

SELECCIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LAS ESPECIES DE MARIPOSAS DIURNAS AMENAZADAS, ENDÉMICAS Y RARAS DE ASTURIAS (ESPAÑA) (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA Y HESPERIOIDEA)

H. Romo¹ & J. P. Velasco²

^{1,2} Departamento de Biología (Zoología). Universidad Autónoma de Madrid. ES-28049. Cantoblanco, Madrid.

¹ helena.romo@uam.es

Resumen: La red de espacios protegidos del Principado de Asturias alberga a la mayoría de las especies amenazadas, los endemismos ibéricos y las especies de mariposas diurnas raras (Papilionoidea, Hesperioidea) de este territorio. De las 35 especies consideradas, solamente una especie rara queda excluida de dicha red. Se comparó la eficacia de la red actual de espacios naturales protegidos con selecciones de áreas complementarias, puntos de máxima diversidad de riqueza y rareza y selecciones aleatorias. Considerando más efectiva la selección de áreas complementarias, se determinaron cuáles eran las áreas prioritarias teniendo en cuenta la presencia de las especies en una, dos o tres cuadrículas diferentes. En base a estos resultados se proponen al menos tres cuadrículas para complementar la actual red de espacios protegidos por su relevancia e interés lepidopterológico.

Palabras clave: Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperioidea, especies protegidas, análisis de huecos, complementariedad, espacios protegidos, Asturias, España.

Selection of priority areas for the endangered, endemic and rare butterfly species of Asturias (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea)

Abstract: The level of coverage provided by the network of protected areas in the Principado de Asturias hosts the majority of the endangered species, Iberian endemics and rare butterfly species (Papilionoidea, Hesperioidea). Only one rare species out of the 35 considered was excluded from this network. The effectiveness of the existing network of protected areas has also been compared with complementary areas, hotspots of richness and rarity, and random selections. Considering complementary areas as the most effective selection, priority areas were determined by examining the presence of each species in one, two or three different grid squares. Based on these results at least three squares are suggested to complement the existing network of protected areas due to their relevance and lepidopterological interest.

Key words: Lepidoptera, Papilionoidea, Hesperioidea, threatened species, gap analysis, complementarity, protected areas, Asturias, Spain.

Introducción

En el ámbito europeo, las mariposas pertenecen a uno de los grupos de invertebrados de los que mejor se conoce su biología y distribución (Kudrna, 2002; Tolman & Lewington, 2002; García-Barros *et al.*, 2004). El orden Lepidoptera se sitúa entre los cuatro primeros con mayor número de especies descritas (Gullan & Cranston, 2005). Sin embargo, estudios recientes indican un rápido decrecimiento de sus poblaciones (Van Swaay, 1990; Asher *et al.*, 2001; Konvicka *et al.*, 2006; Wilson *et al.*, 2007), debido en gran parte a la actividad humana, alteraciones del hábitat o al cambio climático (Warren *et al.*, 2001; Hill *et al.*, 2002; Pennisi, 2004; Thomas *et al.*, 2004; Conrad *et al.*, 2006).

De las 230 especies de mariposas diurnas que se pueden encontrar en la Península Ibérica (García-Barros *et al.*, 2004), existen algunas que denominaremos de “interés especial”, que son aquellas que se encuentran bajo alguna figura de protección o son mencionadas en libros rojos, aquellas que son endémicas del territorio ibérico o las que pueden considerarse raras en su área de distribución. Suele asumirse que estas especies se encuentran menos abundantemente distribuidas, y por tanto serían más vulnerables a sufrir procesos de extinción por pérdida de su hábitat (Myers, 1988; Myers *et al.*, 2000), requiriendo una especial atención.

Es por tanto prioritario una evaluación del estatus de conservación en que se encuentran estos insectos en las

diferentes regiones de la Península Ibérica. En general, los estudios de valoración de la idoneidad de la red de reservas existente se han basado en vertebrados (Araújo, 1999; De la Montaña & Rey Benayas, 2002; Carrascal & Lobo, 2003; Lobo & Araújo, 2003; Rey Benayas & De la Montaña, 2003; Araújo *et al.*, 2007; Estrada, 2008) o en las plantas vasculares (Araújo, 1999; Rodrigues *et al.*, 1999; Gómez-Campo, 2002; Moreno *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 2007). No ha sido hasta recientemente que se han tenido en cuenta a los invertebrados en estos estudios, como por ejemplo las mariposas diurnas, a nivel ibérico (Carrión & Munguira, 2001; Carrión & Munguira, 2002; Romo *et al.*, 2007) o regional (López-Pajarón *et al.*, 2008; De Arce-Crespo *et al.*, 2009; Velasco & Romo, 2010).

La Comunidad Autónoma del Principado de Asturias, situada en la costa septentrional de la Península Ibérica, presenta una ventaja para nuestro estudio ya que casi un tercio de su territorio está declarado Espacio Natural Protegido, y la idoneidad de estos espacios ha sido recientemente evaluada para las mariposas diurnas (Velasco & Romo, 2010). De las 145 especies de mariposas presentes en territorio asturiano (García-Barros *et al.*, 2004; Mortera, 2007), solamente la especie rara *Pyronia cecilia* (Vallantin, 1894) se encuentra fuera de la red de espacios protegidos (Velasco & Romo, 2010). Sin embargo, resultaría interesante saber si esta protección es marginal o realmente se encuentran mu-

chas representaciones de cada especie de interés en estos espacios protegidos, así como conocer las cuadrículas prioritarias que recogen la totalidad de estas especies de interés para fines conservacionistas. Por tanto este estudio complementa al anterior citado, partiendo de las selecciones que resultaron más adecuadas para la totalidad de las mariposas diurnas asturianas, y tratando de albergar un mayor número de poblaciones por especie en las propuestas.

En consecuencia, con el presente estudio se pretende 1) detectar las áreas con mayor número de especies de interés, 2) realizar selecciones de áreas que alberguen la totalidad de especies de interés de este territorio con el menor número de cuadrículas, 3) informar sobre qué áreas deberían considerarse para complementar la actual red de espacios protegidos para que se gestionen adecuadamente las especies protegidas, endémicas o raras.

Material y métodos

Área de estudio

El área de estudio comprende la comunidad autónoma del Principado de Asturias (Península Ibérica), de interés por su 30% de superficie protegida por la ley bajo las figuras de Parque Nacional, Parques Naturales, Reservas de la Biosfera, Reservas Naturales, Paisajes Protegidos y Monumentos Naturales (Gobierno del Principado de Asturias, 2006; Europarc-España, 2009).

Como unidad geográfica de referencia se utilizaron cuadrículas de 10 x 10 km del sistema de proyección de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*), considerando como áreas protegidas aquellas cuadrículas en las que al menos el 15% de su superficie terrestre estaba ocupada por alguna de las figuras de protección anteriormente mencionadas.

Grupo taxonómico

Se utilizó una versión actualizada de la base de datos compilada por García-Barros *et al.* (2004), completándose con los datos aportados por Mortera (2007) en el área de estudio considerada.

Del total de 145 especies de mariposas diurnas (de las superfamilias Papilionoidea y Hesperioidea) que se encuentran en territorio asturiano, se identificaron las especies amenazadas o protegidas tanto a nivel nacional como internacional, las especies endémicas de la Península Ibérica y las consideradas raras en el Principado de Asturias, obteniéndose un total de 11 mariposas diurnas amenazadas, cuatro endémicas y 30 raras (Tabla I).

Una especie se consideró amenazada si ha sido incluida en algún Libro Rojo (Europa: Van Swaay & Warren, 1999; España: Verdú & Galante, 2006; Principado de Asturias: Anadón *et al.*, 2007), en el Convenio de Berna (Anexo II), en la directiva de Hábitats (Directiva 92/43/CEE, Anexos II y IV), el convenio de CITES (Apéndice II), el Comité de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN, 2008), y el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990, de 30 de Marzo).

Se consideraron endémicas las especies recogidas como tal en Romo *et al.* (2007).

La rareza de especies se definió mediante un criterio arbitrario en el que se consideraron raras aquellas especies que estaban representadas como máximo en 10 cuadrículas UTM del territorio asturiano. La cantidad de cuadrículas seleccionada parece razonable, ya que es un número menor que el propuesto arbitrariamente por otros autores para superficies mayores (Usher [1986] señaló una especie como rara cuando ocupaba menos de 15 cuadrículas en las Islas Británicas, y Munguira [1989] cuando se encontraban en menos de 20 cuadrículas en la Península Ibérica)

La nomenclatura de las especies se corresponde con la de García-Barros *et al.* (2004) que sigue la utilizada por Vives Moreno (1994).

Selección de áreas prioritarias

Partiendo del conocimiento de la exclusión de una especie rara en territorio asturiano de la red de espacios protegidos (Velasco & Romo, 2010), se realizaron selecciones de áreas complementarias basadas en rareza para la detección de áreas prioritarias para las especies de interés, por ser una de las selecciones más eficaces según diversos autores (Csuti *et al.*, 1997; Velasco & Romo, 2010).

A modo comparativo se realizaron selecciones basadas en puntos de máxima diversidad (*hotspots*) ya que la mayoría de las especies asturianas se concentran a lo largo de la cordillera cantábrica (Mortera, 2007; Velasco & Romo, 2010), y se comprobó si eran mejores que una selección aleatoria, utilizando el programa WORLDMAP (Williams, 1997). Las selecciones basadas en *hotspots* y las selecciones aleatorias se realizaron utilizando el mismo número de cuadrículas que las obtenidas mediante la selección complementaria basada en rareza en cada caso, para una posterior comparación de los resultados obtenidos.

La selección de áreas complementarias basada en rareza se realizó con la opción automática *Near minimum set of areas* (NMS), basada en el algoritmo de rareza progresivo introducido por Margules *et al.* (1988). Este algoritmo incluye los principios de flexibilidad e irreemplazabilidad, por lo que se pueden obtener diferentes selecciones representando todas ellas la totalidad de las especies, donde se puedan encontrar cuadrículas alternativas y cuadrículas irreemplazables. Más detalles de esta metodología en Velasco & Romo (2010).

Los puntos de máxima diversidad se seleccionaron de acuerdo a dos criterios, riqueza y rareza, según el programa eligiese primero la cuadrícula con mayor número de especies o mayor número de especies raras respectivamente, seleccionando posterior y sucesivamente aquellas cuadrículas que posean mayor diversidad de especies, o mayor número de especies raras.

Por último, se comprobó la eficacia de las selecciones propuestas comparándolas con una selección de áreas obtenida al azar (10 repeticiones de 1000 replicas cada una).

Debido a que proteger solamente una población de cada especie no garantiza su viabilidad a largo plazo (Primack & Ros, 2002), la selección de áreas complementarias basada en rareza se repitió, considerando la representación de cada especie, una, dos y tres veces, realizando un *gap analysis* (o análisis de huecos) en cada caso para comprobar la efectividad de la red de espacios protegidos en las especies de interés.

Tabla I. Lista de las especies consideradas como amenazadas (LRI, PA, ERDB, CB, DH, UICN), endémicas (E) y raras (R) en este trabajo. Se muestran las especies consideradas amenazadas según el Libro Rojo de los Invertebrados de España (LRI), el libro rojo de la fauna del Principado de Asturias (PA), las categorías SPEC del European Red Data Book (ERDB; SPEC 3. Especies amenazadas en Europa, cuyas poblaciones no se encuentran mayoritariamente en este continente; SPEC 4a. Especies cuya distribución se encuentra restringida a Europa pero no se encuentran amenazadas), las mariposas protegidas en los anexos II y IV del Convenio de Berna (CB) y la Directiva de Hábitats (DH), y las incluidas en las diferentes categorías de la UICN (2008). VU: vulnerable; NT: casi amenazada; LC: preocupación menor; EN: en peligro. *Parnassius apollo* además se encuentra dentro del convenio de CITES y *Maculinea nausithous* dentro del Catálogo Nacional de Especies Amenazadas de España como vulnerable. Los endemismos aparecen representados con una cruz (X). Se muestra el número de cuadrículas de 10 km de lado en las que se encuentran las especies consideradas raras.

Especie	LRI	PA	ERDB	CB	DH	UICN	E	R
<i>Agriades pyrenaicus</i> (Boisduval, 1840)	-	-	SPEC 4a	-	-	-	X	10
<i>Apatura ilia</i> (Denis y Schiffermüller, 1775)	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Argynnis niobe</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Aricia eumedon</i> (Esper, [1780])	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Aricia morronensis</i> Ribbe, 1910	-	-	SPEC 4a	-	-	-	X	6
<i>Boloria eunomia</i> (Esper, 1799)	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Carcharodus flocciferus</i> Zeller, 1847	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Cupido osiris</i> (Meigen, 1829)	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Erebia gorge</i> (Hübner, [1805])	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Erebia lefebvrei</i> (Boisduval, 1828)	-	-	SPEC 4a	-	-	-	X	-
<i>Erebia manto</i> (Denis y Schiffermüller, 1775)	-	-	SPEC 4a	-	-	-	-	1
<i>Erebia neoridas</i> (Boisduval, 1828)	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Erebia palarica</i> Chapman, 1903	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Erebia pronoe</i> (Esper, [1780])	-	-	SPEC 4a	-	-	-	-	2
<i>Euphydryas aurinia</i> (Rottemburg, 1775)	-	LC	SPEC 3 VU	II	II	-	-	-
<i>Hyponephele lycaon</i> (Khün, 1774)	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Limenitis reducta</i> (Staudinger, 1901)	-	-	-	-	-	-	-	7
<i>Lopinga achine</i> (Scopoli, 1763)	VU	EN	SPEC 3 VU	II	-	-	-	6
<i>Maculinea alcon</i> (Denis y Schiffermüller, 1775)	-	-	SPEC 3 VU	-	-	NT	-	-
<i>Maculinea arion</i> (Linnaeus, 1758)	-	VU	SPEC 3 EN	II	-	NT	-	9
<i>Maculinea nausithous</i> (Bergsträsser, [1779])	VU	EN	SPEC 3 VU	II	II, IV	NT	-	1
<i>Melanargia lachesis</i> (Hübner, 1790)	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Melanargia russiae</i> (Esper, 1783)	-	-	-	-	-	-	-	9
<i>Melitaea trivia</i> (Denis y Schiffermüller, 1775)	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Minois dryas</i> (Scopoli, 1763)	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Parnassius apollo</i> (Linnaeus, 1758)	LC	LC	SPEC 3 VU	II	-	VU	-	-
<i>Polyommatus escheri</i> (Hübner, [1823])	-	-	-	-	-	-	-	6
<i>Pyrgus fritillarius</i> (Poda, 1761)	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Pyronia bathseba</i> (Fabricius, 1793)	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Pyronia cecilia</i> (Vallantin, 1894)	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Satyrium acaciae</i> (Fabricius, 1787)	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Satyrium ilicis</i> (Esper, 1779)	-	-	-	-	-	-	-	8
<i>Satyrium w-album</i> (Knoch, 1782)	-	-	-	-	-	-	-	10
<i>Satyrus actaea</i> (Esper, 1780)	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Thecla betulae</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	-	-	-	-	9

Tabla II. Selección de cuadrículas prioritarias para la conservación de mariposas amenazadas, endémicas y raras, utilizando la selección de áreas complementarias basada en rareza (NMS). Se muestran: localidades cercanas incluidas dentro de la cuadrícula y cuadrículas UTM de 10 km de lado según el orden de selección, el número de especies citadas en esa cuadrícula (EC), el número de especies nuevas que se añaden en la selección (EA), el número de especies acumuladas (ET), el porcentaje de riqueza acumulada (% R), su presencia (sí) o ausencia (no) en la red de espacios naturales protegidos (ENP) y si estas áreas son reemplazables (sí) o no (no) por otras cuadrículas (AR).

Especies	Paso	UTM10X10	Localidad	EC	EA	ET	% R	ENP	AR
Amenazadas	1	30TUN58	Sotres, Picos de Europa	6	6	6	54,55	Sí	No
	2	30TUN48	Collado del Burro	4	2	8	72,73	Sí	No
	3	30TUN17	Puerto de Tarna	3	1	9	81,82	Sí	No
	4	29TQH49	Proaza	2	1	10	90,91	No	Sí
	5	30TTP73	Candas	1	1	11	100,00	Sí	Sí
Endémicas	1	29TQH37	Torrestio, Lagos de Somiedo	3	3	3	75,00	Sí	Sí
	2	30TUN48	Collado del Burro	2	1	4	100,00	Sí	Sí
Raras	1	30TUN58	Sotres, Picos de Europa	5	5	5	16,67	Sí	No
	2	30TUN17	Puerto de Tarna	4	4	9	30,00	Sí	No
	3	30TTN76	Puerto de Pajares	8	8	17	56,67	Sí	No
	4	29TQH37	Torrestio, Lagos de Somiedo	6	3	20	66,67	Sí	Sí
	5	30TUN38	Valle del Dobra	6	3	23	76,67	Sí	Sí
	6	30TUN29	Tornín	6	3	26	86,67	Sí	Sí
	7	29TPH76	Ibias	2	2	28	93,33	No	Sí
	8	29TQJ31	Corias, Pravia	3	2	30	100,00	No	Sí

Tabla III. Selección de cuadrículas prioritarias para la conservación de mariposas según puntos de máxima diversidad de riqueza y rareza para las especies de mariposas diurnas amenazadas. Se muestran: localidades cercanas incluidas dentro de la cuadrícula y cuadrículas UTM de 10 km de lado según el orden de selección, el número de especies citadas en esa cuadrícula (EC), el número de especies nuevas que se añaden en la selección (EA), el número de especies acumuladas (ET), el porcentaje de riqueza acumulada (% R) y su presencia (sí) o ausencia (no) en la red de espacios naturales protegidos (ENP).

Criterio	Paso	UTM10X10	Localidad	EC	EA	ET	% R	ENP
Hotspots de riqueza	1	30TUN58	Sotres, Picos de Europa	6	6	6	54,55	Sí
	2	30TUN39	Covadonga	5	2	8	72,73	Sí
	3	30TTN66	Puerto de la Cubilla, Lena	5	1	9	81,82	Sí
	4	30TUN27	La Uña- Puerto de Ventaniella	4	0	9	81,82	Sí
	5	29TQH37	Torrestio, Lagos de Somiedo	4	1	10	90,91	Sí
Hotspots de rareza	1	30TUN58	Sotres, Picos de Europa	6	6	6	54,55	Sí
	2	30TUN17	Puerto de Tarna	3	1	7	63,64	Sí
	3	30TUN38	Valle del Dobra	4	1	8	72,73	Sí
	4	30TUN48	Collado del Burro	4	1	9	81,82	Sí
	5	30TUN39	Covadonga	5	1	10	90,91	Sí

Tabla IV. Comparación de la representación (en porcentaje) de las especies de mariposas diurnas amenazadas, endémicas o raras de acuerdo a las diferentes metodologías aplicadas (ver texto). Se muestra el número de cuadrículas UTM consideradas de 10 km de lado, el número de especies que reúnen y el porcentaje de riqueza acumulada (%R). Se consideraron los espacios naturales protegidos que abarcaran al menos el 15% de la superficie terrestre de la cuadrícula (ENP (> 15%)). El asterisco (*) indica la media \pm la desviación estándar.

Especies	Selecciones	Nº de cuadrículas UTM	Especies	% R
Amenazadas	NMS	5	11	100,00
	Hotspots riqueza	5	10	90,91
	Hotspots rareza	5	10	90,91
	Al azar*	5	4,22 \pm 0,6	38,37 \pm 0,6
	ENP (> 15%)	43	11	100,00
Endémicas	NMS	2	4	100,00
	Hotspots riqueza	2	4	100,00
	Hotspots rareza	2	4	100,00
	Al azar*	2	2,18 \pm 0,03	44,29 \pm 0,9
	ENP (> 15%)	43	4	100,00
Raras	NMS	8	30	100,00
	Hotspots riqueza	8	24	80,00
	Hotspots rareza	8	28	93,33
	Al azar*	8	15,8 \pm 0,09	36,26 \pm 0,3
	ENP (> 15%)	43	29	96,67

Resultados

Riqueza de especies amenazadas, endémicas de la Península Ibérica y raras

La máxima riqueza de especies amenazadas se detectó en la cuadrícula 30TUN58 (seis especies, 54,55% del total de especies amenazadas; Fig. 1 A). En el caso de las especies endémicas, la máxima riqueza se encontró en las cuadrículas 29TQH37, 29TQH36 y 30TTN66 (con tres especies cada una, 75%; Fig. 1 B), y en la cuadrícula 29TQH26 (nueve especies, 30%; Fig. 1 C) en el caso de las especies raras. El mayor número de especies se observa a lo largo de la Cordillera Cantábrica, principalmente en la zona este y central de la cordillera, disminuyendo el número de especies cuanto más lejos de la Cordillera Cantábrica y más cerca de las áreas costeras.

Selección de áreas complementarias basada en rareza (NMS)

Se seleccionó un mínimo conjunto de áreas que representara toda la riqueza de especies amenazadas, endémicas y raras en territorio asturiano (Fig. 2, Tabla II).

Las once especies de mariposas amenazadas se encontraron representadas al menos una vez con cinco cuadrículas (Fig. 2 A). Las tres primeras áreas seleccionadas situadas en la zona este de la Cordillera Cantábrica son irremplazables (Fig. 3). Las dos áreas restantes se sitúan en la zona central y en el norte de la comunidad, presentando varias cuadrículas alternativas (Fig. 3).

Para representar una sola vez a las cuatro especies de mariposas endémicas de la Península Ibérica sólo fueron necesarias dos áreas (Fig. 2 B) reemplazables. Debido al escaso número de especies endémicas y que se encuentran distribuidas a lo largo de toda la Cordillera Cantábrica, pueden existir varias combinaciones de áreas posibles, siendo las dos aquí presentadas las que exhibieron una menor frecuencia de aparición de especies raras con el menor número de empates.

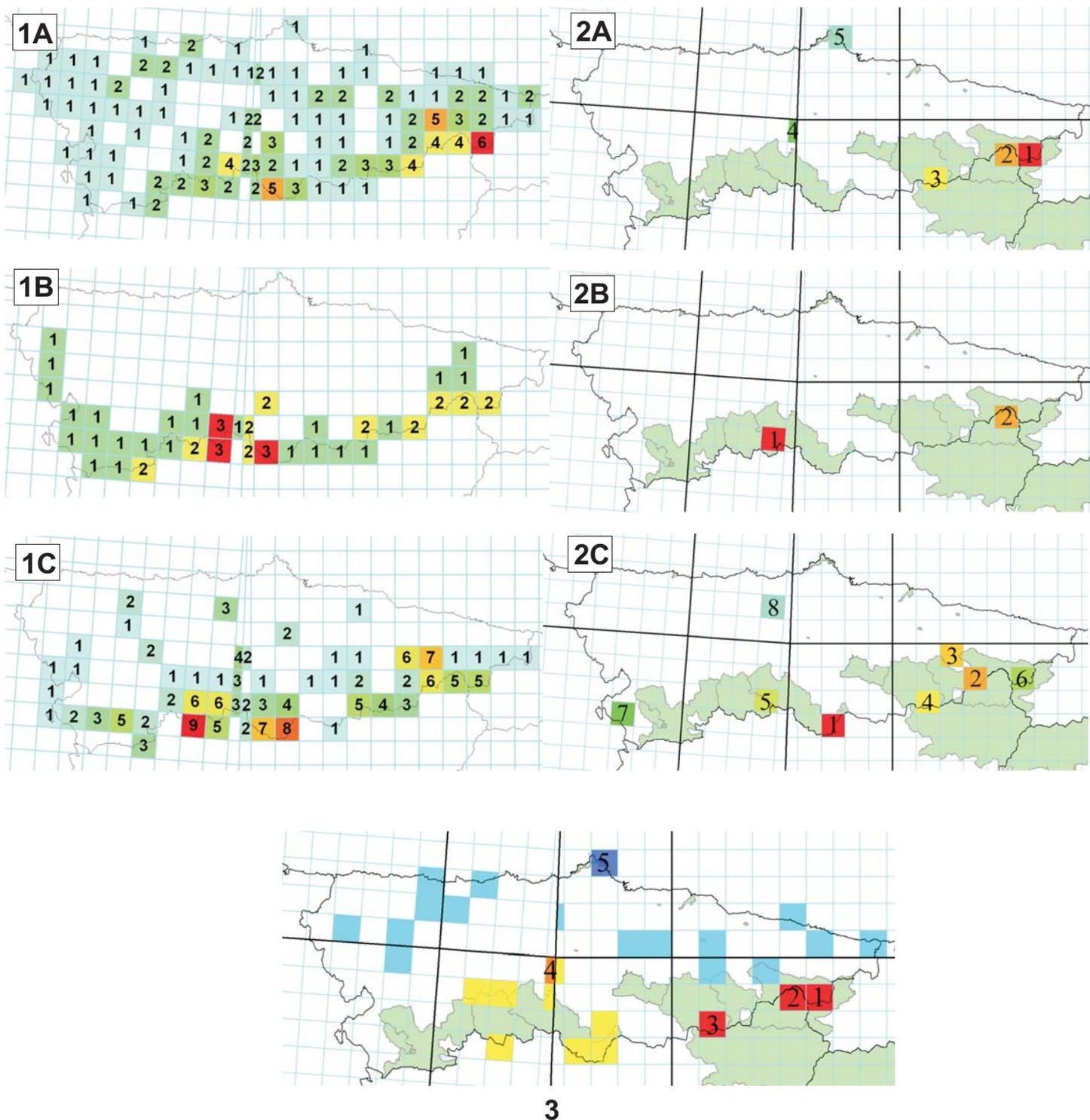
Para incluir a las 30 especies raras una sola vez, se hicieron necesarias ocho cuadrículas (Fig. 2 C), siendo las tres primeras áreas irremplazables.

Selección de áreas basada en hotspots

Las selecciones para las especies amenazadas basadas en hotspots tanto de riqueza como de rareza coincidieron en la selección de las cuadrículas 30TUN58 y 30TUN39 (Tabla III). Salvo en el caso de los hotspots determinados con las especies endémicas de la Península Ibérica, no se consiguió representar el 100% de las especies con esta metodología (Tabla IV).

En el caso de los endemismos dos cuadrículas fueron suficientes para representar la totalidad de estas especies, aunque una de ellas difería según el criterio de riqueza (30TUN48) o rareza (30TTN66) considerado.

Los hotspots realizados con especies raras, presentaron dos cuadrículas que diferían según se considerase el criterio



de riqueza (30TUN39 y 29TQH27) o rareza (30TU N29 y 29TQH37) intercambiándose según el caso por la cuadrícula adyacente.

Selecciones de áreas aleatorias

Las selecciones propuestas en ningún caso fueron peores que una selección de cuadrículas realizada al azar (Tabla IV). En el mejor de los casos las selecciones aleatorias lograban representar el 44% de las especies consideradas, frente al 80%-100% de las otras selecciones.

Comparación de metodologías

En todos los casos, las selecciones de áreas complementarias permitieron representar el 100% de las especies de mariposas con el mínimo número cuadrículas (considerando a cada especie una vez), siendo más eficientes que las selecciones basadas en *hotspots* de riqueza, *hotspots* de rareza, y que las selecciones aleatorias (Tabla IV).

Selecciones realizadas representando cada especie dos o tres veces

Al realizar la selección de áreas complementaria de forma que cada especie se encontrase representada dos veces, se necesitaron ocho cuadrículas para la representación de todas las especies amenazadas, siendo las tres primeras cuadrículas irremplazables. Sólo una cuadrícula (29TPJ92) no presentó más del 15% de su superficie bajo alguna figura de protección de la red de espacios naturales protegidos. Al considerar la representación de cada especie tres veces, se hicieron necesarias 12 cuadrículas (siendo las mismas tres primeras irremplazables), de las cuales cinco no se encontraban dentro de la red de espacios naturales protegidos (29TPJ92, 29TQH49, 29TQJ12, 30TTN59, 30TTN68).

Para la representación de las especies endémicas de la Península Ibérica dos veces sólo fueron necesarias cuatro áreas, que se encuentran dentro de la red de espacios naturales protegidos. Al considerar la representación de cada especie tres veces, se necesitaron siete cuadrículas, de las cuales dos no se encontraban dentro de la red de espacios naturales protegidos (29TPJ60 y 30TTN68).

Para la representación de las 30 especies raras dos veces se necesitaron 18 cuadrículas, siendo las ocho primeras irremplazables. Ocho de las 18 cuadrículas (cuadrículas 29TPH76, 29TPH79, 29TPJ90, 29TPJ91, 29TQH09, 29TQJ31, 30TUN79, 30TTN99) no se encontraban dentro de la red de espacios naturales protegidos. Al considerar la representación de cada especie tres veces, se necesitaron 26 cuadrículas, siendo las 21 primeras irremplazables. En este caso ocho cuadrículas se encontraban fuera de la red de espacios naturales protegidos (las anteriores excepto la 30TUN79 que se sustituye por la cuadrícula 29TPH67).

Propuesta de conservación

Todas las especies de mariposas diurnas consideradas a excepción de la especie rara *Pyronia cecilia*, han sido citadas de un área que se encuentra dentro de la red de espacios protegidos. Esta especie se añade a la selección en la cuadrícula 29TPH76.

El criterio mínimo a considerar sería la protección de las áreas prioritarias seleccionadas por contener las especies de interés representadas al menos una vez, proponiendo de este modo una posible ampliación de la red de espacios

protegidos actualmente existente en tres cuadrículas: 29TPH76, 29TQH49 y 29TQJ31 (Fig. 4).

Para garantizar al menos la presencia de las especies en dos o tres lugares diferentes deberían considerarse 15 cuadrículas (Fig. 4).

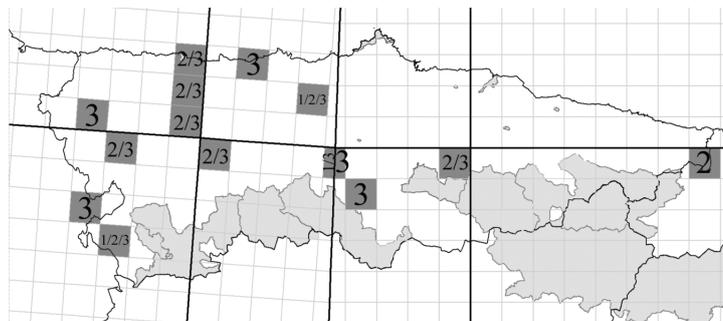
Discusión

A pesar de sus poco más de 10.000 km² de superficie el Principado de Asturias cuenta con una gran diversidad de especies de mariposas diurnas. Por ejemplo, Picos de Europa está considerado como un área principal de mariposas en Europa (*Prime Butterfly Area*, PBA, Van Swaay & Warren, 2003; 2006) debido a su alta riqueza en especies amenazadas y endémicas. Descubrir cuáles son los puntos de máxima diversidad de una región es fundamental a la hora de elaborar proyectos de conservación. Estos puntos deberán representar tanto la rareza como la riqueza de especies, y el grado de amenaza de las mismas (Rey Benayas, 2009). Si bien es cierto que las especies de interés son menos del 25% de las especies presentes en Asturias, suelen ser especies que llaman más la atención de los recolectores o pueden presentar más problemas para lograr su supervivencia, y de ahí su interés en este estudio. Además comparativamente, se encuentra un alto porcentaje de estas especies en territorio asturiano, por ejemplo cabe destacar la presencia de cuatro endemismos en territorio asturiano de los 15 existentes en toda la península (García-Barros *et al.*, 2000).

Las cuadrículas que presentan mayor diversidad de especies de interés son la cuadrícula 30TUN58 (dentro del Parque Nacional de los Picos de Europa) por presentar la máxima riqueza de especies amenazadas, albergando seis especies de las 11 presentes en Asturias. Esta cuadrícula coincide con una de las dos cuadrículas más ricas en especies del territorio asturiano (Velasco & Romo, 2010). Otra cuadrícula de gran diversidad es la 29TQH26 presentando nueve especies raras, o las tres cuadrículas que albergan tres de los cuatro endemismos ibéricos presentes en Asturias (29TQH37, 29TQH36 y 30TTN66). Las áreas de mayor número de especies se detectaron en la Cordillera Cantábrica, probablemente debido en parte a la presencia de un mayor número de niveles bioclimáticos en las zonas montañosas (Lobo *et al.*, 2001; González, 2006), o a una menor destrucción y degradación del hábitat debido a la dificultad que presenta para su explotación por parte del ser humano (Lobo *et al.*, 2001). Se observa por tanto en las especies de interés un patrón similar al obtenido por Velasco & Romo (2010), con un mayor número de especies a lo largo de la Cordillera Cantábrica, disminuyendo éste hacia las zonas costeras.

Por otra parte, Asturias cuenta con una gran parte de su territorio con presencia de espacios naturales protegidos. La mayoría de estos espacios se encuentran en zonas montañosas debido a que se crearon para proteger algunas especies llamativas que las habitaban (y se intenta actúen como “especies paraguas”, Castaño-Villa, 2006). El hecho de que la mayor diversidad de especies de mariposas diurnas se concentre en áreas montañosas (Romo *et al.*, 2007) ha favorecido a estas especies, en especial a las especies amenazadas, endémicas o raras. En el caso de las dos primeras, todas las especies se encuentran dentro de la red de espacios protegidos cuando se considera una representación de cada especie.

Fig. 4. Propuesta de conservación de las cuadrículas prioritarias para las especies de mariposas diurnas amenazadas, endémicas y raras del Principado de Asturias que se encuentran fuera de la actual red de espacios protegidos. Los números hacen referencia al número de representaciones de cada especie considerado (1: una vez, 2: dos veces, 3: tres veces), pudiendo coincidir en algunas cuadrículas varios de estos criterios.



Entre las raras, solamente una especie no se encuentra representada en la red. Esta especie (*Pyronia cecilia*) es rara en Asturias porque se encuentra en el límite septentrional de su distribución, sin embargo es relativamente abundante en la Península Ibérica (García-Barros *et al.*, 2004). Este hecho nos hace pensar que aunque el criterio de rareza se ha utilizado en ocasiones a la hora de elaborar listados con fines conservacionistas, habría que analizar si es prioritaria su conservación en una región por ser rara en general en esa región y territorios adyacentes, o si simplemente posee poblaciones marginales localmente distantes de su abundante distribución principal.

Si bien no parece éste el caso, en varias ocasiones se ha observado una baja idoneidad por parte de la red de espacios naturales protegidos para el grupo taxonómico observado (p. ej. Castro *et al.*, 1996; Araujo, 1999; Rodrigues *et al.*, 1999; De la Montaña & Rey Benayas, 2002). En estos casos, a fin de complementar las carencias de la red, se ha empleado como metodología la selección de áreas prioritarias para los diversos grupos taxonómicos y su posterior comparación con esta red (Castro *et al.*, 1996; Martínez *et al.*, 2001; Carrión & Munguira, 2002; Cerrillo *et al.*, 2002; Filipe *et al.*, 2004; Razola *et al.*, 2006; Rey Benayas *et al.*, 2006; Araujo *et al.*, 2007; Romo *et al.*, 2007). De este modo, cuando se consideraron una y/o dos representaciones, las especies amenazadas y endémicas mostraron la mayoría de cuadrículas prioritarias dentro de la red de espacios protegidos (no así las especies raras), pero al considerar tres representaciones el número de cuadrículas fuera de la red de espacios protegidos aumenta en todos los casos.

Asumiendo que la persistencia de una especie en una cuadrícula de 10 km de lado garantiza su conservación en el Principado de Asturias, el mínimo número de sitios imprescindibles en el que todas las especies se encontrarían representadas, sería cinco cuadrículas en el caso de las especies amenazadas, dos cuadrículas en el caso de las especies endémicas y ocho cuadrículas en el caso de las especies raras (una cuadrícula menos que las necesarias para proteger a las 145 especies de mariposas diurnas presentes en Asturias (Velasco & Romo, 2010). Es un número reducido (3,5%, 1,4% y 5,6% del total de cuadrículas del área de estudio, respectivamente), lo que le permite ser factible a la hora de una propuesta de conservación, debido a su menor coste al no necesitar proteger muchas áreas. De hecho un 72,7% de estas cuadrículas se encuentra actualmente dentro de la red de espacios protegidos.

Aún cuando se aumente el número de cuadrículas en las que deba estar presente la especie para realizar las selecciones, el porcentaje de cuadrículas con respecto al área de estudio no es excesivamente elevado, 5,6%, 2,8%, 12,6% para dos representaciones para las especies amenazadas, endémicas y raras respectivamente, y 8,4%, 4,9% y 18,2% para tres

representaciones respectivamente. Esto se debe a la concentración de la mayor parte de las cuadrículas prioritarias seleccionadas para las especies de mariposas de interés a lo largo de la Cordillera Cantábrica. Esta distribución a lo largo de cadenas montañosas difiere de la encontrada para las especies amenazadas de otros grupos taxonómicos en la Península Ibérica, donde las especies amenazadas se concentran en zonas costeras (como en el caso de los anfibios y reptiles, Rey Benayas & de la Montaña, 2003; Razola *et al.*, 2006), o concentradas en el centro de la Península, no siendo abundantes en zonas montañosas (como las aves y mamíferos, Rey Benayas & de la Montaña, 2003). Por otra parte, ya es conocido que las especies endémicas de mariposas se concentran en zonas montañosas (Balleto, 1995; Martín *et al.*, 2000; García-Barros, 2003). Por último, las cuadrículas prioritarias para las especies raras siguen un patrón similar al de otros grupos zoológicos (anfibios, reptiles y mamíferos, Rey Benayas & de la Montaña, 2003) que se concentran principalmente en la mitad septentrional de la Península, localizándose también a lo largo de la Cordillera Cantábrica.

Los resultados muestran diferencias en cuanto a la eficacia de las diferentes metodologías. Las selecciones aleatorias albergaron en todos los casos los más bajos porcentajes de especies consideradas, no llegando en ningún caso ni siquiera al 50% de las especies. La red de espacios actual alberga una mayor cantidad de especies de interés que una selección cualquiera al azar, eso sí, considerando 43 cuadrículas UTM de 10 km de lado. Con un menor número de cuadrículas, de dos a ocho, se consiguen selecciones más eficaces, con el 100% de las especies consideradas representadas. Las selecciones basadas en *hotspots* recogen un porcentaje bastante alto de las especies, pero a pesar de que cabría pensar que por presentar la mayoría de sus cuadrículas en la Cordillera Cantábrica los resultados serían similares a las selecciones complementarias, sólo albergan al 100% de las especies en el caso de las especies endémicas. En definitiva, como se había demostrado anteriormente, las selecciones más eficaces son las que utilizan algoritmos que tengan en cuenta el criterio de complementariedad (Pressey *et al.*, 1996; Csuti *et al.*, 1997), de acuerdo con los resultados obtenidos por otros autores como Castro *et al.* (1996), Araujo (1999), Lobo & Araujo (2003), Romo *et al.* (2007) y Velasco & Romo (2010). Además, en caso de que las cuadrículas propuestas no puedan protegerse efectivamente, es posible buscar áreas alternativas que no disminuyan la representación de las especies.

Dentro de estas selecciones de áreas son de especial interés las cuadrículas 29TPH76, 29TQH49 y 29TQJ31, ya que con ellas se conseguiría albergar al menos a una población de cada especie amenazada, endémica o considerada rara en territorio asturiano, y son cuadrículas que añaden las especies de interés menos representadas en Asturias. Las cuadrículas 29TPH76 y 29TQJ31 aparecen en todas las selecciones, con

una, dos o tres representaciones diferentes de las especies. Además estas cuadrículas presentan gran interés por su riqueza lepidopterológica, albergando de 50 a 76 especies de mariposas diurnas cada una (Velasco & Romo, 2010), y no se encuentran en la actual red de espacios protegidos, con lo que se consideran las principales candidatas para una propuesta de ampliación de la red.

Por otra parte, dentro de las cuadrículas que actualmente se encuentran dentro de la red de espacios protegidos, también hay cuadrículas seleccionadas interesantes. La cuadrícula 30TUN58 es una de las que presenta mayor diversidad y ha sido elegida en todas las selecciones realizadas para una población excepto en el caso de las especies endémicas. La cuadrícula 30TUN48 es también interesante ya que presenta los endemismos *Aricia morronensis* Ribbe, 1910 y *Agrides pyrenaicus* (Boisduval, 1840) y las especies amenazadas *Lopinga achine* (Scopoli, 1763) y *Parnassius apollo* (Linnaeus, 1758). Esta cuadrícula resulta seleccionada para las especies raras y amenazadas con el análisis de áreas complementarias, y en algunos casos considerando los puntos de máxima diversidad. En definitiva, no se trata solamente de proponer nuevas áreas para complementar la red de espacios protegidos, sino que se deberá velar además por la seguridad de los sitios actualmente conservados y evitar en la medida de lo posible la destrucción o degradación de áreas ya protegidas (Pyle *et al.*, 1981).

En muchas ocasiones el principal problema para designar áreas a conservar es la necesidad de ajustarse a un presupuesto limitado pero a la vez intentando proteger la mayor diversidad de especies posible, relacionado con lo que se denomina “problema Arca de Noé” (Weitzman, 1998). No sólo hay que tener en cuenta qué especies son más interesantes proteger, sino qué número de ellas sería suficiente. Para comprobar hasta qué punto la red de espacios protegidos estaría dando cobertura de forma más o menos factible a las especies de interés, se han considerado varias representaciones en diferentes cuadrículas por especie. De este modo, con una representación se propone la ampliación de la red de espacios protegidos en tres cuadrículas (2,1% del área total considerado), con dos representaciones en nueve cuadrículas (6,3%), o en 13 cuadrículas (8,9%) si se consideran tres representaciones, distribuidas de manera regular por el Principado de Asturias, proponiéndose de este modo la protección de diversos efectivos a diferentes costes.

En conclusión, el grado de cobertura que la red de espacios protegidos del Principado de Asturias está ofreciendo a la fauna de mariposas diurnas amenazadas, endémicas de la Península o raras en territorio asturiano, es aparentemente bueno. Pero, a pesar de este hecho y que un escaso número de cuadrículas sea suficiente para albergar al menos una representación de la totalidad de estas especies, la protección de estos insectos no está garantizada. Cambios climáticos, alteraciones del hábitat, el exceso de ganado de montaña o la influencia del ser humano pueden cambiar drásticamente esta situación. Por ello se hace necesario descubrir las áreas que serían necesarias para albergar la totalidad de estas especies con dos o más representaciones, sugiriendo este estudio una primera aproximación a la complementación de esta red.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Enrique, Pilar, Miguel, Pepe, Ángel, Gareth y Lucía, por los comentarios y sugerencias de inestimable valor en las versiones previas de este trabajo.

Bibliografía

- ANADÓN, N., F. J. OCHARÁN, H. MORTERA, A. TORRALBA & A. SEGURA 2007. Invertebrados. En: C. Nores y P. García-Rovés (eds.). *Libro rojo de la fauna del Principado de Asturias*. Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias. Obra Social La Caixa. 517 pp.
- ARAÚJO, M. B. 1999. Distribution patterns of biodiversity and the design of a representative reserve network in Portugal. *Diversity and Distributions*, **5**: 151-163.
- ARAÚJO, M. B., J. M. LOBO & J. C. MORENO 2007. The Effectiveness of Iberian Protected Areas in Conserving Terrestrial Biodiversity. *Conservation Biology*, **21**(6): 1423-1432.
- ASHER, J., M. S. WARREN, R. FOX, P. T. HARDING, G. JEFFCOATE & S. JEFFCOATE 2001. *The Millennium Atlas of Butterflies in Britain and Ireland*. Oxford University Press. Oxford. 433 pp.
- BALLETO, E. 1995. Endemism, areas of endemism, biodiversity and butterfly conservation in the Euro-Mediterranean area. *Bollettino Del Museo Regionale Di Scienze Naturali – Torino*, **13**: 445-491.
- CARRASCAL, L. M. & J. LOBO 2003. Respuestas a viejas preguntas con nuevos datos: estudio de los patrones de distribución de la avifauna española y consecuencias para su conservación. En: R. Martí & J. C. del Moral, (Eds.). *Atlas de las aves reproductoras de España*, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid: 651-668.
- CARRIÓN, J. & M. L. MUNGUIRA 2001. La conservación de mariposas diurnas en espacios protegidos. *Quercus*, **184**: 12-17.
- CARRIÓN, J. & M. L. MUNGUIRA 2002. Conservación de mariposas diurnas en los parques protegidos de España peninsular. *Ecología*, **16**: 287-302.
- CASTAÑO-VILLA, G. J. 2006. Áreas protegidas, criterios para su selección y problemáticas en su conservación. *Boletín Científico. Museo de Historia Natural*, **10**: 79-101.
- CASTRO, I., J. C. MORENO, C. J. HUMPHRIES & P. H. WILLIAMS 1996. Strengthening the natural and national park system of Iberia to conserve vascular plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **121**: 189-206.
- CERRILLO, M. I., E. D. DANA, H. CASTRO, M. L. RODRIGUEZ-TAMAYO & J. F. MOTA 2002. Selección de áreas prioritarias para la conservación de flora gipsícola en el sureste de la Península Ibérica. *Revista Chilena De Historia Natural*, **75**(2): 395-408.
- CONRAD, K. F., M. S. WARREN, R. FOX, M. S. PARSONS & I. P. WOIWOD 2006. Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biological Conservation*, **132**(3): 279-291.
- CSUTI, B., S. POLASKY, P. H. WILLIAMS, R. L. PRESSEY, J. D. CAMM, M. KERSHAW, A. R. KIESTER, B. DOWNS, R. HAMILTON, M. HUSO & K. SAHR 1997. A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological Conservation*, **80**(1): 83-97.
- DE ARCE-CRESPO, J.I., S. JIMÉNEZ-MENDOZA & P. SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ 2009. Información sobre la distribución geográfica y patrones ecológicos de las mariposas protegidas de la provincia de Cuenca, España (Insecta: Lepidoptera). *SHILAP, Revta. Lepidopt.*, **37**(146): 209-227.

- DE LA MONTAÑA, E. & J. M. REY BENAYAS 2002. ¿Coinciden los espacios naturales protegidos con las áreas relevantes de diversidad de herpetofauna en España peninsular y Baleares? *Ecosistemas*, **2** (<http://www.aect.org/ecosistemas/022/investigacion2.htm>).
- ESTRADA, A. 2008. Evaluación de las redes de espacios naturales protegidos en Andalucía mediante el uso de modelos espaciales de distribución de vertebrados. *Ecosistemas*, **17**: 149-154.
- EUROPARC-ESPAÑA 2009. www.europarc-es.org
- FILÍPE, A. F., T. A. MARQUES, S. SEABRA, P. TIAGO, F. RIBEIRO, L. MOREIRA DA COSTA, I. G. COWX & M. J. COLLARES-PEREIRA 2004. Selection of Priority Areas for Fish Conservation in Guadiana River Basin, Iberian Peninsula. *Conservation Biology*, **18**(1): 189-200.
- GARCÍA-BARROS, E. 2003. Mariposas diurnas endémicas de la región paleártica occidental: patrones de distribución y su análisis mediante parsimonia (Lepidoptera, Papilionoidea). *Graellsia*, **59**(2-3): 233-258.
- GARCÍA-BARROS, E., P. GARCÍA-PEREIRA & M. L. MUNGUIRA 2000. The geographic distribution and state of butterfly faunistic studies in Iberia (Lepidoptera Papilionoidea Hesperioidea). *Belgian Journal of Entomology*, **2**: 111-124.
- GARCÍA-BARROS, E., M. L. MUNGUIRA, J. MARTÍN CANO, H. ROMO BENITO, P. GARCÍA-PEREIRA & E. MARAVALHAS 2004. *Atlas de las mariposas diurnas de la Península Ibérica e Islas Baleares. Atlas of the butterflies of the Iberian Peninsula and Balearic Islands (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea)*. Monografías S. E. A., vol. 11. Zaragoza. 228 pp.
- GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS 2006. www.asturias.es
- GÓMEZ-CAMPO, C. 2002. Especies vegetales amenazadas. En: F.D. Pineda, J.M. de Miguel, M.A. Casado & J. Montalvo (coords.). *La Diversidad Biológica de España*. Ed. Prentice Hall, Madrid: 319-330.
- GONZÁLEZ, J. J. 2006. *El Macizo Central de los Picos de Europa: geomorfología y sus implicaciones geoecológicas en la alta montaña cantábrica*. Tesis doctoral. Universidad de Cantabria. Santander. 819 pp. <http://www.tesisenred.net/TDR-0327107-134858>
- GULLAN, P. J. CRANSTON, P. S. 2005. *The Insects: An Outline of Entomology*. Karina Hansen McInnes, Oxford, U. K. 505 pp.
- HILL, J. K., C. D. THOMAS, R. FOX, M. G. TELFER, S. G. WILLIS, J. ASHER & B. HUNTLEY 2002. Responses of butterflies to twentieth century climate warming: implications for future ranges. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, **269**: 2163-2171.
- KONVICKA, M., FRIC, Z. & J. BENES 2006. Butterfly extinctions in European states: do socioeconomic conditions matter more than physical geography? *Global Ecology and Biogeography*, **15**: 82-92.
- KUDRNA, O. 2002. The distribution atlas of European Butterflies. *Oedippus*, **20**: 1-342.
- LOBO, J. M. & M. B. ARAÚJO 2003. La aplicación de datos faunísticos para el diseño de redes de reservas: el caso de los anfibios y reptiles de la Península Ibérica. *Graellsia*, **59**(2-3): 399-408.
- LOBO, J. M., I. CASTRO & J. C. MORENO 2001. Spatial and environmental determinants of vascular plant species richness distribution in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Biological Journal of the Linnean Society*, **73**(2): 233-253.
- LÓPEZ PAJARÓN, J., B. GARCÍA PÉREZ, A.I. MORAGA & M.L. MUNGUIRA 2008. El valor de las microrreservas como santuarios de mariposas. *Quercus*, **264**: 18-24.
- MARGULES, C.R., A.O. NICHOLLS & R.L. PRESSEY 1988. Selecting networks of reserves to maximise biological diversity. *Biological Conservation*, **43**: 63-76.
- MARTÍN, J., E. GARCÍA-BARROS, P. GURREA, M. J. LUCIAÑEZ, M. MUNGUIRA, M. J. SANZ & J. C. SIMÓN 2000. High endemism areas in the Iberian Peninsula. *Belgian Journal of Entomology*, **2**: 47-57.
- MARTÍNEZ, I., G. ARAGÓN & A. R. BURGAS 2001. Propuesta de áreas de conservación en el Sistema Ibérico Central (España) utilizando la diversidad líquénica. *Botanica Complutensis*, **25**: 129-140.
- MORENO, J. C., R. MARTÍNEZ & F. TAPIA 2003. Estado de conservación de la flora española. En: A. Bañares, G. Blanca, J. Güemes, J.C. Moreno & S. Ortiz (eds.). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid: 963-971.
- MORTERA, H. 2007. *Mariposas de Asturias*. Gobierno del Principado de Asturias, Consejería de Medio Ambiente y Desarrollo Rural, Oviedo. 240 pp.
- MUNGUIRA, M. L. 1989. *Biología y Biogeografía de los licénidos ibéricos en peligro de extinción (Lepidoptera, Lycaenidae)*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, 462 pp.
- MYERS, N. 1988. Threatened biotas: "Hot spots" in tropical forests. *The environmentalist*, **8**(3): 187-208.
- MYERS, N., R. A. MITTERMEIER, C. G. MITTERMEIER, G. A. B. DA FONSECA & J. KENT 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**: 853-858.
- PENNISI, E. 2004. Naturalist's Surveys Shows That British Butterflies Are Going, Going... *Science*, **303**: 1747.
- PRESSEY, R.L., POSSINGHAM, H. P., MARGULES, C. R. 1996. Optimality in reserve selection algorithms: When does it matter and how much? *Biological Conservation*, **76**: 259-267.
- PRIMACK, R. B. & J. ROS 2002. *Introducción a la biología de la conservación*. Ariel Ciencia. 375 pp.
- PYLE, R., M. BENTZEN & P. OPLER 1981. Insect Conservation. *Annual Review of Entomology*, **26**: 233-258.
- RAZOLA, I., J. M. REY BENAYAS, E. DE LA MONTAÑA & L. CAYUELA 2006. Selección de áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad. Monográfico. *Ecosistemas*, **2**: 1-8.
- REY BENAYAS, J. M. 2009. La rareza de las especies. *Investigación y ciencia*. Mayo.
- REY BENAYAS, J. M. & E. DE LA MONTAÑA 2003. Identifying areas of high-value vertebrate diversity for strengthening conservation. *Biological Conservation*, **114**: 357-370.
- REY BENAYAS, J. M., E. DE LA MONTAÑA, J. BELLIORE & X. R. EEKHOUT 2006. Identifying areas of high herpetofauna diversity that are threatened by planned infrastructure projects in Spain. *Journal of Environmental Management*, **79**(3): 279-289.
- RODRIGUES, A. S. L., R. TRATT, B. D. WHEELER & K. J. GASTON 1999. The performance of existing networks of conservation areas in representing biodiversity. *Proceedings of the Royal Society of London B*, **266**: 1453-1460.
- ROMO, H., MUNGUIRA, M. L. & E. GARCÍA-BARROS 2007. Area selection for the conservation of butterflies in the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Animal Biodiversity and Conservation*, **30.1**: 7-27.
- THOMAS, J. A., M. G. TELFER, D. B. ROY, C. D. PRESTON, J. J. D. GREENWOOD, J. ASHER, R. FOX, R. T. CLARKE & J. H. LAWTON 2004. Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science*, **303**(5665): 1879-1881.
- TOLMAN, T. & R. LEWINGTON 2002. *Guía de las Mariposas de España y Europa*. Lynx Edicions, Barcelona. 320 pp.
- UICN 2008. *IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1*. IUCN, Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 30 pp. www.iucnredlist.org.
- USHER, M. B. 1986. Insect conservation: the relevance of population and community ecology and of biogeography. *Proc. 3rd. Europ. Congr. Entomol.*, **3**: 387-398.
- VAN SWAAY, C. A. M. 1990. An Assessment of the Changes in Butterfly Abundance in the Netherlands During the 20th-Century. *Biological Conservation*, **52**: 287-302.

- VAN SWAAY, C. A. M. & M. S. WARREN 1999. *Red Data book of European butterflies (Rhopalocera)*. Nature and Environment, No. 99, Council of Europe Publishing, Strasbourg. 260 pp.
- VAN SWAAY, C. A. M. & M. S. WARREN 2003. *Prime Butterfly Areas in Europe: Priority sites for conservation*. National Reference Centre for Agriculture, Nature and Fisheries, Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, The Netherlands. 695 pp.
- VAN SWAAY, C. A. M. & M. S. WARREN 2006. Prime Butterfly Areas of Europe: an initial selection of priority sites for conservation. *Journal of Insect Conservation*, **10**: 5-11.
- VELASCO, J. P. & H. ROMO 2010. Idoneidad de la red de espacios protegidos de Asturias (España) para las mariposas diurnas y aplicación del principio de complementariedad en la selección de áreas prioritarias (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea). *SHILAP, Revista. Lepidopt.*, **38**(150): 219-234.
- VERDÚ, J. R. & E. GALANTE (eds.) 2006. *Libro Rojo de los Invertebrados de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Madrid. 411 pp.
- VIVES MORENO, A. 1994. *Catálogo sistemático y sinonímico de los lepidópteros de la Península Ibérica y Baleares (Insecta: Lepidoptera) (Segunda Parte)*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 775 pp.
- WARREN, M. S., J. K. HILL, J. A. THOMAS, J. ASHER, R. FOX, B. HUNTLEY, D. B. ROY, M. G. TELFER, S. JEFFCOATE, P. HARDING, G. JEFFCOATE, S. G. WILLIS, J. N. GREATORIX-DAVIES, D. MOSS & C. D. THOMAS 2001. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature*, **414**: 65-69.
- WEITZMAN, M. L. 1998. The Noah's Ark Problem. *Econometrica*, **66**(6): 1279-1298
- WILLIAMS, P. H. 1997. *WORLDMAP iv WINDOWS: Software and help document 4.1*. Version 4.17.08. Privately distributed, London.
- WILSON, R. J., D. GUTIÉRREZ, J. GUTIÉRREZ & V. J. MONSERRAT 2007. An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. *Global Change Biology*, **13**: 1873-1887.