientes variables: tipo de respuesta (vigilancia, huida caminando y huida volando), duración de la respuesta, y número de aves que reaccionaron.

La respuesta mediante la vigilancia implica que el ave deja de realizar su actividad, levanta la cabeza y estira el cuello. De forma natural, las aves suelen vigilar, para detectar posibles depredadores, pero ambas vigilancias se diferencian porque en el caso de las molestias, la vigilancia se extiende más en el tiempo y la realizan varios ejemplares de forma simultánea. La huida caminando implica que los ejemplares molestados huyen de la molestia a una mayor velocidad de la que tendrían si caminaran durante sus actividades habituales de búsqueda de alimento y el comportamiento es diferente al que tienen cuando caminan de forma. La huida volando supone que las aves molestadas se marchan del lugar en el que estaban mediante el vuelo. En algunas ocasiones, las aves desarrollaron respuestas compuestas, es decir, una combinación de dos o más tipo de respuestas (p.e. vigilancia y luego huida volando, huida caminando y luego volando,...), sin embargo, este tipo de

respuestas supone un porcentaje muy pequeño respecto al conjunto de molestias registradas, por lo que no han sido consideradas para este trabajo.

2.3.- Análisis de la Información

Para comparar la frecuencia de cada respuesta ante las molestias se ha considerado cada respuesta como una unidad y se ha empleado la prueba χ^2. Las pruebas ANOVA de un factor y t-Student han sido usadas para comparar la duración de las respuestas en el conjunto total de la muestra y entre los tipos de molestias, descartando las que tenían un número bajo tamaño muestral. El número de individuos que responden a cada molestia ha sido analizado de la misma forma que en el caso de la duración de la respuesta y se ha comprobado si estas dos variables - número de individuos que responden y la duración de la respuesta- estaban correlacionadas. La interacción entre varios factores (estación y tipo de día de la semana) fue analizada mediante un ANOVA multifactorial, y para realizar las comparaciones particulares dentro de cada uno de estos dos factores (invierno frente a primavera, días laborables frente a festivos), se ha considerado cada día de observación (n=164) como una unidad y se ha empleado la prueba t-Student. Se han considerado los días de observación como unidades muestrales también cuando se han calculado las correlaciones entre las diferentes variables (frecuencia de aparición de las actividades, frecuencia de las molestias, frecuencia de las respuestas, etc.).

El riesgo percibido por las avutardas se ha valorado de diferentes formas. Por una parte, se han calculado varios índices sencillos del impacto de cada tipo de actividad sobre un aspecto concreto (porcentaje del número total de molestias causadas por cada tipo de actividad, porcentaje del número total de aves molestadas y porcentaje del tiempo que emplean las aves en responder respecto a su tiempo disponible para actividades típicas de la especie -comer, descansar, acicalarse,...-), y con índices relativos que son independientes de la frecuencia de la actividad o permanencia en el área de estudio: probabilidad de causar molestia (número de actividades que causan molestias/número de actividades observadas), número medio de molestias por actividad que causa molestia (una misma actividad puede causar varias molestias a diferentes bandos), y número medio de molestias por hora de actividad (Tabla 2).

Con toda esta información se ha obtenido un Índice de Peligrosidad en la ZEPA para cada actividad antrópica (IP ZEPA), calculado de la siguiente forma:

IP ZEPA (actividad) = A x B, donde A = (HV x THV x %HVt x 1 + HC x THC x %HCt x 0.33 + VG x TVG x %VGt x 0.083) y B = Prob-M x Act/D x Mol-HA. El término A de la ecuación es un cálculo del perjuicio ocasionado por cada tipo de respuesta, medido en función del número de huidas volando, caminando y vigilancias (HV, HC, VG) que ha provocado la molestia, el tiempo medio de huida volando, caminando y de vigilancia (THV,T HC, TVG) frente a la molestia, el porcentaje de huidas volando, caminando y vigilancias que ha provocado la actividad respecto al total de huidas volando, caminando y vigilancias (%HVt, %HCt, %VGt) de todas las actividades, 1, 0.33 y 0.083 es el coste energético estimado para la huida volando, caminando (3 veces menos que la huida volando), y la vigilancia (12 veces menos que la huida volando), respectivamente. El término B es independiente del tipo de respuesta y se refiere a la capacidad potencial de molestar por parte de cada tipo de actividad, medida mediante la probabilidad de que una actividad cause molestias (Prob-M), el número de actividades por día de observación (Act/D) y el número de molestias por hora de actividad (Mol-HA).

También se ha calculado el Índice de Peligrosidad General para cada actividad (IPG), extrapolable a otras zonas. Éste se ha obtenido teniendo en cuenta los tiempos medios de cada tipo de respuesta y el coste estimado para cada una de ellas: IPG (actividad) = (THV x 1 + THC x 0.33 + TVG x 0.083) x Prob-mol

No se ha considerado el número de cada tipo de respuesta debido a que éste y otros parámetros dependen de la cantidad y frecuencia de las actividades y molestias.

3.- Resultados

3.1 Frecuencia de las respuestas ante las molestias

Se han registrado 532 molestias, lo que supone 0.93 molestias por hora de observación. La mayoría de ellas fueron causadas por actividades humanas (96,1%), con sólo el 3,9% por causa de los animales silvestres.

Durante el estudio fueron molestados un total de 7250 (12.6 aves/hora de observación). Cada avutarda tipo sufrió una media de 0.22 molestias/hora (aproximadamente una molestia cada 4 horas y media), y pasó respondiendo en torno al 0,58% del tiempo total de observación (21 segundos/hora).

La respuesta de huida fue más frecuente que la vigilancia (76% vs. 24%; χ^2 = 143.19, g.l. = 1, p <0.001), y entre las respuestas de huida, el vuelo fue más frecuente que la huida caminando (267 vuelos vs. 137 huidas caminando; χ^2 = 41.83, g.l. = 1, p <0.001). Se han encontrado diferencias significativas en la duración de la respuesta entre los tres tipos de respuestas detectadas (F = 15.878, g.l. = 2, p <0.001). La media del tiempo entre la huida volando (44 segundos) fue menor que el de la huida caminando (85 segundos, t = -5.343, g.l. = 399, p <0.001) y el de la vigilancia (92 segundos, t = -4.998, g.l. = 389, p <0.000). La diferencia entre el tiempo medio de la huida caminando y la vigilancia no fue estadísticamente significativa (t = 0.131, g.l = 139, p < 0.895).

Las diferencias entre los tipos de respuesta en función del número de individuos que reaccionan no fueron significativas. La correlación entre el número de individuos que reaccionan y la duración de la respuesta no fue significativa, ni en el conjunto total de la muestra ni por tipo de respuesta.

3.2.- Actividades humanas y frecuencia de las molestias

El tráfico de automóviles y los paseantes fueron las principales fuentes de molestias para las aves, seguidos por tractores y cazadores, como muestra la distribución de la frecuencia de las molestias por tipo de actividad (Tabla 2). De las 1320 actividades detectadas (2.3 actividades/hora), el tráfico de automóviles fue la más común, seguida por los paseantes y tractores, mientras que la presencia de perros fue la menos frecuente. Sin embargo, cuando se considera la probabilidad de causar molestia, los perros tienen el valor más alto, seguidos por los helicópteros, motoristas, paseantes y cazadores, mientras que los menos perjudiciales en este aspecto son las avionetas, camiones, jinetes, tractores y automóviles. Una vez que una actividad ha causado alguna molestia, puede provocar varias a diferentes bandos. Este fue el caso de los cazadores, cuyo número medio de molestias cada vez que causaron molestia fue el más alto (1.96), seguidos por los motoristas (1.62).

Los tractores mostraron el mayor tiempo de permanencia en la zona (308 horas). La media de la duración de la actividad fue la mayor para los cazadores (109 minutos/actividad), tractores (97 minutos/actividad) y rebaños de ovejas (85 minutos/actividad), mientras que las avionetas, helicópteros y motoristas fueron mucho más cortas (menos de 10 minutos/actividad). Si consideramos la frecuencia de las molestias en función de la duración de la actividad (número de molestias por hora de actividad), los helicópteros produjeron el valor más alto, seguidos de los motoristas y avionetas. Los tractores, camiones, rebaños, cazadores o jinetes provocaron menos de 0.5 molestias por hora de actividad. Entre los paseantes, los que iban acompañados de perros presentaron valores mayores que los que iban solos, tanto en el número de molestias por molestia (1.79 frente a 1.23, $t = -2.33$, g.l. = 62, $p < 0.02$) como en el número de molestias por hora de actividad (1.55 frente a 0.68, $t = -2.99$, g.l. = 160, $p < 0.004$).

Tabla 2. Distribución de la frecuencia de las molestias causadas a las avutardas (n=532), distribución de las frecuencias de las actividades registradas (n=1320), y valores medios de otros índices calculados. Los valores más altos se muestran en negrita.

Frec-Mol (%) es el porcentaje de molestias de cada tipo de actividad respecto al total de molestias. Frec-Act (%) es el porcentaje de actividades de cada tipo respecto al total de actividades. Prob-M (probabilidad de molestia) es la cantidad de molestias dividida entre el número de actividades de cada tipo. Mol-ActMol (molestias por actividad de molestia) es el número medio de molestias que ha provocado una actividad que ha provocado molestia. T-Per (%) (tiempo de permanencia) es el porcentaje del tiempo que una actividad ha permanecido en la zona respecto al total de los tiempos de todas las actividades. Mol-HA (molestias por hora de actividad) es la suma de las molestias de una actividad dividida entre la suma de horas en que se ha observado la actividad. Aves Mol (%) es el porcentaje del número total de aves molestadas para cada actividad. TIR (%) (tiempo individual respondiendo) es el porcentaje del tiempo que un ave tipo ha pasado respondiendo frente a cada actividad respecto al total del tiempo de respuesta de todas las actividades.

Fuente de molestia	F-Mol (%)	Frec-Act (%)	Prob-M	Mol-ActMol	T-Per (%)	Mol-HA	Aves Mol (%)	TIR (%)
Automóviles	**25.0**	**33.9**	0.23	1.27	21.6	0.61	24.9	**16.9**
Paseantes	**21.1**	14.6	0.39	1.44	12.2	0.92	22.3	**29.7**
Tractores	13.1	14.4	0.23	1.56	**32.1**	0.22	9.7	8.9
Cazadores	9.2	5.4	0.34	**1.96**	13.4	0.36	8.2	8.8
Motoristas	8.2	4.9	0.40	1.62	0.9	**4.93**	8.4	4.5
Rebaños de ovejas	6.8	5.8	0.36	1.30	11.2	0.33	8.3	**15.8**
Helicópteros	5.3	3.6	0.42	1.35	0.4	**7.47**	6.2	3.8
Perros	2.9	1.3	**0.53**	1.67	1.6	0.96	2.9	1.8
Ciclistas	2.7	2.9	0.29	1.27	0.8	1.85	2.9	2.9
Aeronaves	2.5	6.2	0.13	1.18	0.3	**3.96**	3.8	4.1
Camiones	1.6	2.8	0.14	1.60	2.7	0.31	0.4	0.8
Jinetes	1.0	1.9	0.20	1.00	1.4	0.37	1.5	2.0
Otros	0.4	0.5	0.33	1.00	1.4	0.15	0.6	0.1

3.3.- Tipos y duración de las respuestas para las diferentes molestias

Considerando cada tipo de actividad de forma separada, la huida fue la respuesta más frecuente, excepto en el caso de las avionetas (Figura 2a). Los helicópteros provocaron similar número de huidas que de vigilancias, al igual que los perros. Entre las respuestas de huida, los tractores fueron los únicos que provocaron un número mayor de huidas caminando que volando (Figura 2b), mientras que los rebaños de ovejas produjeron frecuencias similares.

El tiempo de vigilancia fue diferente entre actividades ($F = 2.174$, g.l. = 8, $p < 0.034$), siendo mayor en el caso de los caminantes y cazadores que para las otras actividades ($t = 3.451$, g.l. = 117, $p < 0.008$). El tiempo de la huida caminando también fue diferente para las distintas actividades ($F = 4.181$, g.l. = 5, $p < 0.002$). En concreto, fue mucho mayor para los rebaños que para el resto de actividades ($t = -4.525$, g.l. = 120, $p < 0.001$). Sin embargo, no se han encontrado diferencias para el tiempo de la huida volando entre las distintas actividades ($F = 1.422$, g.l. = 8, $p = 0.189$).

No se han encontrado diferencias según el tipo de actividad humana en cuanto al número de individuos que reaccionan. Los automóviles y paseantes fueron también la principal fuente de molestias cuando se consideraron a las aves de forma individual (porcentaje de aves molestadas, Tabla 2). Los paseantes causaron la mayor pérdida de tiempo, alcanzando el 29,7% de todo el tiempo acumulado que pasa respondiendo una avutarda tipo, seguidos por los coches (16,9%) y los rebaños de ovejas (15,8%).

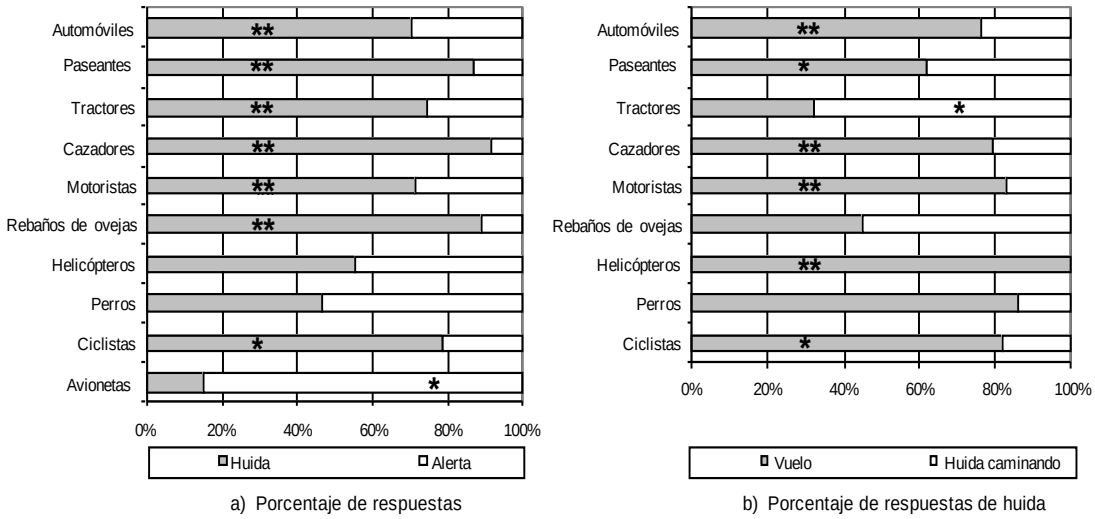

Figura 2. a) Proporciones de respuestas de huida y alertas de las avutardas procedentes de las diferentes fuentes de molestias. **b)** Proporciones de huidas volando y caminando de dichos factores. Se muestran las diferencias significativas (χ^2: *p<0.05; **p<0.01).
Las actividades que produjeron pocas molestias (n<8) no están incluidas. Las avionetas no están incluidas en b debido a que produjeron muy pocas respuestas de huida (n=2). No se ha realizado ninguna prueba para los perros debido al bajo tamaño muestral.

3.4.- Variaciones estacionales y diarias en las molestias y respuestas de las avutardas

Aunque las actividades humanas son mayores en invierno (2.49) que en primavera (1.82, t = 2.07, g.l. = 162, p <0.03), la frecuencia en las molestias no difirieron de forma significativa entre estaciones (1.40 y 1.09 en invierno y primavera, t = 1.5, g.l. = 162, p <0.136). Ciertas actividades como la caza o los paseos de los jinetes fueron observadas únicamente en invierno y otras fueron más frecuentes en esa estación, como los rebaños (t = 3.792, g.l. = 162, p <0.000) o los motoristas (t = 2.070, g.l. = 162, p <0.040). No se encontraron diferencias estadísticas entre estaciones, ni en la proporción de cada tipo de respuestas, ni en la duración de las mismas.

Respecto a los fines de semana/festivos y días laborables, el número de actividades por hora de observación no difirió (2.66 y 2.06 en fines de semana/festivos y diario, t = -1.26, g.l. = 162, p <0.208), pero sí el número de molestias por hora (1.18 y 0.73 en fines de semana/festivos y diario, t = -2.78, g.l. = 162, p <0.006), que fue mayor en los primeros.

La proporción de las respuestas de vigilancia fue mayor en fines de semana/festivos ($t = -3.02$, g.l. = 162, $p < 0.003$), no así la frecuencia de respuestas de huida. Al aumentar la proporción de vigilancias en los fines de semana/festivos, la proporción de las respuestas de escape fue menor en fines de semana/festivos (72,9%) que en días laborables (78,1%).

La duración de la respuesta fue mayor en días laborables en el caso de la huida caminando ($t = 2.26$, g.l. = 104, $p < 0.026$), sin diferencias significativas para la huida volando y la alerta. Ciertas actividades fueron más frecuentes durante los días laborables: aeronaves, helicópteros y tractores (g.l. = 162, $p < 0.05$ en todos los casos), mientras que otras fueron más abundantes durante los fines de semana/festivos, como la caza, motoristas, ciclistas, equitación y paseantes con perros (g.l. = 162, $p < 0.01$ en todos los casos). La frecuencia de otras actividades (automóviles, paseantes, rebaños y perros sueltos) no difirió entre días laborables y los fines de semana/festivos. Considerando cada tipo de actividad de forma separada, no se encontraron diferencias significativas ni en la respuesta de cada tipo de respuesta ni en la duración de las mismas.

La interacción entre estación y tipo de día de la semana no fue estadísticamente significativa ni en la frecuencia de las actividades ($F = 1.325$, g.l. = 1, $p < 0.25$) ni en la de las molestias ($F = 1.127$, g.l. = 1, $p < 0.29$). Sin embargo, algunas diferencias sí se han encontrado en una sola estación, como en el caso de la frecuencia de las molestias entre días laborables y fines de semana/festivos en invierno ($t = -2.777$, g.l. = 105, $p < 0.006$) pero no en primavera ($t = 0.504$, g.l. = 55, $p < 0.616$). Para algunas actividades, la diferencia entre días de la semana fue similar en invierno y en primavera, como ocurrió para los ciclistas, que siempre fueron más frecuentes en fines de semana/festivos (en primavera, $t= -2.153$, g.l. = 55, $p < 0.036$; en invierno, $t = -2.146$, g.l. = 105, $p < 0.034$). Estas diferencias se encontraron, a veces, sólo en una estación, como ocurrió con los cazadores, más frecuentes durante los fines de semana/festivos, pero sólo en invierno ($t = -4.712$, g.l. = 105, $p < 0.001$).

Los resultados de las correlaciones mostraron que: i) la frecuencia de las molestias fue mayor en días con mayor frecuencia de actividad ($r = 0.402$, $n = 164$, $p < 0.001$), ii) la proporción de respuestas de escape fue menor en días con mayor frecuencia de molestias ($r = -0.339$, $n = 164$, $p < 0.003$), y iii) la proporción en la

respuesta de vuelo fue mayor en días con mayores frecuencia de molestias ($r = 0.500$, $n = 164$, $p < 0.001$).

3.5.- Índices de Peligrosidad para la avutarda

El Índice de Peligrosidad para la especie en la ZEPA 139 (IP ZEPA, Tabla 3) muestra que la actividad más perniciosa para la especie ha sido el tráfico de automóviles, con un valor de más del doble que la siguiente (paseantes). El resto de actividades tienen un Índice de Peligrosidad muy inferior, suponiendo entre todas ellas algo más del 30% del Índice obtenido para el tráfico de automóviles. Las actividades con un IP medio fueron la de los cazadores y las procedentes de los tractores y rebaños de ovejas tienen valores medios (3,2%, 2,4% y 2,0% del IP más alto, respectivamente) y las menos perjudiciales han sido los jinetes, camiones, ciclistas, los perros y las aeronaves.

Al eliminar los factores procedentes de las variaciones debidas a la cantidad y frecuencia de las distintas actividades, y la cantidad de respuestas de cada tipo (que varía con la cantidad de molestias de cada actividad), se obtiene que el Índice de Peligrosidad General para las distintas actividades (IPG, Tabla 3) varía considerablemente respecto al calculado para la ZEPA. En primer lugar, la actividad más perjudicial es la que originan los rebaños de ovejas, aunque los cazadores obtienen un valor cercano. Los perros sueltos aumentan su índice de peligrosidad y, los paseantes descienden varias posiciones. Según el IPG, las actividades menos perjudiciales son las aeronaves, jinetes, camiones y los ciclistas.

Tabla 3. Índices de de Peligrosidad ordenados de mayor a menor, calculado para las diferentes actividades registradas, tanto para la zona de estudio (IP ZEPA) como para cualquier otra zona con presencia de la especie (IPG).

Actividad	IP ZEPA
Automóviles	4041,4
Paseantes	1961,7
Motoristas	571,7
Helicópteros	407,5
Cazadores	129,0
Tractores	96,7
Rebaños de ovejas	81,0
Aeronaves	24,5
Perros	4,1
Ciclistas	2,5
Camiones	0,5
Jinetes	0,0
Otros	0,0

Actividad	IPG
Rebaños de ovejas	58,1
Cazadores	48,4
Perros	41,9
Paseantes	39,2
Motoristas	33,8
Helicópteros	23,8
Automóviles	23,0
Tractores	20,4
Otros	11,5
Ciclistas	11,0
Camiones	8,4
Jinetes	6,9
Aeronaves	5,7

4.- Discusión

El área de estudio se encuentra dentro de una Zona de Especial Protección para las Aves, a pesar de lo cuál, se han producido 0.93 molestias/hora, un valor muy alto si lo comparamos con lo obtenido por Hellmich (1991) en Extremadura, que observó, para la misma especie, la mitad de lo obtenido en el presente trabajo. También se han obtenido valores mayores que lo encontrado en otros trabajos, como en Gran Bretaña para la Barnacla carinegra (*Branta bernicla*) (0.74-0.83; Owens 1977 y Riddington *et al.* 1996) o en el Ánsar piquicorto (*Anser brachyrhynchus*) (0.44; Gill *et al.* 1996), aunque valores algo inferiores a los encontrados para el Ánsar nival (*Anser caerulescens*) en Norteamérica (1.26; Belanger y Bedard 1989). En algunos de estos estudios se desconocen algunos parámetros como el número de ejemplares observados o las características de cada zona, aún así, se pueden llevar a cabo comparaciones interesantes para caracterizar la presión humana sobre nuestro área de estudio y abordar las posibles consecuencias sobre las avutardas.

El valor relativamente alto encontrado en este trabajo de casi una molestia cada hora está relacionado seguramente con la presencia de varios pueblos o pequeñas ciudades unidas a la zona de estudio y la proximidad de la ciudad de Madrid, que tiene una alta densidad de habitantes (771 habitantes/km^2, INE 2003), al contrario que en la zona donde Hellmich llevó a cabo su estudio (21 habitantes/km^2). Esto implica, también, una gran variación en el tipo de actividades que existen en ambas zonas.

El tráfico de coches fue la principal fuente de molestias seguida por los paseantes. Los motoristas y helicópteros también fueron frecuentes. Por el contrario, en el lugar donde transcurrió el estudio de Hellmich (1991), se obtuvo que la caza fue la principal fuente de molestias, seguida por las actividades agrícolas, mientras que los coches, motocicletas y helicópteros fueron bastante escasos. Riddington *et al*. (1961) registró una alta proporción de molestias procedentes de animales silvestres (21%), confirmando la importancia que tienen en nuestra zona de estudio las actividades humanas, en la que las molestias debidas a animales silvestres no superó el 4%.

Aunque se ha estimado que un ejemplar tipo de avutarda común pasa respondiendo una media del 0,58% de su tiempo disponible, la frecuencia media de las

molestias sufrida por una avutarda tipo (0.22 molestias/hora) está cerca del umbral crítico de alimentación considerado para especies de menor tamaño como el Ostrero (*Haemantopus ostralegus*) en Francia (Goss-Custard *et al.* 2006) cuando la cantidad de alimento no es superior a determinado umbral. Según los autores de dicho trabajo, esto tiene consecuencias directas sobre la condición física de las aves y su supervivencia. En nuestro caso, aunque se desconoce la cantidad de alimento presente, es muy probable que sea menor que en las zonas costeras donde se llevó a cabo el estudio con el Ostrero debido al manejo que se hace de ella, ya que son lugares destinados a la producción agrícola, lo que implica el uso de plaguicidas, tanto para plantas como para invertebrados, con el fin de reducir la competencia por el sustrato y pérdida de producción agrícola, lo que en la realidad supone que, en primavera, se produce un descenso en la diversidad de especies vegetales arvenses del 50% y de un 30% sobre la abundancia de invertebrados respecto de las parcelas donde no se emplean dichos productos (datos propios). Ambos grupos forman buena parte de la dieta de la especie en la zona de estudio, por lo que es muy probable que la calidad del hábitat (respecto a este parámetro) no sea la idónea, así que podría ocurrir que las avutardas de la zona de estudio tuvieran que emplear un tiempo extra para compensar esa pérdida de tiempo de alimentación en detrimento de otras actividades como el cuidado del plumaje o el descanso, tal como ocurre con otras especies (Burger y Gochfeld 1991). Más aún, durante el invierno, cuando son frecuentes los días de tiempo inestable (viento fuerte, lluvia y heladas), las avutardas destinan poco tiempo a la alimentación, en cambio, se refugian en los bordes o permanecen echadas durante bastante tiempo, con lo que las consecuencias sobre ellas son mucho peores debido a que pueden no estar en las mejores condiciones para responder ante las molestias.

Otra consecuencia de la frecuencia de molestias obtenida es que las aves se ven obligadas a desplazarse a zonas donde la cantidad de alimento puede ser inferior a la de los lugares que han seleccionado en origen (Burton *et al*. 2002) o que, aun existiendo lugares mejores, las aves los evitan si consideran que existe riesgo de depredación (Morris y Davidson 2000; Carrascal y Alonso 2006), si bien es cierto que pueden volver a ellos si la fuente de riesgo ha desaparecido (Gill y Sutherland 2000). Además, es necesario tener en cuenta que los desplazamientos aéreos pueden provocar colisiones contra infraestructuras como líneas eléctricas (Alonso *et al.* 1994), principal causa de mortalidad no natural en avutardas adultas (Palacín *et al.* 2004; Martín 2008).

Por tanto, existen consecuencias directas sobre el desarrollo de las actividades de las aves, su balance energético y supervivencia. Las avutardas son aves de un tamaño considerable que gastan gran cantidad de energía en cada desplazamiento que realizan, más aún cuando éste es de tipo aéreo. A partir de los resultados obtenidos por Nudds y Bryant (2000), podemos estimar que el vuelo de una avutarda hembra es 4 veces más costoso que el de un ostrero, mientras que para el caso de los machos es más de 11 veces, debido al gran peso de éstos. Si a esto le unimos el hecho de que la frecuencia de las molestias es bastante elevada (supera el umbral crítico en condiciones de poco alimento para el Ostrero, de tamaño muy inferior al de las avutardas), se puede afirmar que en la zona de estudio, ésta es muy superior a un umbral teórico por debajo del cuál, los efectos sobre la condición física y la supervivencia de las aves podrían no ser tan perjudiciales. También se debe tener en cuenta que los machos de avutarda dedican en primavera casi la totalidad del tiempo que están activos a la exhibición, mientras que la búsqueda de alimento la realizan sólo durante unas pocas horas al día, por lo que el impacto de las molestias sobre el balance energético debe ser aún mayor que en invierno.

Varios estudios han demostrado que las aves responden de diferente manera según la fuente de molestia, dependiendo de determinadas características de la fuente (velocidad, ruido,...) o del peligro potencial que implican (Riddington *et al.* 1996), aunque la mayoría de ellos no diferencian entre la huida mediante el vuelo y la vigilancia. En el caso de la avutarda, la alerta fue la respuesta predominante frente a aeroplanos y no hubo preferencia en el caso de los helicópteros y perros. Aunque las avutardas perciben el riesgo de los perros, sus movimientos suelen ser más o menos erráticos (no direccionales) en el campo, así que las aves prefieren estar alerta si el perro está lejos, y escapar si son detectadas o si el perro está cerca de ellas, o responder vigilando primero y volar después (respuesta compuesta). Las aeronaves y helicópteros son la fuente de molestias detectadas que tienen el mayor sonido, así que es muy probable que las aves no las detecten visualmente hasta que se encuentran cerca, al contrario que el ruido, así que las aves permanecen alerta antes de escapar.

En general, la respuesta mediante la huida fue la elegida frente a la vigilancia y entre los tipos de huida, el vuelo lo fue sobre la huida caminando. Cuando las aves decidieron escapar en la mayoría de los casos (motoristas, ciclistas, automóviles,

cazadores y paseantes) lo hicieron mediante el vuelo, excepto cuando la molestia procedió de los tractores (huida caminando) o de los rebaños de ovejas (sin preferencia). Las avutardas reaccionaron frente a las primeras mediante el vuelo, seguramente porque las identifican con un alto riesgo, mientras que los tractores y ovejas deben ser reconocidos por las avutardas como elementos integrados y compatibles con su presencia, posiblemente debido a su baja velocidad y sonido sin altas oscilaciones. También podría producirse un fenómeno de habituación mediante el cual, las aves cambian su tipo de respuesta a otra que sea menos costosa (Burger 1981; Burger y Gochfeld 1981; Lord *et al*. 2001) o dejan de responder. Sin embargo, la habituación supone que deben existir bastantes molestias para que las aves reconozcan, a partir de un determinado momento, que no suponen ningún peligro para ellas. En el presente trabajo, los rebaños de ovejas han supuesto menos del 6% de las actividades registradas (35), mientras que los automóviles llegan al 34% (128). Según la hipótesis de habituación, la respuesta frente a los automóviles tendría que haber derivado hacia respuestas menos costosas o ausencia de respuestas (durante este estudio nunca se ha visto que un automóvil se dirigiera directamente hacia las avutardas, lo que impediría la habituación), sin embargo, casi el 80% de las molestias por automóviles han producido respuesta de huida mediante el vuelo. En cambio, la respuesta frente a los rebaños de ovejas ha sido similar entre vuelo y huida caminando, a pesar del bajo número de actividades registradas, por lo que, realmente, reconocen que los rebaños no suponen un peligro tan alto como para huir volando en mayor proporción, a pesar de que los rebaños son conducidos por un pastor y varios perros.

No se han encontrado diferencias en la duración del vuelo en función del tipo de molestia, lo que debe ser atribuido al hecho de que lleva el mismo tiempo volar a un lugar considerado seguro por las avutardas independientemente del tipo de molestia. Una vez que una avutarda ha emprendido el vuelo, puede ponerse a salvo en poco tiempo si emplea el vuelo como respuesta de huida.

El hecho de que las aves prefieran huir volando frente a la huida caminando supone un mayor gasto energético. Sin embargo, existen varias ventajas de este tipo de huida. Por una parte, las aves se ponen a salvo frente a la molestia de una manera más rápida que con la huida caminando. Por otra, el tiempo de vuelo es estadísticamente menor que el de la huida caminando lo que implica que el tiempo que el ave está sin

comer también es menor, así que pueden compensar parcialmente ese mayor coste energético.

Aunque la huida fue la respuesta más frecuente, la vigilancia fue también importante y no ha sido considerada en la mayoría de los estudios (ej., Fernández-Juricic *et al.* 2001), a pesar de repercutir, también, en el balance energético de las aves y en su comportamiento. Ésta, ha sido más frecuente los fines de semana/festivos (teniendo en cuenta la cantidad de molestias), pero no estuvo relacionada con diferencias en actividades concretas, aunque algunas de ellas como los automóviles, paseantes o tractores sí produjeron ligeras diferencias a favor de los fines de semana. Esto podría estar relacionado con el hecho de que la frecuencia de las molestias fue mayor en fines de semana/festivos, lo que implicaría que el gasto energético fuera mayor durante estos días, lo que desembocaría en una peor condición física para responder de otra forma (cansancio diario). También podría haber ocurrido una recolocación de las aves en lugares más seguros donde baste con vigilar frente a las molestias, o un alto coste energético acumulado en días anteriores con muchas respuestas de huida mediante el vuelo, mayores tiempos en la huida caminando... pero esta hipótesis no puede comprobarse debido a que no se ha llevado a cabo un seguimiento diario continuo de algunos observatorios, por lo que se desconocen los parámetros comentados anteriormente. La misma explicación puede ser propuesta para el hecho de haber encontrado una mayor duración de la respuesta caminando en días de diario, debido a que no se ha encontrado una mayor frecuencia de los rebaños de ovejas o tractores durante estos días.

El tiempo de vigilancia fue mayor frente a paseantes y cazadores porque éstos permanecen mucho tiempo en la zona, posiblemente debido a que hay ocasiones en que éstos no llegan a situarse a distancias tan cercanas a las avutardas como para que tengan que huir, pero las aves sí perciben un riesgo potencial. Aunque no se han encontrado diferencias significativas en el caso del tiempo de vigilancia de los rebaños frente al resto, es alto también pero, al contrario que en los anteriores casos, las avutardas, en poco tiempo, pueden sentirse seguras y continúan con sus actividades habituales. Sin embargo, cuando las ovejas se acercan a las aves, éstas deciden escapar a un lugar seguro, pero cuando lo hacen, es mediante la huida caminando, ya que la baja velocidad de los pastores y sus ovejas, permite a las aves huir el tiempo que sea necesario incluso, en ocasiones, realizando las actividades habituales de la especie

durante la huida (comer, acicalarse,...) y, evidentemente, con un menor coste energético que si lo hicieran mediante el vuelo.

Aunque las actividades humanas fueron más frecuentes en invierno que en primavera (debido a actividades cinegéticas permitidas sólo en esa estación, y ganaderas debido a la presencia de rastrojeras) y durante los fines de semana de invierno que en los días de diario (caza y actividades recreativas), no se encontraron diferencias en la frecuencia de las molestias entre estaciones debido, probablemente, a una distribución más dispersa de las avutardas, puesto que se encontraron 4.7 ±2.3 bandos en invierno y 12.3 ±6.6 en primavera ($t = -7.36$, g.l. = 80, $p < 0.001$), o una mayor sensibilidad durante el periodo de exhibición en primavera. Sin embargo, la frecuencia de molestias entre los días considerados sí fue significativa, pero sólo en invierno, al igual que lo observado en otros estudios (Evans y Day 2002).

Varios autores han encontrado que el riesgo de predación percibido por las aves, y los consiguientes efectos por las molestias, varían con la cantidad de seres humanos presentes en la zona (Beale y Monaghan 2004; Burger y Gochfeld 1991), y que los efectos de las molestias humanas dependen de la frecuencia de las actividades que provocan molestias (Safina y Burger 1983). Sin embargo, las diferencias estacionales y diarias encontraras en el presente estudio sugieren que no siempre hay una relación directa entre la frecuencia de las actividades humanas y la frecuencia de las molestias o las respuestas de las aves (similares en ambas estaciones, a pesar de las diferencias en los patrones de agregación de la especie, comportamiento y requerimientos energéticos). Otros factores como la distribución espacial de las aves, la visibilidad y la frecuencia de los tipos de actividades concretas, que las aves perciben de forma diferente en cuanto a su peligrosidad, pueden ser también importantes.

En ningún estudio previo se ha elaborado un Índice de Peligrosidad que relacione las distintas variables que pueden perjudicar a las aves, a pesar de permitir valorar de forma conjunta su impacto en cada zona. En el presente estudio, los Índices de Peligrosidad indican qué actividades son más perjudiciales para las avutardas. Quizás, los valores absolutos pueden variar debido a la consideración que se ha adoptado respecto al gasto energético que supone cada tipo de huida, sin embargo, es

necesario mencionar que la huida volando supone un mayor gasto energético que la huida caminando, así como el gasto de ésta es mayor que el de la vigilancia. Además, cuando se varía el gasto energético estimado para cada tipo de respuesta, los resultados obtenidos son muy similares, y no varían en ningún caso el orden de las actividades.

En la ZEPA 139, las actividades más perjudiciales para la avutarda han sido los automóviles y los paseantes, aunque éstos con un IP de menos de la mitad que el primero. Al sumar todos los IP obtenidos, los automóviles suponen más del 55%, lo que se debe a que es la actividad que más huidas volando ha provocado, ha supuesto un tiempo elevado de dicha respuesta, y más actividades al día se han registrado. Las actividades concretas que han realizado las personas que se encontraban dentro de estos vehículos (cuando se pudo constatar) fueron los galgueros (que llevan a los galgos atados a sus vehículos) y los aficionados a las aves. Sin embargo, no se ha considerado a los vehículos con galgos dentro de la categoría de los cazadores debido a que no se encontraban cazando en esos momentos, pero hay que tener en cuenta que los vehículos con galgos están íntimamente relacionados con la actividad cinegética, lo que habría aumentado el IP de los cazadores. Respecto a los paseantes, en torno al 50% fueron acompañados por perros en sus cercanías, aunque en ocasiones, éstos entraron en los campos de cultivo próximos pero fuera de los caminos. También en este caso, los ornitólogos fueron importantes en número.

Aunque los cazadores tienen un IP moderado, hay que tener en cuenta que es una actividad que se realiza únicamente en invierno y en pocos días a la semana, por lo que el IP obtenido se refiere exclusivamente a esa estación y a pocos días de la semana y, por lo tanto, desciende considerablemente el número de actividades por día de observación. Si se calculara un IP para cada estación, la caza sería una actividad con un IP mucho mayor en la ZEPA.

Cuando se eliminan los factores que varían en función de la cantidad de cada tipo de actividad, los rebaños de ovejas tienen el valor más alto, seguidos muy de cerca por los cazadores. Sin embargo, las diferencias entre el IPG de los rebaños de ovejas y los valores de las diferentes actividades no son tan pronunciadas como en el caso del IP para la ZEPA 139, lo que supone que, objetivamente, existen bastantes actividades que, potencialmente, pueden ser perjudiciales para la especie si aumentaran su presencia en la zona, como es el caso de los rebaños de ovejas, con un

tiempo de huida caminando muy superior al resto de actividades, o los cazadores, con un tiempo elevado de diferentes respuestas.

5.- Implicaciones en la gestión

La combinación de la frecuencia en las actividades, molestias por unidad de tiempo, y especialmente, el tipo de respuesta pueden ser usadas para ordenar las diferentes actividades humanas en cuanto a su peligrosidad y poder decir cuáles pueden ser consideradas compatibles con la conservación de la avutarda y cuáles deberían ser reguladas con mucho cuidado. En la ZEPA 139, determinadas actividades como las agrícolas y ganaderas, no necesitan ningún tipo de regulación y son consideradas compatibles con la conservación de la especie en cuanto a las molestias. Éstas fueron moderadamente comunes, pero fueron las únicas que produjeron más huidas caminando que volando, lo que provoca un menor gasto energético en las aves que la huida volando y menores riesgos debidos al vuelo. Por el contrario, los automóviles, paseantes, motoristas, helicópteros y cazadores, normalmente provocaron el vuelo de las aves, por lo que tienen un impacto mayor sobre el balance energético de las avutardas. El IP calculado para la ZEPA muestra que estas actividades son las más perjudiciales, sobre todo la primera (principal fuente de molestias en frecuencia y con valores muy altos de huidas mediante el vuelo). El IP general se sitúa en niveles medios. Por lo tanto, en la zona de estudio debería haber restricciones de acceso y creación de rutas alternativas que no crucen las principales zonas para las avutardas. Concretamente, se debería eliminar el tránsito de estos vehículos cuando van acompañados de galgos y dejar determinados caminos, que no transcurran por las principales zonas de querencia de la especie, para este uso. Una parte importante del tránsito de vehículos se debe a los ornitólogos, por lo que las medidas, en este caso, deberían ser algo diferentes. Este grupo, teóricamente, está concienciado por la conservación de la naturaleza, por lo que la actuación sobre ellos debería ser más fácil de llevar a cabo. En la zona de estudio existen multitud de lugares altos y lo suficientemente alejados de las zonas principales como para poder apreciar los valores naturales sin generar molestias, así que las autoridades competentes podrían habilitar observatorios (como los que se han empleado en este trabajo) donde los ornitólogos pudieran realizar esta actividad sin molestar a las aves, haciéndolos más atractivos incluyendo paneles informativos sobre especies, casetas con bancos, ventanas de

observación, etc. De esta forma, disminuiría la frecuencia de vehículos en la ZEPA y descenderían las molestias, por lo que el impacto sobre las avutardas sería mucho menor.

También sería aconsejable regular el tránsito de paseantes en la ZEPA debido a que fue la primera fuente de pérdida de tiempo para las avutardas (sumando los tiempos de las diferentes respuestas) y su IP fue el segundo para la ZEPA, mientras que fue cuarto según el IP general, es decir, en la ZEPA son una fuente muy importante de molestias a las aves. Los paseantes produjeron más molestias cuando fueron acompañados de perros (ver también Taylor *et al.* 2007), así que es necesario recomendar que los perros vayan atados cuando se pasee cerca de áreas importantes para las aves esteparias (Lafferty 2001) y, quizás, sería necesario crear lugares alternativos para que la gente pueda llevar a sus perros, puesto que la mayoría piensa que es necesario que éstos vayan sueltos (Underhill-Day y Liley 2007) pero, desde luego, no es aconsejable en zonas con valor para las aves.

Algo similar ocurre con los cazadores, ya que produjeron muchas molestias y el 90% de las respuestas frente a ellos fueron de huida, y un alto porcentaje de huidas mediante el vuelo respecto al total de vuelos provocados por todas las molestias. La frecuencia de molestias causadas por los paseantes y cazadores fue alta porque, aunque su frecuencia de aparición no fue tan alta como la de los automóviles, su tiempo medio de permanencia fue alto, barriendo grandes superficies en el caso de los cazadores. La caza está restringida en el tiempo, pero es necesario regularla en el espacio, limitándola exclusivamente a las zonas que no son importantes para la conservación de las avutardas y otras especies esteparias en peligro como los sisones, aguiluchos, gangas..., puesto que, aunque se desconoce el impacto que tienen sobre ellas, comparten hábitat con las avutardas, son especies protegidas, y es probable que el impacto provocado por las molestias sea importante también.

Los motoristas, helicópteros y aeronaves muestran los valores más altos de molestias por hora de actividad y los dos primeros deben ser considerados peligrosos para las avutardas según el IP calculado dentro de la ZEPA, aunque algo menos según el IP general. Estas actividades deben ser consideradas dañinas en la ZEPA, y su tráfico debería ser restringido, prohibido. Los helicópteros y aeronaves podrían aumentar su altura de vuelo en áreas importantes para las aves, disminuyendo considerablemente su peligrosidad.

La probabilidad de que los perros solitarios causen molestias fue la mayor de todas, lo que les hace potencialmente muy peligrosos (Lafferty 2001), aunque el IP mostrado para la ZEPA muestra valores bajos, no así cuando se calcula el IP general. Aunque la frecuencia de aparición es baja, los perros sueltos o asilvestrados tienen un valor alto de molestia por actividad de molestia. Según los resultados, la repercusión actual de los perros sueltos en las molestias a las avutardas no es alta, pero hay que tener en cuenta que generan otro tipo de problemas, como la predación sobre nidos o pollos (datos propios), y si aumentara su presencia en la ZEPA las repercusiones serían peores aún, por lo que debería evaluarse la posibilidad de creación de planes de control (mediante censos) y, en su caso, la erradicación para evitar dichos problemas.

Sería recomendable que se tomasen medidas específicas de manejo durante los fines de semana y festivos para reducir determinadas actividades como el tráfico de vehículos, los paseantes, caza, motoristas y ciclistas. También, debería prestarse una especial atención durante la primavera, cuando las molestias pueden tener efectos muy negativos debido a las consecuencias sobre el comportamiento de las avutardas durante las fases de exhibición y nidificación. Trabajos previos sobre las avutardas han recomendado regulaciones parecidas, incluyendo las restricciones sobre la caza y el acceso de vehículos a las mejores zonas par la especie (Hellmich 1991; Faragó *et al.* 2001). Esto es particularmente importante si se considera el rápido aumento de la población en municipios de la Comunidad de Madrid o en otros lugares donde se encuentran las avutardas, ya que las actividades aumentarán considerablemente y, por consiguiente, las molestias a las aves.

Por último, a pesar de que existen varias actividades realmente perniciosas para las avutardas, hay que tener en cuenta también que algunas de ellas permiten mantener este hábitat (agricultura y ganadería) y generan beneficios económicos a los propietarios (derechos de caza), por lo que puede generarse un conflicto entre el uso del campo para actividades recreativas y la protección de especies de alto valor de conservación. Según trabajos previos (revisión en la revista Ibis del 2007), las regulaciones y prohibiciones sobre las actividades más perniciosas deberían ser convenientemente integradas con información y campañas de sensibilización ambiental ante los ciudadanos para poder llevarlas a cabo.

6.- Agradecimientos

Este estudio ha sido llevado a cabo dentro del “Proyecto de medidas preventivas, correctoras y compensatorias del impacto de las autopistas M-50 y R-2 sobre la población de avutardas y otras aves esteparias en el Área Importante para las Aves *Talamanca-Camarma* y al Lugar de Interés Comunitario *Cuenca de los ríos Jarama y Henares*, financiado mediante un contrato HENARSA-CSIC.

Pablo Sastre Olmos ha sido mi compañero de madrugones durante la realización de este estudio y el análisis de la información, así como en algunas jornadas lo ha sido Arantza Leal Nebot.

Juan Carlos Alonso López me permitió incorporarme mediante una beca predoctoral CSIC-Henarsa en el equipo del Departamento de Ecología Evolutiva del Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, a pesar de no tener un buen expediente académico, pero sí algunos conocimientos en ornitología (debido a mi incorporación a Monticola en la UAM), así que gracias por confiar en mí.

Carlos A. Martín y Carlos Palacín me enseñaron todas las zonas donde se llevó a cabo el estudio y aportaron valiosa información para que este trabajo llegara a buen puerto.

Por último, agradecer a Javier Seoane ser mi tutor en la UAM y hacer la revisión de mi trabajo para la obtención del DEA, no obstante, los errores u omisiones que se encuentren en este trabajo deben ser considerados únicamente algo propio.

7.- Referencias bibliográficas

Alonso JC, Alonso JA, Múñoz-Pulido R (1994) Mitigation of bird collisions with transmission lines through ground wire marking. Biological Conservation 67: 129-134.

Alonso JC, Martín CA, Palacín C, Magaña M, Martín B (2003) Distribution, size and recent trends of the great bustard Otis tarda population in Madrid region, Spain. Ardeola 50(1): 21-29.

Alonso JC, Martín CA, Alonso JA, Palacín C, Magaña M, Lane SJ (2004) Distribution dynamics of a great bustard metapopulation throughout a decade: influence of conspecific attraction and recruitment. Biodiversity and Conservation 13(9): 1659-1674.

Alonso JC, Palacín C, Magaña M, Martín CA, Ponce C, Bautista LM (2006). La población de avutardas de la Comunidad de Madrid: censo de individuos reproductores y productividad en el año 2006. Informe inédito para la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.

Beale CM, Monaghan P (2004) Human disturbance: people as predation-free predators? Journal of Applied Ecology 41: 335-343.

Belanger L, Bedard J (1989) Responses of staging greater Snow Geese to disturbance. Journal of Wildlife Management 53: 713-719.

BirdLife International (2004a). Threatened Birds of the World 2004. Lynx Edicions y BirdLife International, Cambridge, UK.

BirdLife International (2004b). Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. BirdLife International, Cambridge, UK.

Brambilla M, Rubolini D, Guidali F (2004) Rock climbing and raven Corvus corax occurrence depress breeding success of cliff-nesting peregrines Falco peregrinus. Ardeola 51(2): 425-430.

Burger J (1981) Effects of human disturbance on colonial species, particularly gulls. Colonial Waterbirds 4:28-35.

Burger J (1994) The effect of human disturbance on foraging behavior and habitat use in Pipin Plover (Charadrius melodus). Estuaries 17: 695-701.

Burger J, Gochfeld M (1981) Discrimination of the threat of direct versus tangential approach to the nest by incubating herring and Black-backed Gulls. Journal of Comparative Physiology and Psychology 95:676-684.

Burger J, Gochfeld M (1991) Human activity influence and diurnal and nocturnal foraging of Sanderlings (Calidris alba). Condor 93: 259-265.

Burton NHK, Armitage MJS, Musgrove AJ, Rehfisch MM (2002) Impacts of man-made landscape features on numbers of estuarine waterbirds at low tide. Environmental Management 30: 857-864.

Carrascal LM, Alonso C L (2006) Habitat use under latent predation risk. A case study with wintering forest birds. Oikos 112: 51-62.

Collar NJ, Crosby MJ, Stattersfield AJ (1994). *Birds to Wacht 2: The World List of Threatened Birds*. BirdLife Conservation Series nº4. Cambridge.

Cramp S y Simmons KEL (Eds). (1980) *The Birds of the Western Paleactic*, vol.2. Oxford University Press. London.

Del Hoyo J, Elliott A y Sargatal J (eds.). (1996) *Handbook of the Birds of the World. Hoatzin to Auks*. Ediciones Lynx. Barcelona.

Evans DM, Day KR (2002) Hunting disturbance on a large shallow lake: the effectiveness of waterfowl refuges. Ibis 144: 2-8.

Faragó S, Giczi F, Wurm H (2001) Management for the great bustard (Otis tarda) in western Hungary. Game and Wildlife Science 18(2): 171-181.

Fernández-Juricic E, Jiménez MD, Lucas E (2001) Alert distance as an alternative measure of bird tolerance to human disturbance: implications for park design. Environmental Conservation 28(3): 263-269.

Fernández-Juricic E (2002) Can human disturbance promote nestedness? A case study with breeding birds in urban habitat fragments. Oecologia 131: 269-278

Frid A, Dill LM (2002) Human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. Conservation Ecology 6(1): 11.

Gewalt W (1959). *Die Grosstrappe*. Neue Brehm Bücherei, Wittenberg-Lutherstadt.

Gill JA, Sutherland WJ, Watkinson AR (1996) A method to quantify the effects of human disturbance on animal populations. Journal of Applied Ecology 33: 786-792.

Gill JA, Sutherland WJ (2000). Predicting the consequences of human disturbance from behavioural decisions. En: Gosling LM, Sutherland WJ (eds) Behaviour and Conservation. University Press, Cambridge. pp 51-64.

Goss-Custard JD, Triplet P, Sueur F, West AD (2006) Critical thresholds of disturbance by people and raptors in foraging wading birds. Biological Conservation 127: 88-97.

Hellmich J (1991) La Avutarda en Extremadura. Alytes 2: 39-144.

Heredia B, Rose L, Painter M, (1996). *Globally threatened birds in Europe*. *Action Plans.* Council of Europe Publishing, Strasbourg.

Ibis (2007) Birds and recreational disturbance. Ibis 149 (Suppl.1): 1-124.

INE (2003). Padrón municipal 2003. Instituto Nacional de Estadística

Johnsgard PA (1991). *Bustards, Hemipodes and Sandgrouse. Birds of Dry Places*. Oxford Univ. Press. Oxford.

Lafferty KD (2001) Birds at a Southern California beach: seasonality, habitat use and disturbance by human activity. Biodiversity and Conservation 10: 1949-1962.

Lord A, Waas JR, Innes J, Whittingham MJ, (2001) Effects of human approaches to nests of northern New Zealand dotterel. Biological Conservation 98: 233-240.

Magaña M (2007). *Comportamiento reproductivo de la Avutarda Común*. Tesis doctoral. UCM, Madrid.

Martín B (2008). *Dinámica de población y viabilidad de la Avutarda Común en la Comunidad de Madrid*. Tesis doctoral. UCM, Madrid.

Martínez C (2000) Daily activity patterns of great bustards Otis tarda. Ardeola 47(1): 57-68.

Morales MB (2000). *Ecología reproductiva y movimientos estacionales en la avutarda* (Otis tarda). Tesis doctoral. UCM, Madrid.

Morris DW, Davidson DL (2000) Optimally foraging mice match patch use with habitat differences in fitness. Ecology 81: 2061-2066.

Naredo JM, Frías J (1988). Flujos de energía, agua, materiales e información en la Comunidad de Madrid. Consejería de Economía de la Comunidad de Madrid.

Nudds RL, Bryant DM (2000) The energetic cost of short flight in birds. Journal of Experimental Biology 203: 1561-1572.

Owens NW (1977) Responses of wintering Brent Geese to human disturbance. Wildfowl 28: 5-14.

Palacín C, Alonso JC (2008) An updated estimate of the world status and population trends of the great bustard *Otis tarda*. Ardeola 55(1): 13-25.

Palacín C, Alonso JC, Martín CA, Alonso JA, Magaña M, Martín B (2004). Avutarda Común (*Otis tarda*). En: Madroño A, González C, Atienza JC (eds) Libro Rojo de las Aves de España. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife, Madrid. pp 209-213.

Parsons CK, Burger J (1982) Human disturbance and nestling behaviour in black-Crowned night herons. Condor 84: 184-187.

Ramírez Sanz L, Alcaide MT, Cuevas JA, Guillén DF, Sastre P (2000) A methodology for environmental planning in Protected Natural Areas. Journal of Environmental Planning and Management 43(6): 785-798.

Riddington R, Hassall M, Lane SJ, Turner PA, Walters R (1996) The impact of disturbance on the behavior and energy budgets of Brent Geese Branta b. Bernicla. Bird Study 43: 269-279.

Rodgers JA, Smith HT (1995) Set-back Distances to Protect Nesting Bird Colonies from Human Disturbance in Florida. Conservation Biology 9(1): 89-99.

Ruíz J (1999). *Madrid 1963-1994: la génesis del modelo disperso*. Tesis doctoral. ETSA, Madrid.

Safina C, Burger J (1983) Effects of human disturbance on reproductive success in the Black Skimmer. Condor 85: 164-171.

Taylor EC, Green RE, Perrins J (2007) Stone-curlews Burhinus oedicnemus and recreational disturbance: developing a management tool for access. Ibis 149 (Supl.1): 37-44.

Underhill-Day JC, Liley D (2007) Visitor patterns on southern heaths: a review of visitor access patterns to heathlands in the UK and the relevance to Annex I bird species. Ibis 149 (Supl.1): 112-119.

Weimerskirch H, Shaffer SA, Mabille G, Martin J, Boutard O, Rouanet JL (2002) Heart rate and energy expenditure of incubating wandering albatrosses: basal levels, natural variation, and the effects of human disturbance. Journal of Experimental Biology 205: 475-483.