

## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ÁGUILA-AZOR PERDICERA (*HIERAAETUS FASCIATUS*) Y DEL ÁGUILA REAL (*AQUILA CHRYSAETOS*) EN LA REGIÓN DE MURCIA.

Martina CARRETE\*<sup>1</sup>, José Antonio SÁNCHEZ-ZAPATA\*\*, José Enrique MARTÍNEZ\*, José Antonio PALAZÓN\* & José Francisco CALVO\*

RESUMEN.—*Distribución espacial del Águila-azor Perdicera Hieraaetus fasciatus y del Águila Real Aquila chrysaetos en la Región de Murcia.* En el presente trabajo, analizamos los patrones de distribución espacial de dos poblaciones de rapaces rupícolas, el Águila-azor Perdicera *Hieraaetus fasciatus* y el Águila Real *Aquila chrysaetos*, en la Región de Murcia, sureste de España. Utilizamos dos métodos complementarios, la prueba de la G y un análisis gráfico, para detectar el espaciamiento entre las parejas reproductoras de la misma especie y del conjunto de ambas. El Águila Real sigue una pauta regular en la distribución de sus territorios, mientras que el Águila-azor Perdicera se concentra en dos núcleos reproductores, dentro de los cuales presenta un espaciamiento aleatorio. La distribución conjunta de ambas especies no difiere de la esperada por azar. Factores como la territorialidad intraspecífica, la persecución humana directa y las densidades reproductivas de ambas especies podrían estar relacionadas con los patrones encontrados.

*Palabras clave:* Águila-azor Perdicera, Águila Real, *Aquila chrysaetos*, distribución espacial, *Hieraaetus fasciatus*.

SUMMARY.—*Spatial patterns of distribution of Bonelli's Eagles Hieraaetus fasciatus and Golden Eagles Aquila chrysaetos in southeastern Spain.* We analyzed the spatial pattern of distribution of the populations of two cliff-nesting eagles, the Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus* and the Golden Eagle *Aquila chrysaetos* in Murcia, southeastern Spain. We applied two complementary methods, the G-test and a graphical analysis, to detect the spacing between conspecific breeding pairs and between both species. Golden Eagles followed a regular pattern (Table 1; Fig. 2), while Bonelli's Eagles aggregated in two principal reproductive cores, with a random spacing within them (Table 1; Fig. 1). The distribution of both species considered together did not differ from a random pattern (Table 1; Fig. 3). Intraspecific territoriality has been shown to be associated with regular patterns of distribution in a large variety of species, such as happens with Golden Eagles in the study area. On the other side, the spatial pattern observed among Bonelli's Eagle pairs seems to be associated with direct human persecution. When considering both species together, the random pattern obtained could be a consequence of a low breeding density of both species.

*Key words:* *Aquila chrysaetos*, Bonelli's Eagle, Golden Eagle, *Hieraaetus fasciatus*, spatial patterns of distribution.

### INTRODUCCIÓN

El comportamiento territorial en los animales es una expresión de la competencia por el espacio o por los recursos ligados a él, siendo el espaciamiento regular detectado en muchas poblaciones un buen indicador de este fenómeno (Gordon, 1997). En las rapaces con comportamiento territorial, el patrón espacial de los territorios en un hábitat adecuado suele ser más o menos regular, excepto en aquellos casos en

los que la persecución humana tiene una influencia importante (Newton, 1979). La razón natural fundamental para desviarse de esta regularidad es la distribución no uniforme de recursos, especialmente alimento y lugares de nidificación. Así, se han registrado casos en los que, cuando las áreas de cría están dispersas, muchas especies se reproducen de manera solitaria, pero cuando los sitios aptos para la nidificación están concentrados, las parejas de esa misma especie pueden criar muy próximas

\* Departamento de Ecología e Hidrología. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo s/n, E-30100. Murcia, España.

\*\* Área de Ecología, Departamento de Biología Aplicada. Universidad Miguel Hernández. Ctra. de Beliel km 3.2. E-03312, Orihuela, Alicante, España.

<sup>1</sup> Autora para la correspondencia: e-mail: eco3@um.es.

(Newton, 1979; Village, 1983). Una relación similar puede observarse entre las pautas de dispersión y el alimento. Muchas especies pueden nidificar aisladamente cuando los recursos tróficos están distribuidos de manera más o menos uniforme y predecible, mientras que lo hacen de manera agregada cuando este suministro es impredecible y se concentra en manchas (Solonen, 1993). Además del alimento y los puntos de nidificación, también las interacciones interespecíficas pueden influir en los patrones espaciales de ocupación de una gran variedad de aves (Wiens, 1989; Solonen, 1993; Robinson & Terborgh, 1995). El comportamiento territorial interespecífico ocurre principalmente entre especies con una similitud morfológica elevada, reflejando la utilización de recursos alimenticios y de nidificación semejantes (Newton, 1998). En la literatura se cita este tipo de interacción como responsable de condicionar los tamaños poblacionales, así como los patrones de distribución o el éxito reproductivo de algunas especies (Newton, 1979; Kostrzewa, 1991; Hakkarainen & Korpimäki, 1996; Gil-Sánchez, 1999; Bourski & Forsmeier, 2000).

En el área mediterránea coexisten dos especies de águilas rupícolas de gran tamaño, el Águila-azor Perdicera *Hieraetus fasciatus* y el Águila Real *Aquila chrysaetos*. La primera es una especie amenazada (Rocamora, 1994), principalmente distribuida en las provincias del entorno mediterráneo (del Hoyo *et al.*, 1994), que ha experimentado una fuerte regresión durante las últimas décadas (Garza & Arroyo, 1996). El Águila Real, en cambio, tiene un rango de distribución mucho más amplio, ocupando prácticamente todo el hemisferio norte (del Hoyo *et al.*, 1994) y nidificando en paisajes muy diversos (Tjernberg, 1983; Marquiss *et al.*, 1985; McGrady *et al.*, 1997; Steenhof *et al.*, 1997; Watson, 1997). En la península Ibérica, las poblaciones de Águila Real se redujeron en los años setenta, pero en la actualidad parecen mantenerse estables, con tamaños que superan a los del Águila-azor Perdicera (Díaz *et al.*, 1996). En la bibliografía se mencionan casos de interacciones entre ambas especies como, por ejemplo, la ocupación por parte del Águila Real de territorios abandonados de Águila-azor Perdicera o la segregación de sus nichos tróficos (Fernández & Insausti, 1990; Gil-Sánchez *et al.*, 1994; Ontiveros & Pleguezuelos, 1999; Rico *et al.*, 1999).

El objetivo de este artículo es analizar la distribución espacial del Águila-azor Perdicera y del Águila Real en la Región de Murcia (11317 km<sup>2</sup>). La hipótesis nula es que los territorios de nidificación se distribuyen de manera aleatoria e independiente dentro del área de estudio. De esta forma, las predicciones que queremos contrastar son: 1) el Águila-azor Perdicera y el Águila Real, consideradas independientemente, espacian sus territorios de manera regular con el objeto de reducir el efecto de las interacciones intraspecíficas y 2) las poblaciones de ambas especies, consideradas conjuntamente, tienden a distribuir regularmente sus territorios de cría para reducir las interacciones interespecíficas.

#### ÁREA DE ESTUDIO Y MÉTODOS

Se analizó el patrón espacial de ambas especies de águilas durante el año 2000, considerando como territorios aquellas áreas donde se encontraron parejas nidificantes o nidos antiguos que no pertenecían a otra pareja reproductora (Carrete *et al.*, 2000). Se utilizó como punto central de dichos territorios el nido utilizado. Cuando no pudo comprobarse la reproducción se consideró el punto central de los nidos conocidos (Tjernberg, 1983). Todos los territorios de águilas rupícolas conocidos se visitaron al principio de la estación reproductora para detectar su ocupación. Un territorio fue considerado como ocupado cuando se observaron águilas, nidos arreglados, actividad territorial, cortejo o cuidado de pollos en las inmediaciones del lugar (Fuller & Mosher, 1987; Sánchez-Zapata *et al.*, 2000).

Como medida del espaciamiento entre territorios se utilizó la distancia al vecino más próximo. Los análisis se llevaron a cabo considerando inicialmente ambas especies por separado y luego incluyendo a las dos conjuntamente. Para contrastar el espaciamiento regular se utilizó la prueba de la G, calculada como la media geométrica de los cuadrados de las distancias al vecino más próximo dividido por la correspondiente media aritmética (Brown, 1975). Valores de G superiores a 0,65 reflejan regularidad y valores inferiores, aleatoriedad (Brown, 1975; Watson, 1997). Debido a que el hábitat disponible puede ser un condicionante para la distribución de las parejas te-

ritoriales, se utilizaron simulaciones (Manly, 1991) para calcular la probabilidad de que el valor encontrado de  $G$  fuera mayor que el esperado por azar (Watson & Rothery, 1986). En un primer grupo de simulaciones se consideraron todos los territorios conocidos de águilas rupícolas, excepto aquellos ocupados por la especie potencialmente competidora, obteniéndose 10000 distribuciones al azar (y los correspondientes 10000 valores de  $G$  de los territorios ocupados por la especie en cuestión). Como en este tipo de simulaciones se incluye el efecto interespecífico, se repitieron considerando esta vez como territorios potenciales todos los territorios conocidos, sin excluir aquellos en los que criaba la otra especie (segundo grupo de simulaciones).

Como aproximación complementaria al estudio de la distribución espacial aplicamos un método gráfico propuesto por Campbell (1992, 1995), que utiliza la comparación entre las distancias observadas y las esperadas a partir de una distribución al azar de una muestra con igual tamaño y densidad igual a 1. Este método se detalla en el Apéndice, y se basa en el ajuste de polinomios de grado 1 o 2 a dichas distancias.

## RESULTADOS

Se contabilizaron un total de 110 territorios de águilas rupícolas en la Región de Murcia, 22 de los cuales estaban ocupados por individuos

de Águila-azor Perdicera (0,19 territorios/100 km<sup>2</sup>) y 40 por individuos de Águila Real (0,35 territorios/100 km<sup>2</sup>).

En la Tabla 1 se muestran los valores medios de las distancias al vecino más próximo y los valores de  $G$  obtenidos para ambas especies, consideradas independientemente y de forma conjunta. La distancia media entre territorios de la misma especie fue mayor en el caso Águila-azor Perdicera que en el del Águila Real, aunque las diferencias no fueron significativas (test no paramétrico de Kruskal-Wallis:  $H = 0,97$ ;  $P = 0,324$ ).

Por su parte, los valores de  $G$  reflejaron un espaciamiento regular en los territorios de Águila Real y un patrón no diferente del aleatorio para los del Águila-azor Perdicera. La probabilidad de que el valor obtenido fuera mayor que el esperado por azar en función del hábitat disponible fue significativa en el Águila Real pero no en el Águila-azor Perdicera (Tabla 1). Estos resultados no variaron en los dos tipos de simulaciones, incluyendo o excluyendo a la especie potencialmente competidora. Cuando los territorios ocupados por ambas especies se analizaron conjuntamente, el valor de  $G$  fue inferior a 0,65, reflejo de una distribución aleatoria.

Según los resultados del análisis gráfico, los territorios de Águila Real se distribuyeron de forma regular (Fig. 1). Para el Águila-azor Perdicera, el polinomio de segundo grado que se ajusta a la gráfica de Campbell (Fig. 2) determina la existencia de agregación para el rango de distancias mayores (escala regional, parte

TABLA 1

Resumen de los resultados de la prueba de la  $G$  obtenidos para las poblaciones de Águila-azor Perdicera y Águila Real en la Región de Murcia.  $N$ : número de territorios ocupados.  $D$ : distancia media al vecino más próximo (km).  $d.e.$ : desviación estándar.  $G$ : valor de  $G$ .  $P_1$ : probabilidad de que el valor obtenido de  $G$  sea mayor que el esperado por azar en la simulación 1;  $P_2$ : probabilidad de que el valor obtenido de  $G$  sea mayor que el esperado por azar en la simulación 2 (ver texto).

[Summary of the results of the  $G$ -test for Bonelli's and Golden Eagle populations in Murcia Region.  $N$ : number of occupied territories.  $D$ : nearest neighbour distances (km).  $d.e.$ : standard deviation.  $G$ :  $G$  value.  $P_1$ : probability that the  $G$ -value obtained was higher than that obtained at random (simulation 1);  $P_2$ : probability that the  $G$ -value obtained was higher than that obtained at random (simulation 2) (see text).]

	$N$	$D (\pm d.e.)$	$G$	$P_1$	$P_2$
<i>Hieraaetus fasciatus</i>	22	11,46 ( $\pm 11,60$ )	0,31	0,9577	0,9536
<i>Aquila chrysaetos</i>	40	9,67 ( $\pm 3,78$ )	0,72	0,0148	0,0089
<i>Hieraaetus fasciatus</i> & <i>Aquila chrysaetos</i>	62	7,22 ( $\pm 3,83$ )	0,53	0,5186	0,5186

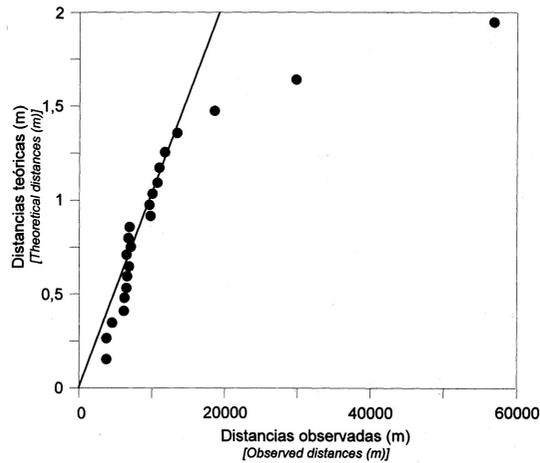


FIG. 1.—Análisis gráfico del patrón de distribución espacial de los territorios ocupados por el Águila-azor Perdicera en la Región de Murcia. El polinomio que mejor se ajusta a la distribución mostrada es:  $y = -0,38295 + 1,788 * 10^{-4}x - 3,765 * 10^{-9}x^2$ . Véase el Apéndice para más detalles.

[Graphical analysis of the spatial pattern of territories occupied by Bonelli's Eagles in the Region of Murcia (SE Spain). See the Appendix for details.]

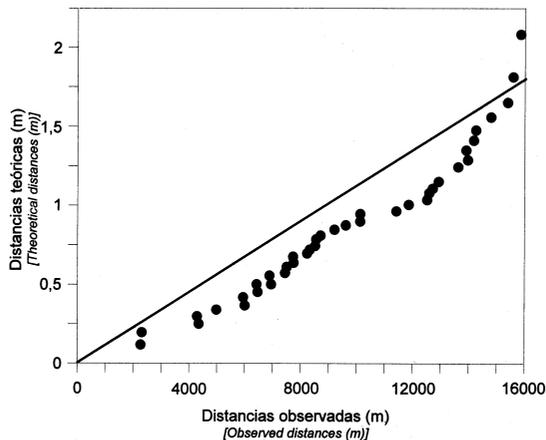


FIG. 2.—Análisis gráfico del patrón espacial de los territorios ocupados por el Águila Real en la Región de Murcia. El polinomio que mejor se ajusta a la distribución mostrada es:  $y = 0,02913 + 5,033 * 10^{-3}x + 3,330 * 10^{-9}x^2$ . Véase el Apéndice para más detalles.

[Graphical analysis of the spatial pattern of territories occupied by Golden Eagle in the Region of Murcia (SE Spain). See the Appendix for details.]

derecha de la curva) y aleatoriedad para el rango de distancias menores (núcleos de agregación). Cuando los territorios ocupados por ambas especies se consideraron conjuntamente el patrón no fue diferente del esperado por azar (Fig. 3), resultado equivalente al obtenido con la prueba de la G.

## DISCUSIÓN

Los territorios ocupados por el Águila Real en la Región de Murcia presentan, al igual que en el resto de áreas donde se ha estudiado, una distribución espacial regular, aunque con valores de G inferiores a los encontrados en otros

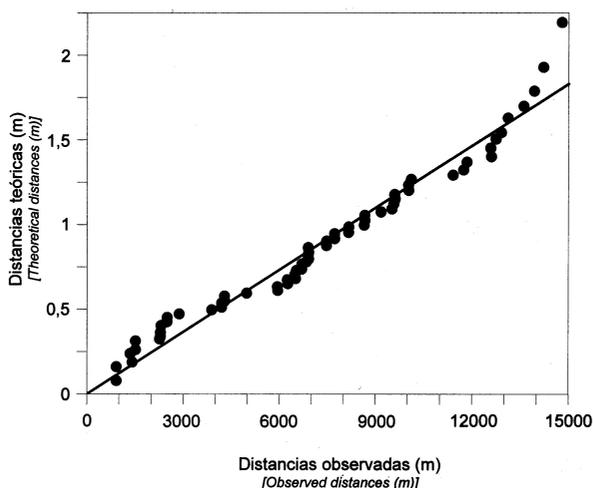


FIG. 3.—Análisis gráfico del patrón espacial de los territorios ocupados por ambas especies (Águila-azor Perdicera y Águila Real) en la Región de Murcia (distancias observadas en *m*). El polinomio que mejor se ajusta a la distribución mostrada es:  $y = 1,217 * 10^{-4}x$ . Véase el Apéndice para más detalles.

[Graphical analysis of the spatial pattern of territories occupied by both species (Bonelli's and Golden Eagle) in the Region of Murcia (SE Spain). See the Appendix for details.]

estudios (Tjernerberg, 1983; Watson & Rothery, 1986; Watson, 1997). Este tipo de distribución regular suele asociarse con fenómenos de competencia (Tjernerberg, 1983; Watson & Rothery, 1986; Solonen, 1993), siendo probablemente una ventaja selectiva importante el maximizar la distancia al vecino más próximo para reducir los conflictos territoriales durante la reproducción y la búsqueda de alimento. Los territorios ocupados por el Águila-azor Perdicera, en cambio, presentan un patrón aleatorio según ambos análisis, aunque el método gráfico nos permite reconocer además un patrón diferente de agregación a escala regional. La prueba de la G, utilizada ampliamente en estudios de distribución espacial (Tjernerberg, 1983; Watson & Rothery, 1986; Olsen & Olsen, 1988; Solonen, 1993; Mañosa, 1994; Castaño & Guzmán, 1995), es un método que indica regularidad cuando su valor es superior a 0,65, siendo incapaz de detectar patrones de agregación debido a que emplea distancias al vecino más próximo (Brown, 1975). En cualquier caso, el patrón de espaciamiento de esta especie es diferente del detectado en Andalucía, donde los territorios están regularmente distribuidos a una escala regional (Balbontín *et al.*, 2000). Una

posible explicación para el patrón agregado observado es la persecución humana sufrida por esta especie, tanto en la Región de Murcia como en el resto de España (Arroyo & Garza, 1995; Sánchez-Zapata, 1997). Los modelos basados en requerimientos de hábitat, desarrollados para ambas especies en el área de estudio, refuerzan estos resultados. Mientras que los mejores modelos para el Águila Real incluyen variables asociadas a la estructura del paisaje (pendiente, cobertura de matorral y cobertura de matorral arbolado; Carrete *et al.*, 2000), en los del Águila-azor Perdicera sólo la pendiente y las variables climáticas son relevantes, y determinadas variables antrópicas, como el número de palomares de competición y de palomas domésticas *Columba livia*, están correlacionadas con la productividad (correlación positiva) y la mortalidad (correlación negativa), respectivamente (Sánchez-Zapata *et al.*, 1995; Sánchez-Zapata, 1997).

Por otra parte, el patrón espacial de los territorios de ambas especies consideradas conjuntamente no se diferenció del esperado por azar, en contra de lo que cabría esperar como evidencia de una competencia equilibrada entre ambas especies (Kostrzewa, 1991). La condi-

ción necesaria para la existencia de competencia es la escasez del recurso compartido (Pianka, 1994), en este caso el espacio, por lo que una explicación posible sería que la densidad conjunta de ambas especies no sea suficientemente elevada como para provocarla, como sugiere la existencia de un considerable número de territorios que permanecen vacíos cada año (56%). Una combinación de bajas densidades y de segregación espacial inducida por la persecución humana hace difícil establecer cuál es el resultado real de las interacciones entre ambas especies en el área de estudio. Sería aconsejable, por tanto, desarrollar estudios de este tipo en áreas con densidades poblacionales y características ambientales distintas a las de la Región de Murcia.

AGRADECIMIENTOS.—Quisiéramos agradecer a J. Royo, S. Eguía, A. Ortuño, P. Cortés, A. Giménez, Eloy, Pepe *Canis lupus*, M. Martínez, I. Pagán y al personal de la Guardería Forestal de la Región de Murcia por su ayuda en las tareas de campo. V Penteriani, M. Díaz y un revisor anónimo han contribuido a mejorar sustancialmente el manuscrito. M. Carrete estuvo financiada por una beca predoctoral de CONICET (Argentina) durante el periodo de estudio. Los autores quieren dedicar el presente trabajo a la memoria de Miguel Ángel Sánchez Sánchez, por una vida dedicada al estudio y la conservación de la fauna murciana.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARROYO, B. & GARZA, V. 1995. Factores de regresión del Águila perdicera *Hieraetus fasciatus* en España. I Congreso Internacional de Rapaces del Holártico. Mérida.
- BALBONTÍN, J., PENTERIANI, V. & FERRER, M. 2000. *Situación del Águila perdicera Hieraetus fasciatus en Andalucía. Memoria Final*. Junta de Andalucía-CSIC. Sevilla.
- BOURSKI, O. V. & FORSMIEIER, W. 2000. Does interspecific competition affect territorial distribution of birds? A long term study on Siberian *Phylloscopus* warblers. *Oikos*, 88: 341-350.
- BROWN, D. 1975. A test of randomness of nest spacing. *Wildfowl*, 26: 102-103.
- CAMPBELL, D. F. 1992. Nearest-neighbour graphical analysis of spatial pattern and a test for competition in populations of singing crickets *Teleogryllus commodus*. *Oecologia*, 92: 548-551.
- CAMPBELL, D. F. 1995. Detecting regular spacing in patchy environments and estimating its density using nearest-neighbour graphical analysis. *Oecologia*, 102: 133-137.
- CASTAÑO LÓPEZ, J. C. & GUZMÁN PIÑA, J. 1995. Aspectos sobre la reproducción de *Aquila adalberti* y *Aquila chrysaetos* en Sierra Morena Oriental. *Ardeola*, 42: 83-89.
- CARRETE, M., SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A. & CALVO, J. F. 2000. Breeding densities and habitat attributes: Golden Eagle in Southeastern Spain. *Journal of Raptor Research*, 34: 48-52.
- DEL HOYO, J., ELLIOTT, A. & SARGATAL, J. (Eds). 1994. *Handbook of the Birds of the World. Vol 2*. Lynx Edicions. Barcelona.
- DÍAZ, M. ASENSIO, B. & TELLERÍA, J. L. 1996. *Aves Ibéricas I. No Paseriformes*. J. M. Reyero (Ed.). Madrid.
- FERNÁNDEZ, C. & INSAUSTI, J. A. 1990. Golden eagles take up territories abandoned by Bonelli's eagles. *Journal of Raptor Research*, 24: 124-125.
- FULLER, M. R. & MOSHER, J. A. 1987. Raptor survey techniques. En, B. A. G. Pendleton, B. A. Millsap, K. W. Cline, & D. M. Bird (Eds.): *Raptor Management Techniques Manual*, pp. 37-65. National Wildlife Federation, Scientific and Technical Series No. 10.
- GARZA, V. & ARROYO, B. 1996. Situación del Águila perdicera *Hieraetus fasciatus* en España. En, J. Muntaner & J. Mayol (Eds): *Biología y conservación de las Rapaces Mediterráneas*. SEO/Birdlife, Monografía n.º 4. Madrid.
- GIL-SÁNCHEZ, J. M., MOLINO GARRIDO, F. & VALENZUELA SERRANO, G. 1994. Parámetros reproductivos y alimentación del Águila real (*Aquila chrysaetos*) y del Águila perdicera (*Hieraetus fasciatus*) en la provincia de Granada. *Aegyptus*, 12: 47-52.
- GIL-SÁNCHEZ, J. M. 1999. Solapamiento de hábitat de nidificación y coexistencia entre el Águila-azor perdicera (*Hieraetus fasciatus*) y el Halcón peregrino (*Falco peregrinus*) en un área de simpatria. *Ardeola*, 46: 31-38.
- GORDON, D. M. 1997. The population consequences of territorial behavior. *Trends in Ecology and Evolution*, 12: 63-66.
- HAKKARAINEN, H. & KORPIMÄKI, E. 1996. Competitive and predatory interactions among raptors: an observational and experimental study. *Ecology*, 77: 1134-1142.
- KOSTRZEWA, A. 1991. Interspecific interference competition in three European raptor species. *Ethology, Ecology & Evolution*, 3: 127-143.
- MANLY, B. F. J. 1991. *Randomization and Monte Carlo methods in biology*. Chapman and Hall. London.
- MAÑOSA, S. 1994. Goshawk diet in a Mediterranean area of Northeastern Spain. *Journal of Raptor Research*, 28: 84-92.
- MARQUISS, M., RATCLIFFE, D. A. & ROXBURGH, R. 1985. The numbers, breeding success and diet of Golden Eagles in southern Scotland in relation to

- changes in land use. *Biological Conservation*, 34: 121-140.
- MCGRADY, M. J., MCLEOD, D. R. A., PETTY, S. J., GRANT, J. R. & BAINBRIDGE, I. P. 1997. *Golden Eagles and forestry*. Research Note 292. Forestry Commission Research Agency. Aberdeen.
- NEWTON, I. 1979. *Population Ecology of Raptors*. T. & S. D. Poyser. Berkhamsted.
- NEWTON, I. 1998. *Population limitations in birds*. Academic Press. London.
- OLSEN, P. D. & OLSEN, J. 1988. Breeding of the Peregrine Falcon *Falco peregrinus*: Weather, nest spacing and territory occupancy. *The Emu*, 88: 195-201.
- ONTIVEROS, D. & PLEGUEZUELOS, J. M. 1999. Influence of prey densities in the distribution and breeding success of Bonelli's eagle (*Hieraaetus fasciatus*): management implications. *Biological Conservation*, 0: 1-7.
- PIANKA, E. R. 1994. *Evolutionary Ecology*. Harper-Collins. New York.
- RICO, L., SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A., IZQUIERDO, A., GARCÍA, J. R., MORÁN, S. & RICO, D. 1999. Tendencias recientes en las poblaciones del Aguila Real *Aquila chrysaetos* y el Aguila-azor Perdicera *Hieraaetus fasciatus* en la provincia de Valencia. *Ardeola*, 46: 235-238.
- ROBINSON, S. K. & TERBORGH, J. 1995. Interspecific aggression and habitat selection by Amazonian birds. *Journal of Animal Ecology*, 64: 1-11.
- ROCAMORA, G. 1994. Bonelli's Eagle *Hieraaetus fasciatus*. En, G. M. Tucker & M. F. Heath (Eds): *Birds in Europe, their conservation status*. Birdlife International. Cambridge.
- SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A., SÁNCHEZ, M. A., CALVO, J. F. & ESTEVE, M. A. 1995. *Ecología de las aves de presa en la Región de Murcia*. Cuadernos de Ecología y Medio Ambiente. Universidad de Murcia. Murcia.
- SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A. (coord). 1997. *Plan de Recuperación del Aguila perdicera en la Región de Murcia*. Ambiental S., Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Murcia.
- SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A., CALVO, J. F., CARRETE, M. & MARTÍNEZ, J. E. 2000. Age and breeding success of a Golden Eagle *Aquila chrysaetos* population in southeastern Spain. *Bird Study*, 47: 235-237.
- SOLONEN, T. 1993. Spacing of birds of prey in southern Finland. *Ornis Fennica*, 70: 129-143.
- STEENHOF, K., KOCHERT, M. N. & McDONALD, T. L. 1997. Interactive effects of prey and weather on Golden eagle reproduction. *Journal of Animal Ecology*, 66: 350-362.
- TJERNBERG, M. 1983. Population density of Golden eagle in relation to nest-site and food availability. En, *Breeding ecology of the Golden Eagle Aquila chrysaetos (L.) in Sweden*. Rapport 10: 79-87. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Wildlife Ecology. Uppsala.
- VILLAGE, A. 1983. The role of nest-site availability and territorial behaviour in limiting the breeding density of kestrels. *Journal of Animal Ecology*, 52: 635-645.
- WATSON, A. & ROTHERY, P. 1986. Regularity in the spacing of Golden Eagle *Aquila chrysaetos* used within years in northeast Scotland. *Ibis*, 128: 406-408.
- WATSON, J. 1997. *The Golden Eagle*. T. & A. D. Poyser. London.
- WIENS, J. A. 1989. *The ecology of birds communities*. Cambridge University Press. Cambridge.

[Recibido: 3-4-01]

[Aceptado: 16-5-01]

## APÉNDICE [APPENDIX]

*Análisis Gráfico de Campbell.*—Este método gráfico se fundamenta en la comparación de las distancias al vecino más próximo observadas en una población y las esperadas a partir de una distribución al azar de una muestra con igual tamaño y densidad igual a 1. Estas últimas, pueden calcularse utilizando la ecuación,

$$r_x = \sqrt{-\ln(1 - (x - 1/2)/n)}$$

donde  $x = 1, 2, \dots, n$  y  $n =$  número total de individuos (Campbell, 1992). Dibujando las distancias observadas contra las esperadas en orden ascendente, se obtiene el gráfico de distancias. Si la población observada sigue una distribución aleatoria, entonces los puntos se ajustarán a una recta  $y = a + b'x$ . En cambio, si las distancias observadas provienen de una distribución diferente de la esperada por azar, el ajuste de los puntos no se conseguirá con una recta. Si la distribución de la que provienen es agregada, entonces habrá un exceso de distancias al vecino más próximo observadas pequeñas y una deficiencia de valores altos, por lo que un polinomio de segundo orden de la forma  $y = a + bx - cx^2$  se ajustará a los puntos. Por otro lado, si las distancias corresponden a una población distribuida regularmente el polinomio resultante será de la forma  $y = a + bx + cx^2$ . La línea de regresión esperada, asumiendo una distribución al azar, va desde el origen del gráfico (0,0) y tiene una pendiente  $b'$  que puede ser calculada directamente, si existe aleatoriedad, o indirectamente, utilizando los coeficientes de los polinomios obtenidos, cuando se detecta regularidad o agregación. Para el primer caso,  $b' = y_{\max}/x_0$ , donde  $y_{\max}$  es el valor máximo de las distancias esperadas y  $x_0$  se obtiene reemplazando  $y_{\max}$  en la ecuación del polinomio de segundo grado y resolviéndola para  $x$ . En el caso de agregación,  $b' = (b + 2c\sqrt{a/c})$ , donde  $a, b$  y  $c$  son los coeficientes de la curva obtenida.

[Campbell's Graphical Analysis.—*This method compare observed nearest neighbour distances with a theoretical set of the same size and unit density, which could be calculated by using the equation*

$$r_x = \sqrt{-\ln(1 - (x - 1/2)/n)}$$

*where  $x = 1, 2, \dots, n$  and  $n =$  total number of individuals (Campbell, 1992). Plotting observed distances against theoretical distances in ascending order, we obtain the distance graph. If the population follow a random distribution pattern, the graph will be linear  $y = a + b'x$ . If the observed nearest neighbour distances are from a population that is not spaced out randomly, the graph will deviate from linearity. With overall aggregation there would be an excess of shorter distances and a deficiency of larger ones than for random expectation, resulting in a convex curve  $y = a + bx - cx^2$ . The opposite would apply for overall regularity, resulting in a concave curve  $y = a + bx + cx^2$ . The expected regression function runs from the origin (0,0) and has a slope  $b'$  which could be obtained directly, when randomness exists. For regular patterns,  $b' = y_{\max}/x_0$ , where  $y_{\max}$  is the maximum expected distance and  $x_0$  is obtained by fitting  $y_{\max}$  in the second order polynomial regression line and solving for  $x$ . For aggregated patterns,  $b' = (b + 2c\sqrt{a/c})$ , where  $a, b$  and  $c$  are the coefficients of the second order polynomial curve obtained.]*