

UTILIDAD DE LAS AVES COMO INDICADORES DE LA RIQUEZA ESPECÍFICA REGIONAL DE OTROS TAXONES

Álvaro RAMÍREZ*

RESUMEN.—*Utilidad de las aves como indicadores de la riqueza específica regional de otros taxones.* Se comparan tres métodos de selección de áreas con interés conservacionista («puntos calientes» *Hotspots*, Rareza y Complementariedad) para examinar el posible papel de las aves como grupo indicador de la riqueza de especies de otros taxones (mariposas, peces, anfibios, reptiles y mamíferos) en un contexto regional. La riqueza de especies de estos taxones acumulada en las cuadrículas con mayor interés conservacionista para las aves en el País Vasco, obtenidas con cada uno de estos métodos, se comparó con la obtenida en una selección aleatoria de cuadrículas (simulaciones de Monte-Carlo). Los resultados variaron según el taxón y el criterio de selección elegidos. La estrategia de la Complementariedad resultó ser la más efectiva, pues incluyó un 77,3% de todo conjunto de especies frente al 73,7% con el criterio Rareza y el 70,8% con el de los *hotspots*. No obstante, sólo para las propias aves los métodos utilizados fueron significativamente mejores que un criterio aleatorio de selección de cuadrículas. Se concluye que los criterios de selección basados en aves permiten obtener un conjunto de áreas que recogen eficazmente la riqueza de aves, pero no la del resto de taxones, por lo que no podemos afirmar que las aves sean buenos indicadores de la riqueza de otros grupos. La escala regional del estudio y las diferencias en los requerimientos biológicos de los distintos grupos se apuntan como posibles causas de la falta de asociación observada.

Palabras clave: complementariedad, norte de España, puntos calientes (*hotspots*), rareza, riqueza de especies, selección de reservas, taxones indicadores.

SUMMARY.—*Utility of birds as indicators of the regional species richness of other taxa.* This paper evaluates three methods for detecting areas with a high conservation value (*Hotspots*, *Rarity* and *Complementarity*) to examine the utility of birds as predictors of the species richness of other taxa (butterflies, fish, amphibians, reptiles and mammals) at regional scales, using as data base the corresponding Atlas of the Basque Country (northern Spain). The four 10 × 10 km UTM squares (5% of the studio area, Fig. 1) with the highest bird conservation values, according to each of these methods were selected, and the species richness accumulated for all taxa in these four squares was recorded. Species richness was also recorded for 1000 random samples of four squares, to test whether the four areas with highest ornithological interest had actually more species than randomly selected ones. Results varied among taxa and with the selection method employed. Complementarity of bird species was the best of the three selection strategies: 77.3% of all species of each taxa were included on average in the four squares selected with this method, as compared to 73.7% with the *Rarity* criterion and 70.8% with the *Hotspots* criterion (Table 1). However, all methods performed significantly better than Monte Carlo simulations only for birds (Table 1). These results suggest that bird-based selection methods provide an effective framework for evaluating bird species richness, but they are not good indicators of the species richness of other taxa. The regional scale of this approach, the different ecological requirements of the various taxa examined and the non-overlapping distributions of the rarer and more extended species may be the main reasons that could explain this lack of association.

Key words: biodiversity indicators, complementarity, hotspots, rarity, northern Spain, species richness, reserve selection.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos básicos de la Biología de la Conservación es establecer prioridades sobre lugares concretos en los que desarrollar estrategias efectivas para la conservación de los recursos naturales (Blackstock *et al.*, 1996).

Por ello, se buscan criterios que permitan realizar sencilla y rápidamente la selección de dichos lugares. Algunos de estos criterios son: (1) selección de los llamados «puntos calientes» *hotspots*, lugares en los que la riqueza específica es máxima (Myers, 1988; Prendergast *et al.*, 1993); (2) selección de lugares de máxi-

* Departamento de Biología Animal I (Zoología de Vertebrados). Facultad de Biología, Universidad Complutense, E-28040 Madrid (Spain). e-mail: aramirez@eucmos.sim.ucm.es

ma rareza o de alta endemicidad, donde aparece un alto número de especies raras, endémicas o amenazadas (Bibby *et al.*, 1992); y (3) selección por complementariedad de áreas con una mayor riqueza acumulada de especies (Pressey *et al.*, 1993; Howard *et al.*, 1998).

Debido a la dificultad que entraña el estudio de todos los organismos que ocupan un área determinada, se suelen seleccionar ciertos grupos que pueden ser buenos indicadores de la riqueza del resto de taxones («especies paraguas»; Kerr, 1997) y cuya protección podría garantizar, por tanto, la de muchos otros organismos. Frecuentemente se han utilizado las aves como posibles indicadores (Lawton, 1996; Prendergast & Eversham, 1997; Williams & Gaston, 1998), debido a la gran cantidad de información disponible sobre su biología (taxonomía, distribución geográfica, requerimientos ecológicos, etc.) y a su relativa facilidad de estudio con respecto a otros grupos biológicos (Lawton, 1996). Por ello, a menudo se ha considerado a las aves como un modelo adecuado para describir los patrones de distribución de grupos menos conocidos (Bibby *et al.*, 1992; Lawton, 1996).

La mayoría de los trabajos que han estudiado la coincidencia en la distribución de la riqueza específica de distintos taxones (Murphy & Wilcox, 1986; Prendergast *et al.*, 1993; Curmutt *et al.*, 1994; Lawton, 1996; Dobson *et al.*, 1997; Prendergast & Eversham, 1997) coinciden en señalar que la escala geográfica determina en gran medida el grado de similitud de dicha riqueza. Al disminuir la escala de trabajo se produce un descenso en el grado de coincidencia entre grupos. Esto significa que la utilización de dichas «especies paraguas» como indicadores de la riqueza de otros taxones podría ser inadecuada a la hora de diseñar planes de conservación regionales o locales. Dado que esta es la escala a la que suele tener lugar la toma de decisiones sobre desarrollo y conservación (Reid, 1998) y que la protección a escala regional es un componente clave en la política conservacionista, resulta interesante examinar hasta qué punto se cumplen las premisas expuestas anteriormente.

En este trabajo se evalúa la utilidad de las aves como predictores de la distribución de la riqueza de otros grupos zoológicos en una región del norte de España, el País Vasco. Para ello se estudian seis grupos animales con re-

querimientos biológicos muy diversos (mariposas, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), ya que es más informativo estudiar grupos poco emparentados que comparar varios grupos de especies de un solo taxón (Stokland, 1997).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha trabajado con la información recopilada en los atlas del País Vasco de vertebrados terrestres y peces continentales (Álvarez *et al.*, 1985) y de lepidópteros (Gómez de Aizpúrua, 1977). Se ha contabilizado el número de especies de cada uno de los taxones estudiados por cuadrícula UTM de 10 × 10 km (146 especies de aves, 162 de mariposas, 21 de peces continentales, 15 de anfibios, 20 de reptiles y 46 de mamíferos en total; Fig. 1). Para evitar posibles sesgos en la riqueza de especies asociados a diferencias en el tamaño del área muestreada, se han excluido aquellas cuadrículas con más del 50% de su superficie ocupada por mar o situada fuera del País Vasco. De este modo, se han tenido en cuenta un total de 81 cuadrículas (80 en el caso de las mariposas y 79 en el de los peces debido a la existencia de cuadrículas no muestreadas).

Siguiendo los criterios más utilizados para la selección de áreas con valor conservacionista, se han empleado tres aproximaciones diferentes. En primer lugar se han seleccionado las cuadrículas con mayor riqueza de especies de aves (*hotspots*). En segundo lugar, se han seleccionado las cuadrículas con un mayor índice de rareza de aves (*IR*). Este índice informa sobre la amplitud de la distribución de las especies presentes en una cuadrícula. Se calculó por un procedimiento similar al empleado por Williams *et al.* (1996), de acuerdo con la expresión:

$$IR = \sum_{i=1}^n \frac{1}{c_i}$$

donde c_i es el número de cuadrículas ocupadas por la especie i y n es el número de especies presentes en la cuadrícula. Cuanto más restringida es el área de distribución de una especie, mayor es la contribución de ésta al valor final de *IR*. Por último, se utilizó un criterio de Complementariedad, definido como la combinación

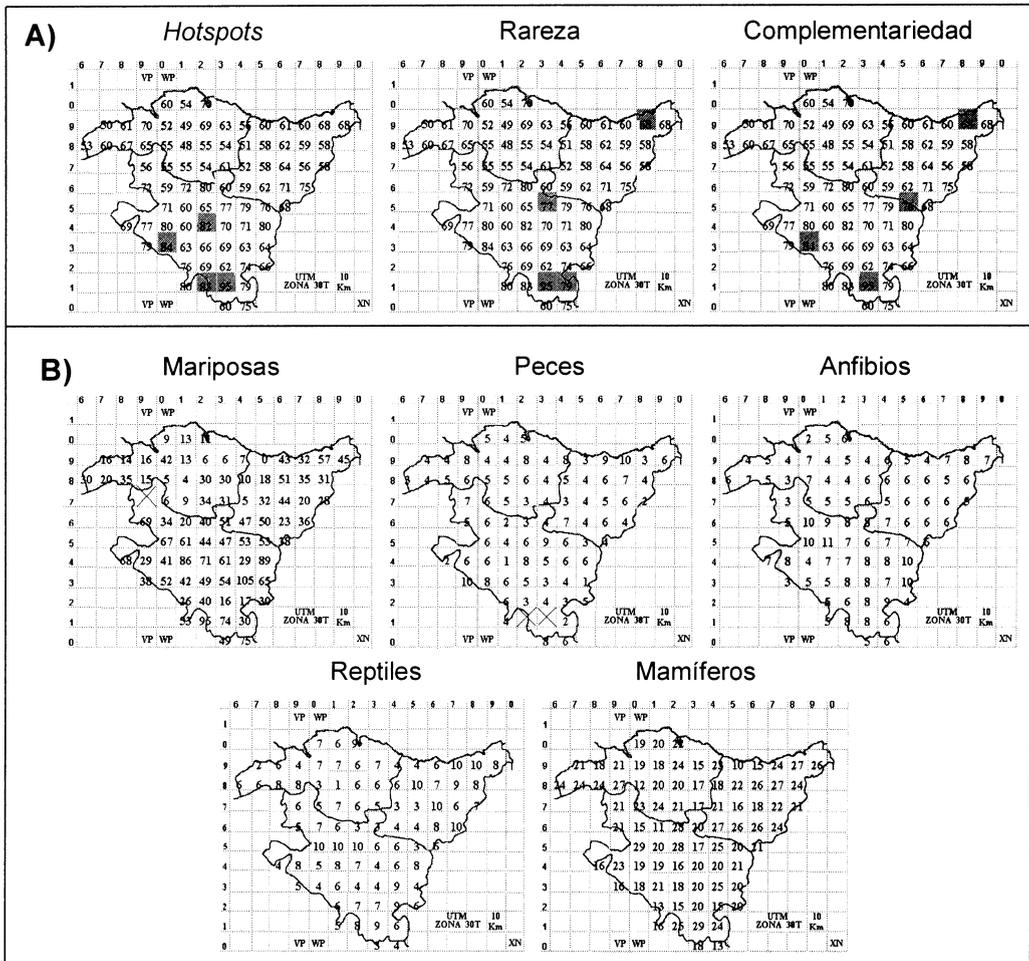


FIG. 1.—A) Número de especies de aves por cuadrícula UTM de 10 × 10 km en el País Vasco (Álvarez *et al.*, 1985). En gris se indican las cuadrículas seleccionadas mediante cada uno de los tres criterios basados en aves: Puntos calientes o Hotspots, Rareza y Complementariedad. B) Número de especies por cuadrícula del resto de taxones (mariposas, peces, anfibios, reptiles y mamíferos, según Gómez de Aizpúrua, 1977; Álvarez *et al.*, 1985).

[A] Bird species richness per 10 × 10 km UTM square in the Basque Country, northern Spain (Álvarez *et al.*, 1985). The squares selected by the three bird-based method of selection (Hotspots, Rarity and Complementarity (Complementariedad), are shaded. B) Species number per square of the other taxa considered in this study. Mariposas: Butterflies; peces: fishes; anfibios: amphibians; reptiles: reptiles and mamíferos: mammals.)]

de áreas que retiene la mayor riqueza de especies (Pressey *et al.*, 1993), en este caso de aves. Este es un procedimiento iterativo donde, en cada repetición, se selecciona aquella cuadrícula que incluye un mayor número de especies nuevas al conjunto ya existente (véase Williams *et al.*, 1996).

Cada uno de estos tres procedimientos se aplicó hasta obtener un 5% del total de cuadrículas del País Vasco (esto es, cuatro cuadrículas UTM de 10 × 10 km), en las que se cuantificó la riqueza acumulada de especies de cada uno de los taxones. Dicho porcentaje es un valor utilizado habitualmente como criterio de se-

lección de áreas, conveniente para comparar las aproximaciones analizadas tanto entre sí como con los resultados obtenidos por otros autores (Prendergast *et al.*, 1993; Williams *et al.*, 1996; Van Jaarsveld *et al.*, 1998).

Para evaluar la utilidad de estos métodos, se estimó la probabilidad (p) de que una combinación aleatoria de cuatro cuadrículas retuviera una riqueza igual o superior a la obtenida con cada uno de los criterios. Para ello se generaron 1.000 combinaciones de cuatro cuadrículas escogidas al azar mediante simulaciones de Monte-Carlo y se compararon los resultados con los obtenidos mediante los tres criterios analizados. La aleatorización permite generar distribuciones esperadas de la riqueza que pueden compararse estadísticamente con los patrones observados en la naturaleza y con los modelos biogeográficos analizados.

RESULTADOS

El conjunto de áreas seleccionado con cada uno de los métodos contrastados es diferente

(Fig. 1), aunque los tres coinciden en escoger en primer lugar la cuadrícula con mayor riqueza de especies de aves (con 95 especies, situada en el sur del País Vasco; Fig. 1). Con el método de los *hotspots* las cuatro cuadrículas escogidas se encuentran muy próximas geográficamente, mientras que la distancia entre ellas aumenta en el criterio de la rareza y es máximo con el de la complementariedad, donde las cuadrículas se hallan más repartidas por la zona de estudio.

La efectividad de los métodos analizados varía según el taxón y el criterio de selección elegido (Tabla 1). Para todos los grupos el método de la complementariedad proporciona los mejores resultados, ya que recoge una riqueza de especies que oscila entre el 61,9% (peces) y el 87,7% (aves). Con esta estrategia se conseguiría una representación media del 77,3% de todo el conjunto de especies sin distinguir taxones; frente al 73,7% con el criterio de la rareza y el 70,8% con el de los *hotspots*.

Por taxones los mejores resultados se obtienen con las aves. Los tres métodos de selección consiguen incluir más de un 80% de la riqueza específica de este grupo, con un máximo del

TABLA 1

Riqueza de especies de cada taxón presente en las cuatro cuadrículas con mayor interés conservacionista para las aves según los tres criterios contrastados (Puntos calientes o *Hotspots*, Rareza y Complementariedad). Se indica el total de especies en el País Vasco (n) y el porcentaje de ellas presentes en las cuatro cuadrículas seleccionadas mediante cada uno de los tres métodos (%). También se indica el porcentaje medio de especies obtenido en 1.000 combinaciones de cuatro cuadrículas seleccionadas al azar (ALEATORIO). p : probabilidad de que una combinación aleatoria de cuatro cuadrículas incluya una riqueza de especies igual o mayor que la obtenida mediante el correspondiente criterio basado en las aves. *: $p < 0,01$, tras realizar la corrección secuencial de Bonferroni (Rice, 1989).

[Comparison of three bird-based methods of selection of priority areas for conservation in the Basque Country, northern Spain. It is shown the total number of species of each taxon in the region (n) and the percentage of such species accumulated in the four squares selected according to each method (%). The mean percentage of species of each taxon in 1000 combinations of four randomly selected squares is also given (ALEATORIO). For each taxon, the p values indicate the probability of obtaining a random combination of squares that gathers as many species or more than those obtained with the corresponding bird-based method. * $p < 0.01$ after Bonferroni sequential correction (Rice, 1989).]

	«Puntos calientes» [Hotspots]			Rareza [Rarity]		Complementariedad [Complementarity]		Aleatorio [Random]
	n	%	p	%	p	%	p	media \pm s.d.
Aves [Birds]	146	81,5	0,008*	84,9	0,001*	87,7	< 0,001*	67,1 \pm 6,6
Mariposas [Butterflies]	162	69,1	0,051	66,0	0,105	71,0	0,034	50,1 \pm 12,1
Peces [Fishes]	21	52,4	0,282	57,1	0,162	61,9	0,080	43,7 \pm 10,8
Anfibios [Amphibians]	15	80,0	0,195	73,3	0,437	80,0	0,195	67,4 \pm 10,8
Reptiles [Reptiles]	20	70,0	0,219	85,0	0,030	85,0	0,030	61,1 \pm 10,0
Mamíferos [Mammals]	46	71,7	0,633	76,1	0,330	78,3	0,193	72,4 \pm 5,7

87,7% con el método de la complementariedad. El taxón peces sería el peor representado, pues sólo entre el 52,4% (*hotspots*) y el 61,9% (complementariedad) de las especies de este grupo estarían incluidas en los diferentes conjuntos de cuadrículas seleccionados. Solamente en el caso del taxón Aves la probabilidad de que una combinación aleatoria de cuadrículas iguale o supere la riqueza obtenida con uno de los tres métodos contrastados es suficientemente baja. En el resto de grupos (mariposas, peces, anfibios, reptiles y mamíferos), no se obtienen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos con los tres métodos y una selección aleatoria de cuadrículas.

DISCUSIÓN

La estrategia de la complementariedad de áreas parece ser la más efectiva de las tres aproximaciones empleadas, como ocurre también en estudios realizados a mayor escala (Pressey *et al.*, 1993; Williams *et al.*, 1996; Howard *et al.*, 1998; Reid, 1998). Mediante este método, en algo menos de un 5% del territorio del País Vasco se conseguiría representar más del 77% de todo el conjunto de especies del área de estudio sin distinguir taxones, llegando al 87,7% de las especies de aves. Además, debido al procedimiento de selección de áreas que utiliza este método (escogiendo la cuadrícula con el mayor número posible de especies ausentes en las áreas ya seleccionadas), parece que se aseguraría la protección de una mayor diversidad de ambientes, ya que se estarían seleccionando áreas lo más diferentes posibles. La mayor dispersión de las cuadrículas obtenidas con este método (Fig. 1) parece apuntar en este sentido.

Sin embargo, no todas las especies aparecen representadas en las áreas seleccionadas (por ejemplo, serían necesarias un mínimo de 15 cuadrículas para obtener una representación del 100% de las especies de aves). Esto es debido a que la distribución de los diferentes grupos y de las especies raras no suelen coincidir estrechamente con la distribución de las especies o taxones más extendidos (Prendergast *et al.*, 1993; Williams *et al.*, 1996). La identificación de estas especies raras es una tarea crucial debido a que su distribución restringida y/o el pequeño tamaño de sus poblaciones incrementa su ries-

go de extinción (Arita *et al.*, 1997). Por otro lado, muchas de ellas presentan una distribución agregada en áreas relativamente pequeñas o en hábitats restringidos, por lo que una alta proporción de dichas especies podría ser protegida en una pequeña porción de terreno (Dobson *et al.*, 1997).

Además de la escala de trabajo, las diferencias en los requerimientos biológicos de cada uno de los taxones estudiados podría ser otra de las causas de la falta de similitud observada en los patrones de distribución de la riqueza de especies entre taxones (Murphy & Wilcox, 1986; Thomas, 1994; Reid, 1998). Esto explicaría que el grupo que posee el hábitat más diferenciado, los peces, muestre las mayores diferencias con respecto a las aves.

Por lo tanto, en el contexto regional del área de estudio y con los métodos y escala empleados, parece que la utilidad de las aves como indicadores de la riqueza específica de otros taxones es variable según los grupos y el método de selección de áreas escogido (Prendergast *et al.*, 1993; Curnutt *et al.*, 1994; Williams *et al.*, 1996; Prendergast & Eversham, 1997; Dobson *et al.*, 1997). Los criterios de selección basados en aves permitirían obtener un conjunto de áreas que recogiese eficazmente la riqueza de especies de aves pero no así la riqueza del resto de taxones, por lo que no podemos afirmar que las aves sean un buen indicador de la riqueza de otros grupos biológicos. Sin embargo, la fácil aplicación de las técnicas utilizadas, en las que sólo se requiere una buena cartografía de la distribución de los organismos, debería apoyar su uso rutinario como punto de partida para el desarrollo de criterios de selección de áreas rigurosos que incluyan tipos de hábitat y su grado de exclusividad, tamaños poblacionales de las especies consideradas, etc. Estos métodos podrían permitir evaluaciones rigurosas *a priori* del valor conservacionista del territorio con costes reducidos.

AGRADECIMIENTOS.—La idea de este trabajo fue sugerida por los profesores T. Santos y E. de Juana, en el contexto de la asignatura de Zoogeografía que imparten en la Universidad Complutense de Madrid. También quiero expresar mi agradecimiento a R. A. Baquero, J. A. Díaz, J. Pérez Tris y J. L. Tellería por sus valiosos comentarios y sugerencias en las sucesivas versiones del manuscrito y a L. M. Carrascal, M. Díaz y un revisor anónimo que mejoraron sustancialmente el manuscrito original.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVARIZ, J., BEA, A., FAUS, J. M., CASTIÉN, E. & MENDIOLA, I. 1985. *Atlas de los vertebrados continentales de Álava, Vizcaya y Guipúzcoa*. Viceconsejería de Medio Ambiente (Gobierno Vasco). Bilbao.
- ARITA, H. T., FIGUEROA, F., FRISCH, A., RODRÍGUEZ, P. & SANTOS-DEL-PRADO, K. 1997. Geographical range size and the conservation of Mexican mammals. *Conservation Biology*, 11: 92-100.
- BIBBY, C. J., COLLAR, N. J., CROSBY, M. J., HEATH, M. F., IMBODEN, C., JOHNSON, T. H., LONG, A. J., STATTSFIELD, A. J. & THIRGOOD, S. J. 1992. *Putting Biodiversity on the Map: priority areas for global conservation*. International Council for Bird Preservation. Cambridge.
- BLACKSTOCK, T. H., STEVENS, D. P. & HOWE, E. A. 1996. Biological components of Sites of Special Scientific Interest in Wales. *Biodiversity and Conservation*, 5: 897-920.
- CURNUTT, J., LOCKWOOD, J., LUH, H.-K., NOTT, P. & RUSSELL, G. 1994. Hotspots and species diversity. *Nature*, 367: 326-327.
- DOBSON, A. P., RODRÍGUEZ, J. P., ROBERTS, W. M. & WILCOVE, D. S. 1997. Geographic distribution of endangered species in the United States. *Science*, 275: 550-553.
- GÓMEZ DE AIZPÚRUA, C. 1977. *Atlas provisional de los Lepidópteros del norte de España*. Diputación Foral de Álava. Vitoria.
- HOWARD, P. C., VISKANIC, P., DAVENPORT, T. R. B., KIGENYI, F. W., BALTZER, M., DICKINSON, C. J., LWANGA, J. S., MATTHEWS, R. A. & BALMFORD, A. 1998. Complementarity and the use of indicator groups for reserve selection in Uganda. *Nature*, 394: 472-475.
- KERR, J. T. 1997. Species richness, endemism, and the choice of areas for conservation. *Conservation Biology*, 11: 1094-1100.
- LAWTON, J. H. 1996. Population abundances, geographic ranges and conservation: 1994 Witherby Lecture. *Bird Study*, 43: 3-19.
- MURPHY, D. D. & WILCOX, B. A. 1986. Butterfly diversity in natural habitat fragments: a test of the validity of vertebrate-based management. En: J. Verner, M. L. Morrison & C. J. Ralph (Eds.): *Wildlife 2000. Modeling Habitats Relationships of Terrestrial Vertebrates*. pp. 287-292. The University of Wisconsin Press. Wisconsin.
- MYERS, N. 1988. Threatened biotas: «Hotspots» in tropical forests. *Environmentalist*, 10: 187-208.
- PRENDERGAST, J. R. & EVERSHAM, B. C. 1997. Species richness covariance in higher taxa: empirical tests of the biodiversity indicator concept. *Ecography*, 20: 210-216.
- PRENDERGAST, J. R., QUINN, M. R., LAWTON, J. H., EVERSHAM, B. C. & GIBBONS, D. W. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies. *Nature*, 365: 335-337.
- PRESSEY, R. L., HUMPHRIES, C. J., MARGULES, C. R., VANE-WRIGHT, R. I. & WILLIAMS, P. H. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution*, 8: 124-128.
- REID, W. V. 1998. Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology and Evolution*, 13: 275-280.
- RICE, W. R. 1989. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution*, 43: 223-225.
- STOKLAND, J. N. 1997. Representativeness and efficiency of bird and insect conservation in Norwegian boreal forest reserves. *Conservation Biology*, 11: 101-111.
- THOMAS, J. R. 1994. Why small cold-blooded insects pose different conservation problems to birds in modern landscapes. *Ibis*, 137: S112-S119.
- VAN JAARSVELD, A. S., FREITAG, S., CHOWN, S. L., MULLER, C., KOCH, S., HULL, H., BELLAMY, C., KRÜGER, M., ENDRÖDY-YANGA, S., MANSELL, M. W. & SCHOLTZ, C. H. 1998. Biodiversity assessment and conservation strategies. *Science*, 279: 2106-2108.
- WILLIAMS, P. H. & GASTON, K. J. 1998. Biodiversity indicators: graphical techniques, smoothing and searching for what makes relationships work. *Ecography*, 21: 551-560.
- WILLIAMS, P., GIBBONS, D., MARGULES, C., REBELO, A., HUMPHRIES, C. & PRESSEY, R. 1996. A comparison of richness hotspots, rarity hotspots, and complementary areas for conserving diversity of British birds. *Conservation Biology*, 10: 155-174.

[Recibido: 16-6-00]

[Aceptado: 13-7-00]