

**PROBLEMAS GEOMORFÓLOGO-AMBIENTALES DE  
LAS RESTINGAS Y MANGLES EN PERNAMBUCO Y  
CUBA  
NIÉDJA MARIA GALVÃO ARAÚJO E OLIVEIRA**

**INTRODUCCIÓN**

La humanidad se apresta a llegar al segundo milenio con los ojos y mente puestos en diversos problemas planetarios: globalización, neoliberalismo, miseria, injusticia social, cambios climáticos y medio ambientales, entre otros. El último de ellos es, quizás, el que requiera una mayor mancomunación de esfuerzos por su carácter eminentemente global y sin fronteras políticas, raciales ni de credos. Prácticamente en todos los países y estados se utiliza algún recurso de forma irracional, se contamina el ambiente, se modifica o destruye algún componente natural sin excluir a la propia especie humana. Desde la década pasada muchos foros internacionales y mundiales se han celebrado; nuevas organizaciones han sido creadas, programas científicos internacionales han surgido. Basta señalar la Cumbre de Río, la de Estocolmo, el Programa Internacional Geosfera-Biosfera, el Instituto Interamericano para el Cambio Global, la Reunión de Kyoto y otros.

Diversos sistemas geográficos como las montañas, los humedales y las zonas costeras han sufrido grandes modificaciones debido a su alto grado de fragilidad, a su alta geodinámica y por constituir espacios de interfase. En particular los costeros de las zonas tropicales han sido muy agredidos a lo largo de la historia de la humanidad. Allí donde las condiciones eran más favorables o existían recursos explotables, el hombre realizó acciones que provocaron transformaciones a veces irreversibles en la naturaleza.

Una parte importante de la sociedad humana se concentra en los sistemas costeros del planeta. La existencia de la frontera entre la tierra y el mar determina un gran número de elementos que se aceptan sin cuestionar, tales como la cantidad de tierra disponible para el establecimiento directo del hombre y la implantación de la agricultura, la productividad ecológica y económica de los sistemas costeros, bahías y puertos usados para el comercio y otros.

Las franjas costeras acumulativas, en particular las restingas y mangles, son un ejemplo claro de ese proceso histórico-evolutivo ocurrido en los últimos 500 años. El medio costero representa el núcleo de esta tesis en momentos en los cuales la humanidad busca mejoras en la calidad de vida y en la tentativa de preservar el patrimonio que la naturaleza originó.

Por todo lo anterior la autora se plantea como hipótesis la siguiente: las restingas y mangles, como sistemas localizables y geográficos de interacción tierra-mar, poseen una alta dinámica y han sufrido grandes modificaciones geomórfico-ambientales, producidas por la influencia directa del hombre, es decir, por las pequeñas y grandes acciones realizadas, en vías de realización o expansión, y también por la influencia de los factores naturales que determinan su estado y desarrollo.

Objetivo general. Analizar, en un plano evolutivo, la geomorfología ambiental de las formas que, como objeto dinámico reflejan ambientes acumulativos marinos y fluviomarinos, a fin de identificar el sistema de relaciones de los procesos

formadores posibles de ocurrir en diferentes escalas espaciotemporales, los reflejos en el ambiente y el papel de la influencia antrópica en los cambios del sistema.

**Objetivos específicos:**

- Conocer la dinámica de las restingas y mangles.
- Identificar las relaciones zonal-ambientales existentes entre los elementos y procesos naturales.
- Determinar impactos antrópicos y naturales.
- Generar información y proponer las bases sobre la ordenación del territorio y las medidas.
- Contribuir al inventario costero del Estado de Pernambuco y Ciudad de La Habana.

**Tareas:**

- Preparación teórico-metodológica sobre los principales conceptos temáticos, métodos y procedimientos en el análisis geomorfológico-ambiental.
- Selección y caracterización de las zonas de investigación y definición de las morfologías de restinga y mangle.
- Análisis dinámico-evolutivo de las morfologías bajo estudio.
- Estudio del estado actual de las restingas y mangles, de las acciones y de los impactos.
- Determinación del uso potencial del territorio y de las vías para su mejor aprovechamiento.

Novedad científica. Los temas que relacionan el factor relieve con el ambiente y sus variaciones espacio-temporales, marcan una nueva línea de trabajo en la geomorfología mundial y en los países de referencia (Brasil y Cuba), conocida como geomorfología ambiental. El objeto de estudio, es decir, la zona de interacción dinámica tierra-océano y los cambios que han ocurrido en ellas están presentes en los principales proyectos científicos internacionales. Además, se realiza un análisis paralelo para condiciones continentales e insulares. Por otra parte, en la literatura geomorfológica y geológica cubanas no existen referencias especializadas sobre tales formas.

Importancia. El análisis geomórfico-ambiental que aquí se propone, se enviste de la preocupación de una geografía que contempla el medio natural y el hombre en un sistema de relaciones a lo largo de diversos momentos históricos, los cuales resultan en la creación de espacios probables de ordenación y toma de medidas. La tesis aporta conocimientos científicos sobre la dinámica y evolución de un espacio geográfico poco estudiado en Cuba. Se destaca la importancia de este estudio para la geografía, toda vez que se analizan los sistemas formados por las restingas y mangles, previniendo un papel doble de acción: 1- ordenar para conservar y proteger el medio y para emplear racionalmente los recursos sin romper el equilibrio natural y 2- corregir los errores resultados de la agresión sufrida por el ambiente mediante la acción antrópica, considerando las modificaciones que afectan las zonas costera y litoral.

Aplicación. Desde hace varios años las zonas costeras y litorales de Brasil y Cuba están siendo afectadas, tanto por la acción de diversos fenómenos naturales como por el propio hombre. Así, en diverso grado han sido modificados y transformados algunos componentes geográficos y también el sistema natural en

general. Los resultados de esta investigación repercuten en dos esferas básicas: la primera de ellas en el aporte científico acerca del conocimiento y clasificación de dos nuevos tipos geomorfológicos para Cuba, y sus principales procesos naturales formadores; la segunda y más directa, consiste en la propuesta de bases para su ordenación o manejo y para promover una cultura de la conservación y preservación de la naturaleza entre las instituciones públicas implicadas, empresas privadas y en la propia población.

La selección de las áreas de investigación se realizó bajo los principios de identidad y semejanza en cuanto a: existencia de ambas morfologías, evolución geólogo-geomorfológica e histórica, comunidad de condiciones naturales, grandes transformaciones provocadas por el hombre, proporcionalidad de superficie de acuerdo con el territorio de ambos países y grado de investigación. Características geográficas generales de los territorios. Situado en el NE de Brasil, el Estado de Pernambuco tiene una extensión de costas de 187 km, de los cuales 58,5 en línea recta y continua en un ancho de 2- 3 km, corresponden a la franja costera norte de Recife (FCNR) y las restingas y mangles implícitos en ella. La franja está comprendida entre las coordenadas geográficas 07032'08"- 08004'07" S y 34049'40"-34052 '05" W, situándose entre los sistemas hidrológicos Capibaribe (al Sur), que corta la ciudad de Recife, y Goiana, frontera entre los estados Pernambuco y Paraíba (al Norte) (Anexo 1).

El área de estudio está incluida en la faja sedimentaria norte de Pernambuco (Dantas y Brito, 1980), constituida por los sedimentos del Grupo Paraíba (Cretácico-Paleógeno), por la cobertura de la Formación Barreiras (Pliopleistoceno) y otros depósitos cuaternarios no diferenciados cronológicamente.

El Grupo Paraíba engloba las formaciones Beberibe/Itamaracá y Grámame (Cretácico Superior) y Maria Farinha (Paleoceno). La primera presenta tres facies interdigitadas: fluvial, lagunar y marina, compuestas por silicatos fosilíferos y arcillas y a la segunda corresponden calizas margosas con intercalaciones de arcillas calcáreas y predomina una facie calcarenítica como transición de un arenito para una arena de playa de facie transgresiva. La Formación Maria Farinha presenta calizas detríticas bien estratificadas y caliza recristalizada.

La Formación Barreiras corresponde a la cobertura sedimentaria de tipo glacis de deposición, datada como del Plioceno Superior e inicios del Pleistoceno. Estos depósitos, según Mabessone y Silva (1991), son esencialmente arenosos con algunas intercalaciones de microclastos, generalmente sin fósiles, son correlativos a la formación en el interior nordestino de la superficie Sertaneja (Mabessone y Castro, 1975), depositados en ambientes de corrientes de fango y ríos de clima seco, lo que evidencia el carácter de pediplanación del proceso que los originó.

Los depósitos actuales y holocénicos son sedimentos representados por las arenas de las playas, de las dunas y de los arrecifes de arenitos (beach rocks); arenas y arcillas aluviales de los mangles y arenas marinas y fluviomarinas de las restingas respectivamente.

En la zona costera septentrional de Pernambuco predomina el clima As, según la clasificación de Köppen (1948). El clima, caliente y húmedo, tiene una media anual de temperatura superior a 25°C, una humedad relativa superior a 79% y una nubosidad superior a 6,3. La acción de los vientos alisios y de las brisas ora

minimizan, ora maximizan los efectos térmicos provenientes de la insolación, característica de las bajas latitudes. La pluviosidad es regular, se caracteriza por precipitaciones abundantes con totales superiores a 1300 mm, distribuidos en dos estaciones, pero abundantes casi todo el año. Este hecho es consecuencia de la acción conjunta de las masas de aire y del frente polar atlántico.

En la restinga los suelos son de arenas cuarzosas o biogénicas, distróficos, profundos, excesivamente drenados y de baja fertilidad natural. Presentan una secuencia de los horizontes A y C, mientras en los mangles los suelos son indiscriminados de mangle, correspondiendo a los suelos hidromórficos sin nítida diferenciación de horizontes, mal drenados, con altos tenores de sales disueltas, generalmente, un horizonte salino y aparecen donde existe más materia orgánica. La cubierta vegetal tiene características de los ambientes fitogeográficos siguientes: campo de restinga, mata de restinga, vegetación de mangle, mata atlántica y cerrado.

Desde el punto de vista hidrográfico, el área presenta una red fluvial densa (2- 2,5 km/km<sup>2</sup>), constituida por cuencas de pequeños ríos costeros y de ríos más largos. Los primeros están incluidos totalmente en la zona de mata, donde las precipitaciones están bien distribuidas, lo que contribuye a que posean un carácter perenne, desde las cabezadas hasta las desembocaduras (Beberibe, Paratibe, Timbó, Botafogo, Igarassu, Jaguaribe). En el segundo caso, con lluvias irregulares se tienen los ríos Capibaribe y Goiana. El Capibaribe, es el más largo y por ello tiene régimen mixto, ya que es temporal allí, donde atraviesa una zona de agreste o zona de transición entre los climas húmedo y subhúmedo. Al cortar la zona de mata, los tributarios perennes lo hacen adquirir un carácter perenne hasta llegar al Océano Atlántico. El Goiana, formado por la confluencia de los ríos Capibaribe-Mirin y Tracunhaén (en la zona de mata) se origina en los contrafuertes del Planalto da Borborema, área dispersora de agua, en los municipios Bom Jardim y Sao Vicente. La red de drenaje en una costa de topografía baja y plana, que favorece la formación de rías, recibe la influencia del agua marina durante la pleamar, todo lo cual constituye la base del ambiente del mangle, el cual ocupa un área importante en la zona costera del Estado de Pernambuco.

Todas estas características se interrelacionan o de forma aislada concurren con la geomorfología ambiental de las restingas y mangles. En el relieve se distinguen dos unidades contiguas: superficie de los tabuleiros costeros y llanura arenosa costera. Se observa un “enfrentamiento” entre estas dos unidades, que se manifiesta construyendo y destruyendo las más variadas imágenes topográficas actuales de formas marinas, fluviales y fluviomarinas en la segunda.

La superficie de los tabuleiros costeros, generalmente, se ubica al Oeste, desarrollándose en altitudes descendentes hacia el Este desde 80-60 hasta 40-30 m snmm, en un plano, discretamente erosionado e inclinado (1 a 4 m/km) hacia el océano. Esta unidad está elaborada sobre las rocas de la Formación Gramame, pudiendo llegar hasta el mar en forma de acantilados vivos, que se alinean con los mamelões de la Formación Barreiras y con las terrazas marinas. La llanura costera contigua a los acantilados muertos alineados, domina el ambiente reciente con restingas, mangles y dunas, así como en el litoral dominan la playa actual, los arrecifes de arenito y restingas jóvenes. Los propios arrecifes, a pesar de su discontinuidad protegen la costa y, al mismo tiempo, son los responsables del

surgimiento de un mar interior, donde el proceso acumulativo se hace sentir más fuertemente, proporcionando la acumulación retroarrecifal y la formación de restingas recientes. Las zonas costeras del planeta son las más demandadas para la urbanización y la de Pernambuco no es la excepción de la regla, teniendo, como respuesta espacios de grandes impactos, ocasionados por ella y por los procesos socioeconómicos asociados.

El Archipiélago cubano está formado por una isla mayor y otra menor, en cuyo entorno existen numerosos cayos e islotes. La costa septentrional forma un arco convexo hacia el Norte y la meridional uno cóncavo, con cierto paralelismo entre ambos. El área cubana de estudio o franja costera este de La Habana (FCEH) se ubica entre las latitudes  $23^{\circ}10'03''$  y  $23^{\circ}10'02''$  N y longitudes  $82^{\circ}12'04''$  y  $82^{\circ}05'06''$  W, en la costa norte de la Isla (porción occidental), la cual ocupa 1 700 de los 3 500 km totales de costa, como parte de la provincia Ciudad de La Habana, entre Punta de Cobre y Rincón de Guanabo (Anexo 1). En particular la restinga tiene 11 km de largo y 1 km de ancho promedio.

Esta franja costera ha sido principalmente acumulativa desde el Mioceno. Los sedimentos presentes tienen una edad Mioceno Inferior y Medio, Plioceno, Pleistoceno inferior y Holoceno (Borkowska, 1988). Los miocénicos son las calizas y calizas margosas de la Formación Güines, los pliocénicos son calizas de la Formación Vedado que alcanzan el Cuaternario Inferior, los pleistocénicos calizas organoclasticas y eolianitas de las formaciones Jaimanitas, Santa Fé y Guanabo y los depósitos fluviomarinol holocénicos y recientes de arenas, arcillas y fangos, formadores de las restingas, playas, dunas más jóvenes y mangles.

La posición geográfica de Cuba en la zona tropical y la proximidad al continente norteamericano determinan las condiciones climáticas de la FCEH. Predomina el Aw, según Köppen (op. cit.), es decir, tropical con verano húmedo (Atlas Nacional de Cuba, 1970), con una temperatura media anual del aire de  $25^{\circ}$  C, una máxima de  $34,2^{\circ}$  C y una mínima de  $12,5^{\circ}$  C. Las mínimas sufren variaciones anuales de una gran amplitud, mientras que las variaciones de las máximas son pequeñas. Este fenómeno se explica por la penetración de la masa polar norte (fría y seca), en tanto que la masa ecuatorial (caliente y húmeda) en su trayectoria del centro de baja presión no sufre generalmente alteraciones en lo que concierne a su temperatura. Pero como masa húmeda, llega sobre las costas con un alto contenido de humedad, provocando turbonadas. La humedad relativa del aire es del 78% como media.

Existen dos estaciones bien definidas, la seca (abril-noviembre) y la de lluvias (mayo-octubre). El índice medio de precipitación pluviométrica gira en torno a 1 200 mm anuales. Las lluvias máximas ocurren en junio y octubre, y el índice menor se presenta en febrero.

Los vientos alisios ejercen un papel importante sobre el clima de Cuba y actúan del NE durante el verano y del E y NE en el invierno. Su velocidad oscila alrededor de los 16 km/h. En el invierno los frentes originan fuertes vientos del NW y N. Los ciclones tropicales forman parte del conjunto de factores de interferencia en la distribución de los vientos que llegan a alcanzar 300 km/hora. Los suelos predominantes son arenas calcáreas, sin determinación de horizontes, poco desarrollados, permeables y de baja fertilidad natural. Acompañan a estos suelos de restinga, los suelos hidromórficos, gleyzados, mal drenados y con un alto

contenido de sales en los mangles. Su fitogeografía, es reflejo de la relación clima-suelo, según el nuevo Atlas Nacional de Cuba (1989) y las investigaciones de campo, y posee una fisionomía muy degradada. En ella se pueden identificar los campos de restinga, el manglar, la mata subperennifolia secundaria/terciaria, forma de manchas, la vegetación de dunas y la vegetación rupestre. El área presenta una red hidrográfica de poca densidad (1,0 km/km<sup>2</sup>), constituida por cuencas de pequeños sistemas costeros, donde las precipitaciones están bien distribuidas, lo que debía contribuir a que los ríos tuvieran un carácter perenne. Sin embargo, el predominio de rocas carbonatadas provoca la existencia de un drenaje parcialmente subterráneo, lo que determina que los cursos fluviales resulten intermitentes, por pérdida de agua según el buzamiento de los estratos y fracturas. Cuando surgen cursos perennes tienen sus cabeceras en rocas no carbonatadas, instalados en fracturas y se convierten en transcurrentes a los bloques costeros. Entre los ríos se destacan el Guanabo, que para alcanzar la franja costera corta las terrazas, y modela un abra; también el Boca Ciega y el Veneciana, que normalmente alcanzan el mar en forma de ría.

En la morfología costera se pueden distinguir dos unidades geomórficas: superficie de terrazas marinas abrasivas y llanura arenosa costera. La superficie de las terrazas está elaborada en formaciones mayormente pliocénicas y alcanzan una altitud de 50 m. Se observa una secuencia de terrazas abrasivas, con la Formación Vedado como base, seguida de la Formación Jaimanitas. Sobre las terrazas aparecen paleodunas correspondientes a las formaciones pleistocénicas y otras dunas en niveles inferiores que no son parte de ellas. Estas terrazas se arquean hacia el Sur, formando un semicírculo hacia el mar, en cuyos extremos aflora la Formación Jaimanitas, completamente desnuda y bajo la acción de la abrasión. En el interior de ese arco de terrazas se forma un área de depresión relativa, donde se concentran los depósitos que constituyen la llanura arenosa holocénica-reciente, con morfología de restinga, lagunas, mangles y dunas con sus depósitos actuales. Como en Recife, la urbanización ha sido responsable de las principales transformaciones ocurridas, en conjunto con la explotación turística de las playas.

Volumen y estructura de la tesis. El texto contiene 102 páginas y 84 ilustraciones (figuras y tablas). Está compuesto por la Introducción, tres capítulos, Conclusiones y Recomendaciones, Referencias bibliográficas, Glosario y Anexos.

El Capítulo I contiene comentarios sobre los principales términos y conceptos empleados en Brasil, Cuba y otros países, relacionados con el contenido fundamental de la investigación: litoral, costa, línea de costa y otros. También se exponen los elementos básicos de las clasificaciones de costa y se realiza un análisis de los conceptos de restinga y mangle y sus correspondientes tipos geomorfológicos. Al final se realiza un análisis del enfoque, métodos y procedimientos.

En el Capítulo II se enuncian y describen los factores fundamentales responsables de la formación de las restingas y mangles, el proceso genético que los origina, así como la historia de la ocupación de estos territorios y las modificaciones ocurridas en su morfología, suelo, y vegetación. También se destaca como, a partir de una ocupación desordenada, se ha llegado al deterioro de las playas, la destrucción de las restingas y mangles; y se realiza una valoración de los

elementos zonales y azonales que influyen en el surgimiento de estas morfologías y una descripción del manto vegetal y sus especies predominantes.

El Capítulo III está dedicado al análisis pormenorizado del estado actual de las restingas y mangles, haciendo énfasis en la erosión de las playas, la calidad de las aguas (DBO, OD y coliformes) y las fuentes contaminantes en los mangles. También se tratan los peligros naturales y sus vínculos con los problemas originados por la asimilación humana, incluyendo el posible ascenso del nivel del mar y una identificación y evaluación de los impactos sobre los factores y elementos, originados por las acciones humanas. Finalmente se exponen las bases para una ordenación en diversas unidades morfológicas y las medidas.

### **CONCEPTOS, TEORÍA Y MÉTODOS**

Actualmente el especialista en planificación y gestión, enfrenta problemas complejos con respecto al uso y administración de los recursos contenidos en el espacio costero, pues los procesos naturales, sociales y políticos implicados son diversos. Más complejo se torna analizar los sistemas costeros, cuando existe una multiplicidad de visiones teóricas de los significados de costa y litoral. En castellano el litoral no ha sido capaz de generar un glosario definido. Para Christofolletti (1980) litoral "es un área sumergida limitada por la línea de costa y que se extiende desde la zona intermareal hasta la zona sublitoral". La Commission des Communautés (1980), habla de litoral como la parte de la superficie terrestre que se extiende a partir de la costa hasta un ancho, como mínimo de 10 km, correspondiendo al espacio que depende directamente de ella. De acuerdo con lo expuesto, se ve de forma clara que litoral no es costa. Indiscutiblemente se constata como factor común conceptual, la existencia de una zona variable, que aparece como resultado de un proceso de contacto dinámico entre la hidrosfera y la litosfera. Para la autora los factores conceptuales de litoral, se pueden definir como: zona submarina, zona de acción por la hidrodinámica marina y zona limitada por la línea de costa hasta donde la profundidad se incrementa bruscamente. La definición de litoral representa un problema científico pues se trata de una interfase, es decir, establecer límites precisos y válidos constituye una dificultad derivada de la propia esencia del tipo de fenómeno analizado. El estudio del término costa, desde una óptica ambiental, admite la noción integradora de los elementos que componen el ambiente formado por el sistema costero. Christofolletti (1980) define costa como un conjunto de formas componentes del paisaje que establece un área de contacto, en la cual se hace sentir la influencia marina, que puede actuar de forma indirecta mediante la acción de las brisas, vientos y masas de aire. Desde el punto de vista geomorfológico la costa y el litoral son interceptadas por un plano de referencia -el nivel cero del mar (línea de costa)-, a partir del cual se miden las altitudes positivas y las profundidades del relieve emergido y del sumergido respectivamente. El relieve emergido es costa y el relieve sumergido es litoral. Entonces, la autora considera que la costa es una zona terrestre, que se extiende desde la línea de costa por una franja de amplitud variable y que recibe la influencia indirecta del mar. La costa puede considerarse como un sistema abierto del tipo de procesos y respuestas. Este tipo es una combinación de los tipos en secuencia y morfológicos. El primero refleja los procesos y el segundo las

formas, siendo éstas nada más que respuestas a determinados estímulos (según la clasificación de Penteadó, 1977). Además, este tipo se asocia al tipo controlado, ya que el hombre puede, y de hecho ha sucedido, modificar determinados factores o componentes.

1.2 Clasificaciones de costa Una de las clasificaciones es la presentada por Shepard en 1963. Las costas pueden ser primarias o secundarias. En las primarias los rasgos morfológicos resultan del contacto de las aguas con una topografía previamente esculpida por agentes no marinos, en tanto que en las segundas, la topografía es el resultado de las formas de erosión o acumulación por los procesos marinos. Para Brasil el criterio predominante de la clasificación de las costas ha sido el descriptivo que fue la división realizada por Delgado de Carvalho (1927), cuya base es geológica (litólogo-cronológica) y la división es de la siguiente forma: costa cuaternaria del Norte, costa terciaria oriental (NE), costa granítica del Sur y costa cuaternaria del extremo sur.

El ambiente costero de Cuba, ha sido objeto de varias clasificaciones Massip e Ysalgué (1942), propusieron cuatro tipos de costa: emersión, sumersión, neutras y compuestas. Núñez Jiménez (1959) en su clasificación de las costas de Cuba considera tres tipos iniciales: estructurales, acantiladas y planas. En la década del 70, Zenkovich (1976a) es uno de los primeros que enfatiza sobre la dinámica con una visión genética y reconoce dos tipos de costa por su desarrollo: las escarpadas y las bajas. Por su dinamismo, considera costas de abrasión y costas de acumulación. Para el estudio y división de la morfología costera de la Isla, considerando el carácter morfodinámico, Suárez Moré (1971) realizó la clasificación de acuerdo con el geógrafo español Gómez de Herena en costas de abrasión y costas de acumulación y además dos subgrupos. La clasificación genética es una tentativa de clasificación de costas, que han sido suficientemente estudiadas, pero aún mal conocidas. La contradicción es generada, cuando se efectúan nuevos descubrimientos, que conducen a transformar un vacío, fundamentado en principios que anteriormente eran falsos. Como se denota, la clasificación general para las costas es compleja, cuando se tiene que individualizar sistemas y éstos sufren variaciones en las entradas y salidas de materia y energía.

1.3 Restingas y mangles. Tipos y génesis Las restingas, en cuanto a morfología, están contenidas en la costa y/o en el litoral, son de tipo azonal y pueden encontrarse en todas las fajas zonales. En tanto, los mangles están contenidos solamente en la costa, son zonales y muchas veces están en concomitancia con las restingas, pero ambos establecen una base ambiental a sistemas distintos y bien definidos. Las restingas y mangles, situados en la costa y en el litoral de Recife y La Habana (Anexo 1), pertenecen al mundo de clima tropical, con dos estaciones bien definidas (seca y lluviosa) de totales pluviométricos bien distribuidos, colonizados por vegetación herbácea, arbustiva y arbórea. Durante el análisis de la bibliografía cubana se ha constatado una confusión casi generalizada en lo concerniente al concepto de restinga tanto al referirse a otras formas como cuando se reporta la propia restinga: Suárez Moré (1976) "restinga o flecha", Zenkovich (1969) "cordones litorales o restingas". En verdad estos autores fueron tomados sólo como ejemplo, pues en las publicaciones no existe una

definición clara para la restinga. Sin embargo, estos investigadores tratan tales formas como una morfología deposicional reciente.

Según la autora la restinga es una elevación arenosa alargada, resultado del proceso de sedimentación de origen fluviomarino, marino o fluvial, depositada paralelamente y próxima a la línea de costa, situada por encima del nivel del mar durante la marea alta. La forma de transporte, de deposición y los sedimentos no definirán una restinga hasta tanto no se cumpla esta última condición. Por consiguiente, la restinga puede formar parte de un antiguo litoral, actualmente convertido en costa, o constituir una forma del litoral actual. Sobre los mangles, la literatura especializada hace alusión a los aspectos fito y zoogeográfico, como si la distribución de los seres vivos no estuviera ligada a otros elementos geográficos. Estos factores forman parte de los procesos de estímulo-respuesta al medio, donde el relieve es uno de los elementos condicionantes y que no es estudiado como tal.

Mangle es una forma del relieve plana o levemente inclinada, fluida; depositada en las depresiones de contacto fluviomarinas en un ambiente caracterizado por una red de drenaje dendrítica pinada o dendrítica anastomosada; y constituida generalmente por arcilla, materia orgánica y arena, formando parte del sistema costero. El relieve del mangle es dependiente de topografías bajas locales que están asociadas a la presencia de ríos, que tienen su curso inferior asentado en terreno plano vinculados al nivel medio de las mareas. En este caso las áreas de Pernambuco y Cuba se ven favorecidas no solamente por la topografía, sino por el clima tropical. Esta morfología fue originada con posterioridad a la última glaciación, por lo tanto es un sistema resultante del carácter eustático. 1.5 enfoque, métodos y procedimientos Para atender los objetivos de esta investigación, el enfoque tiene como unidad básica el análisis sistémico e integral, las influencias, los determinantes, los cambios y procesos a diferentes niveles, de modo que permitan estudiar el conjunto de relaciones entre éstos, vistos bajo la óptica de una geomorfología ambiental. En la esencia del enfoque se encuentran los procesos dinámicos, teniendo en cuenta que la restinga puede localizarse en las zonas costera y/o litoral; en cuanto al mangle es un ambiente característico de costa, mas puede aparecer de forma atípica en lugares donde no se materializa una geomorfología de mangle.

La investigación define el conocimiento dinámico, reflejando ambientes acumulativos, por cuanto se identifican las relaciones de los procesos, como agentes formadores en diferentes escala y tiempo de los ambientes nombrados. En este sentido se definen los aspectos, su dimensión, génesis y evolución. Los aspectos son las descripciones; la dimensión corresponde a la medida, la génesis como origen de las formas diferenciadas -restingas y mangles- y la evolución pasa a ser el proceso de formación y de transformación de estas diferentes formas. Lo anteriormente señalado conllevó a la aplicación de un conjunto de métodos de gabinete y campo: técnicas de teledetección, entrevistas y encuestas, análisis morfológico, levantamiento morfodinámico, métodos fitogeográficos, levantamiento meteorológico, análisis químicos, método de identificación y evaluación de impactos (Anexo 2) y procedimiento para la determinación del uso potencial.

## PECULIARIDADES DE LOS SISTEMAS COSTEROS CONTINENTALES E INSULARES TROPICALES (FCNR y FCEH)

II.1 Génesis y evolución geomorfológicas El aspecto morfológico más característico de las FCNR y FCEH es que contienen extensas áreas de sedimentación pleistoceno-holocénica y reciente, la cual da lugar a las restingas y los mangles. Los estudios realizados indican que son cuatro los factores principales responsables de la formación de las restingas: fuente de arena, corrientes de deriva litoral, variación del nivel relativo del mar y trampa para el aprisionamiento de los sedimentos. En las áreas investigadas existen las siguientes fuentes de abastecimiento de arenas: a) plataformas continental e insular, con barreras y organismos vivos, b) ríos que desembocan en el mar y c) escarpas arenosas de la Formación Barreiras y arrecifales de la Formación Jaimanitas. La primera de ellas es la más importante, en particular las arenas formadas por restos de algas halimedas, las aportadas por los arrecifes coralinos y de arenito, por precipitación química y por formas relictas como las terrazas submarinas. Entre los agentes de transporte en el medio marino Ottmann (1965) destaca la deriva litoral como el más importante para la evolución de una costa directamente vinculada a las olas y al viento. De hecho, próximo a las playas las olas no encuentran la profundidad suficiente para su propagación, ocurriendo entonces su ruptura. Este fenómeno es acompañado por la liberación de gran cantidad de energía que se traduce en la colocación en suspensión de arenas y en la formación de la corriente de deriva litoral. La velocidad de esta corriente es baja, mas su acción se hace sentir en una zona donde la arena es colocada en suspensión por la reventazón de las olas y por tanto, el volumen de arena transportada por esta vía es considerable. El sentido del transporte depende de las direcciones de la costa y de la incidencia de los frentes de ola y éstos de la dirección del viento. La variación relativa del nivel del mar tiene un papel importante en la formación de restingas y en la sedimentación costera según la regla de Bruun (1962), la cual establece que una vez alcanzado el perfil de equilibrio de la playa, una elevación subsecuente del nivel del mar iría a perturbar este equilibrio que sería entonces restaurado mediante una traslación de ese perfil en dirección a la tierra firme. Como consecuencia, el prisma de playa sufrirá erosión y el material erosionado será transferido y depositado en la anteplaya. Esta transferencia provocará la elevación del lecho de la anteplaya en una magnitud a igual a la elevación sufrida por el nivel del mar, manteniéndolo así a una profundidad constante la lámina de agua. Las trampas u obstáculos que pueden provocar la acumulación de los sedimentos transportados paralelamente a la costa por la corriente de deriva litoral son de varios tipos, a) Zonas de entrantes (bahías) de la costa, b) Islas o bajos litorales que crean una zona de energía débil b) Islas o bajos litorales que crean una zona de energía débil, c) Presencia de desembocaduras fluviales. En la Ensenada de Sibarimar (FCEH) y en Recife (FCNR) cualquiera de sus extremos, sirvió de punto de apoyo para el inicio de la formación de la restinga. La génesis de los mangles está relacionada con los procesos que ocurren en una morfología particular de rías-estuario. Los ríos, en la tentativa de alcanzar su nivel de base general, son diariamente represados por las olas durante la marea alta, existiendo un choque entre los campos de fuerza del agua marina y del agua dulce en la desembocadura. Así, ocurre la penetración del

agua marina por el canal del río con caudal continuo, llenando las márgenes de las llanuras y las depresiones, elevando el nivel de las aguas que aquí se mezclan convirtiéndose en salobres. La mezcla del agua dulce con la salada provoca, que las partículas de arcilla y de materia orgánica transportadas en suspensión por el río, entren en proceso de floculación y se depositen sobre las áreas ya inundadas, dando origen a un ambiente pantanoso de carácter viscoso en su estado e inundado, que es la morfología de mangles. Sin embargo, se puede observar la vegetación de mangle en áreas que no corresponden al tipo de relieve de mangle. La literatura brasileña, en la regionalización del NE, denomina a esta área maceio, es decir, acuatorios de agua de lluvia mezclada con agua de mar y presencia de sedimentos fangosos donde se desarrolla el manglar.

Las fluctuaciones del nivel del mar, asociadas a modificaciones climáticas en el decursar del Holoceno, desempeñaron un papel fundamental en la formación de los mangles. La subida del nivel del mar durante la última transgresión llevó a la inundación de los cursos fluviales cuyas desembocaduras fueron transformadas en estuarios y deltas y muchas veces fueron trasladadas de lugar como en los ríos Capibaribe y Guanabo; otras sus valles cedieron espacio a lagunas.

## II. 2 Procesos histórico-ambientales

En 1500 los portugueses iniciaron la explotación de los recursos naturales por la extracción del pau brasil de la mata subperennifolia cuya madera proveía tinta de gran aceptación en el mercado europeo. Esto provocó el comienzo de la degradación de la vegetación en esa franja y constituyó el primer paso de las grandes transformaciones humanas que sufriría posteriormente el territorio. En 1550 ya existían dos villas, 5 ingenios moliendo y continuaba la explotación del pau brasil, que comenzó a escasear. Por ello, se aceleraba el proceso de erosión en las vertientes de los tabuleiros y en las márgenes fluviales, de donde también se extraía madera, y además se destruía la mata de restinga por la introducción del cultivo del coco. En el siglo XIX con la implantación de las usinas ocurrieron las transformaciones geoambientales más graves. La caña intensificó el derribo de la mata atlántica, aceleró la erosión de las vertientes originó inundaciones en los períodos lluviosos y la contaminación de la morfología de mangle debido al vertimiento de los mostos de las destilerías. En el siglo XX, obedeciendo al proceso de industrialización aumentó el éxodo hacia las ciudades. Como ellas estaban situadas en la llanura costera crecieron de forma desordenada en varias direcciones: las vertientes de los mamelões, los mangles y las restingas. En 1975 ocurrió un hecho importante: la creación del Programa Nacional del Alcohol, con el cual se expandió el cultivo de la caña a las áreas de los tabuleiros, en pleno dominio de la mata y en el complejo cerrado. En los 80 y 90 la acción nefasta de la especulación inmobiliaria provocó el relleno de los mangles, se especuló hasta las áreas de berma y llevó a la intensificación de la extracción de arena de los ríos. Las franjas de playa comienzan a sufrir la acción de diversos sistemas de "protección", que producen "un efecto de dominó": protege el área erosionada y genera nueva erosión más adelante.

La historia del proceso de ocupación de la FCEH no es tan profusa como la pernambucana. Hasta finales del siglo XV se asume una influencia casi nula del hombre sobre la naturaleza. Durante los siglos XVI y XVII se extrajo madera que conllevó a transformaciones en la vegetación de "manigua costera y de manglar"

(Donoso, 1813). Con la llegada del siglo XIX aparecen los primeros colonos que comenzaron a talar en la mata de las terrazas marinas altas y del valle del río Guanabo. Como elementos de la situación natural de importancia se reportan la presencia de dunas altas que ocupaban la costa, el cierre de la desembocadura del río Boca Ciega por la arena transportada por la deriva y la existencia de siete lagunas, de arrecifes a 2 km de la costa con abundantes especies y de arena bajo las capas de suelo como era de esperar en una restinga. El primer cuarto del siglo XX marcó un hito en la interacción hombre-naturaleza causado por un despiadado proceso de urbanización con centro en el señalado poblado del Macao. El proceso comprendió tres acciones principales: destrucción de los manglares y del complejo de costa arenosa, extracción de arena en las dunas y relleno de las lagunas con esa arena. Entre 1920 y 1945, iniciándose por Guanabo, desaparecieron la laguna del Nerey, el extremo occidental de la laguna del Macao y las dunas. Más tarde, idéntico final tuvieron la parte oriental de esta laguna y las dunas de Boca Ciega. En 1950 casi toda la orla marina estaba construida con pequeños hoteles y restaurantes. En 1946 fue parcelada Santa María del Mar, para lo cual fue necesario rellenar y canalizar la laguna del Cobre. Este trabajo culminó en los primeros años de los 60 con el relleno de los manglares del Mégano, es decir de un terreno que se inundaba periódicamente. A finales de esa década se taló la vegetación original de costa arenosa y en su lugar se sembró la casuarina, la cual resultó un eficaz agente erosivo y también se construyeron clubes privados encima de la duna de Santa María del Mar.

### II.3 Estado actual y dinámica

La dinámica de las restingas y mangles en las áreas de referencia se caracteriza por estar afectada por procesos constantes de transformación, tanto de origen humano como natural. Entre los primeros se destacan: ocupación desordenada, obras de construcción y contaminación, los cuales han llevado a la erosión de la línea de costa, a la pérdida de la calidad de las aguas y a la destrucción de los mangles, además de un proceso de aceleración de la erosión marina en la FCNR, más intensificada que en FCEH. Algunos problemas se asocian a causas naturales como las mareas, la ausencia de aporte de arena y/o una asociación con el desarrollo de cuerpos arenosos, la discontinuidad de las líneas de arrecife, la corriente de retorno y el relieve de la plataforma. Las características más importantes obtenidas con la perfilación geodésica se explican a continuación. En la playa Carne de Vaca (P1) prácticamente no hubo alteración de su morfología. La postplaya mantuvo un equilibrio, mientras en la anteplaya hubo oscilaciones: acumulación en la parte interna y erosión en la porción final. Además, hubo una pequeña acumulación en la escarpa de la berma.

En la playa Catuama (P2) se observó un equilibrio en la anteplaya y modificaciones en la postplaya. En el estirancio y en la cresta de la berma hubo pérdida de sedimentos. El análisis del perfil comprueba que el volumen de sedimentos erosionados es mayor que el acumulado. La causa de esa erosión son las construcciones duras perpendiculares construidas anteriormente en el tiempo y en el espacio y a la formación de una barra artificial por el dragado del Canal Norte de Santa Cruz. En otro sector de la playa Pontas de Pedra (P4) lo más significativo fue la erosión que ocurrió en el estirancio y en la anteplaya, la cual alcanzó 0,5 m.

Esto puede ser explicado por el no regreso de los sedimentos a la playa para la mantención del equilibrio a cuenta de su salida por los canales existentes entre los promontorios de la Formación Maria Farinha. La playa Sao Paulo refleja una alternancia de los procesos de erosión y acumulación en su dinámica anual. La resultante final de este proceso fue la estabilidad en la zona de estiramiento y erosión en sectores de la anteplaya con un volumen total de 7,3 m<sup>3</sup>/m. En playa Pilar toda la postplaya se mantuvo en equilibrio, mientras en la berma hubo acumulación y en su escarpa y hasta la anteplaya una erosión sostenida.

Cuando ocurren los vientos de mayores velocidades como en el mes de agosto, hay una mayor tendencia a la erosión. En la playa Jaguaribe ocurren variaciones estacionales en la postplaya (dunas frontales) y en la morfología de la interfase de esta zona con el estiramiento: en diciembre es más abrupta que en mayo. La variación total del volumen en este año fue de 3,26 m<sup>3</sup>/m. Este fenómeno puede explicarse por el crecimiento de bancos de arena que se unen a la Coroa do Avião, continuando el desvío de la deriva litoral.

La playa Mégano presentó una alta dinámica en los años estudiados (1981- 1983). A principios del invierno de 1981 presentaba un perfil completo y anteplaya. En febrero del siguiente año ya había ocurrido erosión en el estiramiento en la postplaya y preservación de la berma, indicando una pérdida de arena en la anteplaya; en abril se acentuó la erosión en todo el perfil. En 1983 se manifestó la mayor erosión de la postplaya y la berma se mantuvo conservada, mientras la anteplaya continúa en acelerado proceso de pérdida de sedimentos. En Santa María del Mar (Atlántico) se reconoce un perfil característico de erosión en el invierno que se intensifica desde diciembre hasta marzo de 1982. A partir de abril se experimenta un aumento en la carga sedimentaria, comenzando a adquirir una configuración típica de los meses de verano. Por efecto de las inundaciones el perfil experimentó un retroceso y la pendiente se tornó más abrupta en julio con relación a junio del propio año. En Mar Azul el perfil mostró características evolutivas similares al anterior. En el invierno de 1982 se manifestó erosión que fue sustituida hacia agosto de ese mismo año por la acumulación. En mayo de 1983 el nivel de erosión fue mayor que en febrero del año anterior y en julio de ese año no se llegó a compensar la ganancia ocurrida en agosto del año anterior, por lo que fue una playa erosionada como se ve en la berma y en la anteplaya.

#### II. 4 Zonalidad latitudinal de los sistemas y procesos

Para las restingas y mangles el dominio morfoclimático juega un papel importante. A los factores climáticos se añade un segundo conjunto de elementos geomórficos azonales, que no dependen de las condiciones climáticas, sino de leyes físicas generales, por ejemplo, la acción de las olas, de las corrientes marinas y del viento. La azonalidad se manifiesta más claramente en el conjunto de las fuerzas internas que dan lugar a la tectónica y a la morfoestructura. La situación geográfica de Pernambuco y Cuba es en el dominio costero tropical. El primero en un dominio continental y el segundo insular. En esta zona climática existe una identidad, pero la configuración de los territorios ocurrió bajo la influencia de la azonalidad. A su vez, la intervención del hombre también es azonal, aunque los procesos y su intensidad tienen una influencia de la zona geográfica.

Considerando las latitudes de la FCNR (07°32'08" S y 08°04'07" S) y de la FCEH (23°10'03" S y 23°10'02" N), se constata una diferencia aproximada de 15°, hecho

que debía provocar una diferencia de temperatura, de humedad y de precipitación en favor de la primera franja.

El área de estudio cubana presenta temperaturas más altas en comparación con la zona pernambucana la mayor parte del año. Este hecho se debe a la baja nubosidad y, por tanto, a la elevada tasa de radiación solar incidente directamente, viniendo a negar la zonalidad teórica, pues la Isla de Cuba se encuentra mucho más alejada del Ecuador que Pernambuco. Además, en Recife los altos valores de nubosidad se reflejan en la homogeneidad de las temperaturas, considerando las medias anuales.

La nubosidad en la FCEH (4,5) es más baja que en la FCNR (6,3). Esto implica que, a pesar de la cercanía de la primera al Trópico de Cáncer, es compensada por esa baja nubosidad, permitiendo una temperatura media anual similar y medias mensuales más elevadas que en la segunda franja. Esto viene a justificar que la zonalidad real no es un reflejo mecánico de la zonalidad teórica. El hecho de que las franjas puedan ser identificadas con altas temperaturas sugiere una gran importancia en el desarrollo de las morfoestructuras de mangle e indirectamente para las restingas. Después del análisis de los parámetros climáticos se confirma la zonalidad tropical en las áreas de estudio, aún cuando se asuman particularidades hidrodinámicas, hidrológicas y morfoestructurales, de tipo zonal azonal. En este particular, se debe acentuar que, aunque exista una categoría de factores característicos de la zona tropical sobre la cual se puede basar el estudio de una parte de la morfología de restingas y mangles, ella no puede ser aislada de los elementos zonales que se señalan a continuación: hidrodinámica de los océanos -mareas, vientos-olas y corrientes, hidrología morfoestructura.

Las restingas forman parte de un sistema azonal al resultar de condiciones atmosféricas, hidrodinámicas y morfoestructurales y dependientes de la fuente abastecedora de sedimentos. Sin embargo, su estructura no es la misma en todas las zonas climáticas debido a las diferentes formas de intemperismo condicionadas por el clima. Los procesos que caracterizan el sistema morfoclimático de los mangles son de un clima caliente y húmedo y se identifican con las latitudes tropicales en costas continentales e insulares. Los procesos de erosión y deposición de esa zona reflejan las características del clima, del manto vegetal, del tipo de suelo en equilibrio con la forma de relieve correspondiente.

II. 5 Características fitogeográficas La fitogeografía de las restingas y mangles y de los espacios adyacentes está determinada por los tipos locales de vegetación, que se pueden clasificar en 10 unidades: vegetación de laguna, campo de restinga, mata de restinga, manglar, mata perennifolia, mata subperennifolia, cerrado típico, vegetación de dunas, vegetación rupestre y vegetación ruderal.

Las restingas poseen una flora dinámica, mixta de hidroserie y xeroserie, con asociaciones y comunidades sorprendentes. En conjunto, las restingas dan una idea de los diferentes tipos de ambientes encontrados, generando una sucesión vegetal: especies hidrófitas, herbazal higrófilo, campos de restinga y después la mata.

El patrón de distribución del manglar comúnmente encontrado en las FCNR y FCEH del litoral hacia el interior es: entre el nivel medio de las pleamares (PMM) y el nivel medio de las bajamares (BMM) se desarrollan el mangle rojo o mangle

verdadero (*Rhizophora mangle*) el mangle siriuba o mangle prieto (*Avicennia schovriana* y *Avicennia germinans* respectivamente) y el mangle blanco o patabán (*Laguncularia racemosa*) en secuencia con los regímenes polihalino, mesohalino y oligohalino. Por encima del PMM estos manglares están bordeados por vegetación marginal constituida principalmente por el mangle-de-botao (*Conocarpus erecta*), por la leguminosa *Dalbergia ecastophyllum* y por la samambaia acu, *Acrostichum aureum*, además de algunas graminas, ciperaceas, amarantaceas y aizoaceas de porte herbáceo. Por encima del nivel de las pleamares medias de agua viva (PMAV) la flora predominante es terrestre. De las formas generadas por el complejo físico-biológico surgen variadas unidades biogeográficas, que transforman estas áreas en viveros dinamopulsadores de la vida bentónica y nectónica y también es capaz de nutrir a millones de jóvenes peces que luego migran a alta mar. Es, por tanto, una fuente natural donde la vida marina encuentra una de sus condicionantes más decisivas, teniendo en cuenta que están incluidos entre los ambientes de más fertilidad biológica líquida del planeta, con una media de 1215 gr de Carbono/metro cúbico/año, lo cual supera en 20 veces al mar abierto (Myers, N. Ed., 1984). De todo ello el hombre se puede beneficiar y en algunos casos hace que la capacidad operacional de los recursos de la naturaleza trabajen en su favor.

#### DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL: TRANSFORMACIONES, EVALUACIÓN Y ORDENACIÓN

##### III.1 Espacio actual y sus condicionantes

Ambas franjas presentan condicionantes que llevan a una concentración de problemas generados por los procesos de urbanización desordenada, tala indiscriminada y relleno de los manglares, lo que se refleja en la destrucción de la vegetación, erosión de las playas, la contaminación, y otros. Entre las causas que han producido transformaciones en los sistemas costeros de la FCNR están: en las restingas la ocupación indebida -construcción de avenidas paralelas a la línea de costa con la impermeabilización del suelo, parques, residencias, bares y restaurantes y marinas encima de las bermas y las dunas-, obras de ingeniería en la costa -construcción de espigones, rompeolas, muros de contención y muelle portuario-, la construcción de embalses, la extracción de arena de los ríos, vertimiento de elementos químicos líquidos y sólidos, especulación y veraneo, tala de la mata-relleno de lagunas y surgimiento de cuerpos arenosos de forma artificial o natural; y en los manglares deforestación relleno, vertimiento de residuales líquidos y sólidos y en particular los estuarios vienen recibiendo una alta carga de contaminantes, originada por los residuales domésticos, de vaquerías e industrias, drenados "in natura" o tratados primariamente.

Playas de Recife Boa Viagem- Identificada con una morfología de restinga, su playa no presenta los tres sectores que caracterizan el perfil bien desarrollado. La postplaya y el estirancio están rebajados y bajo un intenso proceso erosivo. Está ocurriendo un retroceso de la línea de costa que entre los años 1974 y 1983 fue de 7 m, es decir, con una tasa de 0,8 m/año. A partir de 1983 se observó una aceleración de este proceso, alcanzando los 12 m en el retroceso (1,2 m/año). El estimado general de retroceso en 21 años fue de aproximadamente 20 m. Río Capibaribe. Por el hecho de atravesar varios núcleos urbanos y poseer varios establecimientos industriales, cuyos residuos van a parar a su lecho, es un río

contaminado ya antes de penetrar en la ciudad de Recife, agravándose a medida que se aproxima a su desembocadura por atravesar zonas densamente ocupadas. Su cuenca presenta cinco puntos con valores medios anuales de DBO por encima de lo regulado, siendo la máxima media de 6,33 mg/l; 4 revelan una concentración baja de oxígeno disuelto, siendo la mínima media de 2,72 mg/l y los coliformes fecales son altos para todas las estaciones, con medias de hasta 100 x 10<sup>3</sup> NMP.

Maria Farinha- Por efecto de los espigones de Janga, donde hasta 1990 existía progradación, tanto en su ancho como en la punta del espolón, comenzó a surgir la erosión, al desviarse la corriente de deriva litoral. También por efecto del relleno de los mangles en ambos márgenes del río Timbó para la construcción de marinas, de residencias, hoteles y del Club Sir Paradise ocurrió una pérdida de arena de las playas y azolvamiento. Río Timbó. En esta cuenca se evaluaron dos estaciones, río abajo de la Industria Wolf do Brasil S.A. Una estación presentó medias anuales de DBO de 5,55 y otra 8,09; DO 0,55 y 3,20 y coliformes fecales de 61x10<sup>3</sup> y 72x10<sup>3</sup>. Estos valores comprometen la vida acuática e indican la presencia de gran cantidad de residuales domésticos e industriales.

Playas de Goiania Catuama- Se erosiona por efecto de los espigones antecedentes, conjugado con el cuerpo arenoso que se desarrolla al Sur por acción antrópica debido al dragado del Canal Norte de Santa Cruz para facilitar el acceso de barcos para la industria del cemento Porty. Pontas de Pedra. La erosión en esta playa se produce en las áreas prominentes de la punta y en la ensenada que se está formando por efecto de canales en los arrecifes, más la construcción de residencias y bares en las bermas y dunas. Aquí la protección es hecha por particulares con muros de contención y pequeños espigones. Además, la playa está siendo contaminada por residuales albañales (Anexo 1).

La laguna de Jacaré fue rellenada en el proceso de especulación inmobiliaria, transformándose el medio natural. Hoy está totalmente urbanizada. En el momento de las lluvias las calles sin asfalto quedan anegadas como área colectora natural de las aguas pluviales que vienen de los tabuleiros. Esta agua, cuando desciende buscando su espacio natural y se encuentra con los grandes bloques de concreto (edificios) se encauza hacia la playa, lo que provoca una intensa acción erosiva y contribuye a aumentar el desequilibrio de la dinámica playal durante la estación de las lluvias. Río Goiana. En cinco estaciones existe un índice superior al límite permisible de DBO, siendo el mayor 9,42; el OD estuvo por debajo, siendo el mínimo 2,65, mientras para los coliformes todas las estaciones superaron ese límite, siendo el mayor 99x10<sup>3</sup>. Estas tasas elevadas son de origen doméstico. En particular, la industria de cemento Porty está ocasionando un intenso azolvamiento del tercio inferior del río producto del vertimiento directo de sus residuales. En síntesis, la urbanización de las playas en la FCNR no obedeció a parámetros morfológicos en su parcelamiento y en la construcción de edificios, hoteles, bares, restaurantes, avenidas, marinas y áreas verdes, cuya instalación tuvo como base las dunas y las bermas. El propio proceso de urbanización estimuló medidas de protección que también desobedecieron las leyes de la hidrodinámica de las playas como fue la construcción de espigones, rompeolas y muros de contención, lo cual llevó al desequilibrio de la corriente de deriva litoral.

Los impactos en los mangles se deben a la falta de saneamiento básico y, en segundo lugar, a las industrias en las proximidades de las cuencas fluviales. Los contaminantes no sólo van degradando los mangles y su flora y fauna, sino que son vehículo responsable del surgimiento de vectores biológicos y de la creación de condiciones de agentes patógenos de la fiebre tifoidea, cólera, desinterías, bacilos, amebiasis, esquistosomiasis, enfermedades de la piel, algunas de ellas ya endémicas, agravando también la balneabilidad de las playas.

Las playas de la FCEH están constituidas por una franja de restinga semicontinua, fragmentada por los estuarios y por los sectores que fueron rellenados de los mangles y de las lagunas durante el proceso de urbanización. Las causas que han producido transformaciones importantes en esta franja costera han sido: ocupación indebida -construcción de residencias en las bermas y las dunas- el turismo de forma directa e indirecta, obras de ingeniería en la costa -construcción de canales, de espigones y muros de contención-, construcción de embalses, extracción de arenas de las dunas y de las bermas extracción de petróleo, introducción de la casuarina en las dunas, tala del manglar-relleno de lagunas, vertimiento de residuales domésticos, líquidos y sólidos. En particular, los estuarios vienen recibiendo una carga de contaminantes, originada por los residuales domésticos de vaquerías, drenados "in natura" o tratados primariamente.

Santa María del Mar- Actualmente no presenta erosión, pues está protegida por una barra, la cual retroalimenta y produce el crecimiento de cordones litorales. Durante los frentes fríos su línea de costa es modelada fuertemente por la corriente de retorno. Su principal problema actual es la gran cantidad de residuos sólidos lanzados a la arena por turistas, que en número elevado la visitan.

Guanabo- Es la playa más erosionada en la Ensenada de Sibarimar, llegando a aflorar las raíces de un antiguo manglar en la propia costa. Sufre intensa acción modificadora por las olas, erosionándose las aceras, casas y parte de los espigones construidos cerca de la desembocadura del río del mismo nombre. Las causas de este problema son varias: construcción en la berma y las dunas, construcción del espigón mencionado y de los canales de los ríos Guanabo y Veneciana, relleno de la laguna Rincón de Guanabo y la pérdida de superficie de los mangles. Es frecuente encontrar manchas de petróleo en las aguas y arenas (Anexo 1) producto de la limpieza o del vaciado de barcos que navegan cerca de la costa y del derrame de los pozos que se encuentran más al Este. Un problema natural que favorece la erosión es la pérdida de arena a lo largo de los canales entre los arrecifes y del paleocauce del río Guanabo.

### III.2 Peligros antropo-naturales

En la literatura se emplea el término peligro para explicar y analizar los efectos de diversos elementos naturales sobre la sociedad. En las FCNR y FCEH, aunque los fenómenos naturales son también generadores de alteraciones en la propia naturaleza, este concepto no puede aplicarse literalmente, ya que las transformaciones antrópicas han sido de tal magnitud, que la manifestación de cualquier fenómeno natural se produce a través del prisma de las intervenciones directas o indirectas del hombre. Las principales fuentes de peligro son los frentes fríos, los ciclones tropicales y las lluvias torrenciales por otras situaciones sinópticas. Los agentes indirectos o pasivos se expresan en las dimensiones de la

plataforma submarina, barreras arrecifales, canales en esos arrecifes, cuerpos arenosos, corriente de retorno y mareas.

Las diferencias climáticas entre la FCNR y FCEH originan distintos procesos durante el invierno en la dinámica de las playas. En la primera, la acción de los vientos, bajo el efecto de los frentes fríos, genera olas de alta energía que aumentan la velocidad de la corriente de retorno y se conjugan con las lluvias para producir pequeñas transgresiones, mientras, en la segunda franja hay identidad del proceso; pero la diferencia radica en que las lluvias no ocurren en invierno.

En 1997 ese hecho fue verificado en Janga, donde no era frecuente, ocurriendo daños por inundación y derribo de obras de protección, de cocales y árboles de los jardines de las casas. También en Guanabo y Veneciana se han reportado casos de daños materiales a cuenta de este proceso. Las lluvias torrenciales son otro factor de acción natural vinculado al clima, cuya consecuencia fundamental son las inundaciones. En la ciudad de Recife se registraron 14 inundaciones catastróficas entre 1842 y 1975 (FIDEM, 1976). La última inundación fue la mayor. Más del 50% del área construida quedó bajo el agua, millares de inmuebles damnificados y desvalorizados, bibliotecas y hospitales invadidos y más de 100 muertos. La ciudad fue reducida a una cobertura de fango ácida y pegajosa, la cual exhalaba un olor necrófilo, dando la nota final de la catástrofe.

Las penetraciones del mar habidas en 1983 fueron más intensas debido a la desaparición de las dunas señalada anteriormente. Ellas encontraron parcialmente rellenadas y urbanizadas las lagunas del Cobre y del Macao hasta altitudes entre 0 y 1,5 m y los mangles y restingas hasta 2-4 m. Las aguas transportadas por los ríos se vieron represadas por las aguas marinas en marea alta, todo lo cual impidió su escurrimiento, aumentando el tiempo de inundación.

### III.3 Restingas, mangles y los cambios globales

La mayoría de los discursos sobre el aumento de algunas tasas globales oscurece una cuestión crítica: en algunos países los efectos previstos por el aumento relativo del nivel del mar ya aparecen debido a una extensa degradación antrópica del sistema costero. También se debe tener en cuenta que en el tiempo geológico, la línea de costa está lejos de ser estática. Ciclos de enfriamiento y calentamiento, a lo largo de 1,0-1,5 millones de años, acompañados por glaciaciones e interglaciales, han mantenido el nivel de los océanos en una dinámica constante. Los movimientos tectónicos (descenso o elevación) de la corteza terrestre son una cuestión clave en el caso de los sistemas costeros acumulativos bajos, ya que su afectación futura puede incrementarse o disminuir, en dependencia de la tendencia general de esos movimientos.

El comportamiento del nivel relativo del mar en los últimos milenios no tuvo un carácter global, según Suguio y otros (1985). Estos autores sugieren que la costa brasileña estuvo sumergida hasta cerca de 5 150 años y después fue sometida a un proceso de emersión que dura hasta nuestros días, ocurriendo un abatimiento medio de 5 m del nivel del mar (Anexo 1). La curva de Salvador, capital del Estado de Bahía sirve de referencia para el Estado de Pernambuco (Suguio y otros, op cit.). La historia de las oscilaciones del nivel del mar reportadas para Cuba y las características morfológicas permiten elaborar una lectura similar a la propuesta para la costa brasileña.

### III.4 Identificación y evaluación de impactos

Las acciones antrópicas en los espacios costeros en estudio tienen su base en la cultura urbana. Las “necesidades urbanas”, o mejor dicho, las “demandas urbanas” y los problemas económicos, a veces centran las necesidades vitales. En la FCNR se determinaron 17 acciones y 38 impactos (Anexo 2). La identificación de impactos demostró que las acciones tuvieron amplias repercusiones, pues cada una de ellas interactúa con más del 50% de los factores y elementos, llegando inclusive a alcanzar el 100%. Los 38 impactos se clasifican en: 30 negativos, 7 positivos y 1 previsible. Los impactos valorados con mayor puntuación (13) fueron: destrucción del mangle, erosión de las dunas y destrucción de la mata. Las acciones que más han impactado en forma negativa (Anexo 2) son: veraneo (-234), construcción de conjuntos habitacionales (-225) y especulación inmobiliaria (-212). Ellas provocaron impactos en la mayoría de los factores y elementos, de ahí su significación. Varias acciones han provocado impactos positivos, pero su significación es pequeña (+46) en comparación con las anteriores. Los factores y elementos físicos, en conjunto, reflejan las mayores transformaciones: -1318 y en segundo lugar los bióticos (-918). Individualmente los más afectados han sido la hidrología (-445), la flora y fauna del mangle (-360) y la flora y fauna terrestres (334). Las playas ocupan el cuarto lugar con -253, al tener una influencia directa de sólo 12 acciones. La población, con un valor de +218, evidentemente se ha beneficiado con la realización de algunas acciones. El porcentaje de los impactos negativos (82,6) califica el proceso de antropización de esta franja costera como muy impactante, pues ha modificado fuertemente numerosos factores y elementos, dando lugar a un ambiente metamorfozado.

En la FCEH se determinaron 13 acciones y 39 impactos (Anexo 2). La identificación de impactos demostró que las acciones tuvieron amplias repercusiones pues cada una de ellas interactúa con más del 50% de los factores y elementos, llegando inclusive a alcanzar cerca del 90%. Las acciones que más han impactado de forma negativa (Anexo 2) son: actividad recreativa (-238), tala (-219) y construcciones civiles (-158). Ellas provocan impactos en la mayoría de los factores y elementos, de ahí su significación. Varias acciones provocan impactos positivos, pero su significación es pequeña en comparación con las anteriores (+34). En primer lugar, los factores y elementos físicos reflejan las mayores transformaciones negativas (-1321) y en segundo lugar los bióticos (-367). Individualmente los más afectados han sido la hidrología (-325), la flora y fauna terrestres (-228) y la flora y fauna del mangle (225). Las playas ocupan el cuarto lugar con -214, al tener una influencia directa de sólo 10 acciones. La población, con un valor de +103, verdaderamente se ha beneficiado con la realización de algunas acciones. El porcentaje de los impactos negativos (90,8) califica el proceso de antropización de esta franja costera como altamente impactante, pues ha modificado fuertemente numerosos factores y elementos, dando lugar a un ambiente metamorfozado y con pocos beneficios para la población.

### III.5 Bases para una propuesta de ordenación

En la ocupación de las franjas estudiadas no ha existido ordenación: no ha habido una definición clara de su aptitud y de las medidas en relación con la urbanización y con las actividades que la acompañan: industriales, comerciales, recreativas, turísticas y otras. Las ideas metodológicas de Clark (1977) con relación al uso

potencial permite proponer tres grupos de uso potencial, materializados por otras tantas áreas de características propias: Explotación, Protección y Preservación, y Mateo (com. pers.) agrega un cuarto: Rehabilitación.

Como resultado de este análisis se proponen en la FCNR (Anexo 2) como áreas de Explotación las restingas antiguas, tabuleiros y mamelões; de Protección playas; de Preservación mangles, dunas, lagunas y arrecifes y de Rehabilitación playas y restingas recientes. En la FCEH (Anexo 2), restingas; playas; mangles, dunas, lagunas y arrecifes; y playas y terrazas respectivamente. Las restingas recientes, como la Coroa do Avião, están incluidas en el grupo de Rehabilitación, por estar en fase de crecimiento y por no tener sus sedimentos y vegetación totalmente consolidados. Por ley el mangle es un área protegida, sin embargo de la explotación de sus recursos pesqueros vive una cantidad alta de población, por lo cual debe permitirse esta única actividad con el cumplimiento estricto de las regulaciones necesarias. Las playas consideradas en el grupo de Rehabilitación son aquellas que han sufrido modificaciones substanciales como las señaladas en el epígrafe III.1.

En la FCNR los sectores claves donde más urge la aplicación de estas medidas son: las restingas Maria Farinha, Catuama y Carne de Vaca; los mangles del Capibaribe, Beberibe, Timbó y Goiana; las playas Boa Viagem, Casa Caiada, Janga, Maria Farinha, Itamaracá, Catuama, Pontas de Pedra, Ensenada de Arrombados y Carne de Vaca, las dunas de Itamaracá y Carne de Vaca; las lagunas de Maranguape y Gomes; los tabuleiros de Recife, Olinda, Paulista e Itamaracá; los mamelões del Sur de Recife; en los arrecifes de Boa Viagem, Maria Farinha, Itamaracá y Pontas de Pedra. En la FCEH los sectores más necesitados de medidas son: las restingas de Guanabo, Boca Ciega y Santa María; los mangles de Veneciana, Rincón de Guanabo y Boca Ciega, las playas Guanabo, Veneciana y Brisas del Mar, las dunas de Santa María del Mar y Boca Ciega; las lagunas del Cobre y Rincón de Guanabo; en todas las terrazas; en los arrecifes de Rincón de Guanabo hasta Guanabo.

### III.6 Defensa de las fronteras agredidas

Los problemas relacionados con la agresión de las fronteras, tanto en la FCNR como en la FCEH, raramente tuvieron origen en causas simples y en general resultaron de una serie de características independientes. En este contexto cinco elementos llaman la atención por su importancia en defensa de las fronteras agredidas, a saber: 1) Voluntad política, 2) Recursos económicos, 3) Leyes, problemas de tramitación y cumplimiento, 4) Estrategia científica y 5) Educación ambiental y participación de la sociedad. Todavía no existe una estrategia puntual de soluciones definitivas y las amenazas a los sistemas costeros por acciones antrópicas o por la naturaleza dejan preocupaciones que los gobiernos y los individuos deben enfrentar actualmente. Si el mundo se mueve rápidamente por una vía sustentable, los efectos de los impactos costeros pueden ser resueltos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se concluye:

1. Por la propia esencia de los objetos investigados los conceptos de litoral y costa se han empleado indistintamente en la literatura científica, pero ellos no son

sinónimos, pues se refieren a fenómenos y procesos de distinto carácter. Costa pertenece al área emergida y litoral al área sumergida.

2. Las restingas y los mangles se identifican tanto en Pernambuco como en Cuba, aunque en esta última han recibido distintas interpretaciones, algunas de ellas alejadas de su contenido real. Estos conceptos están relacionados con una morfología, una génesis y una evolución peculiares.

3. La ocupación indebida, en primer lugar aquella dirigida a la urbanización, ha sido la principal causa de las grandes transformaciones: alteración de la morfología, destrucción de la vegetación y contaminación. La especulación inmobiliaria en la FCNR y el desarrollo del turismo en la FCEH se han convertido en las principales fuentes de modificaciones.

4. Los agentes más importantes del modelado en las playas, que complementan la deriva litoral, son las olas, las mareas y la corriente de retorno. Las características de la plataforma submarina y la discontinuidad en las barreras arrecifales son también elementos primordiales en la dinámica litoral.

5. Se comprueba la estacionalidad de la dinámica del perfil de playa en la parte septentrional de la FCNR, en invierno ocurre un desequilibrio y en verano éste se restablece, como ya había sido verificado por otros autores en la FCEH.

6. Sobre las restingas y mangles actúa un conjunto de elementos y procesos zonales y azonales. No obstante, las primeras son azonales y los segundos zonales. En las restingas el predominio de la alimentación de arena por la halimeda es el principal rasgo zonal y en los mangles el tipo de red de drenaje y el choque de las aguas salada y dulce son los principales azonales.

7. La vegetación presenta una asociación directa con las unidades morfológicas y a pesar de su intensa destrucción cuenta con valores florísticos importantes. Predominan los manglares y los campos de restinga.

8. En la FCNR existe un alto grado de erosión en sus playas e índices de contaminación también altos en sus mangles. Mientras, en la FCEH ambos son menores. En la primera las playas Boa Viagem, Janga, Maria Farinha y Boa Viagem y los ríos Beberibe y Capibaribe son los más afectados, mientras en la segunda franja las playas Guanabo y Veneciana y el río Guanabo han sido los más modificados.

9. En la FCNR las inundaciones pluviales y en la FCEH las penetraciones del mar son los peligros que más han afectado y alterado la dinámica natural.

10. La eficiencia de las obras de ingeniería costera como medidas antierosivas de las playas son cuestionables y han provocado una reacción en cadena negativa en otras playas.

11. La evolución geomorfológica demuestra una tendencia a la emersión en ambas franjas, por lo cual los efectos del posible ascenso del nivel del mar pudieran resultar atenuados, aunque su pronóstico es aún poco preciso. Las modificaciones humanas pueden ser mayores que las provocadas por el ascenso.

12. El análisis de las acciones, de los factores y elementos y de los valores de importancia de los impactos demuestra que el hombre ha sido un relevante agresor de la naturaleza. En la FCNR de los 38 impactos, 30 son negativos, 9 tienen puntuación 12 ó 13, y las acciones afectan a más del 50% de los factores y elementos. En la FCEH de los 39 impactos 31 son negativos, 16 tienen puntuación 12 ó 13, y las acciones se vinculan con más del 50% de los factores y elementos.

13. Existe una disminución de la capacidad natural de los sistemas para “luchar” contra los peligros naturales y adaptarse a los nuevos cambios. Se recomienda:
14. Las playas y mangles, que por la explosión urbana han sufrido o poco o ningún daño, deben ser los más fiscalizados para que los errores del pasado no sean multiplicados.
15. Utilizar estructuras blandas para la defensa de las costas como el vertimiento de arena o el método Berossin, pues según la literatura han tenido mejores resultados y a largo plazo resultan las menos costosas, además de no ser negativas para las playas pues aumentan la cantidad de arena y mejoran su distribución por las olas.
16. Las empresas que soliciten instalarse en la zona costera deben cumplir estrictamente el código de requisitos ambientales y además pagar elevados impuestos. Para ello también debe existir una política controladora de esos impuestos.
17. Para la FCNR debe crearse un cuerpo de inspectores ambientales municipales, como existe en Cuba, hacia donde puedan ser movilizados los profesionales liberales, para junto con la población frenar las irregularidades existentes.
18. El conjunto de medidas propuesto debe ser de aplicación rápida y casuística en dependencia de las peculiaridades, modificaciones, estado actual y dinámica en diferentes sectores claves (littoral cells), y sobre la base de la multidisciplinariedad para que los sistemas se tornen sustentables en un futuro no lejano.
19. La sociedad debe unirse al Estado en la prevención de los peligros y en la lucha por la defensa de las restingas y mangles.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Academia de Ciencias de Cuba y Academia de Ciencias de la URSS (Ed.), Atlas Nacional de Cuba, Moscú, 1970.
2. Andrade, G. O., Itamaracá – Contribuição para o estudo geomorfológico da costa de Pernambuco. Ed. Imprensa Oficial do Estado de Pernambuco, 48 p., 1955.
3. Andrade, G. O., “Os climas do Brasil”. In: Brasil, A Terra e o Homem. São Paulo, Ed. Nac. São Paulo. As bases físicas, public. sob a direção de Aroldo de Azevedo, comp. 1, 397-457 pp., 1964.
4. Andrade, G. O. y R. C. Lins, Introdução à morfoclimatologia do nordeste do Brasil. Universidade do Recife. Arquivos do Instituto de ciências da terra (3)–(4), fev./jun., 27 p., 1965.
5. Arcia, M. y R. Pereiras, “State of Management of Coastal geosystems in Cuba”. En: Proceedings of Conference on Coastal Change, 750-760 pp., 1997.
6. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (Eds.), Madrid, Sección XI.1.1., 1989.
7. Azevedo Junior, S. M. y M. E. Larrazabal., “Censo de aves limícolas na Coroa do Avião, Pernambuco, Brasil”. Informações de 1991 a 1992. Rev. Nord. Zool, 1 (1): 278-292, 1994.

8. Bigarella, J. J., "Paleocorrentes e Deriva Continental". Boletim Paranaense de Geociências, 141-223 pp., 1973.
9. Bigarella, J. J. y G. O. Andrade, "Considerações sobre a Estratigrafia dos Sedimentos Cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras)". Arquivo do Instituto de Ciências da Terra. Recife, 2: 2-14, 1964.
10. Bird, E. C. F., "Recent changes in the world's sandy shorelines". In: Bird, E.C.F. Koike K. (Eds.) Coastal dynamic and scientific sites. Department of Geography. University of Japan, 5-30 pp., 1981.
11. Bittencourt, C. S. P. y otros, "The marine formations of the coast of the state of Bahia. Proceedings". International Symposium of Coast Evolution in the quaternary, São Paulo - I.G.C.P. Project. 61, 232-253 pp., 1979.
12. Bloom, A. L., A orla da Terra. Série de Textos Básicos de Geociências. Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 125-153 pp., 1969.
13. Bolós, M. y otros, Manual de Ciencia del Paisaje. Barcelona, Ed. Massau, S.A. 273 p., 1992.
14. Borkowska, M. y otros (Ed.), Mapa geológico de Cuba, escala 1:250 000. Ed. ICGC. La Habana, 1988.
15. Branner, J. C., "The stone reefs of Brazil, their geological and geographical relations, with a chapter on the coral reefs". Bull. Mus. Comparative 200 I, Harvard College, Cambridge, 44, Geol. Ser. (7): 207-275, 1904.
16. Bruun, P., "Sea level as a cause of shore erosion". Amer. Soc. Civil Engrs. Proc. Journal of Waterways and Harbors Division. 88: 117-130, 1962.
17. Cabrera, J. A., Los Paisajes de la Provincia de Matanzas, Cuba: una concepción de sistemas para la estrategia de sostenibilidad geológica. Matanzas, Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas. La Habana, 108 p., 1995.
18. Cañedo-Argüelles, C., "El plan indicativo de usos del dominio público litoral (PIDU)". Coloquio hispano-francés sobre espacios litorales-Madrid, 705-716 pp., 1982.
19. CERSA., "Posibilidades de conversión de los PIDU y estudios de ordenación de la oferta turística en figuras de planeamiento". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU), Madrid, 7-130 pp., 1980.
20. Chapman, V. J., "Mangrove biogeography". In: G. Walsh, S. Snedaker, H. Teas (Eds.) Honolulu, Proc. Int Symp. on Biology and Management of Mangroves, 3-22 pp., 1975.
21. Christofolleti, A., Geomorfologia. Ed. Edgar Blücher, Sao Paulo, 2da. edición, 177 p., 1980.
22. Clark, J. R., Coastal Ecosystem Management: A technical manual for the conservation of coastal zone resources. Ed. 1-Florida-USA. Robert E. Krieger Publishing Co. Inc., 928 p., 1977.
23. Coelho, P. A., "Os crustáceos decápodos de alguns manguezais pernambucanos". Trab. Instituto Oceanográfico-U.F.PE., 71-90 pp., 1965/1966.
24. Commission des Communautés, "L'aménagement integere du littoral daus la communante européenne". Eur. 6103. Bruxelas, 131 p., 1980.
25. Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental de Administração dos Recursos Hídricos-CPRH., Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco. 83 p., 1996.

26. Coutinho, P. N., "Los manglares de la planicie costera de Recife". Ed. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe. Montevideo, 160-169 pp., 1980.
27. Dantas, J. R. A. y N. Brito, Geología de Pernambuco. Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). Recife, 112 p., 1980.
28. Dardano Lima, A., Estudos fitogeográficos de Pernambuco. Recife, 43 p., 1957.
29. Darwin, C., "On a remarkable bar of sandstone of Pernambuco on the coast of Brazil". London, Edinburgh, Dublin Philos. Mag of Journ Sci. 19: 257– 261, 1841.
30. Davies, J. L., Geographical variation in coastal development. In: Clayton, K.M. (Org.) Geomorphology Text Series 4. Londres, Longman, 204 p., 1977.
31. Davis, W. M., The Coral Reef. Problem. Robert E. Krieger (Ed.). American Geographical Society Special Publication. New York, 596 p., 1976.
32. De la Sagra, R., "Topografía vegetal del Partido de Guanabo". Anales de Ciencias, Agricultura, Comercio y Artes, 292-298 pp., 1828.
33. De Martonne, E., Panorama da Geografia. Ed. Cosmos, Tome Premier. Lisboa, 954 p., 1953.
34. Delgado de Carvalho, Physiographia do Brasil. Fasc. 4. Litoral F. Briguiet e Cia. (Ed.), Rio de Janeiro. 484 p., 1927.
35. Domingues, J. M. L., "Evolução quaternária da planície costeira à foz do Rio de Jequitinhonha-BA. Influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea de sedimentos". Dissertação de mestrado U.F.B.A. Salvador, 79 p., 1982.
36. Donoso, M., "Descripción del pueblo de Guanabo por su párroco". Diario del Gobierno de La Habana, 7 de junio de 1813.
37. FIDEM, Plano de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Recife. Governo do Estado de Pernambuco-Recife, 226 p., 1976
38. Flexor, M. J. y otros, "Gênese dos cordões litorâneos da ponte central da costa brasileira". Anais do Simpósio sobre Restingas Brasileiras. Universidade Federal Fluminense, Niterói. Rio de Janeiro, 35-45 pp., 1984.
39. Franco, G. L., "Classificación tectono-ambiental de los depósitos del Neógeno de Cuba Oriental". Rev. Ciencias de la Tierra y del Espacio, 10: 57- 67, 1985.
40. Gilbert, G. K., "The topographic features of lake shores". V. S. Geology Survey, 5o Annual Report (1883-84): 75-123, 1985.
41. Glangleaud, L., "Phénoménés hydodynamic du ressac, leur rôle dans le transport et triage des galetes". C. R. Acord, S. C. T. CCXII-Paris, 146–149 pp., 1941.
42. Gómez, O., Evaluación de Impacto Ambiental. Ed. Agrícola Española S.A., 2da Edición. Madrid, 260 p., 1994.
43. González, L., La utilización del enfoque geosistémico en la investigación geográfica del medio ambiente cubano. Ed. Academia, La Habana, 21 p., 1991.
44. González, L., "Propuesta espacial geocologicamente optimizada de las actividades socioeconómicas en el paisaje, mediante variantes óptimas ecológicas, socioeconómicas y ecólogo-socioeconómica". En: La geografía del medio ambiente, M. Arcia (Ed.), 255-263 pp., 1994.
45. Guerra, A. T., Dicionário Geológico e Geomorfológico. IBGE, 7a Ed. Rio de Janeiro, 446 p., 1987.
46. Guilcher, A., Morfología Litoral y Submarina. Ed. Omega S.A., Barcelona, 257-264 pp., 1957.

47. Gulliver, F. P., "Shoreline topography". American Academy of Arts and Sciences Proceedings, 34: 151–258, 1957.
48. Ionin, A. y Y. Pavlidis., Condiciones de formación del relieve y de los sedimentos de la zona costera de Isla de Pinos. La Habana, 8 p., 1967.
49. Ionin, A. y otros, "Estructuras geológica y geomorfológica de la zona costera de la Ensenada de la Broa". Serie Transformación de la Naturaleza, 8: 1-8, 1969.
50. Ionin, A. y Y. Pavlidis., "Clasificación morfogenética de los tipos de costa". En: Atlas Nacional de Cuba, 1970.
51. Ionin, A. y otros, "Relieve de la zona costera y sedimentos del fondo de la costa norte de Cuba, en la región del Archipiélago Sabana-Camagüey". Serie Oceanológica 12:1-24, 1972.
52. Ionin, A. y otros, "Resumen geológico y geomorfológico de la zona litoral de la costa noroeste de Cuba". Série Oceanológica 11: 1-13, 1972.
53. Johnson, D. N., Shore processes and shoreline development. John Wiley and Sons Inc (Ed.). New York, 548 p., 1919.
54. Juanes, J. L., La erosión en las playas de Cuba. Alternativas para su control. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas. La Habana, 100 p., 1995.
55. Kempf, M. y otros, "Estudo da plataforma continental na área do Recife, Brasil". Trabalhos oceanográficos de Universidade Federal de Pernambuco, 125 p., 1970.
56. King, C. A. M., Beaches and Coast. Martins Press, New York, 570 p., 1972.
57. Komar, P. D., "Computer models of delta growth due to sediment input from rivers and longshore transport". Geol. Soc. Amer. Bull, 84 (7): 2217– 2226, 1973.
58. Koopen, W., Climatología: Con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México, 478 p., 1948.
59. Kraft, J. K., Sedimentary Facies Patterns and Geologic History of a Holocene Marine Transgression. Geologic Society of America. Bulletin 82:2131-2158, 1973.
60. Lamego, A. R., "Restingas na costa do Brasil". Ministério da Agricultura. D.N.P.M. Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, Bol. 96: 63 1940.
61. Leopold, A., "Matriz de evaluación de impactos". En: Curso Master E. I. A. Instituto de Investigaciones Ecológicas. Málaga, Módulo 7: 57-58, 1994.
62. Mabesoone, J. M. y C. de Castro, "Desenvolvimento Geomorfológico do Nordeste Brasileiro". Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. Núcleo Nordeste, 3: 5-36, 1975.
63. Mabesoone, J. M. y C. G. Silva, "Modelo deposicional dos fosforitos de Pernambuco". In: U.F.PE.-Departamento de Geologia. Estudos Geológicos- Recife, Série B-Estud. Pesq. 4: 17-26, 1991.
64. Martins, M., Caracterização morfodinâmica do litoral de Ilha de Itamaracá- PE. Dissertação de Mestrado, VFP, Centro de Tecnología e Geociencias. Recife, 111 p., 1997.
65. Massip, S. y S. Ysalgué, Introducción a la Geografía de Cuba. Ed. Fiallo y nos. La Habana, 243 p., 1942.
66. Mateo, J., Apuntes de Geografía de los Paisajes. Ed. Universidad de la Habana. La Habana, 448 p., 1984.
67. Mateo, J., "Planejamento ambiental: base conceituais, níveis e métodos". En: Desenvolvimento Sustentável e Planejamento, Ed. Cavalcanti, A. P., UFC, 37-46 pp., 1997.

68. Milano, M. S., Conservação "in situ" e Sistemas de unidades de conservação. In: Estratégia de Conservação da Biodiversidade. Brasília FAWATUMA, documento 6, 45 p., 1991.
69. Muñóz, J. y J. M. Barragán, Ordenación, Planificación y Gestión del Espacio Litoral. Ed. Oikos - Tan. Barcelona, 272-285 pp., 1994.
70. Myers N. (Ed.), Ocean. Gaia. An Atlas of Planet Management. Garden City. New York, 74 p., 1984.
71. Nuñez Jiménez, A., Geografía de Cuba. Ed. 2ª La Habana, 624 p., 1959.
72. Ortega, A. F., "El litoral. Aproximación geográfica". La ordenación del litoral. Temas de administración local, Centro de Estudios Municipales y de Cooperación Interprovincial (CEMCI). Madrid, 9-29 pp., 1992.
73. Ottmann, F., "Etudes sedimentologique dans le Port. De Recife, Brasil cahiers oceanographique, v. XV, faz. 3". 161-169 pp., 1964.
74. Ottmann, F., Introduction a la geologia marine e littorale. Edición Moscou at Cie. Paris, 259 p., 1965.
75. Penteado, M., Fundamentos de geomorfologia. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia-IBGE, Ed. 3ª. Brasília, 164 p., 1977.
76. Pereiras, R. y otros, Evaluación ingeniero-geográfica del tercio inferior del Río Itabo. Reporte de investigación No. 9, 17 p., 1987.
77. Ramírez, E., Caracterización geomorfológica del litoral norte Habana-Matanzas. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas. La Habana, 100 p., 1989.
78. Rizinni, C. T., "Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil". Rev. Brasileira de Geografia, 25(1): 3-64, 1963.
79. Salinas, I. M. y otros, "Changes Occurring Along Submerging Coastal Area; Luisiana, USA". Journal of Coastal Resources, 110-111 pp., 1986.
80. Schwartz, M. L., "The Bruun theory of sea level rise as a cause of shore erosion". Journal of Geology. 75(1): 76-92, 1967.
81. Shepard, F. P., Submarine Geology. Ed. Haper International, Tokyo 2ª edição, 557 p., 1963.
82. Suárez Moré R., "Geografía de las costas cubanas". Academia de Ciencias, Instituto de Geografía 8 p., 1971.
83. Suárez Moré R., "Morfodinámica y conservación de las playas". Serie Geográfica 15: 1-21, 1976.
84. SUDENE., Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife, 1 359 p., 1973.
85. Suguio, K., Dicionário de geologia marinha (termos em inglês, francês e espanhol). São Paulo, Queiroz, T.A., Biblioteca de Ciências Naturais, 15, 171 p., 1992.
86. Suguio, K. y otros, " Flutuação do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira". Rev. Brasileira de Geociências. 15(4): 273-286, 1985.
87. Titus, J. G., "Recent Changes in Sea Level and Their possible Causes". Climatic change 5: 9-110, 1983.
88. Trusov y otros, Características espaciales y temporales de las precipitaciones atmosféricas en Cuba. Ed. Academia, La Habana, 150 p., 1983.

- 89.UNESCO, Coasts. Managing complex systems. Environment and development briefs. Ed. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. Paris, 16 p., 1993.
- 90.Vasconcelos F. y otros, "Composição e distribuição da fauna ictiológica no Canal de Santa Cruz (Parte Sul - Itamaracá - PE)". Rev. Nord Zool. 1(1): 247-262, 1994.
- 91.Walter H. Corson (Ed.), Manual Global de Ecologia: O que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente. São Paulo, Augustus, Catálogo 1020, 136–147 pp., 1993.
- 92.Zenkovich, V. P., "Arrecifes que bordean a Cuba (en ruso)". Noticias de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S., Serie Geográfica, (2): 81–89, 1969.
- 93.Zenkovich, V. P., "Dinamica de la zona costera, como base para la proyeccion de protectores costeros". En: Problemas de las costas de Georgia. XXIII Congreso Geográfico Internacional. Ed. Metsnierebe. Moscú, 16 p., 1976a.
- 94.Zenkovich, V. P., "Preservando la naturaleza de las costas". Rev. Geoforum. 7: 395-397, 1976b.
- 95.Zenkovich, V. P. y A. S. Ionin, "Breve resumen sobre las investigaciones de la estructura y dinámica de la zona litoral de la Isla de Cuba". Serie Oceanológica 8: 1-28, 1969.