

TENDENCIAS BIOGEOGRÁFICAS DE LA AVIFAUNA EN RELACIÓN A LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN EN LAS SIERRAS BÉTICAS OCCIDENTALES

RAFAEL RUIZ* - J. MARIO VARGAS* - AGUSTÍN ANTÚNEZ*

RESUMEN. *Tendencias biogeográficas de la avifauna en relación a la estructura de la vegetación en las Sierras Béticas Occidentales.* Se analizan las tendencias biogeográficas microareales de la distribución de la avifauna en relación con la estructura de la vegetación. Se emplea una nueva metodología, mixta entre el modelo lineal y el puntual, utilizando las zonas ecotonales como medios de muestreo. Se comparan los resultados obtenidos a dos escalas de percepción, muestreos y cuadrículas U.T.M. de 5x5 Km. La riqueza específica está correlacionada con la estructura de la vegetación así como con la heterogeneidad paisajística, teniendo una mayor importancia sobre el nº de passeriformes que sobre el de no passeriformes. El grado de reemplazamiento estacional de la avifauna por cuadrícula depende más de la complejidad de la vegetación que de la complejidad del paisaje. La existencia de una franja termófila con una vegetación muy simplificada por el turismo y la agricultura, produce una distribución no lineal de la complejidad estructural de la vegetación y de la complejidad paisajística en relación con la altitud, lo que se traduce en una función parabólica cuando se compara en un mismo plano la altitud con el índice de reemplazamiento, el índice de complejidad de la vegetación y el índice de complejidad ecotonal.

Palabras clave: avifauna, biogeografía, estructura de la vegetación.

SUMMARY. *The biogeographical trends of birds in relation to vegetation complexity in the western Sierras Béticas.* The microarea biogeographical trends of bird distribution are analysed in relation to vegetation complexity. A new methodology, which is mixed with the line transect and the point count is used, and ecotones have been used as sample taking processes. The results obtained are compared on two scales of perception: census and 5x5 km UTM grid. The species richness is correlated not only with the vegetation complexity but with the heterogeneity of the landscapes, having a higher degree of importance upon the number of passerine birds than upon the non-passerine ones. The replacement of species from grid depends on the complexity of the vegetation rather than on the landscapes. The existence of the simple coastline vegetation due to tourism and agriculture, causes a non-linear distribution in the complexity of vegetation and in the complexity of the landscape in relation to the altitude, which becomes a parabolic function when it is compared within the same graph the altitude to the index of shifting, to the index of vegetation complexity and to the index of ecotones complexity.

Key words: biogeography, birds, vegetation structure.

* Depto. Biología Animal, Fac. Ciencias, Univ. Málaga, 29071 Málaga.

INTRODUCCIÓN

Hasta ahora son muy numerosos los trabajos que han estudiado la relación entre la riqueza específica de aves y la complejidad estructural de la vegetación de diferentes hábitats, partiendo normalmente de medios puros y homogéneos (p.e. MacArthur & MacArthur, 1961; Blondel *et. al.*, 1973; Wilson, 1974; James & Wamer, 1982; Rotenberry, 1985; Blake & Karr, 1987; Tellería *et. al.*, 1992). Sin embargo, la realidad de algunas zonas de la Península Ibérica resulta muy distinta a la de estos medios puros. Así, algunas áreas del sur peninsular se caracterizan por presentar una elevada heterogeneidad de sus medios de vegetación (Gómez-Moreno, 1989). Por otra parte, son varios los autores que han demostrado la importancia que tiene la heterogeneidad espacial, entendida en sentido horizontal, en la composición y organización de las comunidades de aves (Roth, 1976; Tiainen, *et. al.*, 1983; Terborgh, 1985; Potti, 1986; Best *et. al.*, 1990; entre otros)

Desde esta perspectiva, la eficacia y aplicabilidad de los métodos tradicionales de censo puede ser cuestionable, a la vez que sus resultados podrían no corresponderse con la realidad de la relación avifauna-paisaje en aquellos espacios con una elevada heterogeneidad paisajística.

El presente estudio pretende caracterizar la avifauna nidificante e invernante en los distintos medios de vegetación real de la porción occidental de las Sierras Béticas, a partir del muestreo de medios puros y de ecotonos, analizando la importancia de la complejidad vertical y horizontal de la vegetación sobre la riqueza específica de aves, a dos escalas: muestreos y cuadrículas. Asimismo, se ha analizado también la distribución altitudinal de la riqueza específica relacionándola con las características de la vegetación.

MATERIAL Y MÉTODOS

El territorio de estudio se encuentra situado en el sur de la Península Ibérica, entre los paralelos 36° 18' y 37° 18' de latitud Norte y los meridianos 3° 40' y 5° 41' de longitud Oeste. Constituye la porción occidental de las Sierras Béticas y posee una superficie total aproximada de 7.600 km² (aproximadamente 1° latitud x 2° longitud), dominada por el alto grado de heterogeneidad geográfica que caracterizan a las Cordilleras Béticas: discontinuidad en los relieves y anárquica disposición de las líneas de plegamiento (Gómez-Moreno, 1989). El resultado es un relieve muy compartimentado en un rango altitudinal que se extiende desde el nivel del mar hasta los 2065 m., siendo la altitud media de 498 m. Las precipitaciones están caracterizadas por un marcado gradiente de Oeste a Este, registrándose máximos pluviométricos en las sierras occidentales (precipitación media anual superior a los 2000 mm.), y mínimos en la porción más oriental del área de estudio (precipitación media anual inferior a los 400 mm.).

Como consecuencia de la compartimentación del relieve, del manejo humano y del elevado gradiente bioclimático existente (Boucher, 1986), la heterogeneidad vegetal del área resulta muy elevada. Cabe destacar en este sentido la presencia de 11 series de vegetación climatófilas y de 7 series de vegetación edafófilas en el área de estudio (Nieto, 1991).

Atendiendo a la dimensión del área de estudio, y a la heterogeneidad paisajística del relieve y de la vegetación, se ha aplicado el método de las estaciones de escucha cualitativas (Blondel,

1975) sobre recorridos de 20 min. de duración a través de ecotonos, de acuerdo con los criterios definidos por el E.O.A.C. De este modo, se realizaron 3 censos por cuadrícula UTM de 5x5 Km (n=383) durante el período del 15 de abril al 15 de julio. Para la invernada, el período se estableció del 1 de diciembre al 31 de enero, y se realizaron 2 censos por cuadrícula. El método empleado, de acuerdo con las características del área de estudio, presenta importantes ventajas frente a otros métodos de censo: máxima cobertura espacial del territorio, alto grado de rendimiento por muestreo y rentabilidad del tiempo invertido por el observador.

Para la caracterización de la vegetación en el área de estudio, se establecieron 18 tipos (tabla 1). En cada muestreo, se anotaban todos los tipos de vegetación detectados, independientemente de su extensión.

TABLA 1

Código y descripción de los tipos de vegetación considerados. cv: valor parcial del índice de complejidad de cada uno de los tipos.

[Code and description of vegetation types which has been considered. cv: partial value of the vegetation complexity index.]

Medio	cv	Descripción
PAS	2	Pastizal de especies espontáneas o sembradas y de porte herbáceo.
CER	2	Cultivos cerealistas de secano
VIÑ	2	Viñedos de porte arbustivo y muy aclarado
MAT	3	Matorrales de porte medio y bajo, incluidas las orlas espinosas.
REG	2	Cultivos herbáceos en régimen de regadío.
HTA	4	Huertas de árboles y arbustos frutales.
RIB	5	Formaciones de riberas.
ALM	4	Cultivos de almendro.
OLI	4	Olivares.
ALG	5	Pequeñas manchas de algarrobos.
ENC	5	Encinares de <i>Quercus rotundifolia</i> .
ALC	5	Alcornocales (<i>Quercus suber</i>).
FAG	5	Quejigares de <i>Quercus faginea</i> .
CAN	5	Quejigares de <i>Quercus canariensis</i> .
PIN	5	Pinares de <i>Pinus pinaster</i> , <i>P. halepensis</i> , <i>P. pinea</i> y <i>P. radiata</i> .
PNS	5	Pinsapares de <i>Abies pinsapo</i> .
PLA	1	Playas y dunas.
AQU	3	Lagunas y embalses.

Para evaluar, de un modo simple, la complejidad estructural de la vegetación y la heterogeneidad espacial del medio se emplearon dos índices:

Índice de complejidad de la vegetación (ICV)

$$ICV = \sum_{i=1}^n cv_i$$

cv= valor de complejidad de los medios de vegetación que se encuentran en cada muestreo o cuadrícula. A cada tipo de vegetación se le asignó *a priori* un valor de cv atendiendo a su complejidad vertical (véase la tabla 1). $1 \leq n \leq 18$.

Índice ecotonal (IE)

$$IE = NE \times ICV$$

NE= n° de ecotonos prospectados por muestreo o cuadrícula, calculado como: $NE = N(N-1)/2$ donde N es el número de tipos de vegetación que se encuentran en cada muestreo o cuadrícula. $1 \leq N \leq 18$

Para conocer el grado de estacionalidad de la avifauna de cada tipo de vegetación, se ha empleado el índice de similitud entre porcentajes de Renkonen (Krebs, 1989).

Índice de reemplazamiento estacional (IRE)

$$IRE = 1 - SP$$

SP = similitud porcentual, que se calcula como:

$SP = \sum \min(pi_1, pi_2)$ siendo pi_1 y pi_2 los porcentajes de la especie *i-ésima* en nidificación e invernada, respectivamente.

Las correlaciones se han realizado a partir del coeficiente de correlación de rango t de Kendall, una vez comprobada la distribución no lineal de las variables.

RESULTADOS

En los 623 muestreos efectuados durante la invernada se detectaron 172 especies, y 144 en los 843 muestreos realizados durante la reproducción.

La tabla 2 muestra las relaciones entre la riqueza específica (S) y los índices de complejidad de la vegetación (ICV) y ecotonal (IE). Los valores obtenidos muestran una correlación positiva de la riqueza específica con ambos índices. Estos índices correlacionan positivamente con el n° de reproductores no paseriformes (S-RNP) y con el n° de reproductores paseriformes (S-RP). A nivel de muestreos, los valores de correlación de S con ICV y con IE resultan muy similares. Sin embargo, a nivel de cuadrículas, la riqueza específica correlaciona mejor con ICV que con IE. Cabe destacar que ICV correlaciona mejor con S-RP que con S-RNP. IE correlaciona igualmente mejor con la riqueza específica de paseriformes que con la de no paseriformes.

TABLA 2

Valores del coeficiente de correlación t de Kendall entre la riqueza específica y los índices de complejidad de la vegetación (ICV) y ecotonal (IE). S: Riqueza específica total; S-NP: Riqueza específica de reproductores no paseriformes; S-P: Riqueza específica de reproductores paseriformes.

[Kendall t correlation coefficient values between species richness and the vegetation complexity index (ICV) and of ecotones one (IE). S: Total species richness; S-NP: Non-passerine breeding species richness; S-P: Passerine breeding species richness.]

	Muestreos S	Cuadrículas	
		S-RNP	S-RP
Índice de Complejidad (ICV)	0.21 **	0.12 **	0.27 **
Índice Ecotonal (IE)	0.23 **	0.11 *	0.23 **

*: $p < 0.05$ **: $p < 0.001$

A nivel de cuadrículas, se analizó la relación de ICV e IE con IRE. Se aprecia que IRE está correlacionado negativamente con ICV (t de Kendall, $t=-0.170$, $p<0,001$) y con IE ($t=-0.126$, $p<0,001$). Las correlaciones obtenidas entre ICV e IE con IRE pueden interpretarse de manera que al aumentar la complejidad de la vegetación también aumenta el número de especies residentes y disminuye el número de especies migrantes en la comunidad. El número de residentes se encuentra, por tanto, mejor correlacionado con la complejidad de la vegetación que con el índice ecotonal.

La fig. 1 representa la posición de los medios estudiados en el plano definido por el índice de complejidad de la vegetación y el índice de reemplazamiento estacional. Los medios con un índice de complejidad menor presentan los valores de reemplazamiento mayores. Los bosques, por el contrario, caracterizados por valores bajos de IRE, presentan pocas variaciones en la composición de su avifauna entre ambos períodos. El pinsapar, sin embargo, alcanza un valor de IRE más próximo al de los medios abiertos que al de los bosques y, en cambio, su complejidad estructural resulta máxima.

La fig. 2 muestra que, cuando se compara ICV con la altitud, la distribución de los datos no es lineal. La función parabólica obtenida muestra como a medida que aumenta la altitud, y hasta los 500-600 m.s.m. se produce un incremento de ICV, que comienzan a decrecer por encima de esta altitud hasta alcanzar sus valores mínimos en torno a los 1200-1500 m. de altitud. La relación en un mismo plano de IE con la altitud (fig. 3) muestra una distribución muy similar a la obtenida al comparar ICV con la altitud. La fig. 4 muestra una distribución de la altitud e IRE similar a las anteriores figuras, aunque de tendencia opuesta. Si se tiene en cuenta esta tendencia, y que los bosques de pinsapos se localizan por encima de los 1.200 m. de altitud, podría explicarse por qué los pinsapares presentan valores de IRE más similares a los medios abiertos que a los restantes bosques.

DISCUSIÓN

La prospección de medios puros y ecotonos, con un método mixto de muestreo aún poco utilizado en estudios biogeográficos, supone una alternativa a los métodos convencionales de prospección de medios puros.

Además, este procedimiento ha resultado ser adecuado para cubrir los objetivos propuestos en la presente investigación. Los datos aportados en este trabajo confirman la relación existente entre la riqueza específica y la complejidad del hábitat, puesta de manifiesto por diversos autores para diferentes medios (Blondel *et. al.*, 1973; Wilson, 1974; Potti, 1986; Blake & Karr, 1987; Tellería *et. al.*, 1992; entre otros). La adición de estratos o capas sucesivas de follaje proporciona a la comunidad un mayor espacio para la segregación de las especies en áreas de igual tamaño (Wilson, 1974). La riqueza específica tiende casi siempre a aumentar, en relación con la densidad y diversidad vegetal (Blondel *et. al.*, 1973). Para diferentes comunidades nidificantes, Potti (1986) obtiene valores de riqueza específica menores para los medios de vegetación menos compleja (jarales, sabinares y brezales), frente a valores altos en el pinar y el robledal.

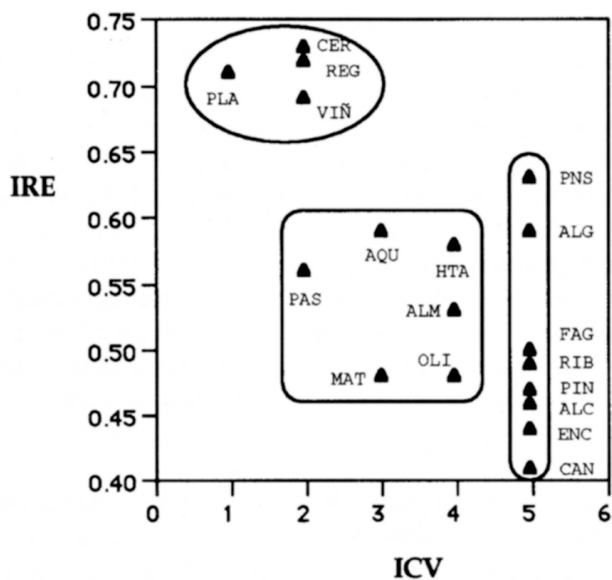


Fig. 1.- Posición de los distintos medios estudiados en el plano definido por el índice de reemplazamiento estacional (IRE) y el índice de complejidad de la vegetación (ICV). Códigos de medios según la tabla 1.
 [Position of the different vegetation types in the graph spanned by the index of seasonal shifting (IRE) and by the index of vegetation complexity (ICV). Vegetation code types as in table 1.]

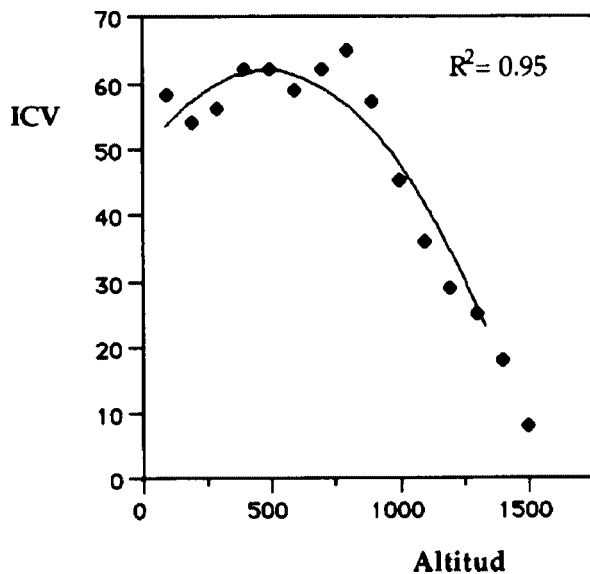


Fig. 2.- Relación entre el índice de complejidad de la vegetación (ICV) y la altitud, realizado a partir de los muestreos.
 [Relationship between the index of vegetation complexity (ICV) and altitude, made from census data.]

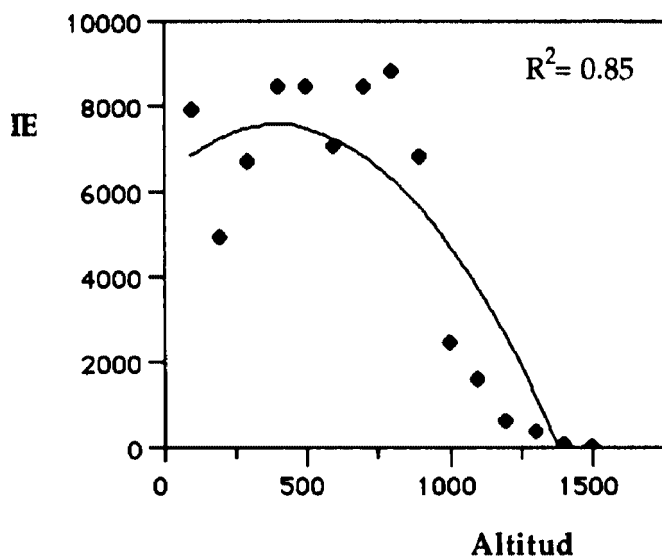


Fig. 3.- Relación entre el índice ecotonal (IE) y la altitud, realizado a partir de los muestreos.
[Relationship between ecotone index (IE) and altitude, made from census data.]

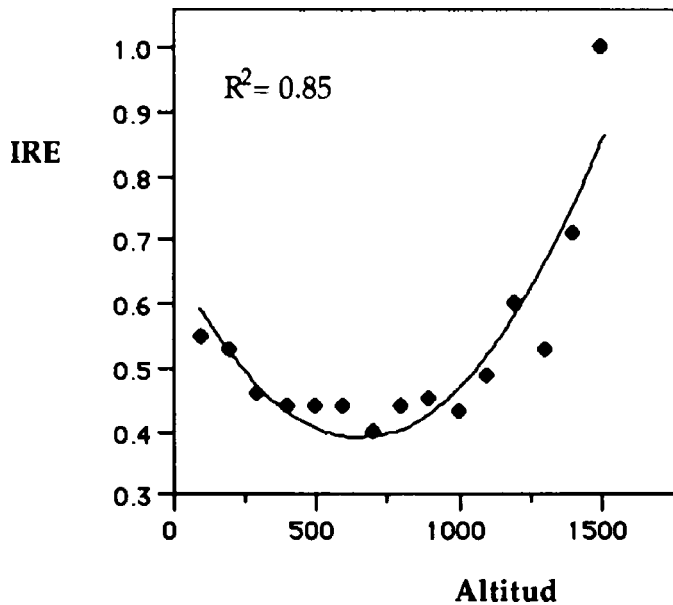


Fig. 4.- Relación entre el índice de reemplazamiento estacional (IRE) y la altitud, realizado a partir de los muestreos.
[Relationship between the index of seasonal shifting (IRE) and altitude, made from census data.]

Los resultados obtenidos en las Sierras Béticas Occidentales indican que la riqueza específica depende en mayor medida de la complejidad de la vegetación (vertical) que de la heterogeneidad espacial (horizontal), aunque al aumentar la diversidad paisajística también aumenta la riqueza específica (Pulido & Díaz, 1992). En este sentido, la importancia destacada por Roth (1976) para la heterogeneidad espacial, pasaría a un segundo plano cuando se compara con la complejidad estructural de la vegetación del área de estudio. Rotenberry & Wiens (1980) han encontrado una relación directa de la diversidad de especies estepáricas en Norteamérica con la complejidad estructural, siendo independiente la diversidad de la comunidad de la heterogeneidad horizontal.

Por otra parte, esta relación parece verse modificada en algunos medios fuertemente dependientes de las transformaciones humanas. Así, en las dehesas extremeñas, mientras la complejidad de la vegetación aumenta, con la sustitución de la vegetación herbácea por matorrales, la riqueza específica de la comunidad se reduce, por existir un mayor número de especies que utilizan el suelo y el nivel herbáceo, frente a los matorrales, como sustrato de cría o alimentación (Pulido & Díaz, 1992).

El número de especies residentes parece depender en mayor medida de la complejidad vertical de la vegetación que de la complejidad del paisaje, según ponen de manifiesto los resultados obtenidos. Como cabía esperar, los bosques presentan índices de reemplazamiento menores que los medios abiertos, lo que coincide con lo obtenido por otros autores también para hábitats mediterráneos (véase entre otros, Herrera, 1978a; Herrera, 1978b; Zamora, 1987). Cabe destacar, en este sentido, la posición del pinsapar en la fig. 1. Como se ha comentado anteriormente (véase Resultados), el valor de IRE lo sitúa más próximo a los medios con menor complejidad que a los bosques, aunque su distribución altitudinal podría ser la causa de ello. El descenso en la productividad de este medio puede intervenir limitando la comunidad residente en el pinsapar, como ya ha sido apuntado por Able & Noon (1976).

La existencia en el área de estudio de una franja termófila con una vegetación muy simplificada por el turismo y la agricultura supone una distribución no lineal de la complejidad estructural de la vegetación y de la heterogeneidad espacial en relación con la altitud. Ello explicaría la función parabólica obtenida, así como la respuesta del índice de reemplazamiento estacional cuando se compara igualmente con la altitud.

AGRADECIMIENTOS.

A todos aquellos que colaboraron durante la realización de los censos, y especialmente a C. Alarcón, M. Cardo, J.M. Ramirez y Emilio García. A C. Alarcón por su constante ayuda durante la labor de campo y por su paciencia. A R. Hidalgo del Serv. Central de Informática de la Univ. de Málaga, por su ayuda en los cálculos. B. Enciso realizó las traducciones al inglés. A todos ellos vayan nuestros más sinceros agradecimientos.

BIBLIOGRAFÍA

- ABLE, KP. & NOON, B.R. 1976. Avian community structure along elevational gradients in the Northeastern United States. *Oecologia*, 26: 275-294.
- BEST, L.B.; WHITMORE, R.C. & BOOTH, G.M. 1990. Use of Cornfields by Birds during the Breeding Season: The Importance of Edge Habitat. *The American Midland Naturalist*, 123: 84-99.
- BLAKE, J.G. & KARR, J.R. 1987. Breeding birds of isolated woodlots: area and habitat relationships. *Ecology*, 68: 1724-1734.
- BLONDEL, J. (1975). L'analyse des peuplements d'oiseaux, elements d'un diagnostic écologique. I. La methode des echantillonnages frequents progressifs (E.F.P.). *La Terre et la Vie*, 29: 533-589.
- BLONDEL, J.; FERRY, C. & FROCHOT, B. 1973. Avifaune et végétation. Essai d'analyse de la diversité. *Alauda*, 41: 63-84.
- BOUCHER, C. 1986. Bioclimatologie et floristique d'Andalousie. *Ecología Mediterránea*, 12: 101-130.
- GÓMEZ-MORENO, M.L. 1989. *La montaña malagueña: estudio ambiental y evolución de su paisaje*. Monografías nº 1. Diputación Provincial de Málaga. Málaga.
- HERRERA, C.M. 1978a. Evolución estacional de las comunidades de passeriformes en dos encinares de Andalucía Occidental. *Ardeola*, 25: 148-180.
- HERRERA, C.M. 1978b. Ecological correlates of residence and non-residence in a mediterranean passerine bird community. *Journal of Animal Ecology*, 47: 871-890.
- JAMES, F.C. & WAMER, N.O. 1982. Relationships between temperate forest bird communities and vegetation structure. *Ecology* 63: 159-171.
- KREBS, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York.
- MACARTHUR, R.H. & MACARTHUR, R.W. 1961. On bird species diversity. *Ecology*, 42: 594-598.
- NIETO CALDERA, J.M.; PÉREZ LATORRE, A. y CABEZUDO, B. 1991. Biogeografía y series de vegetación de la provincia de Málaga (España). *Acta Botanica Malacitana*, 16: 417-436.
- POTTI, J. 1986. Densidad y riqueza de aves en comunidades nidificantes de la Península Ibérica. *Miscelanea Zoologica*, 10: 267-276.
- PULIDO, F.J.P. y DÍAZ, M. 1992. Relaciones entre estructura de la vegetación y comunidades de aves nidificantes en las dehesas: influencia del manejo humano. *Ardeola*, 39: 63-72.
- ROTEBERRY, J.T. 1985. The role of habitat in avian community composition: physiognomy or floristics?. *Oecologia*, 67: 213-217.
- ROTH, R.R. 1976. Spatial heterogeneity and bird species diversity. *Ecology*, 57: 773-782.
- TELLERÍA, J.L.; SANTOS, T.; SÁNCHEZ, A. & GALARZA, A. 1992. Habitat structure predicts bird diversity distribution in Iberian forests better than climate. *Bird Study*, 39: 63-68.
- TERBORGH, J. 1985. The role of ecotones in the distribution of Andean birds. *Ecology*, 66: 1237-1246.
- TIAINEN, J.; VICKHOLM, M.; PAKKALA, T.; PIIRONEN, J. & VIROLAINEN, E. 1983. Impact of the amount of edges and habitat diversity on the breeding bird community in southern Finnish forests. En, K. Taylor, R.F. Fuller & P.C. Clark (Eds.): *Bird census and Atlas Studies*, pp. 231-241. Proceedings VIII International Conference on Bird Census and Atlas work. B.T.O. Tring.
- WILSON, M.F. 1974. Avian community organization and habitat structure. *Ecology*, 55: 1017-1029.
- ZAMORA, R. 1987. Variaciones altitudinales en la composición de las comunidades nidificantes de aves de Sierra Nevada. *Doñana, Acta Vertebrata*, 14: 83-106.