



ARTÍCULO ORIGINAL

Modelación de la distribución potencial de mariposas endémicas cubanas (Lepidoptera: Papilionoidea)

Modelling of potential distribution of Cuban endemic butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea)

Laura Azor Hernández^{1*} y Alejandro Barro Cañamero²

¹ Instituto de Geografía Tropical,
La Habana, Cuba

² Departamento Biología Animal y
Humana, Facultad de Biología,
Universidad de La Habana, Cuba

* Autor para correspondencia:
laurazor1987@gmail.com

RESUMEN

La modelación de distribución de especies (SDM) permite cuantificar y extrapolar la distribución conocida a partir de las relaciones especie-ambiente. Las mariposas son un grupo altamente biodiverso que funciona como indicador biológico. El estudio de la distribución potencial en este grupo tiene importancia para la conservación. El presente trabajo constituye el primer estudio de SDM de mariposas en Cuba. Para su confección se recopilaron datos de muestreos realizados en el período entre 1992 y 2013, en 116 localidades distribuidas en todo el país y se modeló la distribución potencial de 30 formas endémicas de mariposas, con entre 4 y 50 datos de presencia. Para ello fue utilizado el método de Máxima Entropía. Las variables climáticas y el Modelo de Elevación Digital se extrajeron de la base de datos *WorldClim*. Para la selección de cada variable se consideró su importancia sobre el ciclo de vida del grupo estudiado, además se realizó una correlación de Pearson y se eliminaron aquellas con una correlación mayor que 0,7. También se utilizó el mapa de vegetación de Cuba. Para la obtención de mapas binarios se escogió un umbral fijo del 10 %. En la elaboración de los mapas de riqueza se emplearon aquellos modelos con un AUC mayor que 0,7 y una tasa de omisión menor del 25 %. El mapa de riqueza de endemismos tuvo valores de entre 0 y 26 formas endémicas. La mayor parte del área de Cuba presentó valores mínimos de riqueza de endemismos, mientras que la riqueza máxima ocupó un 4,97 % del área total de la isla y se concentró en las zonas montañosas del centro y el oriente del país. La mayoría de los endemismos tuvo una amplia distribución. La mayor parte de los endemismos con distribución restringida estuvieron a nivel de especies. Las áreas de mayor riqueza de especies, se encuentran en las montañas del centro y el oriente del país. La mayoría de las subespecies presentaron una amplia distribución. Los endemismos con distribución restringida presentaron un mayor valor de

Recibido: 2014-07-11

Aceptado: 2014-12-29

AUC, una menor tasa de omisión, una menor desviación estándar y una menor área predicha respecto a los de amplia distribución. Un 52,49 % de las áreas con riqueza máxima de endemismos no se encontraron bajo ninguna categoría de protección. Un 74,55 % de las áreas ocupadas por un número máximo de formas endémicas y un 67,83 % de los sitios con número máximo de especies no estuvieron incluidos en áreas protegidas con menos intervención humana (Reservas Naturales, Parques Nacionales y Reservas Ecológicas). Resulta imprescindible la inclusión de este taxón en el establecimiento de prioridades para la conservación. La incorporación de mariposas endémicas en el plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas para el 2014 constituye una de las primeras medidas concretas para la conservación de este grupo de insectos cubanos.

Palabras clave: Maxent, Conservación Biológica, Modelación de nicho ecológico

ABSTRACT

Species distribution modelling (SDM) makes possible quantification and extrapolation of known distributions based on species-environment relationships. Butterflies are a highly diverse group, commonly used as biological indicators. Potential species distribution studies in this group are important for conservation. Present work is the first SDM study made on butterflies in Cuba. To obtain present results, field data taken between 1992 and 2013 were compiled, from 116 study sites placed all over the country. The potential distribution of 30 butterfly endemic forms was obtained having from 4 to 50 occurrence data by using Maximum Entropy method. Climate variables and digital elevation model were extracted from WorldClim database. For the selection of each environmental variable, its impact on life cycle of the group was considered. A Pearson correlation was performed and variables with a correlation higher than 0.7 were eliminated. A Cuban vegetation map was also used. For binary maps a fixed cumulative threshold of 10 % was chosen. For generating butterfly richness maps, models with AUC values higher than 0.7 and an omission rate values lower than 25% were used. The species richness map had values per pixel between 0 and 26 endemic forms. A greater part of Cuban area was occupied by minimum richness values. Maximum endemic richness values were present in only a 4.97 % of main area, and were located in Central and Eastern mountains of Cuba. Most endemics had a wide potential distribution. Most butterflies with restricted potential distribution were at species level. High species richness areas were located in Central and Eastern mountains in Cuba. Most subspecies had wide potential distributions. Endemics with restricted potential distribution showed higher AUC values, lower omission rates, lower standard deviation and a smaller predicted area. A 52.49 % of high richness areas were not under any category of protection. A 74.55% of areas occupied by a maximum endemics values and a 67.83 % of places with maximum species values were not included in any protected area with low human intervention (Natural Reserves, National Parks and Ecological Reserves). Incorporation of endemic butterflies in the establishment of conservation priorities is fundamental. This is being taken into account by including some endemic butterflies in the management strategy of the National System of Protected Areas for 2014, which is one of the first concrete actions in the conservation of this insect group in Cuban.

Keywords: Maxent, Biological Conservation, Niche Ecological Modelling

INTRODUCCIÓN

El conocimiento preciso de las áreas de distribución de las especies constituye la base para el estudio de su ecología, biogeografía y evolución (Jayat y Pacheco, 2005). Actualmente es frecuente utilizar la modelación para este tipo de estudios, ya que permite extra- polar información puntual a partir de las relaciones especie-ambiente, así como cuantificar relaciones que previamente se habían tratado sólo de forma cualitativa (Elith y Leathwick, 2009). Esta cuantificación de las relaciones especie-ambiente representa el núcleo de modelación geográfica predictiva en ecología (Guisan y Zimmerman, 2000).

Existen varios trabajos que han utilizado la modelación de distribución de especies (SDM, por sus siglas en inglés) para el estudio de la distribución de las mariposas (Oberhauser y Peterson, 2003; Adae-Wireko, 2008; Lütolf *et al.*, 2009). Esto es de utilidad para la Biología de la Conservación ya que el orden Lepidoptera es altamente biodiverso (Mallet, 2013). En particular las mariposas, con cerca de 20 000 especies, representan el grupo más grande de invertebrados cercano a tener un inventario completo (Kristensen *et al.*, 2007). Por otro lado, según los criterios de Noss

(1990), estos insectos pueden ser utilizados como indicadores biológicos.

Debido a que las mariposas funcionan como un reflejo de lo que ocurre en el ecosistema, conocer cómo se distribuyen y los factores ambientales de los que dependen tiene aplicaciones en varios campos de la Ecología (Smith *et al.*, 1994). Las formas endémicas constituyen un grupo muy valioso, por representar taxones exclusivos de un territorio, que han evolucionado en relación con las características ambientales del lugar y se han adaptado a ellas (Begon *et al.*, 2006).

Se conocen pocas publicaciones que contengan información acerca de la distribución de las mariposas cubanas (Alayo y Hernández, 1987; Fontenla, 1992; Fontenla y Cruz, 1992; Smith *et al.*, 1994; Barro y Núñez, 2011; Núñez y Barro, 2012). En todos los casos se describe la distribución puntual de las especies, en cambio, las relaciones especie-ambiente se tratan de forma cualitativa. Núñez *et al.* (2012) muestran con precisión la ubicación geográfica de las especies descritas, pero no hay ningún estudio que extrapole los datos de presencia de especies a sitios que no se hayan visitado. La SDM representa una ventaja para el estudio y manejo de las poblaciones de lepidópteros cubanos. Sin embargo, la literatura antes mencionada constituye la base sobre la que se sostienen los estudios ecológicos, de historia natural y ciclo de vida de este orden en el país.

La distribución de los endemismos de mariposas ha sido tratada anteriormente por Fontenla (1992) y Fontenla y Cruz (1992). Fontenla (1992) estudió la distribución de las mariposas en Cuba y encontró que los endemismos tienen distribuciones geográficas y ecológicas restringidas. Fontenla y Cruz (1992) trabajaron con datos de localidades ubicadas mayormente en el occidente y el oriente del país. Estos autores encontraron que la mayoría de las especies endémicas tenían una distribución nacional, y que las de distribución restringida estaban asociadas a las zonas montañosas de Guamuhaya y de la región oriental. La mayoría de las subespecies también tuvieron una amplia distribución en Cuba. Fontenla y Cruz (1992) sugieren que las especies tienden a tener una distribución parcheada debido a la baja proporción observada de localidades ocupadas en sentido global. Estos autores también obtuvieron que existen distintos grupos de especies en las zonas montañosas y las no montañosas, mientras que las subespecies parecieron tener

una distribución homogénea entre ambos territorios. Además del relieve, la estructura del hábitat fue otra variable que estuvo relacionada con la composición de los ensambles de mariposas endémicas de Cuba. Los hábitat más complejos y diversos estructuralmente presentaron mayor representatividad de endemismos.

Existen especies y subespecies endémicas de mariposas cubanas que se encuentran amenazadas (Núñez y Barro, inédito). Algunas de ellas están en peligro crítico (*Anetia pantherata clarescens*, *Chioides marmorosa*, *Eunica heraclitus*, *Holguinia holguin*, *Oarisma bruneri* y *Pseudochrysops bornoi yateritas*), mientras que otras están clasificadas como vulnerables (*Anetia cubana*, *Atlantea perezii*, *Calisto israeli*, *Lycorea halia demeter* y *Dianesia carteri ramsdeni*). La mayoría de estos endemismos se encuentran en zonas montañosas o se distribuyen de forma fragmentada en todo el país. Solo *Anetia pantherata clarescens* es exclusiva de áreas costeras y su distribución está restringida a la península de Guanahacabibes (Alayo y Hernández, 1987).

Muchas variables ambientales pueden influir en la distribución de las poblaciones de mariposas, entre ellas están la vegetación (Summerville y Crist, 2008), la temperatura (Kocsis y Hufnagel, 2011), las precipitaciones (Williams, 2008) y la altura (Fleishman *et al.*, 1999). La SDM es una herramienta que permite la elaboración de mapas de distribución potencial de los taxones, tomando en cuenta las relaciones especie-ambiente (Guisan y Zimmerman, 2000). Los resultados obtenidos mediante el uso de esta herramienta pueden ser de gran utilidad para dar prioridad de conservación a distintos ecosistemas. Sin embargo, la SDM no ha sido utilizada anteriormente en el estudio de la distribución de endemismos de mariposas en Cuba. Así, este trabajo se propone describir la riqueza de endemismos de mariposas cubanas, su distribución potencial y la relación que presentan con las diferentes categorías de protección del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la confección del presente trabajo se recopilaron datos de muestreos realizados en el período comprendido entre los años 1992 y 2013, en localidades distribuidas en todo el país (Fig. 1). Como resultado de esta recopilación se registraron listas de especies



Figura 1: Localidades con datos de presencia conocida de endemismos de mariposas cubanas incluidas en este estudio. Período de muestreo: de 1992 a 2013. El sistema de referencia es: Latitud/Longitud, WGS 84.

Figure 1: Localities with known presence data of Cuban butterflies endemics included in this study. Surveys period: from 1992 to 2013. Reference system: Latitude/Longitude, WGS 84.

de 116 sitios, que representan la variabilidad existente en los distintos hábitats presentes en Cuba. En total fueron revisados seis artículos (Núñez y Barro, 2003; Núñez, 2004, 2010; Fernández, 2007; Núñez *et al.*, 2012), cuatro inventarios biológicos rápidos (Fong *et al.* 2005; Díaz *et al.*, 2006; Maceira *et al.*, 2005; Maceira *et al.* 2006) y una tesis de diploma (Rodríguez, 2012). Además se utilizaron listas inéditas y registros en la colección del Instituto de Ecología y Sistemática (La Habana, Cuba), comprendidos en el período de estudio seleccionado. Para la taxonomía se siguieron los criterios de Lamas (2004) y Warren *et al.* (2011).

Se modeló la distribución potencial de 30 endemismos: 15 especies (que representan el 48,39% del total de especies endémicas de Cuba) y 15 subespecies (que representan el 42,86% del total de subespecies endémicas de Cuba). Para ello se utilizó el método de Máxima Entropía (Phillips *et al.*, 2006). Los ejemplares que conformaron esta muestra son representantes de cuatro de las seis familias presentes en el país (Nymphalidae, HesperIIDae, Papilionidae y Pieridae, ordenados según el número de endemismos utilizados en este estudio) y su distribución abarca los 116 sitios de muestreo. Esta selección se realizó tomando en cuenta los endemismos que contaban con suficientes datos de presencia, de forma tal que en la muestra se representara el rango ecológico en que habitan (Elith y Leathwick, 2009). Las formas endémicas seleccionadas tuvieron entre 4 y 50 datos de presencia, siguiendo los criterios que proponen Hernández *et al.* (2006).

Para la confección de los mapas de puntos de presencia de las especies y subespecies estudiadas se utilizaron hojas cartográficas georreferenciadas de escala de 1:50 000, confeccionadas por el Instituto de Geodesia y Cartografía (Cuba), el mapa de Áreas Protegidas [Instituto de Geografía Tropical (IGT)- Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP), 2009], el mapa hidrográfico (IGT- CNAP, 2009) y el busca-localidades (Gerhartz, 2007). Aquellos sitios con presencia conocida de formas endémicas que no contaban con una ubicación geográfica exacta, fueron localizados en los mapas anteriores. Mediante el uso de solo un mapa o la superposición de varios, la persona que realizó los muestreos les asignó coordenadas geográficas a dichas localidades con el programa *MapInfo Professional* versión 10.5, que también fue utilizado para generar los archivos por especie en el formato necesario para la modelación.

Las variables climáticas se extrajeron de la base de datos *WorldClim* (Hijman *et al.*, 2005). También fue utilizado el Modelo de Elevación Digital (DEM, por sus siglas en inglés) incluido en esta base de datos. Con el objetivo de eliminar aquellas variables que aportaran la misma información a los modelos, se realizó una correlación de Pearson entre las capas, con el programa *ENMTools* versión 1.2 y se eliminaron aquellas con una correlación mayor que 0,7 (Johnson *et al.*, 2002). Para la selección también se tomó en cuenta la importancia de cada factor climático sobre el ciclo de vida del taxón estudiado. Así, de las 19 variables climáticas del *WorldClim* se utilizaron cinco: la temperatura media anual, la temperatura media del rango diurno y el coeficiente de variación estacional de temperatura,

que afectan directamente el desarrollo del ciclo de vida de los insectos (Mellanby, 1939; Kubo *et al.*, 2009) y la precipitación anual y la precipitación del mes más seco que influyen en la vegetación, lo que determina la calidad y cantidad de alimento disponible para las mariposas (Summerville y Crist, 2008).

Para incluir la vegetación en los modelos se utilizó el mapa de tipos de vegetación de áreas naturales y seminaturales confeccionado por Estrada (2010). Este mapa sigue la clasificación de Capote y Berazaín (1984). La estandarización del tamaño de pixel, las coordenadas de inicio y el tamaño de mapa se realizaron en el programa *ENVI* versión 4.8. Este mapa toma en cuenta 47 tipos de formaciones vegetales presentes en Cuba.

Los SDM fueron elaborados en el programa *Maxent*, versión 3.3.3a. Para cada endemismo se construyó un modelo con un máximo de 50 réplicas que luego fueron promediadas. Los procesamientos posteriores se realizaron con el mapa promedio. La técnica de remuestreo utilizada fue la validación cruzada. Se tomó el valor del área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) para conocer la calidad predictiva del modelo. Tomando en cuenta lo sugerido por Lobo *et al.*, (2007) también se consideró la tasa de omisión obtenida para el umbral utilizado. Para la obtención de mapas binarios se escogió un umbral fijo que excluye el 10% de los valores más bajos de probabilidad de presencia (Pearson *et al.*, 2007). El resto de los parámetros utilizados fueron los sugeridos automáticamente por el

programa. La elaboración de los mapas binarios se realizó en el programa *ArcGis* versión 9.3. El mapa de riqueza de formas endémicas se elaboró sumando los mapas binarios resultantes de aquellos modelos con un AUC mayor que 0,7 y una tasa de omisión menor del 25%. Se obtuvieron cuatro modelos que no cumplían con estos requisitos y fueron desechados. En total fueron sumados 26 mapas de especies y subespecies endémicas de mariposas. Todos los mapas que se incluyen en el documento están en coordenadas geográficas (Latitud/Longitud) y su *datum* es WGS 84.

Para estimar el área de distribución potencial en cada modelo se calculó la razón entre el número de píxeles de presencia y el total de píxeles (un pixel es igual a 860 m x 860 m). Aquellos modelos mayores a 0,3 se consideraron especies de amplia distribución, mientras que modelos con valores menores se consideraron de distribución restringida. Se consideró que existía una riqueza máxima cuando el número de endemismos por pixel eran igual o mayor a un 80% del total, mientras que se consideraron valores medios cuando se encontraban entre el 50% y el 79% del total de endemismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies y subespecies endémicas de mariposas cubanas consideradas en este estudio están ampliamente distribuidas en toda la isla (Fig. 2). El mapa de riqueza de endemismos obtenido mostró valores por

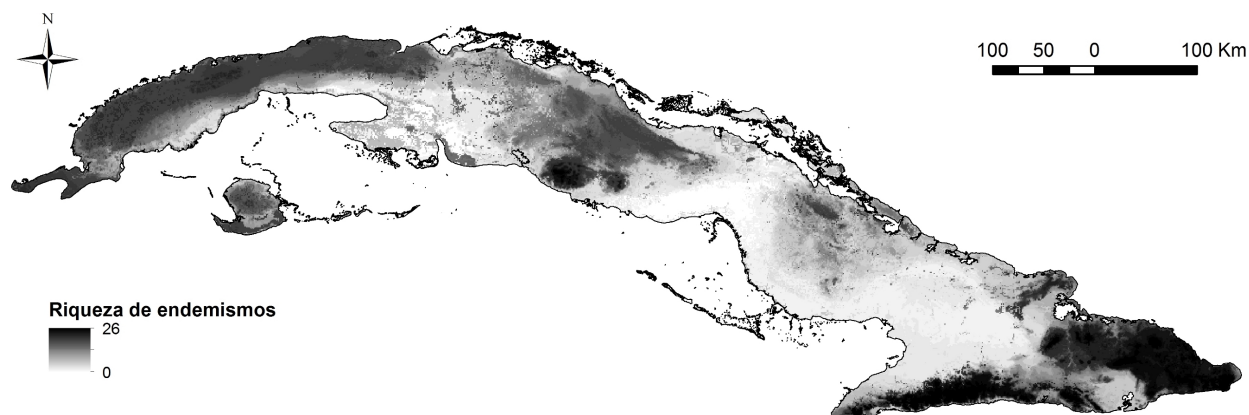


Figura 2: Riqueza potencial de endemismos de mariposas cubanas obtenida a partir de la suma de 26 mapas de distribución potencial de especies y subespecies de mariposas endémicas. *El sistema de referencia es: Latitud/Longitud, WGS 84.*

Figure 2: Potential Cuban butterfly endemics richness obtained by adding of 26 maps of potential distribution of butterfly endemics species and subspecies. Latitude/Longitude, WGS 84.

pixel entre 0 y 26 formas endémicas. El 68,98% de la superficie estuvo ocupada por valores mínimos de riqueza de formas endémicas (entre 0 y 13 endemismos/pixel) y estuvieron presentes al sur de las provincias occidentales y centrales, así como en Matanzas, Villa Clara, al sur de Sancti Spíritus y la región centro-oriental, incluyendo también el norte de Granma, el oeste de Holguín y la parte central de Santiago de Cuba y Guantánamo (Fig. 3).

Los valores medios de riqueza de endemismos (de 14 a 21 endemismos/pixel) abarcaron un 26,05% del área total de Cuba, y se encontraron en la península

de Guanahacabibes, al centro y norte de las provincias occidentales, en el centro y el sur de la Isla de la Juventud, en la provincia de Sancti Spíritus, al este de Holguín y al noroeste de Guantánamo. La mayor riqueza (de 22 a 26 endemismos/pixel) ocupó un 4,97% del área total de Cuba y se concentró en las zonas montañosas del centro y el oriente del país, lo que se observa al superponer el mapa de mayor riqueza de endemismos con el DEM, donde las áreas de riqueza máxima estuvieron ubicadas en el macizo Guamuhaya en la región central de Cuba y la Sierra Maestra y el grupo Nipe-Sagua-Baracoa en el oriente (Fig. 4).

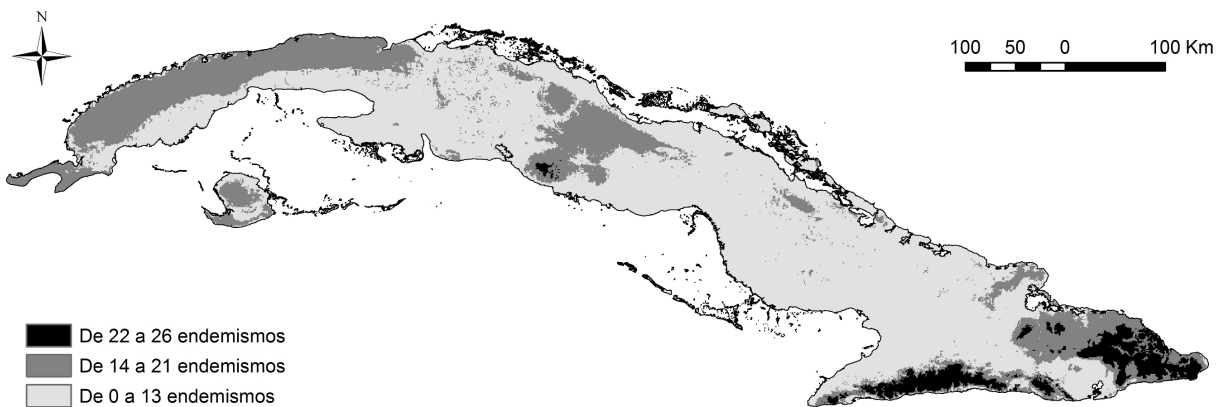


Figura 3: Riqueza potencial mínima (0-13 endemismos), media (14-21 endemismos) y máxima (22-26 endemismos) de endemismos de mariposas cubanas obtenida a partir de la clasificación de la riqueza potencial de especies y subespecies de mariposas endémicas. El sistema de referencia es: Latitud/Longitud, WGS 84.

Figure 3: Minimum (0-13 endemics), medium (14-21 endemics) and maximum (22-26 endemics) potential richness of Cuban butterfly endemics obtained using classified potential richness maps of Cuban butterflies species and subspecies. Reference system: Latitude/Longitude, WGS 84.

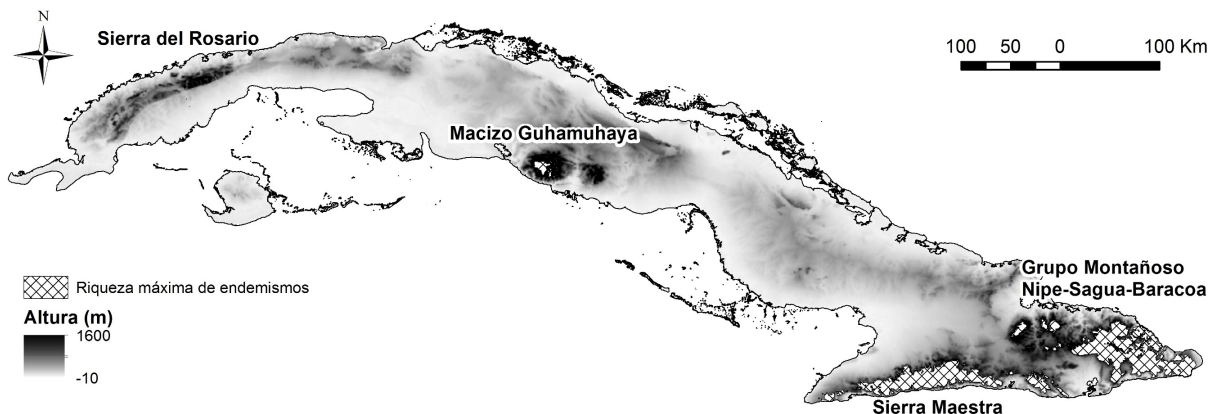


Figura 4. Riqueza potencial máxima (22-26 endemismos) de endemismos de mariposas cubanas obtenida a partir de la clasificación del mapa de riqueza potencial de especies y subespecies de mariposas endémicas. El mapa de riqueza potencial máxima está superpuesto con el modelo de elevación digital obtenido de la base de datos WorldClim (Hijman et al., 2005). Período de muestreo: de 1992 a 2013. Sistema de referencia: Latitud/Longitud, WGS 84.

Figure 4. Maximum potential richness (22-26 endemics) of Cuban butterfly endemics obtained using a classified potential richness map of endemic butterfly species and subspecies. Maximum potential richness is above digital elevation model obtained from WorldClim database (Hijman et al., 2005). Surveys period: from 1992 to 2013. Reference system: Latitude/Longitude, WGS 84.

De los 30 modelos obtenidos, 26 tuvieron valores de AUC mayores que 0,7 y una tasa de omisión menor que el 25% (Tabla I). Tres especies: *Eantis papinianus* (familia HesperIIDae), *Eurytides celadon* (familia Papilionidae) y *Libytheana motya* (familia Nymphalidae) y una subespecie: *Burca b. braco* (familia HesperIIDae) fueron excluidos de análisis posteriores, debido a que sus modelos de distribución potencial no presentaron la capacidad de predicción adecuada.

Tomando en cuenta la proporción de área de distribución potencial que ocupa cada endemismo, la mayoría tuvo una amplia distribución en la isla (Tabla I). Del total de endemismos, 10 presentaron una distribución potencial restringida, mientras que 16 tuvieron una amplia distribución potencial. La mayor parte de las mariposas con distribución restringida se encontraron a nivel de especies. En el mapa de distribución potencial de las especies se observa que las áreas de mayor riqueza específica (más de 10 especies) están ubicadas en zonas aisladas, en las zonas montañosas del centro y el oriente del país (Fig. 5 A). Los menores valores de riqueza específica se presentaron en la Ciénaga de Zapata, al sur de Sancti Spiritus y Ciego de Ávila, en el centro y sur de Las Tunas, al norte de Granma y al oeste de Holguín.

La mayoría de las subespecies presentaron una amplia distribución (Tabla I). En el mapa de riqueza subespecífica, las zonas con más de 10 subespecies abarcan una mayor área en la isla (Fig. 5 B). Estas áreas se observaron en la península de Guanahacabibes, al norte de las provincias occidentales, al sur de la Isla de la Juventud, al sureste de Cienfuegos, en Villa Clara, al norte de Sancti Spiritus, al norte de Camagüey, al sur de Granma y Santiago de Cuba, al sureste de Holguín y en la mayor parte de Guantánamo. En Matanzas, Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas, al oeste de Holguín, al norte de Granma, en el centro de Santiago de Cuba y al suroeste de Guantánamo, se observaron zonas con una riqueza subespecífica mínima.

Los modelos de las formas endémicas de distribución restringida (con un área predicha menor que 0,3) presentaron valores más altos del AUC. De los 10 endemismos que presentaron distribución potencial restringida, 9 presentaron AUC mayores que 0,9. Para los endemismos de amplia distribución potencial, la mayoría de los valores de AUC se encontró por debajo de 0,9. Algo similar ocurrió con el porcentaje de omisión, que en la mayoría de los casos fue menor para endemismos de distribución potencial restringida.

Tabla I: Área bajo la curva (AUC), desviación estándar (DS), tasa de omisión (%) y valores de área predicha/área total (AP/AT) obtenidas en la modelación de distribución de especies y subespecies de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) endémicas de Cuba. Los números señalados (*) corresponden a las especies de amplia distribución.

Table I. Area under the curve (AUC), Standard deviation (DS), omission rate (%) and predicted area/total area values (AP/AT) obtained during species and subspecies distribution Modelling of Cuban endemic butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea). Signalized numbers (*) are correspondent with wide distribution species.

PAPILIONOIDEA	AUC (± DS)	Omis (%)	AP/AT
HESPERIIDAE			
1. <i>Astraptus cassander</i>	0,956(±0,025)	0	0,45*
2. <i>Astraptus h. habana</i>	0,863(±0,217)	13	0,31*
3. <i>Burca b. braco</i>	0,260(±0,178)	40	-
4. <i>Eantis papinianus</i>	0,647(±0,322)	25	-
5. <i>Proteides maysi</i>	0,759(±0,263)	18	0,70*
6. <i>Pyrrhocalles antiqua orientis</i>	0,843(±0,236)	11	0,36*
PAPILIONIDAE			
7. <i>Battus polydamas cubensis</i>	0,824 (±0,240)	19	0,41*
8. <i>Eurytides celadon</i>	0,686(±0,396)	30	0,65*
9. <i>Heraclides caiguanabus</i>	0,730(±0,291)	23	0,63*
10. <i>Heraclides thoas oviedo</i>	0,853(±0,237)	13	0,28
11. <i>Parides g. gundlachianus</i>	0,944(±0,045)	8	0,12
PIERIDAE			
12. <i>Dismorphia cubana</i>	0,936(±0,125)	10	0,58*
13. <i>Phoebis avellaneda</i>	0,795(±0,25)	13	0,60*
14. <i>Pyrisitia d. dina</i>	0,790(±0,287)	18	0,45*
NYMPHALIDAE			
15. <i>Anartia chrysopelea</i>	0,722(±0,274)	18	0,51*
16. <i>Anetia cubana</i>	0,990(±0,019)	14	0,05
17. <i>Archaeoprepona demophaon crassina</i>	0,838(±0,195)	16	0,39*
18. <i>Atlantea perezii</i>	0,967(±0,022)	0	0,30
19. <i>Calisto bradleyi</i>	0,981(±0,008)	0	0,10
20. <i>Calisto herophile</i>	0,852(±0,178)	10	0,35*
21. <i>Calisto israeli</i>	0,997(±0,004)	0	0,13
22. <i>Calisto muripetens</i>	0,999(±0,001)	0	0,01
23. <i>Calisto smintheus</i>	0,997(±0,003)	0	0,02
24. <i>Doxocopa laurae druryi</i>	0,708(±0,327)	24	0,53*
25. <i>Dryas iulia nudeola</i>	0,813(±0,257)	16	0,50*
26. <i>Greta cubana</i>	0,989(±0,018)	6	0,02
27. <i>Libytheana motya</i>	0,680(±0,327)	29	-
28. <i>Lucinia sida sida</i>	0,700(±0,312)	25	0,60*
29. <i>Lycorea halia demeter</i>	0,966(±0,034)	0	0,28
30. <i>Marpesia e. eleuhea</i>	0,814(±0,261)	20	0,43*

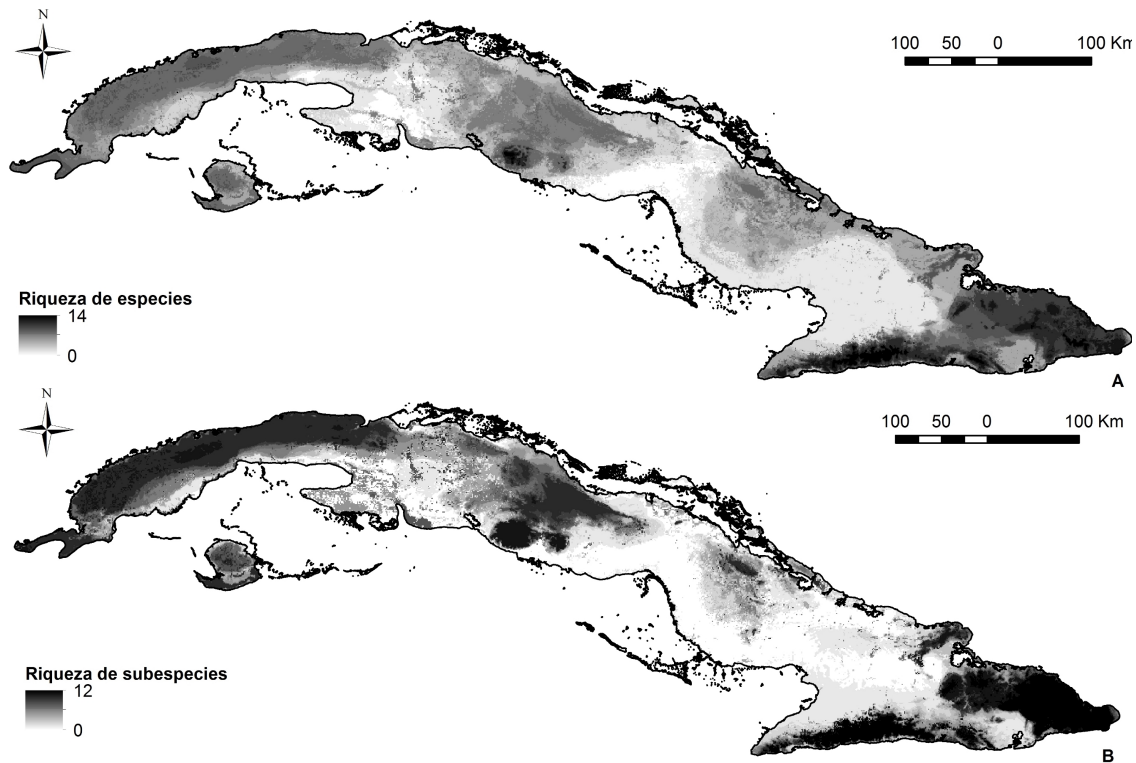


Figura 5. Riqueza potencial de especies (A) y subespecies (B) de endemismos de mariposas cubanas obtenida a partir de las sumas de mapas de distribución potencial de 14 especies (en A) y 12 subespecies (en B) de mariposas endémicas de Cuba. Período de muestreo: de 1992 a 2013. Sistema de referencia: Latitud/Longitud, WGS 84.

Figure 5. Cuban butterfly endemic species (A) and subspecies (B) potential richness obtained by adding potential distribution maps of 14 species (A) and 12 subspecies (B) of Cuban butterfly endemics. Surveys period: 1992 to 2013. Reference system: Latitude/Longitude, WGS 84.

Las menores desviaciones estándares se observaron en los modelos de mayor valor de AUC. Así, los endemismos de distribución restringida presentaron un mayor valor de AUC, una menor tasa de omisión, una menor desviación estándar y una menor área predicha (Tabla I).

Las áreas de riqueza máxima de endemismos de mariposas estuvieron parcialmente superpuestas con las áreas protegidas. Aunque la riqueza de endemismos incluyó sólo a una muestra del total de especies y subespecies endémicas de la superfamilia Papilionoidea, un 52,49% de los sitios con número máximo de formas endémicas no se encontró bajo ninguna categoría de protección. De igual forma un 46,37% de las áreas con mayor riqueza específica no se encontró incluido en áreas protegidas.

Un 74,55% de las áreas ocupadas por un número máximo de formas endémicas no está incluido en las áreas protegidas con menor intervención humana (las Reservas Naturales, los Parques Nacionales y las Reservas Ecológicas). En el macizo Guamuhaya en la parte central de Cuba se observa que en la Reserva Ecológica Pico San Juan queda

excluida una gran parte del área de número máximo de endemismos (Fig. 6 A).

En el oriente del país, en la Sierra Maestra, alrededor de los Parques Nacionales Turquino y La Bayamesa, así como alrededor de las áreas protegidas presentes en el grupo Nipe-Sagua-Baracoa, se observan áreas de riqueza máxima de endemismos que no están incluidas en ningún área protegida de acceso restringido (Fig. 6 B).

Al valorar exclusivamente las especies de mariposas estudiadas, se obtiene que el 68,82% de los sitios con número máximo de especies se encuentra fuera de los límites de las áreas protegidas con menor intervención humana. En el macizo Guamuhaya, en la parte central de Cuba, se observa que en la Reserva Ecológica Pico San Juan queda excluida una gran parte del área de número máximo de especies (Fig. 7 A). En el oriente del país, tanto en la Sierra Maestra, en el grupo Nipe-Sagua-Baracoa, se observan áreas con riqueza de especies máxima que no están consideradas dentro de estas categorías de protección (Fig. 7 B).

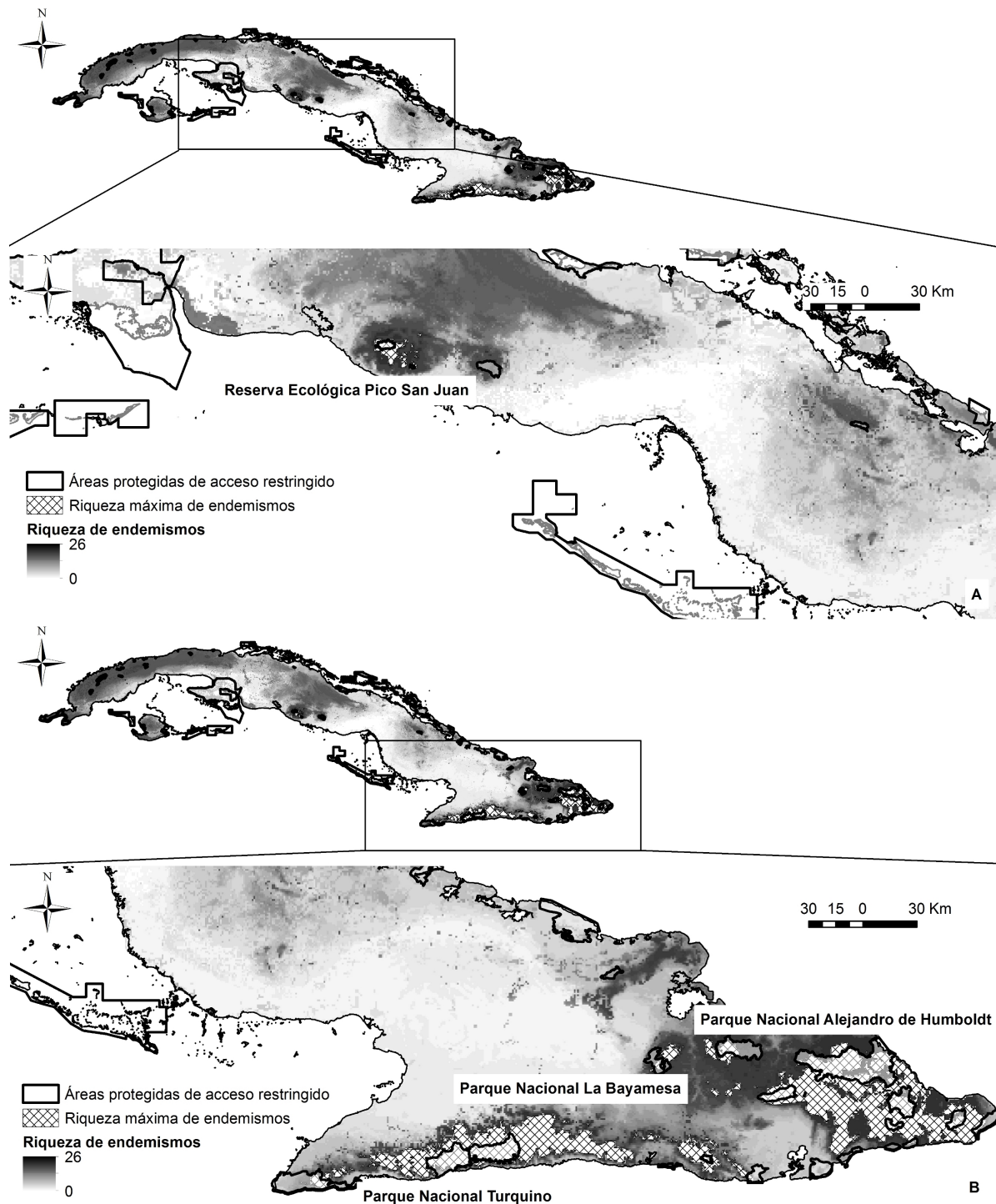


Figura 6. Riqueza potencial máxima (22-26 endemismos) de endemismos de mariposas cubanas de dos regiones de Cuba, centro (A) y oriente (B) obtenida a partir de la clasificación del mapa de riqueza potencial de especies y subespecies de mariposas endémicas. Superpuesto sobre el mapa de riqueza potencial se encuentra el mapa de áreas protegidas con menor intervención humana de estas regiones (Reservas Naturales, Parques Nacionales y Reservas Ecológicas) (Instituto de Geografía Tropical - Centro Nacional de Áreas Protegidas, 2009). Período de muestreo: de 1992 a 2013. Sistema de referencia: Latitud/Longitud, WGS 84.

Figure 6. Maximum potential distribution (22-26 endemics) of Cuban butterfly endemics in two Cuban regions: the center (A) and eastern (B) obtained using a classified potential distribution map of butterfly endemics species and subspecies. The map of low human intervention protected areas (Natural Reserves, National Parks and Ecological Reserves) (Institute of Tropical Geography- National Protected Areas Center, 2009) is over maximum potential distribution map. Surveys period: 1992 to 2013. Reference system: Latitude/Longitude, WGS 84.

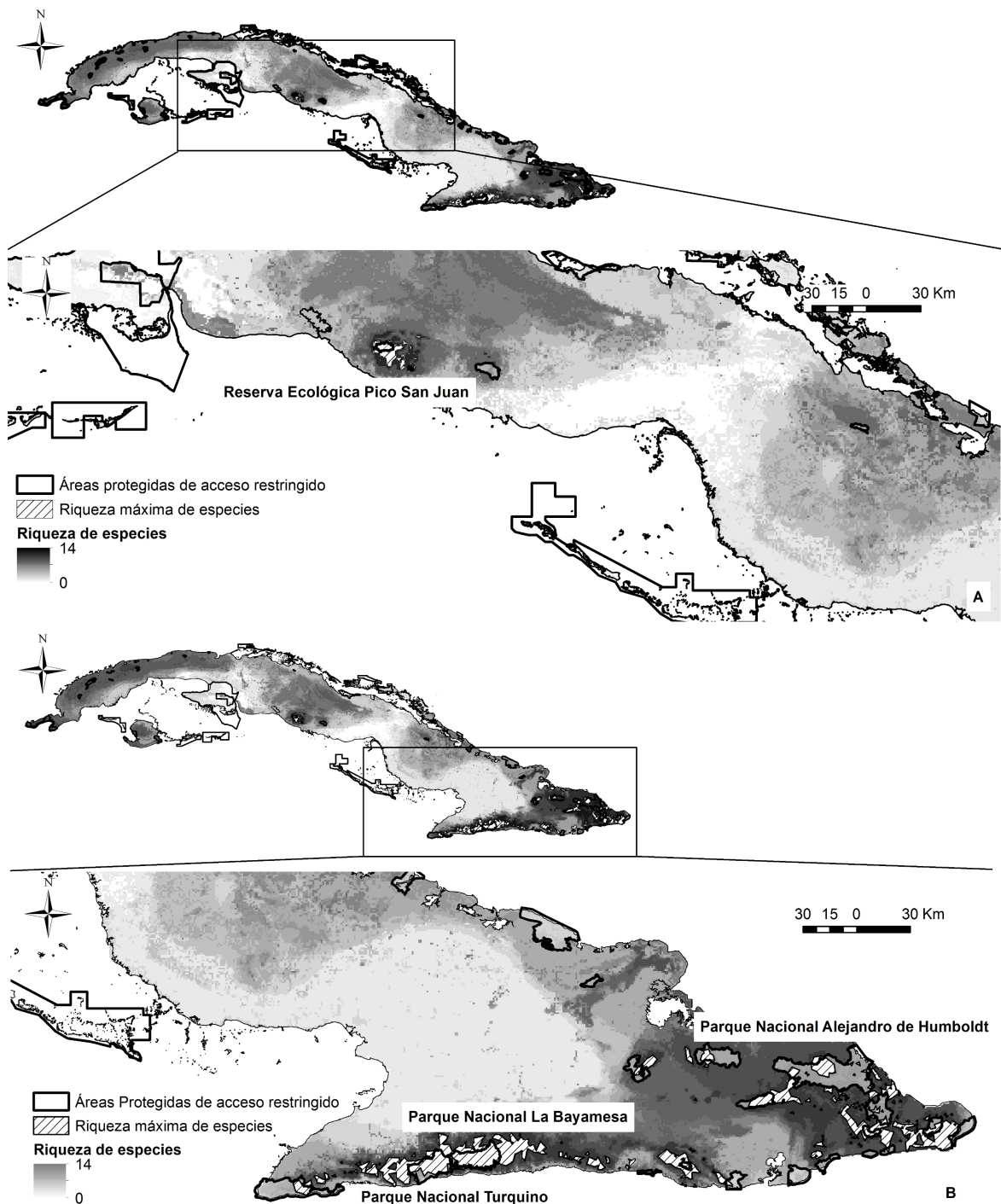


Figura 7. Riqueza potencial máxima (0-14 especies) de especies endémicas de mariposas cubanas de dos regiones de Cuba, centro (A) y oriente (B) obtenida a partir de la clasificación del mapa de riqueza potencial de especies de mariposas endémicas. Superpuesto sobre el mapa de riqueza potencial se encuentra el mapa de áreas protegidas con menor intervención humana de estas regiones (Reservas Naturales, Parques Nacionales y Reservas Ecológicas) (Instituto de Geografía Tropical-Centro Nacional de Áreas Protegidas, 2009). Período de muestreo: de 1992 a 2013. Sistema de referencia: Latitud/Longitud, WGS 84.

Figure 7. Maximum potential richness (0-14 species) of Cuban butterfly endemics in two Cuban regions: the center (A) and eastern (B) obtained using a classified potential distribution map of butterfly endemics species and subspecies. The map of low human intervention protected areas (Natural Reserves, National Parks and Ecological Reserves) (Institute of Tropical Geography- National Protected Areas Center, 2009) is over maximum potential distribution map. Surveys period: 1992 to 2013. Reference system: Latitude/Longitude, WGS 84.

DISCUSIÓN

Selección de datos y métodos de estudio

El número de sitios de estudio contemplados en esta investigación es alto si se compara con otros trabajos de distribución de mariposas a nivel de país [Fontenla (1992): 42 localidades y Fontenla y Cruz (1992): 29 localidades]. Al igual que la información procedente de colecciones, los datos provienen de diferentes fuentes, tienen diferentes esfuerzos de muestreos asociados y fueron tomados con distintos fines. Sin embargo, tanto las listas inéditas, como los inventarios biológicos rápidos y la información obtenida en colecciones entomológicas proviene de muestreos puntuales en el campo. Esto brinda homogeneidad a la muestra, ya que en este grupo se incluyeron más del 80% de las localidades. Mateo *et al.* (2011) comentan que es posible obtener resultados confiables al utilizar información con este tipo de sesgos si se toman en cuenta las características de los datos durante el procesamiento e interpretación de los resultados. En el presente estudio se valoraron tanto el tipo de dato con el que se trabajó como las resoluciones espaciales y temporales, así como las medidas de calidad de los modelos obtenidos. A continuación se describe cómo fueron consideradas ambas resoluciones en el procesamiento de los datos.

Para la realización de este trabajo se utilizaron datos de sólo presencia que, según Elith *et al.* (2006), pueden resultar en la elaboración de SDM con la calidad adecuada para ser utilizados en la toma de decisiones para la conservación. Para la selección de las especies y subespecies empleadas se tomó en cuenta que el rango ecológico de cada una estuviera representado en los sitios de estudio (Elith y Leathwick, 2009). El número de datos de presencia por especie fue variable (de 4 a 51). Esto se debe fundamentalmente a que cada taxón estudiado cuenta con requerimientos ecológicos distintos y, por tanto, áreas de distribución diferentes, por lo que en algunos casos (como en las especies del género *Calisto*, con la excepción de *Calisto herophile*), las mariposas están presentes en áreas pequeñas y cuentan con menor cantidad de datos (Núñez *et al.*, 2012). Existen varios trabajos que han utilizado números de muestra pequeños para la SDM (Hernández *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007). Ambos coincidieron en que con Maxent se obtienen resultados de buena calidad con pocos datos, así como modelos con características similares para diferentes tamaños de muestra. Además, al comparar varios métodos con los que se obtuvieron diferentes modelos, Maxent fue el que mejores resultados obtuvo con muestras pequeñas (Hernández *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007).

Resulta difícil encontrar un compromiso adecuado entre resolución de la investigación y la cantidad de datos, ya que la disponibilidad de información es usualmente limi-

tada y proveniente de distintas fuentes (Mateo *et al.*, 2011). Para la selección del período de estudio en este trabajo se consideró tanto el objetivo de la investigación como los datos disponibles. De seleccionar un período de estudio corto, que incluyera exclusivamente datos recientes, las muestras no abarcarían el rango ecológico de los endemismos (Elith y Leathwick, 2009). Debido a esto, se seleccionó un período de estudio largo, que permitió conocer los patrones generales de distribución del taxón, así como saber hacia dónde dirigir los esfuerzos de muestreo en trabajos futuros. Por otra parte, la resolución espacial estuvo determinada por el uso de la base climática *WorldClim*, que representó una ventaja, debido a que permitió acceder a un gran volumen de información (en el espacio y en cantidad de variables climáticas) que presentan un bajo nivel de error asociado (Hijman *et al.*, 2005). Esta resolución espacial no permite estudiar microclimas, pero es suficiente para un estudio de la distribución de especies a nivel de paisaje (Pearson y Dawson, 2003).

La calidad de los modelos fue determinada por los valores del AUC y de la tasa de omisión. Phillips *et al.* (2006) proponen el AUC como una medida de precisión del modelo, y es frecuente su uso en estudios de distribución de especies (Arae-Wireko, 2008; Cabeza *et al.*, 2010). Arae-Wireko (2008) considera que los modelos de distribución son aceptables cuando el valor del AUC es igual o mayor que 0,7; mientras que Cabeza *et al.* (2010) incluyen valores del AUC de hasta 0,63.

Debido a que los resultados obtenidos en el presente trabajo pueden ser aplicados para la conservación de los lepidópteros cubanos, se tomó como valor mínimo de AUC 0,7; así, los modelos obtenidos están alejados de una distribución al azar (0,5). Por otra parte, Zharikov *et al.* (2009) critican el uso del AUC como medida de la calidad del modelo. Estos autores mencionan que el valor de AUC obtenido para cada modelo puede presentar sobreajuste y proponen medidas que minimizan este problema. Sin embargo, para obtener el AUC corregido, es necesario contar con gran cantidad de datos, de forma tal que pudiera dividirse la muestra en datos de entrenamiento y datos de validación separados. Debido a esto las sugerencias de Zharikov *et al.* (2009) no fueron aplicadas en este estudio. Lobo *et al.* (2007) también comentan que el AUC presenta claras desventajas, algunas de ellas porque es una medida independiente del valor umbral. Estos autores consideran que el AUC toma en cuenta el funcionamiento del modelo en regiones de la curva característica del receptor operante (ROC) en las que raramente se trabaja, además de que da igual valor a los errores de omisión y comisión. Debido a esto se tomó en cuenta la tasa de omisión obtenida para cada modelo, ya que ésta es una medida que depende del umbral escogido y brinda

información acerca de la calidad de la distribución potencial obtenida con el umbral seleccionado. Además también permite conocer la omisión, lo que tiene mucha importancia si se utiliza la información resultante del modelo para la conservación.

Los resultados obtenidos brindan información de mucha importancia para la conservación de los lepidópteros de Cuba. Sin embargo, éstos sólo describen la distribución potencial de la riqueza de endemismos estudiados y no su distribución real. Además, la variedad de los datos de presencia conocida de las especies y subespecies, el período de estudio seleccionado y las variables ambientales utilizadas deben ser considerados en la toma de decisiones con fines de manejo y conservación de áreas protegidas.

Distribución de especies y subespecies de mariposas endémicas

Los mayores valores de riqueza de especies y subespecies endémicas observados se concentran en las zonas montañosas del país (Fig. 2). Esto coincide con lo registrado por Fontenla (1992) quien sugiere que estos hábitats constituyen un refugio seguro para los lepidópteros. Como señalan Guisan y Zimmerman (2000), existen otros factores ambientales de importancia ecológica para las mariposas que cambian con el gradiente altitudinal. Por esto, la mayor concentración de endemismos en las montañas puede estar relacionada con la existencia de condiciones favorables del clima (i.e. temperatura, humedad relativa, precipitaciones) o con la presencia de vegetación nativa que incluya a la planta hospedera de cada endemismo (Borhidi, 1991).

Las áreas donde se encontró la menor riqueza de endemismos (ver Fig. 3) son lugares bajos, representados fundamentalmente por llanuras y áreas agrícolas que han sido poco muestreados. Es probable que estudios posteriores en estas localidades permitan obtener mapas de distribución potencial diferentes a los obtenidos en este artículo, ya que existen reportes de especies de mariposas consideradas raras o de distribución local que han sido vistas en otras zonas del país durante las últimas dos décadas (Roque *et al.*, 1995; Núñez y Barro, 2003; Núñez, 2004). Por otra parte, es posible que la toma de datos en sitios donde existen vacíos de información permita aumentar la variabilidad ambiental en la cual está presente cada especie (Elith y Leathwick, 2009). Este es otro elemento que pudiera provocar la obtención de mapas de distribución potencial diferentes a los obtenidos en el presente documento. El hecho de que casi el 70% de los sitios con número máximo de especies se encuentre fuera de los límites de las áreas protegidas de acceso restringido (Fig. 6) hace evidente la necesidad de considerar este grupo durante el establecimiento de las prioridades de conservación, pues son varias las especies de

mariposas con algún grado de amenaza (Núñez y Barro, inédito). Algunas de estas especies amenazadas (i.e. *Anetia cubana*, *Atlantea perezii*, *Calito israeli*, *Lycorea halia demeter*, todas evaluadas como Vulnerable) presentan una distribución potencial restringida a zonas montañosas del país, y no se incluyen dentro de ningún área protegida.

Las mariposas son buenos indicadores biológicos (Brown y Freitas, 2000). Noss (1990) propuso que un indicador debe tener determinadas características: estar distribuidos en un área geográfica amplia, ser capaces de proveer una evaluación continua a lo largo de varios rangos de estrés, ser relativamente independientes del tamaño de muestra y ser fáciles y económicos de muestrear. Las mariposas, a nivel específico, no cumplen con todas las características propuestas por Noss (1990), aunque sí son animales carismáticos fácilmente muestreables. Sin embargo, este autor propone que los indicadores biológicos pueden ser seleccionados a diferentes niveles. Así, aunque las especies pertenecientes a este taxón no cumplan con todos los requerimientos de un buen indicador, los ensambles de mariposas sí pueden ser eficientemente utilizados con este fin. Es por esto que resulta fundamental incluir la información acerca de este grupo en el establecimiento de las prioridades de conservación.

Recientemente se incluyeron 30 especies de mariposas endémicas en el plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas para 2014 (Fernández de Arcila *et al.*, en prensa). Esto constituye el primer paso hacia medidas concretas en la conservación de este importante grupo de insectos cubanos. La realización de muestreos futuros en zonas exploradas y en otras menos conocidas y la elaboración de nuevos mapas de distribución potencial contribuirán de manera efectiva a la protección de estos insectos endémicos. La toma de medidas concretas como el rediseño de las áreas protegidas de máxima protección y la creación de Áreas de Importancia para los Lepidópteros son posibles medidas de manejo que pueden mejorar la situación actual de conservación de los lepidópteros cubanos.

Agradecimientos: Los autores agradecen a Ana N. Abraham Alonso, Adrián Gerhartz y Tatiana Geller Roche, del Instituto de Geografía Tropical, y a Reinaldo Remón, de la Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, por su ayuda con la realización de los mapas.

LITERATURA CITADA

- Adae-Wireko, L. (2008) Mapping distribution of butterflies in Central Bobiri Forest Reserve and investigation of logging and stage of regeneration on butterfly species richness and diversity. Tesis de Maestría. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, The Netherlands, y Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ghana.
- Alayo, P.D. y L.R. Hernández (1987) Atlas de las mariposas diurnas de Cuba (Lepidoptera: Rhopalocera). Editorial Científico Técnica, La Habana. 149 pp.

- Barro, A. y R. Núñez (2011) Lepidópteros de Cuba. UPC Print, Vassa. 228 pp.
- Begon, M., C.R. Townsend y J.L. Harper (2006) Ecology From Individuals to Ecosystems. Blackwell Publishing, Fourth Edition, Malden. 738 pp.
- Borhidi, A. (1991) Phytogeography and vegetation of Cuba. Akademiai Kiado-Budapest. 940 pp.
- Brown, K.S. y A.V. Freitas (2000) Atlantic Forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica*. 34(4b): 934-956.
- Cabeza, M., A. Arponen, L. Jäättelä, H. Kujala, *et al.* (2010) Conservation planning with insects at three different spatial scales. *Ecography*. 33: 54-63.
- Capote, R.P. y R. Berazaín (1984) Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Rev. J. Bot. Nac.* 5(2): 1-49.
- Díaz, L.M., W.S. Alverson, A. Barreto y T. Wachter (eds.) (2006) Cuba: Camagüey Sierra de Cubitas. Rapid biological inventories 08. The Field Museum, Chicago, Illinois. 55 pp.
- Elith, J., C. Graham, R.P. Anderson, M. Dudik, *et al.* (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. 29: 129-151.
- Elith, J. y J.R. Leathwick (2009) Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Ann. Rev. Ecol., Evol. Syst.* 40: 677-97.
- Fernández, D.M. (2007) Butterflies of the Agricultural Experiment Station of Tropical Roots and Tubers, and Santa Ana, Camagüey, Cuba: an annotated list. *Acta Zool. Mex.* 23(2): 43-75.
- Fleishman, E., G.T. Austin, P.F. Brussard y D.D. Murphy (1999) A comparison of butterfly communities in native and agricultural riparian habitats in the Great Basin, USA. *Biol. Cons.* 89: 209-218.
- Fong, A., D. Maceira, W.S. Alverson y J.M. Shopland (2005) Cuba: Siboney-Jutici. Rapid biological inventories 10. The Field Museum, Chicago, Illinois. 209 pp.
- Fontenla J.L. (1992) Biogeografía ecológica de las mariposas diurnas cubanas. *Patrones generales*. *Poeyana* 427:1-30.
- Fontenla J.L. y J. de la Cruz (1992) Consideraciones biogeográficas de las mariposas endémicas de Cuba. *Poeyana* 426: 1-34.
- Guisan A. y N.E. Zimmermann (2000) Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.* 135: 147-186.
- Hernández, P.A., C.H. Graham, L.L. Master y D.L. Albert (2006) The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution Modelling methods. *Ecography* 29: 773-785.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones, *et al.* (2005) Very high resolution interpolated climate surface for global land areas. *Int. J. Climatol.* 25: 1965-1978.
- Jayat, J.P. y S. Pacheco (2005) Distribución de *Necromys lactens* y *Phyllotis osilae* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) en el Noroeste argentino: modelos predictivos basados en el concepto de nicho ecológico. *Mastozool. Neotrop.* 13(1): 69-88.
- Johnson, C.M., L.B. Johnson, C. Richards y V. Beasley (2002) Predicting the Occurrence of Amphibians: An Assessment of Multiple-scale Models. En: Scott J.M., P.J. Heglund, M.L. Morrison, J.B. Haufler, *et al.* (Eds.) Predicting species occurrences issues of accuracy and scale. Island Press, Londres. 868 pp.
- Kocsis, M. y L. Hufnagel (2011) Impacts of climate change on Lepidoptera species and communities. *App. Ecol. Env. Res.* 9(1): 43-72.
- Kristensen N.P., M.J. Scoble y O. Karsholt (2007) Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. *Zootaxa* 1668: 699-747.
- Kubo, M., T. Kobayashi, M. Kitahara y A. Hayashi (2009) Seasonal fluctuations in butterflies and néctar resources in a seminatural grassland near Mt. Fuji, central Japan. *Biodiv. Cons.* 18: 229-246.
- Lamas, G. (Ed.) (2004) Atlas of Neotropical Lepidoptera. Checklist, Parte 4A. Hesperioidea – Papilionoidea. Scientific Publishers, Gainesville, xxxvi + 439 pp.
- Lobo, J.; A. Jiménez-Valverde y R. Real (2007) AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecol. Biogeog.* 17:1-7.
- Lütolf, M., J. Bolliger, F. Kienast y A. Guisan (2009) Scenario-based assessment of future land use change on butterfly species distributions. *Biodiv. Cons.* 18:1329-1347.
- Maceira D., A. Fong y W.S. Alverson (Eds.) (2006) Cuba: Pico Mogote. Rapid biological inventories 09. The Field Museum. Chicago, Illinois. 67 pp.
- Maceira, D.; A. Fong; W.S. Alverson y T. Wachter (Eds.). (2005) Cuba: Parque Nacional La Bayamesa. Rapid biological inventories 13. The Field Museum. Chicago, Illinois. 67 pp.
- Mallet, J. (2013) The Lepidoptera Taxome Project Draft Proposals and Information. Accesible en: <http://www.ucl.ac.uk/taxome/> Último acceso: 8 de junio de 2014.
- Mateo, R.G., A.M. Felicísimo y J. Muñoz (2011) Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Rev. Chilena Hist. Nat.* 84: 217-240.
- Mellanby K. (1939) Low temperature and insect activity. *Proc. Royal Soc. London. Series B, Biological Sciences.* 127(849): 473-487.
- Noss, R.F. (1990) Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Indicators for Biodiversity* 4(4): 355-364.
- Núñez, R. (2004) Lepidoptera (Insecta) de Topes de Collantes, Sancti Spiritus, Cuba. *Bol. Soc. Entomol. Aragonesa.* 34: 151-159.
- Núñez, R. (2010) Lista preliminar de las mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) de El Yunque de Baracoa, Guantánamo, Cuba. *CartaCuba* 2(2): 23-25.
- Núñez, R. y A. Barro (2003) Composición y estructura de dos comunidades de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea) en Boca de Canasi, La Habana, Cuba. *Biología* 17(1): 8-17.
- Núñez, R. y A. Barro (2012) A list of Cuban Lepidoptera (Arthropoda: Insecta). *Zootaxa* 3384: 1-59.
- Núñez, R., E. Oliva, P.F. Matos y N. Wahlberg (2012) Cuban *Calisto* (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae), a review based on morphological and DNA data. *ZooKeys* 165: 57-105.
- Oberhauser, K. y A.T. Peterson (2003) Modelling current and future potential wintering distributions of eastern North American monarch butterflies. *Ecology*. 100 (24): 14063-14068.
- Pearson, R.G. y T.P. Dawson (2003) Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimatic envelope models useful? *Global Ecol. Biogeog.* 12: 361-371.
- Pearson, R.G., C.J. Raxworthy, M. Nakamura y A.T. Peterson (2007) Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: test case using cryptic geckos in Madagascar. *J. Biogeog.* 34: 102-117.
- Phillips, S.J.; R.P. Anderson y R.E. Schapire (2006) Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190: 231-259.
- Rodríguez, A. (2012) Composición y estructura de cuatro ensambles de mariposas (Lepidoptera: Papilionoidea y Hesperioidea) de la Sierra del Rosario, Artemisa, Cuba. Tesis de Diploma. La Habana. Cuba. 51 pp.
- Roque, L.; L.R. Hernández y D.S. Smith (1995) Rediscovery of *Chioides marmorata* in Cuba (Lepidoptera: Hesperidae). *Trop. Lepidopt.* 6(2): 99-102.
- Soberón, J. y A.T. Peterson (2005) Biodiversity informatics: Managing and applying primary biodiversity data. *Philosoph. Trans. Royal Soc. London B.* 359: 689-698.
- Smith, S.D.; L.D. Miller; J. y Miller (1994) The butterflies of the West Indies and South Florida. Oxford University Press. USA. 321 pp.
- Summerville, K.S. y T.O. Crist (2008) Structure and conservation of lepidopteran communities in managed forests of northeastern North America: a review. *Can. Entomol.* 140(4): 475-494.
- Warren, A.D., K.J. Davis, N.V. Grishin, J.P. Pelham *et al.* (2011) Interactive listing of American Butterflies. Disponible en: <http://www.butterfliesofamerica.com/> Último acceso: 20 de Diciembre 2011.
- Williams, M.R. (2008) Assessing Diversity of Diurnal Lepidoptera in Habitat Fragments: Testing the Efficiency of Strip Transects. *Environ. Entomol.* 37(5): 1313-1322.
- Zharikov, Y., R. Elner, P. Shepherd y D. Lank (2009) Interplay between physical and predator landscapes affects transferability of shorebird distribution models. *Landscape Ecol.* 24:129-144.



Editor para correspondencia: Dr. Dennis Denis Ávila