

LA BIODIVERSIDAD MARINA DE CUBA.
ESPECIES REGISTRADAS (octubre de 2006).

Rodolfo Claro (ed.)
Instituto de Oceanología, CITMA
Ave. Ira, No.18406 e/184 y 186. Rpto. Flores. Playa.
La Habana, C.P. 12100, Cuba.
rclaro39@yahoo.es; rclaro@oceano.inf.cu

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la diversidad de organismos presentes en un ecosistema constituye un elemento de comparación imprescindible para el manejo racional de su biodiversidad. Sin embargo, el nivel de conocimientos sobre cada uno de los grupos taxonómicos no es uniforme, algunos han recibido preferencial atención y de ellos contamos con información detallada y confiable, mientras que otros grupos permanecen en el olvido. En el caso de Cuba, la mayoría de los táxones de importancia ecológica o económica han sido objeto de inventarios y se cuenta con listados de las especies que aunque incompletos, ofrecen una representación aceptable de la biodiversidad de organismos marinos. No obstante, esos inventarios, en muchos casos no han sido publicados o se ha hecho de forma fraccionada y en diferentes momentos. Por otra parte, continuamente se registran nuevas especies, por lo que resulta difícil hacer una evaluación global a partir de esas informaciones dispersas en el tiempo y en la literatura.

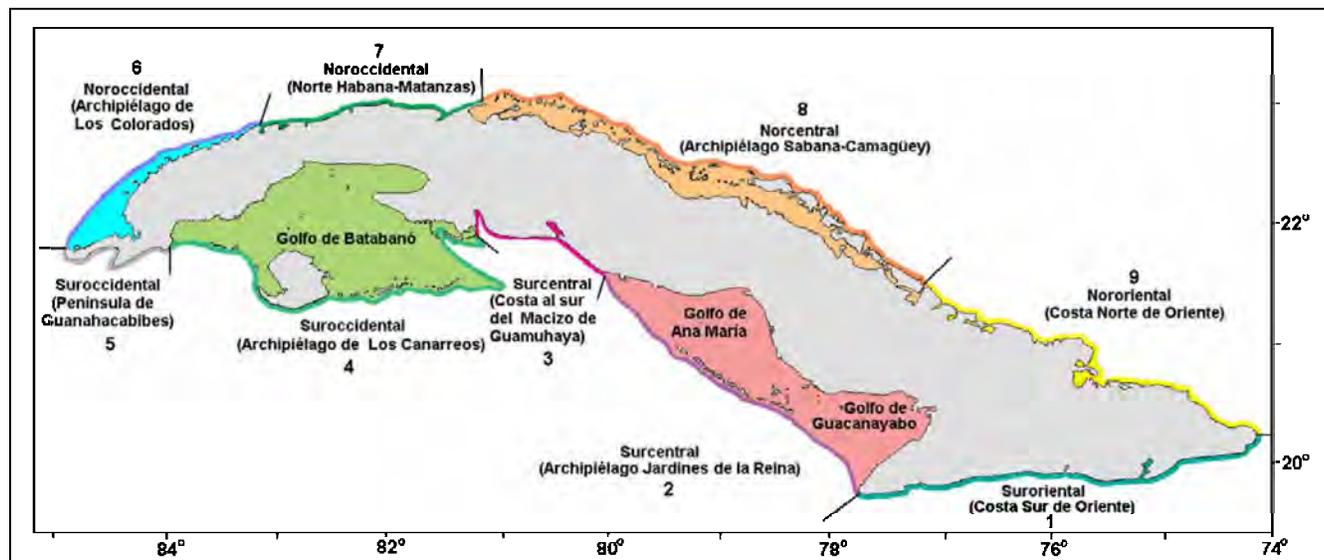
El objetivo de esta obra es presentar un corte en el conocimiento de la diversidad de organismos marinos de Cuba, hasta finales del año 2006, que permita establecer un punto de partida común para el futuro desarrollo de las investigaciones sistemáticas y taxonómicas y facilitar el uso de los conocimientos acumulados hasta el presente.

Se adoptó un formato estándar para la presentación de las listas de especies, aunque el nivel y grado de detalles de los datos acumulados es muy variable entre táxones y para algunos resulta imposible su presentación, por la ausencia de compilaciones e incluso de especialistas para hacerlas. No obstante, las tablas que se presentan para cada grupo taxonómico pueden constituir un punto de partida para el desarrollo de bases de datos más detalladas.

Además de los listados de especies registradas en Cuba para cada grupo, de acuerdo con la nomenclatura más actualizada para el mismo, se brindan algunas informaciones sobre las localizaciones reportadas para dichas especies.

El Taller de Ecoregionalización y clasificación de hábitats marinos en la plataforma cubana (Areces, ed., 2002) definió la existencia de nueve zonas marino-costeras (Fig. 1) en la plataforma cubana con características distintivas, independientemente de que en la mayoría de ellas pueden estar presentes similares hábitats. Gracias a la continuidad y conectividad del medio marino, es poco común el endemismo local y probablemente la mayoría de las especies presentes en una zona de la plataforma cubana tienen grandes posibilidades de estar presentes al menos en toda su área, muchas están presentes en otras zonas e incluso pudieran colonizar la plataforma en toda su extensión. No obstante, pueden existir barreras ecológicas que aún desconocemos, y las características físico-geográficas de cada región deben influir en la estructura de las comunidades de organismos que en ella habitan. Por otra parte, la inmensa mayoría de los registros de especies anteriores a 1990 no están geo-referenciados e incluso para muchos no existe información sobre el sitio donde fueron

colectadas. Por ello, a modo de información básica mínima, y con el fin de promover su completamiento, para cada especie se brinda la información disponible en cuanto a su ubicación en las mencionadas zonas.



Zonas marino-costeras de la plataforma cubana (tomado de Areces, ed., 2002).

Además, hemos tratado de brindar una idea de la abundancia relativa de cada especie asignándole una de cuatro categorías cualitativas (Abundante, Común, No común, Raro) a criterio del autor, cuando existiere información que lo permita, lo cual podría constituir un elemento de comparación en futuros inventarios de la biodiversidad. La información existente al respecto es muy poco precisa, y en la mayoría de los casos esta valoración es a criterio del autor que estudia cada grupo taxonómico, y su experiencia personal. Para estandarizar en lo posible el criterio de clasificación, adoptamos la siguiente escala:

A = abundante - especies que se encuentran con alta frecuencia y gran número de individuos,

C = común - especies que se encuentran con alta o regular frecuencia, aunque puede no ser numerosa,

Nc = no común - especies que se observan con baja frecuencia y en pequeño número,

R = rara - especies que han aparecido una o muy pocas veces, o tienen un rango de distribución limitado, o que incluso no han sido observadas por el autor, sino tomando en cuenta su registro en la literatura.

P = presente – especies que han sido registradas en la región, pero no hay información sobre su frecuencia y abundancia.

Esta tarea resulta ardua y frecuentemente incompleta, por cuanto muchos de los registros de especies, sobre todo los más antiguos, no especifican el sitio de colecta o se han perdido los datos, y pocos estudios sistemáticos tienen en cuenta la abundancia de las especies que describen. Por tanto, para muchas especies solo se dispone de la información del sitio de colecta aproximado, a partir de la literatura y/o de los registros de colectas existentes en las Colecciones de Organismos Marinos del Instituto de Oceanología. En los casos en que no ha sido posible precisar la zona, solo se señala su presencia en la columna Cuba (Cu). En cada caso se ha tratado de precisar si la especie en cuestión habita en aguas de la plataforma (Pl) o fuera de esta (Oc), ya sea en el batial o en las aguas oceánicas dentro de un límite máximo de 12 millas (para algunas especies pelágicas este límite puede resultar

poco exacto). Las casillas en blanco indican que no hay datos sobre la presencia o no de la especie en esa zona.

Tanto el rango de distribución de una especie como su abundancia, son factores fundamentales para evaluar el estado de sus poblaciones, lo cual lamentablemente no es considerado en muchos estudios taxonómicos. La reducción de uno o ambos factores puede ser un indicio de pérdida de biodiversidad, aun cuando la especie mantenga su presencia, por lo cual es importante su valoración en los monitoreos.

En el caso de especies cuya presencia en Cuba sea dudosa, se añade un signo de interrogación (?) junto al nombre de esta. Aquellas reportadas como especies tipo en Cuba se distinguen por un asterisco (*) después del nombre.

Adicionalmente, en los casos en que ha sido posible, se ha tratado de precisar, a criterio del autor correspondiente, si la especie en cuestión se encuentra dentro de alguna de las categorías de amenazas (Cat. IUCN.) definidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza según la siguiente clasificación:

EX = extinto
EW = extinto en estado silvestre
CR = en peligro crítico
EN = en peligro
VU = vulnerable
NT = Casi amenazado
LC = preocupación menor

En caso de no existir peligro evidente de amenaza, o a falta de información, se ha dejado el cuadro en blanco.

Adicionalmente, algunos autores aportan otras informaciones como: toxicidad (Tox), hábitat (H), nombres comunes, etc. En caso necesario se puede acceder a la lista de abreviaturas o al mapa de las eco-regiones, haciendo clic en la casilla correspondiente al inicio de la lista de especies seleccionada.

Los autores de este trabajo se sentirán satisfechos si el mismo contribuye de cualquier forma en la evaluación, control, protección y manejo de la biodiversidad marina de Cuba, y exhortan a los usuarios de esta información a contribuir al completamiento de la misma mediante el aporte de sus conocimientos, nuevos datos y rectificaciones, enviando su información al autor correspondiente (via e-mail), lo cual permitirá elaborar bases de datos de uso colectivo.

LA BIODIVERSIDAD MARINA DE CUBA.

Editor: Rodolfo Claro

Instituto de Oceanología
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba



*"C'est une triste chose de penser que la nature parle
et que le genre humain ne l'écoute pas"*

Victor Hugo

Octubre de 2006

La biodiversidad constituye el capital biológico natural del planeta, provee de productos y servicios esenciales para las necesidades vitales y aspiraciones de la humanidad, y permite a las sociedades adaptarse a las cambiantes necesidades y circunstancias. Los valores éticos, estéticos, espirituales, culturales y religiosos de las sociedades humanas son parte integrante de ese desarrollo y están indisolublemente ligados a la naturaleza. Por ello, el uso de los conocimientos sobre la diversidad biológica y la protección de esos valores y su continuada exploración a través de la ciencia y la tecnología, ofrece el único medio para alcanzar un desarrollo sostenible.

Esta obra pretende poner al alcance de los decisores políticos y administrativos y de la población en general, la información existente sobre la diversidad biológica marina de Cuba, como una herramienta para el manejo racional y la protección de sus recursos. Con ese objetivo, se resume e integran los conocimientos aportados por numerosos especialistas del Instituto de Oceanología, el Centro de Investigaciones Marinas, el Centro de Investigaciones Pesqueras, el Centro Nacional de Áreas Protegidas, el Acuario Nacional y el Museo Nacional de Historia Natural en relación con diferentes aspectos de la temática.

Aunque algunos términos y conceptos pueden ser de difícil comprensión para el lector no avezado en la terminología biológica, hemos tratado de elaborar este documento con el lenguaje más sencillo posible y se adiciona un glosario con los términos que pudieran ser poco conocidos. Por otra parte, se ha puesto el énfasis principal en aspectos de amplio interés y fácil comprensión, como la descripción de los hábitats y los recursos de la biodiversidad marina de Cuba, su importancia, valor actual y potencial, las amenazas a que están sometidos y como podemos contribuir a su conservación. En cada una de las secciones se citan los trabajos más detallados de los propios autores y se brinda amplia bibliografía nacional e internacional más especializada, donde el lector puede profundizar en los temas de su interés.

En este CD-ROM se brinda, además del texto completo del libro que recoge los principales resultados, las listas de especies conocidas en Cuba, al menos para aquellos grupos taxonómicos que han sido estudiados por especialistas de reconocida experiencia en nuestro país. Estas listas contienen además información sobre la presencia de dichos organismos en las nueve zonas marinas identificadas en la plataforma insular de Cuba, así como apreciaciones de los autores sobre la abundancia relativa de cada especie en cada región, en los casos en que ha sido posible. Tales informaciones constituyen el núcleo de una base de datos que esperamos sea enriquecida con las contribuciones de todas aquellas personas que deseen brindar informaciones al respecto, mediante contacto con los correspondientes autores o directamente al Instituto de Oceanología. Esta base de datos puede ser de gran utilidad para evaluar los cambios en la diversidad de organismos de las aguas cubanas, en relación con las alteraciones de las condiciones naturales y de los factores antrópicos.

Se adicionan materiales divulgativos y de educación ambiental relacionados con el tema, así como algunos informes y publicaciones recientes sobre aspectos muy actuales y que contienen recomendaciones para el manejo de la biodiversidad marina de Cuba.

Rodolfo Claro (editor)
Instituto de Oceanología

La Convención de Diversidad Biológica, celebrada en Río de Janeiro en 1992, motivó al Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), a la ejecución del Proyecto de Evaluación Mundial de la Biodiversidad, cuyo objetivo básico fue movilizar a la comunidad científica mundial para analizar los conocimientos más avanzados sobre la diversidad biológica, la forma de comprenderla y la naturaleza de nuestras interacciones con ella (Heywood y Watson, eds., 1995).

De acuerdo con el mencionado Convenio, firmado por Cuba durante la llamada Cumbre de la Tierra, la diversidad biológica (más conocida como biodiversidad) es “la expresión de la discontinuidad de la vida en la tierra en sus diferentes manifestaciones: genes, especies, poblaciones, comunidades, paisajes, culturas, así como el reparto de sus abundancias y distribución espacial”. En correspondencia con este concepto y el contenido del convenio, el PNUMA elaboró, con la participación de un numeroso grupo de reconocidos especialistas de todo el mundo, el tratado titulado “La evaluación global de la biodiversidad” (Heywood y Watson, eds., 1995) que establece los principios conceptuales y metodológicos para el estudio y manejo de la diversidad biológica. De acuerdo con dicho documento, actualmente se reconocen tres niveles o categorías esenciales de organización de la biodiversidad:

1- **La diversidad genética**, que se refiere a la diversidad de elementos genéticos, que determinan la adaptación de los seres vivos a las condiciones cambiantes del medio ambiente y la evolución. Esta incluye, dentro de la especie: las poblaciones, los individuos, los cromosomas, los genes y los nucleótidos.

2- **La diversidad de organismos**. Es el nivel intermedio de organización, que es el más obvio y comprensible. Se refiere al número organismos de cada uno de los niveles taxonómicos de la fauna y flora, en relación con sus correspondientes hábitats o áreas de distribución. Incluye la diversidad de reinos, filos, familias, géneros, especies, subespecies, poblaciones e individuos

3- **Diversidad ecológica**. Este es el nivel más alto y menos comprendido, aunque no menos importante. Incluye la diversidad de condiciones ambientales (biológicas, físicas, químicas, geológicas, etc) que determinan la composición, estructura y funciones de las comunidades que habitan en cada lugar. Es decir, es el nivel que garantiza la realización de los procesos vitales. Aquí, se incluyen los biomas, bio-regiones, paisajes, ecosistemas, hábitats y comunidades.

Actualmente se reconoce también la **diversidad cultural**, como un importante componente de la biodiversidad, que se refiere a las interacciones humanas con todos los niveles anteriores

Los mencionados conceptos constituyen la base del “Estudio Nacional sobre la Diversidad Biológica en la República de Cuba” (Vales *et al.*, eds. 1998) y La “Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica y Plan de Acción en la Republica de Cuba” (Vilamajó *et al.*, eds. 2002) y por tanto, también sirven de guía para esta obra.

El conocimiento de la biodiversidad marina constituye un gran reto para la ciencia y la conservación debido a la gran extensión y limitada accesibilidad de los ecosistemas marinos. Aunque los procesos que mantienen la diversidad biológica en estos ambientes, en principio, son similares a los terrestres, existen grandes diferencias que es necesario considerar. En los últimos juegan un papel fundamental: la alta diversidad de especies, la existencia de especies endémicas, raras o amenazadas, los hábitats críticos o representativos de determinados tipos, etc. Sin embargo, el medio marino se caracteriza por su alta conectividad a nivel regional y global, la naturaleza

dispersa de las larvas, la existencia de notables gradientes espaciales, pobre endemismo, especies con amplia distribución y pocas posibilidades de extinción, alta renovación y mezcla de poblaciones, ausencia micro-hábitats específicos y gran extensión y complejidad de los ecosistemas. Por ello la conservación de la diversidad ecológica, más que la diversidad de organismos, juega el papel relevante en las evaluaciones de la biodiversidad marina, ya que protegiendo los ecosistemas se garantiza en gran medida la conservación de la diversidad genética y de organismos.

La amplitud de las variaciones ambientales en el mar tiene mayor oscilación a escalas de tiempo ecológica y evolutiva, las fronteras físicas entre los ecosistemas son menos pronunciadas que en tierra y tanto los ecosistemas como los organismos marinos parecen haber desarrollado procesos internos menos robustos, para responder a variaciones ambientales de baja magnitud y corta duración. Ello puede resultar en una reducida habilidad para responder a cambios ambientales de gran escala. Por tanto, parece evidente que los cambios en la biodiversidad son más rápidos en los ecosistemas marinos que en los terrestres. Sin embargo, algunos ecosistemas marinos pueden ser mucho más adaptables que las especies individualmente (Lasserre, 1993).

Para implementar un programa de protección y uso sostenible de la diversidad biológica marina, ante todo es necesario acopiar la información existente sobre la misma, conocer como las actividades humanas afectan a la biodiversidad y las consecuencias de esos cambios, sus perspectivas de uso, así como las amenazas a que está sometida

En Cuba, se han desarrollado múltiples proyectos de investigación, con diferentes fines, que han contribuido al conocimiento de la diversidad biológica de la plataforma cubana, entre los que se destacan algunos estudios orientados a la descripción de los ecosistemas, como la caracterización general de la plataforma (López-Baluja y Lluís Riera, 1980), los estudios sobre el bentos del Golfo de Batabanó (Alcolado, ed., 1990), el estudio integral del Archipiélago Sabana-Camagüey (Alcolado *et al.*, 1999), la caracterización de los arrecifes coralinos (Alcolado *et al.*, 2000), los estudios sobre la estructura y ecología de la ictiofauna de Cuba (Claro, ed., 1990; 1994, Claro *et al.*, eds., 2001), etc. Una resumida integración del conocimiento acumulado sobre el ecosistema marino de la plataforma cubana fue presentada por Claro y Reshetnikov (1994) y revisada en una segunda edición por Claro *et al.* (2001). Por otra parte, se han publicado decenas de trabajos sobre la sistemática de diferentes grupos taxonómicos, de los cuales mencionamos aquí solo algunos de carácter recopilativo, a modo de ejemplo: los moluscos (Espinosa *et al.*, 1994; 1995), las esponjas (Alcolado, 2002) las algas (Suarez, 1973; Suarez, in litt.) los crustáceos (Martínez-Iglesias *et al.*, 1996, 1997; Martínez-Iglesias y García Raso, 1999; Ortiz y Lalana, 1998), los poliquetos (Ibarzabal, 1986; Salazar-Vallejo, 1996), las ascidias (Hernández-Zanuy, 2003), y los equinodermos (Valle del *et al.*, 2005) los celenterados (Zlatarsky. y Martínez-Estalella, 1962; Lalana *et al.*, 2001; González-Ferrer, 2004); los peces (Guitart, 1976-1978; Claro y Parenti, 2001).

Por tanto, existe una notable cantidad de información sobre la diversidad ecológica y de organismos de la plataforma cubana. Tales investigaciones son básicas para el conocimiento sobre la evolución de la biodiversidad, constituyen importantes instrumentos para la gestión ambiental, así como para evaluar los cambios que ocurren en el ecosistema marino como resultado del desarrollo económico y las influencias de los cambios ambientales a nivel local o global. No obstante, la mayor parte de esa información se encuentra dispersa, en muchos casos en informes no publicados. En algunos grupos taxonómicos no se han realizado revisiones integrales, o requieren ser actualizados, y algunas áreas de la plataforma y del talud insular han sido pobremente estudiadas, todo lo cual dificulta y limita el uso eficiente de dicha información. Para la instrumentación de la estrategia nacional de la diversidad biológica en lo que respecta al medio

marino de la plataforma cubana, resulta necesario integrar la información existente, actualizar con datos recientes, establecer las generalidades y definir los vacíos en el conocimiento.

Un importante esfuerzo para integrar la dicha información, se realizó para la elaboración del Estudio Nacional de la Diversidad Biológica de la República de Cuba (Vales *et al.*, eds., 1998). En ese trabajo se logró reunir los resultados acumulados hasta 1994. No obstante, el mismo tiene un alcance muy amplio e incluye todos ámbitos de la biodiversidad, con mayor énfasis en los ecosistemas terrestres. Por tanto, muchos aspectos específicos del medio ambiente marino no pudieron ser abordados con suficiente profundidad y con la integralidad necesaria. Por otra parte, en los 12 años posteriores se han realizado numerosas evaluaciones e inventarios, han ocurrido trascendentales cambios ambientales (por alteraciones antrópicas y cambios globales) y se han generado nuevos enfoques y conceptos de interés para el manejo del medio y los recursos marinos, por lo que resulta vital la profundización, ampliación y actualización del conocimiento sobre la biodiversidad marina.

El objetivo general de este libro es referir, actualizar, incrementar e integrar los conocimientos sobre la diversidad biológica de la plataforma cubana y aguas oceánicas adyacentes y su estado de conservación, evaluando sus principales recursos, su uso actual y potencial, los vínculos entre las funciones ecológicas y los sistemas económicos y las opciones para su utilización sostenible. Asimismo, se definen las amenazas actuales y potenciales de la diversidad biológica marina del país, se resumen las medidas de protección existentes y se recomiendan acciones para la conservación de los recursos biológicos y sus hábitats. Aunque este trabajo utiliza principalmente publicaciones debidamente avaladas, no es posible obviar muchos informes internos y evaluaciones no publicadas (por restricciones económicas en la mayoría de los casos) que contienen valiosa información y cuentan con el arbitraje y respaldo de las instituciones que los realizaron (se indican como “inéditos” en Referencias). Así mismo, para cada una de las secciones se han seleccionado los especialistas de mayor experiencia en el país, y que son poseedores de la más completa y actual información sobre el tema asignado (la sección Referencias relaciona las principales publicaciones de cada uno de ellos) gran parte de la cual es hasta ahora inédita.

Rodolfo Claro (editor)¹

¹ Instituto de Oceanología, CITMA
1ra. # 18406, Playa, C.P. 11200
La Habana, Cuba.
rclaro@oceano.inf.cu

I

ORIGEN DE LA BIOTA Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS DE CUBA

Manuel A. Iturralde-Vinent²

Las biotas marinas de Cuba, tanto de la plataforma insular cuanto de los mares más profundos que la rodean, comparten su historia con el Mar Caribe, y en un entorno más general, con la evolución de nuestro planeta. En este trabajo se ha de analizar el origen de la biota marina actual de Cuba, de qué modo se formaron los ecosistemas contemporáneos, y se expondrán algunas conclusiones que se derivan de este análisis. Es importante destacar que las edades numéricas que se utilizan en este trabajo se basan en la escala geocronológica propuesta por Gradstein *et al.* (2004).

Los Primeros Pobladores del Caribe

El mar Caribe tiene una antigüedad de unos 170 a 160 millones de años. Antes no existía, ya que el lugar que ocupa hoy entre América del Norte y América del Sur previamente estuvo situado en el interior de Pangea, un supercontinente que existió durante la primera mitad de la Era Mesozoica (Fig. 1). Aquella gran masa terrestre comenzó a fracturarse 200 millones de años atrás, y así se formaron una serie de estrechos canales acuáticos en el interior de aquel continente, que pueden considerarse, de cierto modo, los precursores del Océano Atlántico y del Mar Caribe. Hacia la segunda mitad del Jurásico algunos de aquellos canales colapsaron, pero otros se ensancharon hasta formar el Atlántico, el Golfo de México y el Caribe primitivo (Fig. 1; Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999; Iturralde-Vinent, 2004b).

El Caribe primitivo era un paso oceánico relativamente estrecho donde se encontraban fondos arenosos no muy profundos, que colindaban con las costas de Laurasia (América del Norte) y Gondwana (América del Sur) (Fig. 1). Las planicies costeras eran inicialmente arenosas, producto de la acumulación de los materiales acarreados por los ríos continentales. Estas zonas costeras se transformaron en pantanos y florecieron los fondos de fangos ricos en humus. Con el transcurso del tiempo algunos de estos fondos bajos pasaron a ser extensas plataformas, donde se acumulaban fangos y arenas calcáreas biogénicas. También con el ensanchamiento del mar Caribe surgieron fondos de aguas profundas, donde se acumularon carbonatos principalmente (Fig. 1; Haczewski, 1976; Pszczolkowski, 1978, 1999; Iturralde-Vinent, 2003a, 2004a, 2004b).

Los primitivos fondos arenosos estaban poblados por una variedad de organismos, de acuerdo a su capacidad de explotar los recursos de los ambientes existentes. Hace 160 a 170 millones de años en las zonas litorales dominaban los ambientes deltaicos y de humedales (Haczewski, 1976), donde se encontraban plantas acuáticas y vegetación de costa, incluido el *Piazopteris branneri* (Areces,

² Museo Nacional de Historia Natural
Obispo no. 61, Plaza de Armas, La Habana Vieja 10100, Cuba
Iturralde@mnhnc.inf.cu

1990). Las zonas de inundación costera estaban eventualmente pobladas por algunos moluscos como las trigonias y especialmente ostréidos, que llegaban a formar horizontes muy ricos en conchas (Pszczolkowski, 1978, 1999)

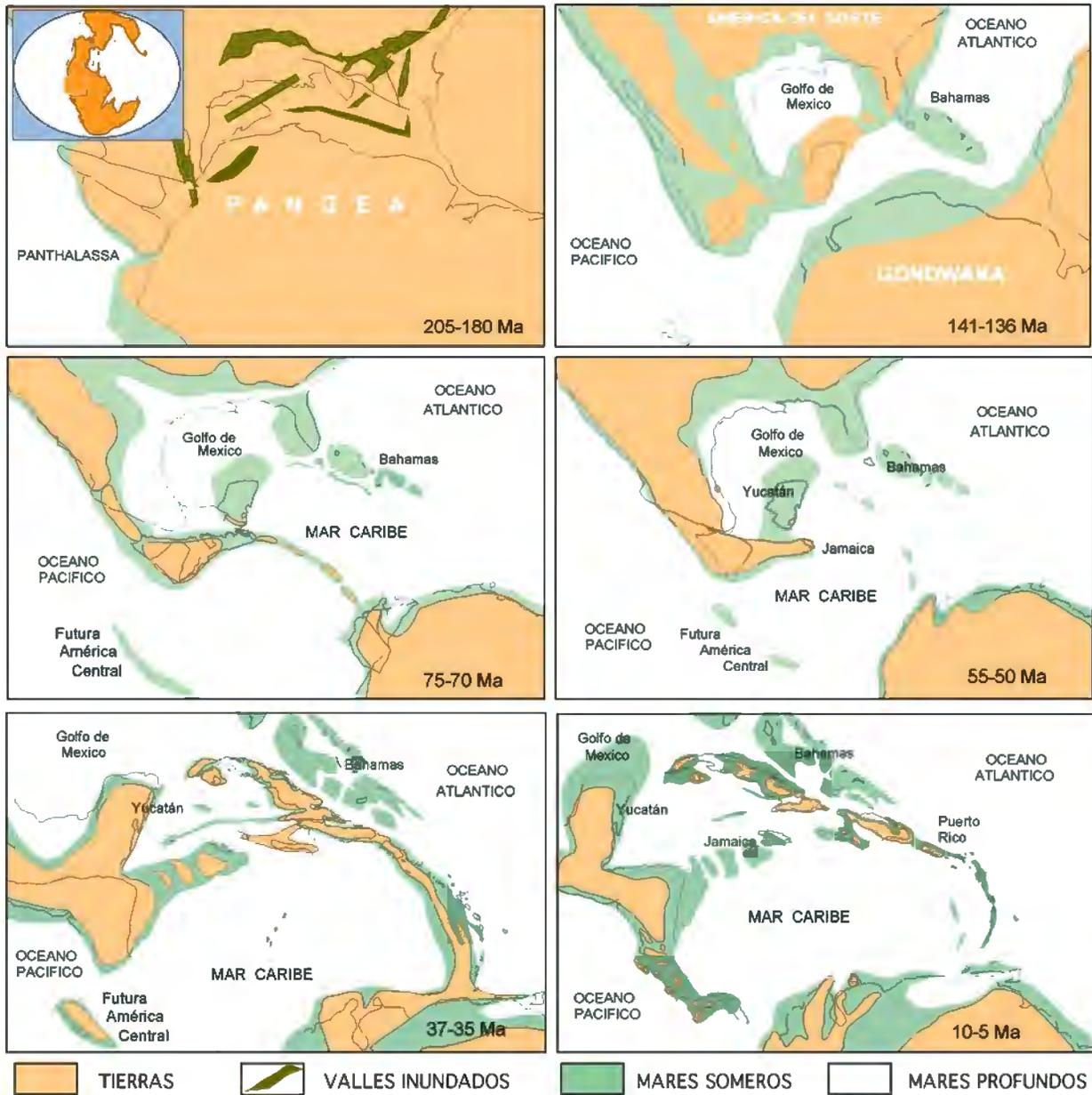


Figura 1. Paleogeografía del Caribe, Triásico tardío al Mioceno. Tomado de Iturralde-Vinent, 2004b. Las líneas de demarcación de las costas actuales se ilustran sólo para que sirvan de referencia.

Ya hace 160 millones de años el Caribe primitivo era una amplia extensión de aguas que servía de comunicación a dos océanos, el Atlántico Norte y el Pacífico (Fig. 1). Siguiendo las corrientes marinas que fluían de Este a Oeste, comenzaron a poblar y circular por el Caribe una gran variedad de elementos del plancton (radiolarios, ostrácodos) y algunos invertebrados nectónicos (ammonites, belemnites y buchias) (Bergrem y Hollister, 1974; Westermann, ed. 1992). Con ellos llegaron los peces (incluidos los picnodontes, comedores de fondo), y esta variedad de alimento

atrajo consigo a una enorme diversidad de reptiles carnívoros. Las costas del Caribe primitivo se poblaron de tortugas acuáticas (*Caribemys oxfordiensis*) y desde la tierra volaban en busca de alimento los pterosaurios (*Nesodactylus hespericus*, *Cacibupteryx caribensis*). Hacia el mar abierto dominaban los pliosaurios (*Peleoneutes*), los cocodrilos oceánicos (*Geosaurus*), los plesiosaurios de cuello largo (*Vinialesaurus*), y los ictiosaurios (*Ophthalmosaurus*) (Gasparini e Iturralde-Vinent, en prensa).

Aquellos animales venían migrando desde un océano llamado Tethys, ya desaparecido, cuyos restos en forma de rocas sedimentarias se encuentran hoy en Europa, Asia y el norte de Africa (Martin y Hudson, eds., 1991). En su movimiento se desplazaban por el Caribe y llegaban a las costas del Océano Pacífico siguiendo la dirección de las corrientes marinas superficiales (Ricardii, 1991; Westermann, ed. 1992; Gasparini 1996; Aberham, 2001). En la segunda mitad del Jurásico Superior dominaron los ambientes de fondos calcáreos de aguas profundas y los reptiles marinos no aparecen en el registro fósil, el cual está dominado por restos de microorganismos y ammonites.

Desde el inicio del Cretácico, hace unos 145 millones de años, ocurrió un cambio en la geografía del Caribe. El pasaje oceánico alcanzó su máxima anchura, y surgieron una serie de islas volcánicas y bajos que complicaron el relieve submarino. A partir de entonces la libre circulación de las aguas oceánicas estuvo regulada por la extensión de las islas y bajos (Fig. 1). Es conocido que el Cretácico fue una etapa relativamente cálida de la historia de la Tierra, y que en aquellos tiempos en las zonas tropicales se desarrollaron extensamente los ambientes de plataformas calcáreas, donde proliferaba la vida marina (Skelton, ed., 2003). El Mar del Tethys-Caribe es un ejemplo de esto (Fig. 1). Asimismo, en los fondos profundos del Caribe se acumularon sedimentos arcillosos, ricos en organismos del plancton, y en el entorno de las islas volcánicas, sedimentos arenosos intercalados con lavas y fondos calcáreos (Iturralde-Vinent, 2004b).

Entonces alrededor de las islas y en las zonas bajas aparecieron las condiciones para el desarrollo de ricas comunidades de moluscos donde dominaban los litosomas de rudistas, escasos corales aislados, equinodermos, foraminíferos, ostrácodos, algas y otros invertebrados. En los ambientes de mares más profundos aparecen los organismos neotónicos, tanto invertebrados (ammonites y belemnites) como vertebrados incluyendo tortugas, serpientes marinas tipo mosasaurios y una variedad de peces (Sohl y Kollman, 1985; Ricardii, 1991; Barrera y Johnson, 1999; Iturralde-Vinent, 2003a, 2004a, 2004b, Mutter *et al.*, 2005).

En aquellos mares las erupciones explosivas eventualmente contaminaban las aguas con sus productos, poniendo en crisis las comunidades marinas cercanas a los volcanes. Pero se observa durante el Cretácico, que tras la pérdida de los ecosistemas de las plataformas calcáreas que rodeaban aquellas islas, sustituidas en el tiempo por arenas volcánicas y lavas, ocurría la pronta recuperación de los ambientes calcáreos al reducirse la presencia de contaminantes volcánicos. Ejemplo de esto último son las pequeñas plataformas asociadas a las rocas vulcanógenas de las Antillas Mayores, y en particular la del Maastrichtiense (65-75 millones de años), que presentan una enorme biodiversidad de rudistas, corales, algas y muchos otros organismos marinos, debido a la extinción temporal de la actividad de los volcanes antillanos (Rojas *et al.*, 1997).

Al final del Cretácico (hace 65 millones de años) hubo una crisis ambiental global, que generó una gran mortalidad, especialmente en el Caribe. Esta crisis ecológica fue desencadenada por el choque de la tierra con un enorme bólido espacial, cuyo impacto tuvo lugar en Chicxulub (hoy Yucatán) (Álvarez, 1997). Obviamente los efectos de este impacto en el Caribe fueron considerables (Tada *et al.*, 2004). Esta crisis ambiental del final del Cretácico exterminó un gran número de

especies marinas en todo el mundo, independiente de su tamaño o hábito de vida, como por ejemplo los foraminíferos planctónicos (globotruncánidos), cefalópodos ammonites y belemnites (nectónicos), pelecípodos rudistas (bentónicos), reptiles marinos (mosasaurios); y en los ambientes terrestres los dinosaurios y pterosaurios entre otros. Sin embargo, al mismo tiempo sobrevivieron aquel evento los cocodrilos terrestres, las tortugas marinas y terrestres, los mamíferos terrestres, los ostréidos (bentónicos sésiles), y muchos otros organismos. Es importante constatar que, después de la crisis creada por el impacto, y la gran mortalidad generadora de una extinción masiva de especies de animales y plantas, la vida continuó en las tierras y los mares. La consecuencia fue una nueva “repartición” de los ecosistemas del mundo, de modo que los sobrevivientes y sus descendientes pudieron ocupar espacios antes dominados por otras especies.

Es obvio que los eventos catastróficos generados por el impacto en Chicxulub hayan afectado con especial intensidad al área del Caribe, donde se han constatado deslizamientos y derrumbes costeros de enormes proporciones, y la acción de varios trenes de olas gigantes tipo tsunami en un breve espacio de tiempo (Tada *et al.*, 2004). Por eso se puede suponer que la mayoría de las comunidades marinas del Caribe fueron eliminadas, así como las comunidades que habitaban las islas y las tierras bajas de los márgenes continentales (Iturralde-Vinent, 2004b).

Reestructuración de las biotas del Caribe

Después de la crisis ambiental antes mencionada, comenzó la recuperación de los ecosistemas marinos y terrestres del Caribe. En las rocas sedimentarias del Paleoceno (65-55 millones de años) ya aparecen restos fósiles de una gran variedad de organismos marinos, distintos a los precedentes, incluyendo representantes del plancton y el bentos microscópico (foraminíferos, ostrácodos, radiolarios, braarudosféridos), macroinvertebrados (moluscos, equinodermos, corales) y vertebrados (peces). Pero estos organismos deben haber llegado al Caribe migrando desde los mares circundantes (Atlántico y Pacífico), y de distintos modos se dispersaron y recolonizaron el Caribe (vea ejemplos en Jackson, *et al.*, eds., 1996; Prothero *et al.*, ed. 2003). Sobre esta base se puede afirmar que las corrientes marinas superficiales que fluían de este a oeste trajeron el plancton y las larvas de muchos invertebrados desde el Atlántico, y algunas contracorrientes del Pacífico también alimentaron el Caribe con su carga de vida (Iturralde-Vinent, 2003a, 2004b).

Aquella biota del Paleoceno y Eoceno (65 a 33 millones de años) en su composición global, ya era muy semejante a la actual. Sin embargo, la distribución de tierras y mares era bien distinta al presente. Por ejemplo, aquellas islas no son las mismas que conocemos hoy, pues sufrieron profundas transformaciones subsecuentes (Fig. 1; MacPhee e Iturralde-Vinent, 1999).

Durante aquella etapa se desarrollaron una variedad de ambientes marinos. En los fondos poco profundos habitaban diversos grupos de invertebrados, con la peculiaridad de que comenzaron a dominar los corales y las algas, al desaparecer los rudistas. Los peces, tanto óseos como cartilaginosos, se hacen abundantes y muy diversos (Iturralde-Vinent *et al.*, 1996), pues desapareció la competencia con los reptiles gigantes. Sin embargo, diversos mamíferos conquistan los mares, tales como ballenas, delfines, sirenios y focas. En las costas han desaparecido los pterosaurios, sustituidos por las aves y murciélagos.

Después del Eoceno la configuración de la geografía caribeña sufre constantes variaciones. La actividad volcánica se ha limitado a las zonas extremas del este (futuras Antillas Menores) y a lo que será posteriormente América Central (Fig. 1). Las tierras antillanas constituyen un obstáculo parcial para la circulación de las aguas marinas, pues entre ellas existían canales marinos relativamente profundos. Eran abundantes los fondos marinos poco profundos, bien

intercomunicados por canalizos y pasos de aguas profundas. Ya en el Plioceno el escenario geográfico era muy cercano al actual.

En las rocas sedimentarias del Oligoceno, Mioceno y Plioceno de la región Caribe se han reportado restos fósiles de una gran variedad de organismos muy semejantes a los que hoy habitan estas aguas. Ellos tienen sus relativos más cercanos en el Atlántico Norte, Central y Sur, y en el Pacífico central y septentrional (vea ejemplos en Jackson, Budd y Coates, eds., 1996; Prothero *et al.*, ed., 2003; Iturralde-Vinent 2004b). Esto refleja la amplia interacción que existió entre dichas aguas oceánicas a través del Caribe (Wright y Miller, 1993). Sin embargo, hay algunas peculiaridades que es importante resaltar. Desde el Oligoceno comenzaron a desarrollarse las comunidades coralinas arrecifales, que alcanzaron su mayor extensión en el Mioceno y hasta hoy (Frost *et al.*, 1983; Budd, 1996; y observaciones de campo del autor). Durante el Oligoceno y Mioceno el Caribe, como la Florida, estuvo poblado por diversas especies de dugones, que se extinguieron al final del Mioceno (~8 Ma) y fueron sustituidos por los manatíes en el Plioceno-Cuaternario (5 millones de años y hasta el presente) (MacFadden *et al.*, 2004). Desde el Paleoceno son comunes los restos fósiles de tiburones, con una gran variedad de especies cosmopolitas que llegan hasta hoy (Iturralde-Vinent *et al.*, 1996). Durante el Mioceno se desarrolló el gigantismo en los peces cartilaginosos, como son los ejemplos del tiburón *Carcharodon megalodon* y la manta *Aetomylaeous cubensis* (Iturralde-Vinent *et al.*, 1996; 1997). Al menos desde el Mioceno las ballenas circulaban por el Caribe, pues sus restos fósiles se encuentran en rocas de esta edad (MacPhee *et al.*, 2003).

Hace unos 2,5 millones de años el mar Caribe comienza una nueva etapa de desarrollo, ligada primeramente al levantamiento progresivo del istmo de Panamá (Coates y Obando, 1996). Esta barrera entre el Caribe y el Pacífico se establece primero de manera intermitente (2,5 a 0,7 millones de años), ya que durante las etapas de elevación del nivel del mar ocurre algún intercambio de larvas entre el Pacífico y el Caribe, como lo demuestra el estudio de Beu (2001). Sin embargo, ya desde el Pleistoceno Inferior (~ 700 mil años) la comunicación Caribe-Pacífico se interrumpe hasta hoy (Bue, 2001). Desde entonces la geografía del Caribe se asemeja mucho a la actual, las comunidades locales se hacen más cercanas a las atlánticas y surgen nuevos endémicos.

Delimitación geográfica de Cuba y la formación de sus hábitats actuales.

La forma actual de Cuba y su plataforma insular es un hecho geográfico extremadamente joven, pues los contornos del archipiélago se han delimitado en los últimos 6000 años (Iturralde-Vinent, 2003b). Este proceso comenzó hace unos 30 millones de años, cuando la tendencia general de la evolución tectónica del territorio de Cuba ha sido al ascenso de los terrenos e incremento de su área, particularmente desde el Mioceno Medio a Superior. Por esto se considera que el factor principal de la formación del relieve de la isla, tanto de las zonas terrestres como marinas, son los movimientos del terreno. En este marco, las oscilaciones glacioeustáticas del nivel del mar han modulado la velocidad con que tiene lugar la ampliación o reducción de las tierras emergidas y la extensión de la plataforma insular, aunque su papel en los últimos 120 000 años ha sido un tanto más destacado (Iturralde-Vinent, 2003b). Esto se observa bien al inspeccionar los mapas paleogeográficos del Cuaternario de Cuba (Figs. 2A-2C).

Las rocas sedimentarias de origen marino que se depositaron en estos últimos 1.8 millones de años, generalmente están expuestas en las terrazas marinas que rodean las costas de elevación. También se encuentran en la plataforma insular y en los pequeños grupos insulares. Entre ellas dominan las calizas y margas con abundantes restos de invertebrados marinos, que pertenecen a los mismos géneros que habitan hoy los fondos calcáreos de la plataforma insular. En menor grado se

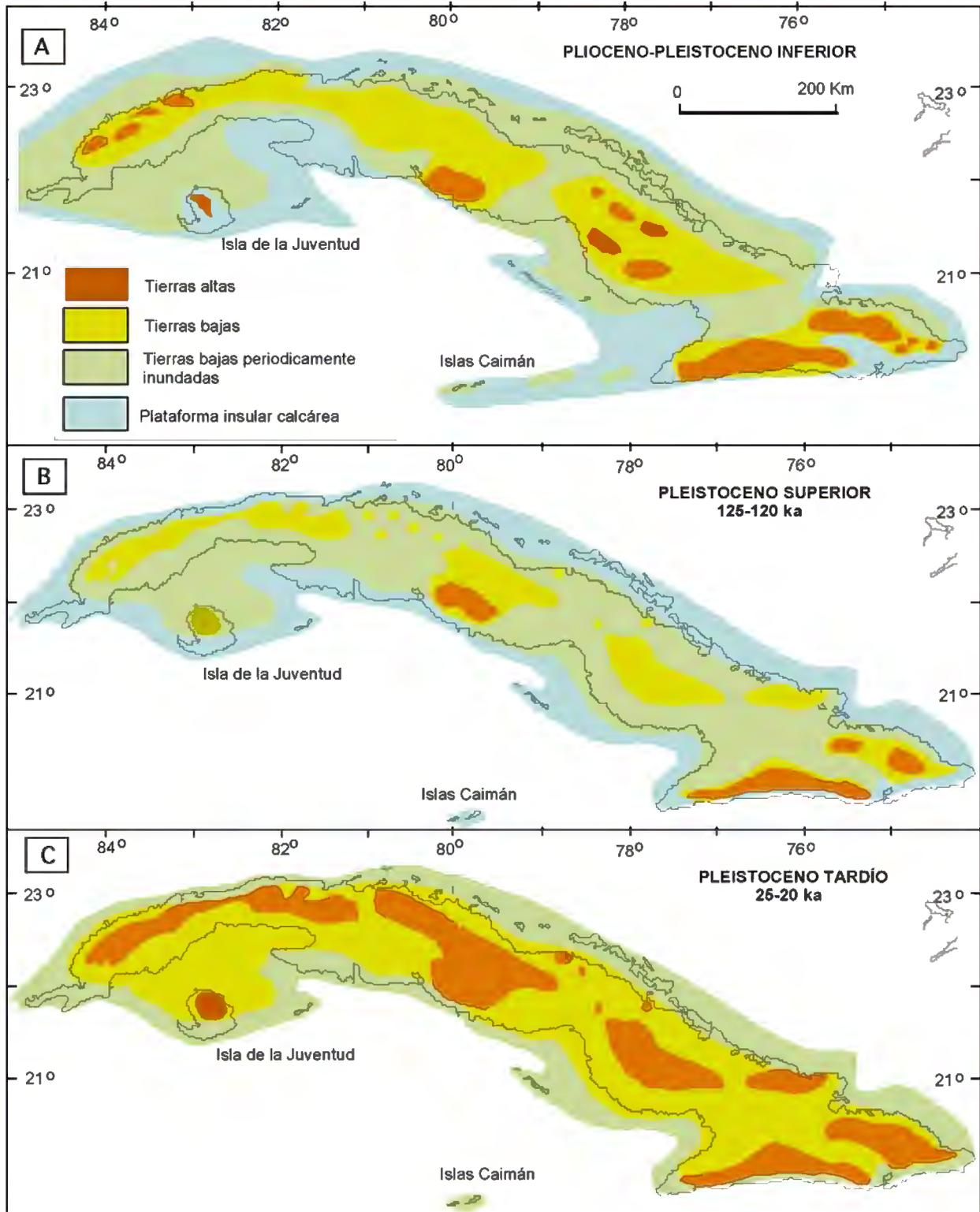


Figura 2. Paleogeografía del Plioceno-Pleistoceno Inferior, del Pleistoceno Superior (125-120 mil años) y del Pleistoceno Superior tardío (25-20 000 años) (Tomado de Iturralde-Vinent, 2003b).

han preservado los depósitos arcillo-arenosos que se originaron en los fondos de tipo "llanuras de seibadal" (también conocidas como praderas marinas o pastos marinos) que existieron en el pasado. En algunas localidades se han mantenido preservados los sedimentos que en el pasado representaron las áreas del delta de los ríos, donde se acumularon potentes depósitos areno-gravosos (Ionin *et al.*, 1977; Iturralde-Vinent, 2003b).

El mapa de finales del Plioceno e inicios del Pleistoceno (Fig. 2A) revela que ya en aquella época estaba delimitado el archipiélago cubano como un gran promontorio en el Caribe noroccidental. Un sistema de taludes bastante abruptos (conocido popularmente como el canto del veril), separaba ya el territorio cubano de los fondos profundos del Canal Viejo de Bahamas y de la Cuenca de Yucatán. Dentro de este promontorio existían tierras elevadas y una extensa llanura que se inundaba periódicamente durante los periodos de elevación del nivel del mar. Sin embargo, había grandes extensiones de fondos marinos lodosos-arenosos poco profundos, donde habitaron diversos invertebrados y peces (Ionin *et al.*, 1977; Iturralde-Vinent, 1969; 2003b).

El mapa del escenario geográfico de hace unos 120-125 mil años representa una etapa cuando el nivel del mar estaba relativamente alto (Fig. 2B). En aquel tiempo existían varios archipiélagos de islas y bajos, dentro de los cuales se destacaban zonas montañosas. Estos estaban rodeados de una extensa plataforma insular cubierta por mares de aguas cálidas, poco profundas, pues correspondía con una etapa interglacial. Entonces se desarrollaron los sedimentos calcáreos que constituyen la así llamada Formación Jaimanitas, donde hay abundantes restos fósiles de corales y otras invertebrados propios de aguas de salinidad normal, bien oxigenadas (Bronnimann y Rigassi, 1963; Iturralde-Vinent, 2003b).

El mapa del Pleistoceno tardío representa el escenario geográfico hace 20-25 mil años atrás, cuando el nivel del mar descendió hasta 120 metros por debajo del nivel actual, y la mayor parte del área cubana limitada por el "canto del veril" quedó expuesta a la intemperie y desecó. En aquella época se podía caminar desde Cuba hasta lo que sería después la Isla de la Juventud y los cayos. Las grandes extensiones terrestres estaban rodeadas por una llanura temporalmente inundada, que ocupaba una franja estrecha en el borde de la plataforma insular actual, incluyendo los territorios de la cayería, la península de Zapata, el tercio septentrional de la Isla de la Juventud, y la península de Guanahacabibes entre otras (Fig. 2C). Las consecuencias de esta retirada de los mares fueron enormes, pues toda la vida marina de la plataforma insular cubana desapareció (Iturralde-Vinent, 2003b). Es posible que esta situación durara algunos miles de años, pues se desarrolló un relieve complejo e incluso una variedad de suelos, localmente potentes (Ionin *et al.*, 1977).

A partir de hace unos 20 000 años atrás y hasta hoy, el mar ha ido conquistando los terrenos anteriormente emergidos, inundando los territorios bajos que hoy constituyen la plataforma insular (Ionin *et al.*, 1977; Iturralde-Vinent, 2003b). Se calcula que la velocidad promedio de los movimientos verticales del terreno en Cuba por entonces osciló entre 1 y 3 mm por año, mientras que el promedio de elevación del mar fue de unos 4,8 mm por año (Iturralde-Vinent, 2003b). Asimismo, se sabe que hace unos 10 000 a 8 000 años hubo una aceleración del ascenso del nivel del mar y un descenso posterior, que debió hacer retroceder la línea de costa y reestructurar la posición de los arrecifes de corales. Las pruebas de este ascenso se observan en Puerto Rico, donde algunas perforaciones realizadas en los fondos marinos de la plataforma insular han cortado una capa de corales ramosos erosionados, que yace por debajo de los corales masivos actuales (W. Ramírez, com. pers.). Esto quiere decir que los arrecifes coralinos se han acomodado a su posición presente apenas en los últimos 8 000 años.

Todas estas modificaciones de la geografía en los últimos 25 000 años tuvieron consecuencias para la biota marina. Ante todo se puede decir que los ecosistemas marinos actuales de la plataforma insular de Cuba deben haberse conformado en los últimos 20 000 años. Se puede afirmar también que la posición actual de los principales arrecifes de corales cubanos debe tener menos de 8 000 años, y que la configuración de las costas y humedales costeros se alcanzó en los últimos 8000 años, y sigue cambiando. Por eso durante el Cuaternario, y particularmente durante el Holoceno (últimos 8 000 años), se puede concluir que se formaron los hábitat marinos de Cuba actual (Iturralde-Vinent, 2003b).

Protección de la plataforma insular y las costas

En la actualidad, el nivel del mar continúa en ascenso, determinando que la línea de costa siga modificándose en la isla de Cuba, la isla de la Juventud, y en las cayerías que las rodean. Las observaciones del autor en las costas de Cuba se resumen en los párrafos siguientes.

Las costas de emersión (donde la velocidad de levantamiento del terreno por los movimientos tectónicos supera la velocidad de ascenso del nivel del mar), presentan una serie de terrazas emergidas. En estas zonas la tierra le están ganando espacio al mar, y la fuerza del oleaje encuentra un obstáculo creciente en los acantilados costeros. En dichos tramos se observa la formación de caletas de derrumbe, en ocasiones asociadas al transporte de grandes bloques de roca tierra adentro durante los huracanes, como en Cayo Piedra Grande y Cayo Piedra Chica al sur de Camagüey (Iturralde-Vinent, Tchounev y Cabrera, 1981). Otro proceso muy evidente en estas costas de levantamiento es el desarrollo de cavernas costeras, por la acción combinada del oleaje y la disolución por mezclas de agua. También se encuentran antiguos “ojos azules” emergidos, como es el caso de Cueva Morlote en las terrazas de Cabo Cruz. En otras zonas se detecta la desecación de los antiguos manglares, que hoy aparecen como troncos y ramas secas sobre la superficie de las llanuras costeras y cayos rocosos, como en el ejemplo de las superficies aplanadas de los cayos del norte de Camagüey (Iturralde-Vinent, Tchounev y Cabrera, 1981).

En otros tramos de costa baja, como al sur de La Habana y Camagüey (donde la velocidad de levantamiento del terreno por los movimientos neotectónicos no supera la velocidad de ascenso del nivel del mar), ocurren transformaciones en los humedales costeros. Los mismos están siendo desmontados naturalmente por la acción del oleaje. En este proceso se forman amplias ensenadas y playas, por erosión de la línea costera, como en el tramo al oeste de Santa Cruz del Sur en Camagüey (Iturralde-Vinent, Tchounev y Cabrera, 1981). Otros ejemplos están en Cayo Largo del Sur y en Cayo Guillermo, donde las dunas fósiles que en el pasado estaban elevadas sobre el nivel del mar, hoy están siendo erosionadas por la acción directa del oleaje.

Estos procesos naturales son reforzados comúnmente por la acción del hombre, cuando se llevan a cabo construcciones civiles y se siembran barreras arbóreas de pinos y casuarinas cercanas a la costa. En estos ejemplos, la erosión del mar se refuerza al ser alterada la dinámica costera, produciendo incisiones en la línea costera y la destrucción de playas y humedales costeros.

Hay muchas lecciones que se han de aprender del devenir histórico geológico de nuestro territorio marino y costero. Por ejemplo, hemos aprendido que no se deben tomar medidas de “protección” de las costas, sin antes conocer bien cuáles son los procesos naturales que están teniendo lugar, y cómo ha sido la evolución de dichas zonas en los últimos 20 000 años. Debemos admitir que las comunidades coralinas actuales son relativamente jóvenes, y por lo tanto pueden estar todavía en proceso de adaptación al medio, que está cambiando constantemente. El efecto del ascenso del nivel del mar pone a estas comunidades en constante tensión, de manera que las

formaciones coralinas tienen que crecer a velocidades capaces de compensarlo. Por eso se les puede considerar ecosistemas extremadamente vulnerables por esta, amén de otras causas.

Sin embargo, estos procesos no son homogéneos para todas las áreas de la plataforma insular, pues los movimientos del terreno (neotectónicos) pueden presentarse más o menos acelerado localmente. Por ejemplo, dentro de los límites de la plataforma meridional de Camagüey, donde ocurre generalmente el descenso relativo del terreno, hay tramos que se están levantando a gran velocidad. Los cayos de Orihuela son un caso característico, pues estos son formaciones coralinas que se están levantando y convirtiéndose en pequeños islotes (Iturralde-Vinent, Tchounev y Cabrera, 1981). Esto nos enseña que hay que estudiar cada caso aisladamente, y no generalizar metodologías de acción sobre las costas y cayos, aunque las mismas hayan sido positivas en un lugar determinado.

Nuestra plataforma insular, dicho en otras palabras, es un sistema dinámico, en pleno proceso de transformación natural. Para actuar sobre ella hay que tener muy en cuenta su evolución histórica, los procesos actuales, y elaborar un pronóstico sobre las tendencias futuras.

I

ORIGEN DE LA BIOTA Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS DE CUBA

Manuel A. Iturralde-Vinent²

Las biotas marinas de Cuba, tanto de la plataforma insular cuanto de los mares más profundos que la rodean, comparten su historia con el Mar Caribe, y en un entorno más general, con la evolución de nuestro planeta. En este trabajo se ha de analizar el origen de la biota marina actual de Cuba, de qué modo se formaron los ecosistemas contemporáneos, y se expondrán algunas conclusiones que se derivan de este análisis. Es importante destacar que las edades numéricas que se utilizan en este trabajo se basan en la escala geocronológica propuesta por Gradstein *et al.* (2004).

Los Primeros Pobladores del Caribe

El mar Caribe tiene una antigüedad de unos 170 a 160 millones de años. Antes no existía, ya que el lugar que ocupa hoy entre América del Norte y América del Sur previamente estuvo situado en el interior de Pangea, un supercontinente que existió durante la primera mitad de la Era Mesozoica (Fig. 1). Aquella gran masa terrestre comenzó a fracturarse 200 millones de años atrás, y así se formaron una serie de estrechos canales acuáticos en el interior de aquel continente, que pueden considerarse, de cierto modo, los precursores del Océano Atlántico y del Mar Caribe. Hacia la segunda mitad del Jurásico algunos de aquellos canales colapsaron, pero otros se ensancharon hasta formar el Atlántico, el Golfo de México y el Caribe primitivo (Fig. 1; Iturralde-Vinent y MacPhee, 1999; Iturralde-Vinent, 2004b).

El Caribe primitivo era un paso oceánico relativamente estrecho donde se encontraban fondos arenosos no muy profundos, que colindaban con las costas de Laurasia (América del Norte) y Gondwana (América del Sur) (Fig. 1). Las planicies costeras eran inicialmente arenosas, producto de la acumulación de los materiales acarreados por los ríos continentales. Estas zonas costeras se transformaron en pantanos y florecieron los fondos de fangos ricos en humus. Con el transcurso del tiempo algunos de estos fondos bajos pasaron a ser extensas plataformas, donde se acumulaban fangos y arenas calcáreas biogénicas. También con el ensanchamiento del mar Caribe surgieron fondos de aguas profundas, donde se acumularon carbonatos principalmente (Fig. 1; Haczewski, 1976; Pszczolkowski, 1978, 1999; Iturralde-Vinent, 2003a, 2004a, 2004b).

Los primitivos fondos arenosos estaban poblados por una variedad de organismos, de acuerdo a su capacidad de explotar los recursos de los ambientes existentes. Hace 160 a 170 millones de años en las zonas litorales dominaban los ambientes deltaicos y de humedales (Haczewski, 1976), donde se encontraban plantas acuáticas y vegetación de costa, incluido el *Piazopteris branneri* (Areces,

² Museo Nacional de Historia Natural
Obispo no. 61, Plaza de Armas, La Habana Vieja 10100, Cuba
Iturralde@mnhnc.inf.cu

1990). Las zonas de inundación costera estaban eventualmente pobladas por algunos moluscos como las trigonias y especialmente ostréidos, que llegaban a formar horizontes muy ricos en conchas (Pszczolkowski, 1978, 1999)

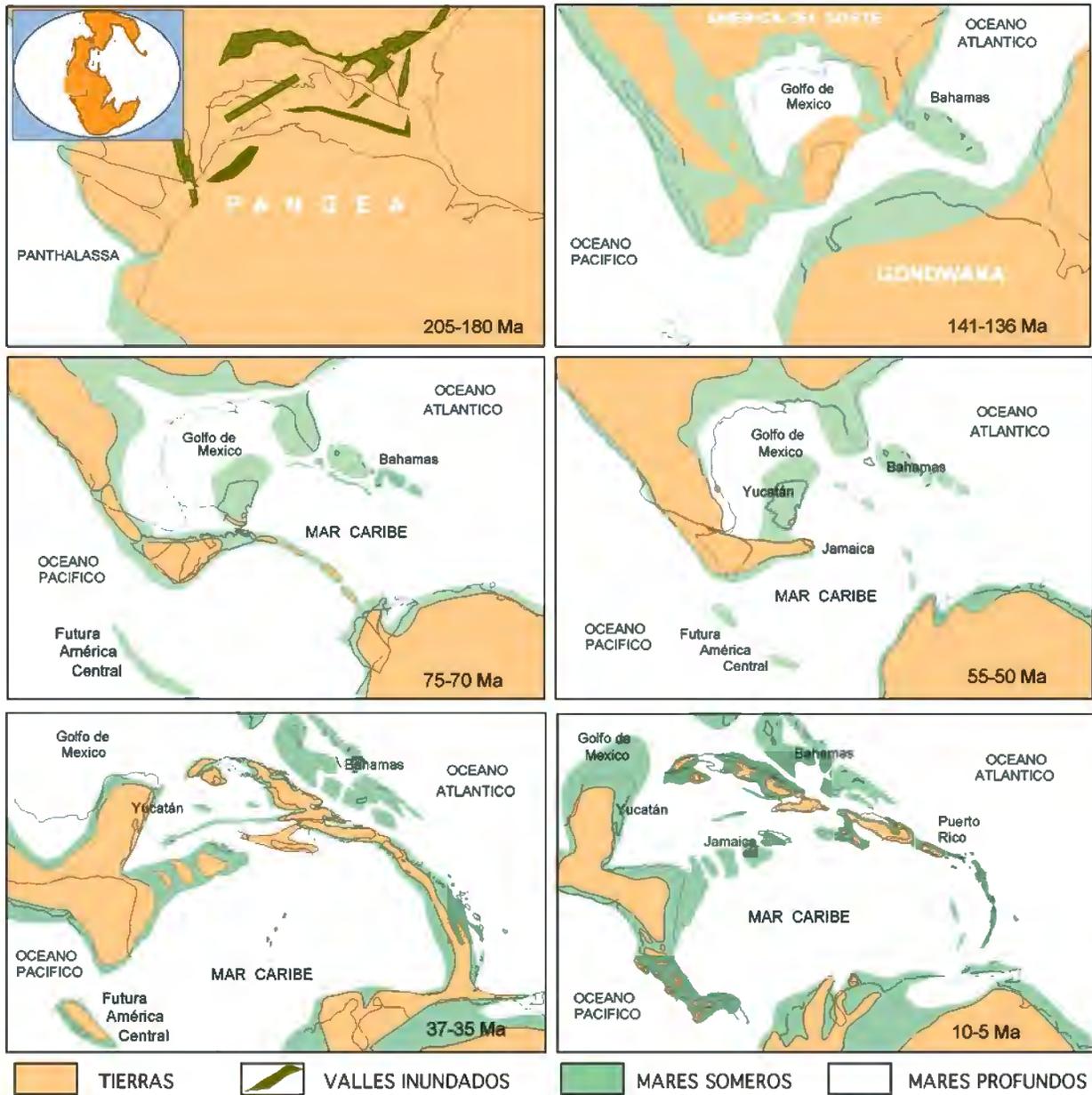


Figura 1. Paleogeografía del Caribe, Triásico tardío al Mioceno. Tomado de Iturralde-Vinent, 2004b. Las líneas de demarcación de las costas actuales se ilustran sólo para que sirvan de referencia.

Ya hace 160 millones de años el Caribe primitivo era una amplia extensión de aguas que servía de comunicación a dos océanos, el Atlántico Norte y el Pacífico (Fig. 1). Siguiendo las corrientes marinas que fluían de Este a Oeste, comenzaron a poblar y circular por el Caribe una gran variedad de elementos del plancton (radiolarios, ostrácodos) y algunos invertebrados nectónicos (ammonites, belemnites y buchias) (Bergrem y Hollister, 1974; Westermann, ed. 1992). Con ellos llegaron los peces (incluidos los picnodontes, comedores de fondo), y esta variedad de alimento

atrajo consigo a una enorme diversidad de reptiles carnívoros. Las costas del Caribe primitivo se poblaron de tortugas acuáticas (*Caribemys oxfordiensis*) y desde la tierra volaban en busca de alimento los pterosaurios (*Nesodactylus hespericus*, *Cacibupteryx caribensis*). Hacia el mar abierto dominaban los pliosaurios (*Peleoneutes*), los cocodrilos oceánicos (*Geosaurus*), los plesiosaurios de cuello largo (*Vinialesaurus*), y los ictiosaurios (*Ophthalmosaurus*) (Gasparini e Iturralde-Vinent, en prensa).

Aquellos animales venían migrando desde un océano llamado Tethys, ya desaparecido, cuyos restos en forma de rocas sedimentarias se encuentran hoy en Europa, Asia y el norte de Africa (Martin y Hudson, eds., 1991). En su movimiento se desplazaban por el Caribe y llegaban a las costas del Océano Pacífico siguiendo la dirección de las corrientes marinas superficiales (Ricardii, 1991; Westermann, ed. 1992; Gasparini 1996; Aberham, 2001). En la segunda mitad del Jurásico Superior dominaron los ambientes de fondos calcáreos de aguas profundas y los reptiles marinos no aparecen en el registro fósil, el cual está dominado por restos de microorganismos y ammonites.

Desde el inicio del Cretácico, hace unos 145 millones de años, ocurrió un cambio en la geografía del Caribe. El pasaje oceánico alcanzó su máxima anchura, y surgieron una serie de islas volcánicas y bajos que complicaron el relieve submarino. A partir de entonces la libre circulación de las aguas oceánicas estuvo regulada por la extensión de las islas y bajos (Fig. 1). Es conocido que el Cretácico fue una etapa relativamente cálida de la historia de la Tierra, y que en aquellos tiempos en las zonas tropicales se desarrollaron extensamente los ambientes de plataformas calcáreas, donde proliferaba la vida marina (Skelton, ed., 2003). El Mar del Tethys-Caribe es un ejemplo de esto (Fig. 1). Asimismo, en los fondos profundos del Caribe se acumularon sedimentos arcillosos, ricos en organismos del plancton, y en el entorno de las islas volcánicas, sedimentos arenosos intercalados con lavas y fondos calcáreos (Iturralde-Vinent, 2004b).

Entonces alrededor de las islas y en las zonas bajas aparecieron las condiciones para el desarrollo de ricas comunidades de moluscos donde dominaban los litosomas de rudistas, escasos corales aislados, equinodermos, foraminíferos, ostrácodos, algas y otros invertebrados. En los ambientes de mares más profundos aparecen los organismos neotónicos, tanto invertebrados (ammonites y belemnites) como vertebrados incluyendo tortugas, serpientes marinas tipo mosasaurios y una variedad de peces (Sohl y Kollman, 1985; Ricardii, 1991; Barrera y Johnson, 1999; Iturralde-Vinent, 2003a, 2004a, 2004b, Mutter *et al.*, 2005).

En aquellos mares las erupciones explosivas eventualmente contaminaban las aguas con sus productos, poniendo en crisis las comunidades marinas cercanas a los volcanes. Pero se observa durante el Cretácico, que tras la pérdida de los ecosistemas de las plataformas calcáreas que rodeaban aquellas islas, sustituidas en el tiempo por arenas volcánicas y lavas, ocurría la pronta recuperación de los ambientes calcáreos al reducirse la presencia de contaminantes volcánicos. Ejemplo de esto último son las pequeñas plataformas asociadas a las rocas vulcanógenas de las Antillas Mayores, y en particular la del Maastrichtiense (65-75 millones de años), que presentan una enorme biodiversidad de rudistas, corales, algas y muchos otros organismos marinos, debido a la extinción temporal de la actividad de los volcanes antillanos (Rojas *et al.*, 1997).

Al final del Cretácico (hace 65 millones de años) hubo una crisis ambiental global, que generó una gran mortalidad, especialmente en el Caribe. Esta crisis ecológica fue desencadenada por el choque de la tierra con un enorme bólido espacial, cuyo impacto tuvo lugar en Chicxulub (hoy Yucatán) (Álvarez, 1997). Obviamente los efectos de este impacto en el Caribe fueron considerables (Tada *et al.*, 2004). Esta crisis ambiental del final del Cretácico exterminó un gran número de

especies marinas en todo el mundo, independiente de su tamaño o hábito de vida, como por ejemplo los foraminíferos planctónicos (globotruncánidos), cefalópodos ammonites y belemnites (nectónicos), pelecípodos rudistas (bentónicos), reptiles marinos (mosasaurios); y en los ambientes terrestres los dinosaurios y pterosaurios entre otros. Sin embargo, al mismo tiempo sobrevivieron aquel evento los cocodrilos terrestres, las tortugas marinas y terrestres, los mamíferos terrestres, los ostréidos (bentónicos sésiles), y muchos otros organismos. Es importante constatar que, después de la crisis creada por el impacto, y la gran mortalidad generadora de una extinción masiva de especies de animales y plantas, la vida continuó en las tierras y los mares. La consecuencia fue una nueva “repartición” de los ecosistemas del mundo, de modo que los sobrevivientes y sus descendientes pudieron ocupar espacios antes dominados por otras especies.

Es obvio que los eventos catastróficos generados por el impacto en Chicxulub hayan afectado con especial intensidad al área del Caribe, donde se han constatado deslizamientos y derrumbes costeros de enormes proporciones, y la acción de varios trenes de olas gigantes tipo tsunami en un breve espacio de tiempo (Tada *et al.*, 2004). Por eso se puede suponer que la mayoría de las comunidades marinas del Caribe fueron eliminadas, así como las comunidades que habitaban las islas y las tierras bajas de los márgenes continentales (Iturralde-Vinent, 2004b).

Reestructuración de las biotas del Caribe

Después de la crisis ambiental antes mencionada, comenzó la recuperación de los ecosistemas marinos y terrestres del Caribe. En las rocas sedimentarias del Paleoceno (65-55 millones de años) ya aparecen restos fósiles de una gran variedad de organismos marinos, distintos a los precedentes, incluyendo representantes del plancton y el bentos microscópico (foraminíferos, ostrácodos, radiolarios, braarudosféricos), macroinvertebrados (moluscos, equinodermos, corales) y vertebrados (peces). Pero estos organismos deben haber llegado al Caribe migrando desde los mares circundantes (Atlántico y Pacífico), y de distintos modos se dispersaron y recolonizaron el Caribe (vea ejemplos en Jackson, *et al.*, eds., 1996; Prothero *et al.*, ed. 2003). Sobre esta base se puede afirmar que las corrientes marinas superficiales que fluían de este a oeste trajeron el plancton y las larvas de muchos invertebrados desde el Atlántico, y algunas contracorrientes del Pacífico también alimentaron el Caribe con su carga de vida (Iturralde-Vinent, 2003a, 2004b).

Aquella biota del Paleoceno y Eoceno (65 a 33 millones de años) en su composición global, ya era muy semejante a la actual. Sin embargo, la distribución de tierras y mares era bien distinta al presente. Por ejemplo, aquellas islas no son las mismas que conocemos hoy, pues sufrieron profundas transformaciones subsecuentes (Fig. 1; MacPhee e Iturralde-Vinent, 1999).

Durante aquella etapa se desarrollaron una variedad de ambientes marinos. En los fondos poco profundos habitaban diversos grupos de invertebrados, con la peculiaridad de que comenzaron a dominar los corales y las algas, al desaparecer los rudistas. Los peces, tanto óseos como cartilaginosos, se hacen abundantes y muy diversos (Iturralde-Vinent *et al.*, 1996), pues desapareció la competencia con los reptiles gigantes. Sin embargo, diversos mamíferos conquistan los mares, tales como ballenas, delfines, sirenios y focas. En las costas han desaparecido los pterosaurios, sustituidos por las aves y murciélagos.

Después del Eoceno la configuración de la geografía caribeña sufre constantes variaciones. La actividad volcánica se ha limitado a las zonas extremas del este (futuras Antillas Menores) y a lo que será posteriormente América Central (Fig. 1). Las tierras antillanas constituyen un obstáculo parcial para la circulación de las aguas marinas, pues entre ellas existían canales marinos relativamente profundos. Eran abundantes los fondos marinos poco profundos, bien

intercomunicados por canalizos y pasos de aguas profundas. Ya en el Plioceno el escenario geográfico era muy cercano al actual.

En las rocas sedimentarias del Oligoceno, Mioceno y Plioceno de la región Caribe se han reportado restos fósiles de una gran variedad de organismos muy semejantes a los que hoy habitan estas aguas. Ellos tienen sus relativos más cercanos en el Atlántico Norte, Central y Sur, y en el Pacífico central y septentrional (vea ejemplos en Jackson, Budd y Coates, eds., 1996; Prothero *et al.*, ed., 2003; Iturralde-Vinent 2004b). Esto refleja la amplia interacción que existió entre dichas aguas oceánicas a través del Caribe (Wright y Miller, 1993). Sin embargo, hay algunas peculiaridades que es importante resaltar. Desde el Oligoceno comenzaron a desarrollarse las comunidades coralinas arrecifales, que alcanzaron su mayor extensión en el Mioceno y hasta hoy (Frost *et al.*, 1983; Budd, 1996; y observaciones de campo del autor). Durante el Oligoceno y Mioceno el Caribe, como la Florida, estuvo poblado por diversas especies de dugones, que se extinguieron al final del Mioceno (~8 Ma) y fueron sustituidos por los manatíes en el Plioceno-Cuaternario (5 millones de años y hasta el presente) (MacFadden *et al.*, 2004). Desde el Paleoceno son comunes los restos fósiles de tiburones, con una gran variedad de especies cosmopolitas que llegan hasta hoy (Iturralde-Vinent *et al.*, 1996). Durante el Mioceno se desarrolló el gigantismo en los peces cartilaginosos, como son los ejemplos del tiburón *Carcharodon megalodon* y la manta *Aetomylaeous cubensis* (Iturralde-Vinent *et al.*, 1996; 1997). Al menos desde el Mioceno las ballenas circulaban por el Caribe, pues sus restos fósiles se encuentran en rocas de esta edad (MacPhee *et al.*, 2003).

Hace unos 2,5 millones de años el mar Caribe comienza una nueva etapa de desarrollo, ligada primeramente al levantamiento progresivo del istmo de Panamá (Coates y Obando, 1996). Esta barrera entre el Caribe y el Pacífico se establece primero de manera intermitente (2,5 a 0,7 millones de años), ya que durante las etapas de elevación del nivel del mar ocurre algún intercambio de larvas entre el Pacífico y el Caribe, como lo demuestra el estudio de Beu (2001). Sin embargo, ya desde el Pleistoceno Inferior (~ 700 mil años) la comunicación Caribe-Pacífico se interrumpe hasta hoy (Bue, 2001). Desde entonces la geografía del Caribe se asemeja mucho a la actual, las comunidades locales se hacen más cercanas a las atlánticas y surgen nuevos endémicos.

Delimitación geográfica de Cuba y la formación de sus hábitats actuales.

La forma actual de Cuba y su plataforma insular es un hecho geográfico extremadamente joven, pues los contornos del archipiélago se han delimitado en los últimos 6000 años (Iturralde-Vinent, 2003b). Este proceso comenzó hace unos 30 millones de años, cuando la tendencia general de la evolución tectónica del territorio de Cuba ha sido al ascenso de los terrenos e incremento de su área, particularmente desde el Mioceno Medio a Superior. Por esto se considera que el factor principal de la formación del relieve de la isla, tanto de las zonas terrestres como marinas, son los movimientos del terreno. En este marco, las oscilaciones glacioeustáticas del nivel del mar han modulado la velocidad con que tiene lugar la ampliación o reducción de las tierras emergidas y la extensión de la plataforma insular, aunque su papel en los últimos 120 000 años ha sido un tanto más destacado (Iturralde-Vinent, 2003b). Esto se observa bien al inspeccionar los mapas paleogeográficos del Cuaternario de Cuba (Figs. 2A-2C).

Las rocas sedimentarias de origen marino que se depositaron en estos últimos 1.8 millones de años, generalmente están expuestas en las terrazas marinas que rodean las costas de elevación. También se encuentran en la plataforma insular y en los pequeños grupos insulares. Entre ellas dominan las calizas y margas con abundantes restos de invertebrados marinos, que pertenecen a los mismos géneros que habitan hoy los fondos calcáreos de la plataforma insular. En menor grado se

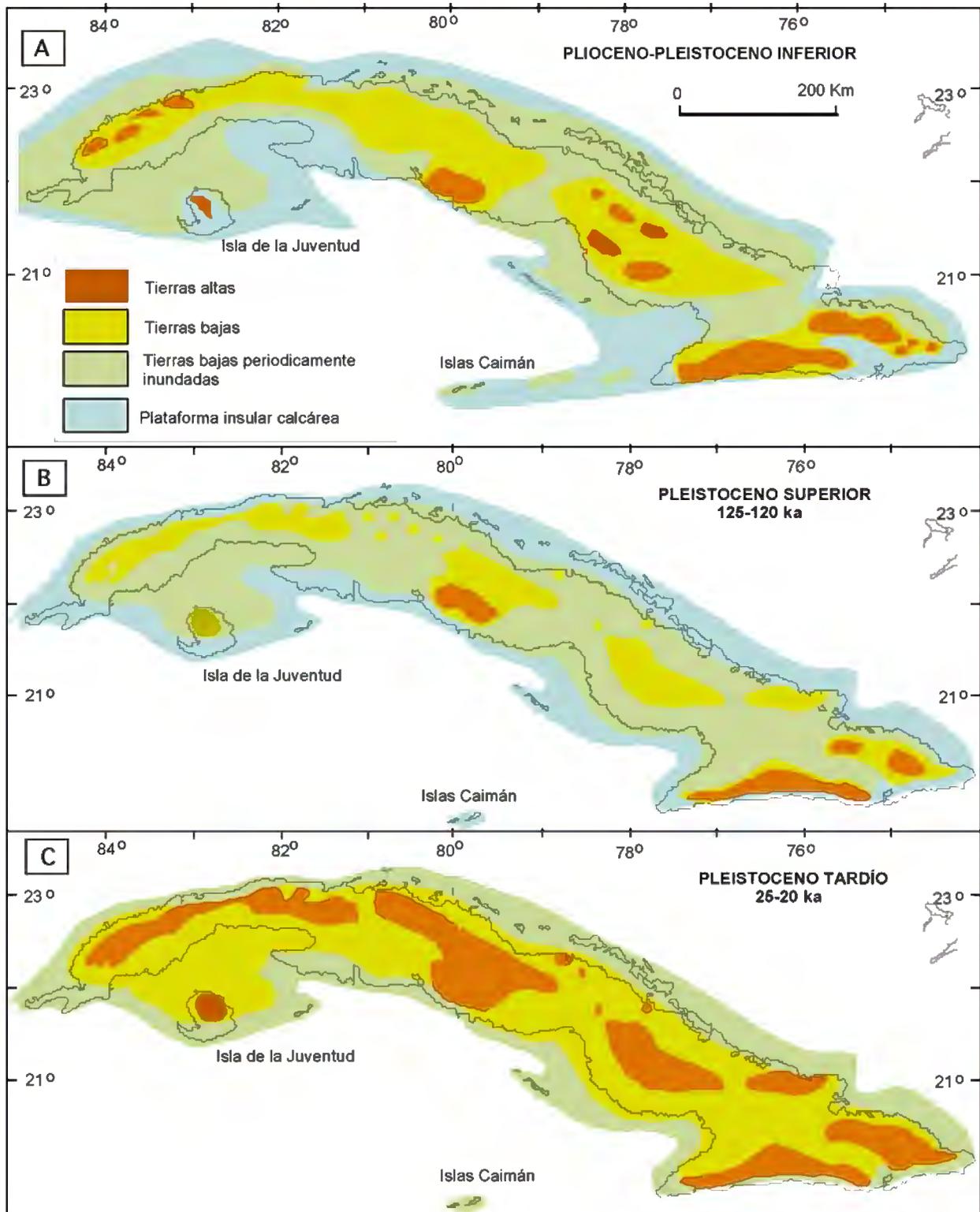


Figura 2. Paleogeografía del Plioceno-Pleistoceno Inferior, del Pleistoceno Superior (125-120 mil años) y del Pleistoceno Superior tardío (25-20 000 años) (Tomado de Iturralde-Vinent, 2003b).

han preservado los depósitos arcillo-arenosos que se originaron en los fondos de tipo "llanuras de seibadal" (también conocidas como praderas marinas o pastos marinos) que existieron en el pasado. En algunas localidades se han mantenido preservados los sedimentos que en el pasado representaron las áreas del delta de los ríos, donde se acumularon potentes depósitos areno-gravosos (Ionin *et al.*, 1977; Iturralde-Vinent, 2003b).

El mapa de finales del Plioceno e inicios del Pleistoceno (Fig. 2A) revela que ya en aquella época estaba delimitado el archipiélago cubano como un gran promontorio en el Caribe noroccidental. Un sistema de taludes bastante abruptos (conocido popularmente como el canto del veril), separaba ya el territorio cubano de los fondos profundos del Canal Viejo de Bahamas y de la Cuenca de Yucatán. Dentro de este promontorio existían tierras elevadas y una extensa llanura que se inundaba periódicamente durante los periodos de elevación del nivel del mar. Sin embargo, había grandes extensiones de fondos marinos lodosos-arenosos poco profundos, donde habitaron diversos invertebrados y peces (Ionin *et al.*, 1977; Iturralde-Vinent, 1969; 2003b).

El mapa del escenario geográfico de hace unos 120-125 mil años representa una etapa cuando el nivel del mar estaba relativamente alto (Fig. 2B). En aquel tiempo existían varios archipiélagos de islas y bajos, dentro de los cuales se destacaban zonas montañosas. Estos estaban rodeados de una extensa plataforma insular cubierta por mares de aguas cálidas, poco profundas, pues correspondía con una etapa interglacial. Entonces se desarrollaron los sedimentos calcáreos que constituyen la así llamada Formación Jaimanitas, donde hay abundantes restos fósiles de corales y otras invertebrados propios de aguas de salinidad normal, bien oxigenadas (Bronnimann y Rigassi, 1963; Iturralde-Vinent, 2003b).

El mapa del Pleistoceno tardío representa el escenario geográfico hace 20-25 mil años atrás, cuando el nivel del mar descendió hasta 120 metros por debajo del nivel actual, y la mayor parte del área cubana limitada por el "canto del veril" quedó expuesta a la intemperie y desecó. En aquella época se podía caminar desde Cuba hasta lo que sería después la Isla de la Juventud y los cayos. Las grandes extensiones terrestres estaban rodeadas por una llanura temporalmente inundada, que ocupaba una franja estrecha en el borde de la plataforma insular actual, incluyendo los territorios de la cayería, la península de Zapata, el tercio septentrional de la Isla de la Juventud, y la península de Guanahacabibes entre otras (Fig. 2C). Las consecuencias de esta retirada de los mares fueron enormes, pues toda la vida marina de la plataforma insular cubana desapareció (Iturralde-Vinent, 2003b). Es posible que esta situación durara algunos miles de años, pues se desarrolló un relieve complejo e incluso una variedad de suelos, localmente potentes (Ionin *et al.*, 1977).

A partir de hace unos 20 000 años atrás y hasta hoy, el mar ha ido conquistando los terrenos anteriormente emergidos, inundando los territorios bajos que hoy constituyen la plataforma insular (Ionin *et al.*, 1977; Iturralde-Vinent, 2003b). Se calcula que la velocidad promedio de los movimientos verticales del terreno en Cuba por entonces osciló entre 1 y 3 mm por año, mientras que el promedio de elevación del mar fue de unos 4,8 mm por año (Iturralde-Vinent, 2003b). Asimismo, se sabe que hace unos 10 000 a 8 000 años hubo una aceleración del ascenso del nivel del mar y un descenso posterior, que debió hacer retroceder la línea de costa y reestructurar la posición de los arrecifes de corales. Las pruebas de este ascenso se observan en Puerto Rico, donde algunas perforaciones realizadas en los fondos marinos de la plataforma insular han cortado una capa de corales ramosos erosionados, que yace por debajo de los corales masivos actuales (W. Ramírez, com. pers.). Esto quiere decir que los arrecifes coralinos se han acomodado a su posición presente apenas en los últimos 8 000 años.

Todas estas modificaciones de la geografía en los últimos 25 000 años tuvieron consecuencias para la biota marina. Ante todo se puede decir que los ecosistemas marinos actuales de la plataforma insular de Cuba deben haberse conformado en los últimos 20 000 años. Se puede afirmar también que la posición actual de los principales arrecifes de corales cubanos debe tener menos de 8 000 años, y que la configuración de las costas y humedales costeros se alcanzó en los últimos 8000 años, y sigue cambiando. Por eso durante el Cuaternario, y particularmente durante el Holoceno (últimos 8 000 años), se puede concluir que se formaron los hábitat marinos de Cuba actual (Iturralde-Vinent, 2003b).

Protección de la plataforma insular y las costas

En la actualidad, el nivel del mar continúa en ascenso, determinando que la línea de costa siga modificándose en la isla de Cuba, la isla de la Juventud, y en las cayerías que las rodean. Las observaciones del autor en las costas de Cuba se resumen en los párrafos siguientes.

Las costas de emersión (donde la velocidad de levantamiento del terreno por los movimientos tectónicos supera la velocidad de ascenso del nivel del mar), presentan una serie de terrazas emergidas. En estas zonas la tierra le están ganando espacio al mar, y la fuerza del oleaje encuentra un obstáculo creciente en los acantilados costeros. En dichos tramos se observa la formación de caletas de derrumbe, en ocasiones asociadas al transporte de grandes bloques de roca tierra adentro durante los huracanes, como en Cayo Piedra Grande y Cayo Piedra Chica al sur de Camagüey (Iturralde-Vinent, Tchounev y Cabrera, 1981). Otro proceso muy evidente en estas costas de levantamiento es el desarrollo de cavernas costeras, por la acción combinada del oleaje y la disolución por mezclas de agua. También se encuentran antiguos “ojos azules” emergidos, como es el caso de Cueva Morlote en las terrazas de Cabo Cruz. En otras zonas se detecta la desecación de los antiguos manglares, que hoy aparecen como troncos y ramas secas sobre la superficie de las llanuras costeras y cayos rocosos, como en el ejemplo de las superficies aplanadas de los cayos del norte de Camagüey (Iturralde-Vinent, Tchounev y Cabrera, 1981).

En otros tramos de costa baja, como al sur de La Habana y Camagüey (donde la velocidad de levantamiento del terreno por los movimientos neotectónicos no supera la velocidad de ascenso del nivel del mar), ocurren transformaciones en los humedales costeros. Los mismos están siendo desmontados naturalmente por la acción del oleaje. En este proceso se forman amplias ensenadas y playas, por erosión de la línea costera, como en el tramo al oeste de Santa Cruz del Sur en Camagüey (Iturralde-Vinent, Tchounev y Cabrera, 1981). Otros ejemplos están en Cayo Largo del Sur y en Cayo Guillermo, donde las dunas fósiles que en el pasado estaban elevadas sobre el nivel del mar, hoy están siendo erosionadas por la acción directa del oleaje.

Estos procesos naturales son reforzados comúnmente por la acción del hombre, cuando se llevan a cabo construcciones civiles y se siembran barreras arbóreas de pinos y casuarinas cercanas a la costa. En estos ejemplos, la erosión del mar se refuerza al ser alterada la dinámica costera, produciendo incisiones en la línea costera y la destrucción de playas y humedales costeros.

Hay muchas lecciones que se han de aprender del devenir histórico geológico de nuestro territorio marino y costero. Por ejemplo, hemos aprendido que no se deben tomar medidas de “protección” de las costas, sin antes conocer bien cuáles son los procesos naturales que están teniendo lugar, y cómo ha sido la evolución de dichas zonas en los últimos 20 000 años. Debemos admitir que las comunidades coralinas actuales son relativamente jóvenes, y por lo tanto pueden estar todavía en proceso de adaptación al medio, que está cambiando constantemente. El efecto del ascenso del nivel del mar pone a estas comunidades en constante tensión, de manera que las

formaciones coralinas tienen que crecer a velocidades capaces de compensarlo. Por eso se les puede considerar ecosistemas extremadamente vulnerables por esta, amén de otras causas.

Sin embargo, estos procesos no son homogéneos para todas las áreas de la plataforma insular, pues los movimientos del terreno (neotectónicos) pueden presentarse más o menos acelerado localmente. Por ejemplo, dentro de los límites de la plataforma meridional de Camagüey, donde ocurre generalmente el descenso relativo del terreno, hay tramos que se están levantando a gran velocidad. Los cayos de Orihuela son un caso característico, pues estos son formaciones coralinas que se están levantando y convirtiéndose en pequeños islotes (Iturralde-Vinent, Tchounev y Cabrera, 1981). Esto nos enseña que hay que estudiar cada caso aisladamente, y no generalizar metodologías de acción sobre las costas y cayos, aunque las mismas hayan sido positivas en un lugar determinado.

Nuestra plataforma insular, dicho en otras palabras, es un sistema dinámico, en pleno proceso de transformación natural. Para actuar sobre ella hay que tener muy en cuenta su evolución histórica, los procesos actuales, y elaborar un pronóstico sobre las tendencias futuras.

por su parte exterior, formando grandes macrolagunas. Estas áreas someras se encuentran separadas entre sí por estrechas terrazas, casi sin plataforma. A corta distancia del borde exterior de los cayos y los arrecifes se encuentra el talud insular, el cual inicia su declive entre los 20 y 50 m de profundidad (más frecuentemente entre 25 y 30), y en gran parte de la periferia de la plataforma cae en forma de una pared casi vertical hasta los 100-150 m, seguida de una zona de menor declive (60-80°), que continúa con ligeros cambios hasta más allá de los 600 m de profundidad (Claro *et al.*, 2001). Estos profundos abismos delimitan claramente los límites geográficos del Archipiélago Cubano.

Se distinguen dos tipos de costas, las acumulativas y las abrasivas. Entre las primeras se encuentran las de arenas biogénicas que conforman las playas, las biogénicas cenagosas con esteros y las deltaicas. Las costas arenosas no biogénicas son raras, como es el caso de la playa de Bibijagua, en la Isla de la Juventud. Las costas abrasivas cársicas o rocosas, pueden ser bajas o altas y se alternan con las costas arenosas (Ionin *et al.*, 1977).

Los sedimentos actuales de la plataforma poseen un complicado complejo de facies, producto de la intervención de diferentes factores y procesos en la formación de los mismos. Los tres principales elementos son: la sedimentación quimiogénica de carbonato de calcio del agua de mar; la producción biológica de los organismos reductores de carbonatos, cuyos esqueletos a veces son el principal componente del sedimento y el aporte de material terrígeno. Estos procesos en algunos casos aparecen solos y en otros, mezclados en diferentes combinaciones. De ahí la gran heterogeneidad en la distribución de residuos esqueléticos de organismos marinos en el estrato superficial. Por tanto, es común encontrar regiones con predominio de biocomponentes (más de 50%) en los sedimentos, y muy cerca, áreas en las cuales su contenido es muy bajo (Ionin *et al.*, 1977). La Fig. 2 presenta la distribución de los sedimentos superficiales en las cuatro grandes zonas someras de la plataforma cubana.

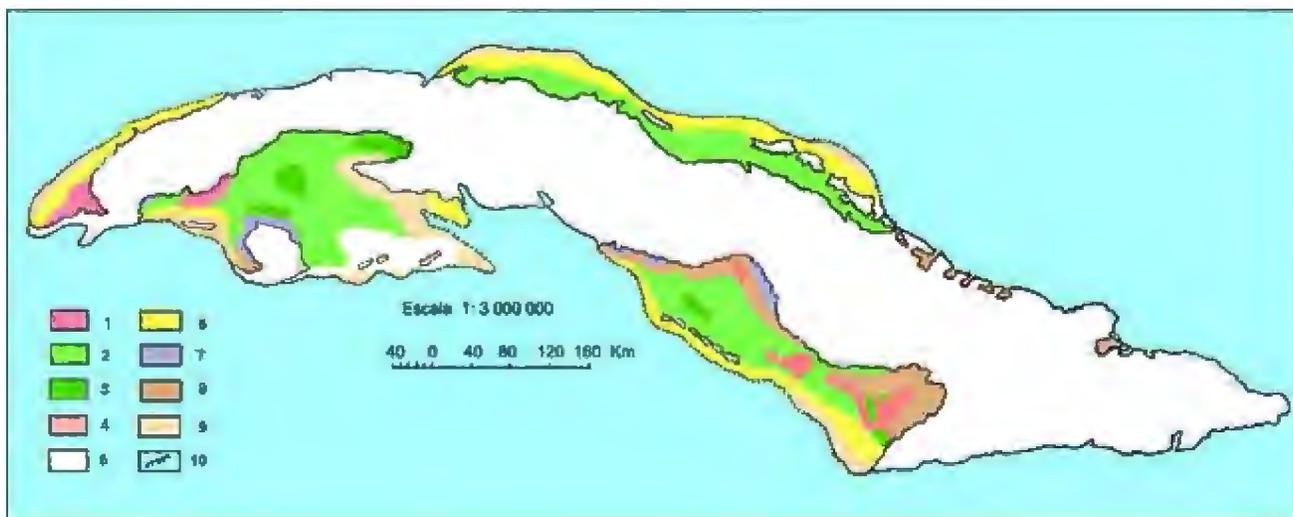


Figura 2. Distribución de los sedimentos superficiales en la plataforma de Cuba (tomado de Avello, 1979). 1 – cienos de Halimeda, arenoso-limosos; 2 – cienos detríticos arenoso-limosos; 3 – cienos limoso-arcillosos (carbonatados), con moluscos; 4 – cienos arenosos, con limos y arcillas, de lagunas arrecifales; 5 – arenas oolíticas con foraminíferos; 6 – arenas detríticas (de conchas de moluscos); 7 – arenas terrígenas; 8 – cienos arcillosos terrígenos; 9 – ausencia de sedimentos; 10 – límite de la plataforma (borde superior del talud insular) (tomado de Avello, 1979).

En términos generales, el clima de Cuba puede ser considerado como semi-continental húmedo de sabana con inviernos poco acentuados (Núñez Jiménez, 1965). Contribuye al calentamiento del Archipiélago, el hecho de que está rodeado casi en su totalidad, por una corriente

marina de aguas cálidas, cuya influencia térmica está reforzada por otras dos corrientes de igual naturaleza que, después de atravesar el Mar Caribe, penetran en el Golfo de México por el canal de Yucatán (García *et al.*, 1991; Victoria y Penié, 1998).

En el ritmo anual de las precipitaciones atmosféricas existen dos estaciones del año claramente expresadas: la de sequía (de noviembre a abril) con precipitaciones promedio de unos 300 mm; y la de lluvia (de mayo a octubre) con precipitaciones que alcanzan promedios de más de 1 000 mm. Como consecuencia, estas ejercen notable influencia sobre el régimen hidrológico de algunas regiones costeras, aunque como resultado del represamiento y de las intensas sequías, la afluencia de agua dulce a los ecosistemas costeros ha sido limitado en los últimos años. El cambio de estas estaciones es bastante brusco. Los meses de transición, según el volumen de las precipitaciones, son abril y noviembre. Aunque el período de lluvias frecuentes ocurre de mayo a octubre, los aguaceros más intensos caen generalmente entre septiembre y octubre (frecuentemente relacionados con los ciclones tropicales); aunque pueden producirse en cualquier mes del año. Sin embargo, en la parte nordeste de la región oriental la mayor cantidad de lluvias se produce de noviembre a abril (Academia de Ciencias de Cuba y Academia de Ciencias de la URSS, 1970).

Las aguas de la plataforma, por su relativo aislamiento de las oceánicas, por su poca profundidad y por el alto nivel de represamiento de los ríos, muestran variaciones estacionales y espaciales relativamente amplias de salinidad y nutrientes, que en gran medida están influenciadas por los cambios en los índices de evaporación y en los escurrimientos procedentes de tierra. Durante el período de lluvias, en algunas regiones la salinidad puede bajar hasta 32 partes por mil (ppm) como promedio y en determinadas condiciones aún más. Por otra parte, en algunos sitios de muy limitado intercambio con el océano, la salinidad puede alcanzar más de 50 ppm durante el período de sequía (Lluis-Riera, 1983c; Alcolado *et al.*, 1999; Claro *et al.*, 2000).

La temperatura, en su distribución espacial, varía generalmente menos de 1-2°C. Según Lluis-Riera (1972, 1977, 1981a, 1981b, 1983c), se han registrado temperaturas desde 19 hasta 31,6°C, aunque en cuerpos de agua semicerrados puede ser muy superior. Según los datos de la Estación Siboney (Instituto de Oceanología, Ciudad de La Habana), la amplitud máxima de los valores medios mensuales es de aproximadamente 6°C. Los cambios más bruscos en ese sitio se observaron en los meses de marzo-abril y noviembre-diciembre, lo que coincide con el final y el inicio del período de seca (Claro *et al.*, 2001b). De acuerdo con los datos de García (1981), esta variación estacional se manifiesta igualmente en las aguas oceánicas que rodean el archipiélago, al menos hasta la profundidad de 50-60 m. Resulta interesante que, si bien la temperatura del agua durante los meses de verano es bastante estable (lo cual también fue comprobado por Blázquez-Echandi (1981) para la región noroccidental, en el período invernal sufre variaciones relativamente bruscas producto del azote de los "frentes fríos" o "nortes", que pueden provocar una disminución de 2,0°C o más en un día (Claro *et al.*, 2001b), suficiente para provocar importantes cambios fisiológicos en los organismos (Bustamante *et al.*, 2001; Sierra *et al.*, 2001). Estos cambios deben ser aún más bruscos en regiones de la plataforma con menor circulación de sus aguas.

El contenido de oxígeno disuelto en todas las regiones de la plataforma se mantiene relativamente alto y estable. Salvo algunos casos en que se han producido derrames localizados de contaminantes orgánicos, y de pequeñas áreas en las cuales la interrupción del régimen hidrodinámico ha disminuido temporalmente el intercambio de aguas (algunas áreas del Archipiélago Sabana-Camagüey), no se han reportado situaciones en que este elemento constituya un factor determinante para el mantenimiento de la biodiversidad. Similar estabilidad se observa en los valores de pH (generalmente entre 8.0 y 8.6).

Según Lluís-Riera (1983b), en la década de los sesentas y setentas, las concentraciones de nutrientes en general, no eran elevadas. Sin embargo, en las áreas costeras cercanas a la desembocadura de los ríos, durante la época de lluvia, se incrementaban hasta alcanzar valores comparables con las de regiones relativamente fértiles, como el Banco de Campeche (Bessonov y González, 1971; Bessonov *et al.*, 1971). No obstante, estos altos valores de nutrientes, por lo general, van acompañados de considerable turbidez, la cual influye negativamente sobre la productividad primaria. En algunas regiones, el aumento de los nutrientes está relacionado con el reciclaje de los mismos en los fangos del fondo y por encima de ellos. Lamentablemente, son pocos y dispersos los estudios posteriores sobre este aspecto, por lo que resulta difícil evaluar su evolución.

De acuerdo con Baisre (2006), a partir de 1961 se produjo un acelerado incremento del uso de fertilizantes, piensos, combustibles y otros productos que elevaron la emisión de nitrógeno (al suelo y la atmósfera) en el país: de 136 Gg N en 1961 a 640 en 1987, y un decrecimiento a partir de 1989 hasta niveles similares a los de la segunda mitad de los sesentas. Argumenta dicho autor que una parte considerable de esos nutrientes llegan a los ecosistemas marinos a través de los escurrimientos fluviales y la atmósfera, por lo que asume que similar variación debe ocurrir en las zonas costeras del Archipiélago. La disminución del flujo de N y otros nutrientes al mar puede haber disminuido aún más, como resultado del represamiento de las aguas fluviales. A partir de estos datos, dicho autor planteó la hipótesis de que existe una relación entre la reducción del flujo de nutrientes a la plataforma y la disminución de las capturas comerciales. Al menos, de esta valiosa información se deduce que los altos niveles de contaminación atmosférica, de los suelos y del agua existentes en la década de los ochentas, deben haber disminuido considerablemente como resultado de un desarrollo económico ecológicamente más racional.

Las aguas oceánicas adyacentes al Archipiélago cubano son, por sus características químicas y físicas más uniformes en su distribución horizontal y menos variables estacionalmente, de ahí que su influencia sobre la plataforma sea relativamente estable (Lluís-Riera 1983b). No obstante, el grado de influencia sobre cada región depende de la intensidad del intercambio, la topografía de la plataforma y la dinámica de las aguas, tanto interiores como oceánicas.

La circulación de las aguas sobre la plataforma cubana parece estar determinada principalmente por el viento, por la marea y por la influencia de las corrientes en el mar abierto adyacente (Emilson y Tápanes, 1971). Dada la amplitud de las macrolagunas de la plataforma y la estrechez de los pasos entre los cayos que la conectan con el océano, las corrientes, principalmente provocadas por la marea, pueden alcanzar velocidades considerables en algunos canales y sus inmediaciones. En áreas interiores de la plataforma, las corrientes, aunque muy variables según la marea y los vientos, tienen una componente principal hacia el oeste (Emilson y Tápanes, 1971, Blázquez-Echandi y Romeu, 1982). Las mareas son en general de muy poca amplitud, con valores promedios inferiores a 50 cm, salvo en el tramo entre Isabela de Sagua y Bahía de Nipe, donde pueden sobrepasar un metro.

El sistema de corrientes en las aguas oceánicas que rodean el Archipiélago cubano es extraordinariamente complejo y variable. Al sur del archipiélago, interactúan la Corriente del Caribe, de dirección oeste y la contracorriente Cubana, con dirección hacia el este. Como resultado de estos flujos se produce un complicado sistema de giros ciclónicos y anticiclónicos de intensidad y ubicación variables (Sukhovoy, 1980; García *et al.*, 1991; Victoria y Penié, 1998; Gallegos *et al.*, 1998) que ofrecen condiciones favorables para la retención de materia en suspensión y del aporte biológico desde las áreas aledañas. La existencia de estos giros alrededor del Archipiélago, constituye un factor importante en el transporte, dispersión y mantenimiento de la diversidad biológica en la plataforma cubana y su influencia sobre otras regiones del Gran Caribe. Generalmente los arrecifes frontales

ubicados en el borde de la plataforma, constituyen áreas de alta diversidad biológica, muchos son sitios de desove de varias especies y sus huevos y larvas pueden ser transportados por las corrientes y ser autoreclutados en amplias zonas de la plataforma (retención), o contribuir al reclutamiento en otras regiones del Gran Caribe (advección) (Lindeman *et al.*, 2001; Paris *et al.*, 2005).

Rossov y Santana (1966) reportaron hundimientos de las aguas superficiales cerca de la región noroccidental, y afloramientos en las inmediaciones del Cabo San Antonio. Al sur de Isla de la Juventud y de Cienfuegos, encontró afloramientos de carácter permanente y otros de carácter temporal al sur de las provincias orientales durante el otoño.

La distribución horizontal de la producción primaria en la plataforma está supeditada, por una parte, al régimen hidrológico, el cual está altamente influenciado por los vientos y las corrientes oceánicas; y por otra, a los aportes de las aguas terrígenas. Los cambios de cualquiera de estos factores u otros asociados a ellos (por ejemplo, las variaciones locales del contenido de elementos biogénicos), pueden provocar condiciones locales de duración variable que determinan diferentes condiciones ambientales para el fitoplancton. Kondratieva y Sosa (1967) estimaron una producción muy baja en aguas de poca profundidad (3-5 m) de la zona noroccidental: 28 g C/m³ como promedio anual (77-78 mg C/m³/día); mientras que en aguas profundas (hasta 100 m) cercanas al talud insular, su valor alcanzó 160 g C/m³. Los valores para toda la región fluctuaron entre 150 y 1 150 mg C/m³/día, como promedio 330. Kabanova y López-Baluja (1973) precisaron que en aguas superficiales de las zonas noroccidental y nororiental se observan valores altos muy cerca de la costa, que disminuyen bruscamente hacia afuera de los límites de la plataforma: desde 200 a 1-19 mg C/m³/día, en la zona noroccidental y de 660 hasta 200-100 mg C/m³/día, en la zona norte-oriental. Dichos autores encontraron una gran variabilidad de la producción primaria entre las estaciones muestreadas.

Kondratieva y Sosa (1967) encontraron una coincidencia en los valores de la producción primaria en la plataforma entre los muestreos realizados en septiembre y noviembre-diciembre; mientras que en aguas oceánicas adyacentes, la producción fue mayor en el primer muestreo (428 mg C/m³/día) que en el segundo (282 mg C/m³/día). Kondratieva (1968) estimó la producción primaria en la zona noroccidental, en 20,5 mg C/m³/día durante el otoño, 21,4 en el invierno y 26,4 en el verano. Dicha autora considera que las variaciones observadas no son estacionales, sino producto de cambios eventuales en la circulación de las aguas. Aunque no se han detectado variaciones estacionales regulares en la producción de fitoplancton (Kondratieva y Sosa, 1967), los pocos datos existentes evidencian que, en regiones costeras microlocalizadas pueden existir variaciones más o menos regulares producto de las diferencias en el aporte de elementos biogénicos, en los períodos de lluvia y sequía.

El principal elemento de producción primaria en la plataforma cubana es el macrofitobentos, integrado fundamentalmente por fanerógamas marinas, entre las que prevalece la seiba o yerba de tortugas (*Thalassia testudinum*). El aporte de las macroalgas bénticas y del perifitón es muy pobre. En la zona noroccidental esta fanerógama constituyó 69,6% de la biomasa orgánica del macrofitobentos, con una tasa metabólica equivalente a 56,4% de la fotosíntesis y 55,1% de la respiración total (Buesa, 1974c). La siguieron en importancia las especies de algas verdes del género *Halimeda*, que en dicha región constituyeron 21% de la biomasa orgánica, con una tasa fotosintética igual a 19,9% del total producido por el macrofitobentos (20,3% de la respiración total). Lo anterior debe repetirse en gran parte de la plataforma, a juzgar por la composición de su vegetación.

Una gran cantidad de biomasa foliar, principalmente de la *Thalassia*, pasa al detrito a través de la cadena de los descomponedores. El detrito, por tanto, desempeña un papel intermedio entre la producción primaria y los consumidores, sirviendo de alimento a una gran variedad de invertebrados del mesobentos, que a su vez constituyen la fuente principal de producción secundaria para peces e invertebrados mayores como la langosta. De ahí el importante papel que desempeñan las bacterias

heterótrofas en el ecosistema acuático de la plataforma, mediante sus procesos de remineralización de la materia orgánica.

El manglar hace un notable aporte de materia orgánica al ecosistema acuático, en forma de hojas, ramas y raíces. En las lagunas costeras de la región sur central de Cuba, González-Sansón y Lalana-Rueda (1982) calcularon valores de 449 a 909 (600 g/m², como promedio), inferiores a los reportados por Heald y Odum (1970) para la Florida, lo cual se debe, según explican dichos autores, a una menor amplitud de la marea en nuestras costas. La marea y las corrientes ayudan a la resuspensión de nutrientes, y contribuyen a incrementar la producción del manglar. Lamentablemente no poseemos datos en cuanto al aporte de estas plantas en las zonas no estuarinas de la plataforma donde se desarrollan miles de cayos constituidos principalmente por manglares. No obstante, existen evidencias de que estos juegan un importante papel en la diversidad y productividad biológica de las plataformas tropicales (Mumby *et al.*, 2004).

La casi totalidad de las investigaciones sobre el plancton en el Archipiélago Cubano y aguas adyacentes, se concentran en la década de los setenta, tras lo cual se han realizado pocas colectas y muy localizadas. Los datos existentes muestran que en las aguas oceánicas la densidad y biomasa de fitoplancton son muy pobres (1 000-6 000 cel./m² y de 0,12 a 0,72 mg/m² (López-Baluja *et al.*, 1980). En aguas de la plataforma, los valores de densidad fueron más altos aunque muy variables, fluctuando entre 0,48 y 331 millones de cel./m² (promedios por cruceros y zonas entre 1,2 y 64,2) y los de biomasa entre 1 y 1 428 mg/m² (promedios entre 5 y 427 mg/m²). Los mayores valores, se encontraron en las macrolagunas del Archipiélago Sabana-Camagüey y los Golfos de Ana María y Guacanayabo, mientras que los más bajos se reportaron en el Golfo de Batabanó (López-Baluja, 1978; Borrero *et al.*, 1981; 1984; Popowski *et al.*, 1982; Delgado y Nodar, 1983). Estos valores resultan muy bajos si se comparan con los de otras plataformas como el Banco de Campeche (Zernova, 1976), el NE de Venezuela (Margalef, 1973), las costas de África (Siomina y Chiong, 1974) u otras del océano mundial (Tabla 2). Las diatomeas y flagelados predominan en casi toda la plataforma.

Tabla 1. Densidad y biomasa del fitoplancton en cuatro zonas de la plataforma cubana.

Región	Mes/año	No. de células/m ² · 10 ⁶			Biomasa (mg/m ³)			Referencias
		Min	Max.	Prom	Min	Max	Prom	
Noroccidental	VII/77	0,44	8,60	3,07	1	161	55*	Popowski <i>et al.</i> , 1982
	III/78	0,52	22,76	3,69	2	247	49	
	VII/78	1,04	103,2	23,32	6	747	97*	
Sabana-Camagüey	II/76	2,13	43,9	12,17*	22	1428	253*	Borrero <i>et al.</i> , 1981
	VI/78	1,16	326,70	62,32	4	1428	427*	
	II/79	1,10	331,36	64,27	5	1181	296*	
G. de Batabanó	VII/68	1,80	18,36	7,68	7	106	177**	López-Baluja, 1978
	IV/69	0,76	4,56	1,70	2	6	5**	
	VIII/69	1,22	5,00	3,28	3	33	18**	
	XII/70	0,72	16,78	8,34	17	68	44**	
	II/71	0,52	3,92	1,69	2	17	11**	
	IV/71	0,68	1,50	1,23	7	87	29**	
	VII/71	0,94	7,60	2,71	8	19	12**	
	IX/71	0,60	6,08	3,21	1	28	13**	
J. de la Reina	I/72	0,48	7,68	2,71	3	314	21**	Borrero <i>et al.</i> , 1984
	IV/72	0,62	38,00	7,18	4	4606	266	
	VII/72	0,49	72,60	14,96*	3	1330	169*	
	II/73	0,79	162,70	15,17	2	1200	267*	

* Datos aportados por los autores de referencia mediante comunicación personal, que no aparecen en su publicación;

** Valores estimados por nosotros a partir de los datos originales del autor.

La distribución y concentración del zooplancton en aguas cubanas, han sido pobremente estudiadas y la mayoría de los trabajos fueron realizados hace más de 20 años (Cruz, 1966; Marikova y Campos, 1967; Fabr , 1976, 1985 *a,b*; Campos, 1981; Alfonso y Blanco, 1983). En las cuatro zonas con plataforma se observó que las concentraciones de organismos son mayores cerca de la costa, donde prevalecen los herbivoros y eur fagos, y disminuyen hacia el mar abierto, donde son sustituidas paulatinamente por formas carnívoras mayores (Fabr , 1976, 1985*a,b*). Tanto la biomasa como la densidad de organismos resultaron de 5 a 20 veces superiores en las aguas de las macrolagunas que en la zona oceánica adyacente, lo cual evidencia la notable influencia de los aportes de aguas terrigenas. En los golfos de Ana María y Guacanayabo se encontraron las mayores concentraciones y volúmenes del seston (Tabla 3) los cuales son comparables con los observados en regiones que reciben notables aportes fluviales. La zona noroccidental, aunque fue la más pobre en biomasa y densidad, presentó la mayor diversidad, evidentemente como consecuencia de su mayor intercambio con el oce no.

Las variaciones estacionales de la densidad y la biomasa de zooplancton en las aguas de la plataforma, parecen estar influenciadas por la distribución de estos en parches, y por los cambios locales de las condiciones ambientales. Los datos de Fabr  (1976, 1985*a,b*) y Campos (1970) no muestran una clara regularidad estacional en la densidad y biomasa del seston.

Tabla 2 Biomasa del seston y densidad del zooplancton en cuatro zonas de la plataforma cubana (según datos de Fabr  1976; 1985a; 1985b).

Zona	Biomasa del seston (g/m ³)				Densidad del zooplancton (ind./m ²)			
	Lluvia		Seca		Lluvia		Seca	
	Min.	Max	Min.	Max	Min.	Max.	Min.	Max.
Noroccidental	2	102	3	217	39	4 815	208	120 766
Sabana-Camagüey	37	557	21	1 517	211	42 702	133	93 730
G. de Batabanó	50	533	33	360	54	2 156	80	1 278
J. de la Reina	28	1 050	12	3 763	200	112 000	259	2 8000

Las fanerógamas constituyen generalmente más del 70% de la biomasa húmeda del macrofitobentos en la Plataforma de Cuba. Entre ellas prevalece la seiba, *Thalassia testudinum*, que cubre grandes extensiones de los fondos no consolidados (fangosos, areno-fangosos y fango-arenosos). Esta planta tiene una alta tasa de crecimiento y regeneración. Según Buesa (1974c) los seibadales de la región noroccidental se duplican cada 57-86 días (Buesa, 1974a). El mismo autor (Buesa, 1974e) encontró diferencias estacionales significativas en la densidad de las fanerógamas, que fue mayor en primavera y verano que en el invierno. Señaló también Buesa (op. cit), que el crecimiento de *Thalassia* es superior al de otras fanerógamas marinas como *Ruppia* y *Zostera*.

Las algas rodoficeas generalmente están presentes formando parches en un número reducido de sitios, aunque en algunos casos con notable densidad; mientras que las feoficeas están presentes esporádicamente y en peque nas cantidades (Jiménez y Alcolado, 1990; Martínez-Daranas *et al.*, 1996). Buesa (1974c) y Jiménez y Alcolado (1990) encontraron mayores densidades de vegetación en los meses de primavera y verano y la menor al inicio del invierno (Tabla 3).

Tabla 3. Variaciones de la biomasa vegetal dominante en 15 estaciones del Golfo de Batabanó, a partir de muestreos en diferentes meses (datos de Jiménez y Alcolado, 1990).

Indicadores	Mayo/81	Agosto/81	Noviembre/81	Mayo/82	Febrero/83
Biomasa promedio (g/m ²)	199,7	192,4	97,2	166	176
% de <i>Thalassia</i>	59	52	71	70	65
% de cloroficeas	38	48	35	26	31

Alcolado (1990a), al caracterizar los biótopos del Golfo de Batabanó, planteó que la existencia de vegetación está determinada en gran medida por la estabilidad de los sedimentos. En aquellas regiones protegidas de las corrientes y del oleaje por los cayos e islas, el sedimento es más estable y se acumula mayor cantidad de materia orgánica particulada, todo lo cual facilita la existencia de condiciones de anaerobiosis dentro del sedimento, requisito indispensable para el desarrollo de *Thalassia*. Dicho autor plantea también que, al menos en el Golfo de Batabanó, los sedimentos grisparduscos coinciden con los fondos de vegetación densa, mientras que los fondos blancos o arenosos con poca vegetación se encuentran en lugares donde hay libre flujo de las corrientes y/o libre intercambio con el océano abierto.

El bentos constituye la base alimentaria principal de los peces y otros organismos de importancia económica. Lamentablemente la diversidad de métodos de muestreo utilizados en las investigaciones sobre el zoobentos de la plataforma cubana, y las limitaciones de cada uno de ellos, dificultan obtener una representación suficientemente clara e integral de la distribución cuantitativa y la estacionalidad de estos organismos. Las investigaciones realizadas hasta ahora se concentran principalmente en tres zonas: la noroccidental (Murina *et al.*, 1969), el Golfo de Batabanó (Alcolado ed., 1990) y las macrolagunas del Archipiélago Sabana-Camagüey (Alcolado *et al.*, 1990a, 1990b, 1998), aunque se han realizado evaluaciones locales en varios sitios de la plataforma y las bahías.

Murina *et al.*, (1969) encontraron, en la región noroccidental, una biomasa media del macrobentos (muestras tomadas con jaiba) de 45,3 g/m² y una densidad de 524 ejemplares/m², cuyos valores máximos (69,1 g/m² y 616 ejemplares/m²) se encontraron en el seibadal areno-fangoso, y los mínimos en fondo de arena (0,001 g/m²). Los organismos predominantes, por su número, lo constituyeron los poliquetos (211 ejemplares/m²) y los crustáceos (127 ejemplares/m²); aunque por su biomasa prevalecieron las esponjas (36,9% del total) y los moluscos (34,7%). La biomasa alimenticia media estimada para la región fue de 8,95 g/m², valor un poco más bajo que el reportado por Formoso (1975) para la región oriental del Banco de Campeche (12,3 g/m²).

En el Golfo de Batabanó, Gómez *et al.*, (1980), también muestreando el macrobentos con jaiba, encontraron una biomasa media de 35,9 g/m² y una densidad de 550 ejemplares/m². Los organismos predominantes en este caso, por su número y su biomasa, fueron los moluscos y poliquetos, a los que siguieron en importancia los poríferos y equinodermos.

Un colectivo de investigadores (Alcolado, ed. 1990) realizaron un detallado estudio de la distribución del zoobentos en esta misma región, utilizando métodos combinados de muestreo, con el fin de obtener una mejor representación de todos los grupos zoológicos. Para ello utilizaron: arrastres de fondo, con un equipo especialmente diseñado a tal efecto, para muestrear lo que ellos denominaron el megabentos (organismos de más de 4 mm); equipo de succión, para capturar los organismos del macrobentos o macro-infauna, y tubo muestreador para mesobentos. Sumando los valores obtenidos en los diferentes grupos del zoobentos, se obtuvieron biomásas promedios, por cruceros, que fluctuaron entre 7,1 y 40,5 g/m² (en peso seco). Los valores más bajos correspondieron a los meses de sequía, diciembre y febrero, y el más alto, a agosto, mes del período lluvioso.

Los organismos que componen el megabentos constituyeron de 85 a 92% (valores promedio) de la biomasa seca total. No obstante, este grupo está constituido, en un alto porcentaje, por organismos que regularmente no son utilizados como alimento por los peces e invertebrados grandes: poríferos, algunos corales y, en mayor proporción, gorgonáceos. Descontando el peso de tales organismos, la biomasa potencialmente alimenticia tuvo valores medios por crucero entre 7,0 y 23,2 g/m² (Alcolado, 1990). Considerando que el peso húmedo de estos organismos es más de cinco veces su peso seco, obtendríamos valores de biomasa muy superiores a los reportados por Murina *et al.*, (1969) y Gómez *et*

al., (1980). No obstante, estos datos no son realmente comparables, ya que el muestreo con jaiba utilizado por estos últimos autores es evidentemente menos representativo.

Entre los organismos del megabentos, los equinodermos, fundamentalmente los erizos, constituyen la biomasa alimentaria fundamental (Alcolado, 1990; Corvea *et al.*, 1990). Estos abundan principalmente en fondos ricos en vegetación y cerca de los arrecifes, y son escasos sobre fondos fangosos. Los moluscos ocupan el segundo lugar por su biomasa; y son más abundantes (2,5-20 g/m²) en zonas con fondos areno-fangosos de color blanco, donde es menor la cantidad de materia orgánica precipitada y la *Thalassia* es pobre. Estos organismos constituyen un importante objeto alimentario para los peces y langostas.

En el Archipiélago Sabana-Camagüey, las densidades máximas del megazoobentos están asociadas con valores de salinidad de 37,5 a 41,5 ppm, 5 a 15 % de materia orgánica particulada y 30 a 50% de cieno en los sedimentos. Al aumentar la magnitud de esos tensores, estos comienzan a actuar como depresores de los máximos potenciales de densidad. Las mejores condiciones para la diversidad y densidad se observan allí donde es mayor la circulación o intercambio de agua con el mar abierto. También se observa alta densidad del megazoobentos en las regiones donde la configuración geográfica favorece la retención (efecto de bolsillo) de biopartículas (seston y larvas de colonizadores bentónicos) siempre y cuando los valores de los factores estresantes se mantengan en los niveles antes indicados (Alcolado *et al.*, 1996).

Diversidad, utilidad y estado de conservación de los biotopos marinos

Pedro M. Alcolado³

A los efectos de caracterizar los principales biotopos del ecosistema marino de Cuba, aquí se utiliza la clasificación adoptada en el “Taller de eco-regionalización y clasificación de biotopos marinos en la plataforma cubana” (Areces, ed., 2002). Estos 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. Esta clasificación no impide que algunos de estos biotopos puedan formar parte de otros, lo que es muy común, ninguno de estos biotopos existe de forma aislada. Por otra parte, existe un flujo bi-direccional de especies, biomasa y energía entre ellos. Por ejemplo, entre los arrecifes, los manglares y los pastos marinos se producen migraciones diurnas y estacionales de muchas especies. Muchos peces que por el día habitan en los arrecifes o manglares, por la noche se alimentan en los pastos marinos y trasladan al hábitat diurno la energía consumida (parte de ésta incluida en sus heces fecales), contribuyendo a la productividad biológica de éste. Los peces de las lagunas costeras realizan migraciones de desove hacia los pastos marinos y algunas especies se reproducen cerca de los arrecifes. Así mismo, las comunidades de los manglares y pastos son recipientes permanentes de larvas planctónicas provenientes del mar abierto y las etapas juveniles de muchos peces arrecifales se desarrollan en las zonas estuarinas, los manglares o los pastos marinos

³ Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
Ave 1ª No. 18406, Playa, La Habana, C:P. 12100. Cuba
alcolado@ama.cu

(Lindeman *et al.*, 1998; Nagelkerken *et al.*, 2000, 2002; Cocheret de la Morinière *et al.*, 2002-2003), añadiendo así otro elemento a la naturaleza integral e interdependiente del ecosistema marino. Mumby *et al.* (2004) comprobaron el incremento de la biomasa de peces en los arrecifes coralinos del Caribe, asociados a sistemas de manglares costeros. Por tanto, es necesario considerar a todos los biotopos descritos como partes de un gran ecosistema con interdependencias y biodiversidad compartida (Haughton y Jacobs, 1998).

Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos son estructuras geológicas sólidas, masivas, de origen biológico, y con formas variadas, que cubren la matriz rocosa de algunos fondos marinos tropicales y subtropicales. Éstos crecen hacia la superficie y son creados por organismos fijos al fondo que forman esqueletos pétreos de carbonato de calcio. En el Gran Caribe, los organismos fijos lo conforman principalmente los corales pétreos, las esponjas, los octocorales, las ascidias y las algas, y los móviles, una rica fauna de peces e invertebrados.

Los arrecifes de Cuba aparecen en forma de crestas (restingas), barreras coralinas, promontorios (cabezos o arrecifes de parche), barras alternadas con canales de arena (fondos de camellones, o de macizos y canales, como le llaman en México), y tapizan cantos y terrazas rocosas, entre otras variadas estructuras (Walton-Smith, 1948; Ionin *et al.*, 1977; Alcolado *et al.*, 2003).

Asignar la clasificación de arrecife de barrera puede en algunos casos ser difícil, ya que los límites entre éste y un arrecife de borde son confusos (Spalding *et al.*, 2001). Por ello, Alcolado *et al.* (2003), prefirieron no llamar barreras a ningún arrecife de Cuba, tomando en cuenta que una de las definiciones más aceptadas de este tipo de arrecife (incluyendo a Spalding *et al.*, 2001) plantea la existencia de una laguna profunda, y tomaron como referencia de esta tipología a las barreras Australiana y de Belice, con lagunas más profundas que las posibles barreras de Cuba. Partiendo de las definiciones de Kosmynin y Kuznetzov (1990), que se basan en las asignaciones del término “barrera de arrecife” hechas a varios arrecifes por Charles Darwin, un arrecife puede tener una laguna de pocos metros de profundidad y ser una barrera, si la laguna lo separa de una isla o masa territorial de origen no arrecifal. En este contexto entra el arrecife del Archipiélago de los Colorados (ya designado como barrera por Walton-Smith, 1948, y apoyado por las perforaciones de Ionin *et al.*, 1977), y puede incluirse la larga cadena de cayos y arrecifes del Archipiélago Jardines de la Reina (González-Ferrer, 2004), establecidos sobre estructuras de origen coralino del Holoceno (Ionin *et al.*, 1977). Según Vladimir Kosmynin (*in litt.*), el Archipiélago de Los Canarreos podría ser clasificado como arrecife de barrera, considerando que el propio Golfo de Batabanó, como supuesta laguna arrecifal, los separa de la isla principal de Cuba. Esto último, que parece plausible, puede requerir más profundización geológica para arribar a una clasificación definitiva.

Más del 98% de los aproximadamente 3 215 km del borde de la plataforma marina de Cuba (nuevo cálculo en mapas de 1:300 000 e incluyendo el Banco de Jagua) está orlado por arrecifes frontales, o por éstos acompañados con crestas o formando parte de barreras (después de corregir una errata tipográfica de una longitud del borde de la plataforma que debió ser 3 181 km en vez de 3 781 km en Alcolado *et al.*, 2003, y recalcular la extensión de los arrecifes). Según los nuevos cálculos, 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 dicha plataforma. Spalding *et al.* (2001) refieren una cifra subestimada de 3 020 km² de arrecifes en Cuba (tomando como base sólo los arrecifes de poca profundidad perceptibles por sensores satelitales), de los cuales consideran que 46% están amenazados. Por su parte, Burke y Maidens (2004), estiman esa área en 3 290 km² (13% de los arrecifes del Gran Caribe) y, a través de un índice integrado de

amenaza, infieren que dos tercios de los arrecifes de Cuba están amenazados. Tomando los estimados de estos autores, Bahamas y Cuba comparten casi empatados el primer lugar en extensión de arrecifes en el Atlántico occidental tropical, seguidos por Colombia, con 2 060 km².



Los arrecifes de parche o cabezos generalmente mantienen altos niveles de diversidad de especies, y aquellos aislados en los seibadales pueden concentrar una alta densidad y biomasa de peces (Foto: Rafael Mesa).



Muchas crestas arrecifales bordean la plataforma cubana, protegiendo sus costas del oleaje y las tormentas. Predominan en ellas el orejón, *Acropora palmata* y el coral de fuego, *Millepora complanata* (Foto: IdO)

En muchos lugares los arrecifes frontales están acompañados por tramos de crestas arrecifales en su parte más somera. En los anchos sectores del noroeste (Golfo de Guanahacabibes), sudoeste

(Golfo de Batabanó) y sudeste (Golfos de Ana María y Guacanayabo) de la plataforma marina, se encuentran áreas dispersas de arrecifes de parche (Figs. 3-6).



Las pendientes arrecifales atesoran una alta diversidad de especies gracias a la gran complejidad topográfica de ese biotopo. La foto de arriba muestra un veril típico (borde de la pendiente), la de abajo muestra la estructura típica de la pendiente en su parte superior.



Según Zlatarsky y Martínez-Estalella (1980), en el Golfo de Guacanayabo existen singulares arrecifes sobre fondo fangoso. Estos son en realidad bancos arrecifales de aguas interiores (o de macrolaguna) que se desarrollan sobre bases litificadas subsidentes rodeadas de fondos fangosos, con sus laderas compuestas predominantemente por corales ramificados de los géneros *Oculina* y *Cladocora*, resistentes a la sedimentación. En algunas partes poco profundas pueden aparecer especies ramificadas del género *Acropora*. Los corales están entremezclados con esponjas, ascidias, algas, etc., y con muchas oquedades, por lo que no son arrecifes compactos. Por eso dichos autores los llamaron eufemísticamente “arrecifes gelatinosos”. Las porciones superiores de estos arrecifes, cercanas a la superficie, pueden ser planas y cubiertas en parte por pastos marinos.

Los arrecifes coralinos, además de una alta diversidad biológica, poseen grandes valores naturales y socio-económicos. Tienen gran valor intrínseco por su carácter único. A pesar de su muy limitada extensión sobre el océano, los arrecifes coralinos albergan la cuarta parte de las especies marinas del mundo. Este ecosistema provee entre el 10 y 12% de las capturas mundiales (Munro y Williams, 1985). Más del 25% de las capturas comerciales de los países en desarrollo provienen de especies que habitan o guardan alguna relación de dependencia con ese biotopo (Jameson *et al.*, 1995). En Cuba el complejo seibadal-arrecife aporta aproximadamente 60%, y en algunas islas del Caribe puede ser mayor. Entre ellas se encuentran las especies de mayor calidad y precio.

Según Costanza *et al.* (1997) los arrecifes del mundo en conjunto proveen bienes y servicios por valor de cerca de 375 000 millones de USD/año. Spalding *et al.* (2001) estiman un total mundial de 284 300 km² de arrecifes. Estas dos cifras nos llevan a un estimado grueso de ingresos de 1,319 millones de USD/año por km² de arrecife. Si se considera el estimado del área total de los arrecifes de Cuba (3 290 km²) de Burke y Maidens (2004), se tiene que Cuba cuenta con un potencial de generación de ingresos a partir de este ecosistema, de cerca de \$4 340 millones de USD/año.

En los arrecifes habita una gran diversidad de microorganismos, vegetales e invertebrados portadores de sustancias biológicamente activas, que se emplean o constituyen recursos potenciales como fármacos y reactivos de interés bioquímico y experimental. Muchas de sus especies se utilizan para la elaboración de objetos de artesanía y bisutería. Los arrecifes constituyen una de las principales fábricas de la arena blanca que nutre las playas, principal recurso turístico del País. Sus barreras o crestas brindan una efectiva protección a las costas contra la erosión producida por el oleaje. También protegen poblados y edificaciones de las costas. Constituyen un extraordinario atractivo para el turismo de buceo (por ejemplo, los arrecifes del Archipiélago de los Jardines de la Reina, Punta Francés, María la Gorda, etc). Poseen un gran valor educacional, científico y ético. Además, son indicadores de la calidad de las aguas marinas y de los efectos de los cambios climáticos globales. Por sus propiedades y servicios, los arrecifes son considerados áreas ecológicamente sensibles.

Cerca de la mitad de los arrecifes del borde de la plataforma cubana (54%) están separados de la isla principal por anchos cuerpos de agua someros y por grupos de cayos y bancos de arena que limitan considerablemente la influencia antropogénica. Grandes extensiones de las costas de la isla están sólo ligeramente urbanizadas o industrializadas. Sin embargo, las cuencas hidrográficas han sido extensivamente deforestadas desde tiempos de la colonia, lo que ha incrementado el escurrimiento de agua, contaminantes y sedimentos al mar (Alcolado *et al.*, 1999).

La sedimentación inducida por la deforestación puede estar afectando alrededor del 30% de los arrecifes coralinos del borde de la plataforma. La contaminación a niveles críticos en los arrecifes coralinos de Cuba tiene una extensión restringida (< 3%) (Alcolado *et al.*, 1994, 2003). La contaminación orgánica y química impactan fuerte y negativamente a los arrecifes coralinos de Ciudad Habana. Se supone que algún grado de contaminación puede estar impactando los arrecifes cercanos a las entradas de otras bahías y asentamientos humanos. Al menos, se sabe que los arrecifes cercanos a la Bahía de Guantánamo no están afectados de manera significativa (Sedaghtkish y Roca, 1999).

En varios arrecifes se ha observado un excesivo desarrollo de algas (litoral habanero, Archipiélago Sabana-Camagüey, cayos Largo, Paraíso y Levisa, y cerca de Bahía Honda) que parece deberse generalmente a la mortalidad masiva del erizo negro *Diadema antillarum* y la marcada escasez de peces herbívoros. En algunos casos la falta de herbívoros está acompañada por concentraciones relativamente altas de nutrientes.

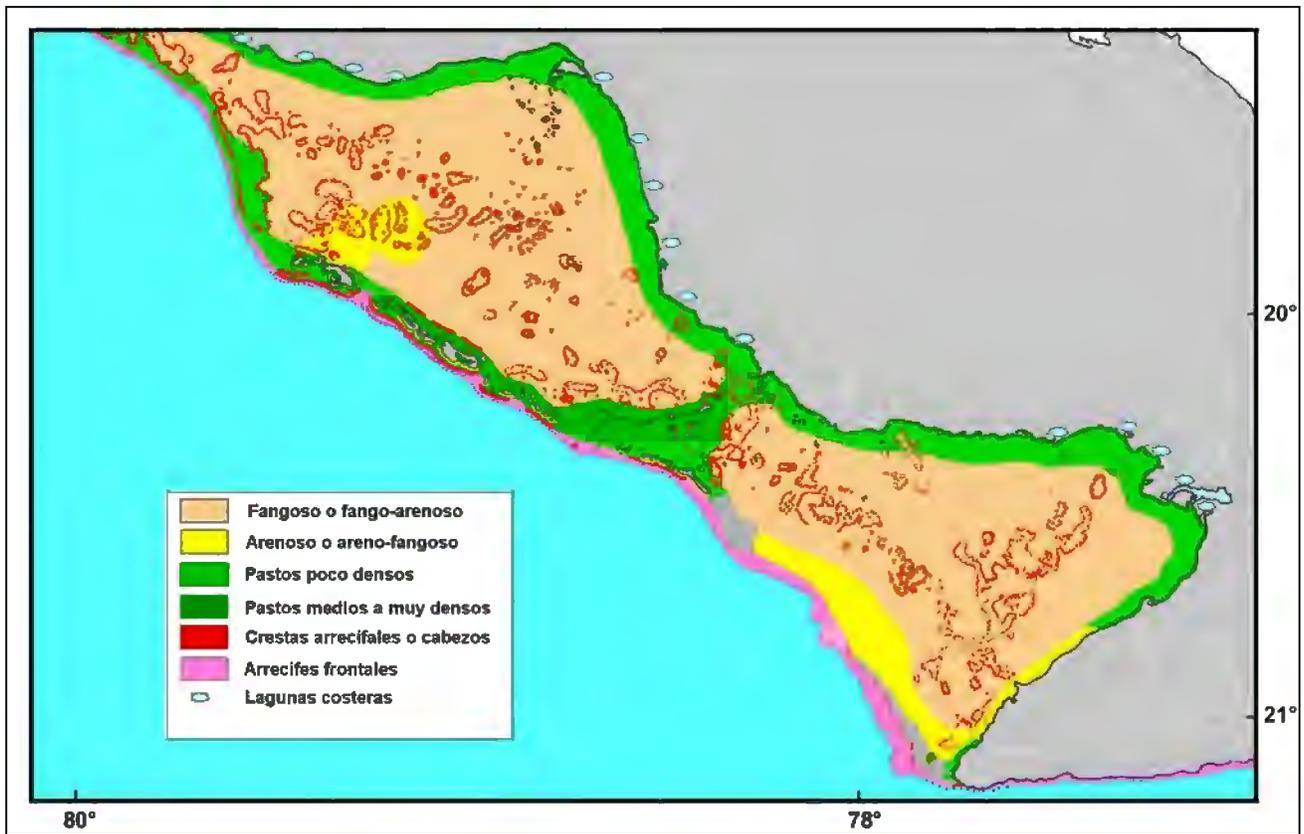


Fig. 3. Distribución de los biotopos marinos en la plataforma sur-central de Cuba.

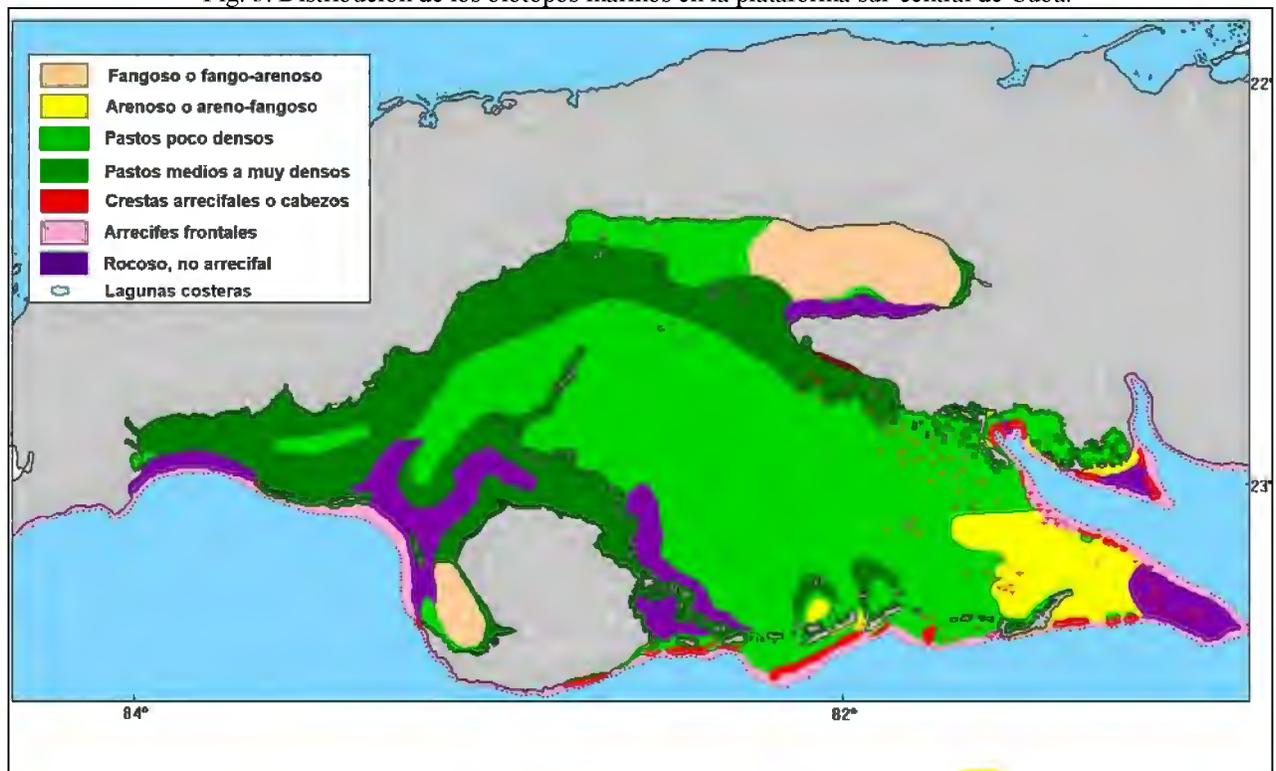


Fig. 4. Distribución de los biotopos marinos en la zona sur-occidental en la década de los ochenta (según Alcolado, 1990).

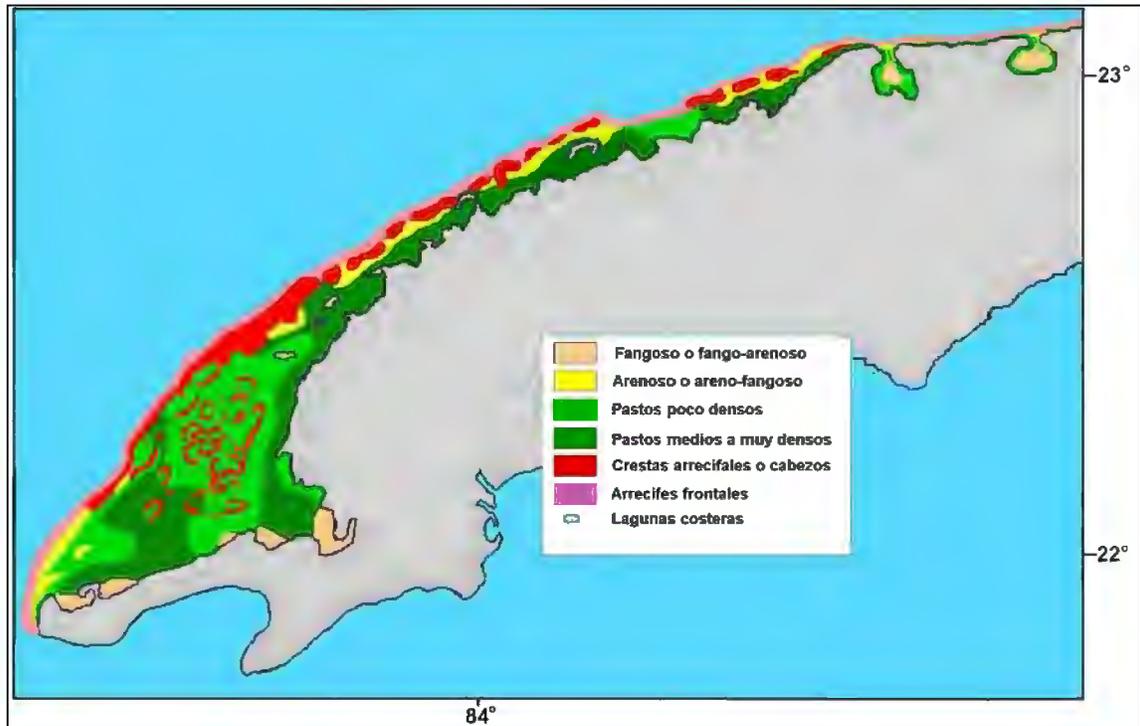


Fig. 5. Distribución de los biotopos marinos en plataforma noroccidental (Archipiélago de Los Colorados).

El turismo en Cuba ha producido un limitado impacto directo sobre los arrecifes coralinos por buceo, actividades náuticas y contaminación. Las regulaciones sobre la protección de arrecifes coralinos y su control han sido insuficientes, pero se encaminan acciones pertinentes. El desarrollo turístico reciente hasta el momento no ha acarreado situaciones evidentes de nutrificación, por las exigencias establecidas de invertir en plantas de tratamiento y de no verter aguas tratadas hacia el mar cerca de los arrecifes y playas. Existe el problema de la pesca ilegal por parte del personal que tiene acceso a las áreas de buceo turístico. En esta actividad pueden estar implícitos daños mecánicos por embarcaciones, anclas y por los propios turistas, así como por basura. Sin embargo, cada vez más el sector del turismo revela una mayor conciencia de la importancia de evitar todas estas afectaciones a los arrecifes, por el bien del desarrollo de sus propias actividades.

La pesca ocasiona daños a los arrecifes por la sobreexplotación de algunas especies, que produce graves alteraciones del balance trófico del ecosistema que conducen a la proliferación de algas (cuando merman las existencias de herbívoros como los loros y barberos) o de animales raspadores o depredadores de corales como el caracol *Coralliophila abbreviata*, poliquetos, y las chopitas *Stegastes* spp. (cuando merman las existencias de carnívoros: pargos, meros, pez perro, pulpos, langostas, etc.). Los artes de pesca (chinchorros, nasas), las anclas y la basura, ocasionan daños mecánicos a los corales, gorgonias, esponjas y otros integrantes del bentos del arrecife.

Los arrecifes de Cuba están siendo impactados por diferentes tipos de enfermedades, por ejemplo: la mencionada mortalidad masiva del erizo negro *Diadema antillarum*, blanqueamiento masivo de corales y enfermedades microbianas de éstos como, plaga blanca, viruela blanca, banda negra, mancha oscura, mancha amarilla, serratisis, etc., y aspergilosis en abanicos de mar. El coral orejón *Acropora palmata* sufrió una mortalidad masiva en casi toda Cuba y el Gran Caribe al parecer entre 1987 y 1992. Se sabe que en áreas del Gran Caribe esto se debió a la banda blanca, pero en Cuba no se pudo atestiguar la causa. Ahora está ocurriendo un proceso de recuperación del coral

orejón, mediante el cual los nuevos corales de esta especie en vez de crecer y ramificarse de manera independiente, cubren los grandes esqueletos de corales muertos, lo que propicia que dicha recuperación sea más rápida. Este proceso se llama recapamiento.

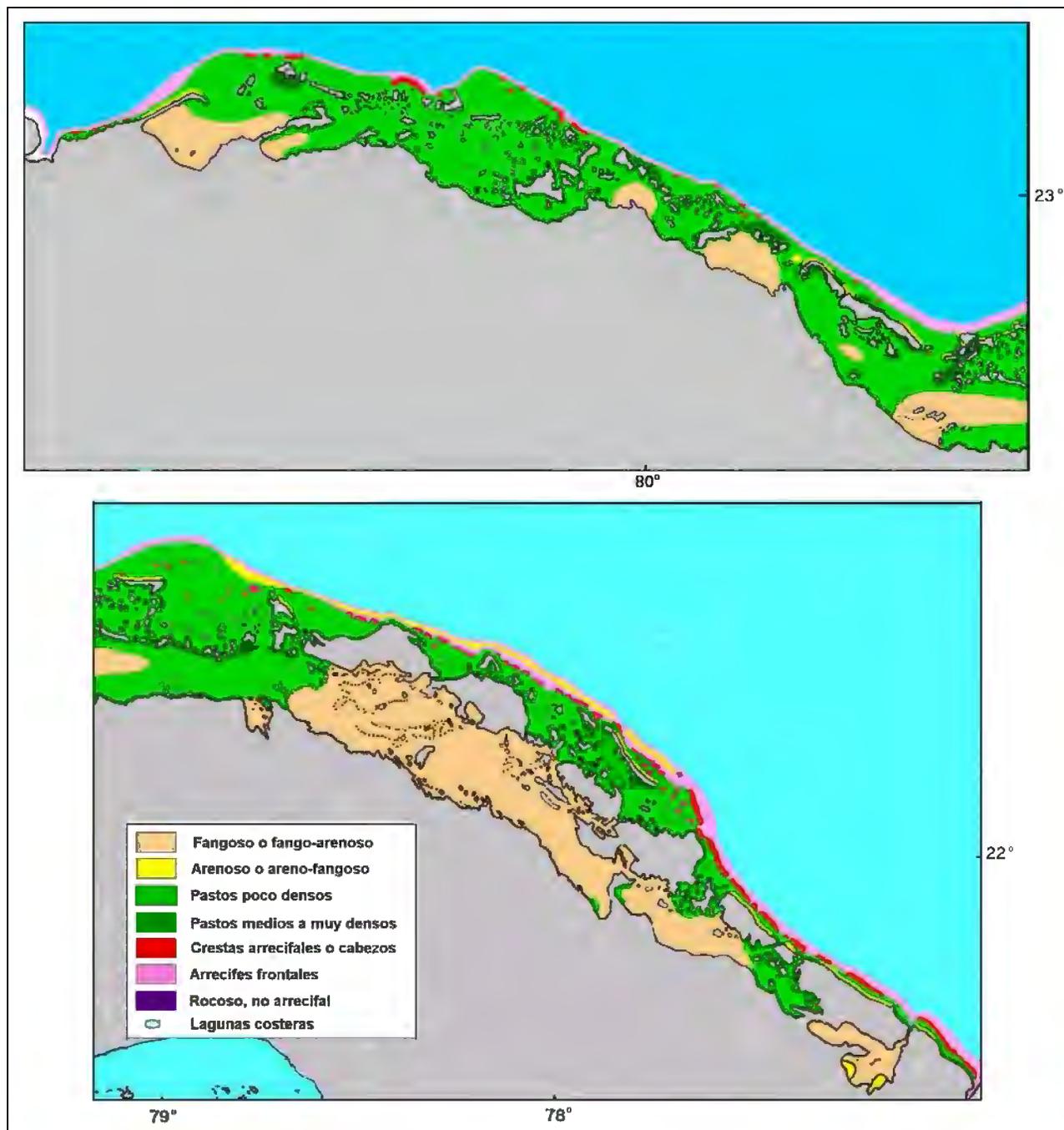


Fig. 6. Distribución de los biotopos marinos en el Archipiélago Sabana-Camagüey.

Como consecuencia de la mortalidad del erizo negro, la sobrepesca de peces herbívoros y la nutrificación, se produce una proliferación excesiva de las microalgas. La muerte de corales da espacio para las algas pero no es la causa de la invasión en la magnitud que ocurre. Si hubiera

herbívoros y no hubiera nutrificación, los espacios dejados por los corales muertos por enfermedades se recubrirían de algas filamentosas muy pequeñas o por algas costrosas calcáreas, que no son un problema para el arrecife.



El excesivo crecimiento de las algas por la ausencia de erizos y peces herbívoros o por el blanqueamiento de los corales, esta afectando a los arrecifes coralinos en grandes extensiones de los mares tropicales (Foto: Craig Quirolo).

Los fondos duros no arrecifales

Los fondos duros no arrecifales se localizan en las macrolagunas, fuera de las zonas pre-arrecifales y arrecifales. Se caracterizan por poseer básicamente un fondo rocoso cubierto por una capa de arena predominantemente delgada o localmente ausente y, a menudo, por parches de pastos marinos o de pequeños depósitos de arena. Con frecuencia suelen presentar corales aislados, típicamente del género *Solenastrea* o pequeños cabezos coralinos y gorgonáceos de los géneros *Pterogorgia* y *Pseudopterogorgia* entre otros. Como se ve, tiende a ser un biotopo más bien mixto a manera de mosaico, lo que lo hace portador de una notable diversidad de especies, en comparación con la que corresponde a los biotopos componentes. A diferencia de los arrecifes sus aguas son menos transparentes por la mayor concentración de fitoplancton. No deben confundirse con los fondos de cabezos o de arrecifes de parche, ni con los que algunos denominan fondos duros no colonizados o “comunidades de corales”, ya no son arrecifes porque el cubrimiento de corales es inferior al 10%. Estos aparecen comúnmente dentro del perfil de los arrecifes a poca profundidad (generalmente a menos de 6 m de profundidad) y se corresponden con la terraza somera o superior, conocida como zona de *Pseudopterogorgia* (Goreau, 1959), pavimento rocoso o explanada abrasiva. También aparecen en bajos de muy escasa profundidad formando crestas que actúan como rompientes.

La distribución de los fondos duros no arrecifales es muy parcheada y limitada en todas las macrolagunas o áreas interiores de la plataforma de Cuba. Ejemplos de éstos (no visibles a la escala de los mapas en este trabajo) los tenemos en el norte y noroeste de la Isla de la Juventud (Fig. 4), así como en el este y sudeste de dicha isla (incluyendo un área muy cerca de Punta del Este, también en el extremo sudeste de Cayo Frágoso (Archipiélago Sabana-Camagüey), y en una estrecha banda en el sur de la Ensenada de la Broa (Alcolado, 1990).

Este biotopo sostiene una pesca que incluye esponjas, langostas y varias especies de peces. Alberga especies de corales (*Solenastrea hyades* y *S. bournoni*) que son muy raras en los arrecifes coralinos. Algunos sitios pueden resultar de interés contemplativo para el turismo de naturaleza y la recreación. Por su relativamente alta diversidad de especies bentónicas, la usual presencia de langosta, su distribución limitada en la plataforma cubana, los fondos de este tipo deben considerarse como áreas ecológicamente sensibles.

Los fondos duros no arrecifales están sujetos a similares amenazas que los arrecifes coralinos, pero también son afectados por aquellos que amenazan a los pastos marinos, los arenales y los cabezos coralinos que de forma parchada cubren parte de este biotopo. No obstante, los corales pétreos, octocorales, esponjas y ascidias de este biotopo son mucho más resistentes a la sedimentación y a los cambios de salinidad que los de arrecifes coralinos.

Los fondos duros no colonizados son comparativamente menos sensibles, al ser generalmente lugares donde la biota que reside permanentemente es menos abundante y diversa, y vive (y está adaptada) bajo condiciones muy restrictivas de oleaje y abrasión por sedimentos.

Fondos de sedimentos no consolidados

Biotopo arenoso y de playa

El biotopo arenoso (o arenal) puede ser desde puramente arenoso hasta areno-fangoso según la proporción de fango o cieno (partículas más finas). Su existencia se debe a la relativa inestabilidad producida por un fuerte hidrodinamismo (oleaje y corriente) que limitan la deposición de sedimentos de fango o cieno y de materia orgánica particulada, e impiden el desarrollo de yerbas marinas. En Cuba la composición de la arena tiende a estar dominada por restos de algas calcáreas, de moluscos y de corales, aunque en lugares específicos está compuesta mayormente por oolita (granos de arena casi esféricos que se forman por deposición de carbonato de calcio bajo condiciones físicas específicas de temperatura, salinidad, y pH) por ejemplo, en grandes extensiones del sudeste del Golfo de Batabanó (Ionin *et al.*, 1977).

Debido a su inestabilidad, este biotopo se caracteriza por su relativamente baja diversidad de especies y poca productividad. En él pueden habitar macroalgas (comúnmente algas verdes calcáreas como *Halimeda*, *Penicillus*, *Udotea*, *Rhipocephalus*, etc.) o delgados tapices de microfitobentos. Ejemplos de este tipo de fondo son las playas, médanos, bancos, depósitos en lechos rocosos, cangilones de arrecifes y algunas terrazas arrecifales. Constituye un hábitat de especies especializadas, brinda refugio y alimento a algunas especies que se entierran en la arena (rayas, algunos peces teleósteos, poliquetos, holoturias, etc.), proporciona arena para las playas y construcciones y contribuye a la formación y mantenimiento de las dunas de las playas y las cuencas arenosas.

Ejemplos de arenales extensos los tenemos al este del Golfo de Batabanó, en una larga franja que se extiende entre los arrecifes someros y los profundos, aproximadamente desde el noroeste de Cayo Guillermo hasta el nordeste de Cayo Cruz (Archipiélago Sabana-Camagüey; Alcolado *et al.*, 1999), y en el sudeste del Golfo de Guacanayabo.

Las construcciones y viales sobre las dunas, así como el tránsito de personas y de equipos pesados por estas, puede conducir al deterioro de las playas. En algunas regiones, la extracción excesiva de arena redujo la extensión del biotopo arenoso, lo que ha provocado afectaciones a las playas cercanas (por ejemplo, Varadero, decenas de años atrás).

La contaminación, como resultado del desarrollo urbano e industrial, ha afectado drásticamente algunos fondos arenosos de la Bahía de la Habana y de los arrecifes cercanos. Las

bolas de alquitrán provenientes de petróleo liberado accidental o intencionalmente desde buques llegan a constituir en ocasiones un problema en las playas y otros fondos arenosos de Cuba. Los rellenos de tierra para la construcción de hoteles u otras infraestructuras de apoyo cerca de las playas o costas, amenazan a la calidad de las playas, al ser dichos rellenos terrígenos, susceptibles de ser fuertemente erosionados por eventos extremos como los ciclones, sobre todo a medida que aumente el nivel del mar. La disminución de la intensidad del oleaje o de las corrientes por obras ingenieriles (carreteras y espigones) aumenta el contenido de fango de las arenas, lo que altera su ecología.

Biotopo fangoso

Como su nombre lo indica, el fondo fangoso (o fanguizal) está formado por sedimentos en que predomina la fracción fangosa o cieno. De acuerdo a la granulometría y la hidrodinámica local, los fangos pueden ser más o menos blandos o compactos, llegando a ser casi "líquidos" cuando son pelíticos (diámetro promedio de las partículas muy pequeño). La falta de luz, la sedimentación excesiva y la "liquidez" del fondo suelen ser las causas que impiden el desarrollo de las yerbas marinas en ellos. Los fangos "líquidos" son menos propicios para el desarrollo del bentos que los más compactos y estables. Si bien su diversidad de especies es comparativamente baja, su productividad neta (explotable) puede ser localmente alta. Su ambiente como regla es fluctuante e impredecible, y además se caracteriza por un régimen hidrodinámico comparativamente débil. Es típico de ambientes eutrofizados. También son típicos de plataformas profundas protegidas, donde la luz que llega al fondo es insuficiente para el desarrollo de pastos marinos (por ejemplo, partes de Bahía de Nuevitás y de los golfos de Ana María y Guacanayabo). Como fauna típica pueden mencionarse camarones, telestáceos, algunas esponjas, erizos irregulares y peces.

Los fondos fangosos saludables son altamente productivos y constituyen una fuente de importantes recursos pesqueros como camarones, moluscos y peces. Este biotopo, mediante la descomposición de materia orgánica que produce e importa, genera y exporta nutrientes a otros ecosistemas marinos. Por otra parte, es fuente de genofondo silvestre para el mejoramiento del cultivo de camarones. Si bien el biotopo fangoso no es considerado generalmente entre las áreas más ecológicamente sensibles, debe ser explotado de forma sostenible como recurso de muy alta productividad, sobre todo en sistemas estuarinos.

Este biotopo fangoso ocupa sus mayores extensiones en noroeste de Pinar del Río (La Fe) pegado a la costa, porciones del Archipiélago Sabana-Camagüey (fondos de pastos degradados del oeste de Bahía de Santa Clara, Bahía de Buenavista, Bahía de Perros, Bahía de Jigüey, Bahía la Gloria, etc., Golfo de Ana María, Golfo de Guacanayabo, Ensenada de la Broa, Ensenada de la Sigüanea, y las bahías de bolsa de Nuevitás, Cienfuegos, La Habana, Nipe, Santiago de Cuba, etcétera (Figs. 3-6; Alcolado *et al.*, 1990, 1999). Los fondos fangosos son comunes en extensas áreas estuarinas, lagunas costeras y orillas de manglares. También son típicos de zonas eutrofizadas donde los pastos marinos desaparecieron por esa causa, por ejemplo, en oeste de Bahía de Santa Clara, oeste de Bahía de Buenavista y Bahía la Gloria.

La contaminación orgánica o con sales nutrientes conduce a una eutrofización que causa excesiva acumulación de materia orgánica en el fondo. Mediante la descomposición microbiana, el sedimento se vuelve excesivamente anóxico y cargado de ácido sulfídrico, llegando a afectar una buena parte de la columna de agua y a eliminar totalmente la macroflora y la macrofauna, y por tanto reducir drásticamente la productividad local. Por otro lado, la contaminación por sustancias tóxicas causa acumulación de éstas en las especies consumidoras en la pirámide alimentaria de estuarios (en ostiones, por ejemplo), y daños fisiológicos a la biota.

Los arrastres con chinchorros cambian la estratificación original del sedimento (haciendo que las partículas más finas queden en la superficie al volverse a depositar después de suspendidas por el arte) y destruyen la delgada capa mucosa micro-fitobentónica y bacteriana, que normalmente tapiza la superficie del fondo, y que es de gran valor alimentario para las especies detritófagas y estabilizadora de la superficie del fondo. Las presas, diques y carreteras sobre el lecho marino pueden provocar cambios de salinidad, temperatura, granulometría, topografía, etc. que se traducen en transformaciones en la cantidad, variedad y productividad de los recursos de este biotopo.

Pastos marinos (vegetación sumergida)

Los pastos marinos, conocidos en Cuba como seibadales, son fondos de sedimentos no consolidados con desarrollo de yerbas marinas (fanerógamas) y algas. Las yerbas son principalmente *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiformis* y *Halodule wrighti*, predominando en Cuba, la primera. En lugares afectados por altas salinidades o en médanos muy bajos sometidos a altas temperaturas suele dominar *H. wrighti*. Estos despliegan una alta productividad neta que es exportada a los arrecifes y explotada por el hombre.

Los pastos marinos son la principal vía de entrada de la energía que garantiza la productividad biológica y pesquera en la plataforma cubana y constituyen una fuerte reserva ecológica de materia y energía en forma de biomasa, parte de la cual es exportada a los arrecifes y al océano lo que en cierta medida aumenta la productividad de éstos biotopos. También actúan como estabilizadores del fondo, previniendo su erosión y la afectación de los arrecifes y de las playas colindantes, regulan la concentración de oxígeno y gas carbónico en el mar, y condicionan fuertemente los procesos biogeoquímicos locales. Muchos pastos marinos son formadores de gran parte de las arenas de las playas gracias al desarrollo de algas calcáreas, principalmente *Halimeda*. Los pastos poco profundos cercanos a las costas y sobre bancos (menos de 2 m de profundidad), y aquellos ubicados en las lagunas de arrecifes o en zonas donde habitan los manatíes, deben ser considerados como áreas ecológicamente sensibles por ser zonas importantes de reclutamiento y refugio de larvas y juveniles de importantes recursos pesqueros, y contribuir a la estabilización de muchas costas bajas. No obstante, todos deben ser manejados y explotados de forma sostenible ya que juegan un papel crucial en la productividad pesquera del País.

Los pastos marinos están distribuidos de forma discontinua y con densidad variable en toda la plataforma marina de Cuba ocupando más del 50% (Vales *et al.*, 1998). Las plataformas marinas con mayor predominio de pastos marinos son la noroccidental (Golfo de Guanahacabibes) y la suroccidental (Golfo de Batabanó).

La contaminación orgánica ha producido la desaparición de pastos marinos en extensas áreas del Archipiélago Sabana-Camagüey (> 25%), y de Ensenada de la Broa. Las fuentes más importantes son la industria azucarera (aunque a partir del 2004 esta industria se redujo aproximadamente a la mitad) y los asentamientos humanos, seguidos por la actividad agropecuaria. En la Ensenada de la Broa, la fuerte erosión que sufren las costas fangosas norteñas, por la desaparición del frente protector de mangle rojo, provoca un marcado y permanente enturbiamiento del agua que eliminó a los pastos localizados sobre todo al oeste de dicha ensenada, donde abundaban el bivalvo *Pinctada radiata* y esponjas comerciales.

El incremento excesivo de la salinidad a causa de obras como diques en tierra y carreteras sobre el mar, ha destruido parte de los pastos marinos de Bahía de Perros, Bahía Jigüey y Bahía la Gloria (Archipiélago Sabana-Camagüey) (Alcolado *et al.*, eds. 1999). También pueden producir cambios en la textura de los sedimentos, sobre todos si se hacen más fangosos a causa de disminución de la velocidad de las corrientes.



Los pastos marinos, constituidos principalmente por la fanerógama *Thalassia testudinum*, cubren grandes extensiones de la plataforma. Constituyen un importante hábitat para las etapas juveniles de muchos peces e invertebrados y soportan las principales pesquerías.

Es considerable la frecuencia de heridas causadas por quillas y anclas de embarcaciones de turismo y la pesca en las zonas bajas de pastos marinos de la plataforma cubana. Esto es muy notorio en el Archipiélago Sabana-Camagüey por su escasa profundidad. La pesca produce grandes daños por medio de rastreos de chinchorros y por el uso de anclas. El intenso rastreo camaronero a que fue sometida la Ensenada de la Broa décadas atrás también contribuyó al enturbiamiento de sus aguas, y formó una parte importante de las causas de la degradación ecológica de la zona. La sobrepesca altera el balance ecológico de los pastos marinos, por ejemplo, al extraer los herbívoros que controlan el crecimiento algal. El deterioro de las crestas de arrecifes facilita la erosión de los pastos marinos de las lagunas arrecifales al cesar la protección que le brindan. Una nueva enfermedad, aparentemente causada por la levadura *Labyrinthula* sp. ha causado daños en los pastos marinos de la Florida (Landsberg *et al.*, 1996) y podría afectar también los de Cuba. El aumento de la temperatura a causa de sistemas de enfriamiento de algunas industrias, inflige severos daños a los pastos marinos, como el provocado por la Termoeléctrica de Mariel.

Las lagunas costeras y estuarios

Las lagunas costeras son cuerpos de agua relativamente pequeños, poco profundos (menos de 2 m), con conexión limitada, permanente o temporal con el mar. Poseen, en su mayoría, considerable aporte de agua dulce, sedimentos, nutrientes y materia orgánica procedentes de tierra, lo que determina en parte su alta productividad biológica, o en caso de exceso de los dos últimos, su degradación. El sedimento principal es el fango o cieno de color oscuro, casi siempre con penetrante olor a sulfuro de hidrógeno. Cerca de las desembocaduras puede haber sustrato rocoso a causa de las corrientes de marea que impiden la acumulación de sedimentos. Se caracterizan por sufrir fluctuaciones relativamente grandes en la salinidad y temperatura, y en muchos casos de la propia biota. Generalmente, están bordeadas por bosques de mangle y pueden abundar los pastos marinos sobre todo hacia las orillas. Las lagunas costeras están mayormente distribuidas en la costa sur de Cuba (sur de las Provincias Sancti Spiritus, Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas y Granma), en los bordes de algunas grandes bahías y en muchos cayos. La mayor de todas es Laguna de la Leche, al norte de Ciego de Ávila, la

cual ha sido sometida a un proceso de endulzamiento de sus aguas mediante diques y compuertas que han producido daños considerables a ecosistemas marinos y costeros vecinos (muerte extensa de manglar y mayor salinización de la Bahía de Perros).



Las lagunas costeras constituyen el hábitat de diferentes fases de la vida (larvas, juveniles y adultos) de muchos recursos pesqueros (camarones, lisas, róbalos, corvinas, sábalos, ostiones, etc.). En ellas y su entorno suelen habitar de forma permanente o temporal numerosas especies de aves y otros tipos de vida silvestre, algunos en peligro de extinción, como el manatí.

En cierta medida las lagunas costeras protegen a los ecosistemas exteriores contra pulsos de excesivos nutrientes y de sedimentos suspendidos, al retenerlos (efecto amortiguador). Muchas poseen gran valor paisajístico, recreativo y turístico. Las lagunas y estuarios son los ecosistemas marinos de mayor productividad pesquera, y son zonas potenciales para el desarrollo del maricultivo. Por otra parte son áreas de reproducción y cría de los camarones, importante recurso pesquero, y zona de cría de otras especies comerciales, además de albergar especies

El represamiento de ríos y otros cursos de agua ha conducido a la salinización y acumulación de sedimentos (con la consecuente reducción del espejo de agua) de muchas lagunas del sudeste de Cuba, lo que ha afectado a importantes zonas de cría de camarones. A su vez las granjas de cultivos de camarones y los campos de arroz vierten sus aguas cargadas de nutrientes en algunas lagunas, provocando niveles importantes de eutrofización, con todas sus consecuencias ecológicas y económicas. Algunas carreteras y diques han cortado o limitado el intercambio de agua produciendo daños a la ecología de algunas lagunas costeras (mortalidad o daño fisiológico del mangle, azolvamiento y salinización). Ejemplos de ello son los represamientos de los ríos Zaza y Cauto (Vales *et al.*, 1998). Las redes de sitio que cierran total o parcialmente el acceso a las lagunas, interfieren la circulación de sus aguas y las migraciones de los organismos que habitan en las lagunas. El relleno de las lagunas es una práctica inapropiada que se ha realizado a veces para construir hoteles cerca de las playas, por ejemplo en Cayo Coco (Archipiélago Sabana-Camagüey). Esta práctica está mucho más restringida en la actualidad, gracias el Decreto-Ley No.212 Gestión de la Zona Costera (año 2000).

La tala de mangle de las lagunas puede causar serios problemas de sedimentación en las mismas, aunque afortunadamente ésta actividad ha sido bastante controlada en los últimos años.

Manglares

La mayor parte de las costas del Archipiélago cubano se encuentran bordeadas de manglares, igual que las áreas pantanosas y los miles de lagunas costeras y estuarios. Este biotopo en Cuba está integrado por cuatro especies arbóreas: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle prieto (*Avicennia germinans*) y patabán (*Laguncularia racemosa*), considerados como mangles verdaderos, y la yana (*Conocarpus erectus*), un pseudomangle. Los manglares ocupan aproximadamente el 4.8% del territorio nacional, lo que representa el 26% de la superficie boscosa del País. Por su extensión, los manglares cubanos ocupan el noveno lugar en el mundo y el tercero en América tropical. Se localizan en las costas de origen biológico, acumulativas, cenagosas y en esteros con escurrimientos de agua dulce, aunque también en ambientes salinos como los cayos que bordean la plataforma, muchos de ellos formados por los propios manglares. En zonas con aportes de agua dulce y nutrientes los bosques de mangle alcanzan 20-25 m de altura y una alta densidad, mientras que en aguas muy saladas y pobres en nutrientes pueden ser de pequeña talla, achaparrados o enanos. Los bosques de manglar pueden ser monodominantes o mixtos (Menéndez-Cabrera y Priego-Santander, 1994; Menéndez *et al.*, 1994).



El bosque de manglar es probablemente una de las formaciones vegetales de mayor cobertura en el país con una alta contribución de oxígeno a la atmósfera en Cuba. El mangle rojo, *Rhizophora mangle* se destaca por su abundancia y frondosidad en la interfase tierra-mar.

Las áreas con mayor distribución de manglares en Cuba son: de San Antonio a Bahía Honda y de Península de Hicacos a Bahía de Nuevitás por el norte, y de Cabo Cruz a Casilda y de Bahía de Cochinos a Cabo Francés por el sur, así como el norte y este de Isla de la Juventud y la gran mayoría de los cayos, lagunas costeras y bahías (Menéndez-Cabrera y Priego-Santander, 1994).

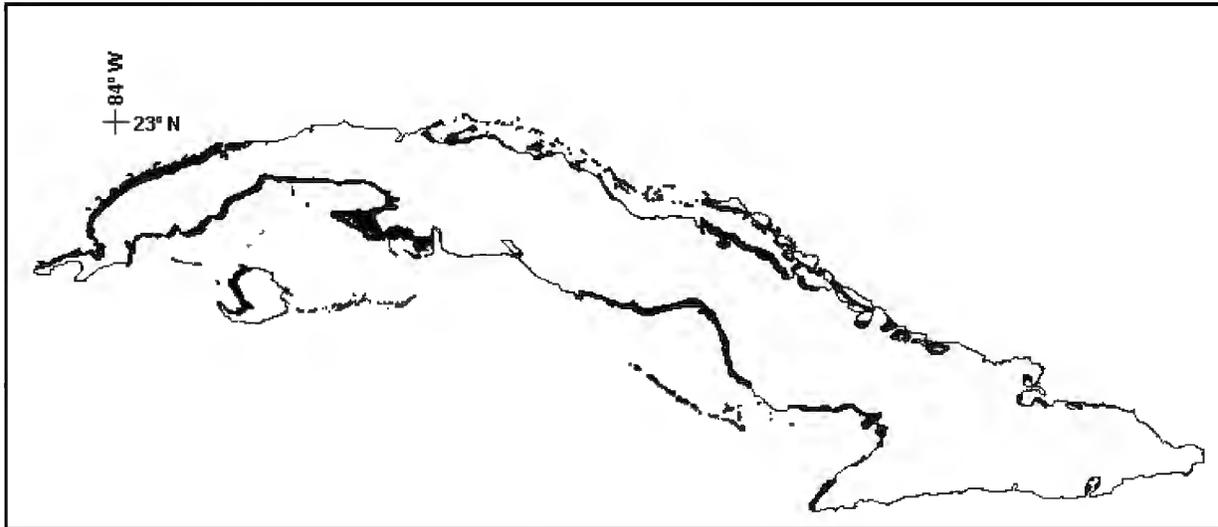


Fig. 7. Principales áreas de manglares de Cuba (tomado de Menéndez-Cabrera y Priego-Santander, 1994). La gran mayoría de las zonas estuarinas, así como los cayos e islas (no visibles a la escala de este mapa) se encuentran cubiertos o al menos bordeados de manglares.

Asociados al bosque de manglar habita una rica fauna, destacándose las aves endémicas o de hábitats reducidos, algunas de las cuales lo utilizan como área de anidamiento y-o refugio, y muchas son migratorias. En ellos también viven varias especies de jutías endémicas (*Capromys pilorides*, *C. sanfelipensis*, *C. garridoi*, *C. angelcabrerai* y *Mesocapromys auritas*) según Menéndez-Cabrera y Priego-Santander (1994).



Sobre las raíces de los manglares y alrededor de estos, habita una gran diversidad de organismos, algunos de forma permanente (esponjas, ascidias, hidrozoos, anémonas, briosos, crustáceos, peces, etc) otros de tránsito (etapas juveniles de peces y crustáceos). (Foto: Noel López).

Las raíces de los manglares sirven de sustrato a numerosos invertebrados y peces. Entre los primeros prevalecen los crustáceos, principalmente braquiuros de las familias *Grapsidae* y *Ocypodidae*; y moluscos, entre los que se destacan *Crassostrea virginica*(= *rhizophorae*), *Isognomun alatus*, *I. radiatus* y otros. Además, se fijan al mangle los escaramujos *Balanus eburneus*, *Chthamalus* sp., varias algas epífitas y esponjas que son hospederos de numerosos organismos, como los ascidiáceos coloniales, y los celenterados, principalmente de la Clase Hydrozoa (Ortiz, 1976). La composición de la ictiofauna del manglar depende de las características ambientales de cada sitio. Asociados a los manglares estuarinos predominan los peces típicos de las lagunas costeras: robalos (*Centropomidae*), mojarras y pataos (*Gerridae*), lisas (*Mugilidae*), corvinas (*Sciaenidae*) y algunas especies arrecifales altamente tolerantes a diferentes salinidades como algunos pargos (*Lutjanus griseus*, *L. apodus* y *L. joci*) o sus etapas juveniles. En los manglares de los cayos, donde prevalecen aguas con salinidad y transparencia más parecidas a las de los arrecifes coralinos, habitan peces típicos de ese biotopo más algunas poco comunes en estos, como las sardinas (*Clupeidae*), mojarras, pataos y otros. Por otra parte están el cocodrilo cubano (*Crocodylus rhombifer*) y el cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*).

Los manglares aportan energía al ecosistema acuático, mediante sus hojas, ramas y raíces (y su microbiota asociada), las cuales pasan a formar parte del detrito acumulado en los sedimentos. Las raíces de los mangles sirven de refugio a las etapas juveniles de langostas y peces. La mayoría de los peces del manglar forman parte de las pesquerías que se realizan en el complejo seibadal-arrecife. En la parte aérea los manglares proveen madera, palos (para cujes de tabaco y artes de pesca), leña, carbón, taninos para curtir pieles, y productos apícolas (miel, cera y propóleos). Además, los manglares protegen las costas de la erosión provocada por el oleaje, el viento y las corrientes costeras y filtran los contaminantes y los sedimentos evitando que lleguen a los arrecifes coralinos y otros biotopos. De vital importancia es la protección que brindan a la población e infraestructuras costeras contra las violentas penetraciones del mar y el efecto de los huracanes.

Aproximadamente el 30% de los manglares de Cuba están siendo afectados por el incremento de la salinidad y disminución de los nutrientes, como resultado del represamiento, por la contaminación y por la deforestación ilegal. También han afectado la contaminación (desde centrales azucareros, minería, refinерías de petróleo, industrias papelera y del alcohol, y criaderos de ganado) y los cambios hidrológicos en las costas y el mar producidos por construcciones de diques y viaductos sobre el mar, la acción abrasiva del mar sobre las costas que han perdido la protección del propio frente de mangle rojo, la acumulación repentina de arena que recubre los órganos de intercambio de gases de las raíces, la disminución de las precipitaciones y los huracanes.

Costa rocosa baja, costa acantilada y playas

De forma intermitente se entremezclan tres tipos de costas principales a lo largo del complejo perímetro del Archipiélago de Cuba: costas rocosas bajas (conocidas como de diente de perro), costas acantiladas, y playas. A continuación se abordan las dos primeras ya que las playas fueron ya tratadas aquí. Ambos tipos de costas por su constitución rocosa predominantemente cársica, gozan de una gran solidez, aunque el batir constante del oleaje y el intemperismo tallan el complicado microrelieve (mezcla de grietas, puntas y crestas afiladas, concavidades) y macrorelieve (cavernas, buzamientos, charcas, fracturas, desprendimientos, etc.) que los caracteriza.

El ambiente a que está sometida la biota es harto severo, con una mezcla casi constante (pero con pulsos extremos) de insolación, rociamiento, desecación, mareas, inundación, golpes de olas, lluvias, etc.). La flora y la fauna, están generalmente distribuidas a manera de cinturones sucesivos perpendiculares al gradiente de influencia marina y de la altura de la costa. En estas costas son típicos los cangrejos grápsidos, gran diversidad moluscos como quitones, neritas, litorinas, siguas, mejillones, etc. Las algas en el estrato más bañado por el mar son variadas y las especies dominantes

dependen mayormente del grado de eutrofización y agitación del agua, la estación del año, y el régimen de desecación (este último determinado en gran medida por la inclinación y la distancia del sitio al nivel medio de las mareas). En los lugares con aguas extremadamente eutrofizadas suelen ser abundantes las algas del género *Ulva*. En las charcas suelen estar presentes de manera casi siempre temporal peces clínicos, eleótridos, góbidos y ciprinodontidos. Estos últimos son peces de agua dulce, algunas de cuyas especies resisten altas salinidades.

Estos biotopos, sobre todo el rocoso bajo, está muy expuesto a las acumulaciones de grandes cantidades de desechos sólidos provenientes del mar, así como por arribazones de petróleo y “bolas” de alquitrán. Otra amenaza, principalmente en los acantilados, es la construcción de infraestructuras, generalmente relacionadas con el turismo, por la belleza de los paisajes y la firmeza del suelo. Por su solidez, altura y visibilidad, sobre muchos acantilados se han desarrollado fortalezas durante la época de la colonia, así como faros de diferentes tamaños. Estos biotopos también han sido objeto de actividades de prospección y extracción de petróleo en la costa nororiental de la Provincia de la Habana.

Por ser un área costera muy adaptada a condiciones severas, desde el punto de vista marino, es una zona comparativamente menos sensible desde el punto de vista ecológico. Sin embargo, en sus ámbitos más terrestres pueden existir diferentes plantas endémicas, algunas raras y muy localizadas, así como tipos de vegetación muy singulares, lo que debe ser tenido en cuenta en el desarrollo costero (Leda Menéndez, com. Pers.).



Algunas costas acantiladas guardan las huellas del pasado geológico de Cuba (Foto: Jose Espinosa)

Áreas ecológicamente sensibles y áreas críticas

El carácter de área ecológicamente sensible “es una concepción que se aproxima a la fragilidad o vulnerabilidad ecológica de un territorio, la cual se relaciona estrechamente con la riqueza, diversidad y endemismo de la biota, la diferenciación de los paisajes, la fuerte inclinación de las pendientes en los sistemas montañosos, los suelos de agro-productividad baja o nula, las cabezadas de las cuencas hidrográficas, la intensidad de los procesos geomorfológicos, la importancia de los ecosistemas para la preservación de tribus aborígenes y los sistemas insulares tropicales en general”

(PNUMA, 1992). Las áreas ecológicamente sensibles incluyen: arrecifes, playas y sus dunas, acantilados, pastos marinos, manglares, zonas de vegetación de interés, especies de interés, y sitios culturales y arqueológicos.

Las áreas críticas (*hot-spots*) son “áreas geográficamente definidas de cuenca hidrográficas, costeras o marinas, de importancia nacional, regional o mundial, donde las condiciones son tales que afectan la salud humana, amenazan el funcionamiento del ecosistema, reduce la biodiversidad y/o compromete los recursos y servicios de importancia económica de una manera que demandaría atención prioritaria de manejo” (GIWA, en línea).

Entre las propiedades y elementos que se integran para diferenciar cuán críticas son las áreas, y que por lo tanto se pueden emplear para en el planeamiento de áreas protegidas y zonas de desarrollo (turístico por ejemplo), están: presencia de especies endémicas, especies en peligro o amenazadas, especies migratorias, especies raras, carismáticas, áreas de alta diversidad biológica, áreas de elevado endemismo, áreas críticas en el ciclo de vida de especies de interés ecológico, conservacionista o económico (hábitats de cría, refugio, alimentación y reproducción), intervención en procesos geomorfológicos importantes (protección costera, formación de playas y manglares, acumulación de arena, crecimiento de la costa hacia el mar, etc), arrecifes, pastos marinos, manglares, ciénagas, lagunas costeras, lagunas cársicas, placeres de algas de interés, costas rocosas y acantilados, canales de marea, comunidades vegetales y animales singulares, biotopos o estructuras geológicas raros o únicos, valor paisajístico o escénico, grado de fragilidad particular, grado de amenaza por acciones humanas, pendiente del terreno (en el medio terrestre), áreas de congregaciones de desove, zonas de anidación de tortugas, zonas de anidación de aves importantes (por ejemplo, flamenco), corredores de aves migratorias, corrientes y oleaje, herencia cultural y arqueológica, y áreas donde determinados taxocenosis de interés (por ejemplo, corales duros) muestran mayor resistencia y resiliencia ante factores de estrés determinados (por ejemplo, blanqueamiento o enfermedades microbianas de corales ante la acción del cambio climático). Mediante análisis de superposición cartográfica de diferentes aspectos, preferiblemente con la ayuda de un sistema de información geográfica, se clasifican y categorizan áreas ecológicamente sensibles y áreas críticas.

Zonas biogeográficas: características y valores naturales

Rodolfo Claro¹

De forma general, a través de la plataforma (desde la línea de costa hasta el océano) se observa la secuencia de zonas y biotopos descritos por Kendall *et al.* (2002) para una plataforma insular típica. No obstante, la plataforma cubana se diferencia de otras del Caribe por su notable extensión, poca profundidad y la presencia en ella de una gran cantidad de bajíos, islas, cayos, y cayuelos que determinan una mayor complejidad y diversidad de biotopos y diferencias significativas entre algunas de sus regiones.

A partir de la línea costera de toda la Isla de Cuba, bordeada por manglares en casi 60% de su extensión, existen macrolagunas poco profundas donde predominan fondos fango-arenosos con vegetación y donde es notable la influencia de los aportes terrígenos. En dirección hacia el mar, generalmente aumenta gradualmente el contenido de arena en los sedimentos y las características químicas del agua van acercándose a las oceánicas. El fondo es cada vez más arenoso o rocoso y puede presentar arrecifes de parches o "cabezos", con dimensiones muy variables. Generalmente en su parte más alejada de la costa se presentan islas y cayos, o en su lugar el arrecife trasero, la cresta arrecifal y

el arrecife frontal, que se proyecta a grandes profundidades. Esta secuencia se encuentra frecuentemente interrumpida por los cayos y cayuelos que abundan en casi toda la plataforma.

El Archipiélago Cubano, forma parte de la Provincia Biogeográfica Atlántico Noroccidental (Sullivan y Bustamante; 1997; Olson y Dinerstein, 2002). Considerando las características, geográficas, geomorfológicas y ecológicas de la plataforma cubana y la distribución de sus biotopos, el Taller de Eco-regionalización y clasificación de hábitats marinos en la plataforma Cubana” (Areces, ed., 2002) definió nueve “ecoregiones” (Fig. 8). Sin embargo, no hemos encontrado consenso en cuanto a la definición de “ecoregión”, término adoptado en dicho taller. Olson y Dinerstein (2002) definen las ecoregiones como unidades de biodiversidad a escala regional (continental) y plantean que son “áreas relativamente grandes de tierra o agua que contienen un conjunto característico de comunidades naturales que comparten una gran mayoría de sus especies, dinámica ecológica y condiciones ambientales”. Dichos autores definieron solo cuatro ecoregiones para el Atlántico Occidental Tropical: 1- Arrecife mesoamericano; 2- Antillas Mayores (porción marina), 3 - Mar Caribe Meridional y 4 - Plataforma Marina Septentrional de Brasil. Según la división propuesta en el “Taller Prioridades Geográficas para la Conservación de la Biodiversidad en América Latina” (Sullivan y Bustamante, 1997) para la Provincia Atlántico Occidental Tropical, también se reconocen solo cuatro Regiones Biogeográficas (o ecoregiones), y se define como **Ecoregión Caribe Central** la que comprende Las Antillas Mayores y el Caribe meridional (hasta las costas de América central y sur hasta Venezuela). A su vez, dichos autores proponen una división de la Ecoregión Caribe Central en unidades biogeográficas menores que denominan como “Sistemas Costeros” y para Cuba definen ocho unidades coincidentes con las delimitadas en el mencionado Taller realizado en Cuba (Areces, ed. 2002), salvo la región oriental que, en este último taller se divide en dos: costa norte y costa sur (Fig. 8).

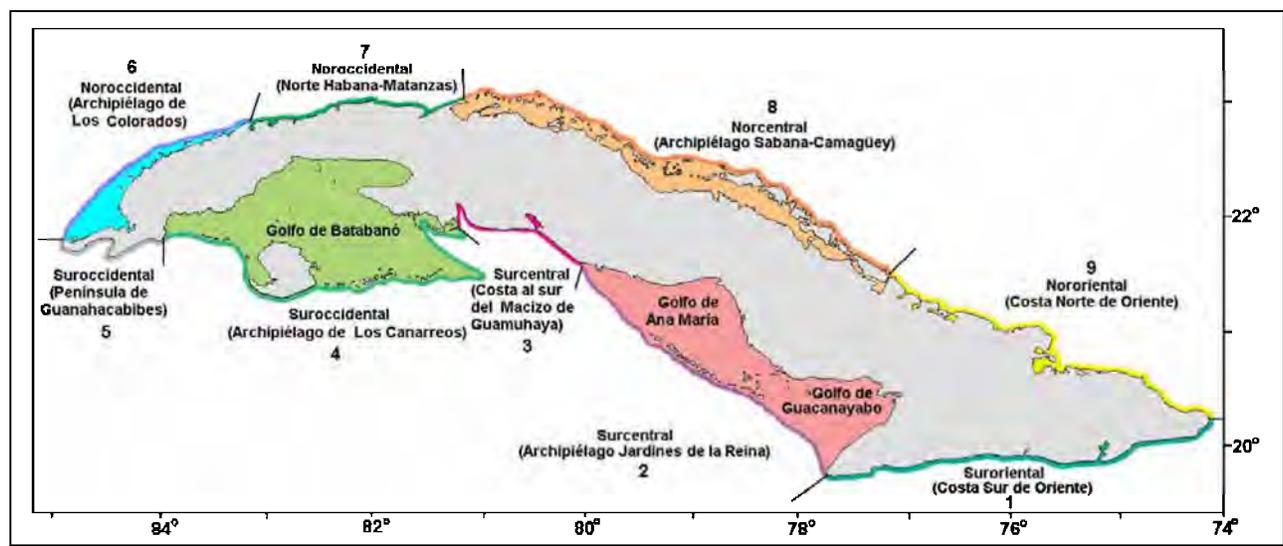


Fig. 8. Zonas de la plataforma marina de Cuba (división adoptada de Areces, ed., 2002).

Considerando como válida la división biogeográfica consensuada en el mencionado taller nacional, y con el fin de evitar confusiones con el concepto de “ecoregión”, en este trabajo nos referiremos a estas zonas ecológicas simplemente como “zonas”, término tradicionalmente utilizado en nuestro país para designar las áreas geográficas de la plataforma marina. Se resume a continuación la información existente sobre las características y valores naturales de cada una de ellas.

Zona sur central (Costa sur de Oriente)

La costa sur de la zona oriental es una estrecha terraza marina bordeada de arrecifes coralinos que en muchos sitios tapizan el fondo desde muy cerca de la costa. Los pastos marinos son escasos, limitándose a una estrecha franja discontinua, muy cercana a la costa, interrumpida por arenazos y arrecifes costeros. El talud insular se encuentra en algunos sitios a menos de un km de la costa (Fig. 9). El mismo se extiende hasta más de 5 000 m de profundidad, y delimita el borde norte de la Fosa de Oriente, que alcanza 7 041 m de profundidad.

La pesca comercial en la zona es relativamente pobre, debido a la casi ausencia de plataforma. No obstante, existe una fuerte presión de la pesca recreativa y de subsistencia, que impacta principalmente a los arrecifes coralinos. La escasez de peces de mediana y gran talla resta colorido y atracción a los arrecifes, que constituyen un elemento fundamental para el desarrollo del turismo de naturaleza. El contraste de las montañas muy cerca de la costa presenta paisajes de extraordinaria belleza, lo cual unido a valiosos elementos culturales e históricos, hacen de esta región un área de gran potencial para el turismo ecológico. La región más oriental, al igual que la más occidental de esta zona, se caracterizan por su clima seco, con pobres aportes fluviales al mar, mientras que la región central (Turquino) se distingue por abundantes lluvias que acarrean sedimentos y nutrientes desde las montañas. Sin embargo, se desconoce la influencia de estos contrastantes ecosistemas terrestres sobre las aguas costeras y su biodiversidad. En los alrededores de la Bahía de Guantánamo se localizan las más importantes salinas del País.

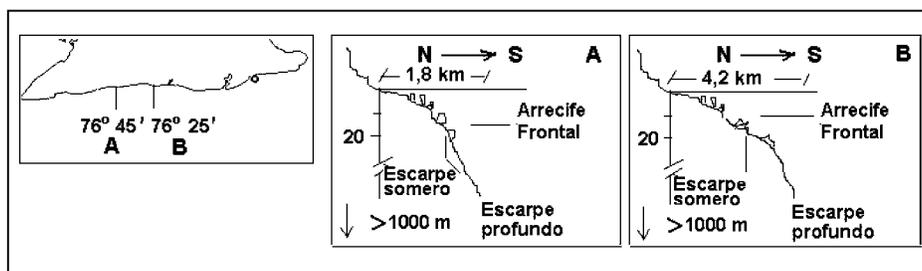


Fig. 9. Perfiles de norte a sur a través de la Costa sur de Oriente.

En la zona se localizan varias áreas protegidas: la Reserva de Biosfera Baconao, cuyo núcleo, la Reserva ecológica Hatibonico incluye la zona costera; la Reserva Ecológica Siboney Justici; el Parque Nacional Turquino, eminentemente terrestre; y el Parque Nacional Desembarco del Granma, que aunque principalmente terrestre, contiene las más grandes y mejor conservadas terrazas marinas del mundo, por lo cual ha sido declarado por la UNESCO como Patrimonio Natural de la Humanidad (Fig. 10).

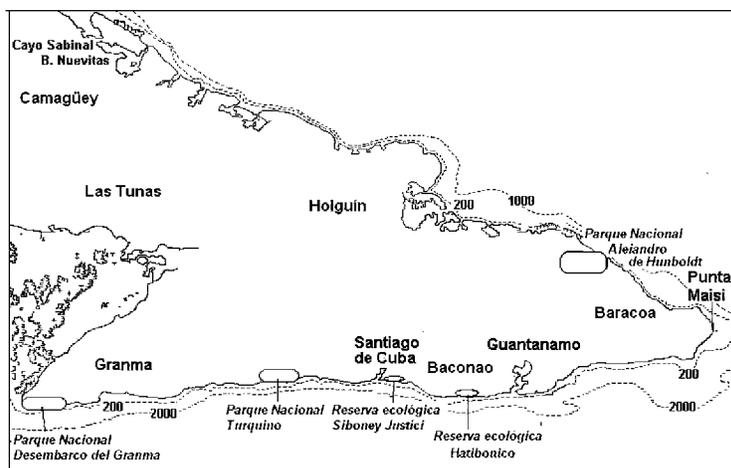


Fig. 10. Zonas nor-oriental y sur-oriental. Áreas Marinas Protegidas (AMPs) en gris.

Archipiélago Jardines de la Reina

La zona sur central de la plataforma se extiende desde Cabo Cruz hasta Casilda y abarca los Golfos de Ana María y Guacanayabo, parcialmente separados entre sí por una franja poco profunda salpicada de cayos y bajíos (Figs. 11 y 12). En estos golfos se encuentran las mayores profundidades de las aguas interiores de la plataforma cubana (hasta 28 m). La zona posee un área de 17 992 km² y una profundidad promedio de 15 m (Emilson y Tápanes, 1971). En esta zona se localizan unos 846 islas, cayos y cayuelos que conforman el Archipiélago Jardines de la Reina (Núñez Jiménez, 1982). Ambos golfos en su zona costera se encuentran profusamente bordeados de lagunas y estuarios. Esta región constituye la principal área pesquera del País por su volumen de producción, y la única zona camaronera importante.

El régimen de circulación en la plataforma sur central ha sido poco estudiado. La topografía irregular de ambos golfos perturba en parte el flujo de agua, lo que provoca una distribución horizontal muy variada de la dirección y la velocidad, aunque, principalmente el viento, determina un movimiento residual hacia el oeste (Emilson y Tápanes, 1971).

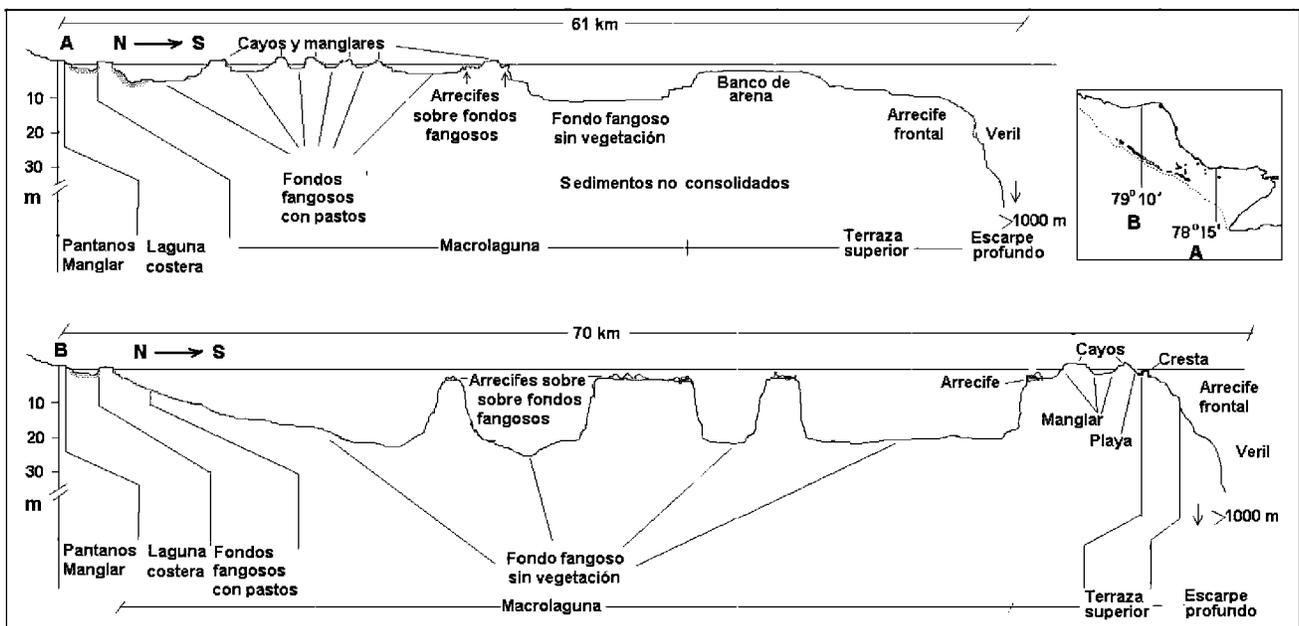


Fig. 11. Perfiles a través de la plataforma del Archipiélago Jardines de la Reina

Lluis-Riera (1983c) argumentó que la variación estacional del régimen hidrológico e hidroquímico en esta zona es menos marcada que en otras, en gran medida debido a su mayor profundidad y al hecho de que el rendimiento fluvial es moderado (Batista, 1973, 1974), y no existe un fuerte drenaje directo. La influencia del océano sobre el régimen hidrológico de esta zona es también relativamente limitada. Las características de aguas en cierta medida restringidas y por lo tanto, menos sometidas a la influencia estabilizadora del mar abierto, se reflejan fundamentalmente en el Golfo de Ana María. Este, en comparación con el de Guacanayabo, en la década de los setenta mostraba una mayor preponderancia de valores elevados de salinidad y densidad, una variación estacional de mayor amplitud en las áreas interiores, gradientes mucho más fuertes cerca del borde de la plataforma, etc.

El Golfo de Guacanayabo está subdividido en dos cuencas interiores por una región poco profunda y relativamente extensa: el Gran Banco de Buena Esperanza, donde proliferan bancos arrecifales de aguas interiores) que se desarrollan sobre bases litificadas subsidentes rodeadas de fondos fangosos (ver sección Biotopos).

La zona costera de la isla de Cuba se encuentra bordeada de lagunas costeras y manglares, y a lo largo de una estrecha franja somera aledaña a la orilla prevalecen pastos marinos sobre fondo fango-arenoso. Casi en toda su extensión, el Golfo de Guacanayabo se encuentra cubierto por fango aleurítico-arcilloso de color gris y verde-grisáceo, que constituye el hábitat fundamental de los camarones comerciales, principal recurso pesquero de la región. Cerca de la desembocadura de los ríos el fango es de color más claro (Ionin *et al.*, 1977).

La parte exterior de la plataforma se caracteriza por presentar sedimentos principalmente arenosos, de origen orgánico, con fragmentos de corales y valvas de moluscos, y con restos de *Halimeda* en algunas zonas. A diferencia de las otras regiones con plataforma ancha, su borde exterior no está limitado por cayos o arrecifes, sino simplemente por el abrupto declive del talud insular (Fig. 11). La región de aguas someras que une los golfos de Ana María y Guacanayabo, se caracteriza por presentar gran cantidad de cayos, entre los cuales los fondos se hallan cubiertos de fango gris azulado claro, aleurítico y aleurítico-arcilloso con moluscos pequeños.

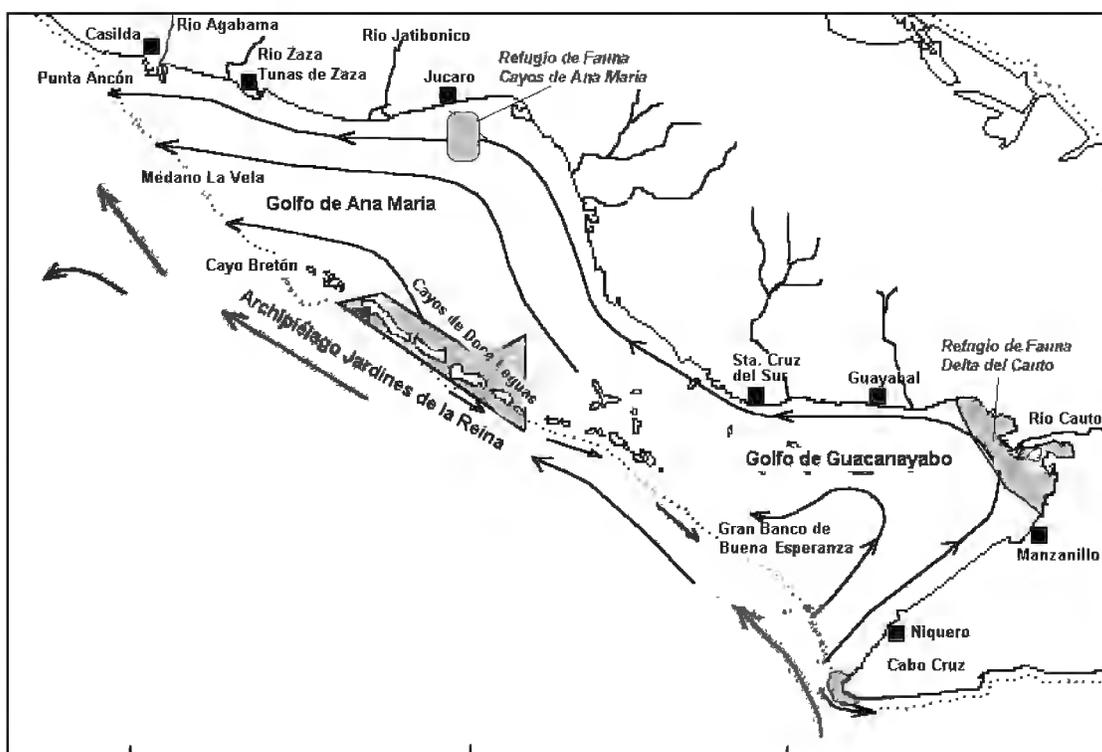


Fig. 12. Características geográficas y régimen de circulación (según datos de Emilson y Tápanes, 1971 y Victoria *et al.*, 1990) de la zona Jardines de la Reina (AMPs en gris)

El Golfo de Ana María es una gran macro-laguna cuya frontera externa se encuentra definida por un cordón de cayos y arrecifes que los separan del océano abierto. El manto sedimentario es considerablemente uniforme. Casi toda la parte central se caracteriza por fangos arenosos de color gris que, por lo general, contienen valvas de moluscos. A medida que nos alejamos de la costa, el fango exhibe un color más claro debido al aumento del contenido de carbonato de calcio. Frente a la costa, entre los ríos Zaza y Manatí, se encuentran fangos de grano fino (limo y cieno-arcilloso) que también se presentan en aquellas regiones con poco oleaje. La parte exterior de la plataforma está cubierta principalmente por arena organogénica (fragmentos de corales, moluscos y restos orgánicos marinos (Ionin *et al.*, 1977).

La zona sur central presenta el sistema de manglares más desarrollado de todo el Caribe, y cientos de lagunas costeras de muy poco intercambio de agua con el mar, solo a través de estrechos canales. Se destacan cuatro regiones principales con numerosas lagunas costeras: 1 – el Sistema lagunar del Cauto, que cubre unas 6 565 ha de lagunas. Todos los ríos que aportaban a este sistema han sido represados, lo cual ha provocado una notable disminución del flujo de agua dulce al Golfo de Guacanayabo y una fuerte intrusión salina en el Río Cauto. En la década de los setenta este sistema lagunar aportaba unas 800 TM de camarones; 2- la Ciénaga Litoral del Sur, con unas 6 393 ha de lagunas y esteros, que han sido severamente afectadas por la sequía, el represamiento de los ríos y la contaminación, con la consecuente disminución del aporte de nutrientes y de la extensión de los manglares en una primera etapa, lo cual bloqueó el paso de agua y su circulación, y en una segunda etapa, provocó la mortalidad de los manglares, dando lugar al surgimiento de playas y saladares; 3- el complejo de lagunas de Casilda posee alrededor de 2 100 ha de lagunas y esteros, que fueron ricas en camarones, peces y ostiones; sin embargo, ya desde la década de los setenta estos biotopos fueron afectados seriamente por la contaminación que transporta el Río Agabama, que vierte hacia las ensenadas Macío y Jobabo, los residuales de dos centrales azucareros y de una Papelera de Pulpa; 4- la región de Tunas de Zaza posee más de 2 700 ha de lagunas, las cuales sufrieron las consecuencias del represamiento del Río Zaza y la contaminación por pesticidas (al menos durante la década de los ochenta), procedente de los cultivos de arroz en el Sur de Jíbaro, y de las cochiqueras que vierten al Río Higuanojo (Revilla *et al.*, 1993, Revilla y Rodríguez Rey, 1993). Hasta el año 2004, la pesca con redes de sitio y “tapos” en los esteros obstruían las migraciones de peces al mar y disminuían la circulación de las aguas. Debido al represamiento de los ríos gran parte de las lagunas de todos estos sistemas, han sido afectadas por el azolvamiento, a lo cual se suma en muchos casos la contaminación urbana, industrial o agrícola.

En resumen, en los Golfos de Ana María y Guacanayabo predominan los biotopos estuarinos con predominio de sedimentos fangosos de origen terrígeno, sin vegetación o solo en las áreas más cercanas a la orilla. Estos biotopos soportan las pesquerías de camarones, que hasta la década de los ochenta constituía uno de los renglones más importantes de la pesca en Cuba, y cuya decadencia se atribuye principalmente a la degradación de los hábitats de cría. Este factor también parece haber afectado las poblaciones de langosta espinosa en la región. Las lagunas y áreas estuarinas aportan tradicionalmente las mayores capturas del País en lisas (*Mugilidae*), pataos y mojarras (*Gerridae*) ostiones (*Crassostrea virginica* = *Crassostrea rhizophorae*) y almejas (*Arca zebra*). La franja exterior de la zona, formada por pastos marinos y arrecifes es una de las zonas más ricas y productivas del País para la captura de peces, entre ellos algunos de alta calidad y precio (pargos – *Lutjanidae*; meros – *Serranidae*, sierra, serrucho y pintada – *Scombridae* y otros). En total la zona aporta aproximadamente el 35% de la pesca total de la plataforma, por lo que es considerada la de mayor producción pesquera del País, a pesar de sus afectaciones ambientales.

Bordeando la plataforma exterior se extienden más de 150 km de crestas y arrecifes frontales con un relativamente alto nivel de conservación, caracterizado por los más elevados valores de densidad, biomasa y diversidad de peces (Claro *et al.*, 2001b). En ellos aún se conservan grandes ejemplares de meros, como la guasa (*Epinephelus itajara*) en peligro de extinción en el Caribe, y el tiburón dama (*Rhyncodon typus*). En las aguas costeras son frecuentes y numerosas las aves marinas migratorias muchas de las cuales tienen importantes sitios de anidación en estos biotopos. En ellos también se encuentra con frecuencia el manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*), aunque sus poblaciones han sido muy diezmadas por la caza furtiva.

En esta zona se localiza el área marina protegida más grande de Cuba, y posiblemente del Caribe: Cayos de Doce Leguas, en el Archipiélago Jardines de la Reina, (en proceso de designación como Parque Nacional) con un área de casi 200 000 ha (ver sección Áreas Marinas Protegidas). Entre

los valores naturales más destacados de la zona, además del propio archipiélago y sus arrecifes, se encuentran los deltas de los ríos Agabama y Cauto (propuesto como sitio RAMSAR), el Banco de Buena Esperanza, el sistema lagunar de Tunas de Zaza, la Península de Ancón, los Médanos de La Vela, el arrecife de El Uvero (de Playa la Mula a Darién), la zona arrecifal de Cabo Cruz y el arrecife de Cayo Bretón, importante sitio de agregación de desove de pargos y meros (Claro y Lindeman, 2003).

El Delta del Río Cauto (Refugio de Fauna) es el sistema deltaico más extenso y complejo de Cuba y uno de los más importantes del Caribe insular y conforma el ecosistema final del más grande sistema fluvial cubano. Sin embargo, debido al represamiento y manejos inadecuados de la cuenca hidrográfica, más el efecto de intensas sequías de los últimos años, el área se encuentra actualmente en estado crítico por la intrusión salina, que transforma, tanto el paisaje costero como la cuenca aledaña, por lo que en la actualidad se adoptan urgentes programas de investigación y conservación.

Esta zona presenta excepcionales condiciones para el desarrollo del turismo de naturaleza. Si bien la fragilidad de los cayos no permite la construcción de grandes infraestructuras (hoteles, carreteras, aeropuertos, etc.), por sus valores naturales constituye un área de gran potencial para actividades recreativas de bajo impacto pero de altos beneficios económicos (ecoturismo, buceo, pesca deportiva, observación de aves, etc.), las cuales requieren de un esmerado manejo y protección de la biodiversidad local.

Zona sur central (al Sur del Macizo de Guamuhaya)

Desde Casilda hasta el Golfo de Cazonos se extiende una costa sin plataforma que separa el Golfo de Ana María del Golfo de Batabanó (Fig. 13). El litoral al oeste de Bahía de Cienfuegos hasta Punta María Aguilar presenta terrazas marinas con fondo duro arrecifal, camellones y cangilones y hacia el este y hasta Bahía de Cochinos también abundan los arrecifes con camellones y cangilones que reciben aportes significativos de agua dulce y sedimentos. Los fondos son arenosos y de cantos en la desembocadura de los ríos. A lo largo de estos arrecifes se localizan atractivos fondos arrecifales altamente apreciados por los buceadores. Al menos 30 puntos de buceo cercanos a Cienfuegos han sido declarados como reservas de no extracción por el Ministerio de la Pesca, para favorecer la actividad turística. Otros valores naturales destacados son los Bancos oceánicos Jagua, Silvertown y Paz y el Refugio de Fauna Guanaroca-Gavilanes (en la Bahía de Cienfuegos). El Banco de Jagua es conocido como importante sitio de agregación de desove de pargos y meros (Claro y Lindeman, 2003). Esta zona ha sido muy pobremente estudiada.

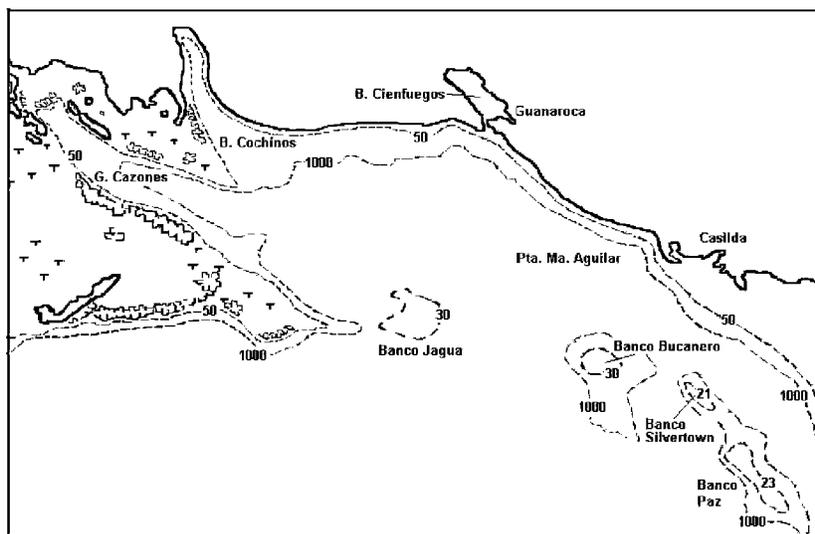
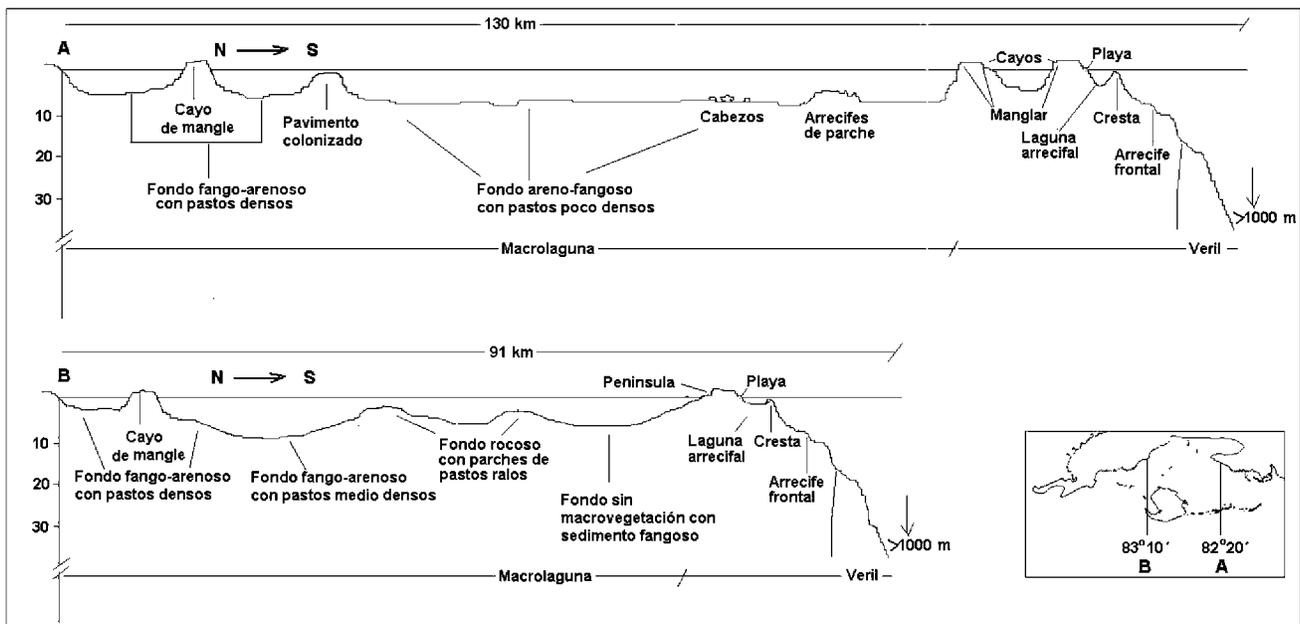


Fig. 13. Zona al sur del Macizo Guamuhaya (de Bahía de Cochinos a Punta. María Aguilar)

Zona suroccidental (Golfo de Batabanó y Archipiélago de los Canarreos)

El Golfo de Batabanó, es la mayor área sumergida de la plataforma cubana. La misma tiene una anchura entre 90 y 140 km y un área de unos 20 870 km². La profundidad en ella fluctúa desde unos pocos centímetros cerca de los cayos y bajíos, hasta 15 m en los canales y hasta 20-25 m en el arrecife frontal, aunque las profundidades predominantes son de 3 a 6 m. Sobre esta plataforma se asientan 672 islas, cayos y cayuelos que forman el Archipiélago de Los Canarreos (incluye la Isla de la Juventud), parte de los cuales separan el Golfo de Batabanó del Mar Caribe (Núñez-Jiménez, 1982). El Golfo se encuentra parcialmente dividido de norte a sur por una guirnalda de cayos y bajíos que se extiende desde tierra firme hasta Isla de la Juventud. Por el este está delimitado solamente por un cordón de crestas arrecifales que, aunque define su frontera con el Golfo de Cazones, permite la influencia de las aguas oceánicas sobre una notable porción de la plataforma (Figs. 14 y 15).



A causa de la escasa profundidad en el Golfo, las aguas reaccionan fácilmente a la fuerza tangencial del viento, factor determinante en el régimen de circulación de la región. Su efecto determina un desplazamiento de la masa de agua hacia el oeste, con una velocidad promedio de 3-5 millas náuticas por día (Fig. 15; Emilson y Tápanes, 1971; Blázquez-Echandi y Romeo, 1982; Blázquez *et al.*, 1988). En el Golfo de Batabanó se observa una eficiente mezcla vertical debido, en primer lugar, a su poca profundidad y la influencia de los vientos (Lluis-Riera, 1972). Ello determina que la temperatura en superficie y fondo tenga una distribución horizontal muy semejante.

La marea en el Golfo de Batabanó es de carácter mixto, predominantemente semidiurna. Su amplitud disminuye con la distancia a las costas y son muy influenciadas por el viento y otros eventos meteorológicos (Rodríguez y Rodríguez, 1983).

Al finalizar el período de seca (marzo-abril) en el Golfo de Batabanó predomina una extensa área con relativamente elevada salinidad (más de 36 ppm) y densidad, y relativa uniformidad en el pH y el contenido de oxígeno y solo en la Ensenada de la Broa se registran valores bajos de salinidad (32,5-34,0 ppm) en este período. Sin embargo, durante la época de lluvia, en casi el 50% del Golfo la salinidad es de 35 ppm o menos. Esto es producto del intenso drenaje procedente de la costa de las

Provincias Habana y Pinar del Río y especialmente de la Península de Zapata (Lluis-Riera, 1972, 1983 b,c).

La influencia de las lluvias del verano y el otoño, en gran parte del Golfo, se registra generalmente hasta enero-febrero. El contenido de oxígeno disuelto durante todo el año se mantiene prácticamente a un nivel superior a 4 mL/L, o sea por encima del 100% de saturación, gracias a lo cual su productividad neta que supera a la respiración. La Ensenada de la Broa es probablemente el área marina de la plataforma cubana que mayores aportes recibe de aportes fluviales y residuales (Lluis-Riera, 1972; Perigó *et al.*, 2001). La línea de costas está afectada también por intensos procesos de erosión (Espinosa *et al.*, 1999), lo cual, unido a su poca profundidad, propicia la frecuente resuspensión de los sedimentos. No obstante, los valores medios de de DBO₅ y DQO son característicos de aguas marinas de dudosa o mala calidad, según la Norma Cubana aunque los altos valores de la relación O₂/DBO₅, y el predominio del amonio entre las formas inorgánicas del nitrógeno, indican una alta tasa de mineralización de la materia orgánica nitrogenada y una buena capacidad de autodepuración del sistema (Perigó *et al.*, 2001).

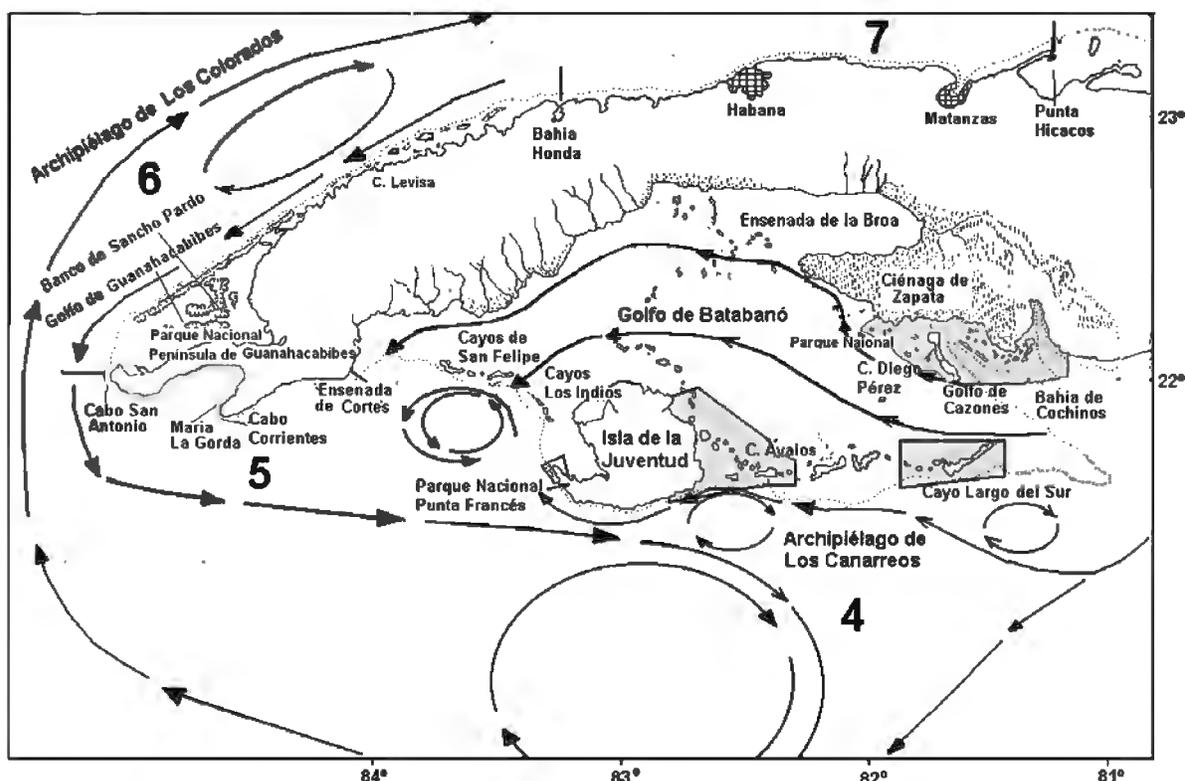


Fig. 15. Características geográficas y régimen de circulación (según datos de Emilson y Tápanes, 1971 y Victoria *et al.*, 1998) en las zonas: suroccidental (4), Península de Guanahacabibes (5) y noroccidental (6-7).

Según los datos de Lluis-Riera (1972; 1983), el contenido de fosfatos en las aguas del Golfo de Batabanó en la década de los sesenta eran muy pobres al final del período de seca (0,12 at- $\mu\text{g/L}$), con niveles inferiores al de la región oceánica. A mitad del verano el promedio de la concentración de fosfato se elevó a 0,24 at- $\mu\text{g/L}$, llegando, en la región norte-nordeste y muy cerca de la Península de Zapata, a 0,3 at- $\mu\text{g/L}$, y en la Ensenada de la Broa, en junio, hasta 0,5 at- $\mu\text{g/L}$. Perigó *et al.* (2001) encontraron valores más elevados de fósforo inorgánico y total, así como de nitratos y amonio en el año 2000 lo cual consideran resultado de incrementos en los impactos antrópicos. Estos autores señalan también que en algunas áreas costeras (Playas Caimito, Mayabeque, Guanamar, Rosario, Cajío, El Pinar, Majana, Dayanigua, y Las Canas, cayería Los Guzmanes, las ensenadas La Playita y

La Coloma, y Río Las Casas) los sedimentos del Golfo no presentan buena calidad química debido a altas concentraciones de carbono y nitrógeno orgánico. A partir de muestreos realizados en el año 2003, Martínez *et al.* (2004) clasificaron las aguas y sedimentos adyacentes a los arrecifes del Golfo de Batabanó como mesotróficos en general, con tendencia a la eutrofización en la zona litoral N del Golfo, la Ensenada de la Broa, el suroeste de Galafre y noreste de Gerona en la Isla de la Juventud. Aplicando un indicador integral basado en datos físicos, químicos y biológicos, dichos autores evaluaron que en esos muestreos el 40 % de las estaciones presentaron aguas de buena calidad, el 30 % regular y el 30 % mala. Los sedimentos presentaron valores de sulfhídrico característicos de fondos con altas concentraciones de materia orgánica. Estos fueron excesivamente altos en el sector costero norte y en la Ensenada de la Broa, lo cual indica altos niveles de afectación antrópica.

El contenido de metales pesados en los sedimentos en la mayor parte del Golfo es comparable con el de regiones consideradas como no contaminadas, aunque algunas áreas presentaron mala calidad o críticas (aunque estables en el transcurso de al menos 16 años), como Playa del Rosario, Tasajera, cayería Las Cayamas, S de la cayería Los Guzmanes, puerto de La Coloma y desembocadura del río Las Casas, y en los arrecifes de Cayo Cantiles y Punta del Este, principalmente por niveles relativamente altos de cadmio, cobalto y plomo (Perigó *et al.*, 2001). En los sedimentos del litoral S de las Provincias La Habana y Matanzas, se determinaron incrementos en los contenidos de cobalto y níquel con el transcurso del tiempo (Martínez *et al.*, 2004).

Por las características de sus sedimentos y biotopos asociados, en el Golfo de Batabanó se diferencian cinco sub-regiones principales (Ionin *et al.*, 1977; Alcolado, 1990):

- a) la región este del Golfo, es una de las zonas de acumulación de arenas oolíticas (producto de la precipitación de carbonato de calcio) más grande del Caribe, donde está ausente o es pobre la vegetación, constituida principalmente por parches ralos de *Thalassia* y son abundantes los cabezos y arrecifes de parche. El sedimento es blanquecino, pobre en materia orgánica particulada. En el extremo este el fondo es rocoso.
- b) la región central, con sedimentos areno-fangosos carbonatados, con componentes biogénicos, donde ocurre una acumulación lenta e inestable. Predominan pastos poco densos con sedimentos blanquecinos y pobre en materia orgánica.
- c) la región oeste presenta un complejo de sedimentos areno-fangosos carbonatados, donde la acumulación es intensa.
- d) la Ensenada de la Broa donde se manifiesta un proceso de lenta acumulación de fangos arcillosos carbonatados, casi sin vegetación, aunque con seibadales cerca de la orilla y aislados parches de algunas algas rodofíceas. En ella se destaca la desembocadura del río Hatiguanico, con manglares muy desarrollados y bien conservados. Es esta probablemente la región del País con mayores aportes fluviales, con importantes áreas estuarinas de baja salinidad.
- e) la región norte y noroeste de Isla de la Juventud presenta una franja de sedimentos silicatados que se extiende hasta la Ensenada de la Siguanea. Los pastos son densos en la plataforma alrededor de la isla, con muy poca vegetación en la Ensenada de la Siguanea, salvo cerca de la orilla. Más al oeste se extienden desde el borde de la plataforma hacia su interior, dos lenguas de fondos rocosos con muy pobre vegetación.

En términos generales, en la zona predominan los pastos marinos (fundamentalmente *Thalassia testudinum*) y arrecifes coralinos (que en conjunto cubren aproximadamente 85% del área) y en menor medida los biotopos estuarinos litorales (menos de 15%). El complejo de pastos marinos y

arrecifes de esta zona, conjuntamente con los manglares no estuarinos (principalmente de los cayos), soportan la mayor pesquería de langosta espinosa de Cuba, así como el 20% de la captura de peces.

Jiménez y Alcolado (1990) calcularon el área cubierta por los pastos marinos en el Golfo de Batabanó en la década de los ochenta, en 15 637 km² (75% de su área total), con densidad variable. Sin embargo, el mapa de biotopos confeccionado por Lorenzo y Cerdeira (2004) a partir de imágenes satelitarias y muestreos “in situ” realizados en los años 2003-2004, muestra que el área de pastos se redujo a 13 818 km² (67% del área del Golfo) lo que implica una reducción de 1,820 km². La zona más afectada por la desaparición de los pastos se encuentra en una franja al sur de las Provincias Pinar del Río y la Habana, con una anchura que fluctúa entre 6 y 40 km a partir de la costa, desde la Ensenada de Cortés hasta la porción sur-occidental de la Península de Zapata y la Ensenada de la Broa (Martínez-Daranas *et al.*, (2005), precisamente donde 20 años atrás predominaban pastos de alta densidad (Fig. 4). Es probable que la decadencia de las poblaciones de langosta espinosa y de peces en el área, al menos parcialmente se encuentre relacionada con la reducción de los pastos marinos, lo cual limita las posibilidades de hábitat y alimento para dichos organismos, principalmente durante las etapas de reclutamiento y cría. Además puede influir sobre la pesca comercial, la preocupante degradación de los arrecifes coralinos en el borde de la plataforma (a 20-30 m de profundidad) observada en muestreos realizados por Espinosa *et al.* (inédito) en abril del 2006.

Esta reducción del área de pastos marinos parece estar relacionada con procesos erosivos en la costa, y la disminución del aporte de sedimentos por el represamiento de los ríos, la disminución de las precipitaciones y la tala de mangle costero (Espinosa *et al.*, 1999; Hernández-Zanuy *et al.*, 2006). Por otra parte la erosión costera y el aporte de materia orgánica por contaminación desde los poblados ubicados en la costa sur de Pinar del Río y La Habana, pudieran producir un aumento de la turbidez del agua con la consiguiente disminución de la penetración de la luz hasta el fondo, evitando que las plantas puedan realizar con eficiencia los procesos fotosintéticos y por consiguiente, afectar su desarrollo (Martínez-Daranas *et al.*, 2005). Al parecer, también provocan impactos sobre ese sector del golfo, la contaminación proveniente desde de La Coloma y el incremento de la salinidad (Perigó *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2004).

El 50% de los pastos marinos actuales del Golfo de Batabanó tienen densidades bajas y el 16% está cubierto por pastos en densidades medias a altas. *Thalassia testudinum* es la especie de fanerógama predominante, aunque en zonas localizadas cerca de la costa se pueden encontrar hasta 5 especies. La biomasa foliar seca promedio de *T. testudinum* fue de $69,3 \pm 9,1$ g /m², para *Syringodium filiforme* fue de $0,7 \pm 0,4$ g/m² y $1,4 \pm 0,6$ g/m² para *Halodule wrightii*. La biomasa de macroalgas está dominada principalmente por especies de clorofíceas del orden Bryopsidales, debido a la frecuencia con que aparecen y al contenido de carbonato de calcio en sus talos. En zonas más localizadas aparecen algas Rodofíceas, y en menor grado Feofíceas, vinculadas a zonas con influencia oceánica (Martínez-Daranas *et al.*, 2005).

En el Golfo de Batabanó, Gómez *et al.* (1980), mediante muestreos con jaiba (draga), encontraron una biomasa media de 35,9 g/m² y una densidad de 550 ejemplares/m². Los organismos predominantes, por su número y su biomasa, fueron los moluscos y poliquetos, a los que siguieron en importancia los poríferos y equinodermos. Ibarzabal *et al.* (1990) en un detallado estudio de la distribución del zoobentos en esta misma región, utilizando métodos combinados de muestreo, con el fin de obtener una mejor representación de todos los grupos zoológicos obtuvieron biomásas promedios, por cruceros, que fluctuaron entre 7,1 y 40,5 g/m² (de peso seco). Los valores más bajos correspondieron a los meses de sequía: diciembre y febrero, y el más alto, a agosto, mes del período lluvioso. Los organismos que componen el megabentos constituyeron como promedios, de 85 a 92% de la biomasa seca total. Considerando que el peso húmedo de estos organismos es más de cinco veces

su peso seco, obtendríamos valores de biomasa muy superiores a los reportados por Gómez *et al.* (1980). No obstante, estos datos no son realmente comparables, ya que el muestreo con jaiba utilizado por estos últimos autores es evidentemente menos representativo.

Entre los organismos del megabentos (> 4 mm), los equinodermos, fundamentalmente los erizos, constituyen la biomasa alimentaria fundamental (Alcolado, 1990; Corvea *et al.*, 1990). Estos abundan principalmente en fondos ricos en vegetación y cerca de los arrecifes, y son escasos sobre fondos fangosos. Los moluscos ocupan el segundo lugar por su biomasa y son más abundantes (2,5-20 g/m²) en zonas con fondos areno-fangosos de color blanco, donde es menor la cantidad de materia orgánica precipitada y la *Thalassia* es pobre. Estos organismos constituyen un importante objeto alimentario para los peces.

La biomasa de la macroinfauna (organismos de 1-4 mm) en el Golfo de Batabanó fluctuó entre 0,3385 y 13,95 g/m², y se obtuvieron los mayores valores al sur de la Ciénaga de Zapata y al noroeste de Isla de la Juventud, donde el fondo está cubierto por seibadal de mediana a gran densidad (Ibarzábal, 1990). En estas localidades la biomasa fundamental está dada por los equinodermos (principalmente ofiuroides), aunque por su densidad los poliquetos son más abundantes (45% de la fauna, con valores entre 619 y 780 ejemplares/m²). En general, los poliquetos desempeñan un papel destacado en la macroinfauna, ya que en la mayoría de las estaciones constituyen de 30 a 50% de la biomasa seca. Las biomásas más bajas del macrobentos (2-4 g/m²) se reportaron en una extensa área central del Golfo y en la Ensenada de la Broa, donde hay pastos marinos pobres o nulo. En estas zonas predominan los poliquetos y crustáceos (85 y 55% de la densidad total respectivamente). La región más pobre es el extremo este del Golfo, donde el seibadal es muy pobre y la fauna de poliquetos constituye 73% de la densidad total (3,2 ejemplares/m²) y 90% de la biomasa (1,3 g/m²).

El Golfo de Batabanó es la principal zona langostera del País, que aporta más del 60% de la captura nacional. Los peces, principalmente los demersales de arrecifes como los pargos y roncós, y algunos pelágico-neríticos como las sardinas y los jureles, constituyen también recursos pesqueros importantes, aunque desde hace más de 10 años se observan evidencias de sobrepesca y reducción de las poblaciones de los principales recursos. En la zona oceánica adyacente se realizan las más importantes capturas de atunes pequeños: aproximadamente 40% del total nacional.

Se destacan en esta zona importantes sitios de agregación de desove de peces comerciales (Cayo Guano, Diego Pérez, Cayo Ávalos, Punta Francés y Cayos Juan García) y langosta espinosa (Cayos Los Indios y San Felipe), importantes sitios de anidación de tortugas (Cayo Largo y de Guanál a Playa larga en Isla de la Juventud), así como las principales áreas de reclutamiento de langosta (Bocas de Alonso, Punta de los Barcos, Bajo Cayos de Dios) (Cruz *et al.*, 1987; Claro y Lindeman, 2003).

Entre los valores más destacados de esta zona se encuentran: el Parque Nacional Ciénaga de Zapata, el humedal más grande de Cuba y el mejor conservado del Caribe Insular, con un área terrestre de 136 890 ha y un área marina de 57802 ha. Aunque no se ha designado aún oficialmente, el parque se encuentra ya bajo régimen de protección. En el mismo se encuentra una extensa área de lagunas salobres y manglares (conocida como Las Salinas) que es un importante sitio de concentración de aves migratorias y donde abundan aves endémicas, algunas de ellas amenazadas. También en el parque se encuentran las mayores poblaciones del cocodrilo cubano (*Crocodylus rhombifer*) y del cocodrilo americano (*C. acutus*). Al sur de la Ciénaga y dentro del Parque se encuentra el Anillo de Cazonés, con su cresta arrecifal “Nirvana” en muy buen estado de conservación, los arrecifes del borde occidental del Golfo de Cazonés y los de Cayo Ernest Thaelman, todos de gran valor biológico y estético. Se encuentran también dos importantes sitios de concentración de agregaciones de desove: Diego Pérez-Cazonés (principal sitio de desove de la

biajaiba en Cuba) y el Banco de Jagua, propuesto como Refugio de Fauna. La zona costera del parque guarda valiosos testimonios histórico-culturales, desde su uso por corsarios y piratas y la entrada ilegal de esclavos en la época colonial, hasta el desembarco en Playa Girón y Playa Larga de la fallida invasión de tropas armadas y entrenadas por el gobierno de los Estados Unidos para derrocar la revolución Cubana en 1961.

Otra región de singular interés es el Parque Nacional Punta Francés, con un área terrestre de 1 602 ha y una marina de 3 002 ha, donde se localiza uno de los arrecifes mejor conservado del Caribe, manejado por el Centro Nacional de Áreas Protegidas, con la colaboración del Centro Internacional de buceo El Colony. El litoral se destaca por sus costas rocosas y arenosas con palmáceas únicas de Cuba, hermosas playas e importantes valores culturales e históricos. En el Parque también se encuentra la Ciénaga de Lanier, humedal de gran significación ecológica, en buen estado de conservación, propuesto como Sitio RAMSAR, donde proliferan muchas aves marinas y especies endémicas de la flora y fauna terrestres. También en el parque se localizan dos sitios de protección y cría de cocodrilos y tortugas (villa Cocodrilo).

En esta zona se destacan otras áreas protegidas (declaradas “Zonas de uso y conservación” por el Ministerio de Industria Pesquera), como Cayo Largo del Sur (4 000 ha) y la región de Los Canarreos ubicada al este de la Isla de la Juventud (unas 150 000 ha), en las cuales solo se permiten actividades turísticas y la pesca de langosta. Estas áreas (en especial de Cayo Hicacos a Cayo Campos) presentan arrecifes coralinos y paisajes submarinos de excepcional belleza y alta diversidad (Alcolado *et al.*, 2001), con grandes potenciales para el buceo y otras actividades de eco-turismo. Otros importantes ecosistemas de esta zona están propuestos para su designación como áreas protegidas marinas: el Parque Nacional Cayos de San Felipe (40 855 ha), el Área de Recursos Manejados Sur de Isla de la Juventud (41 126 ha) y el Refugio de Fauna Cayo Rabihorcado (183 ha).

El Golfo de Batabanó es una de las regiones mejor estudiadas de la plataforma cubana, aunque la mayoría de las investigaciones fueron realizadas en las décadas de los setenta y los ochenta, por lo que muchos de los datos requieren ser actualizados.

Península de Guanahacabibes

Incluye el litoral sur desde Ensenada de Cortés hasta el Cabo San Antonio, el cual solo presenta una estrecha terraza sin plataforma, de fondo rocoso donde proliferan arrecifes coralinos, y prevalecen las influencias oceánicas. Esta región ha sido muy poco estudiada.

El área marina forma parte del Parque Nacional Guanahacabibes (con un área de 101 500 ha), que es el núcleo de la Reserva de la Biosfera del mismo nombre. En la Ensenada de Corrientes se encuentra el área conocida como María la Gorda, donde se localiza uno de los arrecifes mejor conservados del Caribe. Este sitio es considerado como uno de los puntos de buceo contemplativo más importantes de Cuba. No obstante, debido al pobre control sobre la pesca furtiva, la abundancia de peces es relativamente baja (Claro y Cantelar, 2003). La estrecha franja de plataforma que bordea toda la Ensenada de Corrientes, desde Playa Jaimanitas (incluyendo María la Gorda) hasta Punta Cajón en el norte de la Península, ha sido designada como Área de Uso y Protección (reserva de pesca) por el MIP, en la cual se prohíbe todo tipo pesca. En Cabo Corrientes y Cabo San Antonio se localizan dos importantes sitios de agregaciones de desove de varias especies (Claro y Lindeman, 2003).

Zona noroccidental (Archipiélago de Los Colorados)

La plataforma noroccidental se extiende desde el Cabo San Antonio hasta Bahía Honda, con un área aproximada de 3 949 km². Está formada por una zona de plataforma relativamente amplia (el Golfo de

Guanahacabibes, con cerca de 50 km en su parte más ancha), y por una franja litoral baja, que a partir del cayo Buenavista se estrecha paulatinamente hacia el este (Fig. 15). Esta última región se diferencia del Golfo de Guanahacabibes por lo complejo del relieve del fondo, la gran sinuosidad de la línea de costa, la proliferación de bahías y cayos bordeados de manglares, y la abundancia de arrecifes coralinos. La plataforma, en su parte central, se encuentra separada del mar abierto por el Archipiélago de Los Colorados, formado por 160 cayos y cayuelos que se extienden a lo largo de 225 km. Bordea la plataforma el arrecife del mismo nombre y el Banco de Sancho Pardo (Figs. 15 y 16).

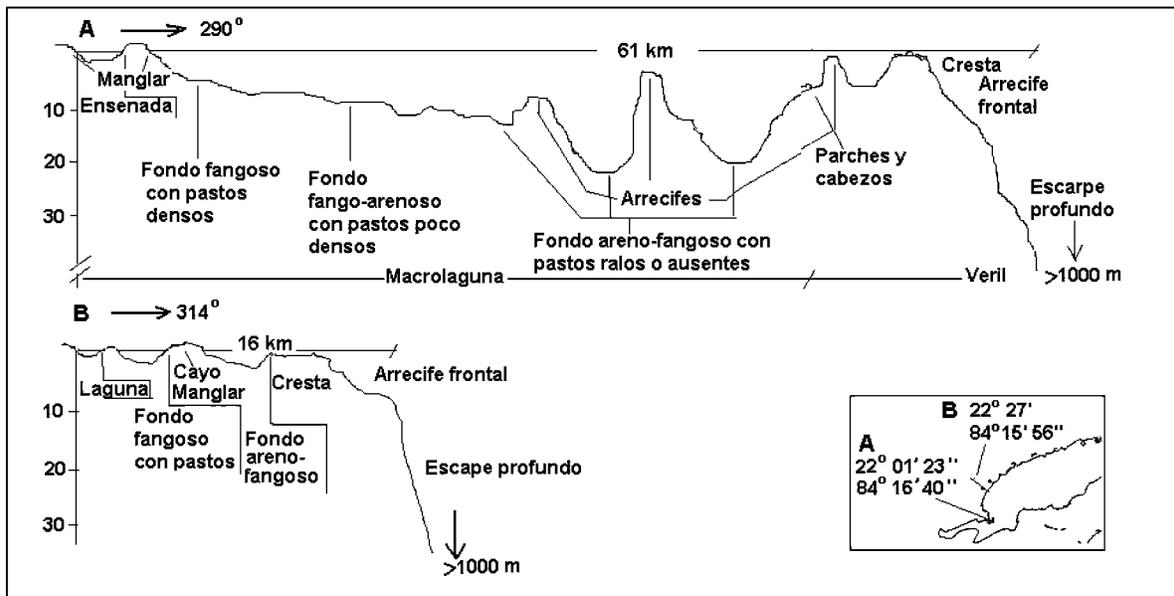


Fig. 16. Perfiles a través de la zona norooccidental.

El Golfo de Guanahacabibes presenta una topografía *sui generis* si se compara con otras regiones de la plataforma cubana. En su parte central, relativamente profunda y cubierta por sedimentos fango-arenosos y areno-fangosos, presenta arrecifes coralinos masivos que levantan casi verticalmente desde profundidades de 15-20 m hasta cerca de la superficie. El arrecife que bordea la plataforma ha sido considerado por varios autores como una barrera arrecifal (Walton-Smith, 1948; Pavlidis y Avello, 1975; Zlatarski, 1982; Núñez Jiménez, 1984 a, b; Martínez Estalella, 1986; Alcolado, 2004b; González-Ferrer, 2004).

En el propio Golfo de Guanahacabibes se observan tres subzonas principales de acumulación de sedimentos (Ionin *et al.*, 1977):

- a) junto a la misma orilla se acumulan sedimentos poco carbonatados y fangos puros limosos y arcillosos, con valvas de moluscos, los cuales provienen, en parte, del acarreo terrígeno y, en parte, de la producción de materia orgánica de la vegetación litoral y el acarreo de humus desde tierra firme. Cerca de la orilla el fondo es fangoso en algunos sitios, y cubierto de pastos densos hacia el exterior;
- a) en la parte media del Golfo se acumulan sedimentos biogénicos carbonatados: arena fangosa con abundantes residuos de algas calcáreas (*Halimeda*) y valvas de moluscos; con pastos poco densos;
- b) cerca del arrecife coralino que bordea el Golfo se encuentra una franja de productos carbonatados originados por la destrucción del arrecife. Este sedimento está cubierto por pastos poco densos y está formado por arena coralino-conchífera con fragmentos de conchas.

La estrecha franja de plataforma que se extiende hacia el este del Golfo de Guanahacabibes está cubierta fundamentalmente por arena fangosa, cuya proporción de fango aumenta hacia la orilla. En esta región se observa menor variabilidad estacional de los parámetros hidrológicos que en otras áreas con plataforma, debido a su poca anchura y a un mayor intercambio de sus aguas con las del mar abierto. Las concentraciones de nutrientes son muy bajas en el período de seca y aumentan durante el verano gracias al aporte de las aguas terrígenas (Lluis-Riera, 1983a).

En esta zona Murina *et al.* (1969) mediante muestreos con draga, encontraron una biomasa media del macrobentos de 45,3 g/m² y una densidad de 524 individuos/m². Los valores más altos (69,1g/m² y 616 ind./m²) se obtuvieron en seibadales areno-fangosos y los más bajos (0,001 g/m²) en fondos de arena. Los poliquetos y los crustáceos fueron los organismos predominantes por su número, aunque las esponjas presentaron la más alta biomasa.

Por su poco extensa plataforma esta región aporta solo el 10% de la captura nacional de peces y el 2-3% de la captura de langosta, pero las de atunes, en la zona oceánica adyacente, alcanza de 20 a 30% del total nacional. La zona occidental forma parte del Parque Nacional Guanahacabibes, que en su porción oeste comprende una extensa área marina protegida con proliferación de arrecifes coralinos (punta Cajón). El parque se caracteriza por su alta diversidad biológica y endemismo, es un importante corredor de aves migratorias y presenta numerosos valores histórico-culturales, arqueológicos y paisajísticos. Los arrecifes coralinos que bordean la plataforma se caracterizan por su buen estado de conservación y en ellos es común encontrar restos de naufragios de antiguos navíos españoles, por lo que es área es altamente valorada para el buceo contemplativo.

Zona norte de Habana-Matanzas

Esta zona, que se extiende desde Bahía Honda hasta Punta Hicacos, separa la plataforma norooccidental de la norte central. Desde Bahía Honda hasta Matanzas prácticamente no existe plataforma, sino una estrecha terraza submarina de relieve complejo donde prevalecen los fondos rocosos y coralinos con parches de arena y numerosas bahías y ensenadas (Ionin *et al.*, 1977). Al norte de las Provincias Habana y Ciudad de La Habana, el movimiento predominante de las aguas es hacia el este, aunque cerca de la costa se observan inversiones en la dirección en dependencia del flujo de marea (Rodríguez-Portal y Nadal-Llosa, 1983).

Esta zona es la más urbanizada y de mayor desarrollo industrial de Cuba, lo cual determina que sea considerada como la más antropizada de la plataforma cubana. En ella se encuentran tres de los puertos más importantes del País: las Bahías de la Habana, Mariel y Matanzas. La primera ha sido objeto de multitud de investigaciones orientadas a su evaluación y recuperación, y los resultados obtenidos han facilitado la creación de una comisión de manejo integral, que ha obtenido importantes logros en la rehabilitación de este ecosistema.

En la zona se encuentran numerosos sitios de valor natural, cultural y social extraordinariamente importantes para la economía del País, cuya función está muy vinculada a la biodiversidad marina. En ella se encuentran las tres termoeléctricas que aportan la mayor parte de la energía eléctrica (en Mariel, Sta. Cruz del Norte y Matanzas) las cuales utilizan agua de mar para sus sistemas de enfriamiento y por tanto constituyen focos de contaminación (térmica, de hidrocarburos y otras sustancias), al mismo tiempo que son afectadas por los organismos incrustantes, la calidad del agua, las corrientes y las mareas. Las tres mencionadas bahías, además de constituir importantes puertos mercantes, son receptores de un importante turismo internacional que exige de condiciones sanitarias y estéticas adecuadas. En su litoral se ubica la Marina Hemingway, la más importante del País, numerosos hoteles, destacados sitios de buceo contemplativo y otras actividades náuticas vinculadas al turismo nacional e internacional. Los Círculos Sociales Obreros de Ciudad de la Habana, las playas del este y las

numerosas Bases de Campismo Popular, constituyen los principales sitios de recreación de la población de las Provincias Habana, Ciudad Habana y Matanzas. El Parque Natural Marino de Rincón de Guanabo (507 ha), constituye el primer caso de manejo comunitario de un área marina protegida en Cuba.

La zona costera recibe las aguas albañales de la ciudad más grande del País, gran parte de ellas sin tratamiento previo o con tratamiento primario. En ella desaguan numerosos pequeños ríos, la mayoría de ellos altamente contaminados, y las aguas residuales de numerosas industrias, muchas de las cuales descargan a las bahías.

Debido a las características mencionadas, el mantenimiento de una sana biodiversidad de la zona costera en esta región constituye uno de los mayores retos para la ciencia y la administración pública de Cuba.

Zona norte central (Archipiélago Sabana-Camagüey o Jardines del Rey)

La zona norte central de la plataforma cubana se prolonga desde Punta Hicacos hasta Puerto Tarafa, Nuevitas, con una anchura que varía de 6 a 35 km y un área total de unos 10 115 km². Se encuentra profusamente poblada de islas, cayos y cayuelos (2 517 en total a fines de la década de los setenta), algunos de ellos de gran tamaño, como los cayos Coco, Romano y Sabinal (Núñez Jiménez, 1982).

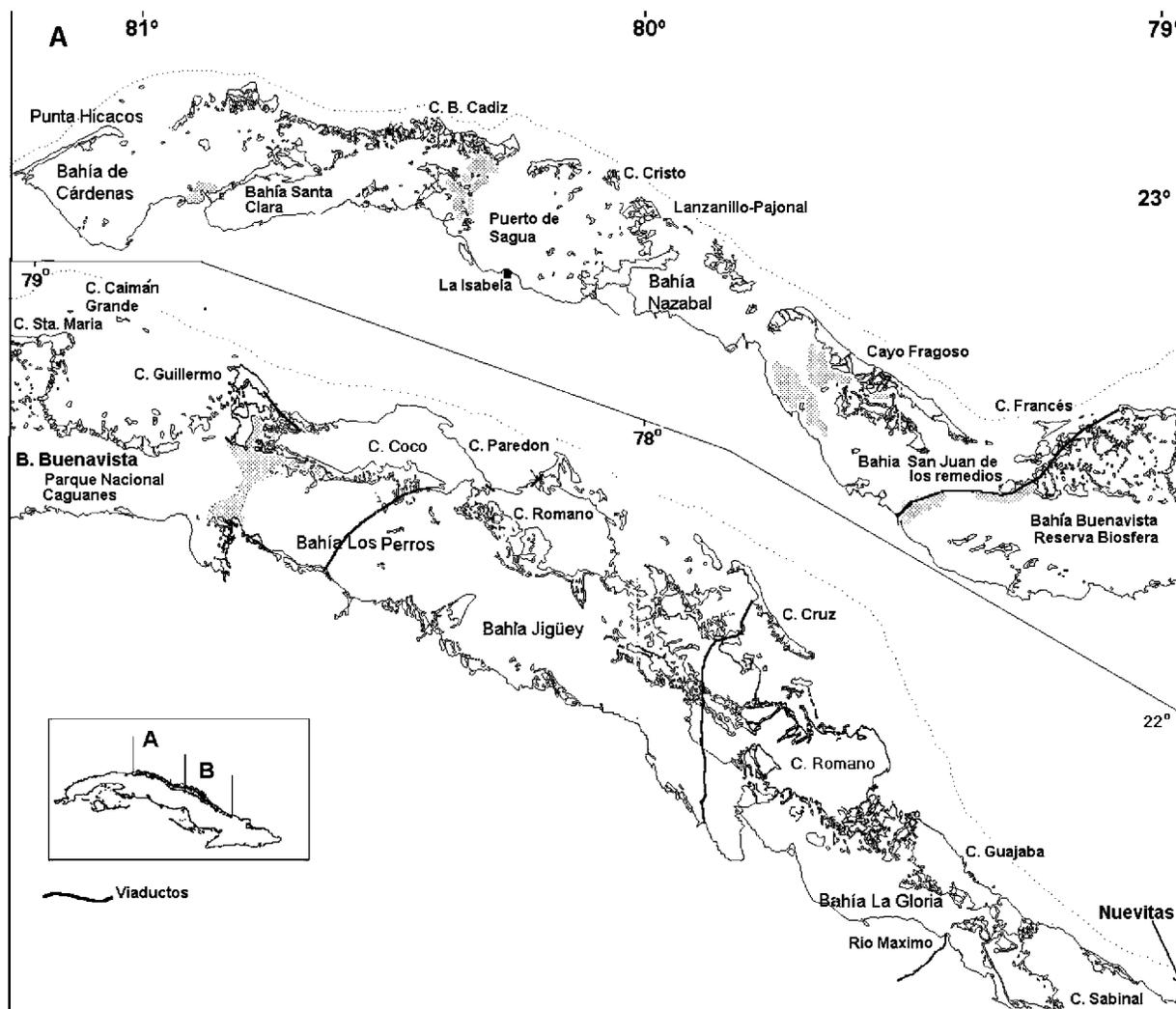


Fig. 17. Características geográficas del Archipiélago Sabana-Camagüey.

Estos cayos e islas, que conforman el Archipiélago Jardines del Rey o de Sabana-Camagüey, bordean la plataforma en una franja de 465 km de largo, y delimitan un mar interior poco profundo, que conforma las bahías Santa Clara, Puerto de Sagua, Nazabal, San Juan de los Remedios, Buenavista, de los Perros, de Jigüey y de la Gloria (Fig. 17). Las profundidades máximas en estas bahías son de 2-3 m, y en ellas abundan los bajos que asoman a la superficie durante la bajamar (Fig. 18). Aquí, el intercambio con las aguas oceánicas es muy pobre y los aportes fluviales resultan escasos, todo lo cual determina condiciones hipersalinas de estuarios negativos.

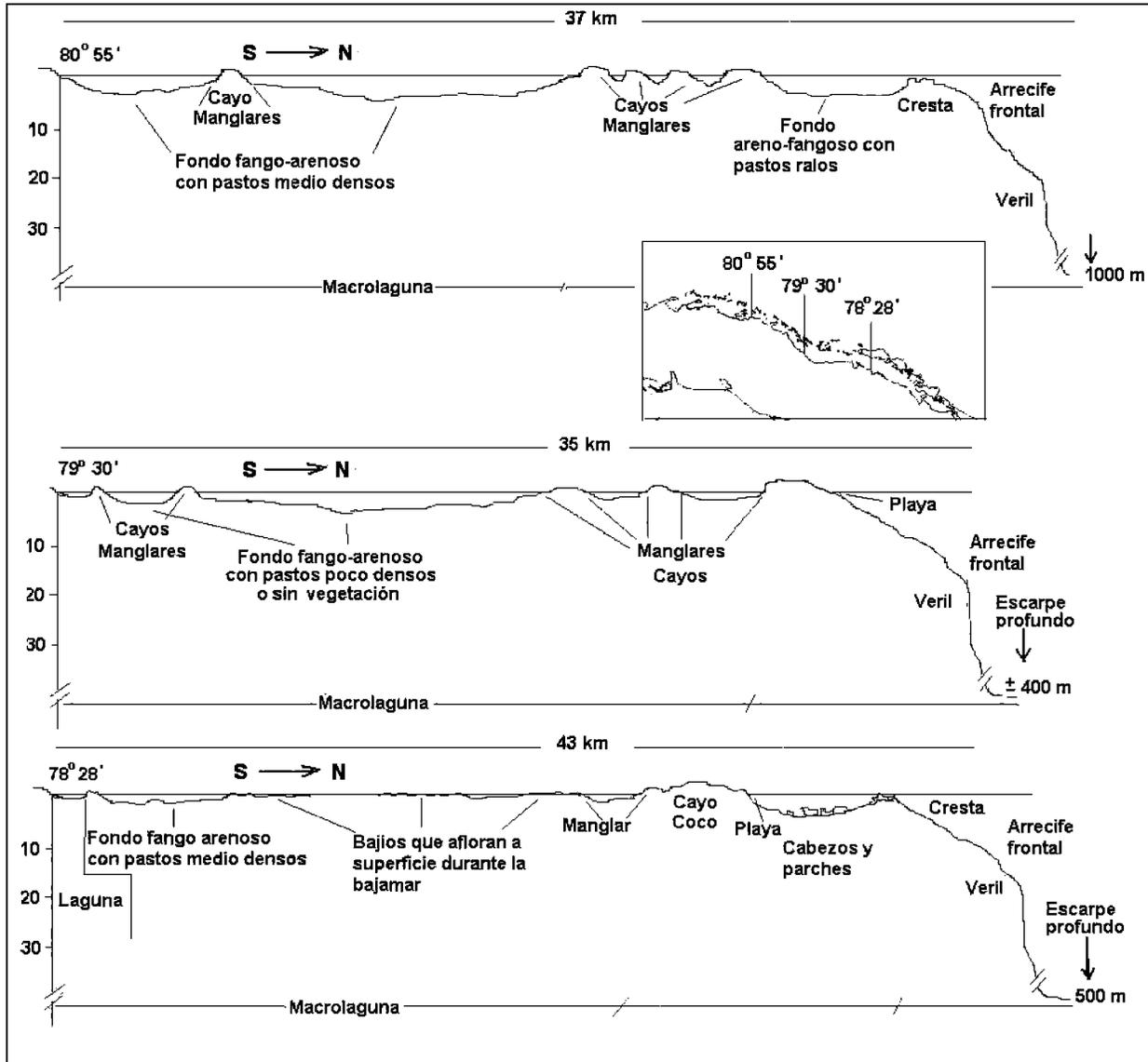


Fig. 18. Perfiles a través del Archipiélago Sabana-Camagüey

En la plataforma norte-central el régimen hidrológico es muy fluctuante y heterogéneo, debido al escaso intercambio de agua con el océano, la gran cantidad de obstáculos geográficos y la poca profundidad. Los eventos meteorológicos en el área provocan frecuentes cambios locales rápidos y esporádicos (Lluis-Riera, 1981, 1984; Rodríguez-Portal y Rodríguez-Ramírez, 1983 y Fernández-Vila *et al.*, 1990) y a partir de la década de los ochenta se han producido cambios significativos y de

carácter permanente provocados por la construcción de carreteras sobre el mar (“pedraplenes”) para unir la isla principal con los cayos (Alcolado *et al.*, 1999).

La circulación está determinada principalmente por las corrientes de marea, y en menor grado por los vientos predominantes del primer cuadrante. La influencia de las mareas imprime un carácter rotatorio a las corrientes en las aguas interiores. La amplitud media de la marea es de 40 - 60 cm y la máxima 120 cm, según Rodríguez-Portal y Rodríguez-Ramírez (1983). Cerca de la costa la amplitud máxima de mareas no excede los 10 - 20 cm (Alcolado *et al.*, 1999).

En la zona oceánica adyacente al ASC, la circulación es también compleja y muy inestable. A partir de los estudios realizados por García (1996) y Gutiérrez *et al.* (1997a, 1997b, 1997c, 2000) resumimos a continuación sus características principales. En el Canal de San Nicolás se mezclan las aguas que provienen del Canal de Santarén con las aguas de la región noroccidental (Fig. 19) generando un flujo predominante hacia el este que se interrumpe en este corto tramo por la presencia de giros inestables en el espacio y en el tiempo, tanto de tipo ciclónico como anticiclónico, en algunos casos abarcando un gran radio de acción como el extenso giro ciclónico observado entre Caibarién y Bahía de Cádiz, en septiembre de 1996

También se han observado giros, con una menor extensión como el anticiclónico localizado al norte de la Isabela en diciembre de 1997, el cual condiciona contracorrientes costeras con velocidades de 50 cm/s. La periferia sur de la Corriente del Golfo en el canal de San Nicolás, genera corrientes con dirección este aunque en ocasiones la entrada de agua por el Canal de Santarén ha originado, en el Canal de San Nicolás, un flujo hacia el W que se incorpora a la Corriente del Golfo por el oeste del Banco de Cayo Sal (Fig. 18). Este flujo de dirección W se ha observado alejado de las costas cubanas desde el otoño hasta el invierno (con velocidades de 50 y 140 cm/s respectivamente).

En el Canal de las Bahamas se unen las aguas del Canal de Santarén, de San Nicolás y las aguas del Océano Atlántico originando una circulación compleja. Se han observado corrientes que fluyen hacia el SE en casi la totalidad del canal y en gran parte del año, pero también se han observado flujos de dirección noroeste cercanos a la plataforma hasta el oeste de Cayo Coco en el otoño

En extensas áreas del archipiélago la salinidad excede 40 ppm y tras la construcción de los pedraplenes, en las Bahías de Los Perros y Jigüey se han registrado valores mucho más altos de salinidad y temperaturas, alteraciones en el régimen hidrológico y de sedimentación (Informe Final del Proyecto GEF/PNUD Sabana Camaguey, 1996; Claro *et al.*, 2000). De acuerdo con Alcolado *et al.* (1999), la mayor parte de las aguas interiores pueden considerarse como mesotróficas, con grandes áreas eutróficas distribuidas a lo largo de la zona. Las regiones exteriores tienden a la oligotrofia, aunque en algunos arrecifes se han detectado concentraciones de nutrientes por encima de los umbrales que Lapointe *et al.* (1992) señalan para que se produzca un dominio de las algas sobre los corales con el consecuente deterioro paulatino del arrecife ($> 0.1 \mu\text{moles/l}$ para el fósforo soluble reactivo y $> 1.0 \mu\text{moles/l}$ para el nitrógeno inorgánico disuelto). Se reportan valores relativamente elevados de N-NO_3 y P-PO_4 (a nivel de fondo) en los arrecifes de los cayos Sabinal, Guajaba, Paredón Grande, oeste de Guillermo, Francés y Esquivel lo que pone en evidencia la exportación de nutrientes de zonas interiores enriquecidas. En muchos lugares del archipiélago se han encontrado valores bajos de saturación de oxígeno (40-50%), que indican una gran intensidad de los procesos degradativos de la materia orgánica y respiratorios, principalmente en las bahías Buenavista y de Perros.

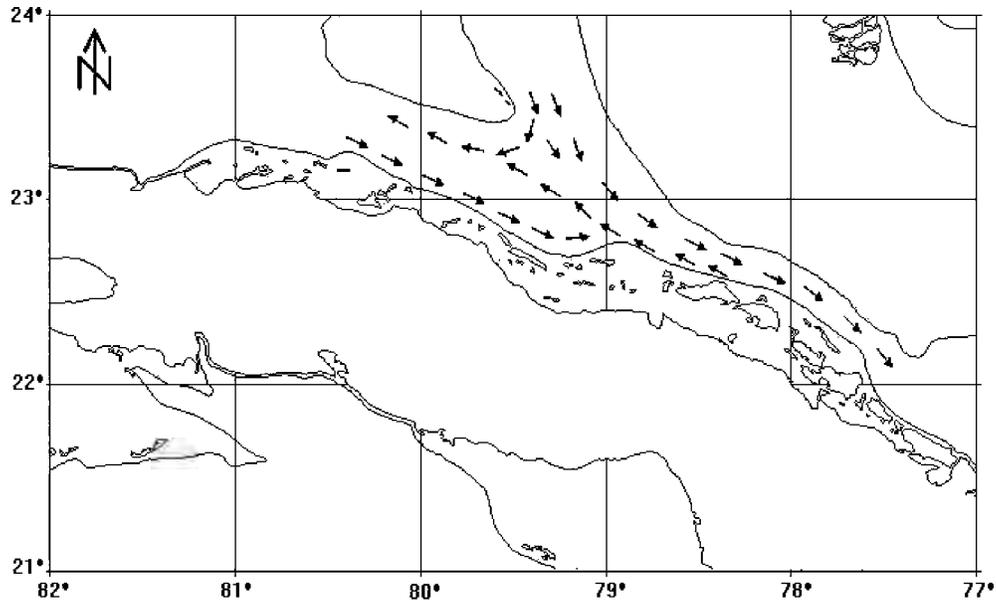


Fig. 19. Esquema general de la circulación en aguas oceánicas al norte del Archipiélago Sabana-Camagüey (A. Gutiérrez, inédito)

En las Bahías de Perros y de Jigüey, se reportaron salinidades de hasta 83 ppm en el año 1995 (Claro *et al.*, 2001a) a causa del represamiento de los ríos y de cambios hidrológicos provocados por la construcción de carreteras por el mar (pedraplenes), para unir la isla principal con los cayos. En las Bahías de Buenavista y la Gloria la salinidad alcanzó al menos 52 ppm en ese período. Esta parece haber sido la causa de la desaparición de los pastos marinos en gran parte de esas bahías, y su sustitución por fondos fangosos. Tal situación se agudizó en el año 2005 por la intensa sequía, cuando se detectaron salinidades superiores a 90 ppm en las Bahías de Perros y de Jigüey.

En 109 estaciones muestreadas en las macrolagunas, Martínez-Daranas *et al.* (1996) colectaron 91 especies de vegetales marinos (52 clorofíceas, 6 feofíceas, 29 rodofíceas y 4 fanerógamas). *Thalassia testudinum* fue dominante en 37 estaciones y aportó el 32% de la biomasa total. La biomasa por estación fluctuó entre 0 y 503 g/m² con un promedio de 55,9 g/m². Otras algas muy importantes en esos pastos marinos fueron siete especies de *Halimeda* destacándose *H. incrassata*, aunque también fueron abundantes *Penicillus capitatus*, *Laurencia poitei* y *L. intricada*. No se encontró vegetación en el 20% de las estaciones. Los bajos valores de biomasa y diversidad de especies estuvieron asociados a pobre iluminación (por turbidez del agua), salinidades mayores de 40 ppm, valores de cieno en el sedimento mayores de 60% y ausencia o escasez de macrovegetación en grandes extensiones de las macrolagunas. Estos indicadores pueden considerarse como los principales tensores que deprimen la riqueza de especies en la región (Alcolado *et al.*, 1998).

La región media y exterior de la plataforma que se extiende desde Isabela de Sagua hasta Cayo Coco, está cubierta por arena carbonatada gruesa, mientras que hacia la costa el fondo es fango-arenoso, aumentando gradualmente la proporción de fango en esa dirección. La región formada por las bahías de Buenavista, los Perros, Jigüey y la Gloria, constituye una cuenca de sedimentación casi cerrada, con muy poco intercambio con el mar abierto. El fondo se encuentra cubierto por una gruesa capa (0.8-1.0 m) de limo con conchas de moluscos y penetrante olor a anhídrido sulfhídrico. Al norte de los cayos se extiende, hasta el veril, una estrecha y larga faja de fondo rocoso con arenales y seibadales poco densos con profusión de arrecifes coralinos.

Según Cano *et al.* (2002) en la parte media y exterior de la región más occidental (de Punta Hicacos a C. Cruz del Padre y Galindo), se encuentran pastos saludables medio densos (biomasa foliar promedio 292g/m²) distribuidos en parches. Hacia el interior de las Bahías de Cárdenas y de Santa Clara disminuye la densidad hasta desaparecer completamente, lo que parece ser consecuencia del estrés provocado por diversos impactos en la costa de la isla de Cuba. En las áreas con mayor intercambio con el océano, predominan especies de algas calcáreas articuladas, algas costrosas y una alta variedad de morfos, típicos de ambientes más limpios. Hacia el interior de la Bahía de Cárdenas y en menor grado hacia su parte este predominan las especies de algas carnosas y filamentosas, y un incremento de la cobertura de epífitas sobre las hojas de *T. testudinum*, lo que evidencia un aumento moderado de nutrientes en el agua.

En las áreas exteriores los pastos están ampliamente distribuidos, en particular cerca de los cayos, mientras que en dirección al talud se incrementan los fondos arenosos con pastos raros o ausentes, hasta la estrecha y larga franja arrecifal que bordea la plataforma. Los manglares de la costa y de los cayos constituyen un elemento destacado en el ecosistema marino del Archipiélago.

En las aguas interiores pueden ser abundantes los pastos marinos, pero también en grandes extensiones son muy raros o están ausentes. Esto último parece ser consecuencia de la alta turbidez del agua, lo cual interfiere en la penetración de la luz limitando el crecimiento de la vegetación. No obstante, en algunas regiones la contaminación provoca un fuerte desarrollo del fitoplancton que genera enturbiamiento y al mismo tiempo induce una excesiva cobertura de las plantas por algas epífitas.

En varias regiones interiores se registraron elevadas concentraciones de materia orgánica particulada (MOP) en los sedimentos superficiales (20-68%), lo que obedece a una alta producción biológica (fitoplancton, algas y yerbas marinas, manglares) y/o contaminación (desechos orgánicos, como mostos, albañales y fertilizantes), sumadas al predominio del proceso de sedimentación sobre el de transporte, por la lentitud de las corrientes (Alcolado *et al.*, 1999).

Según Alcolado *et al.* (1996), en el Archipiélago Sabana-Camagüey, las densidades máximas del megazoobentos están asociadas con valores de salinidad de 37,5 a 41,5 ppm, 5 a 15 % de materia orgánica particulada y 30 a 50% de cieno en los sedimentos. Al aumentar la magnitud de esos factores, estos comienzan a actuar como depresores de los máximos potenciales de densidad. Las mejores condiciones para la diversidad y densidad se observan allí donde es mayor la circulación o intercambio de agua con el mar abierto. También se observa alta densidad del mega-zoobentos en las regiones donde la configuración geográfica favorece la retención (efecto de bolsillo) de bio-partículas (seston y larvas de colonizadores bentónicos) siempre y cuando los valores de los factores estresantes se mantengan en los niveles antes indicados.

Esta zona es la segunda en importancia pesquera. Aporta aproximadamente el 35% de la captura de peces neríticos que se obtiene en la plataforma cubana (Claro *et al.*, 2001b). La zona produce aproximadamente el 15% de la captura nacional de langosta, el 25-35% de la captura de túnidos y es la principal área de producción de esponjas. Además, en la misma se está implementando uno de los programas de desarrollo turístico más importantes del País. Si bien en su etapa inicial se produjeron importantes impactos al ecosistema, actualmente se realizan grandes esfuerzos para su rehabilitación y la introducción de la componente ambiental como premisa de ese desarrollo.

En la zona se encuentra el Parque Nacional Caguanes (área núcleo de la Reserva de la Biosfera Buenavista) con un área marina de 11 990 ha, donde se encuentran los Cayos de Piedra, únicos en el territorio marino de Cuba por su constitución geólogo-geomorfológica (unidades litoestratigráficas precuatnarias-Güines y Caibarién- y relieve de cúpula o mogote, con cavernas). En estos cayos y la

zona terrestre adyacente (1 587 y 5 700 ha respectivamente) se localizan unas 70 cuevas con destacados valores naturales y arqueológicos, así como manglares y costas rocosas representativas (Medina y Santamarina, 2004). Es común la presencia de manatíes y grullas en las áreas cenagosas del parque.

El ASC puede ser considerada como el área marina mejor estudiada del País, gracias a la ejecución del Proyecto GEF/PNUD para la protección de la biodiversidad y el desarrollo sostenible de la región (Alcolado *et al.*, 1999) cuya segunda etapa implementa un amplio programa de manejo integrado que incluye un vasto sistema de áreas protegidas marinas. Ya han sido declarados como sitios RAMSAR, el Gran Humedal del norte de Ciego de Ávila, el Humedal Buenavista y los Refugios de Fauna Cinco Leguas, Lanzanillo-Pajonal-Fragoso, Cayo Las Picuas-Cayo del Cristo y Río Máximo. La importancia de algunos de estos lugares trascienden las fronteras de Cuba, pues contribuyen a la biodiversidad regional por ser sitios de anidación de aves migratorias. La zona Sabana-Camagüey en su totalidad ha sido propuesta como Región Especial de Desarrollo Sostenible.

Zona Norte de Oriente

El tramo que se extiende desde Bahía de Nuevitás hasta Punta Maisí, por el norte está constituido por una costa sin plataforma, de origen tectónico, con proliferación de terrazas submarinas en toda su longitud (Ionin *et al.*, 1977). En esta región son notables las grandes bahías de bolsa de origen erosivo, en cuyos márgenes interiores se encuentran zonas estuarinas. En esta franja costera, el veril se encuentra a muy corta distancia de la costa, siendo en algunos sitios de solo 200-300 m (Fig. 10). Gran parte del litoral está bordeado de arrecifes costeros que protegen la costa del fuerte oleaje, frecuente en el área.

A pesar de su estrecha plataforma, en esta región la pesca comercial, recreativa y de subsistencia constituye un importante recurso, aunque dado su fácil acceso desde la costa, muchos de sus recursos pesqueros se encuentran en fase de sobrepesca. En esta zona se desarrollan actualmente importantes centros turísticos cuyos principales atractivos se basan en la biodiversidad marina. En la región montañosa Moa-Sagua-Baracoa se encuentra el Parque Nacional Alejandro de Humboldt, con un área terrestre de 69 341 ha y un área marina de 2 641 ha. Este parque es el núcleo de la Reserva de la Biosfera Cuchillas del Toa, propuesta a la UNESCO como Patrimonio Natural de la Humanidad.

III

Diversidad de organismos

Introducción

Rodolfo Claro¹

La diversidad de especies en los ecosistemas tropicales, y en particular los marinos, ha sido muy poco estudiada. Si bien en estos se concentra más del 80 % de las especies del planeta, el número de científicos en esas regiones no sobrepasa el 6 %, y de ellos, muy pocos están especializados en biosistemática. Además, en estas regiones se concentran precisamente los países más pobres, con menores posibilidades económicas para sufragar las investigaciones que, en el ámbito marino, son particularmente costosas y logísticamente complejas. No obstante, a pesar de las limitaciones existentes en recursos materiales y humanos, la diversidad de especies de la plataforma de Cuba ha sido bastante estudiada, particularmente en los últimos 30 años.

A juzgar por la cantidad de especies registradas (publicadas y en archivos), resulta evidente que la plataforma de Cuba posee una riqueza de especies probablemente mayor que las otras islas de Caribe. En ello influye, en primer lugar, el hecho de que Cuba es la mayor de Las Antillas, con una plataforma marina relativamente extensa, comparable con algunas regiones continentales, y con un complejo régimen hidrológico que favorece la conectividad entre sus diferentes sistemas costeros. Ello favorece el autoreclutamiento y contribuye a la biodiversidad regional mediante la exportación a otros países del área, y también se beneficia con el asentamiento de larvas oceánicas provenientes de regiones alejadas corriente arriba. Por otra parte, posee numerosas bahías, caletas, esteros y otros accidentes costeros, que posibilitan el establecimiento de una gran variedad y amplitud de biotopos marinos tropicales (ver Habitats). Estas características, unido a una envidiable posición geográfica dentro de la provincia Caribeña, con costas en el Mar Caribe occidental, el Golfo de México y el Canal Viejo de las Bahamas, favorecen interrelaciones ecológicas muy diversas que permiten la existencia de una gran diversidad de organismos.

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 sus provincias biogeográficas son muy poco definidas por su composición de especies únicas. Las especies marinas raramente están confinadas en pequeñas áreas o hábitats limitados, por ello también la extinción de especies es menos probable que en los ecosistemas terrestres (Norse, 1993). Si bien el número de especies marinas conocidas es menor que el de las terrestres, su diversidad táxica (taxones superiores) es mayor que en tierra. Si consideramos las mencionadas 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.

Se estima que hay cerca de 230 000 especies marinas conocidas hasta ahora, pero que el número real podría llegar a los dos millones, aunque algunos autores estiman cifras mayores (Hawksworth y Kalin-Arroyo, 1995). Cada año se descubren no menos de 100 nuevas especies

marinas. Las zonas profundas, muy poco estudiadas, albergan una gran cantidad de especies aún desconocidas (Hawksworth y Kalin-Arroyo, op.cit.)

Hasta la fecha, el número de invertebrados marinos registrados en Cuba sobrepasa la cifra de 5 700 especies y la de cordados más de 1 060 (principalmente peces). Considerando además los microorganismos y la flora marina, se conocen unas 7 300 especies marinas en Cuba (solo los grupos taxonómicos analizados en este trabajo). La Tabla 1 presenta un resumen del número de especies para cada uno de los principales taxones (filo hasta orden en algunos casos). A partir del conocimiento existente sobre la diversidad de especies en el Gran Caribe hemos estimado (con muy variable nivel de apreciación para cada taxón) que el número de especies probables en las aguas marinas de Cuba, pudiera sobrepasar la cifra de 10 500. A partir de esta burda 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 relativa poca accesibilidad, ha sido mucho menos estudiada.

De unos 35 filos representados en los ecosistemas marinos de Cuba, solo 14 son objeto de estudios biosistemáticos de forma regular, aunque en estos últimos se encuentran representados los taxones considerados más importantes por su diversidad, abundancia y funciones en el ecosistema marino. No obstante, algunos grupos muy diversos, como los protozoos y los nemátodos, han recibido muy poca atención a pesar de su abundancia y diversidad.

Tabla 1. Diversidad de taxones superiores en los ecosistemas marinos, número de especies estimado de especies descritas a nivel global (en todos los ecosistemas, según Rupert y Barnes, 1994; Hawksworth y Kalin-Arroyo, 1995), número estimado de especies marinas y especies registradas en aguas de Cuba. (ND = no hay datos).

Nombre común	Categoría taxonómica	No. de especies		
		Global	Marinos	En Cuba
		Total		Registradas
Viruses		4 000 000	ND	ND
Bacterias	Dominios BACTERIA (o EUBACTERIA) y ARCHAEA	1 000 000	ND	131
Hongos	Dominio EUKARYA, Filos ASCOMYCOTA Y DEUTEROMYCOTA	72 000	500	38
Microalgas (algas unicelulares, cianofíceas, y fitoflagelados)	Reino VEGETAL + filos CYANOPHYTA (dominio BACTERIA) + CHROMOPHYTA y CHLOROPHYTA (Reino PROTISTA)	ND	ND	441
Macroalgas y fanerógamas	Reino VEGETAL	400 000	7 500	483
Protozoos	Reino PROTISTA	200 000	ND	<1 000
	Filo Granuloreticulosa, clase Foraminifera	ND	ND	704
Metazoos	Reino ANIMAL	1 320 000	ND	ND
Esponjas	Filo Porífera	10 000	6 780	280
Placozoos	Filo Placozoa	1	1	0
Celenterados	Filo Cnidaria	10 000	9 000	310
Ctenóforos	Filo Ctenophora	50	50	6
Gusanos planos	Filo Platyhelminthes	20 000	4 000	95
Mesozoos	Filo Gnathostomulida	80	80	ND
	Filo Orthonectida y Rhombozoa	50	50	ND
Gusanos alargados o aplanados	Filo Nemertea o Rhynchozoela	900	800?	ND
	Filo Gastrotricha	430	250?	ND
	Filo Nematoda.	25 000	4 000?	ND

	Filo Nematomorpha	320	20?	ND
	Filo Rotifera	1 500	75?	ND
	Filo Acanthocephala	1 150	500?	3
	Filo Kinorhyncha (Echinodera)	150	150	ND
	Filo Loricifera	9	9	ND
	Filo Tardigrada	600	pocos	ND
	Filo Sipunculida	320	320	8
	Filo Echiura	140	140	ND
	Filo Priapulida	16	16	ND
Moluscos	Filo Mollusca	70 000	60%?	1 545
Gusanos, Poliquetos	Filo Annelida, clase Polychaeta	12 000	8 000	391
	Filo Pogonophora	80	80	3
Crustáceos	Filo Arthropoda (subfilo Crustacea)	40 000	80%?	1 348
	Crustáceos no decápodos	ND	ND	705
	Crustáceos Decápodos	ND	ND	643
Equinodermos	Filo Echinodermata	6 000	6 000	387
Briozoos	Filo Bryozoa	5 000	80%??	84
	Filo Entoprocta	150	150	ND
Gusanos	Filo Phoronida	14	14	ND
	Filo Brachiopoda	325	325	ND
	Filo Hemichordata	ND	ND	ND
Gusanos flecha	Filo Chaetognatha	70	70	9
	Filo Chordata	45 000	ND	ND
Tunicados	Subfilo Urochordata, clase Ascideacea	2 300	2 300	62
Lampreas, peces	Subfilo Vertebrata, clase Gnathostomata	25 000	>20 000	998
Reptiles	Clase Reptilia		7	6
Mamíferos	Clase Mammalia		126	22
Total		≈1 730 000	≈230 000	≈7 300

El conocimiento de las bacterias y hongos marinos es aún incipiente, considerando la gran diversidad genética y específica de dichos organismos. Las macroalgas y fanerógamas, han sido bastante bien inventariadas no así las microalgas, ya que los estudios realizados han estado dirigidos más bien a evaluar el fitoplancton en su conjunto. Por otra parte, varios taxones han sido bastante bien estudiados, tal es el caso de los moluscos, los crustáceos, las esponjas, los celenterados, los equinodermos y los peces.

El nivel de conocimientos acumulado difiere notablemente entre las zonas de la plataforma. Así, por ejemplo, el Golfo de Batabanó y las aguas interiores y exteriores del Archipiélago Sabana-Camagüey han recibido atención preferencial, por su accesibilidad e importancia para la pesca y el turismo marítimo. Los Golfos de Ana María y Guacanayabo, así como la zona noroccidental de la isla y la estrecha faja de plataforma que bordea las provincias orientales, han sido pobremente estudiadas, aunque en todas ellas se han realizado investigaciones de diversa índole que han aportado información importante sobre su diversidad de organismos.

En este capítulo se presentan, de forma resumida, los conocimientos acumulados sobre los principales grupos taxonómicos, y de cada uno de ellos, las especies destacadas por su importancia económica y su papel en el ecosistema marino de la plataforma cubana y aguas adyacentes. No se pretende un análisis detallado de todos los grupos, sino solo resumir el conocimiento sobre la biodiversidad de aquellos taxones de los cuales se ha logrado integrar la información existente para Cuba, tratando de identificar su diversidad relativa, su estado de conservación y utilidad, las amenazas a que están sometidos, así como los vacíos en el conocimiento. Los mencionados resúmenes han sido confeccionados por los especialistas más destacados en el País, en cada uno de

los taxones. Para muchos de los filos que tienen representantes en el medio marino, el nivel de conocimientos es muy pobre, y a falta de especialistas en los mismos, el editor de esta obra presenta una breve síntesis tomada de la literatura, con el objeto de identificar los taxones poco conocidos, presentes o probables en aguas cubanas, y promover el estudio de los mismos (indicados con un *).

Considerando que no existía hasta la fecha un estudio integral de la diversidad de organismos marinos de Cuba y la necesidad de hacer un balance del conocimiento existente, en esta obra se presentan las listas de especies de los principales grupos taxonómicos reportadas hasta el momento de edición de esta obra, lo cual puede constituir un punto de partida para la revisión y proyección del inventario exhaustivo de la diversidad de especies marinas de Cuba.

A partir de la utilización del código genético como elemento básico para el estudio de la evolución y diferenciación de las células y organismos, la taxonomía ha sufrido radicales cambios en sus conceptos y aplicaciones. Ello ha implicado frecuentes modificaciones y criterios en la nomenclatura y ordenación filogenética, en base a diferentes criterios, sobre los cuales aún no se ha definido uno universal. Por tanto, no se sigue un riguroso criterio en la ordenación de los taxones superiores, aunque para los microorganismos se utiliza la nomenclatura dada por Madigan *et al.* (1999), y para los invertebrados la brindada por Rupper y Barnes (1994) y en los casos en que se han hecho revisiones más recientes, se adopta la más aceptable a criterio del autor.

Bacterias - Dominios BACTERIA Y ARCHAEA

María Elena Miravet Regalado y Gladys M. Lugioyo Gallardo⁴

Las bacterias son microorganismos procariontes no visibles a simple vista, que presentan una amplia variedad de características morfológicas, fisiológicas y genéticas lo cual les permite vivir en cualquier tipo de hábitat, incluso en aquellos que presentan condiciones extremas de temperatura, salinidad o pH. Las pertenecientes al dominio **Bacteria** se encuentran normalmente en las aguas, el suelo, el tracto digestivo de los animales y en muchos otros hábitats, mientras que las bacterias del dominio **Archaea** en su mayoría son anaerobias, se desarrollan en ambientes inusuales o extremos como: fuentes termales, aguas hipersalinas, suelos y aguas altamente ácidas o alcalinas. Algunas arquea-bacterias muestran propiedades bioquímicas poco comunes como las metanogénicas, las cuales producen metano como parte esencial de su metabolismo energético (Madigan *et al.* 1999).

La diversidad microbiana es indispensable para el sostenimiento de la biosfera, no sólo por el importante papel que juegan los microorganismos como descomponedores de contaminantes y restos orgánicos, sino también como productores y consumidores de gases relacionados con el clima del planeta. Las bacterias pueden utilizar fuentes alternativas de energía, sobrevivir sin oxígeno e incluso, usar diferentes fuentes de carbono orgánico e inorgánico, por lo que son extremadamente eficientes en la absorción y el reciclaje de carbono en el océano. Así, la biomasa bacteriana que se produce es consumida por diferentes organismos de niveles tróficos superiores, lo que garantiza el

⁴ Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
Ave. Ira, No. 18406 Rpto Flores, Playa. La Habana, Cuba. C.P. 12100, Cuba.
memiravet@hotmail.com y calvarez@infomed.sld.cu

funcionamiento del flujo de carbono y energía a través de la trama alimentaria, aún en condiciones de oligotrofia (Karl, 2002).

Algunas bacterias marinas intervienen en la formación de nódulos de manganeso, otras contribuyen a la precipitación de carbonato de calcio y muchas viven en simbiosis con peces u otros organismos, estableciendo relaciones mutuamente ventajosas como las que existen entre las bacterias fijadoras de nitrógeno, epifitas de las microalgas (Pérez-Nieto, 2001).

Debido a su amplia diversidad metabólica y alto poder catalítico, muchas bacterias son capaces de descomponer petróleo, otras reducen su viscosidad y algunas hasta degradan plásticos, lo cual tiene importantes implicaciones económicas y ambientales. Desde el punto de vista biotecnológico, las bacterias marinas constituyen fuentes potenciales de producción de sustancias biológicamente activas como antibióticos, inmuno-estimulantes, enzimas, etc.

El estudio de la diversidad de los procariontes ha estado muy limitado por muchos años debido a las dificultades para caracterizar los microorganismos después de su aislamiento en cultivos puros y a la inhabilidad de aislar aquellos no cultivables. Se reconoce que solamente 5 000 especies de bacterias han sido descritas mediante de cultivos puros. A partir de la década de los ochentas, el empleo de las nuevas técnicas moleculares de amplificación y secuenciación del gen ARNr 16 S, han permitido describir nuevas especies de bacterias que no habían sido aisladas antes en cultivos puros (Botella-Grau, 2000).

En la actualidad, se dispone aproximadamente de unas 22 000 secuencias completas del gen ARNr 16S procedentes de microorganismos cultivados y no cultivados, lo que ha puesto en evidencia la existencia de nuevas especies y la reubicación de otras aparentemente similares (Sherr y Sherr, 2000).

Dentro del dominio Bacteria se han descrito 12 grupos de los cuales, las bacterias Gram positivas (*Verrucomicrobiales*) y las subdivisiones alfa y gamma del grupo **Proteobacteria** se encuentran distribuidas en una amplia variedad de hábitats acuáticos. Otros grupos filogenéticos, como las bacterias de la subdivisión delta-Proteobacteria, aparecen mejor adaptadas a micronichos anóxicos y las bacterias del filo **Cytophaga-Flexibacter-Bacteroides**, en agregados que flotan en las aguas. Por otra parte, las bacterias del grupo beta-Proteobacteria han sido detectadas en aguas dulces y se encuentran ausentes en ambientes marinos. No obstante, el análisis de las secuencias de la subunidad 8S del ARN en bacterias aisladas de diferentes ambientes sugiere que algunas especies microbianas marinas se encuentran distribuidas globalmente (Kirchman *et al.* 2001).

En Cuba, los estudios sobre diversidad de bacterias han estado dirigidos en su gran mayoría, a la identificación de bacterias aerobias o anaerobias facultativas, heterótrofas y mesófilas pertenecientes al dominio Bacteria y en menor proporción, al aislamiento y recuento de bacterias que pertenecen al dominio Archea. Dentro del dominio Bacteria también se ha trabajado en un grupo grande y heterogéneo de fototrofos oxigénicos que poseen pigmentos y realizan fotosíntesis: las cianobacterias. Este grupo de organismos se trata en la sección de microalgas.

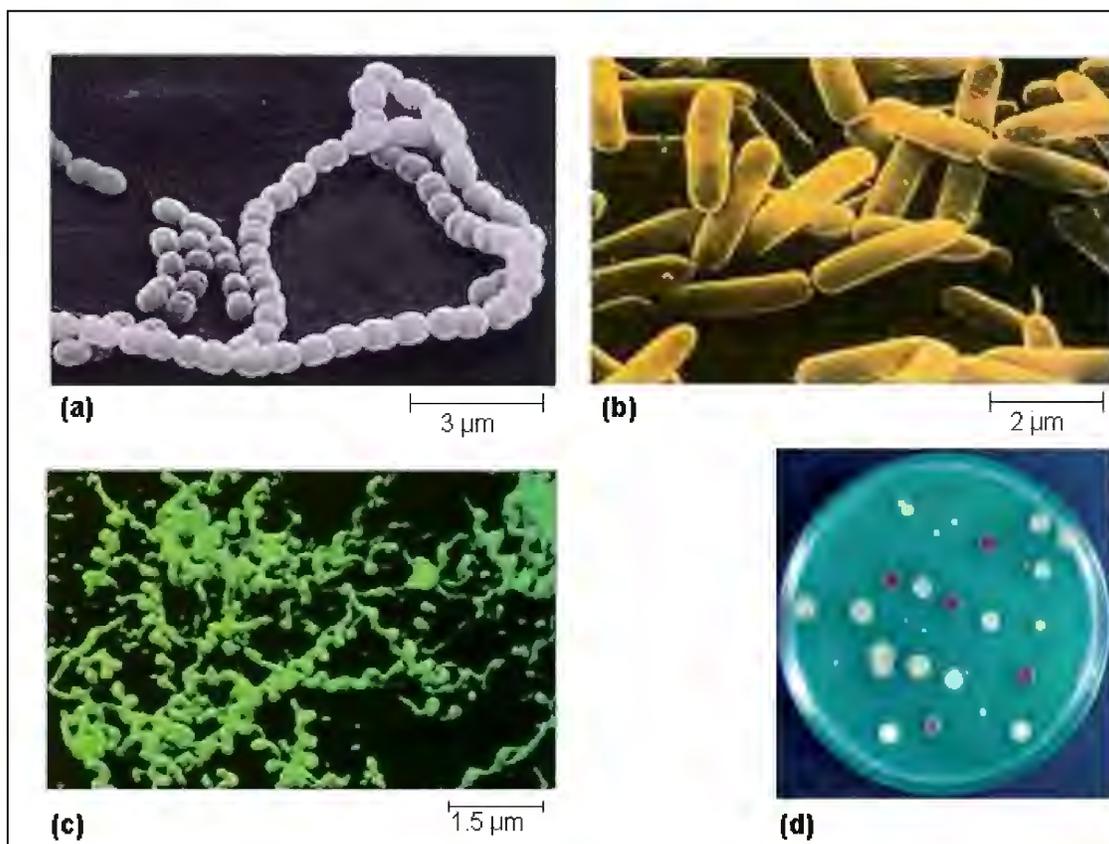
Las bacterias aisladas proceden de aguas marinas o interiores, de sedimentos marinos, de fangos salinos sulfurosos y de diferentes organismos como: corales, esponjas, algas, moluscos y peces. Los aislados de aguas y sedimentos marinos provienen tanto de la plataforma (manglares, arrecifes coralinos, fondos fangosos, fango-arenosos y arenosos), como de las aguas oceánicas hasta los 200 m de profundidad.

Hasta el momento en Cuba se han registrado 131 especies y 47 géneros. Muchos aislados no han podido ser identificados hasta el nivel de especie. Entre las bacterias identificadas se encuentran

representados miembros de 12 familias los cuales han sido descritos en otras regiones del océano mundial. En la plataforma norte occidental, se ha encontrado un mayor número de especies que en la suroccidental, quizás debido al mayor número de trabajos realizados en la primera región.

En las aguas oceánicas adyacentes, el número de especies registradas es similar en el norte y el sur, aunque en esta última región se aislaron cepas que pertenecen a *Arthrobacter*, *Halobacterium* (actualmente *Halorubrum*), *Lactobacillus* y *Photobacterium* que no aparecieron en el norte, donde a su vez se encontraron bacterias de los géneros *Corynebacterium*, *Neisseria*, *Sarcina* y *Staphylococcus* que no fueron aislados en el sur (Lugioyo, 2003).

En las aguas neríticas de la plataforma se han identificado especies cosmopolitas pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* y *Vibrio*, independientemente del tipo de biotopo, mientras que las especies de la familia *Enterobacteriaceae* predominan en las zonas costeras impactadas por residuales albañales (Miravet, 2003).



Formas más frecuentes de bacterias marinas (a - cocos, b - bacilos, c - espirilos, d: diferentes tipos de colonias de bacterias). A partir de la morfología, la coloración a la tinción Gram y la respuesta a los ensayos bioquímicos es posible la identificación de las bacterias hasta nivel de especie.

En el caso particular de las cepas aisladas de la zona suroccidental, se encontró una mayor heterogeneidad fenotípica entre los aislados de los fondos blandos que entre aquellos procedentes de los arrecifes. Ello parecer ser consecuencia de una mayor diversidad de fuentes de materia orgánica disponibles en la macrolaguna que en los arrecifes, los cuales, generalmente se encuentran en aguas oligotróficas.

Por otra parte, las bacterias aisladas de los sedimentos de la plataforma presentan mayores potencialidades para descomponer compuestos orgánicos *in vitro* que aquellas aisladas de las aguas,

quizás debido a que en los sedimentos disponen de una mayor variedad de compuestos orgánicos, lo que favorece el desarrollo de una amplia actividad metabólica. Esta capacidad catalítica garantiza la descomposición de compuestos orgánicos complejos que precipitan sin haberse degradado totalmente en la columna de agua, contribuyendo así a la autodepuración del ecosistema marino (Miravet, 2003).

En Cuba la mayoría de los aislados procedentes de las aguas y sedimentos marinos se encuentran depositados en la Colección de Bacterias Marinas realizada por el Instituto de Oceanología (depositada actualmente en el Centro de Bioactivos Marinos) la cual cuenta en total con 400 cepas de bacterias, de las cuales, el 70% se encuentra identificado. Del total de aislados, el 28,2 % degrada petróleo, el 26,9 % produce tensioactivos, el 45 % presenta actividad beta-hemolítica y el 37 % produce compuestos antimicrobianos. De estos últimos, el 17 % presenta actividad frente a *Escherichia coli* y *Bacillus subtilis*, el 7 % tiene actividad antifúngica frente a *Candida albicans* y *Aspergillus niger* y el 13 % de los aislados presenta ambas actividades. También, del total de aislados, el 26% es capaz de producir compuestos de bajo peso molecular intercalantes del ADN, característica conocida de muchos compuestos antitumorales. Dentro de las cepas productoras de antibióticos aisladas de aguas cubanas se encuentran las especies *Bacillus brevis*, *B. cereus*, *B. licheniformis*, *B. mycoides*, *B. pumilus*, *B. subtilis*, *Halobacterium sacharovorus*, *Planococcus halophilus* y *Pseudomonas stutzeri*. También, se cuenta con un aislado de *Micrococcus varians* que es productor de un compuesto glicoproteico con actividad inmunoestimulante y antitumoral en ensayos con animales de experimentación.

Entre de las bacterias degradadoras de hidrocarburos se encuentran *Acinetobacter*, *Arthrobacter*, *Bacillus cereus*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* y *Vibrio* y entre las especies productoras de tensioactivos *Bacillus cereus*, *B. circulans*, *B. firmus*, *B. licheniformis*, *B. macerans*, *B. mycoides* y *B. pumilus*, entre otras (Morales et al. 2003).

La combinación de algunas cepas degradadoras de hidrocarburos y productoras de tensioactivos se ha empleado en la formulación de un bioproducto, el cual se ha utilizado con gran efectividad en derrames de hidrocarburos que han afectado las costas cubanas. Esta bioremediación ha permitido minimizar los daños ambientales y acelerar la recuperación del ecosistema, por lo que se trabaja en el desarrollo de este bioproducto para su producción a mayor escala.

De igual manera, la producción de tensioactivos por bacterias marinas ofrece amplias perspectivas de desarrollo, no sólo por su posible empleo como aditivo en cosméticos y alimentos, sino también, por su aplicación en la industria petrolera. Tal es el caso de un compuesto tensioactivo que se obtuvo por vía fermentativa a partir de *Bacillus cereus* y se aplicó en 19 pozos de petróleo de un polígono experimental lográndose un notable incremento en la productividad de estos (ver sección Productos y Servicios de la diversidad biológica).

Algunas especies tienen notable importancia ecológica por su participación en el ciclo del azufre, como las bacterias sulfatoreductoras y oxidadoras del sulfhídrico: *Desulfovibrio* sp. y *Thiobacillus thiooxidans* respectivamente, las cuales se han aislado de fangos salinos sulfurosos con propiedades medicinales, y de aguas y sedimentos fangosos en la zona costera al sur de la Provincia Habana.

También se han identificado bacterias luminiscentes de diferentes fuentes: la especie *Vibrio harveyi* se ha aislado de organismos marinos y aguas oceánicas y las especies *Photobacterium phosphoreum* y *Vibrio splendidus* Tipo I, procedentes de las aguas oceánicas adyacentes. La especie *Photobacterium leiognathi* se aisló sólo de las aguas de la plataforma, debido a los requerimientos

ambientales de esta especie, la cual necesita para su desarrollo altas concentraciones de nutrientes y elevadas temperaturas. La bioluminiscencia de estas bacterias se debe a la presencia de la enzima luciferasa, la cual es de utilidad en la industria biomédica para el marcaje de anticuerpos, así como en la evaluación de residuales industriales mediante su empleo en ensayos de toxicidad (Stuart *et al.* 2001).

En la desembocadura de algunos ríos de la provincia Ciudad de La Habana se aislaron e identificaron bacterias parásitas pertenecientes al género *Bdellovibrio* spp., las cuales pueden contribuir a la eliminación de bacterias coliformes en el medio marino y también pudieran aplicarse en el control de enfermedades bacterianas en cultivos de algunos vegetales (Z. Romay 2004, com. pers.)

Entre las bacterias nocivas a los peces e invertebrados marinos, en Cuba se han reportado *Aeromonas hydrophila* (en tilapia), *A. salmonicida* (en camarón) conocida causante de furunculosis en peces, *Staphylococcus* sp. y *Vibrio alginolyticus* (en langosta, camarón y ostión), *V. anguillarum* (causante de las vibriosis en peces óseos) y *V. vulnificus* (en langosta y ostión), *Flavobacterium* sp. y *Pseudomonas* sp. (en bonito, carpa, tilapia y camarón de cultivo), *Plesiomonas* sp. (en camarón) y *Cytophaga* (en bonito) (Miravet, 1998). También se han identificado miembros de otros géneros y especies como *Aerococcus viridans*, *Bacillus coagulans*, *Vibrio nereis*, *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *Chromatium violaceum* (Miravet, 1998), que si bien no todos manifiestan patogenicidad en los organismos marinos, pueden transmitirse al hombre a través de la trama alimentaria pudiendo ocasionar daños a la salud.

Otras especies de bacterias reportadas son aquellas indicadoras de contaminación albañal, las cuales han recibido especial atención por los daños que ocasionan a la salud humana, ya que son causantes de diversas enfermedades gastrointestinales agudas y respiratorias. Estas bacterias en su mayoría pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, destacándose entre ellas *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *E. aerogenes*, etc., y otras a la familia *Vibrionaceae* como *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio cholerae* no O1 y *V. cholerae* no O1 grupo II de Heiberg que se han aislado e identificado de aguas costeras, sedimentos arenosos, fangos salinos y de organismos marinos como ostiones, camarones, langostas, almejas, mejillones y algunos peces de interés comercial (González, 1997; 2001).

La abundancia de bacterias nocivas para la salud humana presentes en zonas marino-costeras de interés recreativo es evaluada regularmente por las autoridades del Ministerio de Salud Pública encargadas de este control. De igual forma, las autoridades de Control de Calidad del Ministerio de la Industria Pesquera chequean sistemáticamente la presencia de bacterias nocivas en los organismos marinos que se usan como alimentos.

Las investigaciones sobre la diversidad de microorganismos, han tomado gran auge a partir de la introducción de las técnicas moleculares (Sherr y Sherr, 2000), las cuales facilitaron el descubrimiento de nuevas especies. En Cuba el nivel de conocimientos sobre las bacterias marinas aún es pobre. Los estudios han estado dirigidos fundamentalmente a la identificación de bacterias aerobias y anaerobias facultativas, mesófilas y quicio-organotrofas, su variación espacio-temporal y su relación con algunos parámetros físico-químicos y meteorológicos con el fin de encontrar especies y/o grupos indicadores de calidad ambiental.

Aunque no se ha estudiado la ecología y funciones de las bacterias quicio-litotrofas, las especies *Desulfotributium desulfuricans*, *Thiobacillus thiooxidans* y *Beggiatoa* sp. se han aislado de los fangos sulfurosos de algunas salinas de Cuba. Estas bacterias participan en la formación de compuestos bioactivos del azufre por lo que su presencia y concentración en estos fangos se han

usado como criterios para evaluar el grado de deterioro de dichos peloides en condiciones de almacenamiento.

En cuanto a la diversidad y abundancia de bacterias anaerobias como las metanogénicas y fototrofas, se desconoce totalmente, debido a dificultades inherentes al cultivo de dichos microorganismos.

Desde el punto de vista geográfico, las investigaciones sobre diversidad de bacterias marinas en la plataforma cubana se han limitado a las zonas norte y sur-occidental. De la región central y nororiental, sólo existe información sobre la distribución cuantitativa de bacterias heterótrofas aerobias mesófilas y la intensidad con que descomponen la materia orgánica. De los Golfos de Ana María y Guacanayabo sólo existe información cuantitativa del número total de microorganismos y la biomasa bacteriana.

En las aguas oceánicas adyacentes al Archipiélago Cubano, los estudios se han realizado en la capa fótica, hasta 200 m de profundidad, por su importancia para los organismos fotosintetizadores, primeros eslabones de la trama alimentaria. En esas aguas la concentración de microorganismos fue mayor en el norte que en el sur. En ambas regiones las mayores concentraciones de bacterias heterótrofas mesófilas se encontraron en el nivel superficial y en la capa termoclina, observándose una disminución hacia el final de la capa fótica. Esta distribución está directamente relacionada con la concentración de materia orgánica que utilizan estos microorganismos como fuente de carbono y energía.

Los factores que constituyen amenazas específicas para el mantenimiento de la diversidad microbiana en el ecosistema marino son los mismos que atentan contra el sostenimiento de la vida en el planeta (contaminación, cambios climáticos). Sin embargo, los microorganismos tienen una reconocida capacidad de adaptación ante condiciones ambientales adversas, formando estructuras resistentes (esporas) o logrando reducir al mínimo su actividad metabólica, lo que les permite mantenerse en un estado “latente” (“dormant state”), hasta que se recuperan las condiciones ambientales favorables. Esta capacidad de adaptación de los microorganismos constituye una estrategia para la sobrevivencia.

Una importante amenaza para la diversidad bacteriana lo constituyen los factores que atentan contra la conservación “ex situ”. Los aislados que se conservan en colecciones (muchos de los cuales no han sido aún estudiados) corren el riesgo de perder potencialidades fisiológicas y bioquímicas, a veces debido a la presencia de plásmidos en el interior de las células y otras por falta de las condiciones óptimas de mantenimiento.

El conocimiento y uso de los microorganismos marinos es aún incipiente, teniendo en cuenta la gran diversidad de especies que se asume que existen en el ecosistema marino. Aunque son relativamente pocas las especies que se encuentran en explotación desde el punto de vista biotecnológico (la mayoría son cepas productoras de antibióticos, enzimas e inmunoestimulantes), este campo de investigación debe ser priorizado por las amplias posibilidades de obtener nuevas moléculas bioactivas y las ventajas económicas que presenta la producción de metabolitos por vías fermentativas (Blunt *et al.* 2003).

Hongos – Dominio EUKARYA, Reino FUNGI, Filos ASCOMYCOTA y DEUTEROMYCOTA.

Los hongos se diferencian fácilmente de los procariotas por poseer células más grandes (10-100µm), núcleo verdadero (con envoltura nuclear), vacuolas y mitocondrias, es decir, una típica célula eucariótica. Presentan nivel de organización unicelular, pluricelular o dimórfico. Contienen paredes celulares rígidas constituidas principalmente por quitina, en combinación con diversos polisacáridos. A diferencia de las células de las algas y otras plantas vasculares, las células de los hongos no poseen cloroplastos y también se diferencian en la constitución química de la pared celular y las sustancias de reserva. Tienen respiración fundamentalmente aeróbica y nutrición heterótrofa. Presentan reproducción asexual y sexual, generalmente con la producción de esporas móviles (Herrera y Ulloa, 1998). El Reino Fungi, está formado por tres filos: Ascomycota, Basidiomycota y Deuteromycota (Hyde y Pointing 2000). La característica esencial del filo Ascomycota, a la cual debe su nombre, es la producción de ascas durante la reproducción sexual, en cuyo interior se generan las esporas denominadas ascosporas. Las ascas se agrupan en cuerpos fructíferos microscópicos y macroscópicos, llamados ascocarpos. Su reproducción puede ser asexual y sexual, constituyen el mayor grupo de hongos y son cosmopolitas.

Todos los hongos, incluidos en el filo Basidiomycota, forman esporas durante la reproducción sexual, llamadas basidiosporas sobre células especializadas con el nombre de basidios. Generalmente cada basidio engendra cuatro basidiosporas en su zona apical. Los basidios se encuentran generalmente organizados en un himenio que se localiza en un basidiocarpo. Su reproducción puede ser asexual y sexual.

El filo Deuteromycota comprende un gran número de especies con reproducción asexual, por medio de esporas denominadas conidios. Este filo se encuentra en revisión y reorganización porque se considera que se trata de los estados asexuales de ascomicetes, cuyos estados sexuales no han sido encontrados o nunca han existido (Alexopoulos *et al.*, 1996). Solo en un pequeño número de Deuteromycota se ha podido correlacionar el estado asexual con el sexual. La inmensa mayoría de estos hongos son terrestres, aunque existen acuáticos, tanto marinos como dulceacuícolas.

La mayoría de los hongos marinos son saprobiontes, es decir viven asociados a la materia orgánica en descomposición, aunque existen algunas especies parásitas de plantas y animales marinos. En las algas se reportan alrededor de 31 especies de ascomicetes marinos parásitos, en las cuales se pueden observar decoloraciones o la formación de estructuras de fijación. Las especies *Lindra thalassiae*, *Lindra maritima* y *Lulworthia sp.* muy comunes en nuestras costas, parasitan a *Sargassum sp.* El hongo *Haloguignardia irritans* parasita a *Cystoseira sp.* y *Halidrys sp.* En algunas algas rojas se observan decoloraciones, como la provocada por *Chadefaudia marina* en *Rhodymenia palmata* (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979). El hongo *Cytospora rhizophoreae* ocasiona la muerte de semillas, retoños y la destrucción de las raíces aéreas del mangle rojo, *Rhizophora mangle* (Enríquez, 2004).

Los hongos juegan un papel primordial como descomponedores primarios de sustratos orgánicos entre los que se encuentran los compuestos lignocelulósicos, los cuales, no pueden ser utilizados por otros organismos y cuya acumulación en el ecosistema terrestre o acuático pudiera convertirse en una causa frecuente de contaminación. Por tanto, los hongos contribuyen a la

⁵ Instituto de Oceanología, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
Ave.1ra, No.18406 Rpto. Flores. Playa. La Habana, Cuba. C.P. 12100, Cuba.
diana@oceano.inf.cu

mineralización de las fuentes de carbono absorbidas de sus alrededores, al reciclaje de nutrientes y al movimiento de materia y energía en su medio ambiente (Liberra y Lindeguist, 1995).

Otra actividad importante de los hongos es su contribución a la formación de partículas de arena a partir de la fragmentación de las conchas y los esqueletos calcáreos de moluscos y foraminíferos. También se ha demostrado que los hongos marinos pueden degradar algunos compuestos del petróleo como el n-hexadecano, 1-hexadeceno, pristano y en menor grado, n-tetradecano, lo que puede ser utilizado en la bioremediación de ecosistemas marinos dañados con estos contaminantes (González *et al.*, 2000).

Los hongos constituyen una fuente importante de productos biológicamente activos, incluyendo compuestos de interés farmacológico como los esteroides, alcaloides, antibióticos y antitumorales. Algunos hongos producen productos químicos como el etanol, y enzimas que se emplean como aditivos alimentarios. De algunos hongos marinos se han obtenido ácidos grasos como el oleico, el palmítico y el linoleico, así como muchos aminoácidos (Miller, 2000).

Los datos generados al valorar la diversidad de los hongos microscópicos en un lugar pueden ser utilizados como indicadores del nivel de perturbación de ese ambiente, y específicamente indican el primer nivel de respuesta a la destrucción sistémica del ecosistema (González *et al.* 2000).

Los hongos se encuentran ampliamente distribuidos y viven en cualquier sitio que presente material orgánico. Se encuentran en temperaturas de 4 a 60 °C, no obstante, el rango de temperaturas óptimas para el desarrollo de las especies tropicales fluctúa entre 25 y 28 °C e incluso hasta 35 °C. Sin embargo, las especies cosmopolitas son más tolerantes a las variaciones de temperatura, un ejemplo típico es *Corollospora maritima*, una de las especies frecuentes no solo en el Caribe, sino también en todo el mundo (Enríquez, 2004). El cosmopolitismo de los hongos se debe fundamentalmente a su distribución por pequeños fragmentos de sus micelios y sobre todo, por la enorme cantidad de esporas microscópicas que son transportadas fácilmente por las corrientes de aire y agua a lugares lejanos y diversos (Herrera y Ulloa, 1998).

Los principales factores que controlan la distribución de los hongos marinos son: temperatura, salinidad, existencia de hospederos y sustratos disponibles, presión hidrostática, iluminación, contaminación, oleaje y oxígeno disuelto (Kohlmeyer, 1983; Jones, 2000). Estudios recientes han demostrado que la existencia de sustratos y hospederos adecuados es el principal factor para el desarrollo de dichos organismos (González *et al.* 1998). Los hongos se encuentran en todos los biotopos que forman el ecosistema marino: desde las zonas costeras hasta las profundidades oceánicas. Se conocen como “hongos marinos estrictos” cuando se desarrollan y esporulan sólo en ambientes marinos y estuarinos, y “hongos marinos facultativos” cuando provienen del hábitat terrestre o de aguas dulces pero que son capaces de crecer y en ocasiones esporulan en condiciones marinas (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979 y Hyde *et al.*, 2000).

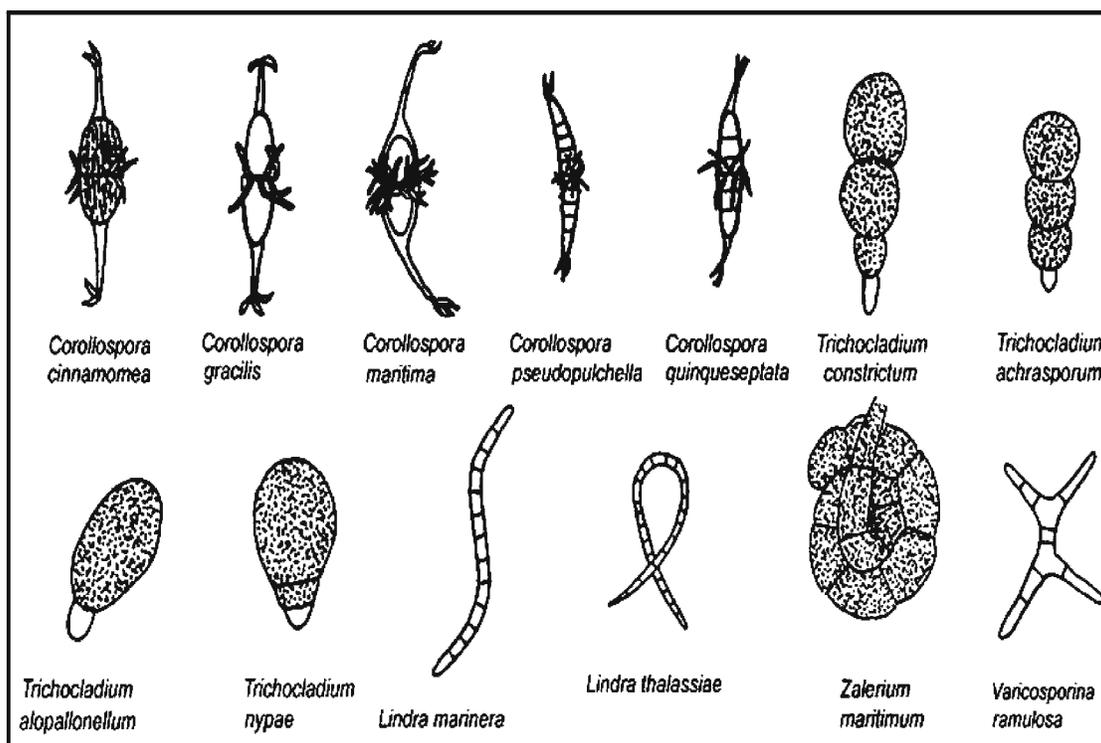
Se han descrito alrededor de 80 060 especies de hongos. De éstas aproximadamente 78 660 son terrestres, 1 000 son dulceacuícolas y solo 444 son marinas (Hyde y Pointing, 2000). Para la región del Caribe, se han registrado 11 250 especies de hongos pertenecientes a 2 643 géneros y 386 familias, la mayoría de ellos terrestres (Minter *et al.*, 2001).

En Cuba se han registrado 3 870 especies de hongos (Minter *et al.*, 2001), de las cuales solo 38 especies son marinos. De ellos 29 corresponden al filo Ascomycota y nueve al grupo de los hongos mitospóricos del filo Deutoromycota (actualmente en revisión para su reubicación taxonómica). Hasta el momento, no se han encontrado representantes del filo Basidiomycota en aguas cubanas (González *et al.*, 2003).

Son pocos los hongos que dependen de un hospedero específico, entre ellos podemos citar *Didymosphaeria rhizophorae*, *Keissleriella blepharospora* y *Robillarda rhizophorae*. Estas especies se encuentran restringidas a las raíces y hojas del mangle rojo, *Rhizophora mangle*. Por el contrario, especies como *Corollospora gracilis*, *Lindra marinera* y *Arenariomyces parvulus* se han encontrado colonizando varios tipos de sustratos, siendo muy frecuentes y con un amplio rango de distribución geográfica (Enríquez *et al.*, 2001).

Las especies *Corollospora maritima*, *Arenariomyces parvulus* y *A. triseptatus* se han aislado tanto del interior como de la superficie de los foraminíferos que se encuentran comúnmente en las playas de Cuba (Enríquez *et al.*, 2001). Entre las especies más abundantes están *Lindra marinera*, *Corollospora maritima* y *Arenariomyces parvulus*, las cuales representan más del 60% del total de los aislamientos realizados en la zona costera.

Los hongos de los géneros *Corollospora*, *Varicosporina* y *Arenariomyces* aislados frecuentemente en la zona litoral de Cuba, utilizan como fuente de carbono el n-hexadecano, el cual constituye una fracción de los hidrocarburos alifáticos. Esta habilidad es muy frecuente entre las especies de hongos marinos arenícolas lo que los convierte en candidatos potenciales para trabajos de biorremediación (Kirk y Gordon, 1988).



La mayoría de las especies identificadas en la plataforma cubana han sido aisladas de la zona litoral a partir de sustratos orgánicos como restos de maderas, cocos, algas, corales, foraminíferos, hojas, semillas y raíces de mangles y en menor proporción, de sedimentos y muestras de agua. También se han aislado de la espuma de mar, la cual acumula entre sus burbujas considerable variedad de esporas.

Liberra *et al.* (1998) obtuvieron el antibiótico Corollosporina a partir de *Corollospora maritima*, especie muy abundante en Cuba. También de *Dendryphiella salina* se ha producido Glicerol dendryphiellate A y Dendryphiellins A1, E1 y E2 (Guerrero *et al.*, 1990).

Los hongos marinos arenícolas por lo común son saprobios e inócuos para la salud, pero existen también en la arena de las playas especies patógenas al hombre que ocasionan diversos tipos

de micosis. En las playas cubanas, este tipo de estudio será acometido en un futuro inmediato. Es necesario evaluar la presencia de dichos hongos para su control y prevenir la infección de las personas que se exponen a la arena de las playas con fines recreativos o de trabajo (Gonzalez *et al.*, 2000).

Hasta la fecha las investigaciones sobre los hongos marinos en Cuba se limitan a algunas áreas muy pequeñas, como el litoral de la zona noroccidental, que es la mejor estudiada (Capó de Paz, 1986 y Enríquez, 2004), la zona norte oriental y la Ciénaga de Zapata (Villamigos, 2004). De las especies registradas, 25 han sido encontradas en la región noroccidental y 13 provienen de las otras zonas. Es evidente la necesidad de extender el estudio de la diversidad de hongos marinos al resto de las regiones de la plataforma cubana.

