

CAPÍTULO

# 2

## DIVERSIDAD BIOLÓGICA TERRESTRE DE CUBA



Grupo de murciélagos fruteros (*Artibeus jamaicensis*)

# 2

## DIVERSIDAD BIOLÓGICA TERRESTRE DE CUBA

CARLOS A. MANCINA<sup>1</sup>

ROLANDO FERNÁNDEZ DE ARCILA FERNÁNDEZ<sup>2</sup>

DARYL D. CRUZ FLORES<sup>1</sup>

MARÍA A. CASTAÑEIRA COLOMÉ<sup>2</sup>

AMNERYS GONZÁLEZ ROSSELL<sup>2</sup>

1. Instituto de Ecología y Sistemática  
2. Centro Nacional de Áreas Protegidas



*Pinguicula jackii*

### CARACTERÍSTICAS DEL ARCHIPIÉLAGO CUBANO

El archipiélago cubano se ubica en la cuenca del mar Caribe y está compuesto por aproximadamente 4 000 cayos y pequeños islotes, que en su mayoría se agrupan en cuatro archipiélagos: Los Colorados, Sabana-Camagüey, de los Canarreos y Jardines de la Reina (Fig. 2.1). La isla de Cuba, con 104 556 km<sup>2</sup> e Isla de la Juventud con 2 204 km<sup>2</sup>, constituyen las dos islas de mayor extensión; el resto de las islas cubren una superficie de 3 126 km<sup>2</sup> (ONEI, 2015). El relieve está mayoritariamente compuesto por llanuras, que se extienden por más del 80 % del área terrestre. El resto de la superficie lo constituyen zonas de moderada altura y montañas. Los cuatro grupos

orográficos más importantes son: la cordillera de Guaniguanico, las montañas de Guamuhaya, las montañas de Nipe-Sagua-Baracoa y la Sierra Maestra, que se encuentran situados en la región occidental, central y oriental de la isla, respectivamente. En la Sierra Maestra, el pico Turquino y el pico Cuba, con 1974 y 1874 m sobre el nivel del mar, son las mayores elevaciones del archipiélago cubano. Más de 66 % de la superficie terrestre está formada por rocas carsificadas y existe una elevada densidad de cavernas y cuevas (Nuñez *et al.*, 1988; Gutiérrez y Rivero, 1997). Dada la forma de la isla, los ríos en Cuba son poco caudalosos y tienen un recorrido corto, del centro de la isla hacia la costa norte o hacia la costa sur; la mayoría están embalsados y los de mayor extensión son



Figura 2.1. Mapa físico del archipiélago cubano, indicando algunas de las regiones de importancia para la biodiversidad.

el Cauto, Zaza, Sagua la Grande, Caonao y el Toa (CNNG, 2000; ONEI, 2015).

El clima de Cuba está determinado por la configuración larga y estrecha de la isla, que hace que el mar atempere las condiciones tropicales, además, por la cercanía a Norteamérica, el relieve poco accidentado y la insularidad (Gutiérrez y Rivero, 1997). El archipiélago está expuesto a los vientos alisios que actúan desde el noreste en invierno y del este-noreste en verano. Las temperaturas son generalmente altas y los valores medios anuales van desde los 22 hasta 28 °C o superiores en las costa sur de la región oriental, magnitudes inferiores a los 20 °C se reportan en las partes más altas de las zonas montañosas. Los registros de la temperatura máxima media están entre los 27 y 32 °C y la temperatura mínima media entre los 17 y 23 °C (INSMET, 2017).

De manera general el clima cubano es tropical, con una distribución estacional de las precipitaciones, la temporada de lluvias se extiende de mayo a octubre y la menos lluviosa de noviembre a abril. El régimen de precipitaciones alcanza un promedio de 1 375 mm al año, pero su distribución espacial no es homogénea. En el extremo nordeste puede alcanzar 3 000 mm y en el sur de Guantánamo 600 mm al año (CNNG, 2000). La condición de insularidad y las variaciones locales del clima, tipo de suelo, relieve e hidrología determinan en gran me-

da la diversidad de tipos de formaciones vegetales y ecorregiones presentes en el archipiélago cubano.

En Cuba se han descrito varias formaciones vegetales, pero de manera general pueden agruparse en bosques, matorrales, vegetación herbácea, complejos de vegetación y vegetación secundaria (e. g. Capote y Berazaín, 1984). Basado en el mapa de Estrada *et al.* (2011), la Figura 2.2 muestra una aproximación a la distribución actual de la vegetación natural. Como se aprecia, existe un elevado grado de fragmentación y aislamiento de los núcleos de vegetación natural. Las zonas que aún retienen cierto grado de naturalidad y representatividad de la biota terrestre, constituyen sólo alrededor del 10 % del archipiélago cubano. Éstas, en su mayor parte, se localizan en lugares de difícil acceso como son los sistemas montañosos, ciénagas, zonas costeras y cayos que rodean la isla principal. Los tipos de vegetación de mayor extensión son los manglares, el herbalzal de ciénaga y los bosques semidecuidos y siempreverdes.

En Cuba se reconocen cinco ecorregiones terrestres de importancia para la conservación, según la categorización del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), estas son: los bosques húmedos y secos, los pinares, los humedales, los matorrales xeromorfos y los manglares (Fig. 2.3). Estas

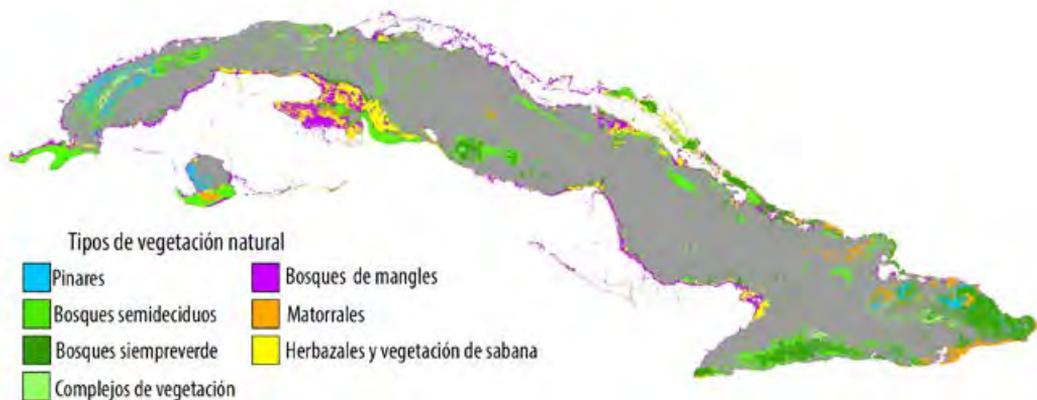


Figura 2.2. Distribución actual de los principales tipos de vegetación natural sobre el archipiélago cubano, modificado de Estrada *et al.* (2011).



Figura 2.3. Ecorregiones (según la WWF) cubanas de importancia para la conservación de la biodiversidad: A. bosques húmedos, B. manglares, C. matorrales xeromorfos y D. humedales. © D. Barrios (C).

son áreas con características ecológicas, climáticas y geomorfológicas particulares, que son consideradas de importancia para la conservación global porque, entre otros valores, albergan numerosos endemismos de flora y fauna, especies de distribución relictual y elevada riqueza de especies (Olson *et al.*, 2001; <http://worldwildlife.org>).

### ORÍGENES DE LA BIOTA CUBANA

La historia biogeográfica de la biota cubana es compleja y en muchos grupos aún es tema de debate dentro de la comunidad científica. Similar a otras islas de las Antillas, Cuba es de origen volcánico lo cual significa que nunca estuvo unida al continente. Diferentes grupos de la flora y fauna cubana muestran disímiles grados de afinidad con Sur, Centro y Norte América y comparado con áreas continentales cercanas, al menos algunos grupos de fauna (*e. g.* mamíferos), son pobres en especies y

en categorías taxonómicas superiores, lo que sugiere que han existido fuertes barreras para la dispersión entre las islas y el continente (Hedges, 1996).

Diferentes modelos han tratado de explicar las vías de colonización de la biota a las islas de las Antillas, entre los que se encuentran: la dispersión mediante el vuelo o restos flotantes, la vicarianza, a través de puentes terrestres temporales que pudieron conectar las Antillas con el continente o la combinación de algunos de estos modelos (Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999; Dávalos, 2004; Chakrabarty *et al.*, 2006; Hedges, 2006; Alonso *et al.*, 2012; Matos-Maravi *et al.*, 2014; Sato *et al.*, 2016; Upham y Borroto-Páez, 2017). No obstante, hasta la fecha, la evidencia geológica y paleogeográfica no ha podido apoyar o refutar, de forma inequívoca, cualquiera de los modelos; y aún existe debate sobre el papel de alguno de ellos (MacPhee e Iturralde-

de-Vinent, 2005; Hedges, 2006; Ali, 2012). Particularmente la historia geológica de Cuba es compleja, se formó a partir de dos bloques tectónicos, la región occidental y central de Cuba pertenecen a la placa de Norte América y la región oriental es parte de la placa del Caribe. Se estima que desde el Eoceno medio, hace aproximadamente 40 millones de años, existían tierras emergidas en lo que es hoy el archipiélago cubano, lo que debió permitir emigración de elementos de la biota terrestre (Iturralde-Vinent y MacPhee 1999; Iturralde-Vinent, 2005). Adicionalmente a las posibles vías de colonización, los movimientos tectónicos, así como cambios en el nivel del mar producto de las glaciaciones (Iturralde-Vinent, 2005), también debieron jugar un papel importante en los procesos de especiación y diversificación dentro del archipiélago cubano (Santiago-Valentín y Olmstead, 2004; Doadrio *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2010).

### BIODIVERSIDAD

El archipiélago cubano forma parte de uno de los 35 puntos calientes de biodiversidad (*hotspot*) del planeta; estos representan regiones de una excepcionalmente elevada concentración de ecosistemas, especies y endemismos (Zachos y Habel, 2011). Por ejemplo, en estas zonas habitan alrededor del 50 % de las plantas vasculares y 42 % de los vertebrados terrestres del mundo, concentrados aproximadamente en el 2,3 % de la superficie terrestre del planeta (Mittermeier *et al.*, 2011). El “Caribe Insular” representa uno de estos puntos calientes más biodiversos; no obstante, su biota se encuentran entre las más amenazadas debido a la elevada densidad de la población humana y otras presiones de origen socioeconómico (Shi *et al.*, 2005).

Dentro de la región, Cuba es la isla de mayor extensión, lo que unido a su cercanía al continente, diversidad de ecosistemas e historia biogeográfica, la hace un núcleo clave para la conservación de la biodiversidad en el Caribe insular. En el archipiélago cubano habita el mayor número de especies de plantas y vertebrados de las Antillas y alberga un elevado porcentaje de especies exclusivas (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Diversidad de algunos grupos de la biota terrestre cubana.

	Caribe insular	Cuba*	Endemismos de Cuba
Plantas	10 948 <sup>1</sup>	6 038 <sup>5</sup>	3 200
Anfibios	201 <sup>2</sup>	67	65
Reptiles	602 <sup>2</sup>	153	131
Aves	759 <sup>3</sup>	369	26
Mamíferos	73 <sup>4</sup>	35	15

\* Se incluyen sólo las especies autóctonas. 1. [www.botany.si.edu/Antilles/Westindies](http://www.botany.si.edu/Antilles/Westindies). 2. [www.caribherp.org](http://www.caribherp.org). 3. [www.birdscaribbean.org](http://www.birdscaribbean.org). 4. González *et al.* (2012). 5. González-Torres *et al.* (2016).

Particularmente, está considerado entre los territorios insulares más diversos en plantas a nivel global y es la primera isla en número de especies por kilómetro cuadrado (González-Torres *et al.*, 2016).

La biota terrestre de Cuba exhibe, excluyendo a los protozoos, algas y bacterias, alrededor de 25 733 táxones autóctonos conocidos. El mayor porcentaje lo constituyen los insectos, seguido de los hongos y plantas (angiospermas y gimnospermas), que juntos representan 76 % de la biodiversidad terrestre cubana conocida (Fig. 2.4). No obstante, estas cifras podrían estar subestimando la diversidad de algunos grupos que hasta la fecha han recibido poca o ninguna atención por parte de especialistas dedicados a la taxonomía. Adicionalmente, el empleo de técnicas de biología molecular están permitiendo identificar numerosas especies crípticas y complejos de especies (*e. g.* Rodríguez *et al.*, 2010; Ponce de León *et al.*, 2014; Agnarsson *et al.*, 2016). Los vertebrados son el grupo mejor conocido y sobre los que recaen gran parte de los recursos dedicados a la conservación; sin embargo, estos representan solo el 2,6 % de la biota terrestre cubana (Fig. 2.4).

La distribución de la biodiversidad en el archipiélago cubano no es homogénea y para diferentes grupos de flora y fauna se han identificado regiones biogeográficas que sintetizan la distribución y las relaciones entre las biotas (*e. g.* Samek, 1973; Borhidi y Muñiz, 1986; Rodríguez, 1993; Estrada y Ruibal, 1999; López,

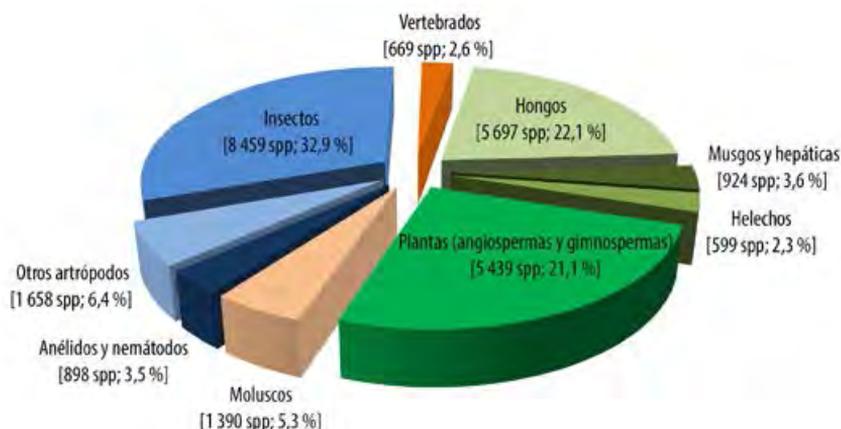


Figura 2.4. Representatividad de la biota terrestre cubana; para cada grupo taxonómico se indica el número de especies conocidas y el porcentaje respecto al total.

2005; Genaro, 2008), ya sea sobre la base de la distribución de los endemismos o la clasificación geomorfológica de la isla (Acevedo, 1989). De manera general, para muchos grupos se ha observado que las áreas de mayor diversidad y endemismo coinciden con los principales sistemas montañosos.

La Figura 2.5 muestra la distribución de la riqueza de especies de las cuatro clases de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), los que posiblemente representen los grupos de distribución mejor conocida entre todos los elementos que conforman la biota

cubana. Existen regiones sin información y de las 953 celdas con datos, 50 % muestran menos de 10 especies y sólo 7 % de las celdas contienen más de 100 especies. Algunas de estas celdas muestran una riqueza de especies particularmente elevada, lo que se encuentra relacionado con sesgos de muestreo dado la presencia de estaciones ecológicas en esas áreas o que han sido escenario de proyectos de monitoreo de la biodiversidad a largo plazo, como son algunas de los cayos del archipiélago norte.

De manera general, existe un sesgo de conocimiento hacia regiones con mayores niveles de



Figura 2.5. Distribución de la riqueza observada de los vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos); la superficie del archipiélago cubano fue dividida en celdas hexagonales de 10 km<sup>2</sup> sobre las que se mapearon 43 400 registros obtenidos de la revisión de publicaciones científicas, especímenes de museos, bases de datos de biodiversidad y de proyectos de investigación.

conservación de la vegetación natural, las que coinciden, en muchos casos, con áreas protegidas. Los mayores vacíos de información se concentran en las llanuras de Camagüey-Maniabón, Cauto-Guacanayabo y zonas de la llanura Habana-Matanzas; motivado, entre otras cosas, porque representan áreas de gran expansión de zonas agrícolas y han sido consideradas de poco interés para la biota. No obstante, existen muy pocos estudios que hayan evaluado la importancia de los agroecosistemas para el mantenimiento de la biodiversidad local. La matriz de hábitats transformados podría ser importante para la supervivencia de poblaciones que habitan los fragmentos de hábitats naturales o las áreas protegidas, ya sea como sitios donde encuentren recursos claves o como corredores entre fragmentos naturales. Debido a la expansión de los sistemas agroforestales en todas las regiones tropicales del planeta se ha sugerido un nuevo paradigma para la conservación, que incluye los paisajes agrícolas como un componente esencial en las estrategias de manejo y conservación (Perfecto y Vandermeer, 2008).

La pérdida de hábitats naturales, entre otras causas, ha provocado la extinción y el deterioro de muchas poblaciones de plantas y animales. En la actualidad, al menos, 74 especies de hongos (Mena *et al.*, 2013), 995 de la flora (González-Torres *et al.*, 2016), 130 de invertebrados (Hidalgo-Gato *et al.*, 2016) y 165 de vertebrados (González *et al.*, 2012) han sido clasificadas en algunas de las categorías de amenaza de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2012). Las plantas y los vertebrados terrestres y dulceacuícolas son los grupos donde se han evaluado el mayor porcentaje de especies; no obstante, la mayoría de las especies de hongos y fauna no han sido evaluadas debido a que no existe información suficiente sobre la distribución y el estado de sus poblaciones. En Cuba, 16 % de las especies de plantas están consideradas como amenazadas y los grupos de fauna donde se ha estimado el mayor porcentaje de especies amenazadas son los reptiles y anfibios (Fig. 2.6). Sin embargo, mucha de estas categorizaciones están basadas en criterios enfocados en datos de distribución y existe muy poca información sobre la ecolo-

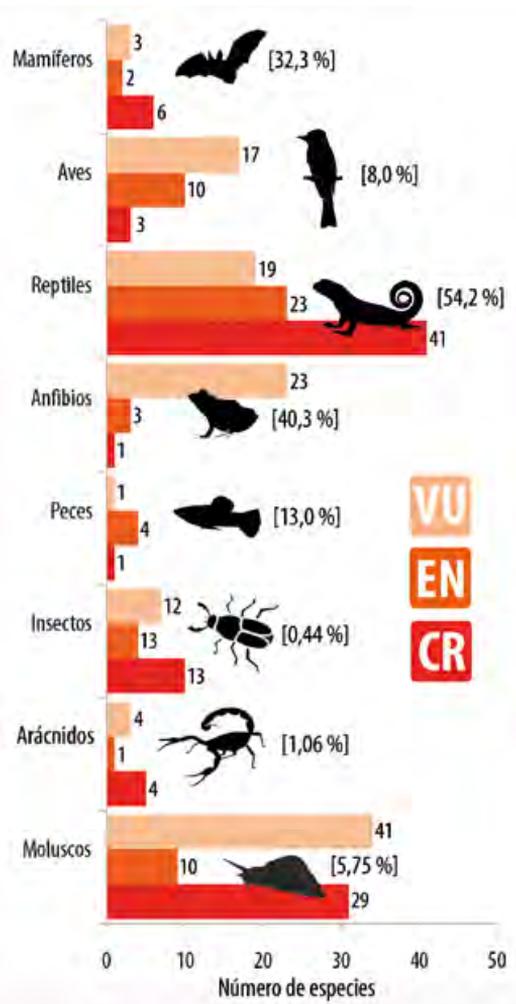


Figura 2.6. Número de especies de la fauna categorizadas como amenazadas; para cada clase se indica el porcentaje respecto a su total de especies en Cuba.

gía y las tendencias poblacionales, lo que podría resultar esencial para establecer estrategias de conservación más eficaces.

La distribución conocida de los vertebrados terrestres categorizados como amenazados se ilustra en la Figura 2.7. La mayoría de las celdas de elevado número de especies se encuentran en las montañas, por lo que estas constituyen regiones de importancia clave para la conservación de la biota cubana. Adicionalmente, las zonas montañosas constituyen el área de distribución de muchos endemismos locales



Figura 2.7. Distribución de la riqueza observada de los vertebrados terrestres amenazados según la categorización de González *et al.* (2012).

de plantas y animales, sobre todo de aquellos de limitada capacidad de dispersión como son los moluscos, artrópodos, anfibios y reptiles.

#### EXTINCCIONES Y AMENAZAS

En Cuba, la mayoría de los depósitos fosilíferos se encuentran asociados a las cuevas, donde el calor y la humedad degradan rápidamente los huesos. Las características de estos depósitos conllevan a que gran parte del conocimiento existente sobre las extinciones del Cuaternario en Cuba esté sesgado hacia los vertebrados más grandes (mamíferos y aves). De estos dos grupos en Cuba se reconocen como extintos, al menos, 25 especies de aves y 24 de mamíferos (Tyrberg, 2009; Borroto-Páez y Mancina, 2017). Particularmente, la fauna de mamíferos terrestres de las Antillas experimentó la más severa tasa de extinción a nivel global durante el Holoceno (~ -11 500 años al presente), de alrededor de 100 especies endémicas, entre perezosos, monos, soricomorfos y roedores, hoy sólo sobreviven dos especies de almiquíes y alrededor de 10 especies de roedores caprómidos (jutías) (Turvey, 2017).

Aunque el número de fechados radiométricos (*e. g.*  $^{14}\text{C}$ ) disponibles es muy limitado, la mayoría de los fósiles tienen una edad comprendida entre finales del Último Máximo Glacial (~ - 20 mil años) y la etapa post-colombina. Debido a que durante este período, además de los cambios en el clima, producto a la desglaciación, ocurrió el arribo del hombre, las

causas de algunas de las extinciones son aún motivo de debate. Una gran parte de los investigadores consideran que, comparado con el impacto asociado a la entrada del hombre a estas islas, el cambio de clima debió tener un papel menos importante en la extinción de la biota (*e. g.* MacPhee, 2009; Cooke *et al.*, 2017).

Durante el período de transición entre el Pleistoceno y el Holoceno ocurrió una etapa de extinciones a nivel planetario (Turvey, 2009). En Cuba el proceso de desglaciación provocó una reducción en el área emergida y un incremento de la humedad del clima (Hodell *et al.*, 1991; Iturralde-Vinent, 2005), esto último favoreció la expansión de la vegetación mesofítica y la consecuente reducción de la vegetación xerofítica (Curtis *et al.*, 2001; Iturralde-Vinent, 2005). Los cambios en las condiciones en los hábitats pudieron haber provocado la extinción de especies especializadas a los ambientes más secos. Según Borhidi (1996), la humedad actual del clima es superior a la que necesitan los tipos de vegetación xerofítica, por lo que las especies más especializadas deben ser consideradas relictos y podrían ser altamente vulnerables a la extinción. Por otra parte, el incremento del nivel del mar durante este período pudo provocar la extinción de algunas especies a través de la pérdida de áreas y hábitats de refugio (Dávalos y Russell, 2012).

Fechados radiométricos de materiales fósiles indican que varias especies de mamíferos extintos (*e. g.* perezosos, soricomorfos y roedo-

res) sobrevivieron hasta pasado el Holoceno medio (~ -6 mil años), período que coincide con el arribo de los humanos a Cuba. Durante la primera etapa de coexistencia con los humanos, muchas poblaciones de la flora y la fauna ya eran poco numerosas, posiblemente impactadas por las variaciones en las condiciones del clima del período postglacial. El papel de los aborígenes en la extinción de algunas especies no está claro, ya que no existen sólidas evidencias que sugieran una sobrexplotación de las especies extintas y por otra parte al parecer estos nunca alcanzaron una elevada densidad poblacional en Cuba. El análisis de residuarios de alimentación aborigen indica que los primeros pobladores de Cuba fueron más dependientes de los recursos costeros y marinos (Silva *et al.*, 2007). Durante el período postcolombino se incrementaron las amenazas sobre la diversidad, fundamentalmente relacionadas con la deforestación y la entrada de especies exóticas.

En Cuba las modificaciones en los ecosistemas naturales, producto de las actividades agroforestales, ha provocado la destrucción y la fragmentación de los hábitats naturales. Desde la llegada de los primeros europeos a Cuba la deforestación ha sido un evento progresivo. En el siglo XVI entre 88 – 92 % de la isla se encontraba cubierta de bosques; sin embargo, al comienzo del siglo XX sólo quedaba 41 % de cobertura boscosa. En la década del setenta del pasado siglo, debido al desarrollo cañero, ocurrió un pico de deforestación que alcanzó el 85 % de la superficie de la isla (del Risco, 1995). Este elevado porcentaje de pérdida de bosques debió tener un fuerte impacto sobre muchas especies de plantas y animales, sobre todo aquellas de mayor especialización ecológica, baja movilidad y de distribución más restringida.

En la actualidad los paisajes de Cuba constituyen un mosaico heterogéneo de ecosistemas agroforestales entremezclados con fragmentos de vegetación natural. Según CITMA (2014), 95 % de los fragmentos de vegetación natural de Cuba tienen menos de 10 km<sup>2</sup> y sólo 30 fragmentos cuentan con una superficie superior a los 100 km<sup>2</sup>. La fragmentación de los

hábitats se lista entre las mayores amenazas para un número elevado de especies cubanas de plantas y animales en peligro de extinción (González *et al.*, 2012; González-Torres *et al.*, 2016). No obstante, la respuesta de la biota a la fragmentación ha sido muy poco estudiada en Cuba.

En las últimas décadas se ha observado un incremento de la cobertura boscosa de Cuba, que alcanza en la actualidad aproximadamente 30 % de la superficie terrestre de la isla (ONEI, 2015). Sin embargo, la pérdida de cobertura persiste en algunas regiones. A modo de ejemplo, la Figura 2.8 muestra los cambios en la cobertura vegetal en el macizo de Guamuhaya, entre los años 1989 y 2014, basado en imágenes de satélites y un análisis de clasificación supervisada. En esa región se observa la reducción progresiva en el grado de cobertura vegetal natural, con un incremento en el número de parches o fragmentos de 28 454 en 1989 a 35 537 en el año 2014. De forma similar, ha ocurrido una reducción en el tamaño medio de los fragmentos de 8,92 km<sup>2</sup> en 1989 a 4,21 km<sup>2</sup> en 2014. La fragmentación provoca, entre otros efectos, la reducción de hábitats apropiados para muchas especies, aislándolas y dificultando el movimiento y la diseminación de los individuos dentro del paisaje (Bennett y Saunders, 2010).

Las especies invasoras se consideran a nivel mundial una de las mayores amenazas a las biotas nativas y particularmente las islas son sensibles a las invasiones por su elevada vulnerabilidad (*e. g.* Henderson, 1992; Vázquez-Domínguez *et al.*, 2004). Las invasoras son especies, directa o indirectamente, transportadas por el hombre fuera de su rango nativo de distribución (Davis, 2009). La mayoría tienen una elevada capacidad de colonización y expansión; en las áreas invadidas pueden alterar o modificar los hábitats, así como competir, desplazar, transmitir patógenos o depredar las especies nativas (Simberloff y Rejmánek, 2011).

En Cuba a lo largo de los últimos siglos se han introducido cientos de especies de plantas y animales, ya sea para cultivos, ornamenta-

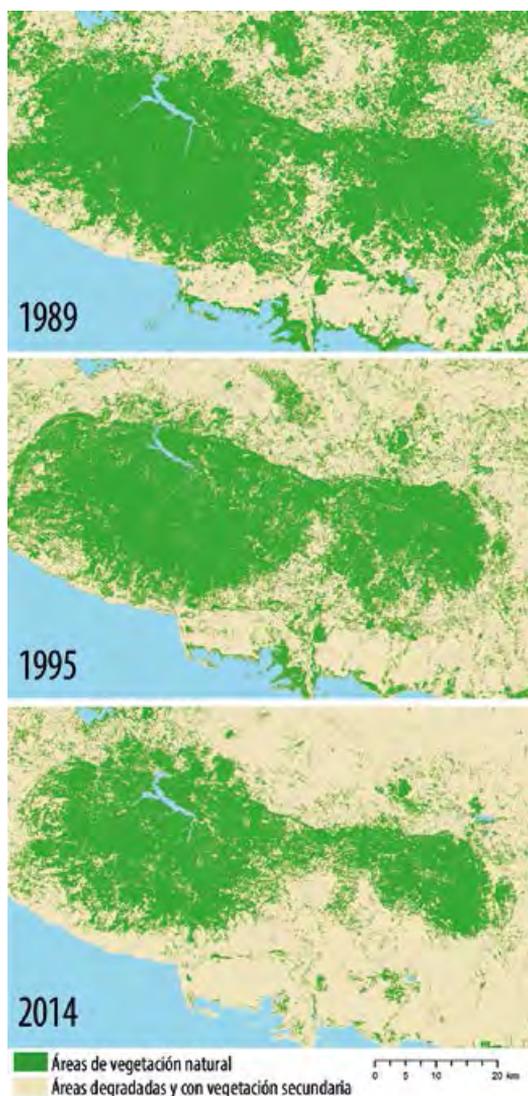


Figura 2.8. Cambios en la cobertura de la vegetación natural en las montañas de Guamuha entre los años 1989 y 2014, ilustrando el proceso de pérdida y fragmentación de hábitats naturales.

les, controles biológicos, mascotas, con fines alimentarios y cinegéticos, etc. Sin embargo, no todas estas especies exóticas se han establecido y dispersado hacia los ecosistemas naturales y seminaturales convirtiéndose en invasoras. Por ejemplo, de 5 especies de anfibios y 21 de reptiles introducidas en Cuba, sólo una de anfibio (*Lithobates catesbeianus*) y 9 de reptiles se comportan como invaso-

ras (Borroto-Páez *et al.*, 2015). En el caso de las plantas se han identificado al menos 337 táxones que se comportan como invasores en Cuba (Oviedo y González-Oliva, 2015). Las especies invasoras se cuentan entre las mayores amenazas a la diversidad en Cuba; no obstante, se han publicado muy pocos estudios que hayan evaluado de manera directa el impacto de estas especies sobre los ecosistemas y las especies nativas.

El desarrollo agro-industrial ha incrementado la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo que ha provocado un aumento de la temperatura media del planeta de 0,74 °C en los últimos 100 años y se proyecta que pueda alcanzar los  $4,3 \pm 0,7$  °C en el 2100 (Stocker *et al.*, 2013). Los escenarios de cambio climático futuros podrían exceder la capacidad de adaptación de muchas especies, ya sea por limitaciones en la tolerancia fisiológica, habilidad para la dispersión, cambios conductuales, etc. Esto podría provocar extinciones locales y el desplazamiento geográfico de especies, generando importantes variaciones en la composición y el funcionamiento de los ecosistemas. Por otra parte, los cambios pronosticados sugieren la pérdida o alteración de hábitats producto del incremento de la salinidad en zonas costeras, eventos meteorológicos extremos, el incremento en la frecuencia de los incendios forestales, etc. Desde el punto de vista de las relaciones bióticas, para muchas especies se podrían incrementar las interacciones con patógenos, competidores y depredadores, así como favorecer la expansión de especies invasoras (Gitay *et al.*, 2002; Cahill *et al.*, 2012; Pecl *et al.*, 2017). De manera general, existen evidencias de que el cambio climático podría provocar una ola de extinción en el futuro cercano y el Caribe se encuentra entre las regiones más vulnerables (Pacifi *et al.*, 2015).

Cuba, similar a otras de las islas del Caribe, será fuertemente impactada por los efectos del cambio climático. Entre los efectos pronosticados se encuentran: el incremento de la temperatura media anual, intensificación y expansión de los períodos de sequía, ascenso del nivel medio del mar, incremento en la frecuencia e intensidad de los huracanes (Planos

*et al.*, 2013). Para la biota terrestre cubana varios estudios han evaluado los posibles efectos del cambio climático; por ejemplo, Rodríguez y Rivalta (2007) y Blanco y Sánchez (2008) analizaron el efecto del incremento del nivel del mar sobre la herpetofauna de Ciénaga de Zapata y las aves costeras a través del archipiélago cubano, respectivamente. Ambos estudios sugieren la pérdida de hábitats importantes y la posible desaparición local de algunas especies de reptiles y anfibios, así como de sitios de nidificación importantes para las aves.

Mediante la modelación de nicho ecológico y su transferencia a escenarios de cambio climático futuro, Suárez *et al.* (2013) y Cobos y Alonso (2016), evaluaron el posible efecto del cambio de clima sobre la distribución de anfibios endémicos cubanos. Ambos estudios pronosticaron una notable reducción de las posibles áreas de distribución potencial. De las 30 especies de anfibios del género *Eleutherodactylus* analizadas, 7 pudieran desaparecer para el año 2050 y 11 para el 2080 (Suárez *et al.*, 2013). Para los moluscos terrestres del género *Polymita*, Mancina *et al.* (2017a), obtuvieron mediante modelaciones de nicho una posible

reducción entre 44 – 100 % de áreas climáticamente idóneas en los próximos 35 años, con la posible extinción de dos especies (*P. sulphurea* y *P. versicolor*).

La Figura 2.9 ilustra el posible recambio en la distribución de 31 especies de aves endémicas del Caribe insular, para dos escenarios de cambio climático, uno con bajos niveles de emisión de gases efecto invernadero ( $2,6 \text{ W/m}^2$ ) y otro alto ( $8,5 \text{ W/m}^2$ ), de acuerdo al consenso de 9 modelos de circulación global para el año 2050. Los mayores porcentajes de recambio (100, valores en rojo) corresponden a sitios donde podría ocurrir una pérdida total de la riqueza de especies presente en la actualidad. De manera general, estos mapas destacan la importancia de algunas áreas, principalmente las regiones montañosas, como refugios climáticos para las aves, aunque resultados similares se han obtenido para otros elementos de la biota cubana (Mancina *et al.*, 2017b). La conservación de los hábitats, así como la reducción de la fragmentación e incremento de la cobertura boscosa, fundamentalmente en las áreas montañosas, podría ser una estrategia primordial para la adaptación al cambio climático y el

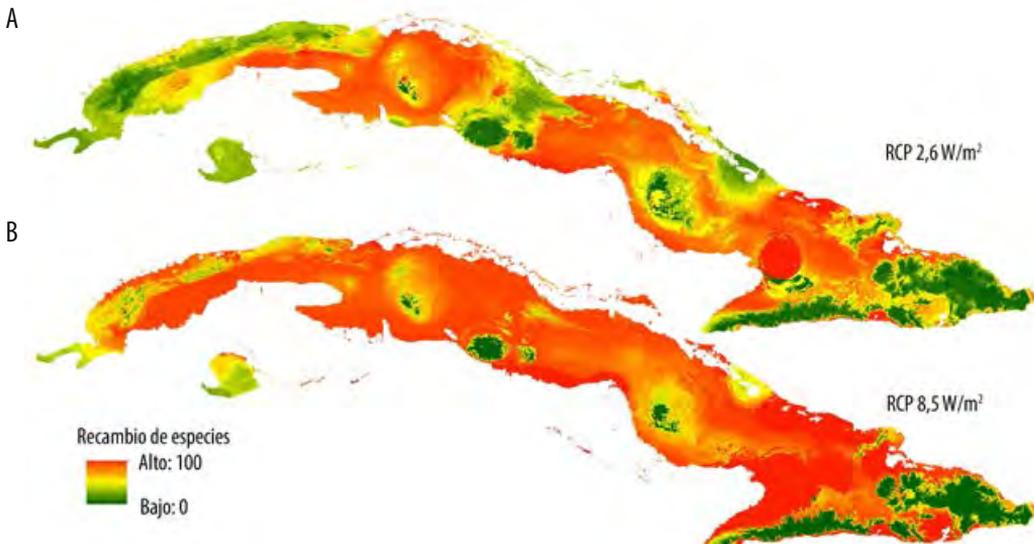


Figura 2.9. Recambio en la distribución de 31 especies de aves endémicas antillanas en Cuba para el 2050 en dos escenarios de emisión, A. con bajos valores de emisión de gases efecto invernadero ( $2,6 \text{ W/m}^2$ ) y B. con un aumento considerable de estos gases ( $8,5 \text{ W/m}^2$ ). Valores de 0 indican sitios donde el ensamble de aves podría mantener los mismo valores de riqueza de especies en el futuro y valores de 100 indican la pérdida total de la riqueza actual.

mantenimiento de la biodiversidad terrestre del archipiélago cubano.

No obstante, los resultados anteriores sólo están identificando especies y regiones con mayor exposición a posibles escenarios de cambio climático. En Cuba, como en muchas regiones tropicales, es necesario fomentar investigaciones básicas sobre la biología de poblaciones que permitan conocer y profundizar en la historia de vida, ecofisiología, preferencia de microhábitats de las especies, entre otros aspectos. Este conocimiento es crítico para poder evaluar la vulnerabilidad de las especies al cambio climático y poder diseñar estrategias de adaptación y conservación más sólidas.

### ÁREAS PROTEGIDAS

Una de las vías más importantes para la conservación del patrimonio natural lo constituye el establecimiento de áreas protegidas (APs). Estas son espacios terrestres y marinos declarados legalmente para la protección de la diversidad biológica, hábitats, ecosistemas y paisajes, así como elementos histórico-culturales. El fin de las APs se enmarca en el uso sostenible de los recursos naturales para lograr un equilibrio entre el desarrollo socioeconómico y el medio ambiente (Juffe-Bignoli *et al.*, 2014). En Cuba, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), está integrado por 211 unidades (Fig. 2.10), de las cuales 77 son de significación nacional y 134 de significación local. El sistema abarca una superficie que representa

20,20 % del territorio nacional, incluyendo la plataforma insular marina hasta la profundidad de 200 metros, quedando bajo la cobertura del sistema el 17,16 % de la superficie terrestre y el 24,96 % de la plataforma marina (CNAP, 2013).

El SNAP tiene identificados entre sus principales objetivos mantener muestras representativas de las regiones biogeográficas más importantes del país, para de esta forma asegurar la continuidad de los procesos evolutivos y conservar *in situ* la diversidad biológica. Otros de sus objetivos fundamentales son el manejo de los recursos bióticos terrestres y acuáticos, teniendo en cuenta la función que desempeñan en el equilibrio de los ecosistemas, así como rehabilitar los paisajes y servir de laboratorio natural para el desarrollo de investigaciones (Gaceta Oficial de la República de Cuba, 1997).

La mayor parte de las áreas protegidas terrestres se encuentran en colinas y montañas con reductos de bosques prístinos, y en llanuras donde permanecen algunos bosques y pastizales naturales. Las APs incluyen paisajes y ecosistemas relevantes, elementos significativos del relieve, el suelo, la hidrografía, valores geomorfológicos, así como las principales formaciones vegetales donde habita un alto porcentaje de endemismos de la flora y la fauna (CNAP, 2013). Los valores naturales que contienen las áreas protegidas cubanas le han conferido, también, diferentes tipos de reconocimiento internacional por entidades mundia-

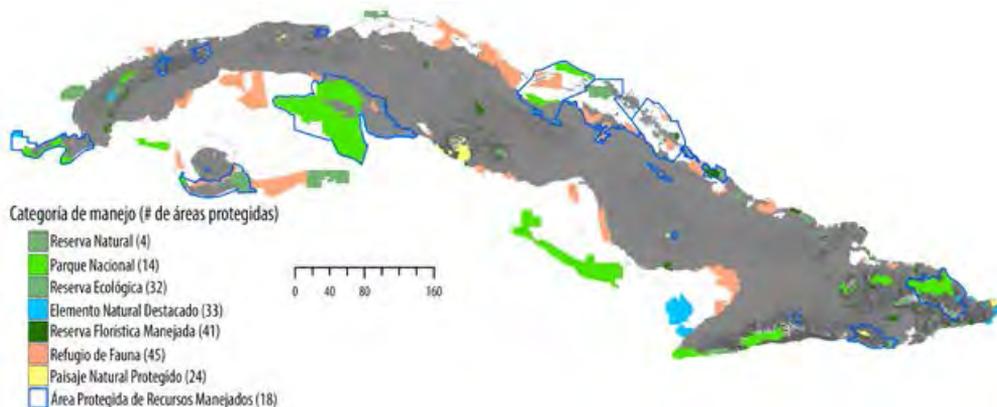


Figura 2.10. Áreas protegidas y categorías de manejo del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de Cuba.

les como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Convención RAMSAR para el uso racional y conservación de los humedales y *BirdLife International* entre otras, declarándose seis Reservas de la Biosfera, dos Sitios del Patrimonio Mundial Natural y un Paisaje Cultural, seis Sitios RAMSAR y 28 Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (IBA, por sus siglas en inglés) (González *et al.*, 2013).

En Cuba se han identificado 34 tipos de formaciones vegetales naturales y seminaturales (Borhidi, 1996; Capote y Berazain, 1984), de las cuales 32 se encuentran en el sistema nacional con diferentes grados de representatividad (Hernández *et al.* 2013). Los manglares, herbazales de ciénaga, así como los bosques siempreverdes, semidecuidos y de pinos, poseen fragmentos representativos de vegetación y alta prioridad, como núcleos de conservación para el SNAP. Según la Lista Roja de la Flora de Cuba, el sistema nacional brinda cobertura a 3 210 especies de plantas (incluidos 1 386 endemismos), de ellas 1 579 amenazadas (González-Torres *et al.*, 2016).

En el SNAP están representados 49 géneros endémicos monotípicos de la flora, que se localizan dentro de los límites de 47 áreas protegidas, siendo los parques nacionales la categoría de manejo que alberga un mayor número (22); solo cinco quedan fuera de esta cobertura (*Dasytropis*, *Koehneola*, *Cubacrotton*, *Henleophytum* y *Phyllacanthus*). Por otra

parte, de las 72 especies incluidas en los 13 géneros endémicos no monotípicos, 62 están presentes en el sistema, solo no están representadas (*Moacrotton revolutus*, *Belairia ternata*, *Amphiolanthus arenaoides*, *A. bryoides*, *A. longipes*, *Grisebachianthus holguinensis*, *G. mayarensis*, *Spaniopappus shaferi*, *Schmidtottia marmorata* y *Tetralix jaucoensis*) (Castañeira *et al.*, 2013).

De acuerdo al análisis de representatividad efectuado para los grupos de vertebrados terrestres se pudo comprobar que el SNAP cubre de manera general el 96,7 % de las especies autóctonas, el 91,6 % de las endémicas y el 90,5 % de las amenazadas. Los grupos mejor representados lo constituyen las aves y los anfibios con todos sus porcentajes por encima del 90 % (Fig. 2.11).

Dentro de los peces de agua dulce, dos táxones endémicos y amenazados (*Girardinus cubensis* y *Lucifuga subterranea*), quedan sin cobertura en el SNAP (González *et al.*, 2013). Dos anfibios, *Eleutherodactylus adelus* y *E. erythroproctus*, no presentan hasta el momento registros de presencia en áreas protegidas, mientras que 15 especies de reptiles quedan fuera de la red de conservación (*Cadea palirostrata*, *Anolis juangundlachi*, *Anolis macilentus*, *Anolis sierramaestrae*, *Anolis terueli*, *Sphaerodactylus dimorphicus*, *Arrhyton ainictum*, *Tropidophis hardyi*, *Tropidophis hendersoni*, *Cubatyphlops arator*, *Cubatyphlops perimyachus*, *Cubatyphlops*

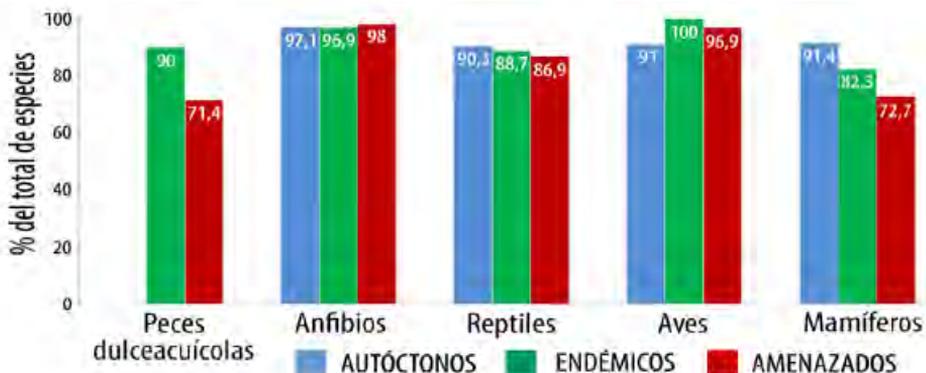


Figura 2.11. Porcentaje de cobertura del Sistema Nacional de Áreas Protegidas para los vertebrados terrestres y dulceacuícolas.

*satelles*, *Typhlops oxyrhinus*, *Typhlops pachyrhinus* y *Typhlops silus*).

Con respecto a las aves, el SNAP cubre el 91% de las especies autóctonas, así como el 100 % de las endémicas y el 96,9 % de las amenazadas. La única especie amenazada no representada en el sistema es *Pterodroma hasitata*, solo conocida de la localidad de Las Brujas, al sur de las laderas de la Sierra Maestra (Rodríguez *et al.*, 2012). Los principales sitios de congregación de aves acuáticas, tomando como base las IBAs de Cuba (Aguilar, 2010), poseen un nivel de protección aceptable, si tenemos en cuenta que en algunos casos estas zonas coinciden con los límites de áreas protegidas identificadas y en otros contienen en su interior áreas protegidas con diferentes categorías de manejo (González *et al.*, 2013). Tres especies de mamíferos no presentan distribución en áreas protegidas, de ellas dos son murciélagos: *Antrozous koopmani* y *Dasypterus insularis* (Mancina, 2012) y la jutía *Capromys garridoi*, aunque la validez taxonómica de esta última es dudosa (Silva *et al.*, 2007).

Aún cuando el SNAP abarca una elevada representatividad de especies y ecosistemas, todavía existen problemas que limitan un mayor éxito en la conservación de la biodiversidad cubana (CNAP, 2013). Por ejemplo, algunas de las unidades identificadas en el sistema no cuentan aún con administración y en otras, la inestabilidad en el personal técnico, escasos equipamientos y recursos financieros, influyen en una adecuada gestión. Adicionalmente, existen vacíos y desbalances en el conocimiento de la biodiversidad que habita las áreas y en algunos casos se desconoce si los límites de las áreas son los adecuados para garantizar la supervivencia de las poblaciones de flora y fauna que protegen, así como para el mantenimiento a largo plazo de los procesos ecológicos.

Entre las áreas protegidas más importantes para la conservación de la biodiversidad cubana, por su extensión, elevados valores de riqueza y endemismo de especies, así como la diversidad de ecosistemas que albergan se encuentran:

- Áreas Protegidas de Recursos Manejados (Cuchillas del Toa, Península de Guanahacabibes, Buenavista, Reserva de Biosfera Baconao, Sur de la Isla de la Juventud, Reserva de Biosfera Sierra del Rosario, Península de Zapata, Humedales del Norte de Ciego de Ávila, Humedales de Cayo Romano) que a su vez contienen como zonas núcleos otras áreas protegidas con categorías de manejo estrictas.
- Parques Nacionales (Alejandro de Humboldt, Turquino, Pico Bayamesa, Desembarco del Granma, Jardines de la Reina, Guanahacabibes, Viñales, Ciénaga de Zapata, Cayos de San Felipe).
- Reservas Ecológicas (Los Indios, Cayo Largo, Lomas de Banao, Pico San Juan, Centro y Oeste de Cayo Coco, Hatibonico, Baitiquirí, Punta del Este, Los Pretiles).
- Elementos Naturales Destacados (Sistema Espeleolacustre de Zapata, Maisí-Caleta, Yunque de Baracoa).
- Refugios de Fauna (Lanzanillo-Pajonal-Fragoso, Las Picúas-Cayo Cristo, Cayo Santa María, Cayos de Ana María, Río Máximo).
- Reservas Florísticas Manejadas (San Ubaldo-Sabanalamar, Sierra Prelida-Cuabales de Cajalbana, Sabanas de Santa Clara, Loma Miraflores).
- Reservas Naturales (Cerro Galano, El Retiro, El Mulo, Las Peladas).
- Paisajes Naturales Protegidos (Topes de Collantes, Gran Piedra, Maisí-Yumurí).

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, M. 1989. Regionalización geomorfológica. IV. Relieve. Pp. 114. En: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba* (G. Oliva, Ed.). Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba; La Habana.
- Aguilar, S. (Ed.). 2010. Áreas importantes para la conservación de las aves en Cuba. Editorial Academia, La Habana, 136 pp.
- Ali, J. R. 2012. Colonizing the Caribbean: is the GAARlandia land-bridge hypothesis gaining a foothold? *Journal of Biogeography* 39: 431-433.
- Alonso Bosch, R., A. J. Crawford y E. Bermingham. 2012. Molecular phylogeny of an endemic radiation of Cuban toads (Bufonidae: *Peltophryne*) based on mitochondrial and nuclear genes. *Journal of Biogeography* 39: 434-451.
- Agnarsson, I., S. M. Lequier, M. Kuntner, R. C. Cheng, J. A. Coddington y G. Binford. 2016.

- Phylogeography of a good Caribbean disperser: *Argiope argentata* (Araneae, Araneidae) and a new "cryptic" species from Cuba. *ZooKeys* 625: 25-44.
- Bennett, A. F. y D. A. Saunders. 2010. Habitat fragmentation and landscape change. Pp. 88-106. En: *Conservation Biology for All* (N. S. Sodhi y P. R. Ehrlich, Eds.). Oxford Univ. Press.
- Blanco, P. y B. Sánchez. 2008. Impacto del cambio climático sobre la avifauna cubana. Pp. 139-154. En: *Efecto de los cambios globales sobre la biodiversidad* (A. Volpedo y L. Fernández, Eds.). Programa CYTED.
- Borhidi, A. 1996. *Phytogeography and vegetation ecology of Cuba*. Akademiai Kiadó, Budapest. Second revised and enlarged edition, 923 pp.
- Borhidi, A. y O. Muñiz. 1986. The phytogeographic survey of Cuba: 2. Floristic relationships and phytogeographic subdivision. *Acta Botanica Hungarica* 32 (1-2): 3-48.
- Borroto-Páez, R. y C. A. Mancina. 2017. Biodiversity and conservation of Cuban mammals: past, present, and invasive species. *Journal of Mammalogy* 98 (4): 964-985.
- Borroto-Páez, R., R. Alonso Bosch, B. A. Fabres y O. Alvarez. 2015. Introduced amphibians and reptiles in the Cuban archipelago. *Herpetological Conservation and Biology* 10: 985-1012.
- Cahill, A. E., M. E. Aiello-Lammens, M. C. Fisher-Reid, X. Hua, C. J. Karanewsky, H. Y. Ryu, G. C. Sbeglia, F. Spagnolo, J. B. Waldron, O. Warsi y J. J. Wiens. 2012. How does climate change cause extinction? *Proceeding of the Royal Society London B* 280: 20121890.
- Capote, R. P. y R. I. Berazaín. 1984. Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional* V(2): 27-75.
- Castañeira, M. A.; Valdés, J. A., Hernández J. A., Rankin R., y A. Palmarola. 2013. Análisis de vacío de géneros endémicos unitípicos. Pp. 158-162. En: *Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba: Período 2014-2020*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- Chakrabarty, P. 2006. Systematics and historical biogeography of Greater Antillean Cichlidae. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 39: 619-627.
- CITMA (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba). 2014. *V Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica*. La Habana, 253 pp.
- CNAP (Centro Nacional de Áreas Protegidas). 2013. *Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba: Período 2014-2020*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba, 335 pp.
- CNNG (Comisión Nacional de Nombres Geográficos). 2000. *Diccionario geográfico de Cuba*. Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia, La Habana, 386 pp.
- Cobos, M. E. y R. Alonso Bosch. 2016. Recent and future threats to the Endangered Cuban toad *Peltophryne longinasus*: potential additive impacts of climate change and habitat loss. *Oryx*. doi.org/10.1017/S0030605316000612.
- Cooke, S. B., L. M. Dávalos, A. M. Mychajliw, S. T. Turvey y N. S. Upham. 2017. Anthropogenic extinction dominates Holocene declines of West Indian mammals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 48: 301-327.
- Curtis, J. H., M. Brenner y D. A. Hodell. 2001. Climate change in the Circum-Caribbean (Late Pleistocene to Present) and implications for regional biogeography. Pp. 35-54. En: *Biogeography of the West Indies: Patterns and Perspectives* (C. A. Woods y F. E. Sergile, Eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Dávalos, L. M. 2004. Phylogeny and biogeography of Caribbean mammals. *Biological Journal of the Linnean Society* 81: 373-394.
- Dávalos, L. M. y A. L. Russell. 2012. Deglaciation explains bat extinction in the Caribbean. *Ecology and Evolution*, doi: 10.1002/ece3.399.
- Davis, M. A. 2009. *Invasion Biology*. Oxford University Press, 244 pp.
- Del Risco, E. 1995. *Los bosques de Cuba: su historia y características*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 94 pp.
- Doadrio, I., S. Perea, I. Alcaraz y N. Hernández. 2009. Molecular phylogeny and biogeography of the Cuban genus *Girardinus* Poey, 1854 and relationships within the tribe Girardinini (Actinopterygii, Poeciliidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 50: 16-30.
- Estrada, R., G. Martín, P. Martínez, S. Vioel, R. Capote, I. Reyes, S. Galano, C. Cabrera, C. Martínez, L. Mateo, Y. Guerra, A. Batte y L. Coya. 2011. Mapa (BD-SIG) de vegetación natural y seminatural de Cuba v.1 sobre Landsat etm 7 slc-off gap filled, circa 2011. *Memorias del IV Congreso de Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad*, ISBN: 978-959-300-034-5, La Habana, Cuba.
- Estrada, A. R. y R. Ruibal. 1999. A review of Cuban herpetology. Pp. 31-62. En: *Caribbean Amphibians and Reptiles* (B. I. Crother, ed.). Academic Press, San Diego, California.
- Gaceta Oficial de la República de Cuba. 1997. Ley No. 81 del Medio Ambiente. Edición Extraor-

- dinaria. La Habana, 11 de Julio de 1997. Año XCV, Número 7, Página 47.
- Genaro, J. A. 2008. Origins, composition and distribution of the bees of Cuba (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). *Insecta Mundi* 0052:1-16.
- Gitay, H., A. Suarez, R. T. Watson y D. J. Dokken (Eds.). 2002. *Cambio climático y biodiversidad*. Documento técnico V del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 85 pp.
- González Alonso, H., L. Rodríguez Schettino, A. Rodríguez, C. A. Mancina e I. Ramos García (Eds.). 2012. Libro rojo de los vertebrados de Cuba. Editorial Academia, La Habana, 304 pp.
- González, A., Fernández de Arcila, R. y S. Aguilar. 2013. Análisis de vacíos de fauna terrestre. Vertebrados. Pp. 166-175. En: *Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba: Período 2014-2020*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- González-Torres, L. R., A. Palmarola, L. González Oliva, E. Bécquer, E. Testé y D. Barrios (Eds.). 2016. Lista roja de la flora de Cuba. *Bissea* 10 (número especial 1): 1-352.
- Gutiérrez Domech, R. y M. Rivero Glean. 1997. *Minigeografía de Cuba*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 142 pp.
- Hedges, S. B. 1996. Historical biogeography of West Indian Vertebrates. *Annual Review Ecology and Systematic* 27: 163-196.
- Hedges, S. B. 2006. Paleogeography of the Antilles and origin of West Indian terrestrial vertebrates. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 93:231-244.
- Henderson, R. W. 1992. Consequences of predator introductions and habitat destruction on amphibians and reptiles in the Post-Columbus West Indies. *Caribbean Journal of Science* 28:1-10.
- Hernández, J. A., Castañeira, M. A. y S. Fernández. 2013. Vegetación terrestre. Pp. 35-36. En: *Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba: Período 2014-2020*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- Hidalgo-Gato, M., J. Espinosa y R. Rodríguez-León (Eds.). 2016. *Libro rojo de invertebrados terrestres de Cuba*. Editorial Academia, La Habana, 244 pp.
- Hodell, D. A., J. H. Curtis, G. A. Jones, A. Higuera-Gundy, M. Brenner, M. W. Binford y K. T. Dorsey. 1991. Reconstruction of Caribbean climate change over the past 10,500 years. *Nature* 352: 790-793.
- ISMET (Instituto de Meteorología). 2017. El clima de Cuba. <http://www.met.inf.cu>. Último acceso, 20 julio 2017.
- Iturralde-Vinent, M. A. 2005. La Paleogeografía del Caribe y sus implicaciones para la biogeografía histórica. *Revista del Jardín Botánico Nacional* 25-26: 49-78.
- Iturralde-Vinent, M. A. y R. D. E. MacPhee. 1999. Paleogeography of the Caribbean region: implications for Cenozoic biogeography. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 238: 1-95.
- Juffe-Bignoli, D., N. D. Burgess, H. Bingham, E. Belle, M. de Lima, M. Deguignet, B. Bertzky, A. Milam, J. Martínez-Lopez, E. Lewis et al. 2014. *Protected Planet Report 2014*. UNEP-WCMC: Cambridge, UK, 69 pp.
- López, A. 2005. Nueva perspectiva para la regionalización fitogeográfica de Cuba: definición de los sectores. Pp. 417-428. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines* (J. Llorente y J. J. Morrone, Eds.). Facultad de Ciencias, UNAM, México D. F.
- MacPhee, R. D. E. 2009. *Insulae infortunatae: Establishing a chronology for Late Quaternary mammal extinctions in the West Indies*. Pp. 169-193. En: *American Megafaunal Extinctions at the end of the Pleistocene*. (G. Haynes, Ed.). Springer Science + Business Media B. V.
- MacPhee, R. D. E. y M. A. Iturralde-Vinent. 2005. The interpretation of Caribbean paleogeography: Reply to Hedges. Pp. 175-184. En: *Proceedings of the International Symposium "Insular Vertebrate Evolution: the Palaeontological Approach"* (J. A. Alcover y P. Bover, Eds.). Monografías de la Societat d'Història Natural de les Balears No. 12.
- Mancina, C. A. 2012. Mamíferos. Pp. 269-291. En: *Libro Rojo de los Vertebrados de Cuba* (H. González Alonso, H., L. Rodríguez Schettino, A. Rodríguez, C. A. Mancina e I. Ramos García, Eds.). Editorial Academia, La Habana.
- Mancina, C. A., M. Hernández, D. Martínez y R. Estrada. 2017a. An assessment of the potential effects of climate change on the distribution of Painted Land snail species, genus *Polymita* (Gastropoda: Cepolidae). *Tentacle* 25:17-19.
- Mancina, C. A., D. Cruz, B. Neyra, D. Martínez, M. Hernández, K. Velazco, I. Fernández, J. L. Fontenla, I. M. Fuentes, L. González-Oliva, F. Estrada, A. López, A. Alegre, R. Barba, R. Fernandez de Arcila, A. González, S. Aguilar, H. M. Díaz, M. Iturriaga et al. 2017b. *Distribución potencial actual y futura de especies de la flora y la fauna de Cuba: explorando efectos del cambio climático sobre la biota terrestre* [Informe

- final de proyecto]. Programa ramal: “Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación”, CITMA, La Habana.
- Matos-Maraví, P., R. Núñez Águila, C. Peña, J. Y. Miller, A. Sourakov y N. Wahlberg. 2014. Causes of endemic radiation in the Caribbean: evidence from the historical biogeography and diversification of the butterfly genus *Calisto* (Nymphalidae: Satyrinae: Satyrini). *BMC Evolutionary Biology* 14: 199.
- Mena, J., N. Blanco, S. Herrera, J. L. Ortiz, M. C. Camino, M. Cabarroi, S. G. Maldonado, G. M. Recio y M. A. Castañeira. 2013. Lista roja de hongos y Myxomycetes de Cuba. Pp. 165-166. En: *Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba: Periodo 2014-2020*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba.
- Mittermeier, R. A., W. R. Turner, F. W. Larsen, T. M. Brooks y C. Gascon. 2011. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. Pp. 3-22. En: *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas* (F. E. Zachos y J. C. Habel, eds.). Springer, Nueva York.
- Núñez Jiménez, A., N. Viñas Bayes, M. Acevedo González, J. Mateo Rodríguez, M. Iturralde Vinent y A. Graña González. 1988. *Cuevas y carsos*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 431 pp.
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. N. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'Amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Ricketts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wetzel, P. Hedao y K. R. Kassem. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience* 51: 933-938.
- ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información). 2015. Anuario Estadístico de Cuba, 2014. <http://www.one.cu>. Último acceso, 14 mayo 2017.
- Oviedo Prieto, R. y L. González-Oliva. 2015. Lista nacional de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba. *Bisbea* 9 (número especial 2): 1-88.
- Pacifici, M. B. R. Scheffers, D. Bickford, W. B. Foden, D. G. Hole, J. A. Carr, S. E. Williams, P. Visconti, T. G. Martin, A. A. Hoffmann, S. G. Willis, B. Young *et al.* 2015. Assessing species vulnerability to climate change. *Nature Climate Change* 5:215-225.
- Pecl, G. T., M. B. Araújo, J. D. Bell, J. Blanchard, T. C. Bonebrake, I. Chen, T. D. Clark, R. K. Colwell *et al.* 2017. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science* 355 (1389): 1-11.
- Perfecto, I. y J. Vandermeer. 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems. A new conservation paradigm. *Annals of New York Academic of Sciences* 1134: 173-200.
- Planos Gutiérrez, E., R. Rivero Vega y V. Guevara Velazco (Eds.). 2013. *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. Instituto de Meteorología, CITMA, La Habana, 430 pp.
- Ponce de León, J. L., G. León, R. Rodríguez, C. J. Metcalfe, D. Hernández, D. Casane y E. García-Machado. 2014. Phylogeography of Cuban Rivulus: Evidence for allopatric speciation and secondary dispersal across a marine barrier. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 79: 404-414.
- Rodríguez Schettino, L. 1993. Áreas faunísticas de Cuba según la distribución ecogeográfica actual y el endemismo de los reptiles. *Poeyana* 436:1-17.
- Rodríguez Schettino, L. y V. Rivalta. 2007. Efectos probables del aumento del nivel del mar sobre la herpetofauna de la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, Matanzas, Cuba. *Poeyana* 495:8-13.
- Rodríguez, A. 2012. Anfibios. Pp. 55-58. En: *Libro Rojo de los Vertebrados de Cuba* (H. González Alonso, H., L. Rodríguez Schettino, A. Rodríguez, C. A. Mancina e I. Ramos García, Eds.). Editorial Academia, La Habana.
- Rodríguez, A., M. Vences, B. Nevado, A. Machordom, y E. Verheyen. 2010. Biogeographic origin and radiation of Cuban *Eleutherodactylus* frogs of the *auriculatus* species group, inferred from mitochondrial and nuclear gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54: 179-186.
- Rodríguez, F., N. Viña Bayés y N. Viña Dávila. 2012. *Pterodroma hasitata*. Pp. 209-210. En: *Libro Rojo de los Vertebrados de Cuba* (H. González Alonso, H., L. Rodríguez Schettino, A. Rodríguez, C. A. Mancina e I. Ramos García, Eds.). Editorial Academia, La Habana.
- Samek, V. 1973. Regiones fitogeográficas de Cuba. *Academia de Ciencias de Cuba, serie Forestal*, 15: 1-63.
- Santiago-Valentin, E. y R. G. Olmstead. 2004. Historical biogeography of Caribbean plants: introduction to current knowledge and possibilities from a phylogenetic perspective. *Taxon* 53: 299-319.
- Sato, J. J., S. D. Ohdachi, L. M. Echenique-Díaz, R. Borroto-Páez, G. Begué-Quiala, J. L. Delgado-Labañino, J. Gámez-Díez, J. Álvarez-

- Lemus, S. T. Nguyen, N. Yamaguchi y M. Kita. 2016. Molecular phylogenetic analysis of nuclear genes suggests a Cenozoic over-water dispersal origin for the Cuban solenodon. *Scientific Reports* 6: 31173.
- Shi, H., A. Singh, S. Kant, Z. Zhu y E. Waller. 2005. Integrating habitat status, human population pressure, and protection status into biodiversity conservation priority setting. *Conservation Biology* 19: 1273-1285.
- Silva Taboada, G., W. Suárez Duque y S. Díaz Franco. 2007. *Compendio de los mamíferos terrestres autóctonos de Cuba vivientes y extinguidos*. Ediciones Boloña, La Habana, 465 pp.
- Simberloff, D. y M. Rejmánek. 2011. *Encyclopedia of biological invasions*. University of California Press, 765 pp.
- Stocker, T. F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P. M. Midgley (Eds.). 2013. Cambio climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Suárez, A. G., A. Hernández-Zanuy, A. Rodríguez, P. Blanco, B. Sánchez, L. Rodríguez, L. Menéndez, J. M. Guzmán, L. Rodríguez, F. Cejas *et al.* 2013. Diversidad Biológica. Pp. 203-260. En: *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. (E. Planos, R. Rivero y V. Guevara, Eds.). Instituto de Meteorología, CITMA, La Habana.
- Turvey, S. T. 2009. In the shadow of the megafauna: prehistoric mammal and bird extinctions across the Holocene. Pp. 17-39. En: *Holocene Extinctions* (S. T. Turvey, ed.). Oxford Univ. Press.
- Tyrberg, T. 2009. Holocene avian extinctions. Pp. 63-106. En: *Holocene Extinctions* (S. T. Turvey, Ed.). Oxford Univ. Press.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2012. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp. Originalmente publicado como IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition; Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Upham, N. S. y R. Borroto-Páez. 2017. Molecular phylogeography of endangered Cuban hutias within the Caribbean radiation of capromyid rodents. *Journal of Mammalogy* 98: 950-963.
- Vázquez-Domínguez, E., G. Ceballos y J. Cruzado. 2004. Extirpation of an insular subspecies by a single introduced cat: the case of the endemic deer mouse *Peromyscus guardia* on Estanque Island, Mexico. *Oryx* 38: 347-350.
- Zachos, F. E. y J. C. Habel (Eds.). 2011. *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas*. Springer, Nueva York, 546 pp.



*Melocactus harlowii*