

CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD CUBANA Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ARCHIPIÉLAGO CUBANO

René P. Capote López, Ida Mitrani Arenal y Avelino G. Suárez

Resumen

La literatura internacional reconoce como los principales factores límites ambientales planetarios siguientes: cambio climático, pérdida de biodiversidad, ciclos de nitrógeno y de fósforo, ozono estratosférico, acidificación oceánica, uso de agua dulce, cambios de uso de suelos, contaminación química, y aerosoles atmosféricos; y registra como los factores limitantes que presentan mayores afectaciones en el sistema mundial de medio ambiente: la pérdida de diversidad biológica, el cambio climático, y el ciclo del nitrógeno. En el trabajo se presentan resultados de la investigación científica cubana que evalúan el comportamiento de la pérdida de diversidad biológica y el cambio climático como factores ecológicos de medio ambiente en el archipiélago cubano dentro del entorno regional y mundial, a fin de evaluar aportes y límites de conservación para el aprovechamiento sostenible del medio ambiente cubano, como contribución a la mitigación y adaptación a los cambios globales y de medio ambiente.

Palabras clave: Biodiversidad, cambio climático, conservación de la biodiversidad, cambio global, medio ambiente.

Abstract

The main global environmental limiting factors in our planet have been identified as climate change, biodiversity loss, the nitrogen and phosphorus cycles, stratospheric ozone depletion, ocean acidification, global freshwater use, change in land use, chemical pollution, and atmospheric aerosols. Three of them have overstepped: biodiversity loss, climate change, and nitrogen cycle. Cuban environmental research results about climate change and biodiversity conservation that represent contributions to the understanding of those environmental problems are presented in the article.

Keywords: Biodiversity, climate change, biodiversity conservation, global change, environment.

Introducción

El Informe de la UNESCO sobre la Ciencia (1) presenta el caso de estudio Cuba, el cual cita entre los resultados relevantes de la ciencia cubana, los estudios de medio ambiente (2), entre los cuales se destacan los relacionados con el cambio climático, y la diversidad biológica, realizados por el Instituto de Meteorología (INSMET) y el Instituto de Ecología y Sistemática (IES) respectivamente, instituciones pertenecientes a la Agencia de Medio Ambiente (AMA), del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

El INSMET y el IES son instituciones nacionales focales en los temas de referencia y realizan estas investigaciones con la colaboración de diferentes programas nacionales e internacionales; y están asociadas a la Academia de Ciencias de Cuba (ACC), de la cual han recibido diferentes premios por lo que se identifican entre las instituciones principales del país entre 1998 a 2010 (2; 3).

El Programa Internacional Geosfera y Biosfera (4) reconoce los principales factores ambientales planetarios limitantes como: cambio climático, pérdida de biodiversidad, ciclos de nitrógeno y de fósforo, ozono estratosférico, acidificación oceánica, uso de agua dulce, cambios de uso de suelos, contaminación química, y aerosoles atmosféricos; y registra como factores limitantes que presentan mayores afectaciones en el sistema mundial de medio ambiente: la pérdida de diversidad biológica, el cambio climático, y el ciclo del nitrógeno.

La economía de las islas del Caribe se basa en la utilización de los recursos naturales, en particular en los bienes y servicios que se obtienen de la biodiversidad, los cuales han sufrido explotación y están severamente degradados por la actividad humana, incluidos los efectos del cambio climático antropogénico. Los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo, son especialmente vulnerables a los efectos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar y los eventos climáticos extremos (5).

Los autores presentan resultados de la investigación científica cubana que evalúan el comportamiento de la pérdida de diversidad biológica y el cambio climático en el archipiélago cubano, para evaluar aportes y límites nacionales como contribución al entendimiento y adaptación ante cambios globales y de medio ambiente.

Estado y conservación de la diversidad biológica cubana

El estado y conservación de la diversidad biológica garantizan servicios y beneficios insustituibles en relación con el suministro, regulación y desarrollo de los recursos naturales, así como en lo relativo a la cultura, la recreación, la religión y otros, como elementos básicos para alcanzar el bienestar humano (6).

Al implementarse en Cuba el Sistema de Naciones Unidas para Planeamiento de la Diversidad Biológica, se llevó a cabo el Estudio Nacional de Diversidad Biológica (7), y posteriormente se elaboró la Estrategia y Plan de Acción (8), lo cual ha permitido el seguimiento y cumplimiento de los compromisos nacionales e internacionales del Convenio para la Diversidad Biológica a través de los Informes a la Conferencia de las Partes (COPs), de los cuales CITMA (9) publicó el IV Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica, como parte integrante de la Estrategia Nacional Ambiental para la conservación y uso sostenible del medio ambiente, y en particular de la diversidad biológica.

El Estudio Nacional para la Diversidad Biológica de la República de Cuba reconoció como causa fundamental de la pérdida de la diversidad biológica cubana, la transformación del hábitat (7), asociada principalmente a fenómenos de deforestación en relación con las actividades socioeconómicas del país.

La fragmentación o pérdida de hábitats / ecosistemas / paisajes se reconoce entre los principales procesos endógenos que afectan a la diversidad biológica cubana (7; 8; 10).

Cuba es el país con mayor diversidad biológica de las Antillas, tanto en riqueza total de especies, como en el grado de endemismo y constituye una provincia biogeográfica dentro de la región Caribe. La plataforma insular presenta el relieve de una llanura sumergida, con una superficie de 67 831 km, lo que evidencia el valor de los ecosistemas costeros y marinos para la estabilidad ecológica de la biota (7).

La transformación de los ecosistemas y paisajes cubanos coincide con las etapas de mayor asimilación humana del territorio nacional, lo que se corresponde con el reconocimiento de procesos principales de antropización de paisajes a nivel mundial y regional, asociados a la colonización, la esclavitud y su aceleración, con la revolución industrial de los años 1800 (11).

El Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica de la República de Cuba, realizó la revisión y actualización de la biota cubana hasta 1996 (7). A partir de 2005 el Centro Nacional de Biodiversidad (12) ha venido realizando la actualización de las cifras del estado de la biodiversidad del país.

Flora y fauna

La biota cubana presenta 34 767 especies autóctonas y 732 especies introducidas (12; 3; 9), con las siguientes características generales:

La biota terrestre presenta 20 800 especies conocidas, con 8 948 endemismos que representan el 43,0%. El total de especies conocidas no incluye a las marinas, ni a las introducidas, excepto en las Angiospermas (Plantas con flores).

Las plantas poseen 6 643 especies, entre las cuales destacan las Gimnospermas (Coníferas) con 19 especies y 63,2% de endemismo y las Angiospermas (Plantas con flores) con 6 500 especies y 52,6% de endemismo.

Los animales presentan 12 860 especies, de las cuales la mayor cantidad de especies se registran en los Invertebrados: Insectos con 8312 especies y 40% endemismo; Moluscos 1299 especies y 66,3% de endemismo; y Arácnidos 1466 especies y 46,2% de endemismo. Las aves poseen 280 especies, con la mayor cantidad de especies entre los vertebrados representados en el país, aunque el endemismo es de 10%. La mayor cantidad de endemismos en Vertebrados se presentan en Anfibios con 56 especies y 96,6 % de endemismo, y Reptiles con 142 especies y 87,3% de endemismo.

El elevado endemismo de la biodiversidad terrestre cubana presenta tendencias en su distribución; es mayor en las áreas montañosas, que en los llanos y colinas y en las regiones oriental y occidental. Es notable en condiciones extremas (zonas con suelos tóxicos y pobres, como los serpentiniticos y arenosos silíceos), regiones de alta pluviosidad (nordeste oriental), y zonas áridas (costa sur oriental). Los grupos

de mayor porcentaje de endemismo son las plantas con flores, los moluscos, los insectos, los anfibios y los reptiles.

Las características de la flora, la fauna, y los ecosistemas marinos fueron documentados (13); la flora y fauna marinas poseen una riqueza de especies mayor que otras islas de Caribe. Ello parece estar determinado por la incidencia de varios factores. En primer lugar, Cuba es la mayor de las Antillas, con una plataforma marina relativamente extensa, comparable con algunas regiones continentales, todo lo cual favorece el autoreclutamiento y contribución de la biota a la biodiversidad regional, así como el asentamiento de larvas oceánicas provenientes de regiones alejadas.

Una característica distintiva de los ecosistemas marinos es su pobre endemismo. Existe una notable conectividad y múltiples interrelaciones en el medio acuático y sus especies, por lo que las provincias biogeográficas son muy poco definidas por su composición de especies únicas.

El número de especies marinas conocidas es menor que el de las terrestres y su diversidad táxica (taxones superiores) es mayor que en tierra. Si se consideran las relaciones de conexión de la plataforma cubana con otras del Gran Caribe, es de esperar que su fauna y flora sean pobres en especies endémicas. Sin embargo, su riqueza de especies, variedad de hábitats y estado de conservación de los mismos, caracterizan a esta región como una de las de mayor diversidad biológica del hemisferio occidental.

Los invertebrados marinos registrados en Cuba sobrepasan la cifra de 5 700 especies y la de cordados más de 1 060 (principalmente peces). Además, de los microorganismos y la flora marina, se conocen unas 7 300 especies.

A partir del conocimiento existente sobre la diversidad de especies en el Gran Caribe, se ha estimado que el número de especies probables en las aguas marinas de Cuba, pudiera sobrepasar la cifra de 10 500. A partir de esta estimación, se infiere que al menos el 30% de las especies de la flora y fauna marina de Cuba aún están por descubrir. Estos porcentajes pueden ser mucho más elevados en relación con los microorganismos y con la fauna de aguas profundas, la cual, debido a su poca accesibilidad, ha sido mucho menos estudiada.

Ecosistemas y paisajes

El archipiélago cubano posee gran variedad de ecosistemas y paisajes terrestres, los que caracterizan los notables valores de biodiversidad del país, desde semidesiertos y montes secos hasta bosques húmedos y selvas. La cobertura vegetal original de Cuba se ha estimado entre 70-80% (14), representada principalmente por bosques semidecíduos y siempreverdes. Hasta 1812 todavía existía un 90% de bosques originales.

Las áreas principales de vegetación actual se relacionan con zonas de humedales, costas, y montañas, vegetación secundaria, cultivos y pastos (14; 10).

Las áreas que aún conservan los principales recursos bióticos naturales, con ecosistemas y paisajes de alta naturalidad y representatividad, constituyen un 14% del territorio nacional. Estos sitios se caracterizan por poseer un menor grado de transformación dado su poca accesibilidad; fundamentalmente en los macizos montañosos, las ciénagas y los humedales (14; 15; 16), donde se localizan las principales áreas boscosas del país, las cuales se describen a continuación.

Los bosques están principalmente representados por formaciones húmedas tropicales, las cuales constituyen parte del límite boreal de la distribución de los bosques húmedos tropicales, en relación con la posición geográfica de Cuba (17). Estas formaciones boscosas van desde bosques pluviales (selvas) y bosques nublados, hasta bosques siempreverdes, humedales y manglares, además también se presentan bosques semidecíduos y pinares.

Los matorrales se desarrollan como formaciones xerofíticas en costas y áreas interiores, con tipos de matorrales costeros y subcosteros semidesérticos, así como otros tipos que se desarrollan sobre sustratos ferríticos y de serpentina, en las que se localizan las mayores cifras de endemismo nacional. Las áreas de mayor altitud, en el Pico Turquino (Sierra Maestra), corresponden a 1974 (m s. n. m.), donde se presenta un tipo particular de matorral montano (subpáramo).

Las comunidades herbáceas están representadas por diferentes tipos de sabanas; mayormente edáficas y semiantrópicas; comunidades de agua dulce, y afines, presentes en arroyos, ríos y zonas inundadas temporal o permanentemente, así como las comunidades de halófitas.

Los complejos de vegetación son grupos de comunidades vegetales, en los que coinciden diferentes fisonomías e incluso diferentes tipos de vegetación en una misma unidad de paisaje, entre estos complejos se localizan los de mogotes (carso cónico), así como los de costa rocosa y arenosa.

La vegetación secundaria muestra una interesante complejidad florística y estructural, en relación con los diferentes estadios sucesionales y los factores antropogénicos que la determinan, entre estos tipos se presentan bosques, matorrales y comunidades herbáceas. La vegetación ruderal y segetal está también asociada a la actividad humana, en particular en sitios habitados por el hombre y en zonas agrícolas.

Los principales biotopos marinos de Cuba son: arrecifes coralinos y fondos duros no colonizados; fondos duros no arrecifales (de aguas interiores); de sedimentos no consolidados (arena, fango); de vegetación sumergida (pastos y macroalgas); manglares; lagunas costeras y estuarios; costas rocosas bajas o con acantilados; y playas (13).

Los arrecifes coralinos ocupan más del 98% de los aproximadamente 3 215 km del borde de la plataforma marina, orlada por arrecifes frontales, o por éstos acompañados con crestas o formando parte de barreras. Por el norte se extienden aproximadamente 1 440 km de arrecifes y 1 675 km por el sur, con un total de 3 115 km. Además, muchos arrecifes se encuentran dispersos en amplias áreas dentro de la plataforma, y dos tercios de ellos están amenazados.

Los fondos fangosos saludables son altamente productivos y constituyen una fuente de importantes recursos pesqueros. Estos son comunes en extensas áreas estuarinas, lagunas costeras y orillas de manglares.

Los pastos marinos ocupan más del 50% de los fondos de la plataforma cubana. Son la principal vía de entrada de la energía que garantiza la productividad biológica y pesquera en la plataforma cubana y constituyen una importante reserva ecológica de materia y energía en forma de biomasa, parte de la cual es exportada a los arrecifes y al océano.

Los manglares ocupan aproximadamente el 4,8% del territorio nacional, lo que representa el 26% de la superficie boscosa del país. La mayor parte de las costas

del Archipiélago Cubano se encuentran bordeadas de manglares, igual que las áreas pantanosas y las lagunas costeras y estuarios.

Las playas exteriores de Cuba están formadas en su mayoría por materiales biogénicos y oolítico-biogénicos y en ellas se advierte, de manera generalizada, la erosión por causas naturales y alteraciones en el balance sedimentario de los sistemas costeros. Estos se caracterizan por el predominio de las fuentes de ingreso localizadas en el mar, principalmente en los pastos marinos y los arrecifes coralinos. Las playas interiores están constituidas predominantemente por sedimentos biogénicos marinos y sedimentos terrígenos, apreciándose en muchos casos la mezcla de ambos componentes. En general, la intensidad de la erosión es moderada en la mayoría de las playas cubanas, lo que significa ritmos de erosión no mayores a 1,2 m/año, aunque algunas muestran valores superiores.

La acción sinérgica de múltiples estresores (contaminación, represamiento, reducción de nutrientes, degradación de los hábitats, cambios globales, sobrepesca, etc.) lógicamente pueden explicar la disminución de los recursos pesqueros y otras afectaciones a la biodiversidad marina de la plataforma cubana.

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la República de Cuba

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) de la República de Cuba (15;16), se ha propuesto a partir de estudios detallados sobre los valores de la biodiversidad del país, identificando las áreas de mayor relevancia ecológica, social-histórico-cultural de la nación, para garantizar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad cubana, objetivo priorizado dentro de la Estrategia Ambiental Nacional 2007-2010 y un compromiso del estado cubano como parte contratante de la Convención sobre Diversidad Biológica (18).

El sistema propuesto cuenta con 253 áreas, de las cuales 91 son de significación nacional, las más representativas dentro del sistema y por tanto poseen los ecosistemas mejor conservados y los mayores valores naturales del país; y el resto, 162 son de significación local. Este sistema cubre el 19.95% del territorio nacional en todas sus variantes y categorías, e incluye las siete Regiones Especiales de Desarrollo Sostenible existentes y dos propuestas que cubren los 5 macizos montañosos (Guaniguanico, Guamuhaya, Bamburanao, Nipe-Sagua-Baracoa y Sierra Maestra), el mayor humedal del Caribe Insular (Ciénaga de Zapata) y los dos sistemas de cayerías más grandes del país (archipiélagos Sabana-Camagüey y los Canarreos).

Como parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las áreas marino-costeras cubanas constituyen un Subsistema (SAMP) relevante dada las características de insularidad de nuestro país. Existen un total de 108 Áreas Marinas Protegidas (AMP), de ellas, 21 legalmente declaradas y otras 13 se encuentran en proceso final de aprobación.

Los reconocimientos internacionales en el SNAP se corresponden con: Reservas de Biosfera (6), Sitios de Patrimonio Natural de la Humanidad (2), y Sitios Ramsar (6).



Bosque siempreverde.
Reserva de Biosfera Sierra del Rosario,
Pinar del Río, Cuba.
Foto Cortesía
Centro Nacional de Áreas Protegidas, CITMA

Bosque de mangles.
Reserva de Biosfera y Sitio Ramsar
Ciénaga de Zapata, Matanzas, Cuba.
Foto Cortesía
Centro Nacional de Áreas Protegidas
CITMA.



Matorral semidesértico.
Reserva de Biosfera Baconao
Santiago de Cuba, Cuba.
Foto Cortesía
Centro Nacional de Áreas Protegidas,
CITMA.

Se identifican diferentes respuestas ante la fragmentación del paisaje en sistemas de áreas protegidas (19) en relación con: a) la protección de los principales parches de hábitat naturales como núcleos del sistema, b) la identificación de zonas *buffer* o de amortiguamiento c) conectividad entre fragmentos d) la necesidad de aplicar los conceptos de planeamiento y manejo bioregional (20).

Los conceptos y criterios antes mencionados han sido ampliamente utilizados en el establecimiento del SNAP, Cuba (15,16), en especial en las categorías de manejo Paisaje Natural Protegido (Categoría V UICN) y Área Protegida de Recursos Manejados (Categoría VI UICN). La mitigación y adaptación a los cambios globales, y dentro de ellos el cambio climático, implica el entendimiento de estos

fenómenos en su dimensión multilateral, socioeconómica, biofísica e institucional (21), en la cual el éxito de los sistemas de áreas protegidas radicará en su capacidad de adaptación y respuesta a las necesidades de conservación de la naturaleza ante el desarrollo sostenible de la humanidad.

La Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (22) consideró al Sistema Nacional de Áreas Protegidas como la más importante medida de adaptación para la preservación de la diversidad biológica cubana.

Amenazas a la diversidad biológica cubana

Las amenazas a la diversidad biológica cubana fueron identificadas por el Estudio Nacional para la Diversidad Biológica (7) en relación con actividades socioeconómicas, riesgos naturales por el efecto de los cambios globales, y desastres naturales; dentro de ellas la fragmentación de hábitat, y el cambio climático antropogénico han sido reconocidas como amenazas por su significado y relevancia sobre la diversidad biológica cubana (23; 24; 22; 25; 9).

a) Fragmentación de hábitat

Los ecosistemas y paisajes terrestres naturales del archipiélago cubano fueron evaluados en relación con la fragmentación de la cobertura vegetal nacional para evaluar su representatividad y conservación (10; 26).

El área de los parches de vegetación se asocia a la capacidad del hábitat para mantener los procesos vitales de la diversidad biológica (27), y se reconocieron los rangos de hasta 10, de 10 a 100, de 100 a 1000 y de más de 1000 km para evaluar grados de fragmentación de la diversidad biológica.

Las Formaciones Vegetales Naturales analizadas se refieren a las identificadas por Capote *et al.* (14) para el Mapa de Vegetación Actual del Archipiélago Cubano. Estas formaciones se encuentran en 750 polígonos o parches, según Capote *et al.* (26). (Anexo 1: Fig. 1).

En la cobertura vegetal predomina la fragmentación de media a alta, con fragmentos de vegetación de hasta 1000 km

Dentro de los humedales se localiza el manglar como la formación de mayor cantidad de fragmentos y extensión areal total y el herbazal de ciénaga como la de parches con mayor extensión areal.

Los parches de más de 1 000 km caracterizan la vegetación cultural, mientras que en la vegetación natural sólo se localizan dos en tipos de humedales (herbazal de ciénaga y manglar). La vegetación seminatural o secundaria se caracteriza por una fragmentación de media a alta al igual que la vegetación natural. Se reconocieron para la cobertura vegetal nacional que (10):

1. Los pastos marinos y los manglares son los mejores representados entre los humedales, los cuales se relacionan con otros ecosistemas afines como herbazal de ciénaga, bosque de ciénaga y bosque semideciduo con humedad fluctuante.

2. Los bosques tropicales mesófilos, han perdido más del 50% de la superficie potencial, y en particular, por su relación con condiciones favorables a la urbanización y la agricultura, sufrieron afectaciones los bosques siempreverdes, semidecuidos y los bosques de pinos. Sin embargo los resultados obtenidos muestran la representatividad actual de tipos de bosques tropicales mesófilos tales como: bosque siempreverde mesófilo submontano, de ciénaga, costero y subcostero; bosque semidecuidos mesófilo, y de humedad fluctuante; y el bosque de pinos con *Pinus caribaea* y *P. tropicalis*.

Los datos anteriores se corresponden con la representatividad y conservación que la cobertura vegetal nacional posee en la actualidad, y a las medidas que han permitido revertir la deforestación nacional. De acuerdo con el análisis de la dinámica forestal, se conoce que en Cuba la tasa de deforestación se detuvo en 1959 año en el que se realizaron plantaciones en grandes territorios lo que contrarrestó las pérdidas de algunas áreas de bosques naturales que se convirtieron al uso agropecuario en la década de los años 60 y 70. La superficie cubierta de bosque en el país ha ido en constante ascenso a partir del año 1959, hasta alcanzar, 25,26% de la superficie total del país en el año 2007. (3)

El trabajo de reforestación que se realiza actualmente va dirigido a satisfacer necesidades de la economía nacional en diferentes surtidos de madera y también se realizan plantaciones de carácter protector, entre ellas, de las aguas y los suelos en las zonas de protección de los cuerpos de agua y en cuencas hidrográficas así como en zonas montañosas de alta pendiente. Sin embargo, aún subsisten deficiencias tales como: inadecuada selección de especies y de sitios para la reforestación, bajos niveles de supervivencia y calidad de las plantaciones y deficiente estructura en cuanto a diversidad de especies. Aunque estos aspectos han mejorado, los valores alcanzados aún son bajos y distan de los niveles deseados.

b) Cambio climático

Desde 1991 el Instituto de Meteorología (INSMET) organizó en Cuba la Comisión Nacional sobre el Cambio Climático, y en 1997 el Grupo Nacional de Cambio Climático-CITMA para elaborar cada dos años la comunicación nacional correspondiente; en 2001 se finalizó la Primera Comunicación Nacional a la Comisión Mundial de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) (28,29).

Las evidencias de las variaciones significativas del clima en Cuba desde los años 70 del siglo XX se relacionan con el aumento de las frecuencias de las sequías desde los años 60; los incrementos de los brotes de tornados desde los años 70 y los eventos de lluvias intensas en los 80, que se registran como los mayores del siglo XX. Estas evidencias coinciden con los reportes del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (5; 30;31) para la región del Caribe y la Evaluación del Medio Ambiente Cubano-GeO.(3)

Los resultados de los modelos para proyectar el clima futuro en Cuba (31; 5; 32; 33) indican:

- Incremento de la temperatura media anual del aire entre 1,6 y 2.5° C para el 2100.
- Incertidumbre en el régimen de precipitaciones.
- Intensificación y expansión de procesos de aridez y sequía por elevación de la temperatura y la evaporación.
- Ascenso del nivel medio del mar, entre 8 y 27 cm. en 2050, y hasta 59 cm. al 2100.

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático - IPCC reconoce los impactos y vulnerabilidades, mayormente negativos, que el cambio climático de origen antropogénico está ocasionando y ocasionará en la diversidad biológica (5; 31; 34). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (6) de Naciones Unidas lo evaluó como uno de los principales impactos a los bienes y servicios que prestan los ecosistemas en este siglo.

Para Cuba se han documentado los impactos, vulnerabilidad, y adaptación de la biodiversidad cubana al cambio climático (23; 24), los cuales se publicaron en la Primera Comunicación Nacional a la Convención sobre Cambio Climático (22). Posteriormente, también se revisaron los impactos del cambio climático y la diversidad biológica terrestre en el Caribe insular, para desarrollar una agenda regional de investigación e identificar necesidades de creación de capacidades para su implementación en la región (25).

Como impactos futuros del cambio climático a la biodiversidad se reconocen los siguientes (3):

- Transformación, reducción o desaparición de especies; incluidas modificaciones fisiológicas y bioquímicas por procesos de estrés.
- Afectaciones a los arrecifes coralinos por intolerancia térmica.
- Disminución de captura y rendimientos pesqueros por aumento de la temperatura del mar.
- Desaparición de ecosistemas de humedales por elevación del nivel del mar y cambios asociados al régimen hídrico.
- Afectaciones a las zonas biogeográficas del norte de las provincias orientales, y en particular a especies endémicas de plantas según modelo índice biológico de aridez.

Los impactos a otros recursos naturales provocaran también impactos directos e indirectos a la biodiversidad y/o a los bienes y servicios que la misma brinda, en relación con los recursos hídricos, la agricultura, y los asentamientos humanos, todo lo cual alcanza una expresión particular para la zona costera por la condición de archipiélago de nuestro país (3).

Para los manglares y los ecosistemas costeros (35; 36) se reconoce la elevación del nivel medio del mar como el principal cambio climático y global; todo lo cual se incrementa con los cambios en las precipitaciones, temperatura, y la salinización. Otros autores, (37) identificaron las acciones sobre los manglares y ubicaron las principales afectaciones al ecosistema de manglar en el archipiélago cubano (Anexo 2: Fig.2).

En Cuba, la zona costera comprende las llanuras costeras y las aguas someras de la plataforma, con una creciente asimilación y actividad socioeconómica. Los principales impactos del cambio climático a la zona costera son derivados de la elevación del nivel del mar, el cual provocará retroceso de la línea de costa con pérdida del territorio en la isla de Cuba y las cayerías; afectaciones a los arrecifes coralinos y la biota asociada por incrementos de la temperatura, y del intercambio de las aguas de plataforma con el océano al aumentar la profundidad; modificaciones de las características físico-geográficas, hidrográficas, e hidroclimáticas; afectaciones a la actividad de pesca; y el incremento de afectaciones por inundaciones costeras por surgencia ciclónica, el cual se identifica como el fenómeno hidrometeorológico más dañino que afecta las costas cubanas (3).

Las evaluaciones del IPCC (5; 29; 31) identifican que la temperatura media planetaria presenta una tendencia hacia su aumento. En esta tendencia están incluidos los océanos, donde el calentamiento conduce a cambiar el ambiente marino, al aumento del nivel del mar por expansión térmica y al incremento en la ocurrencia de eventos meteorológicos de gran intensidad. Estos cambios afectarían tanto al hábitat en aguas profundas como en zona costera. A continuación se analizan los tres aspectos de forma individual, llegando a identificar las zonas más expuestas al cambio climático previsto.

1. La estructura termohalina de las aguas cubanas

Según estudios realizados con información de cruceros meteorológicos en aguas cubanas en 1966-2000 (Anexo 3:Fig.3.41), se aprecian algunos cambios en las aguas superficiales y sub-superficiales, aledañas a Cuba. Comparando los cursos anuales de los parámetros que caracterizan a la estructura termohalina, antes y después de 1980, se observan tendencias al aumento de la temperatura del agua en 0,2 y 0,7°C en invierno y verano del hemisferio norte respectivamente (Anexo 3:Fig.3.42), y profundización del espesor de las aguas cálidas en el orden de las decenas de metros (Anexo 3:Fig.3.43) (38). Por otra parte, también se ha observado un aumento en la salinidad, en el orden de 0,5 psu y esto donde mejor se aprecia es en el curso anual del valor máximo de salinidad (S_{max}) localizado entre 150 y 300 m de profundidad (Anexo 3: Fig.3.44) (39) lo cual conduce a la acumulación de calor en el océano, situación muy favorable para la intensificación de los ciclones tropicales.

Otros estudios (22) demuestran la tendencia del acumulado anual de lluvia sobre territorio cubano para las últimas décadas del siglo XX, no presenta cambios significativos con respecto a décadas anteriores, sino una redistribución en su curso anual, donde a una ligera disminución en el período lluvioso se antepone un aumento en el período poco lluvioso y a la mayor frecuencia de eventos de intensa sequía les ha correspondido muy intensos eventos de lluvia. No obstante, los días sucesivos con lluvia tienden al aumento (41). Este régimen de precipitaciones puede ser la razón de que los cursos anuales del máximo de salinidad y de su profundidad de localización en los años 80-90 del pasado siglo, sean más suaves que en las décadas precedentes, aunque su aumento general esté indicando un aumento en la evaporación y esto si que es signo de prevalencia de las sequías sobre las lluvias.

2. Sobreelevación del nivel del mar

En el reporte de IPCC (30) aparece la primera evaluación del clima global hecha en 1995 con año base en 1990 y hacia el 2100; en él se planteaba un incremento de la temperatura entre 1,5°C y 3,0°C, con un aumento del nivel medio del mar entre los 0,15 y los 0,95 m. La publicada por IPCC (31) para el mismo período, muestra un intervalo térmico de 1,4°C a 5,8°C, con 0,15 a 0,85 m de incremento para el nivel medio del mar.

Según cálculos realizados con datos de mareógrafos (42), se establece el incremento de 0,27 cm/año como tendencia promedio del nivel del mar en aguas cubanas, en correspondencia con los valores de mínimo a intermedio, señalados por IPCC (31). A este escenario pudiera corresponderle una adaptación natural de la vida costera y es posible que valores intermedios, de hasta 50 cm/año, tampoco estuviesen reñidos con la adaptabilidad. Valores mayores ya serían problemáticos, dadas las condiciones físico geográficas del archipiélago cubano. Según estudios realizados por especialistas del Instituto de Planificación Física (IPF) y del Instituto de Meteorología (35;43), el territorio cubano posee más de 5 000 km de costas sin incluir los numerosos cayos existentes, y se caracteriza por:

- El predominio de costas bajas acumulativas.
- El 5,2 % del área total de Cuba está ocupada por zonas bajas y pantanosas.
- El 100 % de las 14 provincias tienen costas.
- El 65 % de los municipios tienen costas.

Más del 10 % de la población cubana vive a una distancia entre 0 y 1000 m de la línea costera, en 244 asentamientos humanos. De ellos, 93 se localizan total o parcialmente entre 0 y 1 m de altura, con una población de 760320 habitantes, que viven en 48 494 viviendas.

Según la información recopilada por especialistas del INSMET y del IPF (35; 43) un total de 52 asentamientos han reportado inundaciones costeras por penetraciones del mar (Anexo 3:Fig.3.45) y no se han reportado otros nuevos asentamientos afectados en el siglo XXI. De lo antes expuesto se aprecia cuán grave sería la situación, tanto para la vida humana como para la biodiversidad, con la ocurrencia del escenario máximo de IPCC (30; 31).

Resulta un elemento favorable que en la evaluación del IPCC (5) se plantee para el escenario máximo una sobreelevación de 59 cm para el año 2100. En tal caso, sería posible una paulatina adaptación del medio costero a las nuevas cotas de nivel del mar.

3. Eventos meteorológicos intensos

Se ha manifestado la existencia de un enlace entre las inundaciones costeras en las costas occidentales de Cuba y la ocurrencia del evento ENOS, destacándose una correspondencia entre el aumento de intensidad y frecuencia registrado para este fenómeno en las últimas décadas del siglo XX y un incremento en la frecuencia e intensidad de las inundaciones por penetraciones del mar durante la

temporada invernal del hemisferio norte. En presencia del evento ENOS las bajas extratropicales se desplazan hacia latitudes menores, acercándose el área de vientos máximos al territorio nacional. En las cercanías de las costas cubanas se intensifica la acción del viento y del oleaje, primero de dirección sur y después del noroeste, al paso del sistema frontal que acompaña a la baja, aumentando significativamente la intensidad y frecuencia de las inundaciones en ambas costas occidentales (44).

La situación con la ocurrencia de los ciclones tropical es algo diferente. Con el nivel de información disponible, fue posible notar una tendencia variacional en la ciclogénesis del Atlántico Norte. Una disminución de la actividad ciclónica en el Mar Caribe (45) con la mayor ocurrencia de recurva en longitudes más orientales (46), alejó a los huracanes de las costas de Cuba en las últimas décadas del siglo XX, en coincidencia con la intensificación de la actividad ENOS.

A partir de 1953, se observó un aumento en la formación de ciclones tropicales por debajo de los 20°N y al oeste de los 55°W; sin embargo, es en la región caribeña al este de los 55°W donde se forman el 75% de los huracanes que han afectado a Cuba (47). Resulta de interés que entre 1910 y 1944 (35 años) ocurrieron 9 de los 10 huracanes más intensos que afectaron al país en el siglo XX y de forma similar entre 1844 y 1888 ocurrieron 5 de los 6 huracanes más intensos del pasado siglo; sin embargo, los años 20 y el período entre 1973 y 1995 sobresalen por su mínima actividad sobre el territorio nacional, de manera que se manifiesta una variabilidad multidecadal en el comportamiento de los ciclones tropicales (48). Ya a comienzos del siglo XXI, se nota nuevamente un período de aumento en la actividad de los ciclones tropicales, tanto en intensidad como en frecuencia.

El comportamiento del régimen de las inundaciones costeras en el territorio cubano responde a las tendencias antes expuestas. Se aprecia una variación a largo plazo en lo referente a causas y frecuencia de ocurrencia. En unos períodos las inundaciones dependen más de los eventos tropicales y entonces son menos frecuentes pero de mayor intensidad, pudiendo afectar a distintas localidades de toda la isla, mientras que en otros la dependencia del comportamiento de las bajas extratropicales es mayor y por tanto las inundaciones son menos intensas pero más frecuentes y limitándose a las costas occidentales.

Por otra parte, los cambios antes descritos para la estructura termohalina de las aguas cubanas serían favorables a la producción de calor latente, fuente principal de energía para la formación y desarrollo de los ciclones tropicales. Tomando en cuenta el aumento de la temperatura planetaria, ya la comunidad científica internacional aventura criterios de aumento en la frecuencia de estos eventos (49) y ya se han publicado valoraciones de su aumento en intensidad, lo cual conduciría al incremento de su poder destructivo (50). Otros resultados con modelos matemáticos a escala regional, muestran un desplazamiento del corredor de los huracanes hacia latitudes más altas y esto significa un mayor peligro de afectación para la República de Cuba y en especial, para la mitad noroccidental (51).

4. Las zonas más expuestas a los cambios climáticos previstos

Por sobreelevación del nivel del mar, aunque todo el perímetro costero puede verse afectado, las zonas más sensibles serían las costas bajas y de amplia plataforma, al sur de la Isla de Cuba, en los tramos cabo Cruz-Punta María Aguilar y desde Bahía de Cochinos hasta la Ensenada de Cortés. No solo habría un movimiento de la línea costera tierra adentro entre 1 y 7 km (35), sino que las inundaciones por penetraciones del mar en tierra, afectarían un área mayor (Anexo 3:Fig.3.47).

Pero son las costas occidentales y sus aguas aledañas, las más afectadas por inundaciones costeras, debido a la frecuencia con que son alcanzadas por los ciclones tropicales, tanto al sur como al norte de la Isla de Cuba, dada su peculiar posición geográfica, como se observa a continuación en imágenes de fenómenos meteorológicos ocurridos en La Habana en 1919, 1926, y 1993. También, en el período invernal del hemisferio norte, son afectadas por los vientos que acompañan a los sistemas frontales que se desplazan por el Golfo de México. Por otra parte, según se aprecia en el Anexo 3: Fig. 3.48, en ambas costas se localizan las áreas de máximos de temperatura y de máximos espesores de las aguas cálidas, en combinación con altos valores de salinidad. (52).





En el año 2007 se publicó una nueva actualización de IPCC acerca de las evaluaciones del posible cambio climático y sus impactos (5). Se plantea que durante el siglo XX, la sobreelevación del nivel del mar a escala planetaria fue de 0,17 m.

Según la nueva valoración de IPCC, de duplicarse la concentración del CO₂, el aumento de la temperatura planetaria sería de 2 a 4,5°C. De mantenerse las tendencias hacia el aumento de la temperatura planetaria, los escenarios estudiados indican para la última década del siglo XXI un incremento entre 1,1 y 6,4°C, con un mejor estimado de 1,8 a 4,0°C, en correspondencia con las tendencias de la concentración de gases de efecto invernadero y en primer lugar, del CO₂. Estas tendencias de la temperatura se corresponden con un aumento del nivel del mar de 0,18 y 0,59 m.

De lo antes expuesto, se aprecia que la nueva previsión para el nivel del mar es bastante moderada, aún para los valores extremos. Los valores estimados para la República de Cuba quedarían en el escenario intermedio, por lo que no deben minimizarse las medidas adaptativas de mitigación de daños, tomando en cuenta la posibilidad del incremento de la actividad ciclónica en la zona tropical, tanto en frecuencia como en intensidad, sobre todo para la región occidental.

Consideraciones generales

1. La diversidad biológica cubana se distingue por la presencia de valores patrimoniales de interés nacional, regional y mundial, en especial para la conservación de la biodiversidad del Caribe y del Neotrópico, con altos porcentajes de endemismos de la biota y alta representatividad ecopaisajística.
2. La asimilación socioeconómica histórica de ecosistemas y paisajes del archipiélago cubano por deforestación, provocó la fragmentación y pérdida de hábitat, el cual se identifica como la causa principal de pérdida de la diversidad biológica en Cuba.
3. La zona costera del archipiélago cubano se identifica entre los sitios de mayores afectaciones e impactos del cambio climático por alteraciones de la estructura termohalina de las aguas, el aumento del nivel del mar por expansión térmica, y el incremento en la ocurrencia de eventos meteorológicos de gran intensidad.
4. La reversión del proceso de deforestación nacional y la aplicación de mecanismos de conservación para las principales zonas de vida del país permiten sentar bases para la aplicación de medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático; y la pérdida de la biodiversidad cubana.
5. El cambio climático y la pérdida de la diversidad biológica se identifican como problemas ambientales prioritarios, ante los cuales se aplican medidas de mitigación y adaptación establecidas en relación con los planes de acción nacional y de acuerdo con los compromisos internacionales para la conservación y uso sostenible del medio ambiente.

Referencias

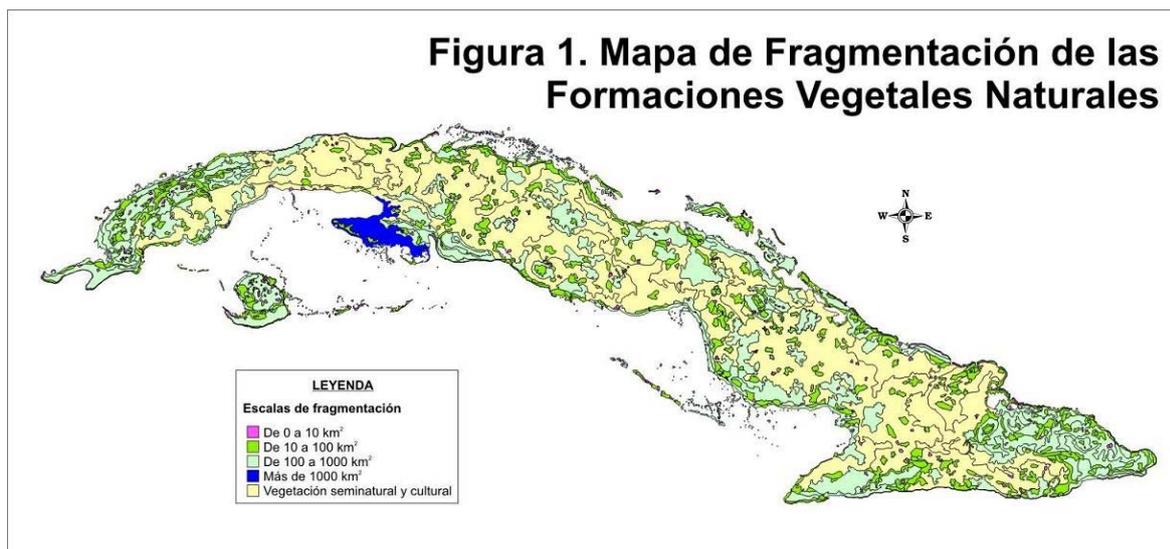
- [1] UNESCO, 2010: UNESCO Science Report 2010. The Current Status of Science around the World. CD ISBN 978-92-3-104132-7.
- [2] Clark, I. 2010: Cuba. En: UNESCO Science Report 2010. CD ISBN 978-92-3-104132-7.
- [3] Fernández, A. y Pérez, R. (Eds.): Evaluación del medio ambiente cubano. GEO-Cuba, CITMA-PNUMA-AMA, 2009:293.
- [4] IGBP, 2009: Global Change. Internacional Geosphere-Biosphere Programme 74: pp. 10-13.
- [5] IPCC: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.
- [6] MEA. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Island Press, Washington,DC. 2005.
- [7] Vales, M., A. Álvarez. A., Montes L. y Ávila A. (comps.): *Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica en la República de Cuba*. Editorial CESYTA, Madrid, 1998: xxv + 480.
- [8] Vilamajó, D., Vales, M.A. Capote, R.P. Salabarría, D. y Menéndez, J.M. (comps.): Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica y Plan de Acción en la República de Cuba. Editorial Academia, La Habana, 2002: 88.
- [9] Ministerio de Ciencia, Tecnología, y Medio Ambiente (CITMA): IV Informe Nacional al Convenio sobre la Diversidad Biológica. República de Cuba. CITMA-PNUD-GEF, 2009: 197.
- [10] Capote, R. P., Guzmán, J. M. y Llamacho, J. : Fragmentación de Vegetación en el Archipiélago Cubano: Conservación de Diversidad Biológica y Mitigación de Cambios Globales en Áreas Protegidas. IV Congreso de Áreas Protegidas. V Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. 2005: 24. Cuba. CD ISBN 959-7164-93-0.
- [11] Capote, R.P. y Capote-Fuentes, R.T : Medio ambiente y universo cognoscible. Catauro, Revista Cubana de Antropología 2004: 6 (10). Fundación Fernando Ortiz. Cuba.
- [12] Centro Nacional de Biodiversidad, IES/CITMA (CeNBio):
<http://www.ecosis.cu/cenbio/biodiversidadcuba/varios/biotacubanacifras.htm> .
- [13] Claro, R. (ed.): *La Biodiversidad Marina de Cuba*. Instituto de Oceanología, La Habana. 2007 CD ISBN: 978-959-298-001-3.
- [14] Capote, R. P., Ricardo, N., González, A.V., García, E.E., Vilamajó, D. y Urbino, J.: Vegetación actual. En: *Nuevo Atlas de Cuba*, IGACC-ICGC, 1 mapa. X,1.2-3.

- [15] Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP): *Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Cuba. Plan 2003-2008*. Escandón Impresores, Sevilla, 2002: 222.
- [16] Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP): Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) 2008-2013, 2009: CD ISBN: 978-959-287-019-2.
- [17] World Conservation Monitoring Center (WCMC): *Global Biodiversity Status of Earth Living Resources*. Chapman Hall, London, 1992: xx + 594.
- [18] CITMA (2007): *Estrategia Nacional Ambiental*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), Editorial Academia, Ciudad de La Habana, 93 pp. (incluye Anéxos únicos de la Resolución 40/2007).
- [19] Barber, C.V., Miller, K.R. y Boness, M. (eds.) : *Securing Protected Areas in the Face of Global Change: Issues and Strategies*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 2004: xxxiii + 234.
- [20] Miller, K. (1997): Como preparar las áreas protegidas para el siglo XXI. En: *Memorias del Primer Congreso Latinoamericano de Parques Nacionales y otras Áreas Protegidas*, Santa Marta, Colombia, pp 136-150.
- [21] UICN: *Directrices para las categorías de manejo de Áreas Protegidas*. Comisión de Parques Nacionales y Areas Protegidas, Glad, Switzerland, UK, 1994: 179-257.
- [22] Centella, A., Llanes, J., and Paz, L. (Eds.) 2001. *República de Cuba. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. La Habana, 2001:169.
- [23] Ferrás, H., López, A., Martell, A., y Suárez, A. G.: Relaciones de la diversidad en la flora endémica cubana con la vegetación y la aridez del clima. II Estudio de las variables climáticas. *Acta Botánica Cubana*, 1999: No. 136.
- [24] Suárez, A.G., López, A., Ferras, H., Chamizo, A., Vilamajó, D., Martell, A., Mojena, E. : Sector Biodiversidad y Vida Silvestre. (Wild Life and Biodiversity). In: Gutierrez, T., Centella, A., Limia, M., and López, M. (Editors). *Impactos del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba (Climate Change Impact and Adaptation. Cuban Country Study)*. Project No. FP/CP/2200-97-12, United Nations Environmental Program (UNEP), INSMET (Institute of Meteorology), La Habana, Cuba, 1999: 164-178 pp.
- [25] Suárez. A., E. Garraway, E., Vilamajo, D., Mujica, L., Gerhartz, J., Capote Fuentes, R. y Blake, N.: *Climate change impacts on terrestrial biodiversity in the insular Caribbean: Report of Working Group III, Climate Change and Biodiversity in the Insular Caribbean*. CANARI Technical Report 2008: No.383: 99pp. [http://: www.canaris.org](http://www.canaris.org) .
- [26] Capote R.P., Cruz Díaz,R.O., y Vantour, A. : *Fragmentación de Vegetación en el Archipiélago Cubano: Conservación de Diversidad Biológica y Mitigación de Desertificación*. 2006: pp. 33-36, 1 mapa. En: *Memoria 1er. Taller Binacional y Regional sobre Desertificación*. Eds. Mailen Riveros Caballeros, L. E. Sánchez , y J. Paolini., 150 pp. Editorial IVIC, Caracas, Venezuela.
- [27] UNEP (1995): *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press. 1140 pp.

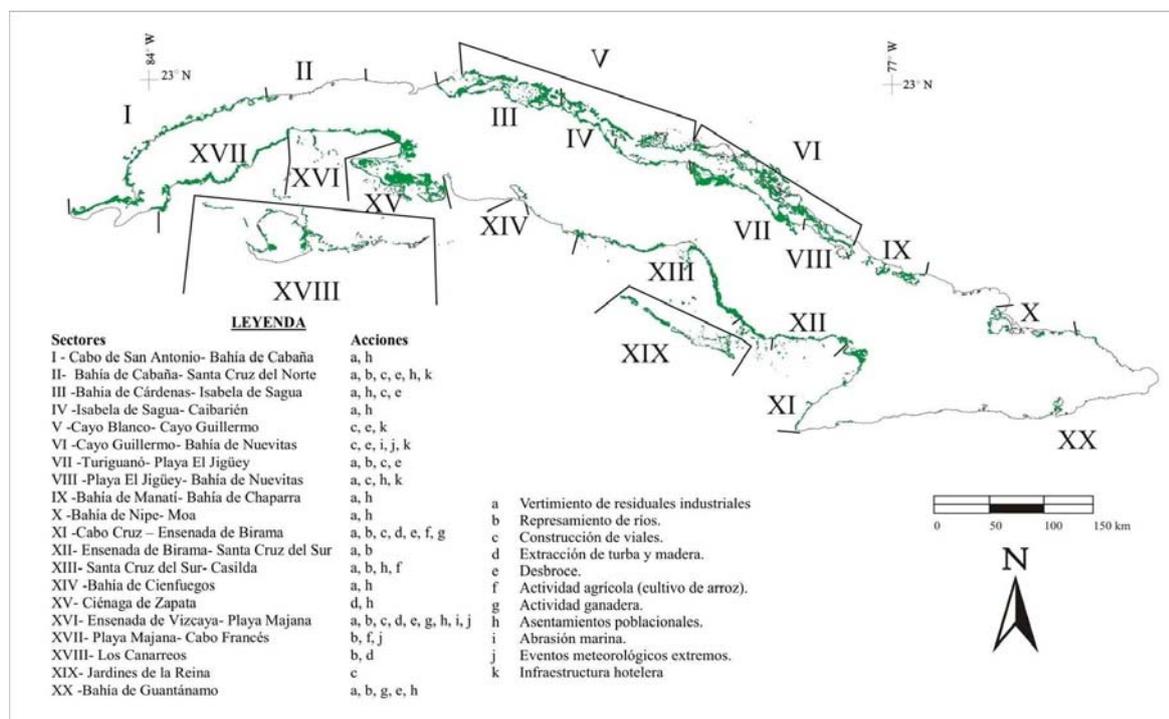
- [28] Centella, A.: Cuba ante el cambio climático: Estudios de vulnerabilidad y adaptación y proceso de la segunda comunicación nacional. Ponencia presentada en Taller de Diálogo Nacional-GEF, La Habana, 13 al 15 de noviembre de 2006.
- [29] Pichs, R.: Cambio climático. Globalización y subdesarrollo. Editorial Científico-Técnica, La Habana 2008, 205 pp.
- [30] IPCC: Segunda Evaluación Cambio Climático 1995. Informe del grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio Climático. OMM, UNEP, PNUMA, 1996: 71.
- [31] IPCC: Climate Change and Biodiversity. Ed. H. Gitay, A. Suarez, R.T. Watson and D.J. Dokken. Intergovernmental Panel on Climate Change, Technical Paper V, 2002: 77.
- [32] Centella A., Bezanilla, A. y Leslie K. R.: A study on the uncertainties in future Caribbean Climate using the PRECIS Regional Climate Model” Caribbean Community Climate Change Center, Belmopan, Belice, 2009:15.
- [33] Martínez D., Borrajero I., Bezanilla A. and Centella A.,: La Ocurrencia de Ciclones Tropicales en el Caribe y México y el Calentamiento Global. Aplicación de un Modelo Climático Regional, En prensa: “Rev. Ciencias de la Tierra y el Espacio”.
- [34] IPCC: Climate Change 2001. Synthesis Report. Contribution of working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. OMM, UNEP, 2001: 387.
- [35] Mitrani, I., Pérez, R., García, O., Salas, I., Juantorena, Y., Ballester, M. y Beauballet, P.: The coastal floods in the Cuban territory, the most sensitive areas and the possible impact of the climate change. Proceeding of the 2001 Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community, Río de Janeiro, Brasil, 6-8 octubre, published by the Centre of International Earth Science International Network at the Columbia University (CIESIN)), 2001 www.earthscapes.com,
- [36] Menéndez, L., González, A.V., Guzmán, J.M., Rodríguez, L., Capote, R.P. et al., Bases ecológicas para la restauración de manglares en áreas seleccionadas del archipiélago cubano y su relación con los cambios globales. Informe Final de Proyecto, Programa Nacional de Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano. Biblioteca Instituto de Ecología y Sistemática-IES, CITMA, 2000: 153.
- [37] Menéndez, L. y Guzmán, J.M. (eds.): Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano. Editorial Academia, La Habana, 2006: 331pp.
- [38] Mitrani I., y Díaz O.: Particularidades de la estructura termohalina y sus tendencias en aguas Cubanas 1. 1. Temperatura del agua Revista Cubana de Meteorología, 2008a: Vol. 14, No. 1, 54-60
- [39] Mitrani I., y Díaz O.: Particularidades de la estructura termohalina y sus tendencias en aguas Cubanas 2. Salinidad. Revista Cubana de Meteorología, 2008b: Vol. 14, No. 1, 61-68

- [40] Alvarez L., Alvarez R., y Borrajero I.: Caracterización de las precipitaciones en la estación Casablanca y sus tendencias 2002a. Rev. Cub. Met. Vol.9, No. 1, 3:11
- [41] Alvarez L., Alvarez R., y Borrajero I.: Caracterización de las precipitaciones en la estación Camaguey y sus tendencias 2002b. Rev. Cub. Met. Vol.9, No. 2, 28:37
- [42] Hernández, M., Marzo, O., y Acanda, A.: Tendencia lineal del nivel medio del mar en algunas localidades del archipiélago cubano. Serie Oceanológica No.7, 2010, ISSN 2072-800X www.redciencia.cu.html
- [43] PNUD: Desarrollo de las técnicas de predicción y las inundaciones costeras, prevención y reducción de su acción destructiva. Informe Técnico. PNUD-Defensa. Civil de la Ciudad de La Habana, Editora del Instituto de Planificación Física. 1998: 200.
- [44] Pérez Parrado R., Rego J. y García O.: Efectos del evento ENOS durante la temporada invernal en Cuba. Boletín SOMETCUBA, (Publicación electrónica), 1995: Vol. 1, No.2, La Habana, Cuba.
- [45] Ballester M., y C. González: Variaciones y Tendencias de la Ciclogénesis tropical en el Atlántico Norte. Bol. SOMETCUBA 1997: Vol. 3 No. 1, La Habana. (<http://www.met.inf.cu/>)
- [46] Ortiz R.: Una observación sobre las trayectorias de los huracanes y perturbaciones ciclónicas" Rev. Cub. Met. 1998:Vol.1, No. 1, 66:68.
- [47] Limia M. E.: Los ciclones tropicales que afectan a Cuba y su lugar de origen. Memorias de la Conferencia Científica sobre Ciclones Tropicales "Rodríguez in Memoriam" WMO, SOMETCUBA, INSMET, La Habana, 1998: 30:3.
- [48] Pérez Suárez R., Ballester, M., González, C., y Limia, M.: Los ciclones tropicales de Cuba. Variaciones y tendencias observadas. . Memorias de la Conferencia Científica sobre Ciclones Tropicales "Rodríguez in Memoriam" WMO, SOMETCUBA, INSMET, La Habana, 1998: 30.
- [49] Bender M. A., , R.E.Tuleya, J. J. Sirutis,G. A. Vecchi, S.T. Garner, y I.M.Held: Modeled Impact of Anthropogenic Warming on the Frequency of intense Atlantic Hurricanes, Science 2010: Vol. 327, www.sciencemag.org
- [50] Knutson T. R., McBride, J.L., Chan, J., Enmanuel, K. Holland, G., Landsea, C., Held, I., Kossin, J.P., Srisvastava, A.K., y Sugi, M.: Tropical cyclones and climate change, Nature geoscience, 2010: Vol. 3, DOI: 10.1038/NCEO779, 157-163, www.nature.com/naturegeoscience
- [51] Martínez D., Bezanilla A., Alvarez L., Borrajero I.: Simulación numérica de escenarios climáticos regionales para los mares Interamericanos y territorios adyacentes. Informe de Resultado Científico, Biblioteca INSMET, 2009: 209
- [52] Mitrani I., y Díaz O.: Influencia de los factores hidrometeorológicos en el medio marino de la zona suroccidental de Cuba. Revista Cubana de Meteorología 2005: Vol. 12, No.2, La Habana, 94:100.

Anexo 1 (Fig. 1), según Capote *et al.*, 2006.



Anexo 2 (Fig. 2). Mapa de afectaciones al ecosistema de manglar en Cuba, según Menéndez y Guzmán (eds.), 2006.



Anexo 3 (Fig. 3)

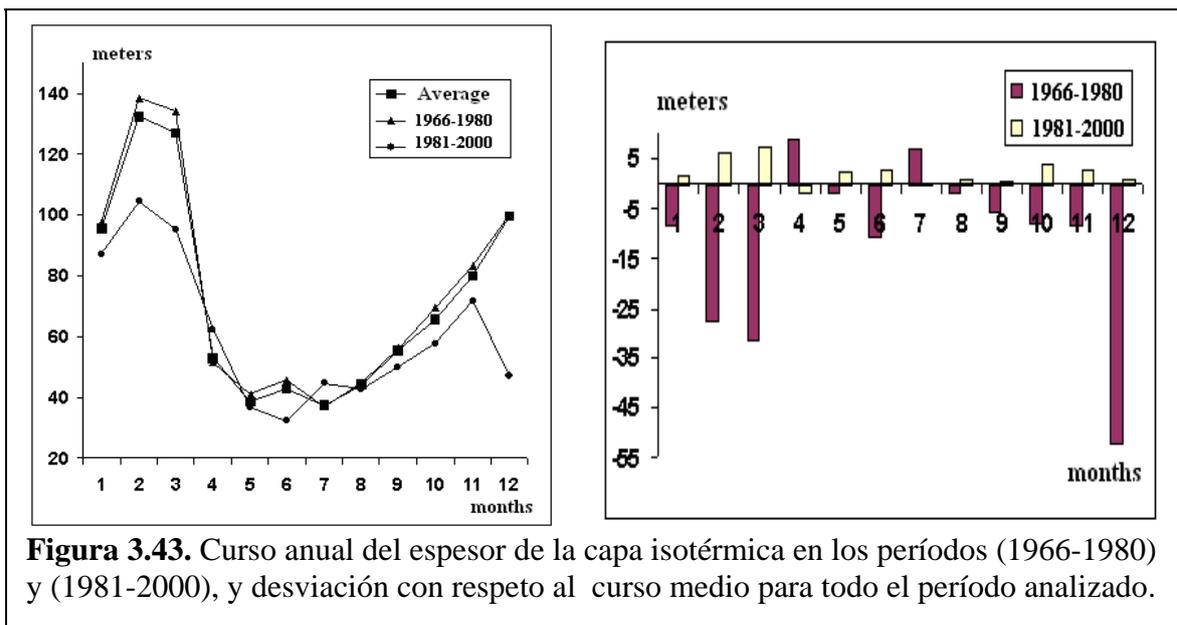


Figura 3.43. Curso anual del espesor de la capa isotérmica en los períodos (1966-1980) y (1981-2000), y desviación con respecto al curso medio para todo el período analizado.

Anexo 3 (Fig. 3)

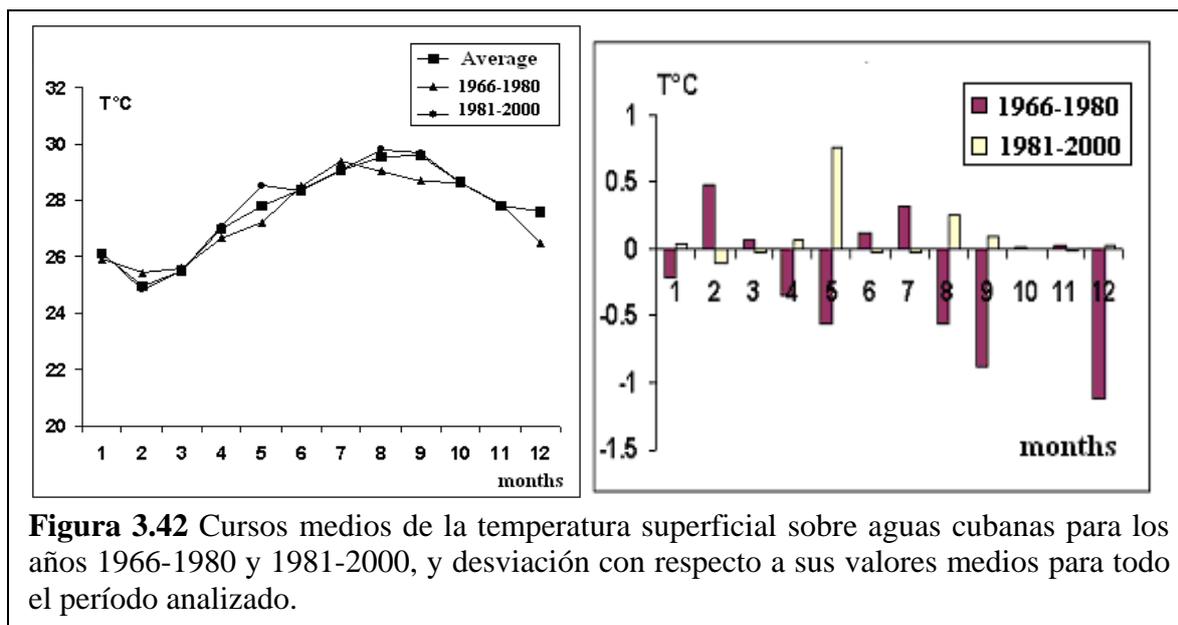


Figura 3.42 Cursos medios de la temperatura superficial sobre aguas cubanas para los años 1966-1980 y 1981-2000, y desviación con respecto a sus valores medios para todo el período analizado.

Anexo 3 (Fig. 3)

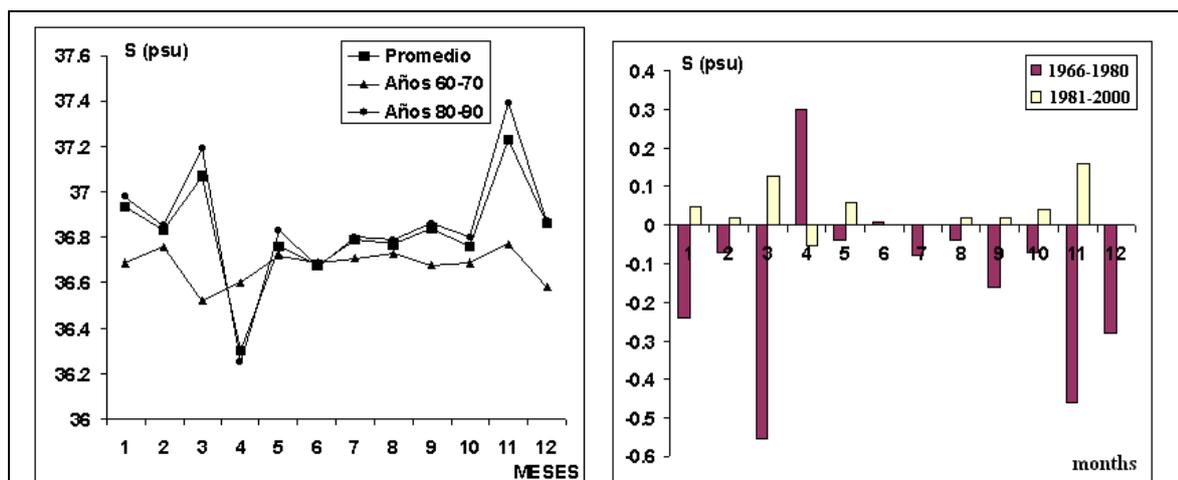


Figura 3.44 Curso medio anual del máximo de salinidad en los períodos (1966-1980) y (1981-2000), y desviación con respecto al curso medio en todo el período.

Anexo 3 (Fig. 3)

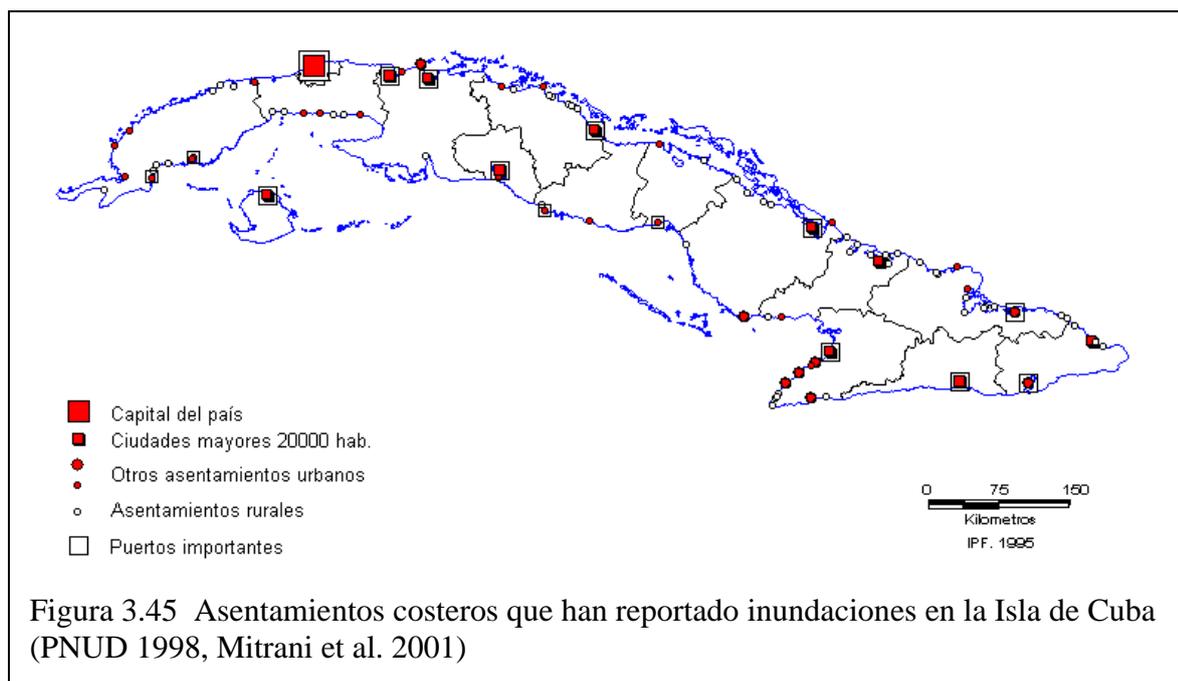


Figura 3.45 Asentamientos costeros que han reportado inundaciones en la Isla de Cuba (PNUD 1998, Mitrani et al. 2001)

Anexo 3 (Fig. 3)

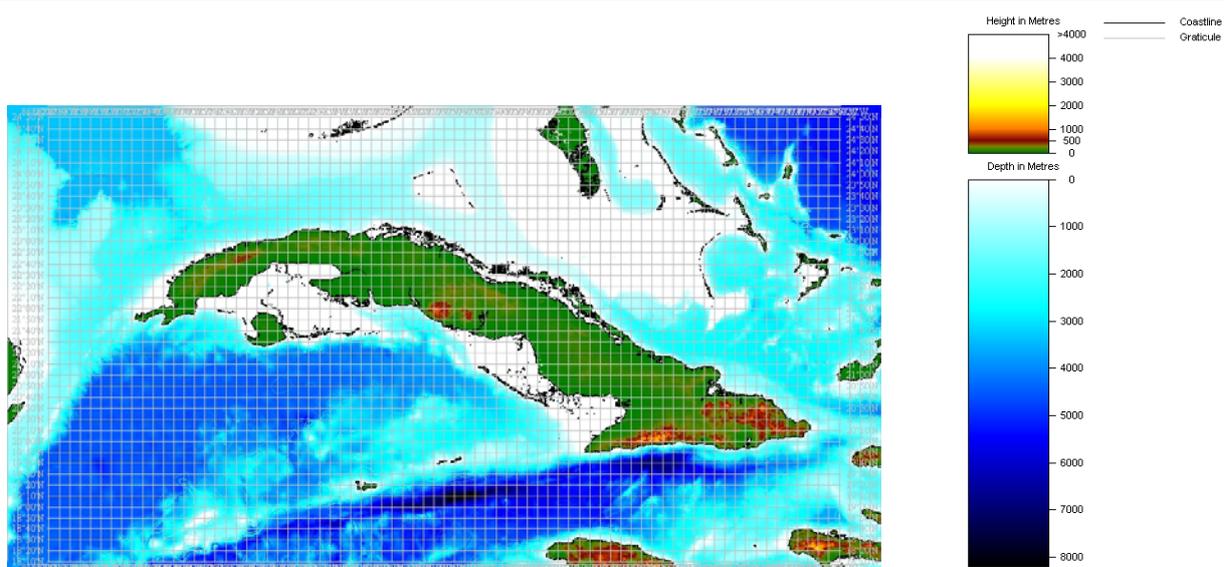


Figura 3.46 Batimetría en las aguas aledañas al Archipiélago Cubano (Atlas GEBCO, 2003)

Anexo 3 (Fig. 3)

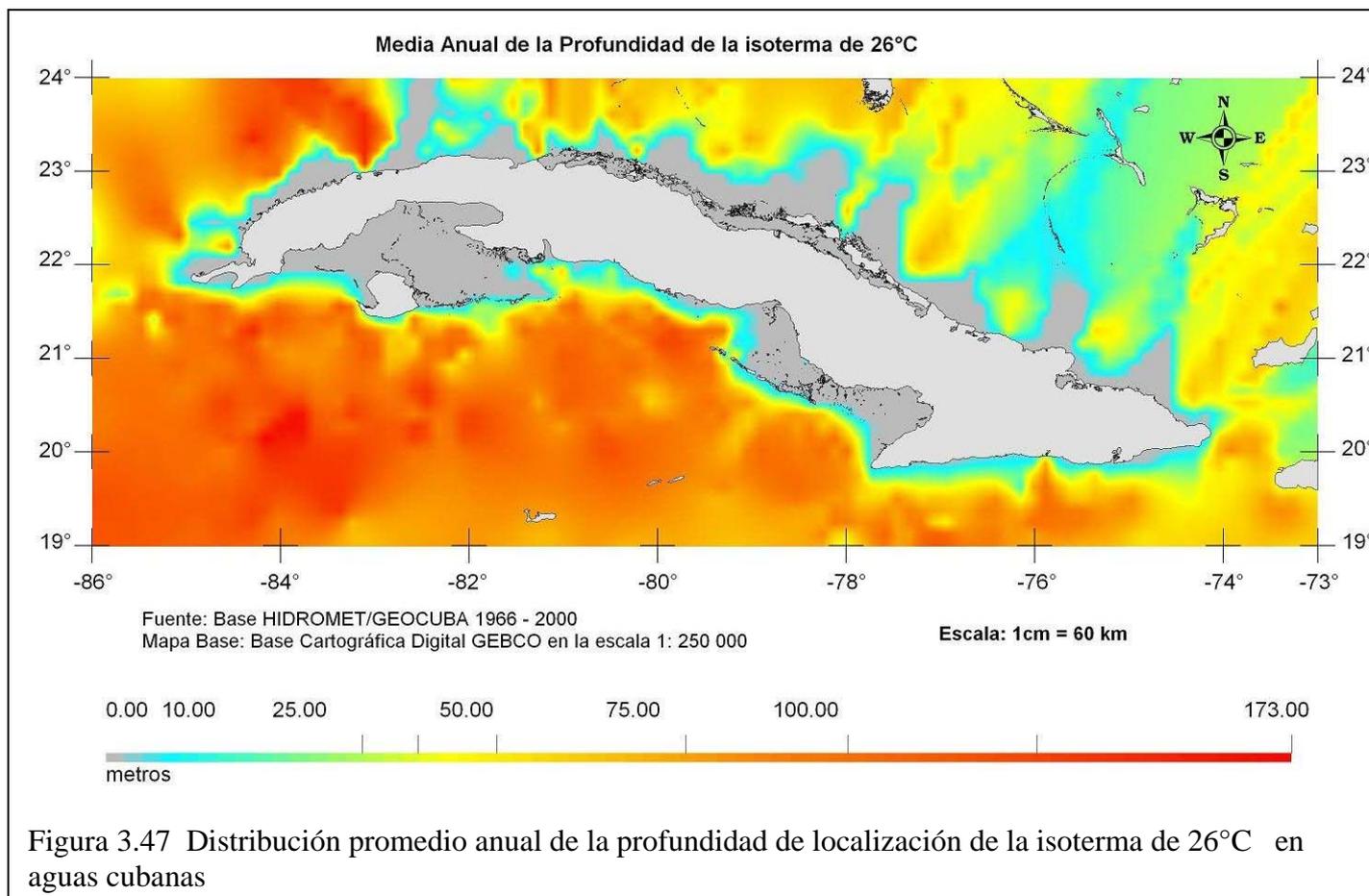


Figura 3.47 Distribución promedio anual de la profundidad de localización de la isoterma de 26°C en aguas cubanas

Autores:

René P. Capote López

Doctor en Ciencias Biológicas. Investigador y Profesor Titular.
Académico Titular. Academia de Ciencias de Cuba.
Instituto de Ecología y Sistemática IES AMA CITMA.
Email: rpcapote@ecologia.cu; cenbio.ies@ama.cu

Ida Mitrani Arenal

Doctora en Ciencias Físicas.
Académica Titular. Academia de Ciencias de Cuba.
Investigadora y Profesora Titular.
Instituto de Meteorología INSMET AMA CITMA
Email: ida.mitrani@insmet.cu

Avelino G. Suárez

Licenciado en Física. Investigador Auxiliar.
Instituto de Ecología y Sistemática IES AMA CITMA.
Experto del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático IPCC.
Email: avelino.suarez@ama.cu

*Presentado: 4 de abril de 2011
Aprobado para publicación: 10 de mayo de 2011*