

Distribución potencial de trece especies de mariposas diurnas amenazadas o raras en el área ibero-balear (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea)

HELENA ROMO, ENRIQUE GARCÍA-BARROS y MIGUEL L. MUNGUIRA

Departamento de Biología (Zoología), Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España

Recibido: 28-07-2006. Aceptado: 5-10-2006

ISSN: 0210-8984

RESUMEN

Debido al escaso conocimiento de la distribución de las especies de mariposas diurnas ibero-balears y la elevada tasa de modificación ambiental que condiciona sus distribuciones, se recurre a modelos predictivos para estimar la distribución potencial de una selección de estas especies. Dada la diversidad y complejidad de los métodos disponibles, y el elevado número de especies, se realizó una primera aproximación con 13 especies de algún interés por su rareza o grado de amenaza, con dos programas de fácil acceso y libre distribución (DOMAIN y Desktop GARP). Se validaron los resultados mediante una estimación del número de cuadrículas del área de distribución calculadas a partir de siete estimadores, de resultados ampliamente coincidentes. Se cruzó esta información con la estima del nivel de estudio de las cuadrículas. La mayoría de las cuadrículas predichas se sitúan en los sistemas montañosos, y cercanas a las cuadrículas de distribución conocida de las especies. Los resultados obtenidos con DOMAIN resultaron más conservadores y realistas, por lo que es propuesto como método preferente en situaciones similares.

Palabras clave: Distribución potencial, modelos predictivos, estimadores, DOMAIN, Desktop GARP, Papilionoidea, Hesperioidea, Península Ibérica, islas Baleares.

ABSTRACT

Potential distribution of thirteen threatened or rare butterfly species in the Ibero-Balearic area (Lepidoptera: Papilionoidea & Hesperioidea)

Owing to the fact that the distribution of butterfly species in the Iberian Peninsula and Balearic Islands is poorly known, and there is a growing modification of the environment that is influencing in their distributions, we apply predictive models to estimate the potential distribution of a few selected species. Given the high number of butterfly species and that the existing methods are complex and diverse, we realized a first approach with only 13 threatened or rare species and two free programs (DOMAIN and Desktop GARP). The results

were validated with an independent criterion based on an estimation of the number of squares where the species should be distributed, calculated with seven estimators. The results with these estimators were widely coincident. This information was matched against the sampling effort measured in each square. The predicted squares were mostly on the mountains, and the nearby squares where the species have been recorded. The results obtained with DOMAIN were the most reliable and conservative. This is the reason why this method is proposed to be used in similar conditions.

Key words: Potential distribution, predictive models, species richness estimators, DOMAIN, Desktop GARP, Papilionoidea, Hesperioidea, Iberian Peninsula, Balearic Islands.

INTRODUCCIÓN

Conocer la distribución de las especies y su respuesta a los cambios ambientales es fundamental a la hora de planificar la conservación de las diferentes especies y la gestión del territorio. Este conocimiento es evidentemente escaso en muchos grupos de invertebrados, incluidos los artrópodos, en amplias zonas del territorio ibérico (RAMOS *et al.*, 2001, 2002). Hasta en el caso de insectos reputadamente favorecidos por los entomólogos, como las mariposas diurnas, el grado de cobertura de los estudios faunísticos ibéricos y su evolución en el tiempo, resultan desalentadoramente insuficientes (GARCÍA-BARROS y MUNGUIRA, 1999; RAMOS *et al.*, 2001). Ante esta situación, es decir, un ritmo lento de progresión del trabajo taxonómico y faunístico, y una elevada tasa de modificación ambiental que puede implicar alto riesgo de extinción local, cabe recurrir a modelos predictivos para estimar la distribución potencial de las especies, y así inferir las probables consecuencias del impacto medioambiental de la actividad humana (CARPENTER *et al.*, 1993; HIGGINS *et al.*, 1999; WITTMANN *et al.*, 2001; HORTAL *et al.*, 2006; JIMÉNEZ-VALVERDE *et al.*, 2006; LOBO y HORTAL, 2006; NIEVES-ALDREY *et al.*, 2006).

La predicción de áreas de distribución geográfica a escala local es un asunto complejo. Requiere bases de datos detalladas sobre la incidencia, a escala suficientemente fina, de variables ambientales y antrópicas, y su variación en el tiempo, así como de datos fiables sobre la distribución geográfica de los taxones en estudio, y del esfuerzo de muestreo en que se basan los datos (por ejemplo: PETERSON y STOCKWELL, 2002; GRAHAM *et al.*, 2004; STOCKWELL *et al.*, 2006). Sin embargo, se han propuesto diversos paquetes estadísticos integrados que permiten realizar este tipo de predicciones, bien usando conjuntos de datos de variables ambientales, bien criterios de posición y distancia, o ambos. La idea básica es aplicar algoritmos que permitan identificar parcelas ecológicamente similares a aquéllas donde consta la presencia del taxón problema (“aproximación

correlativa al proceso de modelización del nicho ecológico”: SOBERÓN y PETERSON, 2005).

Algunas de las aplicaciones disponibles permiten predicciones relativamente rápidas y elaboradas. Pero, con frecuencia, presentan para el usuario una faceta de “caja negra”, que dificulta evaluar la fiabilidad de los modelos y su relación concreta con las variables usadas. Las especies con distribución geográfica bien conocida ofrecen una oportunidad para poner a prueba algunos de estos paquetes, realizando una valoración intuitiva de los resultados que se apoye en la presencia o ausencia de especies notables (que hubieran sido citadas con seguridad por los colectores) en puntos cuya densidad de estudio sea aproximadamente conocida. Dada la disponibilidad de una base de datos sobre la distribución ibero-balear de mariposas diurnas (GARCÍA-BARROS *et al.*, 2004), y de una estimación de la intensidad de esfuerzo faunístico a distintas escalas (ROMO y GARCÍA-BARROS, 2005), sería pertinente un estudio pormenorizado de la distribución potencial de las mariposas diurnas en el área de estudio. Sin embargo, la diversidad y complejidad de los métodos estadísticos disponibles, y el elevado número de especies de mariposas diurnas, recomendaba una primera aproximación poco ambiciosa. En consecuencia, se proyectó abordar la predicción del área de distribución de un número limitado de especies, pero revestidas de algún interés especial por su rareza o grado de amenaza, empleando dos programas concretos, de fácil acceso y libre distribución: DOMAIN (una aplicación dentro del programa DIVA: HIJMANS *et al.*, 2004) y Desktop GARP (SCACHETTI-PEREIRA, R., 2003).

De acuerdo con CARPENTER *et al.* (1993), DOMAIN es una opción favorable (frente a, por ejemplo, BIOCLIM, HABITAT o CLIMEX: BUSBY, 1991; WALKER y COCKS, 1991; SUTHERST y MAYWALD, 1985) para predecir distribuciones potenciales. Admite variables categóricas, es poco sensible a los valores atípicos y sesgos muestrales, y es relativamente conservador. Ha sido aplicado a datos de distribución de aves (LOISELLE *et al.*, 2003) y mamíferos marsupiales (CARPENTER *et al.*, 1993). DOMAIN calcula una matriz de distancias de Gower entre los puntos (esta medida de distancia permite combinar variables continuas y categóricas: GOWER, 1971), usando sólo datos de presencia y un número limitado de variables ambientales. Con esta matriz genera un mapa de intervalos de confianza, que luego se transforma a datos binarios (presencia/ausencia). Los valores representan la similitud entre cada unidad de área y el conjunto de presencias, y se interpretan como límites de confianza. El usuario define el intervalo de confianza que determina la distribución, y ésta se representa según el valor de similitud estimado por el programa (otros detalles en CARPENTER *et al.*, 1993).

Desktop GARP es aparentemente fiable y apropiado para datos de colecciones científicas o museos (PETERSON y STOCKWELL, 2002; STOCKWELL y PETERSON, 2002a, 2002b), y permite analizar combinaciones de datos continuos y categóricos (STOCKWELL y NOBLE, 1992). Mediante una serie de algoritmos, busca repetidamente correlaciones significativas entre la presencia de la especie y las variables ambientales. Genera pseudoausencias, ya que no pueden especificarse ausencias conocidas (FIELDING y BELL, 1997; SOBERÓN y PETERSON, 2005); la experiencia parece indicar cierta tendencia a exagerar el número de estas pseudo-ausencias, por lo que una predicción fiable requiere un elevado número de iteraciones (STOCKWELL *et al.*, 2006). Se ha aplicado a datos de vertebrados terrestres y acuáticos (ANDERSON *et al.*, 2003; LOISELLE *et al.*, 2003; PETERSON, 2003a; PETERSON, 2003b; PETERSON y HOLT, 2003; RAXWORTHY *et al.*, 2003; MARTINEZ-MEYER *et al.*, 2004a, 2004b; STOCKWELL *et al.*, 2006; GARCIA, 2006); insectos (dípteros, lepidópteros: PETERSON y SHAW, 2003; SOBERÓN y PETERSON, 2005), y plantas (SOBERÓN *et al.*, 2001; PETERSON, 2003b).

En este trabajo se pretende determinar la distribución potencial de una selección arbitraria de especies significativas de mariposas (raras, protegidas, apreciadas por los coleccionistas), con los dos métodos (DIVA y GARP), aplicados a la presencia/ausencia de las especies en cuadrículas UTM de 10 km de lado, y comparar los resultados. Seleccionando especies significativas, y por tanto con distribución presuntamente bien conocida, aumentan las posibilidades de valorar los resultados intuitivamente. Una estimación independiente del tamaño (en número de cuadrículas) del área de distribución podría servir como criterio de validación adicional; por este motivo, un objetivo adicional y previo consiste en predecir este tamaño. Finalmente, la información sobre las predicciones puede valorarse cruzándola con un tercer criterio independiente basado en los mismos datos, la densidad de esfuerzo en las mismas unidades geográficas (ROMO y GARCÍA-BARROS, 2005). El conjunto de resultados permite a) valorar la conveniencia de uno u otro método para casos similares, b) señalar cuadrículas que requieren prospección urgente, y c) sopesar nuestro grado actual de conocimiento del área de distribución de las especies seleccionadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Selección de especies

Se seleccionaron 13 especies: *Pyrgus cinarae* (Rambur, 1840) y *P. sidae* (Esper, 1782) (Hesperiidae); *Parnassius mnemosyne* (L., 1758) y *P. apollo*

(L., 1758) (Papilionidae); *Euchloe charlonia* (Donzel, 1842) (Pieridae); *Melitaea aetherie* (Hübner, 1826), *Boloria napaea* (Hoffmannsegg, 1804), *Lopinga achine* (Scopoli, 1763), *Pseudochazara hippolyte* (Esper, 1784) y *Chazara priouri* (Pierret, 1837) (Nymphalidae); *Agriades zullichi* Hemming, 1933, *Maculinea nausithous* (Bergsträsser, 1779), y *Satyrium pruni* (L., 1758) (Lycaenidae). La selección fue arbitraria, incluyendo once especies representadas en el Libro Rojo de los Invertebrados de España (VERDÚ y GALANTE, 2006), y dos que no lo están, pero cuyas localidades conocidas no quedan cubiertas por la red de espacios protegidos (*B. napaea* y *S. pruni*) (ROMO, datos inéditos). Se pretendió, además, incluir corotipos variados (especies montanas, esteparias, mediterráneas, etc.) y con variado nivel de rareza. Los datos de distribución son los empleados por GARCÍA-BARROS *et al.* (2004), y consisten en ausencias y presencias de las especies en la Península Ibérica e Islas Baleares en cuadrículas de 10 km de lado de la red UTM, actualizados puntualmente donde fue necesario.

2. Datos ambientales

Se utilizaron cinco variables ambientales que en situaciones comparables producen resultados satisfactorios (por ejemplo: CARPENTER *et al.*, 1993): máxima temperatura del mes más cálido, temperatura media anual, altitud (MDT: modelo digital del terreno), precipitación anual (en mm), e inclinación del terreno (en grados). Los datos se obtuvieron de la base de datos Worldclim (<http://www.worldclim.org/>), y fueron referenciados al centro de las cuadrículas de 10 km de lado utilizando el valor medio de cada variable para cada una de estas cuadrículas mediante el programa DIVA (HIJMANS *et al.*, 2004). La temperatura máxima del mes más cálido se incluyó como complementaria a la temperatura media anual debido a su efecto significativo en relación con la distribución de estos insectos en áreas cercanas del occidente europeo (POLLARD, 1988). Para este trabajo se han utilizado solamente estas variables, ya que se pretende realizar una primera aproximación; en posteriores estudios valdría la pena introducir otras variables como la latitud, longitud, la temperatura del mes más frío (STEFANESCU *et al.*, 2006), la productividad vegetal o el déficit hídrico entre otras.

3. Estimación del número potencial de cuadrículas

El número de cuadrículas en las que podría encontrarse cada especie se calculó usando una matriz de presencias y ausencias de las 13 especies en el total de 4114 cuadrículas UTM de 10 x 10 km con alguna cita de cualquier especie de las mismas superfamilias en el área de estudio. El cálculo del número de cuadrículas se realizó mediante los dos estimadores no paramétricos basados en incidencia ICE y Chao2, más adecuados a la

naturaleza de nuestros datos (HORTAL *et al.*, 2006; CHAZDON *et al.*, 1998). No obstante, con propósito comparativo, se aplicaron igualmente otros estimadores: ACE, Chao1, Jackknife1, Jackknife2, y Bootstrap (por ejemplo: HORTAL *et al.*, 2006). Al igual que ICE y Chao2, éstos se calcularon mediante el programa *EstimateS* (COLWELL, 2000), aleatorizando los datos 100 veces en cada cálculo. Se repitió la estimación mediante el método de Clench, un estimador asintótico, usando STATISTICA (STATSOFT, 2004) para el cálculo de los parámetros de esta ecuación (detalles y otras referencias en SOBERÓN y LLORENTE, 1993; HORTAL y LOBO, 2002; LOBO y MARTÍN-PIERA, 2002; JIMÉNEZ-VALVERDE y HORTAL, 2003).

4. Áreas de distribución potencial

En primer lugar, con los datos de cada especie, la aplicación DOMAIN del programa DIVA (HIJMANS *et al.*, 2004) se ejecutó con la opción *True/False* (que implica que valores de corte por encima de un cierto valor definido por el usuario son considerados de forma binaria como lugares potenciales de presencia/ausencia). Se repitieron los análisis seleccionando diferentes intervalos de confianza entre 0,80 y 0,99, hasta obtener la distribución potencial con número de cuadrículas más cercano al calculado mediante los estimadores de incidencia. No siempre se halló coincidencia exacta, y en tal caso se optó por la predicción de área más conservadora.

Como segunda opción, se agruparon las variables climáticas mediante el programa Desktop GARP Dataset Manager (SCACHETTI-PEREIRA, 2003); ésta fuente de información, junto con los datos de presencia de las especies, se procesó con Desktop GARP. Se aplicaron los algoritmos *Atomic*, *Range*, *Negated Range* y *Logistic Regression* (PAYNE y STOCKWELL, 2003; STOCKWELL y PETERS, 1999) y las opciones por defecto del programa (límite de convergencia= 0,01, número máximo de iteraciones= 1000), salvo el número de réplicas que se estableció en 100. La mitad (50%) de los datos se usó como control (FIELDING y BELL, 1997) y se activó la resolución de los 20 máximos mejores modelos por especie (ANDERSON *et al.*, 2003) con la opción *Best Subset Selection*, para identificar el subconjunto de modelos en los que se repite el patrón de áreas de manera más estable. El programa DIVA (ver anteriormente), sirvió para visualizar los mapas.

5. Combinación de áreas predichas, espacios protegidos, y esfuerzo de muestreo

Los conjuntos de cuadrículas predichos para cada especie se combinaron en una única matriz, y se trazó un mapa de estas áreas con MapInfo (MAPINFO, 1994). Se cruzó esta información con la estima del nivel de estudio de las cuadrículas a la misma escala (10 x 10 km), tomando los

niveles de esfuerzo basados en los mismos datos originales (ROMO y GARCIA-BARROS, 2005) para distinguir qué cuadrículas, de entre las que potencialmente albergan una o más de las especies tratadas, están o no suficientemente estudiadas (criterios intuitivos I y II, y recta de regresión a un nivel de estudio superior al 70%: ROMO y GARCÍA-BARROS, *op. cit.*). Igualmente, se comparó la distribución de estos puntos con la red de espacios protegidos de la Península y Baleares (Ministerio de Medio Ambiente (www.mma.es); Europarc (www.europarc-es.org); Instituto da Conservação da Natureza (www.icn.pt)), comprobando qué cuadrículas coincidían con aquellas cuadrículas en las que existe un espacio protegido, aunque su proporción sea mínima. Somos conscientes de que existen otros métodos para comparar la distribución de las especies con la red de espacios protegidos, por ejemplo LOBO y ARAÚJO (2003), pero simplemente se presenta una visión de la situación aunque ésta no sea un objetivo prioritario en este trabajo.

RESULTADOS

El número de cuadrículas esperado para cada especie, de acuerdo con los estimadores basados en incidencia, abundancia, remuestreo y no paramétricos, se muestra en la Tabla 1. Los resultados de los diferentes métodos fueron ampliamente coincidentes (Tabla 2). Las estimaciones basadas en remuestreo (*bootstrap*) son comparativamente conservadoras; al contrario, la asíntota de la ecuación de Clench tiende a sobrevalorar el tamaño del área de distribución. El rango de valores de Chi cuadrado y la significación de los modelos obtenidos con Desktop GARP se resume en la Tabla 3.

Los modelos de distribución de cada especie obtenidos con los dos programas se resumen a continuación (Figuras 1-8).

Agriades zullichii. La distribución predicha mediante DOMAIN se ajusta a la restringida distribución real de esta especie, sólo citada de puntos por encima de 2.400 m de altitud en Sierra Nevada (intervalo de confianza de 0,93 a 0,82). Si se amplía el intervalo de confianza (de 0,82 a 0,70) la distribución incluye la Sierra de los Filabres, cercana a Sierra Nevada pero de menor altitud (Figura 1A). Desktop GARP añade puntos en los Pirineos, el Sistema Ibérico y los Picos de Europa, de donde esta especie nunca ha sido citada.

Boloria napaea. DOMAIN amplía su área de distribución conocida (Pirineos: Figura 1B) (intervalo de confianza de 0,95 a 0,92). Desktop GARP la predice, además, en el Sistema Cantábrico, Sierra Nevada y la Sierra de Gúdar, de donde no ha sido citada.

Tabla 1. Número de cuadrículas de 10 km de lado predichas mediante siete estimadores no paramétricos y uno asintótico (función de Clench), y número de cuadrículas en las que la presencia de cada especie está documentada. ZUL: *Agriades zullichi*, CHA: *Euchloe charlonia*, ACH: *Lopinga achine*, AET: *Melitaea aetherie*, NAU: *Maculinea nausithous*, HIP: *Pseudochazara hippolyte*, CIN: *Pyrgus cinarae*, SID: *Pyrgus sidae*, PRU: *Satyrium pruni*, NAP: *Boloria napaea*, MNE: *Parnassius mnemosyne*, APO: *Parnassius apollo*, PRI: *Chazara priouri*.

Table 1. Number of 10 x 10 UTM squares predicted by seven non-parametric estimators and an asymptotic one (Clench function), and number of squares where each presence actually occurs. ZUL: *Agriades zullichi*, CHA: *Euchloe charlonia*, ACH: *Lopinga achine*, AET: *Melitaea aetherie*, NAU: *Maculinea nausithous*, HIP: *Pseudochazara hippolyte*, CIN: *Pyrgus cinarae*, SID: *Pyrgus sidae*, PRU: *Satyrium pruni*, NAP: *Boloria napaea*, MNE: *Parnassius mnemosyne*, APO: *Parnassius apollo*, PRI: *Chazara priouri*.

	ZUL	CHA	ACH	AET	NAU	HIP	CIN	SID	PRU	NAP	MNE	APU	PRI
ACE	7	9	7	105	36	26	9	5	19	16	48	367	66
ICE	8	8	9	106	33	25	9	5	20	28	51	397	74
Chao1	8	8	8	93	58	40	8	5	20	11	49	358	71
Chao2	7	8	9	93	58	28	9	5	18	26	50	396	75
Jackknife1	8	9	9	97	26	28	10	5	19	14	54	415	70
Jackknife2	10	8	12	111	34	31	10	5	22	19	56	452	84
Bootstrap	7	8	7	79	21	25	9	5	15	10	49	364	56
Clench	8	11	9	123	27	31	11	5	29	19	60	459	89
Observado	6	7	6	65	17	22	8	4	12	8	44	317	47

Tabla 2. Relación entre el tamaño de las distribuciones de las especies (número de cuadrículas de 10 km de lado) estimadas mediante diferentes estimadores estadísticos, y entre estas y la distribución observada. Los valores son coeficientes de correlación de Pearson obtenidos de la comparación de los pares de variables ($p < 0,001$ para todos los valores de r).

Table 2. Relationship between the geographic range sizes (number of 10 x 10 km UTM squares) determined with several incidence estimators, and between them and the observed size. The values given are Pearson correlation coefficients for the pairwise comparisons ($p < 0.001$ in all instances).

	ICE	Chao1	Chao2	Jackknife1	Jackknife2	Bootstrap	Clench	Observado
ACE	0,999	0,996	0,997	0,998	0,999	0,997	0,999	0,996
ICE		0,994	0,997	0,999	0,999	0,997	0,999	0,996
Chao1			0,998	0,994	0,995	0,993	0,993	0,992
Chao2				0,996	0,997	0,995	0,995	0,994
Jackknife1					0,999	0,999	0,999	0,999
Jackknife2						0,999	0,999	0,998
Bootstrap							0,998	0,999
Clench								0,997

Tabla 3. Rango y significación de los modelos de predicción de la distribución de cada especie obtenidos mediante Desktop GARP: valores mínimo y máximo de χ^2 , y máximo valor de P para el conjunto de modelos.

Table 3. Range and statistical significance of the predictive models fit to each species with Desktop GARP: minimum and maximum χ^2 , and highest P value for the set of models.

Especie	χ^2 (rango)	p
<i>A. zullichi</i>	13,8 - 221,3	p<0,0001
<i>B. napaea</i>	5,5 - 574,1	p<0,0001
<i>C. priouri</i>	28,3 - 133,7	p<0,0001
<i>E. charlonia</i>	3,9 - 16,1	p<0,05
<i>L. achine</i>	13,6 - 173,6	p<0,001
<i>M. aetherie</i>	27,12 - 111,99	p<0,0001
<i>M. nausithous</i>	26,5 - 209,1	p<0,0001
<i>P. apollo</i>	366,8 - 1158,7	p<0,0001
<i>P. cinarae</i>	12,99 - 96,18	p<0,001
<i>P. hippolyte</i>	22,2 - 80,7	p<0,001
<i>P. mnemosyne</i>	280,9 - 907,9	p<0,0001
<i>P. sidae</i>	3,8 - 40,4	p<0,05
<i>S. pruni</i>	8,5 - 58,1	p<0,01

Chazara priouri. DOMAIN predice varios puntos del norte de Valladolid y Zamora, y en Madrid, Cuenca y Zaragoza (intervalo de confianza: 0,99). Si se amplía el intervalo de confianza (de 0,99 a 0,98) la predicción se amplía por estas zonas de forma más visible que en los alrededores de las citas observadas en la mitad meridional de la Península (Figura 2A). Desktop GARP pronostica una amplia distribución ibérica.

Euchloe charlonia. Su área conocida está restringida a la Hoya de Baza (Granada) y Los Monegros (Huesca), y DOMAIN sólo añade una cuadrícula a la primera de estas regiones (intervalo de confianza 0,96). Si se amplía el intervalo de confianza (de 0,96 a 0,85), la predicción engloba gran parte de la depresión del Ebro, y de la costa mediterránea (Figura 2B). La predicción de Desktop GARP recuerda a la anterior, pero se extiende a enclaves más continentales (puntos de la submeseta Norte, mitad septentrional de Portugal, sierra de Tramontana en Mallorca).

Lopinga achine. DOMAIN la predice en la Cordillera Cantábrica (en áreas próximas a las escasas localidades conocidas) y las cercanías de la Sierra de Ancares (intervalo de confianza de 0,98 a 0,95). Con mayor margen de confianza (de 0,95 a 0,90) la cobertura es más amplia y densa



Fig. 1: Distribución conocida (puntos negros) y distribución predicha por el programa DOMAIN (probabilidad de presencia de acuerdo con la saturación de gris). A, *Agriades zullichi*. B, *Boloria napaea*.

Fig. 1: Known distribution (black dots), and distribution predicted by DOMAIN (probability of occurrence increasing along the gradient of light to dark grey) for A, *Agriades zullichi*, and B, *Boloria napaea*.

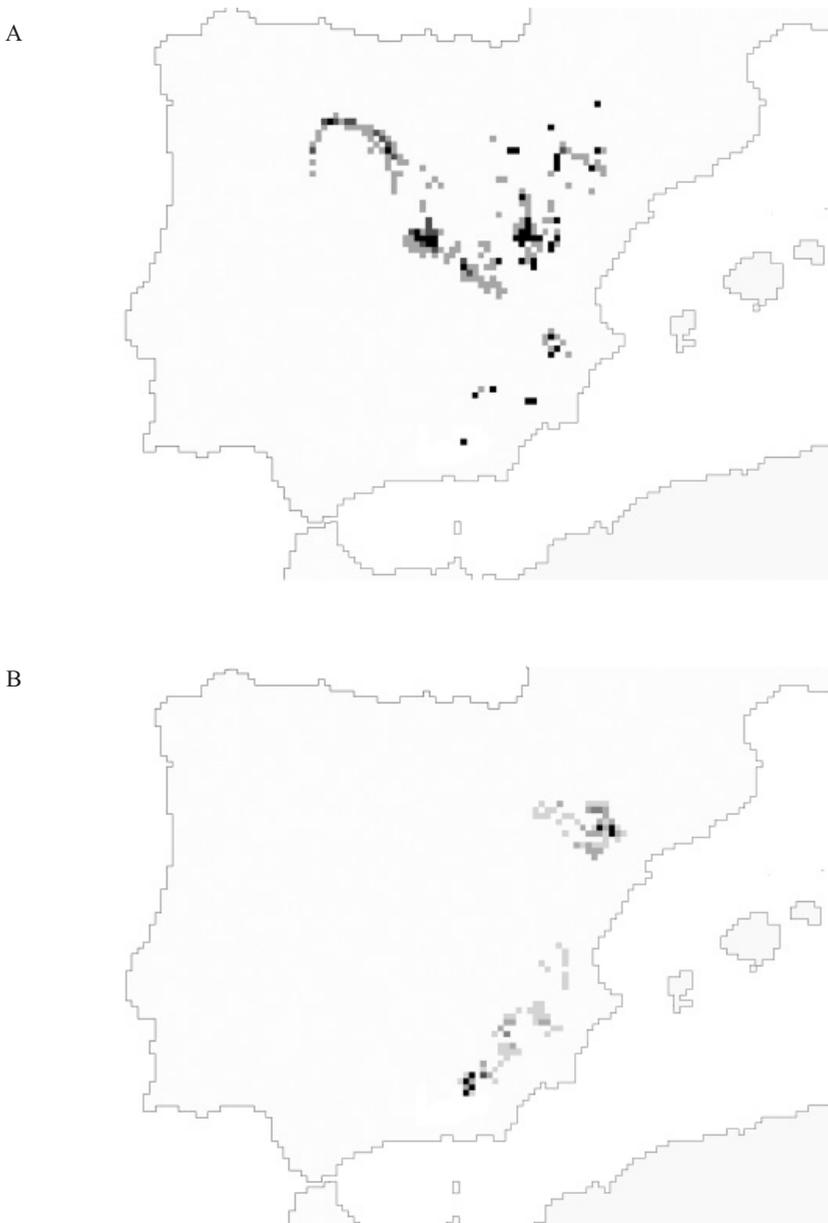


Fig. 2: Distribución conocida (puntos negros) y distribución predicha por el programa DOMAIN (probabilidad de presencia de acuerdo con la saturación de gris). A, *Chazara priouri*. B, *Euchloe charlonia*.

Fig. 2: Known distribution (black dots), and distribution predicted by DOMAIN (probability of occurrence increasing along the gradient of light to dark grey) for A, *Chazara priouri*. B, *Euchloe charlonia*.



Fig. 3: Distribución conocida (puntos negros) y distribución predicha por el programa DOMAIN (probabilidad de presencia de acuerdo con la saturación de gris). A, *Lopinga achine*. B, *Maculinea nausithous*.

Fig. 3: Known distribution (black dots), and distribution predicted by DOMAIN (probability of occurrence increasing along the gradient of light to dark grey) for A, *Lopinga achine*. B, *Maculinea nausithous*.

(Picos de Europa, Sierra de los Ancares, alrededores de la Sierra de la Demanda: Figura 3A). Desktop GARP añade zonas de moderada altitud en los Pirineos, los montes Gallegos y Sierra Nevada.

Maculinea nausithous. DOMAIN la predice en las cuadrículas correspondientes a las Sierras de Urbión y Cebollera, la montaña palentina, Fuentes Carrionas, el Puerto de la Cubilla (Asturias), y el sur de Soria (Figura 3B) (intervalo de confianza de 0,98 a 0,96). Con intervalos de confianza más amplios (de 0,96 a 0,95) la predicción se asemeja a la propuesta por Desktop GARP, si bien esta última incluye, además, el área pirenaica donde la especie no ha sido citada.

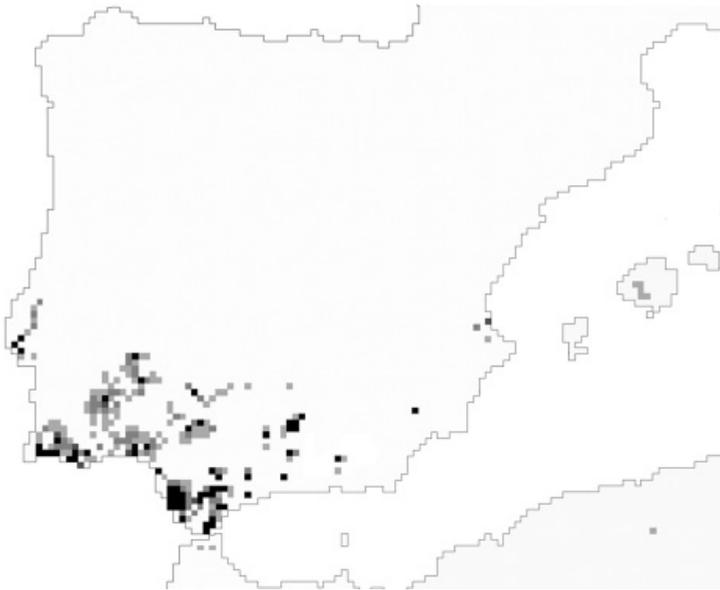
Melitaea aetherie. DOMAIN la predice en zonas costeras del sudoeste de la Península Ibérica, y en Valencia (intervalo de confianza: 0,99). Si se amplía en intervalo de confianza (de 0,99 a 0,97) la predicción se concentra en la parte sudoeste de la Península (Figura 4A), mientras que la predicción de Desktop GARP abarca un amplio sector peninsular.

Parnassius apollo. Los puntos predichos por DOMAIN se dispersan en las manchas conocidas de su distribución: Sistema Central (Sierras de Guadarrama y Gredos), Albarracín, Montes Universales, Cordillera Cantábrica y los Pirineos, con algunos puntos adicionales en la Alcarria (Guadalajara) o en la inmediata periferia de las zonas mencionadas (intervalo de confianza: 0,99). No se predicen cuadrículas adicionales a las ya conocidas en el Sistema Penibético (Figura 4B). Con intervalos de confianza mayores (de 0,99 a 0,98) la distribución es muy similar a la predicha por Desktop GARP (Figura 5A).

Parnassius mnemosyne. La predicción más exigente de DOMAIN (primer intervalo de confianza: 0,98) señaló todas las cuadrículas en la vertiente francesa del Pirineo. Se adoptó el siguiente intervalo (0,97), aunque la distribución obtenida sobrepasase el total de cuadrículas predichas por los estimadores (esto no es extraño, ya que se estimó el número de cuadrículas en territorio español, en tanto que esta especie se encuentra en ambas vertientes del Pirineo). La distribución predicha, circunscrita al área pirenaica, se muestra en la Figura 5B. Predicciones con criterios progresivamente más laxos (más amplio intervalo de confianza: hasta 0,95) señalaron puntos adicionales en la Sierra de los Ancares y la Cordillera Cantábrica (además de otros coherentes con su zona de distribución conocida, los Pirineos). Desktop GARP la predice además en los Montes de León, Sierras de Géres, la Demanda, los Filabres, Sierra Nevada, el Maestrazgo y Javalambre.

Pseudochazara hippolyte. La predicción de DOMAIN refuerza las manchas de distribución conocidas en el Sistema Penibético (intervalo de confianza: 0,97). Si se amplía el intervalo de confianza (de 0,97 a 0,94) se siguen reforzando estas localidades (Figura 6A), mientras que los resultados

A



B

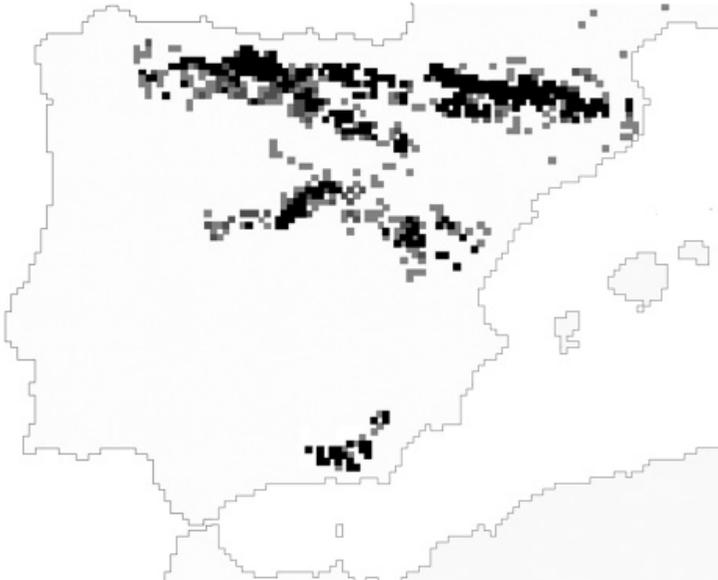
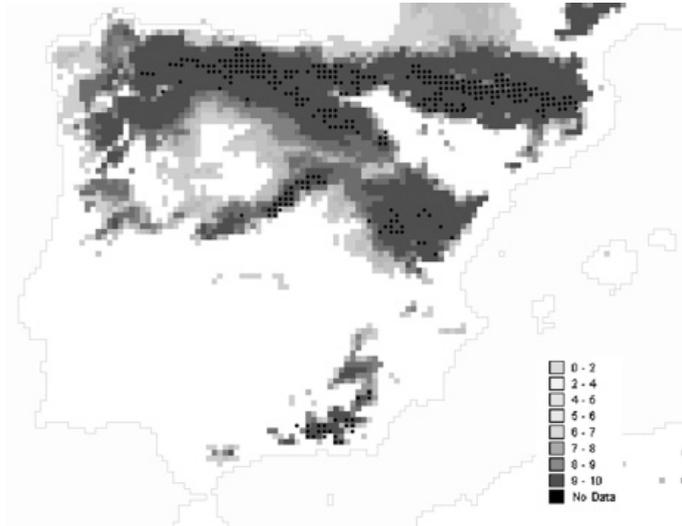


Fig. 4: Distribución conocida (puntos negros) y distribución predicha por el programa DOMAIN (probabilidad de presencia de acuerdo con la saturación de gris). A, *Melitaea aetherie*. B, *Parnassius apollo*.

Fig. 4: Known distribution (black dots), and distribution predicted by DOMAIN (probability of occurrence increasing along the gradient of light to dark grey) for A, *Melitaea aetherie*. B, *Parnassius apollo*.

A



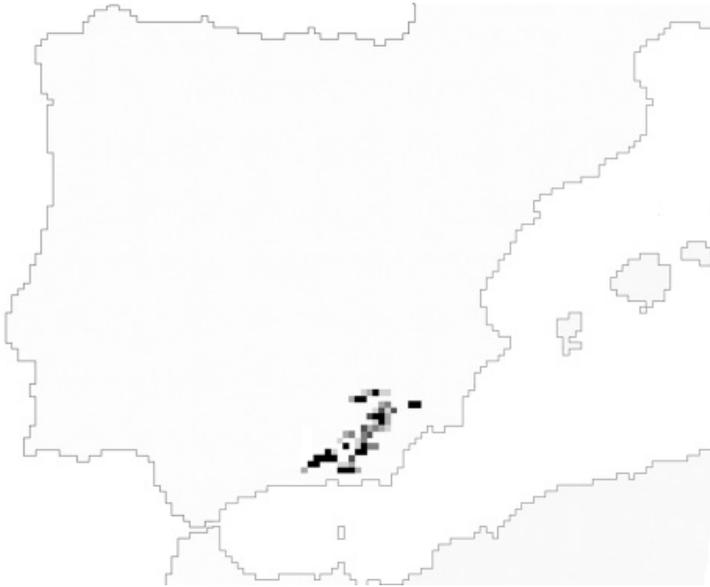
B



Fig. 5: A: Distribución conocida (puntos negros) y distribución predicha por el programa Desktop GARP (probabilidad de presencia de acuerdo con la saturación de gris) de la especie *Parnassius apollo*. B: Distribución conocida (puntos negros) y distribución predicha por el programa DOMAIN (probabilidad de presencia de acuerdo con la saturación de gris) de la especie *Parnassius mnemosyne*.

Fig. 5: A: Known distribution (black dots), and distribution predicted by Desktop GARP (probability of occurrence increasing along the gradient of light to dark grey) for *Parnassius apollo*. B: Known distribution (black dots), and distribution predicted by DOMAIN (probability of occurrence increasing along the gradient of light to dark grey) for *Parnassius mnemosyne*.

A



B



Fig. 6: Distribución conocida (puntos negros) y distribución predicha por el programa DOMAIN (probabilidad de presencia de acuerdo con la saturación de gris). A, *Pseudochazara hippolyte*. B, *Pyrgus cinarae*.

Fig. 6: Known distribution (black dots), and distribution predicted by DOMAIN (probability of occurrence increasing along the gradient of light to dark grey) for A, *Pseudochazara hippolyte*. B, *Pyrgus cinarae*.



Fig. 7: Distribución conocida (puntos negros) y distribución predicha por el programa DOMAIN (probabilidad de presencia de acuerdo con la saturación de gris). A, *Pyrgus sidae*. B, *Satyrium pruni*.

Fig. 7: Known distribution (black dots), and distribution predicted by DOMAIN (probability of occurrence increasing along the gradient of light to dark grey) for A, *Pyrgus sidae*. B, *Satyrium pruni*.

de Desktop GARP incluyen amplias zonas aparentemente heterogéneas, improbables de acuerdo con la distribución conocida de la especie.

Pyrgus cinarae. DOMAIN añade a la distribución conocida de la especie, una nueva cuadrícula en la Serranía de Cuenca (intervalo de confianza: 0,95). Si se amplía el intervalo de confianza (de 0,95 a 0,85) esta mancha crece, y se añaden nuevos puntos en la Sierras de Guadarrama, Urbión y Cebollera, y la Demanda (Figura 6B). Desktop GARP no obtiene un modelo significativo.

Pyrgus sidae. DOMAIN con un intervalo de confianza de 0,90 predice una nueva cuadrícula en Cáceres (29TTK54) y otra en Ávila (29TTK96). Con menor fiabilidad en la predicción (de 0,90 a 0,86) surgen unas pocas cuadrículas adicionales en las provincias de Ávila, Salamanca, Cáceres, Cuenca y Granada (Figura 7A). Desktop GARP tampoco obtiene un modelo significativo.

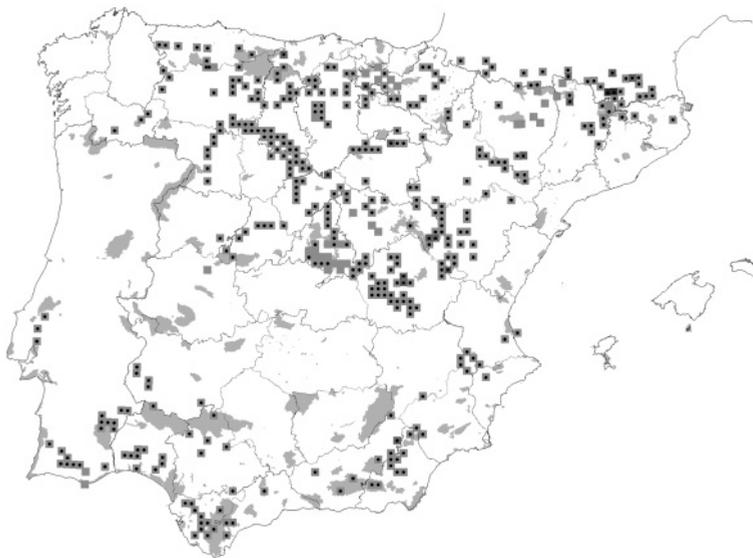


Fig. 8: Distribución de las cuadrículas de 10 x 10 km predichas por el programa DOMAIN para alguna de las especies seleccionadas (ver texto). Se representa con un punto negro aquellas cuadrículas que se encuentran insuficientemente estudiadas de acuerdo con ROMO y GARCÍA-BARROS (2005). En gris se representa la red de espacios protegidos.

Fig. 8: Distribution of the 10 x 10 km squares where any of the species selected was predicted to occur by the program DOMAIN (see text). Black dots indicate those cells that are insufficiently prospected according to the criteria stated in ROMO y GARCÍA-BARROS (2005). The network of protected areas is shown in grey.

Satyrium pruni. DOMAIN la predice en las Sierras de Urbasa y Andía, la Sierra de Cantabria y en puntos aislados de Lérida y Barcelona (Figura 7B) (intervalo de confianza de 0,98 a 0,96). La predicción de Desktop GARP abarca toda la franja septentrional de la Península hasta Portugal, y la Serranía de Ronda.

En conjunto, los resultados obtenidos con DOMAIN son más conservadores e intuitivamente más realistas, por lo que se toman como referencia en adelante. El conjunto de puntos con presencia predicha de una o más de las especies consideradas comprende 403 cuadrículas (Figura 8). De ellas, 369 están, de acuerdo con los datos disponibles, insuficientemente estudiadas. Sólo 74 de las 403 cuadrículas coincide con la red de espacios naturales protegidos (pero sólo 43 de las 74 cuadrículas cuentan con un porcentaje de su superficie mayor del 15% efectivamente protegido).

Las cuadrículas predichas para este conjunto de especies se reparten mayoritariamente por los Pirineos, la Cordillera Cantábrica, el Sistema Ibérico, el Sistema Central, el Sistema Penibético y en Portugal en la provincia de Extremadura y el Algarve. Algunas de ellas, aparentemente poco estudiadas, pueden señalarse por compartir presencias predichas de dos o más de las especies; tal es el caso de las cuadrículas 31TCH91 y 31TDH01, que podrían albergar tres especies (*Boloria napaea*, *Parnassius apollo* y *P. mnemosyne*).

DISCUSIÓN

La mayoría de los modelos obtenidos con el programa Desktop GARP presentan valores significativos de χ^2 ; pero el resultado que presenta el programa no es único (ANDERSON *et al.*, 2003). Esta multiplicidad de soluciones de GARP complica la interpretación de los resultados, que se basan en la idea de que los 20 mejores modelos obtenidos predigan una distribución potencial mejor que la que pudiera proponer cualquier modelo por sí solo, revelando un patrón presente en la mayoría de los modelos generados para cada especie (ANDERSON *et al.*, 2003; STOCKWELL *et al.*, 2006). El resultado es un conjunto de cuadrículas frecuentemente mayor para una especie determinada, en comparación con los resultados de DOMAIN en iguales circunstancias y con similar tiempo de computación. Aunque los resultados pueden interpretarse como un gradiente, son menos nítidos y aparentemente poco realistas. Nuestra experiencia sugiere, en consecuencia, aplicar DOMAIN en primer término, usando los resultados de Desktop GARP para visualizar tendencias, o matizar aspectos de las distribuciones predichas en casos concretos. La dificultad de validación de

los modelos obtenidos con DOMAIN puede subsanarse, en cierto modo, con una estimación independiente del tamaño del área de distribución (medida en unidades de la misma escala); desde este punto de vista, a pesar de la conveniencia teórica de aplicar uno u otro método (HORTAL *et al.*, 2006), los resultados obtenidos con diferentes estimadores son ampliamente coincidentes.

Un resultado notablemente interesante es la coincidencia de una elevada proporción de las cuadrículas predichas para alguna de las especies con aquéllas que no alcanzan un mínimo de condiciones para ser consideradas como prospectadas con suficiente intensidad. Este hecho sugiere una necesidad urgente de nuevos trabajos faunísticos prospectivos, que permitan corroborar o negar la idea intuitiva pero ampliamente difundida de que la distribución de las especies de mariposas “raras, amenazadas o interesantes” en el área de estudio es relativamente bien conocida. Esta preocupación cobra aún más peso al comprobar la adicional escasa coincidencia entre tales localidades con la potencial presencia de especies amenazadas, y las cuadrículas interesadas por la red de espacios naturales.

Como norma, y en gran parte como podía esperarse, la mayor parte de las cuadrículas potenciales de cada especie son próximas a las distribuciones conocidas de las especies. Estos resultados permiten sugerir algunas coordenadas de interés por su potencial fauna de especies amenazadas, concretamente: 30SWG10 (por la posible presencia de *A. zulichchi*), 30SWG57 (*E. charlonia*), 30TTN66, 30TWM13, 30TYN12, 29TQG38 y 29TPG97 (*M. nausithous*), 30TWK63 (*P. cinarae*), 29TTK54, 29TTK96, 30TWK68, 30SVG33, 30SVG44 (*P. sidae*), 31TCH91 y 31TDH01 (*B. napaea*, *P. apollo* y *P. mnemosyne*), y 30SYJ44 (*M. aetherie*).

Para algunas especies, los modelos de DOMAIN parecen especialmente ajustados, como podrían ser el caso de *A. zulichchi* y *P. hippolyte*. El resultado sugiere la presencia (con menor nivel de confianza) de la primera de ambas en una cuadrícula de Sierra Nevada en la que no ha sido citada (30SVG71), pero de donde se ha citado su planta nutricia, *Androsace vitaliana* (BLANCA, 2002; ver MUNGUIRA *et al.*, 1997). Otros casos presentan menos credibilidad *a priori*, como las predicciones de *B. napaea* en las laderas pirenaicas con altitudes menores que las usuales para esta especie (al menos 1.200 m: FERNÁNDEZ-RUBIO, 1991). Para especies de distribución muy restringida pero con tendencias migratorias, como *E. charlonia*, la mancha de distribución potencial obtenida ampliando el margen de confianza de la predicción puede tener significado como posible vía de dispersión.

En otras especies, las predicciones sugieren claramente que el conjunto de variables introducidas no permiten obtener un modelo fiable de la dis-

tribución de la especie, por ejemplo *C. priouri*. Esta mariposa esteparia se ha citado de un número de cuadrículas menor que el esperado (Tabla 1); su presencia se predice en doce cuadrículas bien prospectadas, lo que hace presumir que el resultado es poco fiable.

En cuanto a *M. nausithous* llama la atención que no ha sido predicha por el modelo en los Pirineos, donde de hecho, la especie no ha sido encontrada, a pesar de la presencia de su planta nutricia, *Sanguisorba officinalis*, y la especie de hormiga con la que se asocia (MUNGUIRA *et al.*, 1997; TOLMAN y LEWINGTON, 2002). Ello aumenta la confianza en que la predicción sea razonable.

Las predicciones para *P. apollo* incluyen el macizo de Gredos, donde su presencia se presumió hace tiempo (por ejemplo: GOMEZ-BUSTILLO y FERNÁNDEZ-RUBIO, 1974) sin haber sido nunca comprobada. Para *P. mnemosyne*, el hecho de que la predicción, basada en sus localidades conocidas de la vertiente sur del Pirineo, se concentrase casi por completo en territorio francés, puede ser indicativo de lo marginal de los enclaves apropiados para esta especie en España, y en consecuencia de la fragilidad de los mismos.

En conclusión, es posible que la predicción no sea lo suficientemente contrastada o explícita para cada especie concreta. Sin embargo, los resultados son muy sugestivos, indicando que, al menos desde el punto de vista de las variables ambientales más usuales, la distribución de diversas especies de interés puede todavía perfilarse con más detalle e incluso, en ciertos casos aumentar de forma sensible con respecto a la conocida; más aún, que la posible mejora de los conocimientos faunísticos sobre estos insectos puede ayudar a mejorar el diseño de la red de espacios naturales protegidos en el área de estudio, debido a que en el mejor de los casos sólo el 18,4% de las cuadrículas predichas se encontraría dentro de la red de espacios protegidos actual, disminuyendo este porcentaje hasta el 10,7% si se consideran los espacios que presenten más del 15% de su superficie protegida.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a David Draper por sus comentarios y ayuda de cara a la utilización de los programas aquí presentados. Parte de este trabajo ha sido financiado por la beca F.P.U. referencia AP2002-0147 concedida por el Ministerio de Educación y Ciencia a Helena Romo, y por el proyecto CGL2004-04680-C10-08/BOS.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, R.P., LEW, D. y PETERSON, A.T., 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling*, 162: 211-232
- BLANCA, G., 2002. *Flora amenazada y endémica de Sierra Nevada*. Universidad de Granada. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Granada. 407 pp.
- BUSBY, J.R., 1991. BIOCLIM. A Bioclimate Analysis and Prediction System. Pp.: 64-68 en C.R. Margules y M.P. Austin (eds.), *Nature Conservation: cost effective biological surveys and data analysis*. CSIRO, Melbourne, Australia.
- CARPENTER, G., GILLISON, A.N. y WINTER, J., 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodiversity and Conservation*, 2: 667-680.
- COLWELL, R.K., 2000. *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide)*. Versión 6.0b1. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- CHAZDON, R.L., COLWELL, R.K., DENSLow, J.S. y GUARIGUATA, M.R., 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of NE Costa Rica. *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: Conceptual background and Old World Case Studies* (eds F. Dallmeier y J. A. Comiskey), pp. 285-309. Parthenon Publishing, Paris.
- FERNÁNDEZ-RUBIO, F., 1991. *Guía de mariposas diurnas de la península Ibérica, Baleares, Canarias, Azores y Madeira. Libytheidae, Nymphalidae, Riodinidae y Lycaenidae*. Pirámide, Madrid, 406 pp.
- FIELDING, A.H. y BELL, J.F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24 (1): 38-49.
- GARCÍA, A., 2006. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation*, 130: 25-46.
- GARCÍA-BARROS, E. y MUNGUIRA, M.L., 1999. Faunística de mariposas diurnas en España peninsular: una evaluación en el umbral del Siglo XXI. *Shilap, Revta. lepid.*, 27(106): 189-202.
- GARCÍA-BARROS, E., MUNGUIRA, M.L., MARTÍN, J., ROMO, H., GARCIA-PEREIRA, P. y MARAVALHAS, E.S., 2004. *Atlas de las mariposas diurnas de la Península Ibérica e islas Baleares (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea)*. Monografías de la SEA, vol 11. 228 pp.
- GÓMEZ-BUSTILLO, M.R. y FERNÁNDEZ-RUBIO, F., 1974. *Mariposas de la Península Ibérica. Ropalóceros (I)*. Servicio de publicaciones del Ministerio de Agricultura. Madrid. 198 pp.
- GOWER, J.C., 1971. General coefficient similarity and some of its properties. *Biometrics*, 27: 857-871.
- GRAHAM, C. H., FERRIER, S., HUETTMAN, F., MORITZ, C. y PETERSON, A.T., 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution.*, 19(9): 497-503.
- HIGGINS, S.I., RICHARDSON, D.M., COWLING, R.M. y TRINDER-SMITH, T.H., 1999. Predicting the landscape-scale distribution of alien plants and their threat to plant diversity. *Conservation Biology*, 13(2): 303-313.

- HIJMANS, R.J., GUARINO, L., JARVIS, A., O'BRIEN, R. y MATHUR, P., 2004. *DIVA-GIS. Versión 5.2.0.2. Sistema de Información geográfica para el Análisis de Datos de Distribución de Especies*. Manual. <http://www.diva-gis.org>
- HORTAL, J., BORGES, P.A.V. y GASPAR, C., 2006. Evaluating the performance of species richness estimators: sensitivity to sample grain size. *Journal of Animal Ecology*, 75: 274-287.
- HORTAL, J. y LOBO, J.M., 2002. Una metodología para predecir la distribución espacial de la diversidad biológica. *Ecología*, 16: 405-432.
- HORTAL, J., LOBO, J.M. y DEL REY, L., 2006. Distribución y patrones de diversidad de los afódidos, en la Comunidad de Madrid (Coleoptera, Scarabaeoidea, Aphodiidae, Aphodiinae y Psammodiinae). *Graellsia*, 62: 439-460.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A. y HORTAL, J., 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8: 151-161.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A., LOBO, J.M. y LÓPEZ MARTOS, M.L., 2006. Listado actualizado de especies de araneidos y tomísidos (Araneae, Araneidae y Thomisidae) de la Comunidad de Madrid: mapas de distribución conocida, potencial y patrones de riqueza. *Graellsia*, 62: 461-481.
- LOBO, J.M. y ARAUJO, M.B. 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): 399-408.
- LOBO, J.M. y MARTÍN-PIERA, F., 2002. Searching for a Predictive Model for Species Richness of Iberian Dung Beetle Based on Spatial and Environmental Variables. *Conservation Biology*, 16 n° 1: 158-173.
- LOBO, J.M. y HORTAL, J., 2006. Los escarabeidos y geotrupidos de la Comunidad de Madrid: lista de especies, distribución geográfica y patrones de diversidad (Coleoptera, scarabaeoidea, scarabaeidae y geotrupidae). *Graellsia*, 62: 419-438.
- LOISELLE, B.A., HOWELL, C.A., GRAHAM, C.H., GOERCK, J.M., BROOKS, T., SMITH, K.G. y WILLIAMS, P.H., 2003. Avoiding Pitfalls of Using Species Distribution Models in Conservation Planning. *Conservation Biology*, 17(6): 1591-1600.
- MAPINFO, 1994. *MapInfo version 3.0.2. User Manual*. MapInfo Corporation. One Global View, Troy, New York.
- MARTÍNEZ-MEYER, E., PETERSON, A.T. y HARGROVE, W.W., 2004a. Ecological niches as stable distributional constraints on mammal species, with implications for Pleistocene extinctions and climate change projections for biodiversity. *Global Ecology & Biogeography*, 13: 305-314.
- MARTÍNEZ-MEYER, E., PETERSON, A.T. y NAVARRO-SIGÜENZA, A.G., 2004b. Evolution of seasonal ecological niches in the Passerina buntings (Aves: Cardinalidae). *Proc. Royal Society London B*, 271: 1151-1157.
- MUNGUIRA, M.L., GARCÍA-BARROS, E. y MARTÍN, J., 1997. Plantas nutricias de los licénidos y satirinos españoles (Lepidoptera: Lycaenidae y Nymphalidae). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, 21(1-2): 29-53.
- NIEVES-ALDREY, J.L., GÓMEZ, J.F., HERNÁNDEZ, M.P. y LOBO, J.M., 2006. Los Cynipidae (Hymenoptera) de la Comunidad de Madrid : lista anotada, mapas de distribución, riqueza y estatus de conservación. *Graellsia*, 62: 371-402.
- PAYNE, K. y STOCKWELL, D.R.B., 2003. *GARP Modelling System User's Guide and Technical Reference*. 54 pp.

- PETERSON, A.T., 2003a. Projected climate change effects on Rocky Mountain and Great Plains birds: generalities of biodiversity consequences. *Global Change Biology*, 9: 647-655.
- PETERSON, A.T., 2003b. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modelling. *The quarterly review of biology*, 784: 419-433.
- PETERSON, A.T. y STOCKWELL, D.R.B., 2002. Distributional prediction based on ecological niche modelling of primary occurrence data. Scott, J.M., Heglund, P.J., Morrison, M., Raphael, M., Haufler, J. Wall, B. (eds.). *Predicting Species Occurrences: Issues of Scale and Accuracy*. Island Press, Covello, CA. pp. 614-617.
- PETERSON, A.T. y HOLT, R.D., 2003. Niche differentiation in Mexican birds: using point occurrences to detect ecological innovation. *Ecology Letters*, 6: 774-782.
- PETERSON, A.T. y SHAW, J., 2003. Lutzomyia vectors for cutaneous leishmaniasis in Southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distributions, and climate change effects. *International Journal for Parasitology*, 33: 919-931.
- POLLARD, E., 1988. Temperature, rainfall and butterfly numbers. *Journal of Applied Ecology*, 25: 819-828.
- RAXWORTHY, C.L., MARTÍNEZ-MEYER, E., HORNING, N., NUSSBAUM, R.A., SCHNELDER, G.E., ORTEGA-HUERTA, M.A. y PETERSON, A. T., 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*, 426: 837-841.
- RAMOS, M.A., LOBO, J.M. y ESTEBAN, M., 2001. Ten years inventorying the Iberian fauna: results and perspectives. *Biodiversity and Conservation*, 10: 19-28.
- RAMOS, M.A., LOBO, J.M. y ESTEBAN, M., 2002. Riqueza faunística de la península Ibérica e islas Baleares. El proyecto 'Fauna ibérica'. Pp.: 197-207 en F.D. Pineda, J.M. de Miguel, M.A. Casado y J. Montalvo, (eds.), *La diversidad biológica en España*. Prentice Hall, Madrid.
- ROMO, H. y GARCIA-BARROS, E., 2005. Distribución e intensidad de los estudios faunísticos sobre mariposas diurnas en la Península Ibérica e islas Baleares (Lepidoptera, Papilionoidea y Hesperioidea). *Graellsia*, 61(1): 37-50.
- SCACHETTI-PEREIRA, R., 2003. *Desktop GARP User's Manual version 1.1.6*. University of Kansas Biodiversity Research Center. <http://beta.lifemapper.org/desktopgarp/>
- SOBERÓN, J., GOLUBOV, J. y SARUKHÁN, J., 2001. The importance of Opuntia in Mexico and routes of invasion and impact of cactoblastis cactorum (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist*, 84(4): 486-492.
- SOBERÓN, J. y PETERSON, A.T., 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2: 1-10.
- SOBERÓN, J. y LLORENTE, J., 1993. The use of Species Accumulation Functions for the Prediction of Species Richness. *Conservation Biology*, vol 7 n° 3: 480-488.
- STATSOFT, INC., 2004. *STATISTICA (data analysis software system)*. Versión 6. www.statsoft.com
- STEFANUESCU, C., HERRANDO, S. y PÁRAMO, F. 2004. Butterfly species richness in the north-west Mediterranean Basin: the role of natural and human-induced factors. *Journal of Biogeography*, 31: 905-915.
- STOCKWELL, D.R.B. y NOBLE, I.R., 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. *Mathematics and Computers in Simulation*, 33: 385-390.
- STOCKWELL, D.R.B. y PETERS, D., 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*, 13(2): 143-158.
- STOCKWELL, D.R.B. y PETERSON, A.T., 2002a. Controlling bias during predictive modelling *Boln. Asoc. esp. Ent.*, 30 (3-4): 25-49, 2006

- with museum data. In: Scott, J.M., Heglund, P.J., Morrison, M., Raphael, M., Haufler, J. Wall, B. (eds.). *Predicting Species Occurrences: Issues of Scale and Accuracy*. Island Press, Covello, CA. pp. 537-546.
- STOCKWELL, D.R.B. y PETERSON, A.T., 2002b. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling*, 148 (1): 1-13.
- STOCKWELL, D.R.B., BEACH, J.H., STEWART, A., VORONTSOV, G., VIEGLAIS, D. y SCACHETTI-PEREIRA, R., 2006. The use of GARP genetic algorithm and Internet grid computing in the Lifemapper world atlas of species biodiversity. *Ecological Modelling*, 195: 139-145.
- SUTHERST, R.W. y MAYWALD, G.F., 1985. A computerised system for matching climates in ecology. *Agriculture Ecosystems and Environment*. **13**, 281-299.
- TOLMAN, T. y LEWINGTON, R., 2002. *Guía de las mariposas de España y Europa*. Lynx Edicions. Barcelona, España. 320 pp.
- VERDÚ, J.R. y GALANTE, E., 2006. *Libro Rojo de los Invertebrados de España*. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- WALKER, P.A. y COCKS, K.D., 1991. HABITAT- A procedure for modeling a disjoint environmental envelope for a plant or animal species. *Global Ecology and Biogeography Letters*, **1**: 108-118.
- WITTMANN, E.J., MELLOR, P.S. y BAYLIS, M., 2001. Using climate data to map the potential distribution of *Culicoides imicola* (Diptera: Ceratopogonidae) in Europe. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 20(3): 731-740.

