



25 AÑOS

MEMORIAS

IX

SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS DEL MAR  
Y  
CONGRESO LATINOAMERICANO EN CIENCIAS DEL MAR

Sede Universidad EAFIT  
Medellín, Colombia  
Noviembre 21 al 25 de 1994

TOMO 1

0

INFORMACION EDITORIAL.

La información contenida en cada uno de los artículos incluidos en estas memorias es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Los textos, gráficos y fotografías de estas memorias se pueden reproducir, total o parcialmente, siempre y cuando se cite la fuente.

COORDINACION EDITORIAL.

Secretaría General de La Comisión Colombiana de Oceanografía, CCO.

Esta publicación ha sido realizada con la colaboración financiera de:

- Colciencias
- DIMAR
- ICFES
- INPA

P R E S E N T A C I O N

Con gran satisfacción hago entrega, en el anexo 3 del presente documento, de los diskettes de la compilación de los trabajos presentados durante el IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y Congreso Latinoamericano en Ciencias del Mar, realizado en la sede de la universidad EAFIT en Medellín por la Comisión Colombiana de Oceanografía.

Este documento contiene los textos de todas las investigaciones que de acuerdo a la solicitud de los autores son publicados, previa selección del Comité Científico, que utilizó un proceso de evaluación de los trabajos completos, en cumplimiento a las normas establecidas por el Comité Organizador Nacional cuando inició la organización del Seminario, en noviembre del año anterior.

El texto de estas memorias se presenta en archivo electrónico, de acuerdo a lo decidido por el Comité Organizador, quien acordó entregar los textos completos de las investigaciones al iniciar el Seminario con el fin de que cada uno de los participantes cuente con ellos oportunamente. Posteriormente, la Secretaría General de la Comisión Colombiana de Oceanografía enviará un último diskette que contendrá el texto del trabajo ganador del Premio Nacional en Ciencias del Mar y las conclusiones y recomendaciones que surjan durante la semana del evento; así como, los discursos de inauguración y clausura.

La Secretaría General de la CCO se permite informar a los lectores e investigadores en Ciencias del Mar que los motivos por los cuales algunos trabajos referenciados en el documento de resúmenes no están dentro del archivo electrónico son los siguientes:

1. Decisión expresa en tal sentido de los autores cuyos trabajos fueron codificados bajo los números: 1.4, 3.1, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.11, 3.12, 3.27B, 3.51, 3.52, 3.53, 3.54, 3.55, 3.56, 3.57, 3.58, 3.59, 3.64, 4.12, 6.9, 7.3, 8.18, 9.4, 9.5, y 9.6.

2. Los trabajos cuyos diskettes presentaron problemas en la recuperación de la información y de los cuales la Comisión no recibió una segunda versión, a pesar de las llamadas hechas a cada uno de los autores. Por lo anterior, dentro del presente archivo no se encuentran los documentos codificados bajo los números: 1.2 y 2.2.

Memorias IX Seminario

Los mapas, gráficas y tablas que no vinieron dentro del archivo electrónico de cada uno de los trabajos, se encuentran en fotocopias que se adjuntan en el anexo 1 de este documento.

Me permito manifiestar a los lectores de las presentes memorias que estas, son reproducción directa de los diskettes que cada uno de los autores hizo llegar a esta Secretaría.

En el anexo 2 se encuentra impreso el directorio de autores que también se incluye electrónicamente en el diskette 3 de la memoria.

Finalmente, deseo manifestar un especial reconocimiento de gratitud a todo el personal de la Secretaría General de la CCO que, con su dedicación y constante labor, hizo posible la publicación de estas Memorias en una forma diferente, oportuna y acorde a las exigencias de la informática moderna.

Capitán de Navio RICARDO ALVARADO REYES  
Secretario General CCO

---

Comisión Colombiana de Oceanografía

ORGANIZACION DEL SEMINARIO

1. COMITE ORGANIZADOR

Comisión Colombiana de Oceanografía  
COLCIENCIAS  
Universidad EAFIT

2. COMITE DEL PREMIO EN CIENCIAS DEL MAR

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| ACAC            | Dr. Eduardo Posada Flores     |
| ACUANAL         | Dra. Clara María Sanín Posada |
| Armada Nacional | Valm. Hernando García Ramírez |
| CNO             | Alm. Gustavo Angel Mejía      |
| COLCIENCIAS     | Dr. Fernando Chaparro Osorio  |
| U. EAFIT        | Dr. Guillermo Sanín Arango    |

3. COMITE CIENTIFICO

|                               |                       |
|-------------------------------|-----------------------|
| Dr. Jairo Escobar Ramírez     | CCO                   |
| Dr. Regis Bador               | CENIACUA              |
| Dr. Mauricio Prieto           | CIMAC                 |
| C.C. Carlos Andrade           | ENAP                  |
| C.N. Jaime Sánchez Cortés     | GRANELCO              |
| Dr. Edgar Montealegre         | HIMAT                 |
| Dr. Jaime O. Martínez         | INGEOMINAS            |
| Dr. Mauricio Valderrama B.    | INPA                  |
| Dr. Federico Newmark          | INVEMAR               |
| Dra. Luisa Niño               | U. Javeriana          |
| Dra. Manuel García Valderrama | U. Jorge Tadeo Lozano |
| Dr. Germán Bula Meyer         | U. Magdalena          |
| Dr. Lorenzo Panizzo           | U. Nacional           |
| Dr. Ernesto Melendro          | Independiente         |

4. PERSONAL DE LA C.C.O.

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| C.N. Ricardo Alvarado Reyes | Secretario General |
| C.C. Mario Alberto Palacios | Jefe DICOR         |
| T.N. Javier Noriega         | Jefe INFOMAR       |
| T.F. William Pedroza        | Jefe DIORI         |
| Dra. María Eugenia Galván   | Jefe DIVAD         |
| Dra. Martha Bernal          | Asesora SGCCO      |
| Dr. Jairo Escobar Ramírez   | Asesor SGCCO       |

---

AGRADECIMIENTOS

La Secretaría General de la Comisión Colombiana de Oceanografía desea agradecer a todas las entidades del Gobierno Nacional y Regional que se vincularon al evento mediante su patrocinio, permitiéndonos una vez más reunir a toda la comunidad científica marina de Colombia y además, contar entre nosotros con Expertos Internacionales que sin duda alguna enriquecerán este seminario con temas de actualidad mundial en los campos de la Oceanografía y Ciencias del Mar en general.

Entidades Patrocinadoras

Nacionales

Comisión Colombiana de Oceanografía- (CO)

COLCIENCIAS

Dirección General Marítima - Armada Nacional

Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior- ICFES

Universidad EAFIT

Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura- INPA

Corporación Para el Desarrollo Sostenible del Urabá- CORPOURABA

AVIANCA

Gobernación de Antioquia

Alcaldía de Medellín

Corporación Nacional de Turismo- CNT

Federación Nacional de Cafeteros- FEDECAFE

Escuela Naval "Almirante Padilla"

Flota Mercante GranColombiana

Vikingos de Colombia

Empresa Colombiana de Petroleos- ECOPEIROL

Instituto de Investigaciones Marinas- INVEMAR

Pilotos Prácticos del Caribe- PILCAR

Asociación Nacional de Acuicultores de Colombia- ACUANAL

TEXAS

Sena Regional Antioquia

Federación Nacional de Comerciantes- FENALCO

Confenalco

Iravisión (Cadena 3)

Universidad Jorge Tadeo Lozano- UJTL

Internacionales

Comisión Permanente del Pacífico Sur

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Comisión Oceanográfica Intergubernamental

Unión para la Conservación del Mundo

Consejo Británico

Embajada de España

# C O N T E N I D O

CONFERENCIAS PRESENTADAS DURANTE EL SEMINARIO AGRUPADAS DE ACUERDO  
AL PLAN DE DESARROLLO DE LAS CIENCIAS Y TECNOLOGIAS DEL MAR.

|   | Pag. |
|---|------|
| <b>TOMO I</b>   |      |
| Presentación.....   | 3    |
| Organización del seminario.....   | 5    |
| Agradecimientos.....  | 6    |
| Contenido.....  | 7    |
| 1. Area de Ecosistemas Marinos.....   | 14   |
| 1.1. Zonas Costeras, Estuarios y Deltas....   | 15   |
| Manejo de Lagunas Costeras en Latinoamérica   | 16   |
| El Sistema Lagunar de la Ciénaga Grande de<br>Santa Marta en el Contexto Deltaico del Río<br>Magdalena.....   | 34   |
| Geomorfología de la Playa El Choncho, Delta<br>del Río San Juan, Litoral Pacífico colombiano  | 45   |
| Sedimentología de la Playa El Choncho, Delta<br>del Río San Juan, Litoral Pacífico colombiano   | 57   |
| Patrones de Vegetación del Estuario Boca<br>San Juan, Litoral Pacífico de Colombia. Rela-<br>ciones con eventos morfológicos.....                             | 68   |
| Aproximación al Conocimiento de la Circulación<br>Estuarina en las Bocas San Juan y Chavica,<br>Delta del Río San Juan, Pacífico Colombiano                   | 79   |
| Geomorfología del Sector Surcoeste del Delta<br>del Río San Juan, Litoral Pacífico colombiano   | 89   |
| Variaciones Temporales de la Fauna Macrobent-<br>tónica Intermareal en la Playa de la Isla El<br>Chonco (Delta del Río San Juan, Pacífico<br>Colombiano)..... | 99   |
| Estudios de vegetación basados en datos<br>de satélite SPOT: Estuario Boca San Juan,<br>Litoral Pacífico colombiano.....                                      | 110  |

|  |            |
|--|------------|
| Sedimentología del Estuario Boca San Juan,<br>Delta del Río San Juan, Pacífico colombiano<br>Resultados preliminares.....  | 122        |
| Consideraciones para el desarrollo sostenible<br>en zonas costeras - Estudio de caso de<br>Cartagena.....  | 133        |
| Dinámica Marina y sus Efectos sobre la Geomor-<br>fología de los Golfos Urabá y Morrosquillo...  | 144        |
| Análisis Geomorfológico Costero y de la<br>Pluma de Sedimentos en Sectores Costeros del<br>Caribe, Utilizando Imágenes de Satélite.....                              | 169        |
| Estructura y estado general de bosque de man-<br>gle de la ensenada de Utria.....  | 182        |
| <b>1.2 Manglares, Fanerógamas y Algas.....</b>   | <b>193</b> |
| Acodado Aéreo de Mangle Rojo para Repoblar<br>Zonas Escogidas de las Islas del Rosario y<br>Adaptación Pos-siembra de Trasplantes.....                               | 194        |
| Diferencias en el Índice de Área Foliar de<br>dos Tipos Fisiográficos de Bosque de Mangle<br>Rojo en el Sur de la Florida.....                                       | 210        |
| Caída de Hojarasca, Descomposición y Pas-<br>toreo en Seis Bosques de Manglar, Bahía de<br>Cartagena, Caribe Colombiano.....   | 217        |
| Infauna Macrobentónica Asociada a una Pra-<br>dera de <i>Thalassia testudinum</i> Banks ex<br>Koning (Hydrocharitaceae), Bahía de Taganga,<br>Caribe Colombiano..... | 228        |
| Cartografía de las Praderas de Fanerógamas<br>en la Bahía de Taganga, Magdalena, Caribe<br>Colombiano.....   | 244        |
| Algas Rodofíceas y Pasto Marino de la Costa<br>Caribe de Colombia como Posible Fuente Comer-<br>cial de Agar y Suplemento Alimenticio de<br>Animales.....            | 252        |
| <b>1.3 Arrecifes.....</b>  | <b>262</b> |
| Iniciativas Internacionales para la Conserva-<br>ción de Peces de Arrecifes de Coral.....  | 263        |
| Composición y Estructura de la Comunidad   |            |

|   |     |
|---|-----|
| Coralina (Milleporina y scleractinia) de la Bahía de Gayraca, Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano.....                             | 273 |
| Contribución al Conocimiento del Plancton Superficial en los Alrededores del Parque Nacional Natural Corales del Rosario (Caribe Colombiano)..... | 285 |
| Estudio Sedimentológico del Complejo Arrecifal Isla Providencia y Santa Catalina (Colombia).....  | 296 |

## TOMO II

|  |            |
|--|------------|
| <b>2 Recursos Naturales Marinos.....</b>   | <b>304</b> |
| <b>2.1 Recursos Pesqueros.....</b>   | <b>305</b> |
| Industria de la Pesca Marítima: 25 años.....   | 306        |
| Notas sobre la Biología, Dinámica Poblacional y Pesquerías del Camarón de Aguas Profundas <u>Penaeus brevirostris</u> , Kingsley y <u>Penaeus californiensis</u> , Holmes sp. en el Pacífico Colombiano.....   | 316        |
| Contribución al Estudio de la Biología y la Dinámica Poblacional de Tiburones de la Familia Carcharhinidae (Condriichthyes: Lamniformes) en el Pacífico Colombiano.....  | 327        |
| Estados de Explotación, Rendimiento Sostenible, Reclutamiento a la Pesquería, y Lineamientos de Ordenación de la Pesca de Camarón de Aguas Someras <u>Penaeus (Litipenaeus) occidentalis</u> Street, <u>Xiphopenaeus riveti</u> Bouvier, y <u>Trachypenaeus byrdsi</u> Burkenroad, (PENEIDAE) en el Pacífico Colombiano..... | 340        |
| Algunos Aspectos Biológico-pesqueros del Pargo Rojo <u>Lutjanus vivanus</u> y Pargo Chino <u>Lutjanus sinagris</u> Presentes en Area de Influencia de Cartagena.....   | 350        |
| Magnitud, Composición y Valores Económicos de las Capturas con Boliche, Transmallo y Cordel de Tres Agrupaciones de Pescadores del Area de Influencia de Cartagena.....  | 362        |
| Dinámica Poblacional y Pesquera del Caracol  |            |

|   |            |
|---|------------|
| <u>Strombus gigas</u> Linnaeus, 1758 en las Islas de Providencia y Santa Catalina.....  | 374        |
| Evaluación Biológico-Pesquera del Camarón de Aguas Someras del Pacífico Colombiano <u>Penaeus occidentalis</u> street, durante el Período Enero de 1993 a Febrero de 1994.....  | 384        |
| Monitoreo Biológico-Pesquero del Atún Desembarcado en las Plantas de Buenaventura Durante 1993-1994.....  | 395        |
| Evaluación Preliminar de la Pesca Blanca en el Pacífico Colombiano.....   | 406        |
| Contribución al Conocimiento de la Biología de la Reproducción del Camarón de Aguas Someras <u>Penaeus occidentalis</u> , <u>P. vannamei</u> , <u>P. stylirostris</u> , y <u>P. californiensis</u> , de la Costa Pacífica Colombiana..... | 418        |
| Aspectos Preliminares sobre la Biología de la Plumuda (reproducción, alimentación y crecimiento) <u>Opisthonema</u> spp. (Gill, 1861) en el Pacífico Colombiano.....  | 430        |
| Aspectos Preliminares de la Biología (alimentación, reproducción y crecimiento) del Género <u>Epinephelus</u> (Pisces: Serranidae) en el Pacífico Colombiano.....   | 439        |
| Monitoreo de Huevos y Larvas de Peces Clupeidos y Engraulidos de la Costa del Valle del Cauca, Durante 1993.....  | 450        |
| Aspectos Ecológicos de la Langosta <u>Panulirus argus</u> en los Arrecifes del SW y NE de Cuba.   | 461        |
| <b>2.2 Recursos Acuícolas.....</b>  | <b>471</b> |
| Cultivo Experimental de peces en Canales Intermareales del Golfo de Tortugas ( <u>Oreochromis</u> sp.) Colombiana.....  | 472        |
| Evaluación Técnica y Financiera del Fomento de la Camaronicultura con Comunidades de Pescadores Artesanales de la Costa Atlántica colombiana.....   | 482        |
| Evaluación del Estado Actual de la Población de Caracol de Pala <u>Strombus gigas</u> Linnaeus, 1758 (Mollusca, Gasreropoda) en   |            |

|   |            |
|---|------------|
| el Archipiélago de San Bernardo. Cría y Levante a Juvenil de 2 cms. a Partir de Masas de Huevos Colectadas en el Medio Natural.....   | 497        |
| Técnica para el Cultivo de Fitoplancton Marino y su Uso en Pruebas Biomédicas en la Lucha contra el SIDA y el Cáncer.....   | 510        |
| Relación entre el Crecimiento del Camarón <u>Penaeus vannamei</u> (Boone, 1931) y la Fauna Bentónica en Estanques de Cultivo.....   | 519        |
| <b>2.3 Otros Recursos Vivos.....</b>  | <b>529</b> |
| Observaciones sobre una Colonia de Aves Marinas en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario Durante 1992.....   | 530        |
| Marcadores Genéticos que Complementan Estudios Poblacionales en Delfines de la Especie <u>Sotalia fluviatilis</u> .....   | 548        |
| Composición, Distribución y Abundancia de los Moluscos Holoplantónicos (Heterópodos y Pterópodos) del Pacífico Colombiano durante 1991.....   | 561        |
| Biología Reproductiva en la Tortuga Golfina ( <u>Lepidochelys olivacea</u> ) en Playa Larga, El Valle-Chocó.....  | 572        |
| Variación Poblacional y Aspectos del Ciclo Reproductivo del Pelicano Café ( <u>Pelecanus occidentalis murphyi</u> ) en el Parque Natural Nacional Isla Gorgona.....   | 582        |
| Estudio Etológico del Tiburón Gato en Cautiverio ( <u>Gynghimostoma cirratum</u> ).....   | 592        |
| Distribución Espacio-Temporal y Aspectos del Comportamiento y de la Interacción con la Pesquería Artesanal de <u>Tursiops truncatus</u> y <u>Stenella attenuata</u> , en el Parque Nacional Natural Ensenada de Utria, Chocó, Colombia..... | 601        |
| <b>TOMO III</b>   |            |
| <b>3. Area Ambiental y Contaminación.....</b>   | <b>611</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>3.1 Contaminación.....</b>  | <b>612</b> |
| El Control de la Contaminación Marina por Vertimientos Líquidos de Efluentes en la Zona Costera.....   | 613        |
| Impacto de los Plaguicidas Organoclorados en los Ecosistemas de la Ciénaga de la Virgen, Municipio de Cartagena. Caribe Colombiano.....  | 634        |
| Diagnóstico de la Contaminación Marina Enfocado a la Parte Social y Económica del Pacífico Colombiano.....   | 643        |
| Sucesión Primaria en Láminas de Vidrio y la Influencia de la Contaminación Orgánica sobre Esta, en la Bahía de El Rodadero, Santa Marta.   | 655        |
| Estudio de la Contaminación por Compuestos Organoclorados en la Costa Pacífica Colombiana.....   | 671        |
| Estudio de la Contaminación Marina por Hidrocarburos en Areas Críticas de la Costa Pacífica Colombiana. Etapa II.....  | 680        |
| Estudio y Evaluación de la Contaminación por Metales Traza en Zonas del Pacífico Colombiano.....   | 690        |
| <b>3.2 Ambiental.....</b>  | <b>707</b> |
| Aspectos de Política Marítima Contenidos en la Plataforma de Tlatelolco sobre Medio Ambiente y Desarrollo con Especial Énfasis en la Contribución y uso Sostenible de la Biodiversidad Marina..... | 708        |
| Brofarmacología Marina a partir de Especies Marinas.....   | 733        |
| Características Oceanográficas y Meteorológicas al Sur del Pacífico Colombiano en Período de Enero a Diciembre/93 y su Relación con el Fenómeno de El Niño 1991 - 1992...                          | 743        |
| Un sistema de Información Georeferenciada (SIG): Una aplicación a las Areas Marinas.   | 753        |
| Características Meteorológicas y Oceanográ-  |            |

|   |     |
|---|-----|
| ficas en la Cuenca del Pacífico Tropical y el Litoral Pacífico Colombiano Durante el Período 1991-1993.....                   | 768 |
| La tomografía Acústica Oceánica en la Determinación de Estructuras Físicas de Escala Intermedia.....                          | 779 |
| Condiciones Hidrológicas en la Cuenca del Pacífico Colombiano.....  | 788 |
| Condiciones Oceanográficas del Caribe Colombiano en 1993 y 1994.....  | 798 |
| Variación de los Nutrientes en el Caribe Colombiano entre Abril de 1992 y Abril de 1994.....                                  | 808 |
| Procesos de Deterioro en la Costa Caribe Colombiana.....  | 819 |
| Actividad Biológica de Extractos de Esponjas del Género Ircinia.....  | 859 |
| Descripción Físico-química de la Ciénaga de Cholón, Isla Barú, Caribe Colombiano, durante el Período Climático Seco.....      | 869 |
| Utilización de Imágenes de Satélite en el Estudio de Ambientes Costeros.....  | 880 |
| Tunicados Plantónicos, Posibles Indicadores Biológicos del Fenómeno de El Niño.....   | 890 |
| Formulación de un Plan de Ordenamiento Territorial para el Area de Influencia del Terminal Petrolero de Coveñas.....          | 900 |
| 4. Conferencias magistrales.....  | 937 |
| Efectos de las Descargas de Origen Terrestre sobre el Estado Trófico del Mar Mediterráneo.....                                | 938 |
| Guías Metodológicas para la Ejecución de Proyectos de Gestión Ambiental en Bahías y Zona Costera.....                         | 959 |
| Aspectos Fundamentales a tener en Cuenta para el Inventario y Caracterización de las Fuentes Terrestres de Contaminación..... | 968 |
| El Programa Ambiental del Caribe y sus Actividades.....   | 976 |

## **1. AREA DE ECOSISTEMAS MARINOS**

## **1.1. ZONAS COSTERAS, ESTUARIOS Y DELTAS**

IX Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar y  
Congreso Latinoamericano en Ciencias del Mar, Colombia

MANEJO DE LAGUNAS COSTERAS EN LATINOAMERICA

Patricia C. Almada-Villela

Asesora en Conservación y Biología Acuática

60 Newington, Willingham, Cambridge, CB4 5JE. Reino Unido

RESUMEN

La importancia de las lagunas costeras como proveedores de diversos productos con importancia económica local y/o regional es ampliamente reconocida. Algunas de las actividades humanas que dependen de sus recursos incluyen a la agricultura, el uso del agua, pesquerías artesanal y a gran escala, acuicultura (especialmente la camaricultura), desarrollo turístico y urbano. Sin embargo, la importancia de las lagunas costeras como almacenes de biodiversidad no ha recibido hasta ahora la atención que se merece.

Se expone la problemática existente referente al manejo de los recursos costeros en Latinoamérica, analizando brevemente los aspectos claves que afectan su protección, uso y desarrollo sostenible. Se presentan algunos ejemplos de la región junto con ejemplos de programas de manejo costero efectivo en otras partes del mundo.

Se proponen algunas medidas para combinar la conservación de estos ecosistemas con el uso sostenible de sus recursos a largo plazo.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la zona costera estriba en ser una zona de confluencia entre los ambientes terrestres y los marinos lo que resulta en una gran variedad de especies, especialmente en las zonas tropicales y subtropicales. A su vez, esta riqueza atrae a una pluralidad de usuarios mayor en comparación con otros sistemas (Queen et al., 1988). Los ambientes costeros presentan una diversidad importante de habitats tales como arrecifes de coral, manglares, lagunas, estuarios, bahías, ciénagas e islas. Esta diversidad de habitats a su vez genera una alta representación de especies; esta riqueza biológica es resultado de la compleja topografía, clima, geología y localización geográfica.

Desgraciadamente, el conocimiento de los ambientes marinos es sumamente escaso en cuanto a su biodiversidad como lo demuestran los numerosos nuevos taxa que continúan descubriéndose (Ray, 1988). ~~En una revisión de la biodiversidad costera y marina de México~~ Se reportó que los ecosistemas marinos en general poseen mayor diversidad que los biomas terrestres o dulceacuícolas en los niveles taxonómicos altos, con un mayor número de especies en general y alta endemismos (Almada-Villela y Wilcox, 1992).

Ray, 1988

De acuerdo a Mittermeier (1988) y a Mittermeier y Werner (1989) aquellos países que poseen un alto número total de especies y un nivel alto de endemismo, tanto a nivel de especie como de nivel taxonómico más elevado se consideran países con 'Megadiversidad'. Diez de los 12 países que se consideran dentro de esta categoría por contener más del 60-70% de la biodiversidad mundial se presentan en el Cuadro 1. Siete de estos países son Latinoamericanos: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela (McNeely *et al.*, 1990).

| <b>Mamíferos</b>         | <b>Aves</b>             | <b>Anfibios</b>           |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1. Indonesia (515)       | <i>Colombia</i> (1721)  | <i>Brasil</i> (516)       |
| 2. <i>México</i> (449)   | <i>Perú</i> (1701)      | <i>Colombia</i> (407)     |
| 3. <i>Brasil</i> (428)   | <i>Brasil</i> (1622)    | <i>Ecuador</i> (358)      |
| 4. Zaire (409)           | Indonesia (1519)        | <i>México</i> (282)       |
| 5. China (394)           | <i>Ecuador</i> (1447)   | Indonesia (270)           |
| 6. <i>Perú</i> (361)     | <i>Venezuela</i> (1275) | China (265)               |
| 7. Colombia (359)        | <i>Bolivia</i> (~1250)  | <i>Perú</i> (251)         |
| 8. India (350)           | India (1200)            | Zaire (216)               |
| 9. Uganda (311)          | Malaysia (~1200)        | E.U.A. (205)              |
| 10. Tanzania (310)       | China (1195)            | <i>Venezuela</i> (197)    |
|                          |                         | Australia (197)           |
|                          |                         |                           |
| <b>Reptiles</b>          | <b>Mariposas</b>        | <b>Angiospermas</b>       |
| 1. <i>México</i> (717)   | Indonesia (121)         | <i>Brasil</i> (55,000)    |
| 2. Australia (686)       | China (99-104)          | <i>Colombia</i> (45,000)  |
| 3. Indonesia (~600)      | India (77)              | China (27,000)            |
| 4. <i>Brasil</i> (467)   | <i>Brasil</i> (74)      | <i>México</i> (25,000)    |
| 5. India (453)           | Birmania (68)           | Australia (23,000)        |
| 6. <i>Colombia</i> (383) | <i>Ecuador</i> (64)     | Sudáfrica (21,000)        |
| 7. <i>Ecuador</i> (345)  | <i>Colombia</i> (59)    | Indonesia (20,000)        |
| 8. <i>Perú</i> (297)     | <i>Perú</i> (58-59)     | <i>Venezuela</i> (20,000) |
| 9. Malaysia (294)        | Malaysia (54-56)        | <i>Perú</i> (20,000)      |
| 10. Tailandia (282)      | <i>México</i> (52)      | U.R.S.S. (20,000)         |
| Papua N.G. (282)         |                         |                           |

**Cuadro 1:** Países con el mayor número de especies de organismos seleccionados (McNeely *et al.*, 1990). Números en paréntesis se refieren al número de especies por país.

## IMPORTANCIA DEL MANEJO DE LAGUNAS COSTERAS

La productividad de los océanos ha sido explotada por el hombre por siglos y muestra ya señas alarmantes de sobre-explotación en algunas áreas. La mayor parte de las poblaciones humanas vive en la zona costera, zona que incluye como

mínimo a las planicies costeras y a las plataformas continentales (mas del 8% del globo terrestre). Se calcula que más del 50% del total de la población humana vive dentro de ésta zona y que toma de ella el 90% de los recursos marinos que utiliza para su subsistencia (Ray, 1988). Dos terceras partes de las ciudades de mundo con poblaciones de 2.5 millones están situadas cerca de estuarios y se calcula que la población costera aumentará al doble en los próximos 20 o 30 años (IUCN/UNEP/WWF, 1991).

Las lagunas costeras en regiones tropicales o subtropicales, no son solamente ecosistemas con un importante numero de especies sino también altamente productivas desde el punto de vista del uso del recurso pesquero. Por ejemplo, México cuenta con mas de 123 lagunas costeras (Lankford, 1977), cuya mayoría es productiva por estar bordeadas por manglares (Flores-Verdugo *et al.*, 1992).

Debido al alto nivel poblacional de la relativamente pequeña franja costera, no es fácil armonizar los usos de esta zona con su ecología, menos aun, con un uso sostenible de los recursos. En la mayoría de los casos, las zonas costeras en general y las lagunas en particular, se encuentran presionadas por una multitud de actividades humanas como la agricultura, uso del agua, deforestación de bosques cercanos, pesquerías (artesanal o a gran escala), acuacultura y turismo. Desgraciadamente, en los países en desarrollo estas actividades hasta la fecha se han considerado en aislamiento, pero es claro que estas actividades están relacionadas intrínsecamente y que de su balance depende el éxito de los sistemas lagunares a largo plazo. Generalmente estas actividades se inician por objetivos económicos para generar empleos y oportunidades económicas, por ejemplo, la posibilidad de exportación del producto.

## PRESIONES Y CONFLICTOS

Desgraciadamente, con muy pocas excepciones, en nuestros países no existe hasta ahora un manejo costero efectivo que propicie el bienestar de los ecosistemas y las poblaciones humanas circundantes para asegurar un desarrollo sostenible.

La ausencia de planes de manejo aunada a la presión de desarrollo resulta en el uso desordenado de los recursos, creando conflictos de interés que generalmente se resuelven a favor de aquellas actividades económicas más lucrativas (Escofet *et al.*, 1993). Un alarmante ejemplo de esto es el desarrollo desorganizado de la acuacultura costera, o más específicamente, la camaronicultura. En países como Ecuador, esta actividad ha causado alarmantes daños a los manglares y a los stocks naturales de juveniles de camarón (Norse, 1993). Sin embargo, no es fácil convencer a las crecientes iniciativas que se están viendo en otros países como México, de la necesidad de un manejo costero integral que permitirá tomar en cuenta las necesidades presentes y las obligaciones futuras. Como resultado, lagunas costeras altamente productivas hasta los 1980s han sido reducidas a poco menos que granjas camarónicas dependientes de intervención humana en todos sus niveles de actividad, e.g. Huizache-Caimanero, en Sinaloa, México (observaciones personales).

El uso desordenado del territorio también puede resultar en una reducción de las áreas naturales, lo cual se asocia con pérdida de biodiversidad. La conservación de la biodiversidad entra así en el circuito de conflicto entre usos de los recursos (Higgs y Usher, 1980; en Escofet *et al.*, 1993).

## MANEJO COSTERO INTEGRAL

El objetivo principal del manejo costero es el de desarrollar un enfoque sistemático que integre una variedad de disciplinas a fin de encontrar un equilibrio entre los diferentes intereses para conseguir un desarrollo sostenible a largo plazo. Es necesario llevar a cabo una serie de estudios en diversos campos inter-relacionados de manera que los resultados de un estudio alimenten a otro y viceversa. Por ejemplo, los resultados de estudios hidrológicos formarán parte indispensable de la evaluación y el monitoreo de las pesquerías y los recursos ecológicos de una área (HRM, 1994).

Es indispensable que estos estudios y proyectos sean comunitarios para que se integren dentro del marco de proyectos de desarrollo social que tendrá como objetivo principal el fortalecimiento de organizaciones comunitarias para que sea posible que las poblaciones locales utilicen el potencial de los ecosistemas costeros de una manera óptima y sostenible. Esto deberá ayudar a los sectores vulnerables de la sociedad, especialmente a los pescadores artesanales y a los agricultores de menor escala, a defender y mejorar su nivel de vida (HRM, 1994).

Varios de los usos del territorio que ejercen presión en ausencia de planes de manejo se presentan en la Figura 1 (tomada de Escofet *et al.*, 1993).

Insertar Figura 1

Asimismo, Norse (1993) en una revisión de la biodiversidad marina mundial, discutió el hecho de que actualmente algunos proyectos de asistencia internacional que se llevan a cabo en países en desarrollo tienen resultados negativos y positivos. A continuación se presentan ejemplos de este tipo de proyectos.

### **Impactos negativos sobre la biodiversidad marina (Norse, 1993)**

#### **a) Proyectos Costeros y Marinos:**

- Derrame de desechos (sólidos o líquidos) en aguas marinas
- Dragado de sedimento contaminado que afecte a las aguas y al fondo marino
- Operaciones de perforación y/o transporte de productos petrolíferos en aguas costeras y estuarios
- Tecnologías pesqueras que aumenten la 'eficiencia pesquera' ya que no estimulan su sustentabilidad

- Proyectos de maricultura que requieren alteraciones de ecosistemas naturales.

#### **b) Proyectos Terrestres:**

- Estructuras que alteren la hidrología rivereña, e.g. presas
- Minería, contaminación de los ecosistemas acuáticos, extracción de coral
- Proyectos forestales: erosión y sedimentación de ríos, esteros y aguas costeras.
- Proyectos agrícolas que causen derrames de fertilizantes, pesticidas y erosión del suelo.

#### **Proyectos que beneficiarían a la biodiversidad marina (Norse, 1993)**

- Inventario de ecosistemas, especies y procesos biológicos costeros
- Desarrollo de planes de manejo integral de áreas
- Establecimiento de áreas marinas protegidas (AMP), especialmente zonas de uso múltiple
- Desarrollo de tecnologías ecológicamente sensitivas
- Establecimiento de redes de conservación para el intercambio de información
- Educación y entrenamiento de personal sobre los ecosistemas marinos y economía ecológica.
- Implementación de acuerdos como el de los Mares Regionales del PNUMA
- Monitoreo de ecosistemas marinos a largo plazo
- Restauración de ecosistemas
- Construcción y manejo de plantas para tratamiento de aguas negras

#### **EJEMPLOS DE LAGUNAS COSTERAS EN MÉXICO QUE CARECEN DE MANEJO INTEGRAL**

Desgraciadamente, en la actualidad pocos son los ejemplos de manejo costero eficaz en lagunas costeras en Latinoamérica. A continuación se discutirán brevemente algunos aspectos principales de algunas lagunas costeras en Oaxaca, México.

#### **Sistema Lagunar 'H-M'**

Este sistema lagunar se localiza en el suroeste de México. La población de la costa pertenece principalmente a grupos de origen indígena, cuya mayoría vive en poblados pequeños. La economía de la región está basada principalmente en la pesca, agricultura, turismo, algunas industrias pequeñas y una refinería de petróleo. Los habitantes de la región se dedican a una combinación de actividades, los hombres a la pesca y el cultivo de áreas pequeñas, mientras que las mujeres trabajan en artesanías, comercio pequeño y actividades domésticas. Algunas de las actividades económicas son estacionales e incluyen la producción de sal y la pesca de camarón. Existe emigración desde los poblados pequeños hacia los centros poblacionales grandes.

**Antecedentes:** El sistema 'H-M' contiene 6 cuerpos de agua y un área de lagunas pequeñas y marismas. El complejo lagunar está dividido en dos sistemas importantes, 'H' con una área total de 79,300 ha, y el sistema 'M' con 47,000 ha. Uno de los problemas reportados en este sistema es el aparente reducción en las capturas lo cual se creía directamente ligado al deterioro de las condiciones ambientales, especialmente hipersalinidad.

Algunos de los aspectos principales reportados para este sistema se listan a continuación:

**Pesquerías:**

- Se planea construir un canal entre los dos sistemas para aumentar el potencial pesquero y de acuicultura, pero el dragado de este canal no es justificable.
- Se planea dragar un canal viejo, Canal de San Francisco, que llega al sistema 'H' por considerarse un factor vital en relación con la salud del ecosistema. Se desconoce el impacto del dragado sobre la producción pesquera. Un análisis preliminar resultó inconcluso pues no incluyó los costos-beneficios sociales.
- Estos planes crean conflictos entre los pescadores en los sistemas lagunares, pues temen que el aumento en el flujo de agua por los canales reducirá la hipersalinidad y se llevará al camarón al sistema contiguo.
- Cambios en la hidrología del sistema podrían cambiar la temperatura y salinidad, lo cual posiblemente afecte a la inmigración de postlarvas de camarón hacia las lagunas y a las capturas en lagunas y en alta mar.
- Las lagunas son susceptibles a fenómenos naturales como lluvias o ciclones, que abren o agrandan las entradas al mar. Las fases de la luna influyen los movimientos del camarón en las lagunas.
- La carencia de datos sobre parámetros físicos, químicos y biológicos del sistema impide establecer una relación entre la hidrología y la inmigración de postlarvas o el crecimiento y movimientos del camarón dentro del mismo.
- Existe potencial para acuicultura de camarón, langostinos, moluscos y peces en el Estado. Sin embargo, hay limitaciones en el volumen de agua que entra al sistema, lo que limita el número de sitios para acuicultura.
- Los impactos de la colecta de larvas en la costa deben considerarse seriamente pues es muy posible que la producción natural de camarón sea afectada como resultado, e.g. en Ecuador y en las costas de Sinaloa.
- No existen mercados adecuados para los productos pesqueros.

## Sistema Lagunar 'C-P'

Este sistema lagunar comprende a dos cuerpos de agua importantes (2,660 ha) conectados por un angosto canal bordeado por manglares y una serie de lagunas menores. Parte de este sistema lagunar esta conectado al mar. La otra sección del sistema es un Parque Nacional, lo que complica el manejo de las pesquerías y el uso del suelo. Existe turismo en el Parque Nacional.

Como en el sistema 'H-M', en este complejo lagunar hay cooperativas pesqueras y la mayoría de la población esta involucrada de alguna manera en la pesca. En general, la pesca en las lagunas es estacional, poco organizada y de subsistencia. Los principales problemas se resumen a continuación:

- La clausura de uno de los canales redujo la producción pesquera y el volumen de agua dulce. La laguna sufrió sequía y la hipersalinidad dañó a los manglares, impactando a las pesquerías y a las aves acuáticas.
- Se intenta asegurar la entrada de agua de un río vecino a la laguna y abrir el canal de la misma laguna hacia el mar. El último proyecto es muy ambicioso e incluye el dragado de marismas.
- Existe una carencia de datos para producción de las lagunas; la mayoría de la información es anecdotal.
- Existen intereses en proyectos de acuicultura, especialmente en el área del Parque Nacional. En otras áreas, los manglares probablemente serán destruidos para dar paso a la acuicultura.

## Agricultura

Esta es otra actividad importante en la región, aunque no se esta explotando adecuadamente. Brevemente, los problemas son los siguientes:

- El uso de agua para la irrigación de cultivos en su mayoría es la misma fuente para los agricultores y los pescadores. Falta entrenamiento de personal y mantenimiento para las bombas existentes. Falta organización administrativa para controlar el volumen de agua utilizada.
- La tenencia de la tierra es complicada. Existen dos tipos de tenencia: *comunal* (tierras pertenecientes a las comunidades locales) y *ejidal* (tenencias menores).
- No existen sistemas de mercado adecuados para aprovechar los productos agrícolas actuales o potenciales. Faltan proyectos de extensión agrícola para mejorar y diversificar la producción.

## Usos del Agua e Irrigación

Las costas de Oaxaca (600 km) presentan un complejo sistema de lagunas costeras con un área total de 1450 km<sup>2</sup>. La evaporación anual excede a la precipitación por lo tanto hay una tendencia hacia aguas con alta salinidad, aunque existen flujos estacionales de agua dulce que influyen en la ecología y pesquerías de las lagunas. Algunos de los aspectos importantes se listan a continuación:

- En algunos proyectos de irrigación, se desperdicia alrededor de la mitad del agua desviada y la falta de mantenimiento de los canales impide que el agua alcance a llegar a las lagunas ('H-M'). Se planea desviar agua de uno de los ríos principales (Río Verde) hacia las lagunas.
- Se desconoce la hidrología y los recursos acuáticos de los sistemas lagunares en el Estado. Como resultado, proyectos mayores de ingeniería civil se han llevado a cabo sin análisis adecuados de los posibles impactos sobre la dinámica física, química y biológica de los sistemas lagunares.
- Existen planes para desarrollar sistemas de irrigación en el Estado.

## Biodiversidad y Areas Protegidas

Oaxaca es uno de los Estados más ricos de México en términos de flora y fauna. Más de 8,000 especies de flora se han reportado para el Estado con alrededor de 83 especies de vertebrados endémicos (Flores y Geréz, 1988). El BITMAR (Banco de Información de Tortugas Marinas) reconoce a las costas de Oaxaca como sitio de anidación para cuatro especies de tortuga marina. La importancia del Estado en cuanto a sus ecosistemas y especies costeras y marinas fue recalçada recientemente en una evaluación de las prioridades de conservación de la zona costera y marina de México para el WWF-US (Almada-Villela, 1992). En esta evaluación, el área del Morro Ayutla-Chacahua fue considerada como una de las prioridades de conservación del país. Por lo tanto, cualquier proyecto de desarrollo tendrá que tomar en cuenta esta situación.

*Almada-Villela  
y Wilcox, 19*

- Se requieren planes de manejo realísticos que aborden la problemática específica del sistema lagunar del Parque Nacional, incluyendo a sus habitantes, quienes ejercen presión por sus recursos.
- Se debe otorgar alta consideración a la conservación y protección de los recursos naturales en el Estado. Existe la oportunidad de desarrollar proyectos modelo en relación al desarrollo de los recursos.

## Turismo

El desarrollo turístico en el área es más lento que en otras regiones del país, aunque existen planes para desarrollar un 'mega proyecto' en Huatulco. Este concepto aunque en principio ofrece oportunidades económicas, realmente

proporciona pocos beneficios para las poblaciones locales y generalmente ha tenido consecuencias negativas en los ambientes locales.

- Los 'mega proyectos', generalmente en manos de grandes consorcios, no benefician a la población local como se debiera. Las provisiones para estos 'mega proyectos' provienen de fuera de la región y ofrecen pocas oportunidades de empleo para la población local.

#### Recomendaciones Relativas a los Sistemas Lagunares en Oaxaca:

Se necesita un enfoque sistemático para lograr a una estrategia de desarrollo sostenible para un manejo costero. En el caso de Oaxaca, las recomendaciones se han resumido como sigue (HRM, 1994):

- 1) Se requiere un estudio al nivel de cuenca para determinar la disponibilidad de los recursos de agua y para identificar estrategias integrales para su explotación y manejo.
- 2) El establecimiento de ~~los~~ estudios sobre la inmigración de larvas de camarón y juveniles en paralelo con el monitoreo hidrológico de los sistemas lagunares.
- 3) Se requiere un estudio para cuantificar el potencial y las oportunidades para la pesca artesanal marina.
- 4) Se requiere de datos socio-económicos con la participación de la comunidad, para cuantificar los patrones actuales de uso de los recursos y para comparar racionalmente las propuestas de desarrollo alternativas.
- 5) Se necesita un estudio de mercado para productos pesqueros y agrícolas y la preparación de un plan para mejorar el acceso de nuevos mercados a los pescadores artesanales y agricultores a menor escala.
- 6) La preparación de un Plan de Manejo para el Parque Nacional que incorpore al desarrollo pesquero, turístico y agrícola a pequeña escala.
- 7) Se requiere un proyecto de desarrollo social que tenga como objetivo el fortalecimiento de las organizaciones comunitarias para permitir que las poblaciones locales utilicen el potencial de los ecosistemas costeros e una manera óptima y sostenible.

#### EJEMPLOS DE MANEJO COSTERO EFECTIVO

A continuación se presentan algunos ejemplos de proyectos con manejo costero que podrían servir de modelo para futuras iniciativas en Latinoamérica.

### a) Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, México

La Reserva se localiza en el Caribe Mexicano en la Península de Yucatán y cuenta con un área total de 528,147 ha, de las cuales 160,417 ha son marinas (Gutiérrez-Carbonell y Bezaury-Creel, 1993; UNEP/IUCN, 1988). Sian Ka'an fue designada Sitio de Patrimonio Mundial en 1987 (IUCN, 1990). La estructura administrativa de la Reserva otorga autoridad a las comunidades locales y permite una fuerte asociación entre estas comunidades y la Reserva.

La Reserva tiene varios objetivos:

- Conservar los recursos marinos asociados con la Barrera Arrecifal de México y Belice
- Mantener el estilo de vida de los grupos Mayas locales
- Proteger la selva tropical costera

El proyecto Sian Ka'an es uno de los mejores ejemplos de conservación marina en una escala relativamente pequeña. Existe una pesquería comercial lucrativa de langosta (*Panulirus* sp.) en Punta Allen, el corazón de la Reserva. Una cooperativa pesquera local limita acceso a su pesca y a los impactos negativos sobre el ambiente marino al mismo tiempo que mantiene altas ganancias. En este caso, los 'langosteros' tienen permisos a largo plazo para trabajar transectos de costa. Aunque estas actividades no están estrictamente reguladas, los langosteros deben mantenerse en sus áreas (Norse, 1993).

El resultado de un mejor entendimiento de los sistemas ecológicos y las ganancias económicas ha sido obvio y ahora los pescadores solo toman langosta adulta, sin tocar a las hembras grávidas o a los juveniles. Los pescadores de langosta han modificado sus artes para aumentar el reclutamiento de langosta (construyen 'casitas' o condominios), ayudan a mantener la calidad del agua, protegen a los manglares, bosques, pastos marinos y arrecifes de coral, pues son habitats de la langosta (Norse, 1993).

Los langosteros se han convertido en fuertes aliados en materia de conservación marina, ya que han experimentado personalmente la importancia de un ecosistema costero sano y son guardianes del mismo. Ellos toman la iniciativa para identificar impactos indirectos sobre el ambiente marino como el daño extenso a los arrecifes de coral por sedimentación. Se han convertido en un modelo de uso comunitario sostenible y conservación marina (Norse, 1993).

Además de la pesca de langosta existen otras pesquerías que muestran señales de agotamiento, e.g. el caracol *Strombus gigas*, cuya explotación comercial se encuentra restringida al Banco Chinchorro y que en temporadas se veda completamente para permitir su recuperación (Cruz, 1986). El coral negro es otro ejemplo (Gutiérrez-Carbonell y Bezaury-Creel, 1993).

Actualmente se ha propuesto la ampliación de los límites de la Reserva para incluir el 12.34% de la zona arrecifal marina, lo que aumentaría casi en un 10% la extensión marina protegida. También se propone un nuevo zonamiento para

asegurar la mejor protección de los recursos arrecifales (Gutiérrez-Carbonell y Bezaury-Creel, 1993).

#### **b) Reserva Marina de Hol Chan, Belice**

Esta Reserva se estableció en 1987 para proteger muestras de los principales ecosistemas costeros como arrecifes de coral, pastos marinos, planicies y manglares. Antes del establecimiento de la Reserva, los arrecifes cercanos al poblado de San Pedro mostraban señales de degradación por sobre-explotación, actividades de buceo y anclas. Siendo un centro turístico importante, San Pedro experimentaba rápido desarrollo en su infraestructura turística (hoteles, marinas) (Norse, 1993).

El gran éxito de Hol Chan se debe a que ha podido proteger a los arrecifes, ha generado un sentido de orgullo en la comunidad, y ha resultado en beneficios económicos para las industrias hotelera y turística en un plazo relativamente corto. Es un modelo para futuras áreas marinas protegidas y existen ya varias comunidades costeras que intentan crear reservas similares (Norse, 1993).

Dado que las costas de Belice están en el segunda barrera arrecifal más larga del mundo sería impráctico declarar a toda la costa como zona protegida. Aquí, como en otras zonas costeras, existen problemas complejos de uso de los recursos e intereses, e.g. pesca, turismo, usos forestales, minería, exploración petrolera, navegación, puertos, arqueología, tenencia de la tierra, áreas protegidas y educación. El modelo de Hol Chan se podría ampliar para incorporar áreas mayores. Actualmente, se está elaborando un proyecto de manejo costero modelado en las experiencias de la autoridades Australianas en el Parque Marino de la Gran Barrera Arrecifal.

#### **c) Parque Marino de la Gran Barrera Arrecifal, Australia**

Los atributos de este parque son muy numerosos por lo que a continuación solo se presentarán los más importantes de manera breve.

La Gran Barrera Arrecifal (GBA) es el sistema coralino más importante en el mundo. La mayoría del arrecife (350,000 km<sup>2</sup>) esta dentro de los límites del Parque y contiene una diversidad de islas y arrecifes individuales que sirven de habitat a una excepcional variedad de especies (Norse, 1993). La Reserva fué designada como Sitio de Patrimonio Mundial en 1981 (IUCN, 1990).

El objetivo principal de la Administración es: Proveer para la protección, uso racional, entendimiento y goce de la Gran barrera Arrecifal a perpetuidad a travez del desarrollo y mantenimiento del Parque Marino de la Gran Barrera Arrecifal (Norse, 1993).

A pesar de su nombre, la GBA no es un parque nacional sino que es una área protegida de usos múltiples manejada por medio de dos mecanismos: regulación y zonamiento (IUCN CNPPA, 1984). a) La regulación controla como se llevan a cabo las actividades dentro de la GBA, por ejemplo, control de artes de pesca, límites de captura, calidad del agua de efluentes. Esta es una herramienta

poderosa pues cualquier cambio necesario puede efectuarse rápidamente. b) Zonamiento especifica **donde** se llevarán a cabo dichas actividades en el Parque (Figura 2). Este zonamiento permite la separación de áreas con usos conflictivos. Los niveles de protección también varían de zonas con pocas restricciones a zonas donde casi no se permite ninguna actividad humana. Actividades totalmente prohibidas incluyen: exploración petrolera, minería comercial, tira de basura, buceo con arpón y la captura de individuos grandes para ciertas especies de pez (Norse, 1993).

Insertar Figura 2

Existen tres categorías principales de zonas:

- Zonas de Preservación y Zonas para la Investigación Científica, en donde la única actividad humana permitida es la investigación científica estrictamente controlada
- Zonas de Parque Nacional Marino, donde los usos importantes son científicos, de educación y recreación
- Zonas de Uso General, donde se llevan a cabo actividades que no perjudican el ecosistema o a sus elementos importantes. Generalmente se permite la pesca comercial y recreativa, aunque se prohíbe el uso de redes de arrastre.

El éxito de la GBA se debe a que recibe muy fuerte apoyo público a través de sus programas de educación e información sobre el trabajo que se lleva a cabo en el parque. Asimismo, este éxito se centra en una legislación estricta, un tamaño que permite zonas de uso múltiple, una autoridad central dedicada al Parque, concientización y participación pública, una autoridad adaptable a los cambios del patrón de usos en el Parque. Actualmente, la Autoridad está coordinando la preparación de un plan estratégico que cubrirá a todas las aguas, arrecifes, islas y puertos. La estrategia incluye a los 60 grupos de mayor interés en el Parque y se ha acordado en un plan a 25 años con objetivos a 5 años para aquella área en la cual se haya comprometido cada organización. Este plan es el primer intento de manejo para un área tan extensa con jurisdicciones terrestres y marinas en el mundo (Norse, 1993).

## CONCLUSIONES

Es claro que para lograr un manejo costero integral es indispensable contar con información, tanto histórica como actualizada, relevante al área y/o especies en cuestión. Hasta ahora, la mayoría de los estudios costeros en nuestros países se han enfocado en aspectos o sistemas aislados, e.g. un ~~á~~ ecosistema lagunar en particular; el ciclo de vida o la dinámica poblacional de un grupo de especies. Sin embargo, pocos son los intentos donde se ha incluido a una familia de estudios inter-relacionados que haya permitido armar el complejo mosaico de la

realidad ecológica, económica y el creciente desarrollo de actividades humanas relacionadas o dependientes de los ambientes costeros.

Los efectos negativos resultantes de un desarrollo desordenado son palpables y afectan tanto a los ecosistemas como a las economías locales o nacionales. En la mayoría de los casos, la ruta seguida hasta ahora ha sido el abandono de dichas áreas tan pronto como sus recursos muestran señales de agotamiento, para encontrar otras áreas donde se puedan continuar proyectos de desarrollo. Esta actitud debe cambiar en el futuro pues no es posible continuar forzando a los límites no solo geográficos, sino éticos, económicos y sociales en cada país.

En los ejemplos de lagunas costeras de México es claro que se necesita mayor información en todos los niveles para poder tomar las decisiones adecuadas. Estamos en las primeras etapas de formulación de procedimientos para alcanzar un manejo costero, aunque éste ya existe en forma fragmentada en el país (Escofet *et al.*, 1993). Actualmente se está colectando información, se están proponiendo estudios de impacto ambiental que darán paso a un manejo costero integral, que deberá ser a largo plazo.

Latinoamerica en general posee una diversidad biológica muy alta y tomará tiempo convencer a los diversos intereses, especialmente a los económicos, de que el bienestar de los ecosistemas costeros, y por ende el de las actividades humanas sujetas a ellos, depende de la buena planeación de actividades circundantes como la agricultura, minería, turismo, acuacultura y pesca.

Afortunadamente tenemos acceso a ejemplos de manejo de áreas costeras en los cuales se ha encontrado un equilibrio o una mejor explotación de los recursos. Estos proyectos tienen varios denominadores comunes que pueden seguirse. Los principales aspectos que han asegurado un manejo costero efectivo en otras regiones incluyen: a) una legislación sólida y clara; b) buen conocimiento científico que sirva de base para el buen aprovechamiento de los recursos y la concientización de grupos locales; c) activa participación de comunidades locales en dichos proyectos los cuales deberán estar dirigidos a mejorar sus niveles de vida; d) un sentido de compromiso sólido que sea la base para efectuar proyectos de conservación y desarrollo.

Un concepto importante que permitirá el desarrollo ordenado de lagunas costeras es el de zonas de uso múltiple, como es el caso de la Gran Barrera Arrecifal en Australia. Este concepto podría incorporarse en la mayoría de las lagunas para asegurar que las diferentes especies (peces, camarón, aves) tengan áreas donde puedan refugiarse y terminar de completar sus ciclos de vida. Dicho zonamiento también permitirá la recuperación de áreas impactadas que todavía albergen a especies importantes por ser endémicas, estar en peligro de extinción o ser comercialmente valiosas.

↳ La protección de la biodiversidad costera y marina requiere de una actitud positiva, dinámica y de alternativas de manejo nuevas para minimizar los conflictos entre los usuarios y maximizar los beneficios para los ecosistemas y las economías locales.

## AGRADECIMIENTOS

El Dr Jonathan Watkins muy amablemente hizo comentarios sobre versiones preliminares de este artículo.

## REFERENCIAS

Almada-Villela, P.C. (1992). Identificación de las prioridades de conservación de la zona costera y marina de México para el WWF. Reporte Final. 23 pp. + figuras y mapas.

Almada-Villela, P.C. y Wilcox, E.S. (1992). Identificación de prioridades de conservación de la zona costera y marina de México para el WWF. Parte A y B. 78 pp. + figuras. Documento de discusión.

Cruz, R. (1986). Diagnósis de la pesquería del caracol marino *Strombus gigas* Linnaeus (1758) y alternativas para el resurgimiento de sus poblaciones en Quintana Roo, México. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. 88 pp.

Escofet, A.; Espejel, I.; Fermán, J.L.; Gómez-Morín Fuentes, L. y Torres-Moye, G. (1993). El manejo de Fragmentos en la Zona Costera. Pp. 182-193. In: *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (Eds). Comisión Nacional para la Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Flores-Verdugo, F.; Gonzalez-Farias, F.; Zamorano, D.S. and Ramirez-Garcia, P. (1992). Mangrove ecosystems of the Pacific Coast of Mexico: Distribution, structure, litterfall, and detritus dynamics. Pp. 269-288. U. Seeliger (Ed). In: *Coastal Plant Communities of Latin America*. Academic Press, Inc. San Diego.

Flores-Villela, O. y Geréz, P. (1988). *Conservación en México: Síntesis sobre Vertebrados Terrestres, Vegetación y Uso del Suelo*. INIREB/ Conservación Internacional. 287 pp.

Gutierrez-Carbonell, D. y Bezaury-Creel, J.E. (1993). Zonificación y normas para el manejo del sistema arrecifal de Sian Ka'an. Pp. 772-786. In: *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S.I. Salazar-Vallejo y N.E. González (Eds). Comisión Nacional para la Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

Higgs, A.J. y Usher, M.B. (1980). Should nature reserves be small or large? *Nature* 285:568-569.

HRM (1994). Coastal Zone Management Study - ODA Financed. Draft Final Report. 58 pp+ maps, tables, figures. Internal Report.

IUCN Commission on National Parks and Protected Areas (1984). Categories, objectives and criteria for protected areas. Pp. 47-53. In: J.A. McNeely and K.R. Miller (Eds). *National Parks, Conservation and Development: The Role of*

*Protected Areas in Sustaining Society*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. (USA).

IUCN (1990). *1990 United Nations List of National Parks and Protected Areas*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 284 pp.

IUCN/UNEP/WWF (1991). *Caring for the Earth. A Strategy for Sustainable Living*. Gland, Switzerland. 228 pp.

Lankford, R.R. (1977). Coastal Lagoons of Mexico. Their origin and classification. Vol.II pp. 182-215. In: M. Wiley (Ed.). *Estuarine Process, Circulation, sediments and transit of materials in the estuary*. Academic Press, New York.

McNeely, J.A.; Miller, K.R., Reid, W.V., Mittermeier, R.A. and Werner, T.B. (1990). *Conserving the World's Biological Diversity*. IUCN, Gland, Switzerland; WRI, CI, WWF-US, and the World Bank, Washington, D.C. 193 pp.

Mittermeier, R.A. (1988). Primate diversity and the tropical forest: Case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the megadiversity countries. Pp. 145-154 in: E.O. Wilson and Francis M. Peter (eds), *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C. 521 pp.

Mittermeier, R.A. and Werner, T.B. (1989). Wealth of Plants and Animals Unites "Megadiversity" countries. *Tropicus*: 4(1): 1; 4-5.  
Mittermeier (1988)

Norse, E. A. (Ed). (1993). *Global Marine Biological Diversity.- A strategy for building conservation into decision making*. Center for marine Conservation. Island Press. Washington, D.C. 383 pp.

Queen, W.H.; Copeland, B.J. y Perkins, F. (1988). Estuarine Science: Involvement in public policy. *Estuaries* 11(4):286-297.

Ray, G.C. (1988). Ecological Diversity in Coastal Zones and Oceans. Pp. 36-50. In: *Biodiversity*. E.O. Wilson (Ed). National Academy Press. Washington, D.C. 521 pp.

UNEP/IUCN (1988). *Coral Reefs of the World. Volume 1: Atlantic and Eastern Pacific*. UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, U.K./UNEP, Nairobi, Kenya. xlvii+373 pp., 38 maps.

Figura 1. El uso desordenado del territorio como resultado de la presión de desarrollo en ausencia de planes de manejo, y la posibilidad de balancear usos con diferente tasa de consumo del recurso territorio tratando la presión de desarrollo mediante estudios de ordenamiento (figura tomada de Escofet *et al.*, 1993).

Figura 2. Mapa de Zonas para un Area con Manejo Integral. El Parque Marino de la Gran Barrera Arrecifal en Australia emplea el uso de zonas como un poderoso método para sostener usos y mantener la diversidad biológica. La coordinación de la investigación, monitoreo, educación y participación pública son integrales en la toma de decisiones acerca de zonas y reglamentos (figura tomada de Norse, 1993).

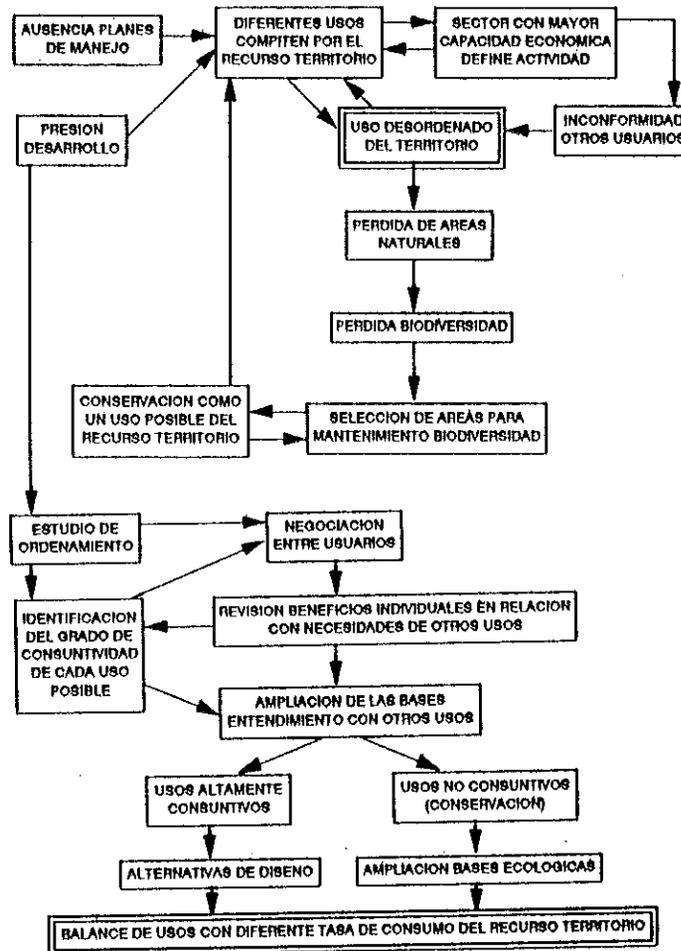


Figura 1. El uso desordenado del territorio como resultado de la presión de desarrollo en ausencia de planes de manejo, y la posibilidad de balancear usos con diferente tasa de consumo del recurso territorial tratando la presión de desarrollo mediante estudios de ordenamiento (figura tomada de Escofet *et al.*, 1993).

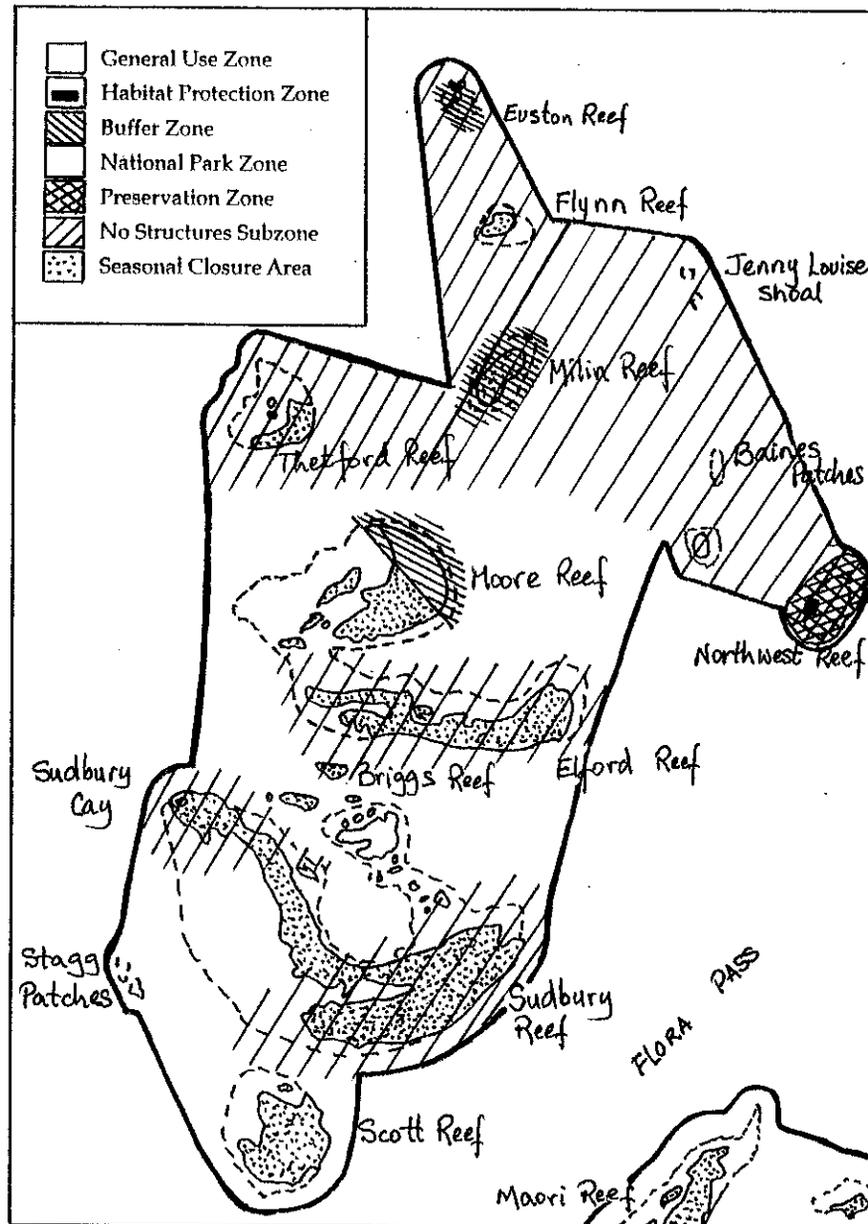


Figura 2. Mapa de Zonas para un Area con Manejo Integral. El Parque Marino de la Gran Barrera Arrecifal en Australia emplea el uso de zonas como un poderoso método para sostener usos y mantener la diversidad biológica. La coordinación de la investigación, monitoreo, educación y participación pública son integrales en la toma de decisiones acerca de zonas y reglamentos (figura tomada de Norse, 1993).

EL SISTEMA LAGUNAR DE LA CIENAGA GRANDE DE SANTA MARTA EN EL  
CONTEXTO DELTAICO DEL RIO MAGDALENA

Gladys Bernal & Juliet Betancur

RESUMEN

Comparado con otros sistemas deltaicos, el delta del río Magdalena presenta características especiales que obedecen a su entorno geológico, climático e hidrológico.

En el top set del delta y hacia el Este del cauce principal del río pueden diferenciarse cinco unidades geomorfológicas modeladas por distintos procesos: Llanura de inundación del río Magdalena, con presencia de caños y paleocanales; sistema lagunar del delta actual; sistema lagunar marginal, conformado por la Ciénaga Grande de Santa Marta, Ciénaga de Pajarales y pantanos y cuerpos de agua asociados; isla barrera; y planicie aluvial de piedemonte.

ABSTRACT

Compared to other modern deltas, the Magdalena river delta presents special features characteristic to its geological setting, climate and hydrology.

At the top set, towards the East of the main river bed, there are five geomorphological units that have been modelled by different processes: Floodplain of the Magdalena river, with drainage ditches and paleochannels; present delta lagunar system; marginal lagunar system (Cienaga Grande de Santa Marta, Pajarales and associated swamps and lagoons); barrier island; and alluvial foothill plain.

---

INVEMAR. AA 1016. Santa Marta, Colombia. Fax 211377  
Universidad EAFIT. Departamento de Geología. Medellín, Colombia. Fax  
2664281

## INTRODUCCION

En Abril de 1994 dio comienzo el proyecto titulado "Características geomorfológicas y sedimentológicas como indicadores de procesos físicos en el sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, plano deltaico del río Magdalena, Colombia", cuyo objetivo principal es realizar un inventario de la condición física del sistema de ciénagas que servirá como base para su posterior monitoreo.

Culminadas varias etapas de este proyecto, se presenta a la comunidad científica algunos resultados parciales, fruto de una revisión bibliográfica extensa, análisis de fotografías aéreas de diferentes épocas, comparación de éstas con una imagen Spot de 1993, y recorridos de campo.

En futuras publicaciones se espera dar a conocer nuevos datos sobre la sedimentología y geomorfología del sistema de ciénagas.

## DELTA DEL RIO MAGDALENA

El río Magdalena, el más largo e importante del país, tiene una longitud de 1.500 km desde su nacimiento en el Macizo Colombiano hasta su desembocadura en el mar Caribe. Su cuenca, de 250.000 km<sup>2</sup>, abarca la mayor parte de los Andes colombianos si se tiene en cuenta su principal tributario, el río Cauca.

En sus últimos 500 km una varias depresiones de origen tectónico con importante relleno aluvial (Khobzi, 1985), y forma una planicie de 35.000 km<sup>2</sup> (García y Dister, 1990) de las cuales el 80% son ciénagas (Martínez, 1981). La morfología y dinámica actual de la llanura está caracterizada por la subdivisión del río en varios brazos y numerosos cambios del curso (Khobzi, 1985).

En el contexto más general de delta (según Bates, 1953, "un depósito sedimentario construido por un flujo dentro de un cuerpo permanente de agua"), podríamos decir que la región del delta del Magdalena se extiende desde el canal del Dique hasta la Ciénaga Grande de Santa Marta. (figura 1).

Es en esta región donde han divagado las desembocaduras del río Magdalena desde el Plioceno (Vernette et al, 1992; Von Erffa, 1973; Vargas y Arango, 1993), como puede verse en los cinco lóbulos deltaicos marcados en la figura 1. La boca del río estaba situada en el área de Galerazamba durante el Plioceno (lóbulo I); luego migró al Oeste hacia el Canal del Dique durante el Pleistoceno (lóbulo II) y recientemente regresó al Norte (Vernette et al, 1992), donde desembocaba en la Ciénaga Grande de Santa Marta (lóbulo III) desplazándose hacia el Oeste (lóbulos IV y V) hasta alcanzar su desembocadura actual en Bocas de Ceniza.

Los gruesos depósitos terrígenos del Plioceno y Cuaternario en los planos entre Cartagena y Santa Marta son las secuencias sedimentarias resultantes de esta depositación deltaica.

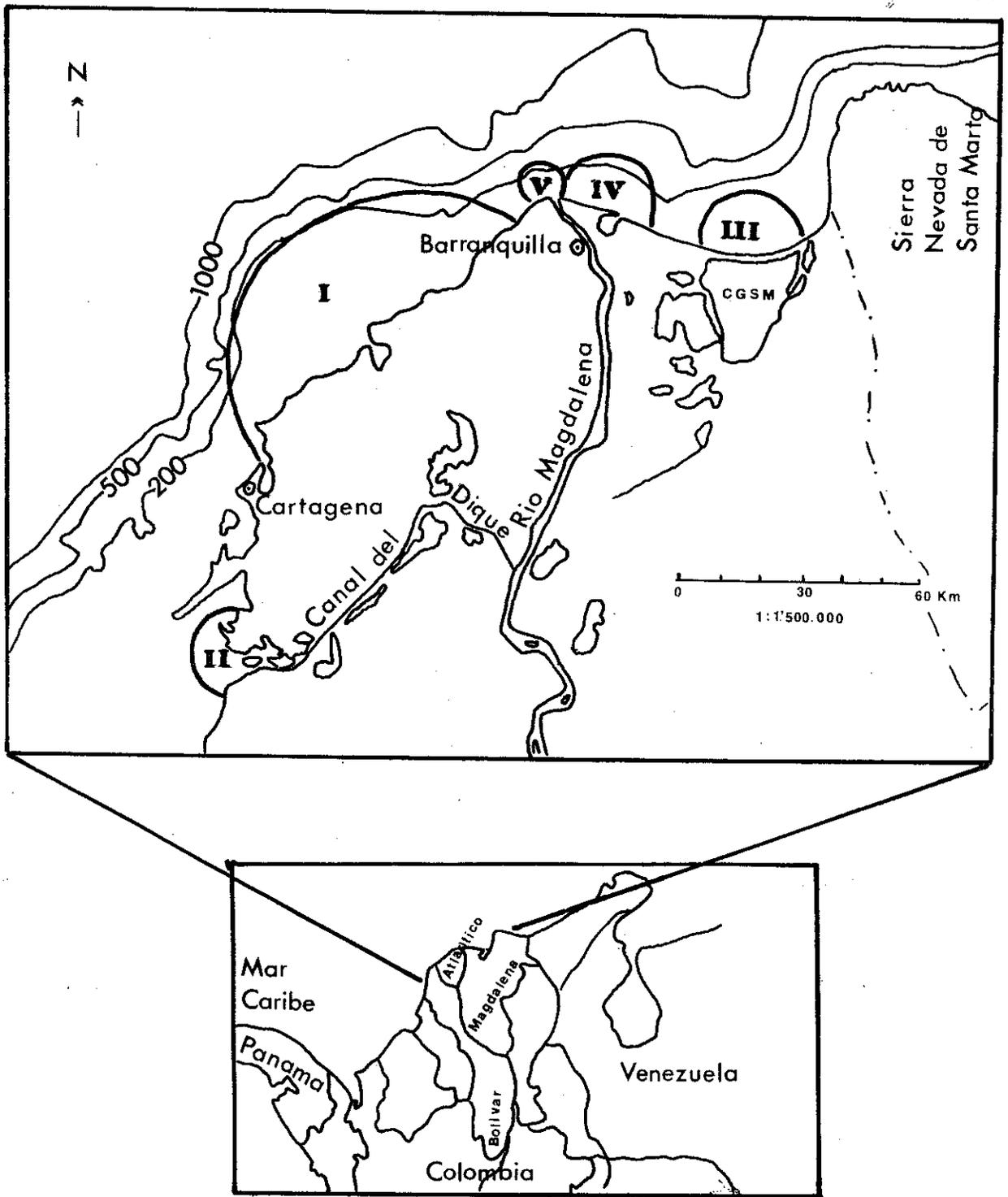


Figura 1. Región deltaica del río Magdalena. Ubicación y lóbulos deltaicos.

#### ENTORNO GEOLOGICO

En su entorno geológico (figura 2), la Costa Caribe colombiana presenta una morfología contrastante que evidencia la actividad tectónica en la región: levantamiento de basamento continental

hasta 5.700 m (Sierra Nevada de Santa Marta); cinturones deformados subyacidos por probable basamento oceánico (Sierra de San Jacinto y Cinturón del Sinú) y áreas bajas subyacidas por espesas cuencas cenozoicas (cuencas del Magdalena en sentido general). (Vernette et al, 1992).

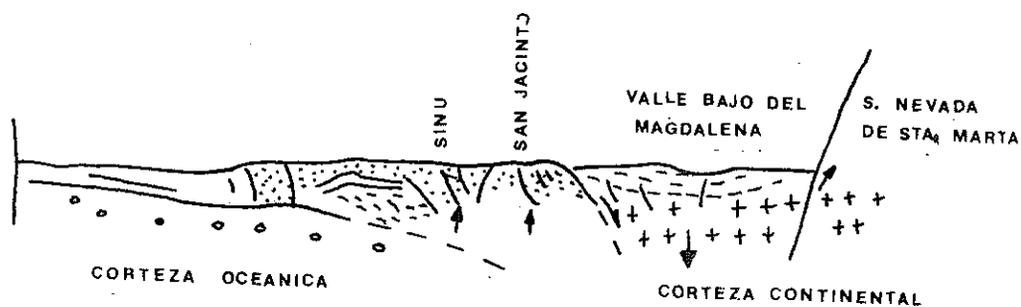
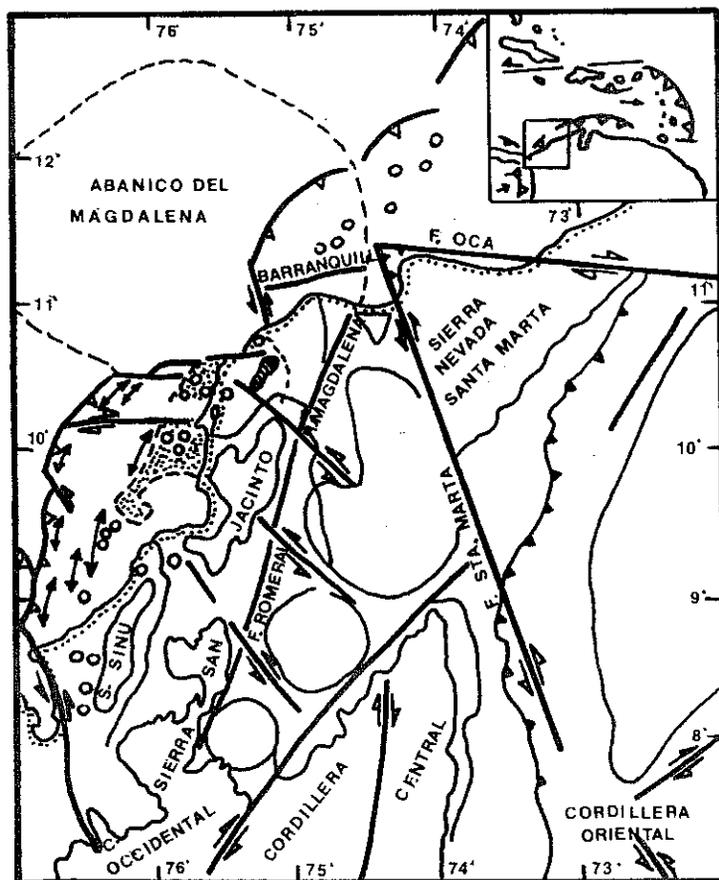


Figura 2. Geología regional, sistemas de fallas y perfil generalizado del Caribe Colombiano. (Basado en Vernette et al, 1992).

Separando estas unidades mayores encontramos varios sistemas de fallas.

Entre los que afectan directamente la región deltaica del Magdalena sobresalen:

-Una componente EW, probablemente relacionada con el movimiento al E de la placa Caribe relativo a Suramérica. A esta componente pertenecen las fallas de Oca, Canoas y Barranquilla. Es responsable a su vez del trazado costero en amplias zonas del Caribe y de la orientación de rasgos de la plataforma y relieve submarino (Lorin et al, 1973; Vernet et al, 1992).

-Una componente NW-SE, a la que pertenecen las fallas de Santa Marta, Bucaramanga, Otú y otras. Origina accidentes profundos y antiguos, afecta la morfología submarina al frente del delta y es límite de la cuenca cenozoica y el levantamiento cristalino de la Sierra Nevada de Santa Marta (falla de Santa Marta al Este del sistema deltaico). (Lorin et al, 1973; Wiedemann, 1973).

-Una tercera componente NS/NE estaría marcada por la falla de Romeral o su continuación al Norte que determina cañones submarinos, zonas de erosión costera y el curso de un tramo del río Magdalena. (Martínez y Molina, 1992; Vargas y Arango, 1993). Sin embargo, es de anotar que el trazo de la falla Romeral en esta región de Colombia no es definitivo.

#### DELTA RECIENTE Y DIVISIONES PRINCIPALES

Determinaremos el delta reciente del Magdalena entre la región de Bocas de Ceniza y la Boca de la Barra y entre el talud continental hacia el mar y el sur del sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta hacia tierra.

De W a E el delta reciente del Magdalena puede dividirse en dos zonas:

-Una cerca a la boca actual, donde se comporta como un delta en su fase constructiva, pero a diferencia de lo que ocurre en otros deltas en esta fase, la construcción bajo el nivel del mar es muy lenta. Esto debido a características geológicas regionales que condicionan la entrada del río al mar sobre fuertes pendientes, lo que hace que las corrientes de turbidez erosionen cañones submarinos (Heezen, 1956). El avance hacia el E del cañón occidental de Bocas de ceniza interrumpe la actividad sedimentaria normal del río dando lugar a un déficit de alimentación del delta que se traduce en erosión de las playas y la barra, y hay que esperar un relleno del cañón occidental para un nuevo desarrollo "normal" del delta del Magdalena (Lorin et al, 1973).

-Y una zona determinada por el sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta que es un delta en su fase destructiva. Numerosos estudios han mostrado que los deltas no continúan su crecimiento indefinidamente en una sola dirección, sino que el cauce alimentador cambia de lugar (Scruton, 1960), como es el caso del Magdalena. En las zonas abandonadas cesa la construcción deltaica; la acción de olas, corrientes y compactación de sedimentos modifican el viejo delta; el cambio más obvio en éste es la formación de islas barrera y un gran cuerpo de agua en el lugar

donde existían pantanos (Scruton, 1960). El sistema lagunar de la ciénaga Grande de Santa Marta responde exactamente a este esquema de fase destructiva, teniendo en cuenta que la ciénaga se formó sobre una facies de pantano tipo Everglades con la conformación de la isla barrera de Salamanca (Cohen y Wiedemann, 1973; Wiedemann, 1973). Por las características climáticas (climas áridos donde la evapotranspiración excede la precipitación) y el aislamiento del río, el sistema tiende a volverse hipersalino.

De N a S se dan las divisiones standar de deltas.

La zona subacuática (fore set y bottom set) se caracteriza por una plataforma de extensión variable: 0.9 km frente a la desembocadura del río Magdalena; 9.6 km frente a la ciénaga Las Piedras; 3.3 km al Este de la ciénaga Cuatro bocas y 16.5 km al frente de la boca de la CGSM (Martínez y Molina, 1992). El talud está cortado por cañones submarinos o valles típicos de frente de delta, con colinas anticlinales y valles sinclinales al W, y al N y NE bloques fallados y diapiros de lodo (Shepard, 1973).

En la zona subaérea o el top set del delta se diferencian 5 unidades geomorfológicas principales (figuras 3 y 4):

#### Llanura de Inundación del Río Magdalena

Incluye el río Magdalena y su llanura de inundación. Son zonas jóvenes y planas sujetas a inundaciones directas y periódicas del río.

Presenta rasgos geomorfológicos como orillares, barras, barras puntuales, canales (a veces truncados), diques, pantanos, lagunas y paleocauces del Magdalena.

En cuanto a evolución en el tiempo, la zona evidencia los cauces antiguos del río Magdalena. En los últimos 40 años los cambios tienen origen antrópico, con el aumento de zonas utilizadas para agricultura y ganadería, construcción de carreteras y diques artificiales. Esto ha modificado el flujo de agua entre caños y por tanto los procesos físicos de intercambio de agua con el río Magdalena.

#### Sistema Lagunar del Delta Actual

Es un sistema lagunar situado al NW, en el área de Salamanca y asociado directamente con el delta actual. Es independiente al sistema lagunar de la CGSM ya que en relación con el río Magdalena y con el mar Caribe presenta características propias. Caracterizado por pantanos y lagunas, pantanos de manglar y canales.

En los últimos 40 años los principales cambios morfológicos ocurren en el límite con el mar Caribe donde la línea de costa ha cambiado y la acción del viento sobre las lagunas ha causado intensa sedimentación.

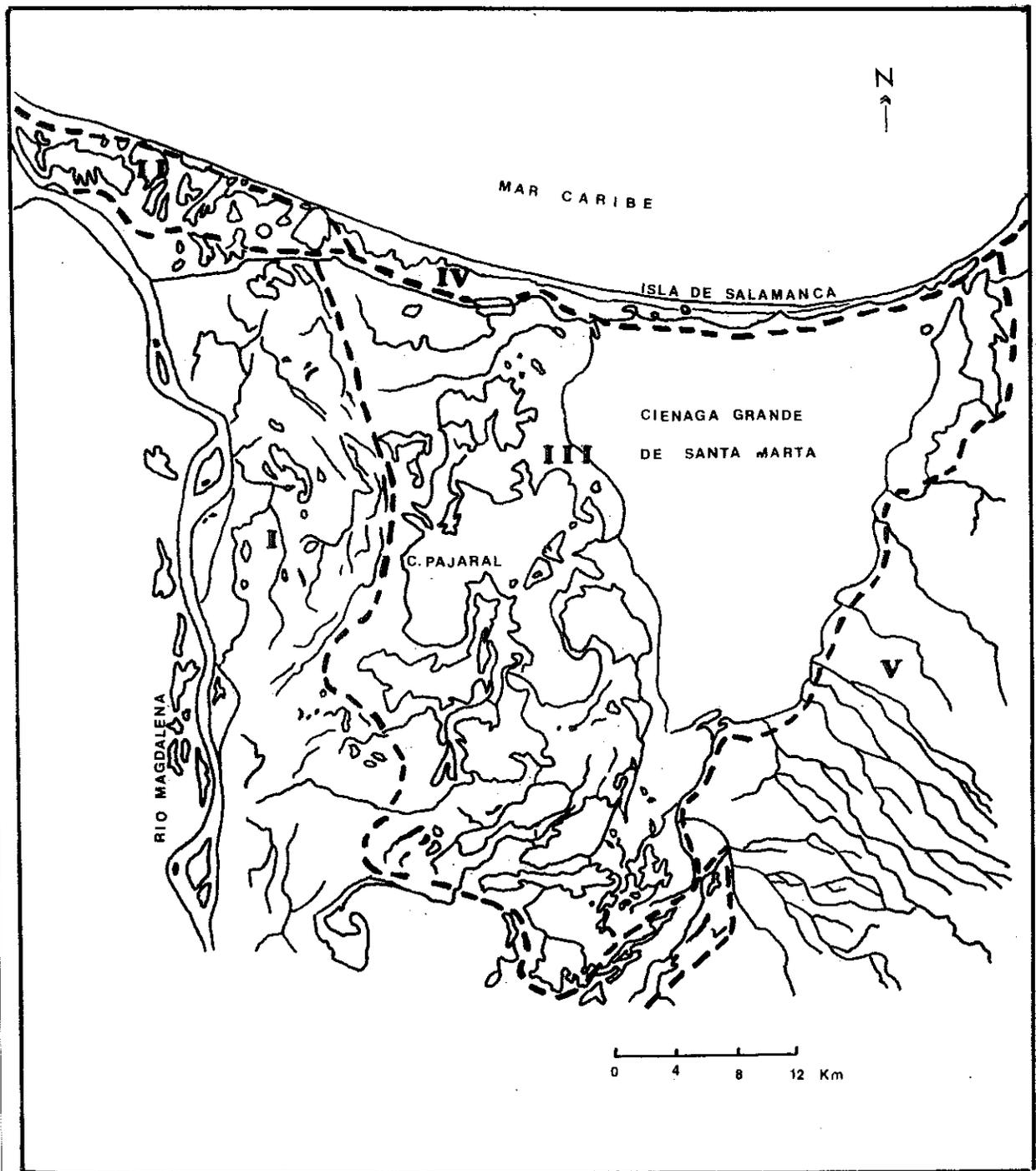


Figura 3. Delta reciente del Magdalena y unidades geomorfológicas del top set.

I. Llanura de inundación del río Magdalena. II. Sistema lagunar del delta actual. III. Sistema lagunar marginal. IV. Isla barrera y playa. V. Planicie aluvial de piedemonte

### Sistema Lagunar Marginal

Constituído por la CGSM y el sistema lagunar de Pajarales. Se formó con los cambios en las desembocaduras del río Magdalena y la construcción de una isla barrera.

Consta de pantanos y lagunas, pantanos de manglar, salares y canales. Como rasgos menores que pueden indicar procesos físicos locales se encontraron espigas, bajos, barras digitadas, deltas embrionarios subacuáticos, playones, líneas de crecimiento de vegetación y otros.

En cuanto a los cambios en el tiempo, a escala de cientos de años hay registros morfológicos como son las líneas de crecimiento en los bordes de los cuerpos de agua. En los últimos 40 años los principales cambios han ocurrido en los deltas de los ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta y de algunos caños, con formación de barras, progradación y cambio en la profundidad del agua; en los cuerpos de agua donde parece evidenciarse una colmatación por sedimentos; y en la vegetación con la muerte de un alto porcentaje de manglar en la zona y el consecuente crecimiento de salares.

### Isla Barrera y Playa

Esta unidad está constituida por la isla de Salamanca y las playas del sector occidental.

Es la zona de contacto directo con el mar Caribe y por tanto sometida a procesos costeros. Está compuesta por sedimentos gruesos y se comporta como una barra permeable que separa los sistemas lagunares y el mar.

Presenta rasgos morfológicos como playas, cordones de dunas, salares y pantanos de manglar.

Por estar sometida a procesos intensos es quizá la zona más variable en el tiempo. En cientos de años, sus cambios obedecen a la conformación en sí de la isla barrera, con la unión de varias islas originales y el cierre de bocas antiguas (Wiedemann, 1973). En los últimos 40 años ocurrieron cambios en la boca de la barra cuya localización fue trasladada hacia el E; en las playas, donde se evidencia un retroceso de la línea de costa (de acuerdo con Martínez y Molina, 1992, se presentan tasas de erosión desde 17 m/a en el W hasta 2 m/a en el E durante los últimos 40 años, lo que implica retrocesos de costa entre 750 y 80 m); y en los bosques de manglar con la muerte de un gran porcentaje de ellos. A menor escala, y como impacto antrópico, poblaciones como Tasajera, Pueblo Viejo y otras han crecido, en muchos casos a expensas de pequeñas ciénagas que rellenan con conchas de ostra, basura y otros materiales; las salinas son una fuente menor en la economía y dejan cicatrices en la superficie hasta mucho tiempo después de abandonadas.

### Planicie Aluvial de Piedemonte

Constituye el área comprendida entre la Sierra Nevada de Santa Marta y el sistema lagunar de la Ciénaga Grande.

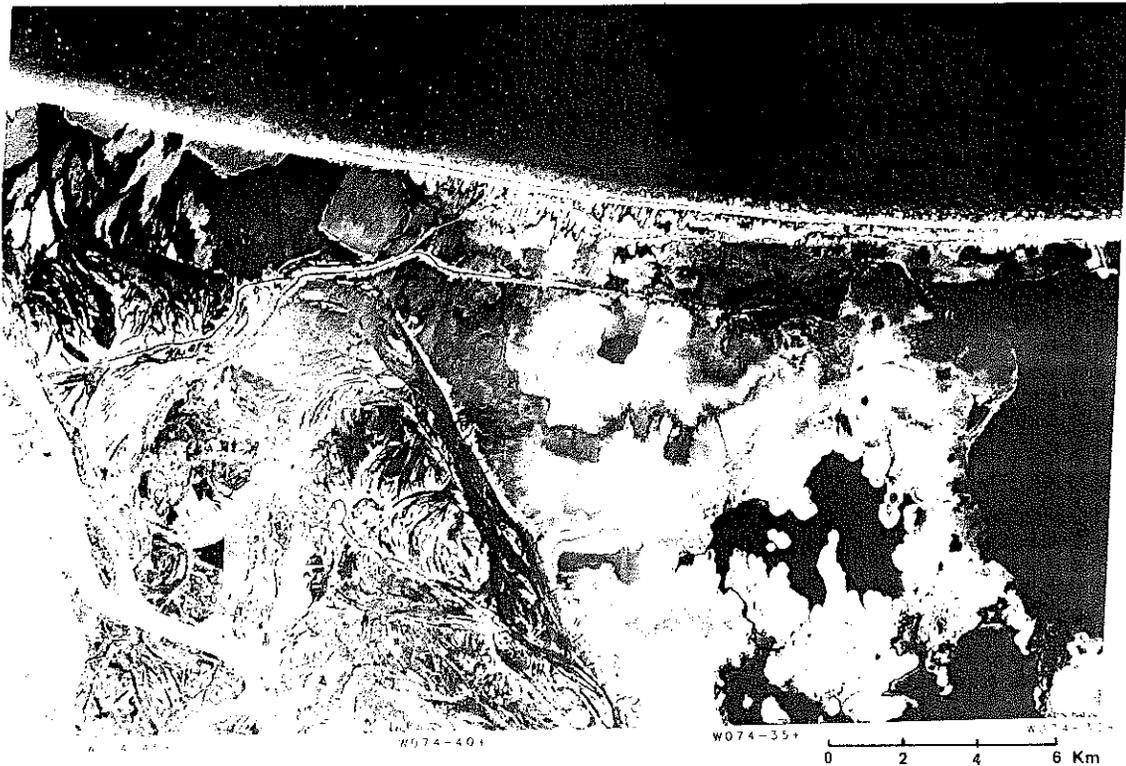


Figura 4. Imagen Spot de Diciembre de 1993 donde se distinguen 4 unidades geomorfológicas y sus diferencias: Llanura de inundación del río Magdalena; Sistema lagunar del delta actual; Sistema lagunar marginal; Isla barrera y playa. Nótese los antiguos cursos del Magdalena (paleocanales de la llanura de inundación) y la gran cantidad de manglar muerto en el sistema lagunar marginal.

Está conformada por los depósitos aluviales terminales de los ríos de la vertiente occidental de la Sierra. Al entrar al piedemonte las corrientes pierden su capacidad de transporte y depositan mucha de su carga detrítica, desarrollando deltas interiores pantanosos o desparramados (Wiedemann, 1973); es por esto que los cauces de los ríos en la llanura aluvial de piedemonte se entrecruzan formando una red de drenaje característica (figura 3).

Esta zona es plana y muy homogénea; las principales diferencias están marcadas por el tipo de vegetación o uso de la tierra (cultivos de plátano, arbustos o plantas rastreras).

Como rasgos morfológicos se distinguen ríos, diques artificiales, llanuras y abanicos.

Los cambios en el tiempo se han dado por el uso de la tierra y por posibles cambios de los cursos de agua.

#### CONCLUSIONES

La configuración costera del delta reciente del río Magdalena en su fase constructiva es lobular, con líneas de costa suaves y una desembocadura principal. En su fase destructiva la configuración es

recta, delimitada por la isla de Salamanca.

La evolución del delta del río Magdalena está dada por los cambios del curso principal del río desde el Plioceno y su desarrollo actual está limitado por el poco aporte de sedimentos a sus costas, ya que la mayor parte de éstos son conducidos a las cuencas oceánicas por medio de cañones submarinos.

Las geoformas costeras del delta incluyen playas arenosas de isla barrera y dunas eólicas. En su plano deltaico se dan lagunas, pantanos de manglar, planos hipersalinos o salares, canales, deltas menores y paleocanales.

El sistema lagunar de la Ciénaga Grande de Santa Marta actualmente presenta conexiones intermitentes con el río Magdalena a través de una red de canales que están siendo lentamente colmatados.

#### BIBLIOGRAFIA

BATES, C.C. 1976. Rational theory of delta formation. En: Modern Deltas. AAPG reprint series N.18. USA. pp 3-46.

COHEN, A.D. & WIEDEMANN, H.U. 1973. Distribution and depositional history of some pre-lagoonal holocene sediments in the Cienaga Grande de Santa Marta, Colombia. Mitt. Invest. Colombo-Alemán de Invest. Cient. 7 (139-154).

GARCIA L, L.C. & DISTER, E. 1990. La planicie de inundación del medio/bajo Magdalena: restauración y conservación de habitats. Interciencia, vol 15, n. 6. pp 396-410.

HEEZEN, B. 1956. Corrientes de turbidez del río Magdalena, Colombia. Bol. Soc. Geogr. Colomb. 14: 135-140.

KHOBZI, J. 1985. Evolución del río Magdalena entre 1923 y 1981 en relación con el contexto geomorfológico. Revista CIAF, vol. 10 (1). pp 73-85.

LORIN, J; HRNANDEZ, C; ROUAULT, A & BOTTAGISIO, J. 1973. Estudio sedimentológico de la plataforma continental entre Bocas de Ceniza y Santa Marta. MOPT, Puertos de Colombia. 41 p.

MARTINEZ M, J.O. & MOLINA M, L.H. 1992. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe colombiano, sector Bocas de Ceniza - Parque Tayrona. Informe inédito.

SCRUTON, P.C. 1960. Delta building and the deltaic sequence. Recent Sediments, Northwest Gulf of Mexico AAPG Symposium volume pp 82-102.

SHEPARD, F.P. 1973. Sea floor off Magdalena delta and Santa Marta area, Colombia. Geological Society of America Bulletin, v. 84. pp 1955-1972.

VARGAS J, C.A. & ARANGO J, S. 1993. Una aproximación a la distribución de litofacies recientes en la plataforma continental frente a la CGSM (Magdalena) y análisis morfoestructural entre punta La Aguja (Magdalena) y punta Hermosa (Atlántico). Tesis de grado. U de Caldas. Fac. de Geología y Minas.

VERNETTE, G.; MAUFFRET, A.; BOBIER, C.; BRICEÑO, L. & GAYET, J. 1992. Mud diapirism, fan sedimentation and strike-slip faulting, Caribbean Colombian margin. *Tectonophysics*, 202: 335-349.

VON ERFFA, V.A.F. 1973. Sedimentation, transport und erosion an der Nordkuste Kolumbiens zwischen Barranquilla un der Sierra Nevada de Santa Marta. *Mitt. Invest. Colombo-Aleman de invest. cient.* 7 (155-209).

WIEDEMANN, H.U. 1973. Reconnaissance of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia: Physical parameters and geological history. *Mitt. Inst. Invest. Colombo-Alemán de invest. cient.* 7 (85-119).

**GEOMORFOLOGIA DE LA PLAYA EL CHONCHO, DELTA DEL RIO SAN JUAN,  
LITORAL PACIFICO COLOMBIANO**

GLORIA INES LOPEZ CADAVID +\*  
OTONIEL SALAZAR GIL +  
NATASHA TABARES GAVIRIA +  
IVAN DARIO CORREA ARANGO +

**RESUMEN**

La Isla El Choncho ubicada en el extremo SW del Delta del Río San Juan, Departamento del Chocó, Litoral Pacífico Colombiano, es una barrera arenosa del frente deltáico, elongada y formada por Cordones Litorales con terminaciones en forma de ganchos deflectados hacia tierra. Tiene una longitud de 12 km y un área de 9,12 km<sup>2</sup>.

Su morfología presenta zonas de playa, áreas de vegetación continental, pantanos traseros de agua dulce y pantanos traseros intermareales, vegetados y no vegetados.

En la playa se diferencian la Playa Trasera, Zona Intermareal y Zona Sub-Mareal. Las geoformas y estructuras sedimentarias son las Cúspides de Playa, las Cúpulas y la Berma como rasgos más sobresalientes, además de los Canales Dendríticos, las Marcas Romboidales y los Ripples. La amplitud de los sub-ambientes de playa, así como las estructuras sedimentarias y el aporte de sedimentos, están sujetos a las variaciones estacionales.

El inventario de cambios de la línea de costa para el período de 1.969 - 1.993, muestra que ocurrió progradación en los extremos Norte y Sur de la isla (16 y 78 m/año respectivamente), y que se presentó erosión en su parte central, con una tasa de 6 m/año.

Por su geomorfología, sedimentología y ubicación geográfica, la isla es una zona altamente vulnerable a fenómenos tales como sismos, tsunamis, licuación de suelos e inundaciones.

\* Circular 73 A No. 34 A - 26  
apto. 301 Edif. Barú  
A.A. 56916 Medellín  
+ Departamento de Geología  
Area de Ciencias del Mar  
Universidad EAFIT  
A.A. 3300 Medellín

TEL: (94) 411 34 72  
FAX: (94) 411 30 42  
TEL: (94) 266 05 00  
FAX: (94) 266 42 84

## ABSTRACT

The "El Choncho" island, in the SW corner of the San Juan river delta, Departamento of Chocó, Pacific Coast of Colombia, is an elongated sandy barrier of the delta front, formed from beach ridges ending in hooks deflected to the continent. It has 12 km of length and 9,19 km<sup>2</sup> approx. of area.

Its morphology presents beach zones, continental vegetation areas, fresh water back swamps and tidal back swamps, vegetated or not.

The beach is divided in backshore, foreshore and shoreface. The beach cusps, domes and the berm are the most remarkable forms, besides the rill marks, romboidal marks and ripples. The width of the beach zones and the sedimentary structures and sediment supply are subject to seasonal variations.

The shore line has suffered some changes between 1.969-1.993: some accretion (progradation) has occurred on the North and South extremes (16 and 78 m/year, respectively) and erosion has affected the center of the island (6 m/year).

Due to its morphology, sedimentology and geography, the island is highly vulnerable to phenomena like earthquakes, tsunamis, liquefaction of soils and floods.

## INTRODUCCION

El presente trabajo hace parte del proyecto que viene realizando la Universidad EAFIT, en asocio con COLCIENCIAS y la Universidad del Valle, titulado "Indicadores Geomorfológicos, Sedimentológicos y Biológicos del Delta del Río San Juan, Pacífico Colombiano -Fase 1: Area de la Boca San Juan-", y es un primer intento de estudiar en detalle los ambientes de playa de la Costa Pacífica Colombiana. Los resultados del estudio incluyen la identificación de los principales aspectos morfológicos de la playa de la Isla El Choncho (diferenciación de los Sub-Ambientes de Playa) y de la isla en general, la determinación de los agentes marinos y terrestres así como los factores dinámicos que intervienen en su evolución. Además se delimitan las áreas de progradación y erosión a lo largo de la playa, y así emitir ideas preliminares sobre la evolución de la isla.

El Delta del Río San Juan, cuya área aprox. es de 800 km<sup>2</sup> y con una línea de costa de 44 km de longitud, puede clasificarse como un delta mixto en el que interactúan los procesos fluviales, las mareas y olas (López y otros, 1.993). Es de tenerse en cuenta que estos agentes son a su vez variables en cada una de sus desembocaduras (Gayet, 1.989). Según la clasificación de Shepard



## Factores Oceanográficos

Los factores más influyentes en la formación y desarrollo de ambientes costeros transicionales son las olas, los vientos, las mareas y las corrientes oceánicas (West, 1.957; Komar, 1.983; Pethick, 1.989). Las observaciones del Ambiente Litoral de la Isla El Choncho, se hicieron con base en el Manual LEO -Litoral Environment Observation- de Schneider (sin fecha).

Vientos. En el Litoral Pacífico Chocoano, los vientos soplan del Norte entre los meses de Enero y Marzo. Durante el resto del año provienen del Sur o SW. En esta costa no se presentan huracanes, aunque esporádicamente pueden aparecer ciclones locales (COLPUERTOS, 1.963, en INGEOMINAS, 1.988).

Mareas. Las mareas que influyen sobre el LPC y por consiguiente en el Delta del Río San Juan e isla El Choncho, son de tipo semi-diurno mixto. Presentan un período de 12:25 horas y según datos del HIMAT (1.993) las amplitudes varían entre 2,4 y 4,6 m, lo que corresponde al rango entre meso y macromareal. Según tablas del HIMAT (1.992) los niveles máximos se alcanzan en durante los meses de Octubre a Diciembre. En los canales que limitan la isla, el flujo de mareas penetra por los brazos Chavica y San Juan, rodeando la parte interna de la isla por los esteros El Choncho y Santa Bárbara. La penetración de la marea alcanza una longitud de dos km dentro de bocas, esteros y canales.

Olas. Para los períodos de observación (Noviembre-Diciembre 1.992, Abril y Octubre 1.993), se constató que la isla El Choncho está influenciada por una energía de olas de moderada a baja (según la clasificación de Wright y otros -sin fecha en Komar 1.983-), con alturas entre 0,3 a 1,5 m y períodos que varían de 4 a 11 s. Las alturas y períodos fluctúan en el tiempo, con la consecuente incidencia sobre la costa (Tabla 1). Las fotografías aéreas y las visitas de campo muestran que en la playa frente al Caserío El Choncho, las crestas de olas inciden de manera paralela la mayor parte del año, contribuyendo al proceso de erosión. En los extremos Norte y Sur, es claramente visible la presencia de trenes de olas que se cruzan en varias direcciones. Aquí las olas sufren refracción debido al delta intermareal, lo cual disipa la energía y permite una mayor acumulación de sedimentos (López y otros, 1.993).

Deriva Litoral. La orientación hacia el Sur de la espiga que conforma la isla El Choncho sugiere que el transporte neto de sedimentos es en ese sentido, mientras que en el extremo Norte del delta (Boca Charambirá) hay una orientación hacia el noreste indicando un cambio en la dirección del transporte entre las bocas Chavica y Cacagual (López y otros, 1.993).

**Tabla 1 : Promedios de Medidas para Oleajes incidentes en la Playa El Choncho, Delta del Río San Juan.**

|                         | <u>INVIERNO</u> | <u>VERANO</u> |
|-------------------------|-----------------|---------------|
| PERIODO (min)           | 6'16''          | 5'39''        |
| ALTURA (m)              | 0,65            | 0,58          |
| ANGULO TREN DE OLAS     | 84°             | 83°           |
| TIPO DE OLA             | voluta          | voluta        |
| DIRECCION DEL LONGSHORE | de Norte a Sur  | ausente       |
| BEACH CUSPS             | ausentes        | presentes     |
| PLUVIOSIDAD             | diaria          | esporádica    |

Corrientes Oceanicas. Von Prahl y otros (1.990) describen las corrientes generadas por los cambios mareales en el LPC. Son producidas por la entrada de agua a través de los estuarios (en pleamar) y su salida (en bajamar) provocando corrientes con velocidades altas cuando la boca es estrecha y bajas cuando la boca es amplia. La velocidad de las corrientes también varía según la constitución sedimentológica de los bordes de los estuarios y la topografía submarina.

#### **METODOLOGIA DE TRABAJO**

Para definir la línea de costa y fijar su posición geográfica actual más exacta, se hizo un levantamiento planimétrico de todo el frente de la isla. Para el inventario de progradación y erosión de la playa, así como para la delimitación de la parte trasera (interna) de la isla, se analizaron fotografías aéreas de la zona de los años 1.968, 1.969 y 1.983 del IGAC, planchas topográficas a escala 1:25.000 de 1.969 y 1.988 del IGAC, e imágenes RADAR (Colombia Radar Mapping, Uncontrolled Mosaic, escala 1:250.000, IGAC, 1.969) y SPOT (Imagen Satelite, CNES & SPOT 2, HRV 1, Noviembre 1.991), además de todas las observaciones hechas en campo. Por otro lado se levantaron perfiles de playa transversales en sitios estratégicos (Figura 2) para delimitar los diversos sub-ambientes y características de esta, tanto en épocas de verano como de invierno y así observar los cambios morfológicos estacionales del frente de playa. Con base en todo lo anterior se elaboraron los perfiles de playa en una escala representativa (esc. vert. 1:100, esc. horiz. 1:1.000) y dos mapas base de la isla El Choncho: "Progradación y Erosión Litoral, Isla El Choncho, 1.969-1.993" y "Geomorfología General

de la Isla El Choncho", ambos a escala 1:10.000.

### GEOMORFOLOGIA DE LA ISLA EL CHONCHO

La isla es de forma alargada, amplia en el Norte (2 km aprox.) y estrecha en el centro y Sur. En este último punto termina en forma de ganchos curvados hacia el Este, mostrando la morfología típica de una espiga. Se identifican tres zonas mayores para la isla (López y otros, 1.993):

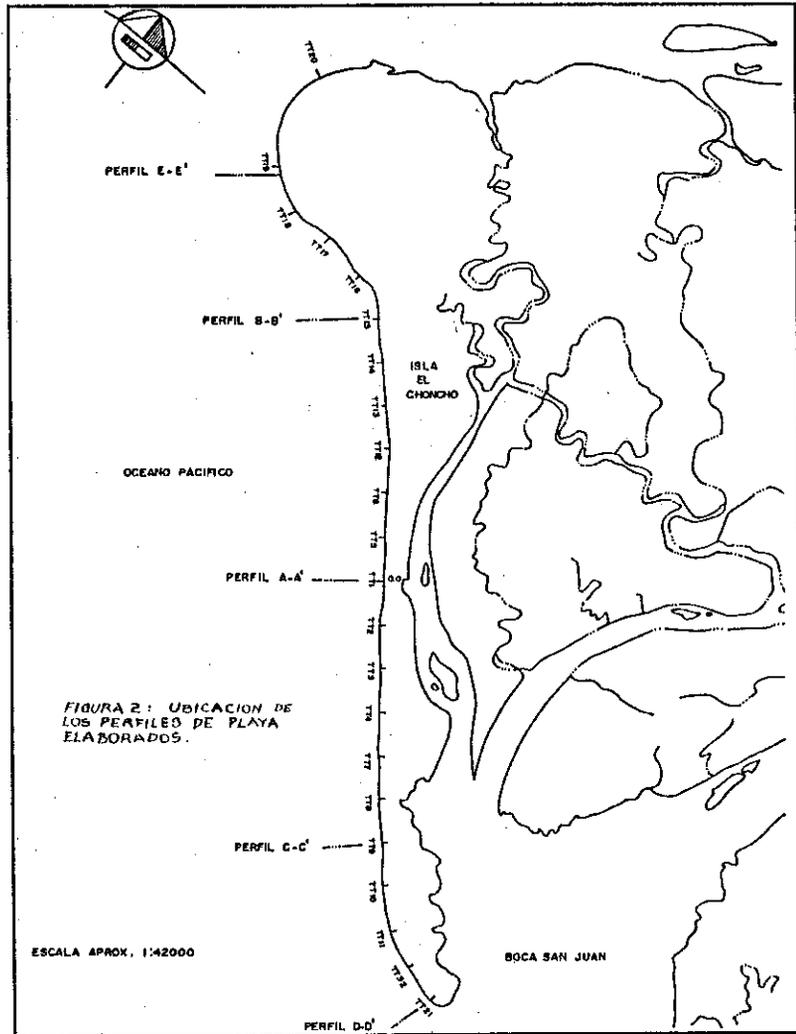
#### Borde Trasero

Compuesto por planos lodosos intermareales no vegetados y vegetados. Los primeros son visibles en marea baja y están constituidos por sedimentos lodosos saturados de agua.

Hacia la isla su límite se encuentra donde comienza la vegetación, pero hacia el canal (brazo El Choncho) su límite es impreciso. La amplitud es variable, desde unos pocos metros (2 m al frente del Caserío El Choncho) hasta cientos de metros (240 m por la punta Sur). Esta zona sólo se presenta hacia el Sur de la isla, hacia el Norte desaparece a 700 m del Caserío El Choncho en dirección del estero Santa Bárbara (vista en planta). Los segundos son franjas paralelas a los canales, esteros y al brazo El Choncho. Su amplitud es variable (50 - 100 m) y depende directamente de los cambios mareales. Están constituidos por sedimentos lodosos con cantidades menores de arena, que soportan una vegetación manglarina.

#### Zona Interior

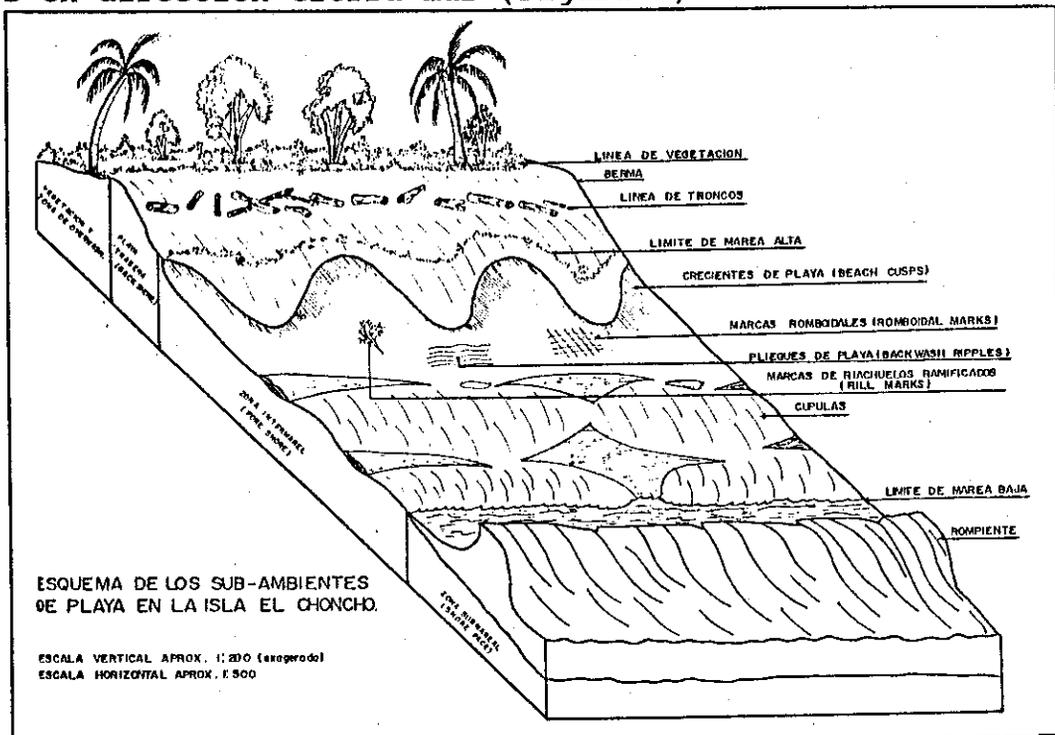
Presenta vegetación continental de agua dulce sobre un sustrato



arenoso con algunas formaciones de suelos, y a diferencia de las zonas anteriores, esta no se encuentra influenciada por las mareas. Está constituida por cordones litorales que conforman "firmes" arenosos y "bajos" pantanosos, ambos cubiertos por vegetación. Hacia el Norte se aprecian 12 cordones litorales que a dos km del Caserío El Choncho, forman ganchos evidenciando antiguas espigas curvadas hacia el Este. En el extremo Sur se identifican 13 cordones litorales que igualmente terminan en forma de gancho, con espaciamiento de 100 a 150 m entre ellos. Evidencian la dirección del flujo de sedimentos y sugieren que el transporte neto de sedimentos es en ese sentido. En el sector del Caserío solo se observa un cordón litoral. Estos cordones son continuos pero al llegar a la zona de playa desaparecen. Esta zona también incluye los canales meandríformes que desembocan en el estero Santa Bárbara.

### Zona de Playa

Los criterios utilizados para determinar los sub-ambientes de playa se tomaron de Davis (1.978) y Carter (1.988). A continuación se describen las características para cada uno de ellos en dirección tierra-mar (Figura 3).



**Playa Trasera.** Está limitada hacia tierra por la línea de vegetación, la cual varía a lo largo de la isla desde plantas reptantes (en las zonas de progradación actuales) y pequeños arbustos hasta palmeras y árboles frutales. Hacia el mar está

limitada por la zona hasta donde llega la marea alta. Su amplitud es variable a lo largo de la isla y cambia según la época del año (invierno - verano) y los rangos de marea: los promedios mínimos están entre 10 m en invierno y 30 m en verano, sin contar con la épocas de mareas equinocciales durante las cuales no existe esta zona porque la marea sobrepasa la línea de vegetación hacia tierra, inundando la isla.

El principal rasgo morfológico de la Playa Trasera es la Berma de Playa, con una pendiente promedio, de cara al mar, de  $4^\circ$  y hacia tierra entre  $1^\circ$  y  $2^\circ$ . Detrás de la berma se encuentra la zona de Sobre-Lavado (Washover) caracterizada en algunos lugares (como en el Caserío El Choncho) por tener una delgada lámina de minerales negros (magnetita, ilmenita y cromita) sobre la superficie del terreno. Asociada a la berma se encuentra una línea de troncos, la cual varía desde pocos metros hasta 80 m. Hacia el Sur de la isla, las condiciones de arena suelta y seca, sumadas a la acción del viento generan microdunas con sus crestas dispuestas en forma perpendicular a la dirección del viento y de alturas no mayores a 1,5cm. En la Playa Trasera se encuentran árboles de manglar (Natos) en posición de vida en el sector Nor-central.

Zona Intermareal. Tiene una amplitud variable desde 29 hasta 99 m en verano. En épocas de invierno esta zona presenta una amplitud mayor la cual varía entre 42 y 117 m. En este sub-ambiente aparecen principalmente dos geofomas, las Cúpulas y las Cúspides de Playa (Beach Cusps) (presentes sobre todo en verano), además de varias estructuras sedimentarias generadas por el flujo y el reflujó como son las formas Romboidales (rombos alargados en dirección a la pendiente) en el límite con la zona sub-mareal (de 21cm de longitud y 5cm de ancho) y los Ripples rítmicos del Backwash. Las marcas de canales dendríticos (Rill Marks -con ramificaciones semejantes a pequeños árboles-) son estructuras originadas por el nivel freático sobre la superficie de la playa en esta zona, presentes únicamente en invierno y con longitudes de 25 cm.

En el sector Norte, la Zona Intermareal se encuentra unida a un Plano Intermareal bastante extenso. Ambos son cubiertos por el agua en marea alta y descubiertos cuando baja la marea, esta es la única relación entre los dos ya que presentan estructuras sedimentarias, pendiente ( $1^\circ$ ) y tamaño de grano diferentes. Su amplitud en la parte más extensa puede alcanzar hasta un km en condiciones de cambios mareales normales. Las estructuras superficiales presentes (observables cuando baja la marea), corresponden a Cubetas en forma de media luna (o Lunetas, rellenas con agua de mar, que evidencian el retroceso del flujo de agua) de 1m x 60cm como máx. y Ripples, ambas típicas de ambientes de relativamente baja energía.

En el extremo Sur de la isla también hay otro Plano Intermareal. Este está separado de la Zona Intermareal por un canal de desembocadura del Río San Juan (20 m de ancho), el cual tiene una fuerte influencia de las mareas.

Zona Sub-Mareal. Esta zona es continua a lo largo de toda la costa hasta el sector Sur donde es interrumpida por el canal mencionado anteriormente. En el sector del Caserío El Choncho se pudo determinar una amplitud de 110 m para esta zona Sub-Mareal, por su identificación en el registro de ecosonda.

Plataforma. Según los registros de ecosonda realizados por el "Proyecto del delta del Río San Juan", esta zona se presenta como una superficie cóncava con una pendiente promedio de 5° y profundidades hasta de 9 m a los tres kilómetros de distancia de la línea de costa actual.

## DISCUSION

La isla ha presentado diversos cambios en su morfología a lo largo del tiempo y en los diferentes períodos estacionales. En verano, el aporte de sedimentos aumenta considerablemente (1,5m a más en sentido vertical) con respecto al invierno. Las pendientes de los sub-ambientes son mayores en verano que en invierno (diferencias hasta de 3°) y como se dijo anteriormente, hay geoformas que sólo aparecen en una de las dos épocas.

El inventario de progradación y erosión de la línea de costa de la isla entre los años 1.969 y 1.993, muestra un equilibrio parcial, ya que se presentan simultáneamente ambos eventos. La comparación longitudinal y areal indica que un 57% (6.890 m de longitud) del total de la playa está sufriendo progradación (corresponde a los extremos Norte y Sur), y el 43% (5.200 m) está siendo erosionado.

Así en las zonas Norte y Sur el evento progresivo se identifica por la presencia de planos intermareales, productos del continuo aporte de sedimentos por las bocas Chavica y San Juan, respectivamente. Además, la migración de la costa hacia el Sur se evidencia por el crecimiento de la espiga: la existencia de cordones de playa antiguos (sobre toda la isla y en forma de gancho en la punta Sur) indica que la dirección de deriva litoral neta ha sido hacia el Sur desde tiempo atrás. Por otro lado la invasión de la playa trasera y antiguas bermas y líneas de troncos por plantas reptantes, arbustos y Caña Brava confirman el evento.

El sector central de la isla presenta netamente erosión, debida principalmente a la corriente de Longshore y la incidencia paralela del tren de olas a la línea de costa. Este evento erosivo se evidencia por la presencia de árboles de manglar (Natos) muertos en posición de vida (pertenecientes a planos intermareales salobres) entre la playa trasera y la zona intermareal, el retroceso de la berma o presencia de una berma erosiva, raíces descubiertas, destrucción de casas existentes y relatos de los habitantes que confirman las pérdidas de terrenos costeros.

## CONCLUSIONES

- La Isla el Choncho, ubicada en el extremo suroeste del delta, puede clasificarse como una Isla Espiga Barrera, dado que presenta una forma alargada, y está constituida por sedimentos poco consolidados, principalmente arenosos con algunos terrenos pantanosos que se extienden desde la playa hasta el límite trasero. Sus unidades morfológicas son similares a las descritas en otras islas barrera del mundo (isla del delta del Níger - Allen, 1.970-, isla en la costa Apalachicola en el Golfo de México -Otvos, 1.985- y Chandeleur -Spearing, 1.971-).
- Los sub-ambientes de la playa varían en tiempo y espacio dependiendo de la época del año.
- En la Isla El Choncho, se presentan los tres elementos que permiten clasificar el Delta del Río San Juan como un delta mixto: las barras de boca de canal en ambos lados de Boca Chavica muestran el dominio fluvial, la influencia mareal está representada por la desembocadura tipo trompeta en la Boca San Juan y la espiga indica la influencia del oleaje.
- La ganancia y pérdida de los sedimentos sobre la playa está directamente relacionada con los cambios estacionales, tanto en sentido vertical como horizontal. En verano hay más aporte de sedimentos debido a que la corriente paralela a la costa es más suave, a causa de la disminución de los vientos provenientes del Oeste y Suroeste, por lo tanto el aporte de sedimentos es alto. Esto permite la mayor depositación de material en el frente de la playa. Las comparaciones muestran la repetición de procesos en estaciones iguales. El aumento vertical de sedimentos en verano es de 1,5 m como máximo (frente al Caserío) y el desplazamiento horizontal alcanza los 20 m. Las geoformas de la playa están relacionadas parcialmente con los cambios estacionales. En verano las cúspides de playa y las marcas romboidales son más evidentes, mientras que en invierno los canales dendríticos aparecen mejor desarrollados.
- En general, puede decirse que existe un equilibrio parcial en la Isla El Choncho, ya que se presenta erosión y simultáneamente progradación. La morfología de la isla y los fenómenos de erosión y progradación que se registran actualmente son en parte, producto de la influencia de los dos trenes de olas principales que llegan a la isla, uno con una dirección perpendicular a la misma (W) y otro proveniente del SW. Si el retroceso de la línea de costa continúa, en 24 años aproximadamente podría desaparecer el sector del Caserío, y posiblemente provocaría la separación de la isla en su zona central.
- Las características geográficas, geológicas y sociales que presenta la Isla el Choncho, la convierten en una zona de alto

riesgo frente a fenómenos tales como tsunamis, sismos, licuación de suelos e inundaciones debido a que:

- \* Se encuentra cerca a una zona de subducción activa.
- \* Poca altura sobre el nivel del mar (1 m como máximo en el Norte de la isla y 0,5 m en el Caserío El Choncho (en marea alta).
- \* Es catalogada como una costa abierta, ya que carece de protección al frente.
- \* Deforestación y asentamientos humanos muy cerca (cuatro metros) a la zona de playa.

La eventual ocurrencia de uno o varios sismos con una escala de Richter mayor de siete, con epicentro en el mar, a una profundidad menor de 80 km y relativamente cerca a la Isla El Choncho, el movimiento telúrico podría causar soliflucción, licuación, hundimiento y agrietamiento debido a la inestabilidad del terreno y la ola de tsunami arrasaría total o parcialmente la isla.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J.R.L., 1.970, Sediments of the Modern Niger Delta: A Summary and Review. En: Morgan, 1.970, Depositional Process Products in the Deltaic Environment, Deltaic Sedimentation, Modern and Ancient, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, N° 15, Oklahoma, U.S.A., pp 138-151.
- CARTER, R., 1.988, Coastal Environments, an Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coast Lines, Ed. Academic Press London, 217 p.
- DAVIS, R.A., 1.978, Coastal Sedimentary Environments, Ed. Springer-Verlag, New York Inc, United States, 420 p.
- GAYET, J., 1.989, Les Milieux Deltaïques: Morphologie et Sédimentation, Bulletin Institut Géologique Bassin d'Aquitaine, No. 45, Bordeaux, Francia, pp 45-61.
- GONZALEZ, J. & L. MARIN, 1.989, Problemas Geológicos Asociados a la Línea de Costa del Departamento del Chocó: Geomorfología y Riesgos Geológicos, Convenio INGEOMINAS-PROGOG, Cali, Colombia, 70 p.
- HIMAT, 1.992, Pronóstico de Pleamares y Bajamares en la Costa Pacífica Colombiana, Santafé de Bogotá, Colombia, pp. 40,41.
- HIMAT, 1.993, Pronóstico de Pleamares y Bajamares en la Costa Pacífica Colombiana, Santafé de Bogotá, Colombia, pp. 37.
- INGEOMINAS, 1.988, Mapa Geológico de Colombia y Memoria Explicativa, Santafé de Bogotá, Colombia, 71 p.
- KOMAR, P., 1.983, Handbook of Coastal Processes and Erosion, CRC Press, Boca Raton Florida, U.S.A., 305 p.
- LOPEZ, G.I. y otros, 1.993, Geomorfología y Sedimentología de la Playa El Choncho, Delta del Río San Juan, Litoral Pacífico Colombiano, Tesis de Grado, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, 350 p.

- OTVOS, E., 1.985, Barrier Islands Genesis -Questions of Alternatives for the Apalachicola Coast, Northeastern Gulf of Mexico-, Journal of Coastal Research, U.S.A., pp. 267-278.
- PETHICK, J., 1.989, An Introduction to Coastal Geomorphology, Chapman and Hall Inc., Great Britain, 260 p.
- PROYECTO EAFIT-COLCIENCIAS, 1.992-..., Indicadores Geomorfológicos, Sedimentológicos y Biológicos del Delta del Río San Juan, Pacífico Colombiano -Fase 1: Area de la Boca San Juan-, Medellín, Colombia, en preparación.
- RESTREPO, J.D., I.D. CORREA & L. GONIMA, 1.992, Proyecto EAFIT-UNIVALLE-COLCIENCIAS, -Delta del Río San Juan- Pacífico Colombiano: Resultados Biológicos y Geomorfológicos Preliminares, Resumen Presentado al Congreso de Ciencias del Mar, Cali, Colombia, 17 p.
- SCHNEIDER, sin fecha, Manual of Littoral Environment Observation -LEO-
- SPEARING, D., 1.971, Barrier Islands Deposits, Bibliography and Explanation for Summary Sheets of Sedimentary Deposits, Marathon Oil Company, Published by The Geological Society of America, Chart 5 of 7, Littleton, Colorado, United States.
- VON PRAHL, H., J. CANTERA & R. CONTRERAS, 1.990, Manglares y Hombres del Pacífico Colombiano, Ed. Presencia, Colombia, pp. 9-59.
- WEST, R., 1.957, The Pacific Lowlands of Colombia, Area of the American Tropics, Louisiana State University Press, Baton Rouge, 278 p.

**SEDIMENTOLOGIA DE LA PLAYA EL CHONCHO, DELTA DEL RIO SAN JUAN,  
LITORAL PACIFICO COLOMBIANO**

GLORIA INES LOPEZ CADAVID +\*  
OTONIEL SALAZAR GIL +  
NATASHA TABARES GAVIRIA +  
IVAN DARIO CORREA ARANGO +

**RESUMEN**

Sedimentológicamente la playa de la Isla El Choncho, ubicada en el extremo SW del Delta del Río San Juan, Departamento del Chocó, Litoral Pacífico Colombiano, está compuesta por una secuencia de niveles de arenas finas (entre 2 y 3 $\phi$ ), bien clasificadas, transportadas principalmente en saltación por corrientes litorales, con una energía de depositación de moderada a baja, pero constante. Esto sugiere que los sedimentos de los diversos niveles se depositaron en diferentes sub-ambientes de la Zona de Playa.

Los sedimentos de playa son arenas oscuras con altos contenidos de anfíboles y piroxenos, magnetita, ilmenita y cromita, además de cuarzos, feldespatos, fragmentos de roca, zircones y granates.

De acuerdo con los análisis mineralógicos y granulométricos y a la posición geográfica de los diferentes niveles de arenas, se puede interpretar la secuencia de depositación de los sedimentos de la Isla El Choncho y los eventuales desplazamientos de la línea de costa. Se tiene en cuenta que la ganancia y pérdida de sedimentos sobre la playa están directamente relacionadas con los cambios estacionales tanto en sentido vertical como horizontal.

**ABSTRACT**

Sedimentologically, the beach of "El Choncho" Island, in the SW corner of the San Juan river delta, Departamento of Chocó,

\* Circular 73 A No. 34 A - 26  
apto. 301 Edif. Barú  
A.A. 56916 Medellín

TEL: (94) 411 34 72  
FAX: (94) 411 30 42

+ Departamento de Geología  
Area de Ciencias del Mar  
Universidad EAFIT  
A.A. 3300 Medellín

TEL: (94) 266 05 00  
FAX: (94) 266 42 84

Pacific Coast of Colombia, is composed by sequence of fine sand levels (2-3 $\phi$ ), well sorted, principally transported by saltation by the shore drift, with a moderate to low energy, but constant. This suggests the beach zone environments to the deposition of all the levels.

The beach sediments are made up of dark sands with high contents of amphibole, pyroxene, magnetite, ilmenite and chromite and also quartz, feldspars, rock fragments, zircons and garnets.

In agreement with the mineralogical and granulometrical analysis and the geographical position of the different sandy levels, it's possible to interpret the deposition sequence of the sediments of the "El Choncho" island and the eventual displacements of the shore line. It's taking into account that the gain and loss of the beach sediments are directly related with seasonal variations both vertical and horizontal.

## INTRODUCCION

El presente trabajo hace parte del proyecto que viene realizando la Universidad EAFIT, en asocio con COLCIENCIAS y la Universidad del Valle, titulado "Indicadores Geomorfológicos, Sedimentológicos y Biológicos del Delta del Río San Juan, Pacífico Colombiano -Fase 1: Area de la Boca San Juan-", y es un primer intento de estudiar en detalle los ambientes de playa de la Costa Pacífica Colombiana. Los resultados del estudio incluyen la identificación de los principales aspectos sedimentológicos de la playa de la Isla El Choncho además de la interpretación de los procesos de su formación y evolución.

Dentro de los objetivos planteados para el estudio se encuentran:

- Caracterizar el tipo de sedimento de la playa en cuanto a composición, tamaño y tipo de transporte.
- Estudiar los diferentes horizontes presentes en la playa por medio de trincheras, para correlacionar los niveles y determinar su continuidad lateral.
- Emitir ideas preliminares sobre la formación y evolución de la isla.

Es de anotar que este trabajo se realizó en conjunto con el estudio geomorfológico de la Playa de la Isla El Choncho, por lo que algunos de los objetivos planteados en el trabajo general serán desarrollados en uno u otro artículo presentado en este Congreso.

## GENERALIDADES

La Isla El Choncho está localizada en el extremo Sur del Delta del Río San Juan (Figura 1) aproximadamente a los 4°05' de Latitud Norte y 77°26' de Longitud Oeste. Se encuentra entre las desembocaduras Chavica (al Norte) y San Juan (al Sur), abarca un área de 9.2 km<sup>2</sup> y una longitud aprox. de 12 km de línea de costa (medida en: IGAC, 1.969 y 1.988; López y otros, 1.993).

El delta del río San Juan hace parte de las tierras bajas del LPC, descritas inicialmente por West en 1.957.

Los aspectos climatológicos del Delta del Río San Juan (precipitaciones, temperaturas, caudales del Río San Juan) están plasmados en el artículo de "Geomorfología de la Playa El Choncho", de los mismos autores, expuesto de igual manera para este Congreso.

#### METODOLOGIA DE TRABAJO

Para determinar la evolución reciente de la playa, se excavaron trincheras de 2 m x 2 m, con una profundidad variable, hasta donde el nivel freático lo permitió (0,60 a 1,70 m), ubicadas en el límite Playa Trasera-Playa Intermareal. Las trincheras se hicieron cada 500 m (Figura 2), referenciándolas siempre a la línea de costa para mejor ubicación. Las muestras de sedimento fueron tomadas tanto de la superficie de la playa, para determinar la variación del tamaño de grano y el transporte superficial de los sedimentos a lo largo de la misma, como de los diversos niveles de las trincheras.

A estas se les hizo un análisis mineralógico detallado, para elaborar la sección vertical de los niveles de la playa, definiendo y correlacionando los diferentes horizontes guías para ver la variación lateral de los sedimentos a lo largo de la playa, así como la descripción e interpretación de las estructuras sedimentarias, determinación y explicación de su formación.

El análisis sedimentológico se elaboró siguiendo la metodología establecida por Folk (1.974), Visher (1.969) y McMannus (sin fecha en Tucker, 1.988). Los parámetros estadísticos (Folk, 1.974) fueron determinados gráficamente con base en curvas de frecuencia acumulada en escala logarítmica, para identificar el tipo de transporte según los parámetros de Visher (1.969), histogramas de frecuencia para determinar la Moda, y curvas de frecuencia acumulada en escala aritmética para determinar mediana (Md), media gráfica (Mz), desviación estandar ( $\sigma I$ ), grado de

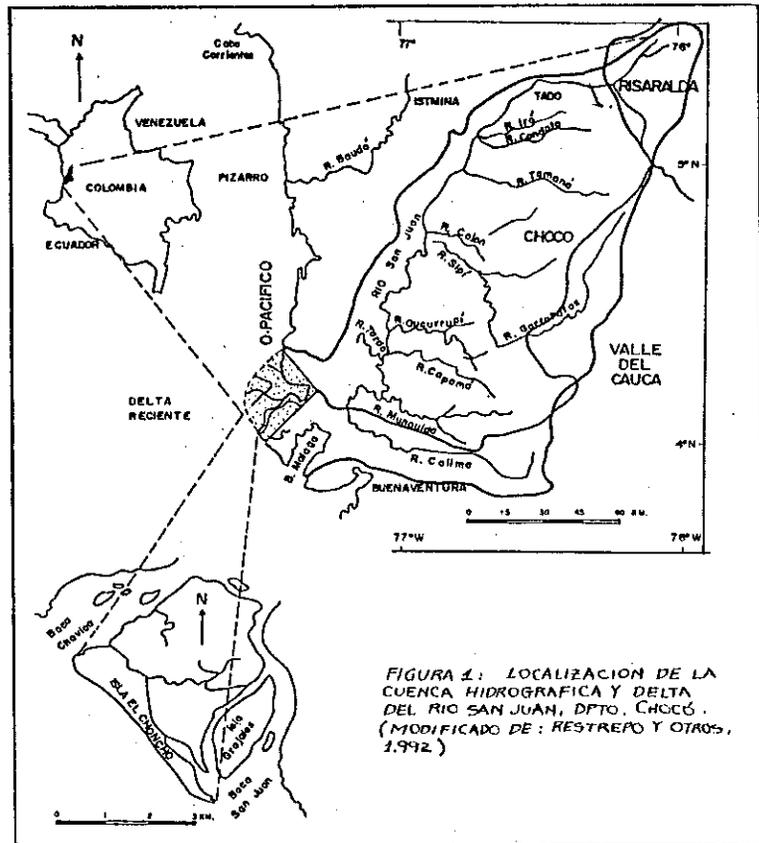


FIGURA 1: LOCALIZACION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA Y DELTA DEL RIO SAN JUAN, DFTO. CHOCÓ. (MODIFICADO DE: RESTREPO Y OTROS., 1.992)

asimetría (Ski) y kurtosis (KG). Este método para obtener parámetros estadísticos es el más seguro debido a su mayor confiabilidad en la extrapolación e interpolación de datos (Folk, 1.974). Cada uno de estos parámetros estadísticos muestra características propias del sedimento, tales como tamaño promedio de grano, selección del material y retrabajamiento, tamaño de grano más presente en la muestra, génesis del sedimento y cantidad de agentes transportantes (se infiere la energía), y tipos de transporte del sedimento (% de muestra).

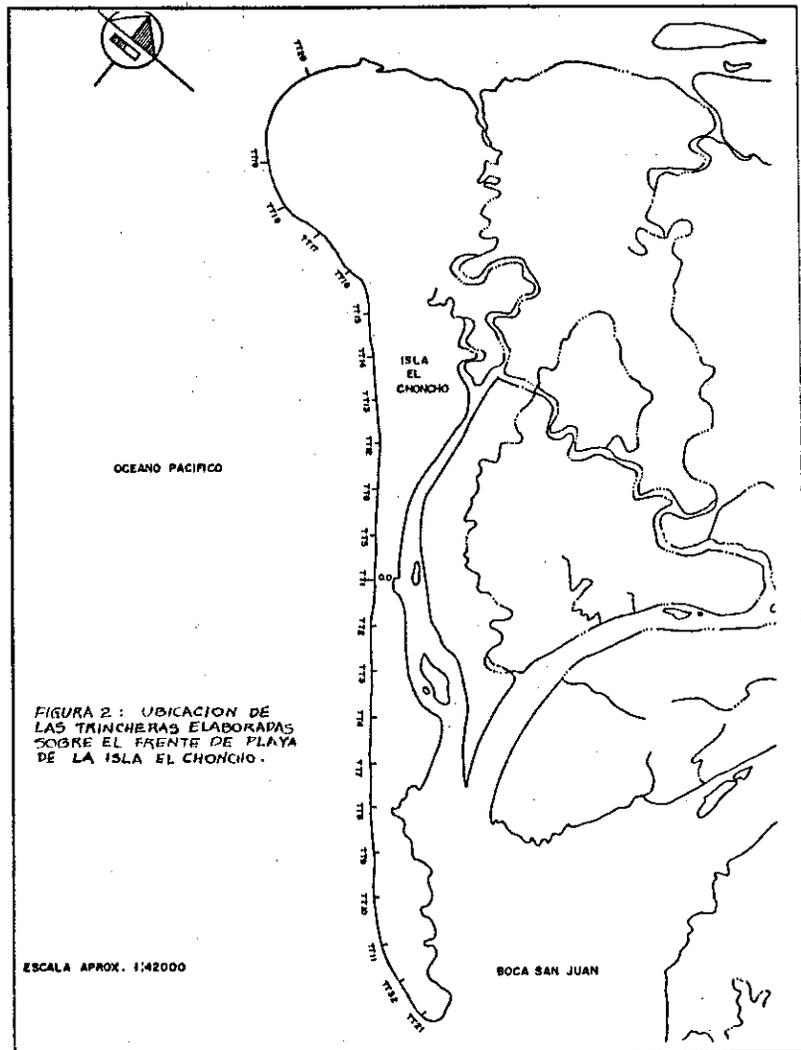


FIGURA 2: UBICACION DE LAS TRINCHERAS ELABORADAS SOBRE EL FRENTE DE PLAYA DE LA ISLA EL CHONCHO.

## MARCO GEOLOGICO

El delta reciente del Río San Juan está conformado en su mayoría por sedimentos cuaternarios, posiblemente subyacidos por sedimentos terciarios conformados por las areniscas de la Formación Naya del Mioceno (Von Prahl y otros, 1.986), definida por Oppenheim (1.949, en Etayo-Serna y otros, 1.986) quién la describe como una secuencia de conglomerados, arcillolitas y lodolitas.

No se conoce ningún estudio detallado sobre aspectos tectónicos. El hecho de que el delta interrumpa todo el relieve costero podría indicar influencia tectónica en el área. La falla inferida de Garrapatas, reportada en el Mapa Geológico de Colombia (INGEOMINAS, 1.988) con dirección NW, limita esta zona y controla el Brazo Charambirá y la boca del mismo nombre. El delta está limitado por dos bloques de sedimentos terciarios: al Norte (Serranía de la Costa -Wokittel, 1.959-) y al Sur (colinas y acantilados).

## SEDIMENTOLOGIA ACTUAL DE LA PLAYA

Se describen todos los niveles encontrados en las diferentes trincheras elaboradas sobre el frente de playa de la Isla El Choncho, desde el más inferior hasta el que está expuesto en superficie (Figura 3).

### Nivel Verde-Gris

Presente desde el centro de la isla hacia el Sur (ver Figura 2), con un espesor máximo de 90 cm. Está conformado por intercalaciones de pequeños niveles de color verde, compuestas de anfíboles y piroxenos, y arena gris (cuarzos, feldespatos y fragmentos de roca oxidados).

Predomina la laminación planar paralela continua y discontinua. Como evidencias de bioturbación se encuentran raíces actuales, restos orgánicos, fragmentos de conchas de bivalvos y madrigueras de cangrejos rellenas con material del nivel suprayacente.

Está compuesto por arena fina ( $Mz=2,37$  y  $3\phi$ ), de bien a moderadamente bien clasificada ( $\sigma I=0,46$  a  $0,53\phi$ ). La curva de frecuencia acumulada muestra una asimetría hacia finos ( $SKi=0,19$  a  $0,27\phi$ ) y una selección buena tanto en los extremos como en el centro de la curva ( $KG=0,43$  a  $1,61\phi$ ). El tamaño de partícula en la mitad exacta de la población es  $2,6\phi$  ( $Md$ ) y la moda ( $2,5\phi$ ) indica un sólo tipo de agente transportante, con energía constante de corriente.



**Figura 3 : Vista General de Trinchera.**  
Se aprecian los diversos niveles sedimentarios y algunas estructuras.

Este nivel es complejo en cuanto a transporte, pero se pueden diferenciar tres poblaciones principales distribuidas de la siguiente manera:

- los sedimentos comprendidos entre  $1,2$  y  $2\phi$  (10 al 20% del total) son transportados por saltación.
- aquellos de tamaños entre  $2$  y  $2,5\phi$  (50%) son transportados por saltación, con algo de suspensión.

- aquellos menores de 2,5 $\phi$  (30%) son transportados en suspensión.

### Nivel Verde

Se ha considerado como el nivel más discontinuo de todos, ya que se pincha en varios sectores de la isla, aunque se presenta de punta a punta, con espesores hasta de 65 cm. Su contacto hacia techo varía de gradacional por composición a irregular neto y neto regular según cual sea el material suprayacente. Su color es verde y se debe a la gran cantidad de piroxenos y anfíboles, además de fragmentos de roca, cuarzo y feldespatos en menor proporción. La estructura sedimentaria predominante es la laminación planar paralela continua, pero también laminaciones cruzada de bajo ángulo (5°) y planar subparalela, siempre buzando hacia el mar. La bioturbación corresponde a raíces actuales y madrigueras de cangrejos sin y post-depositacionales.

Los sedimentos de este nivel corresponden a arenas finas (Mz=2 y 2,36 $\phi$ ), de bien a moderadamente bien clasificadas ( $\sigma I=0,44$  a 0,53 $\phi$ ), mostrando una curva simétrica a asimétrica hacia finos (SKi=0,25 a 0,079 $\phi$ ) y netamente leptocúrtica (KG=1,47 a 1,50 $\phi$ ). La mediana se encuentra en 2,3 $\phi$  y presentan una sola moda (2,5 $\phi$ ). Según gráficas, se diferencian claramente dos tipos de transporte: saltación (para el 75% de los sedimentos) y suspensión (25%), divididos entre tres poblaciones: de 0,3 a 1,8 $\phi$ , de 1,8 a 2,5 $\phi$  y mayores de 2,5 $\phi$ . La energía de transporte es moderada a baja y constante.

### Suelo Enterrado A

El Suelo Enterrado A (de color amarillo a amarillo pardo) es un nivel muy puntual (se extiende por 500 m en el área frente al Caserío El Choncho) y totalmente diferente a todos los niveles arenosos de la playa. Se asemeja al perfil de meteorización de una roca, donde en la base (contacto difuso) puede apreciarse una textura arenosa que desaparece progresivamente hacia el techo. Corresponde a un antiguo suelo, oxidado, con contenidos de materia orgánica principalmente hacia el techo y material de tipo limoso y arcilloso. Su espesor varía de 10 cm a 40 cm como máximo, pero es de anotar que se encontraron restos de este suelo en una trinchera, en forma de bloques aislados que parecen haber sido desgarrados durante el evento de depositación del Nivel Magnetítico. Su contacto en el techo es irregular, indicando posiblemente (sobre todo por la presencia de los canales) un evento erosivo.

### Suelo Enterrado M

Corresponde a otro suelo enterrado, diferente al anterior, pero por su posición en la secuencia vertical y compactación del material, más reciente que el A. Este suelo enterrado M sólo está presente en los alrededores del Caserío El Choncho. Su espesor es de 20 cm. Sus contactos de base y techo son irregulares, de los cuales el superior puede indicar posiblemente

un evento de erosión. Es de color marrón y sus componentes (por observaciones de campo) son un alto contenido de materia orgánica muy descompuesta (pedazos de troncos de diversos tamaños, hojas, ...) y arcillas.

### Nivel Magnetítico

Se presenta desde el centro hacia el Sur de la isla, con un espesor máximo de 55 cm. Su contacto hacia el techo con el nivel suprayacente es neto, pero su contacto basal es bastante irregular. Esa irregularidad puede ser originada por la diferencia de densidades entre este nivel y el subyacente, dadas por la diferente composición y grado de saturación de agua de ambos. Pero la presencia de canales en el límite puede mostrar un evento de energía considerable. El color, azul petróleo intenso, es debido a la gran cantidad de minerales opacos, principalmente magnéticos tales como magnetita, cromita, ilmenita y limonita. Como accesorios se encontraron circón, granates, anfíboles, piroxenos y fragmentos de roca. Por la densidad de estos minerales, se cree que su depositación se dió durante un evento de energía apreciable. En general este nivel es muy homogéneo, en pocas ocasiones presenta estructuras sedimentarias. La bioturbación está representada por madrigueras de cangrejos actuales rellenas o no, raíces actuales, restos orgánicos pequeños y algunos fragmentos de conchas.

El material de este nivel es una arena fina ( $Mz=2,92$  a  $3\phi$ ), moderadamente bien clasificado ( $\sigma I=0,53\phi$ ), mostrando una curva simétrica ( $SKi=-0,03\phi$ ) y platicúrtica. El tamaño de partícula en la mitad exacta de la población es  $2,88\phi$  y la moda varía lateralmente ( $2,5$  a  $3,75\phi$ ), indicando una energía de transporte variable. En este nivel se diferencian tres tipos de poblaciones, a dos formas de transporte de los sedimentos:

- tamaños entre 1 y  $2,4\phi$  (20% de la muestra) son transportados por saltación.
  - de  $2,4$  a  $2,6\phi$  (10%), el transporte es por saltación con algo de suspensión.
  - tamaños menores de  $2,6\phi$  (70%) son transportados en suspensión.
- La energía de transporte se considera moderada y constante. Es de anotar que la energía que actuó en la depositación de este nivel corresponde a la del oleaje y no a la del río.

### Nivel Negro-Gris

Es considerado como otro nivel pero puede pertenecer al mismo evento depositacional del nivel anterior. Corresponde a un evento transicional entre la depositación del Nivel Magnetítico y el Nivel Gris Superior. Está presente desde el centro hasta el Sur de la isla, donde comienza a intercalarse con pequeñas láminas de anfíboles y piroxenos. Su color no es homogéneo, debido a las variadas interestratificaciones de material oscuro (magnetita, cromita, ilmenita y limonita) y claro (cuarzos, feldspatos y fragmentos de roca). El espesor máximo es de 60 cm, con un contacto gradacional por composición hacia techo,

hasta pasar al nivel Gris Superior. Debido a su diverso contenido mineralógico muestra buena cantidad de estructuras sedimentarias, principalmente laminación planar paralela a sub-paralela y cruzada, a pequeña escala (hasta 10 cm). La bioturbación está dada por pequeños canales, madrigueras de cangrejos rellenas o huecas (habitats actuales), raíces de plantas actuales y pequeños restos orgánicos.

Los sedimentos correspondientes a este nivel están en el rango de arena fina ( $Mz=2,5$  y  $2,7\phi$ ), moderadamente bien clasificada ( $\sigma I=0,51$  a  $0,55\phi$ ). La curva de frecuencia acumulada muestra una asimetría hacia finos ( $SKi=0,28$  a  $0,36\phi$ ) y platicúrtica ( $KG=0,9$  a  $0,97\phi$ ). La mediana está en  $2,5\phi$  y se presentan dos modas ( $2,5$  y  $3,75\phi$ ) indicando posiblemente dos tipos de corrientes asociadas al evento. Se pueden diferenciar cuatro poblaciones indicando tres tipos de transporte:

- tamaños entre  $1,2$  y  $1,8\phi$  ( $0,5\%$  del total de los sedimentos) corresponde a partículas transportadas por arrastre.
- tamaños entre  $1,8$  y  $2,5\phi$  ( $55\%$ ) muestran un transporte por saltación.
- entre  $2,5$  y  $2,7\phi$  ( $25\%$ ) con un transporte por saltación.
- sedimentos de tamaño mayor a  $2,7\phi$  ( $20\%$ ) cuyo transporte es en suspensión.

La energía de transporte va de moderada a baja y es constante, pero presenta algunas variaciones a energía un poco más alta en las gráficas en las que aparece la población de arrastre. La laminación se produce en la zona de Swash debido a la Corriente de Reflujo o Backwash (Clifton, Thompson, etc., sin fecha, en Komar, 1.976).

### Nivel Gris Superior

Se encuentra sobre todo el frente de playa de la Isla El Choncho. Su espesor máximo es de  $1,35$  m (Norte). Por ser el nivel superior de la secuencia vertical del frente de playa actual, está sujeto a efectos de agentes externos que moldean su superficie, además de contener todas las raíces de plantas actuales y madrigueras de cangrejos o huellas de otros organismos vivientes que se pueden ver sobre la superficie del terreno. Está compuesto principalmente por fragmentos de roca oxidados, feldespato y cuarzo, además de piroxenos y anfíboles en menor proporción. Este nivel muestra un material bastante homogéneo por lo que es muy difícil observar estructuras sedimentarias internas.

Los sedimentos de este nivel corresponden a una arena fina ( $Mz=2,13$  y  $2,43\phi$ ), bien clasificada ( $\sigma I=0,42$  a  $0,50\phi$ ), mostrando una curva asimétrica hacia finos ( $SKi=0,10$  a  $0,28\phi$ ) y leptocúrtica ( $KG=1,26$  a  $1,45\phi$ ). La mediana está en  $2,3\phi$  y solo presentan una moda ( $2,5\phi$ ), indicando un tipo de corriente con energía constante.

En cuanto a los sedimentos superficiales de los sub-ambientes de playa, se puede afirmar que son arenas finas, pero con tendencia más gruesa en la Playa Trasera que en la Zona de Rompientes, de

bien clasificados a moderadamente bien clasificados hacia el mar, mostrando una curva asimétrica hacia finos, variando de leptocúrtica en la Zona de Playa Trasera a Platicúrtica en la Zona Sub-Mareal. Todas las zonas presentan dos modas en los extremos de la isla. En general el tipo de transporte predominante es por saltación (70% del total de los sedimentos) en todos los sub-ambientes y trincheras, el resto del material es transportado por suspensión. La energía de transporte es moderada a baja y constante.

#### INTERPRETACION

El transporte de la mayoría de las arenas se dió con dos poblaciones en saltación (70%) sugiriendo una intervención de la corriente de Flujo y Reflujo (Visher, 1.969), a excepción del Nivel Magnetítico que fué transportado un 70% por suspensión, sugiriendo una energía alta (épocas de fuertes marejadas) debido a la densidad del material constituyente. La presencia de madrigueras de cangrejos sin-depositacionales en todos los niveles arenosos confirma la exposición sub-aérea en el momento de su depositación. Las variaciones de láminas paralelas de material de diferente color indican pequeños cambios en la energía del agente transportante. Los niveles que presentan dos modas muestran que tienen dos poblaciones, una proveniente del río por Boca Chavica y la otra constituida por sedimentos de playa erodados costa arriba y transportados por la corriente paralela a la costa.

Todas las características del Suelo Enterrado A, lo definen como un suelo formado en el interior de la isla, en un tiempo en que la línea de costa estuvo mar afuera, probablemente en una zona posterior a la zona de Sobre-lavado (Washover) en dirección hacia tierra. En cuanto al Suelo Enterrado M, por su poca extensión y su composición, se podría proponer como un canal perteneciente al conjunto de cordones de playa o como un pequeño lago (pantano) de dominio de agua dulce.

De acuerdo con los análisis mineralógicos y granulométricos y a la posición geográfica de los diferentes niveles que conforman las trincheras, se interpreta cómo fue la secuencia de depositación de los sedimentos en la Isla El Choncho. Inicialmente se tiene (de base a techo) un material depositado en un ambiente de Playa Intermareal (Nivel Verde - Gris), le sigue una arena depositada en un ambiente de Playa Trasera (Nivel Verde), luego un suelo formado después de la zona de Playa Trasera hacia tierra (sin influencia marina directa -Suelo Enterrado A-). Posteriormente, en esta misma zona y sobre este suelo, se da la depositación de arenas negras (Nivel Magnetítico). El Suelo M es una formación puntual, localizada dentro ó debajo del Nivel Magnetítico y se desarrolla en un ambiente de canal de agua dulce. Posterior al Nivel Magnetítico se dá un ambiente de transición en la Zona de Sobre-lavado y Playa Trasera (Nivel Negro - Gris) y finalizando la secuencia se depositan unas arenas de coloración gris sobre la Playa Trasera actual. Esta secuencia es la general para toda la isla, pero

está completa únicamente en el centro de la misma.

## CONCLUSIONES

Los sedimentos de la Playa El Choncho están clasificados en el rango de arenas finas, sin embargo, dentro de este mismo rango se presenta una variación del tamaño de grano, lo cual permite diferenciar claramente tres sub-rangos:

- Arena Fina Fina: tamaños menores de 2,7 $\phi$ , correspondiente al Nivel Magnetítico.
- Arena Fina Media: entre 2,4 y 2,7 $\phi$ , correspondiente a los Niveles Verde-Gris y Negro-Gris.
- Arena Fina Gruesa: entre 2 y 2,4 $\phi$ , correspondiente a los Niveles Verde y Gris Superior.

El gradiente de tamaño de grano en sentido perpendicular a la línea de costa muestra una tendencia de aumento de tamaño de mar hacia tierra.

La mineralogía de los diferentes niveles encontrados es prácticamente la misma, variando en la cantidad de minerales presente cada uno de ellos. Estos son: anfíboles (cuatro tipos), piroxenos (cuatro tipos), fragmentos de roca (dos tipos), opacos (magnetita, cromita, ilmenita, limonita), cuarzos, vidrio volcánico, zircones y granates.

Todas las estructuras sedimentarias y muestras de bioturbación presentes dentro de los niveles indican que estuvieron expuestos de manera sub-aérea durante su depositación.

Los parámetros estadísticos analizados a partir de la serie de gráficas de frecuencia acumulada e histogramas de frecuencia elaboradas para cada nivel, el tamaño similar de las arenas (2 a 3 $\phi$ , su buena a moderadamente buena clasificación, la moda promedio principal en 2,5 $\phi$  y el transporte (del 70% de los sedimentos de la mayoría de los niveles) por saltación, indican que la depositación de estos niveles ocurrió en sub-ambientes de la Zona de Playa.

De acuerdo a la sucesión de niveles de sedimentos encontrada en las trincheras realizadas en la Playa El Choncho, se puede afirmar que inicialmente ocurre un desplazamiento de la línea de costa hacia el mar, evidenciado por la superposición de sub-ambientes de tendencia menos marina sobre sub-ambientes de tendencia más marina. Posteriormente (a partir del Nivel Magnetítico) ocurre un desplazamiento de la línea de costa hacia el continente, provocando un evento contrario al anterior. En la actualidad continúa el evento de desplazamiento de la línea de costa hacia el continente.

## BIBLIOGRAFIA

- ESLAVA, J., 1.992, La Precipitación en la Región del Pacífico Colombiano, Lloró: El Sitio más Lluvioso del

- Mundo ?, ZENIT, N° 3, Santafé de Bogotá, Colombia, pp. 7-33.
- ETAYO-SERNA, F. y otros, 1.986, Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia, Publicaciones Especiales de INGEOMINAS, Santafé de Bogotá, Colombia, pp. 91-126.
- FOLK, R., 1.974, Petrology of Sedimentary Rocks, Ed. Hemphill Publishing Company, Texas, U.S.A., 182 p.
- HIMAT, 1.992, Calendario Meteorológico.
- IGAC, 1.969, Carta General, Plancha 250 I-C, Escala 1:25.000.
- IGAC, 1.969, Imagen Radar, Colombia Radar Mapping, Uncontrolled Mosaic, Escala Aproximada 1:250.000.
- IGAC, 1.988, Carta General, Plancha 259 I-D, Escala 1:25.000.
- INGEOMINAS. 1.988. Mapa Geológico de Colombia v Memoria Explicativa, Santafé de Bogotá, Colombia. 71 p.
- KOMAR, P., 1.976, Beach Processes and Sedimentation, Ed. Prentice Hall Inc., New Jersey, U.S.A., 427 p.
- LOPEZ, G.I. v otros. 1.993. Geomorfología v Sedimentología de la Playa El Choncho, Delta del Rio San Juan, Litoral Pacifico Colombiano, Tesis de Grado, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. 350 p.
- PROYECTO EAFIT-COLCIENCIAS. 1.992-.... Indicadores Geomorfológicos, Sedimentológicos v Biológicos del Delta del Rio San Juan, Pacifico Colombiano -Fase 1: Area de la Boca San Juan-. Medellín, Colombia, en preparación.
- RESTREPO, J.D., I.D. CORREA & L. GONIMA. 1.992, Proyecto EAFIT-UNIVALLE-COLCIENCIAS. -Delta del Rio San Juan- Pacifico Colombiano: Resultados Biológicos v Geomorfológicos Preliminares, Resumen Presentado al Congreso de Ciencias del Mar, Cali, Colombia, 1/ p.
- TUCKER, M., 1.988, Techniques in Sedimentology, Blackwell Scientific Publications, U. K. pp. 63-78.
- VISHER, G., 1969, Grain Size Distributions and Depositional Processes, Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 39, N 3, pp. 1.073-1.103.
- VON PRAHL, H. v J. CANTERA, 1.986, Impacto Ecológico en Bahía Malaga a Raz de los Desarrollos de la Base Naval del Pacifico v Carretera de Acceso, Memoria Ejecutiva, Cali, Colombia, pp. 9-12, 24-86.
- VON PRAHL, H., J. CANTERA & R. CONTRERAS, 1.990, Manglares v Hombres del Pacifico Colombiano, Ed. Presencia, Colombia, pp. 9-59.
- WEST, R., 1.957, The Pacific Lowlands of Colombia, Area of the American Tropics, Louisiana State University Press, Baton Rouge, 278 p.
- WOKITTEL, R., 1.959, Geología Económica del UNOCO - Bibliografía Geológica Minera del UNOCO, Boletín Geológico, Vol. VII, N 1-3, Servicio Geológico Nacional, Colombia, pp. 119-162.

PATRONES DE VEGETACION DEL ESTUARIO BOCA SAN JUAN, LITORAL PACIFICO DE COLOMBIA: Relaciones con eventos morfológicos.

Juan D. Restrepo (1) Ivan D. Correa (1) Olga C. Aristizábal (1)

RESUMEN

Se presenta la identificación de los grupos vegetacionales del estuario Boca San Juan (Delta del río San Juan), con base en: (a) procesamiento de imágenes SPOT tomadas en 1990 y 1991, e interpretación de fotografías aéreas (escalas 1:10000 a 1:52000), con fechas desde 1968 a 1994; y b) perfiles en campo de zonación vegetal y morfología de los terrenos. Las relaciones entre los cambios morfológicos y la distribución/zonación vegetal presente, fueron llevadas a cabo mediante la comparación de patrones de erosión y acreción a lo largo de la línea de costa de la Isla El Choncho (1968-1994), y las evidencias de migración de los canales estuarinos.

Se definieron cinco macrounidades de vegetación, teniendo desde la tierra hacia el mar (1) pantanos de agua dulce; (2) pantanos de transición; (3) bancos de canales; (4) pantanos de manglar; y (5) cordones litorales, con las sub-unidades de playa trasera, ganchos de progradación, prominencias y bateas.

La zonación de los grupos vegetacionales del estuario Boca San Juan, corresponde a un marco geomorfológico específico, y su repartición guarda mucha similitud en términos generales con la distribución encontrada para deltas tropicales. También, como eventos de dinámica litoral (progradación-erosión), pueden controlar en algunos casos, la presencia de determinado(s) grupo(s) de vegetación en el área de estudio.

ABSTRACT

Vegetation patterns at the Boca San Juan estuarine area, San Juan river delta, were identified by means of: a) processing of SPOT images taken in 1990 and 1991, and interpretation of aerial photographs (scales 1:10000 to 1:52000) dated 1968-1994; and b) field transects for determining terrain morphology and associated vegetation types. Relationships between morphological changes and present distribution/zonation of vegetation types were assessed by comparing erosion and accretion patterns along the Isla El Choncho's shoreline (1968-1994), and evidences of tidal channels migration.

(1) Departamento de Geología-Area de Ciencias del Mar-Universidad EAFIT, A.A. 3300, Medellín, FAX: 94-2664284, Tel: 94-2660500 Exts 535-329.

Five vegetation macrounits were defined for the study area. From land to sea: (1) Fresh water swamps; (2) Transitional swamps; (3) Channel's borders; (4) Mangrove swamps; and (5) Littoral spits, with subenvironments of backshore, progradation hooks and ridge topography.

Zonation and vegetation types were found in close spatial relationship with geomorphological units of the study area, with a general pattern similar to those reported for other deltas in the humid tropics. Erosional and accretional events along the shoreline and tidal channels, control in some cases the distribution of vegetation types in the study area.

## INTRODUCCION

En el marco de los objetivos y resultados esperados del módulo de Biología del Proyecto EAFIT-UNIVALLE-COLCIENCIAS "Indicadores Geomorfológicos, Sedimentológicos y Biológicos del delta del río San Juan, Pacífico colombiano-Fase 1: Área de la Boca San Juan", se planteó en cuanto a la componente de vegetación los siguientes propósitos específicos: a) identificación de las macrounidades vegetacionales y su cartografía a escala 1:52000 (1983) y 1:10000 (1993); b) relación de los patrones de vegetación con los elementos morfológicos en donde se presentan; c) listado preliminar de especies de acuerdo con su unidad geomorfológica/vegetacional; y d) comparación de la distribución/zonación florística con el contexto de cambios morfológicos tanto en el litoral como en la parte estuarina.

En ambientes de zonas costeras, principalmente formaciones deltaicas, ha sido relacionada la importancia de la sucesión vegetacional para verificar cambios litorales en respuesta a procesos de erosión y acreción (Semeniuk, 1980; Mendelssohn, 1987; Schaeffer-Novelli et al., 1990; entre otros), y que factores como los gradientes de salinidad estuarina, las características edáficas y el relieve del terreno, han generado ecotonos específicos que coinciden con las unidades geomorfológicas en donde se presentan (Vicente et al., 1992).

Las características de la franja litoral del delta del río San Juan, con su costa referida altamente erosiva (González et al., 1990), y de gran dinámica erosión-progradación (Tabares et al., 1993); la presencia de diferentes rasgos morfológicos como rangos de marea mesomareal, acumulaciones arenosas elongadas, espigas, planos intermareales vegetados, pantanos transicionales y de agua dulce; entre otros (Restrepo et al., 1992), la hacen un lugar de interés particular para iniciar estudios vegetativos relacionados con criterios geomorfológicos.

## METODOS

Para la diferenciación de las principales zonas vegetacionales e identificación de los elementos dinámicos fluvio-marinos del área del estuario Boca San Juan (Figura 1), se llevaron a cabo los

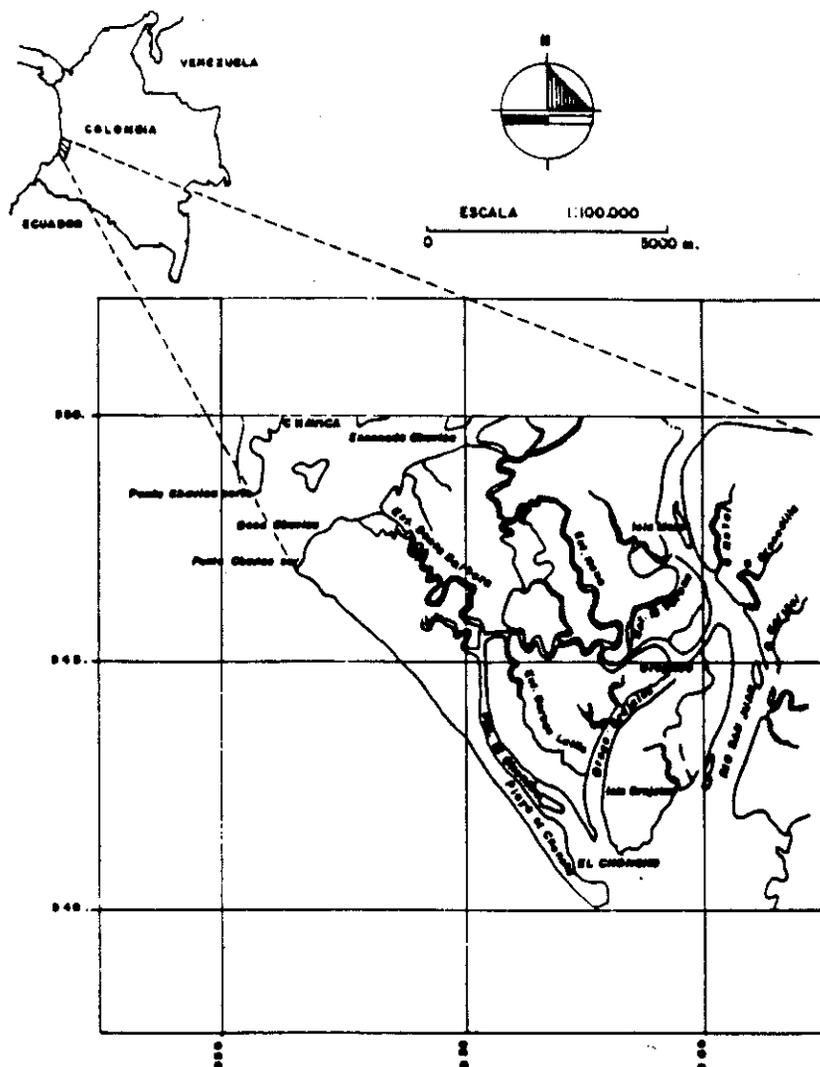


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL AREA.  
TOMADO DE:  
MAPA DEL ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE BUENAVENTURA.  
DEPARTAMENTO DEL VALLE. IGAC 1979.

siguientes pasos: (a) procesamiento de imágenes SPOT/1991 y 1992, de acuerdo con criterios de Thomas (1990) para la discriminación de entidades vegetacionales; b) interpretación del material aerofotográfico (escalas 1:10000 y 1:52000) desde 1968 a 1993; c) agrupación-definición de unidades con base en la clasificación de Fosberg (1975); d) identificación de especies vegetales sobre el terreno, con la participación de expertos naturales en la zona y posterior confirmación con estudios botánicos de Mahecha y Echeverri (1983); Bartholomaeus et al., (1990); Prah et al., (1990), entre otros; y e) comparación entre la presencia vegetacional y los cambios litorales establecidos para la isla El Choncho por Correa et al., (1994).

## RESULTADOS

### Unidades de Vegetación

Fueron definidas cinco entidades vegetacionales, que desde la línea de costa y en dirección al continente son (1) cordones litorales; (2) pantanos de manglar; (3) bancos de canales estuarinos; (4) pantanos de transición; y (5) pantanos de condiciones dulces (Figura 2).

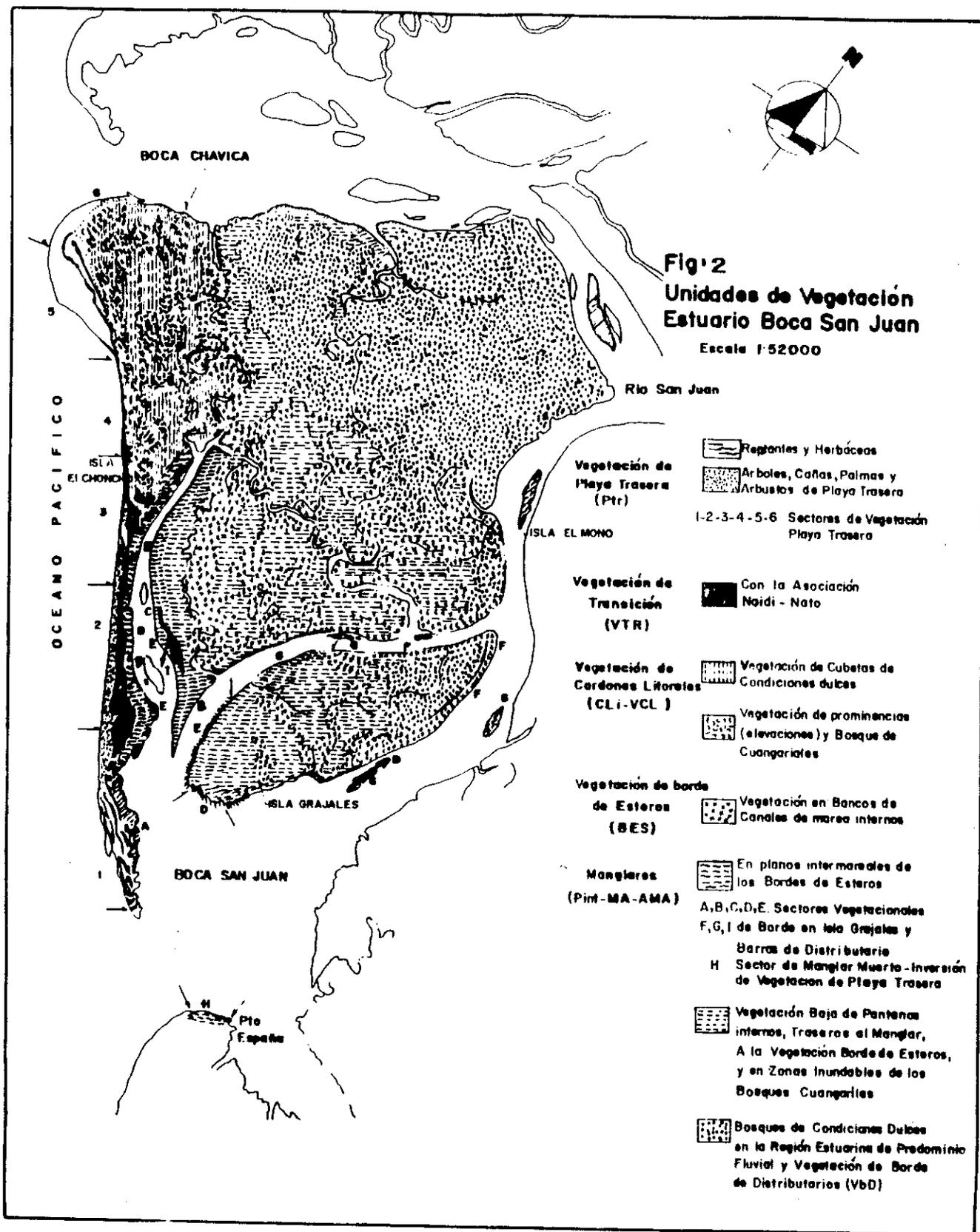
La unidad de cordones litorales se presenta en los lineamientos de progradación más antiguos de la Isla El Choncho (sector norte), y en los ganchos progradantes de la espiga (sector sur). Su composición está representada por los sub-conjuntos florísticos que desde el frente costero se distribuyen en playa trasera; prominencias y bateas, en los cordones de progradación más antiguos de la Isla El Choncho (sector norte-Figura 3); y en los ganchos de acreción recientes del extremo distal de la espiga (sector sur).

En las cubetas de condiciones dulces (bateas) se observa la asociación *Naidí Euterpe cuatrecasana*; *Zancona Socratea exorrhiza*; *Jícara Manicaria saccífera*, entre otras Palmaes, con Machares *Symphonia globulífera* y Natos *Mora megistosperma*. En las elevaciones que se alternan con las bateas, prominencias-firmes, los componentes principales son el Peine Mono *Apeiba aspera*; los Cuángares de firmes-manguales *Virola spp*; Dormilón *Pentaclethra macroloba*; Aceite Mario *Callophylum mariae*, en asociación con Palmaes, Heliconias y Cicadáceas como *Zamia chigua* (Figura 3).

Sobre lodos intermareales de los contornos estuarinos protegidos, en la parte trasera de la Isla Barrera El Choncho, la entidad manglar está representada por *Rhizophora sp*, *Avicennia germinans*, *Pelliciera rhizophorae*, *Laguncularia racemosa* y *Mora megistosperma*. Algunas de estas especies también se advierten en la asociación bancos de canales estuarinos, pero son separadas en unidad manglar por no presentar asociaciones con Palmaes, Sapotolongo *Pachira aquatica*, *Symphonia globulífera*, entre otros.

Sobre los bancos de canales situados en la parte superior de la zona estuarina de mezcla, las asociaciones principales la componen *P. aquatica*, *M. megistosperma*, *Rhizophora sp*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae*, *S. globulífera*, *E. cuatrecasana*, *Suela Pterocarpus officinalis*. Palmaes, entre otros.

La unidad de pantanos transicionales la conforman sectores con la asociación *E. cuatrecasana - Mora megistosperma*, *S. globulífera*, *Sajo Camptosperma panamensis*, y Cuángares Otobos *Dyallyanthera spp*, entre otros. Siendo una entidad que presenta asociaciones de bosques de condiciones dulces, no advierte la totalidad de especies de los bosques de llanura aluvial (IGAC-INDERENA-CONIF, 1981); y se observa en la parte baja estuarina (zona de mezcla), en gradientes perpendiculares a la costa y/o línea de ribera,



**Fig. 2**  
**Unidades de Vegetación**  
**Estuario Boca San Juan**

Escala 1:52000

Rio San Juan

OCEANO PACIFICO

ISLA EL CHONDO

ISLA EL MONO

ISLA GRAJALES

BOCA SAN JUAN

Pto España

Regatiles y Herbáceos  
 Arboles, Cañas, Palmas y Arbustos de Playa Trasera  
 1-2-3-4-5-6 Sectores de Vegetación Playa Trasera

Vegetación de Transición (VTR)  
 Con la Asociación Noidi - Nato

Vegetación de Cerdones Litorales (CLI-VCL)  
 Vegetación de Cubetas de Condiciones dulces  
 Vegetación de prominencias (elevaciones) y Bosque de Cuangariles

Vegetación de borde de Esteros (BES)  
 Vegetación en Bancos de Canales de marea internos

Manglares (Pint-MA-AMA)  
 En planos intermareales de los Bordes de Esteros  
 A,B,C,D,E. Sectores Vegetacionales F,G,I de Borde en Isla Grajales y Barras de Distributaria  
 H Sector de Manglar Muerto - Inversión de Vegetación de Playa Trasera

Vegetación Baja de Pantanos internos, Traseros el Manglar, A la Vegetación Borde de Esteros, y en Zonas Inundables de los Bosques Cuangariles

Bosques de Condiciones Dulces en la Región Estuarina de Predominio Fluvial y Vegetación de Borde de Distributarios (VbD)

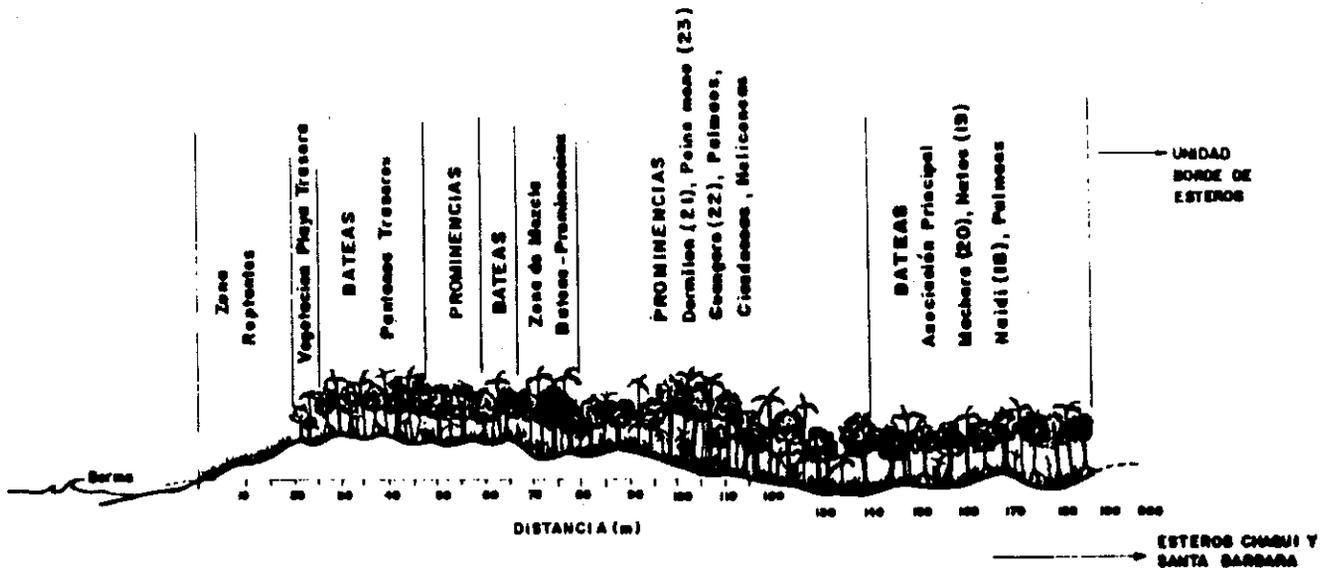


FIG. 3 CORTE GEOMORFOLOGICO Y DISTRIBUCION VEGETACIONAL DE CORDONES LITORALES ISLA EL CHONCHO, DELTA SAN JUAN

como unidad transicional de entidades de cordones de playa y pantanos de manglar.

Los pantanos de condiciones dulces se localizan en la zona estuarina de predominio fluvial, bajo un gradiente longitudinal de condiciones de salinidad (salinidades menores a 1 ppm). Lo conforman asociaciones de especies de los cordones litorales y típicas del bosque húmedo tropical.

#### Relaciones con Eventos Morfológicos

Se delimitaron las zonas de presencia vegetacional para las zonas de playa trasera y contornos estuarinos (Figura 2), las cuales se relacionaron con procesos morfológicos de progradación-erosión, migración de canales de marea y evolución geomorfológica reciente.

En el sector de playa trasera de la Isla El Choncho, con una extensión de 12 kilómetros, la distribución y asociación florística permitió diferenciar cinco sectores. (1) planos de acreción reciente o no erosionados entre 1982 y 1993 (Correa et al., 1994). Los ganchos del extremo distal de la espiga son lineamientos de Caña Brava *Gynerum sagittatum* con alturas/mayor desarrollo para las franjas interiores, corroborando una progradación de los cordones arenosos en sentido oriente-occidente.

(2) Parte intermedia de la isla, la cual entre 1968 y 1993 evidenció un retroceso de línea de costa de aproximadamente 100 metros (Tabares et al., 1993; Correa et al., 1994), advierte en el plano intermareal especies de firmes interiores como Bambúes

**Bambusa spp** y Almendros, muertos y en posición de vida. Evidenciando los procesos erosivos, se observan individuos propios de suelos húmedos y fértiles como Hobos **Spondias mombin**, Tapaculos **Isertia pettieri**, **Manicaria saccífera**, Calabacillos **Cytherexylum spp**, entre otros. Siendo el sector de menor anchura de la isla, la vegetación transicional se encuentra en partes a sólo 50 metros de la berma de playa.

(3) Corresponde a una playa trasera con vegetación típica de transición (asociación **E.cuatrecasana-M. megistosperma**), con algunos muertos en posición de vida en el plano intermareal, como indicio de erosión litoral. Sin embargo este sector advierte procesos de recuperación por la presencia de la formación **pes-caprae** (Devall, 1992), por su principal representante la reptante **Ipomoea pes-caprae**.

(4) Comienzan en esta zona la formación de los planos de progradación del sector norte, con depresiones de aguas lluvias en las superficies arenosas y asociaciones de playa trasera con **G. sagittatum**, **Cecropia spp** e **Hibiscus tilaceus**, en indicios de acreción.

(5) Son las superficies progradantes más extensas de la Isla (sector norte-Boca Chavica), y en el cordón de playa trasera se presenta la formación de reptantes **I.pes-caprae**, **Canavalia marítima**, y pastos como **Uniola spp**, plantas fijadoras de dunas embrionarias y características de superficies litorales en formación (Mendelssohn, 1987).

Sobre los contornos estuarinos la presencia de especies-zonación de manglar ha permitido inferir los siguientes sectores en cuanto a la migración de los canales de marea. (A) Parte interna de la espiga con cúspides en crecimiento de bajos lodosos intermareales con plántulas de **Avicennia sp**, **P.rhizophorae** y **L. racemosa**; (B) Sectores cóncavos sobre el Brazo El Choncho, en el costado morfológico del canal con mayor profundidad, en donde la asociación **Rhizophora sp** y **Avicennia sp**, con gran desarrollo y sistema radicular expuesto, indica que está ocurriendo un proceso activo de erosión-migración del canal mareal (Lebigre, 1984); (C) y (E) Franjas de **L. racemosa** sobre bajos de lodo intermareal en las márgenes convexas de los canales, frontales a líneas de **Rhizophora sp** y **Avicennia sp**. Esta disposición de manglares pioneros de **L. racemosa**, es indicativo de progradación de los canales de marea (Dias-Brito y Zaninetti, 1979; Schaeffer-Novelli et al., 1990); y (H) zona de playa intermareal en Puerto España con manglares de **Avicennia** defoliados y muertos en posición de vida. A sólo diez metros de este manglar frontal han comenzado a invadir plantas de gran competitividad como **H. tilaceus** y **G.sagittatum**, dando inicio al proceso de inversión vegetal de playas intermareales.

En cuanto al marco de evolución geomorfológica reciente, la Isla El Choncho presenta dos grupos de cordones litorales (sectores norte y sur), que evidencian una progradación litoral del sistema

en sentido sureste desde la Boca Chavica, dada por las corrientes de deriva litoral en la misma dirección (Correa et al., 1994). La distribución de las entidades vegetacionales permite una comparación con el comportamiento evolutivo reciente e histórico, en tres etapas (Figura 4). (1) los bosques internos del sector norte de la Isla El Choncho son de la condición llanura aluvial (IGAC-INDRENA-CONIF, 1981; IGAC, 1988), de características bosque Cuangarial con gran desarrollo, lo cual ha enmascarado los lineamientos (promontorios-bateas), al ser los cordones litorales de primera formación; (2) son un conjunto con cordones de generación posterior (aprox diez pares), los cuales se curvan en la región central de la isla, y observan una separación morfológica y vegetacional de firmes y cubetas; (3) cordones en el extremo distal de la espiga, de última formación con vegetación baja y arbustiva de reciente desarrollo.

Comparaciones entre la similitud de entidades florísticas, playa trasera (Pt-asociación *Gynerum sagittatum*), y conjuntos de promontorios-bateas (Pb), junto con fotopatrones de lineamientos característicos, permiten inferir antiguos cordones de playa traseros a la Isla El Choncho y con evolución en sentido oriente-occidente (Figura 4).

## CONCLUSIONES

La zonación vegetacional del estuario Boca San Juan se presenta en un marco geomorfológico característico, teniendo desde el litoral hacia el continente, playa trasera; cordones litorales (sistemas de ridges de playa); y en las márgenes internas del estuario, planos intermareales lodosos, bancos de canales de marea y pantanos de condiciones dulces.

La distribución de las entidades florísticas de la Isla El Choncho, es muy similar a las referidas en los modelos actuales y recientes de litorales tipo "Isla Barrera", de trópicos húmedos, ambientes meso-macromareal y con incidencia considerable de oleajes (Correa et al., 1994). También, el parentesco en términos generales con la zonación relacionada para deltas tropicales, por ejemplo Allen (1970) y Coleman et al., (1970), entre otros.

Las asociaciones florísticas, tipo de bosque, las características de desarrollo y la morfología de los terrenos, permitieron corroborar el modelo de progradación del sistema Isla El Choncho, de Correa et al., (1994). Además, la presencia/similitud vegetacional infirieron que los lineamientos traseros a la isla, presentes en las fotos aéreas e imágenes de satélite, son antiguos cordones de playa, paralelos a los actuales conjuntos de la Isla El Choncho y con sentido de acreción oriente-occidente.

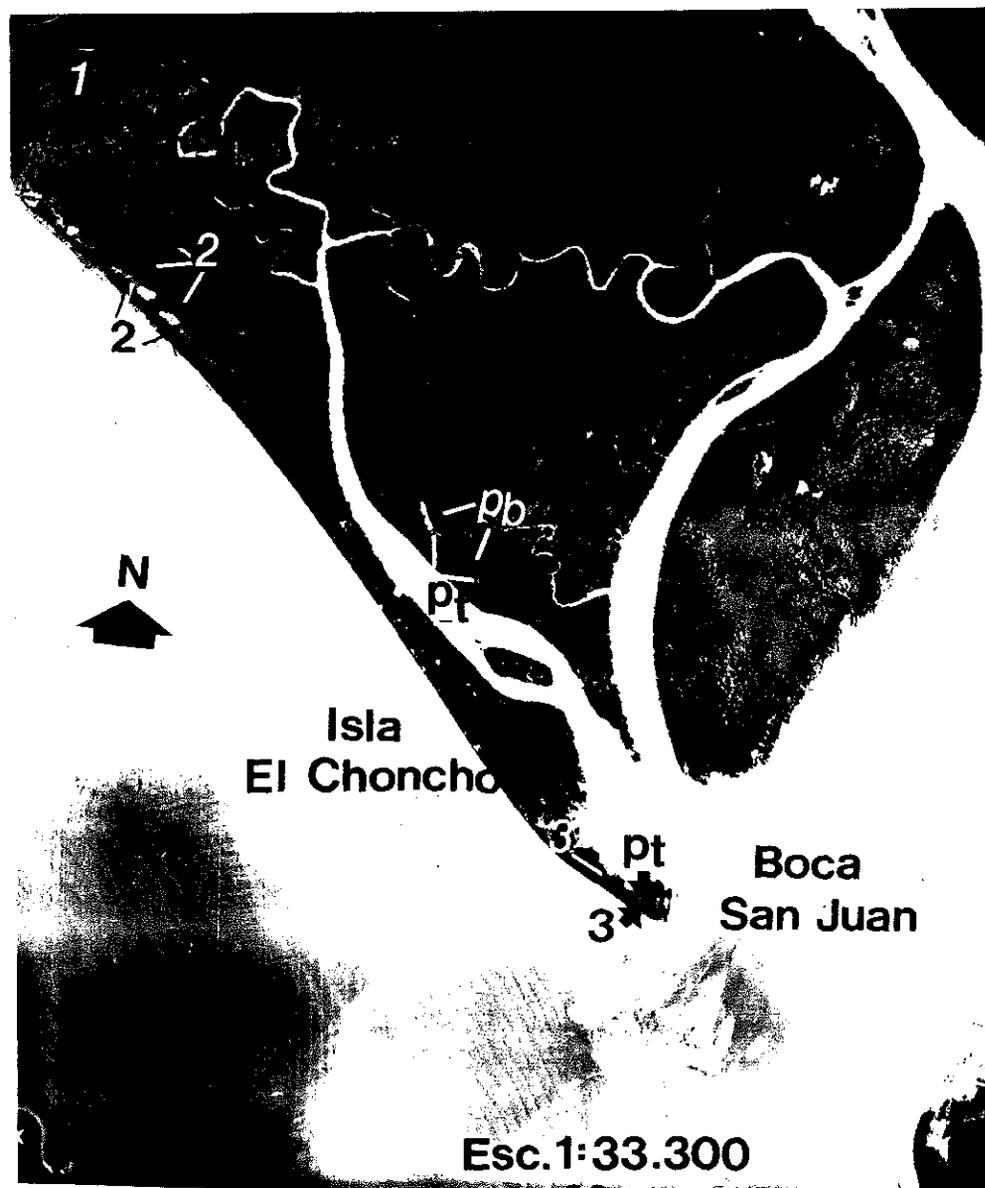


Figura 4. Fotografía aérea IGAC (1983), Isla El Choncho y Estuario Boca San Juan, Pacífico Colombiano. Abreviaciones: (1) Eosques de condición Cuangarial y con mayor desarrollo en cordones litorales de formación más antigua; (2) cordones litorales con la presencia morfológica y vegetacional de prominencias y bateas; (3) vegetación baja-arbustiva en cordones del extremo distal de la espiga con reciente desarrollo. En vestigios de antiguos cordones litorales, (Pt) entidad florística de playa trasera-asociación *Gynerum sagittatum* y (Pb) unidad de promontorios-bateas.

## BIBLIOGRAFIA

- Allen, J.R.L., 1970. Sediments of the Modern Niger Delta: A Summary and Review. En: Morgan, J.P. (Ed.): Deltaic Sedimentation-Modern and Ancient-. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Special Publ. No.15. Tulsa, Oklahoma, november 1970. pp 146-147.
- Bartholomaeus, A.; A. De la Rosa; J.O. Santos; L.E. Acero & W. Moosbrugger, 1990. El Manto de la Tierra. Ed. Lerner Ltda, Bogotá. 332 p.
- Coleman, J.M.; S.M. Gagliano & W.G. Smith, 1970. Sedimentation in a Malaysian High Tide Tropical Delta. En: Deltaic Sedimentation: Modern and Ancient. Morgan, J.P. (Editor). Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. No.15. Tulsa, Oklahoma, november 1970. pp 185-198.
- Correa, I.D.; J.D. Restrepo & O.C. Aristizábal, 1994. Proyecto EAFIT-UNIVALLE-COLCIENCIAS: Delta del río San Juan. Geomorfología General y Tipos de Vegetación de la Isla El Choncho, Litoral Pacífico de Colombiano. En: Mem. III Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, COMFENALCO, Armenia, Julio 27-29. Tomo II, En Publicación.
- Devall, M.S., 1992. The Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands. 2. *Ipomoea pes-caprae* (L)Roth. En: Journal of Coastal Research. 8-2: pp 442-457. Publ. The Coastal Education and Research Foundation (CERF).
- Dias-Brito M. & L. Zaninetti, 1979. Etude géobotanique comparative de trois mangroves du littoral brésilien: Acupe (Bahia), Guaratiba (Rio de Janeiro) et Iguape (Sao Paulo). En: these du Laboratoire de Paleontologie de l' Université de Geneve. 4-6: pp 57-65.
- Fosberg, F.R., 1975. Phytogeography of Micronesian Mangroves. En: Proceedings. Intl. Symp. Biol. Manaq. Mangroves. Florida, Inst. Food and Agric. Sciences.
- González, J.; M. Jaramillo & L. Marín, 1990. Tendencias erosivas actuales en la Costa Pacífica Chocoana, República de Colombia. Mem. I Seminario Andino de Geología Ambiental. AGID - Report No.13, UNIVERSIDAD EAFIT. Michel Hermelin (Ed). Medellín, pp 243- 255.
- IGAC, Subdirección Agrícola; INDERENA & CONIF, 1981. Proyecto Mapa Bosques de Colombia y Memoria Explicativa, Etapa 1. Costa Pacífica. Bogotá, D.E. 125p.
- IGAC, Subdirección Agrícola, 1988. Suelos y Bosques de Colombia. Bogotá, D.E. 134p.

- Lebigre, J.M., 1983. Les Mangroves des Rias du Littoral Babonais. Essai de Cartographie Typologique. En: Revue Bois et Forêts des Tropiques. No 199: pp 3-27.
- Mahecha, G.E. & R. Echeverri, 1983. Arboles del Valle del Cauca. (Ed) Progreso Corporación Financiera S.A., Bogotá, 208p.
- Mendelssohn, I.A., 1987. Vegetational Communities of Louisiana's Barrier Islands. En: Barrier Islands and Beaches of the Louisiana Delta Plain. Laboratory for Wetland Soils and Sediments. Center for Wetlands Resources. Louisiana State University, Baton Rouge. pp 197-264.
- Prahl, H von.; J.R. Cantera & R. Contreras., 1990. Manglares y Hombres del Pacífico Colombiano. FEN-COLCIENCIAS. 193p.
- Restrepo, J.D.; I.D. Correa & L. Gónima, 1992. Proyecto EAFIT, UNIVALLE, COLCIENCIAS: Delta del Río San Juan, Pacífico Colombiano: Resultados Biológicos y Geomorfológicos Preliminares. Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar-Congreso Centroamericano y del Caribe en Ciencias del Mar. Bogotá, CCO. pp 426-445.
- Schaeffer-Novelli, Y; G. Cintrón; R. Rothleder & T.M. De Camargo, 1990. Variability of Mangrove Ecosystems along the Brazilian Coast. En: Estuaries. Publ. American Association for the Advancement of Science. 13-2: pp 204-218.
- Semeniuk, V., 1980. Mangrove Zonation Along an Eroding Coastline in King Sound, North-Western Australia. En: Journal of Ecology. 68: pp 789-812.
- Tabares, N.A. et al., 1993. Geomorfología General y Sedimentología de las Playas de la Isla El Choncho, Delta del Río San Juan, Litoral Pacífico Colombiano. Tesis de Grado, Depto. de Geología, Universidad EAFIT, Medellín.
- Thomas, V.Y., 1990. Curso intensivo sobre sensores remotos. Módulo de aplicación a los estudios de zonas costeras. IGAC, Bogotá, Colombia.
- Vicente, V.P.; N.C. Singh & A.V. Botello., 1992. Ecological implications of potential climate change and sea level rise. En: Climate Changes in the Intra-Americas Sea. United Nations Environment Programms and Intergovernmental Oceanographic Commission (Caribbean and Adjacent Regions). Edited by George A. Maul. Chapter 4.2.

APROXIMACION AL CONOCIMIENTO DE LA CIRCULACION ESTUARINA EN LAS BOCAS SAN JUAN Y CHAVICA, DELTA DEL RIO SAN JUAN, PACIFICO COLOMBIANO.

Juan D. Restrepo (1) Olga Aristizábal (1) Iván D. Correa (1)

RESUMEN

Para encontrar los principales elementos dinámicos que permitieran explicar preliminarmente las propiedades de circulación mareal, se llevaron a cabo mediciones de salinidad en las diferentes partes morfológicas de los estuarios, durante cuatro periodos climáticos entre 1993 y 1994 (transición verano a invierno, junio/93/94; invierno, octubre/93; y verano, febrero/94).

Se hicieron para cada estuario (San Juan y Chavica), determinaciones de (a) coeficiente de estratificación vertical de la salinidad para cada estación; (b) clasificación de las zonas estuarinas (fluvial, máxima turbidez, y mezcla), de acuerdo con la variación longitudinal de la salinidad; y (c) clasificación de los estuarios con base en el coeficiente de estratificación promedio de cada sistema.

La característica fluvial del estuario Chavica, fue explicada por el alto valor de estratificación vertical; el final de la isohalina de 1 ppm a sólo una distancia de 5 Km de la Boca, en promedio para todas las épocas; y un flujo superficial dulce en dirección al mar. Contrariamente, el sistema San Juan presentó características estuarinas de mezcla, con un bajo valor de gradiente vertical, ausencia de condiciones fluviales en la boca, y mayor distribución longitudinal de la cuña mareal.

Lo anterior permitió establecer en condiciones de marea alta-tardía, un modelo preliminar de circulación para los estuarios, en donde se observa para Chavica una circulación estuarina clásica, y para el San Juan el efecto "Tapón" (represamiento fluvial por las mareas).

ABSTRACT

In order to find the main dynamic elements that would allow to explain preliminarily the properties of tidal circulation, some salinity measurements took place in the different morphological parts of the estuaries during the four climatic periods between 1993 and 1994 (summer/winter transition, June 1993/1994; winter, October/1993; and summer, February 1994).

(1) Departamento de Geología - Area de Ciencias del Mar -  
Universidad EAFIT, A.A. 3300, Medellín, FAX: 94-2664284.

Different treatments were done for each estuary (San Juan and Chavica), (a) vertical stratification quotient of salinity; (b) estuarine zone classification (fluvial, maximum turbidity, and mixing), based on salinity longitudinal variation; and (c) estuaries classification based on the average stratification quotient of each system.

The fluvial characteristic of the Chavica estuary was explained by its high value of vertical stratification: the salinity quotient (1 ppt) is found 5 Kms away from the mouth of the estuary; and a superficial flow of fluvial characteristics heading towards the sea. On the other hand, the San Juan system presented mixing estuarine conditions, with a low value of vertical quotient of salinity, without fluvial conditions in the mouth, and largest longitudinal distribution of tidal currents.

What it has been said before, in high tide conditions, allowed create a preliminary model of circulation, showing a classical estuarine circulation in Chavica lagoon, and "stopper effect" (damming of fluvial waters for the tidal currents) in San Juan estuary.

## INTRODUCCION

La circulación de las aguas en sistemas estuarinos ha sido considerada de gran relevancia para el entendimiento de características como la dirección del transporte de nutrientes, sedimentos, materiales disueltos y suspendidos; y la estructura de la salinidad, entre otros (Kjerfve, 1990; Schroeder et al., 1990).

Coastal Modelling (1991), sugiere que previo a un diseño del modelamiento hidrodinámico de sistemas estuarinos, éstos deben ser primero clasificados de acuerdo con sus propiedades físico-oceanográficas, particularmente la magnitud de mezcla del sistema. Posteriormente, dicha clasificación descriptiva se emplea para explicar la diversidad de procesos que ocurren en el estuario, y la forma en la cual deberá dirigirse en etapas posteriores la formulación y el desarrollo del modelo a generarse para el sistema particular bajo estudio.

El Proyecto EAFIT-UNIVALLE-COLCIENCIAS "Indicadores Geomorfológicos, Sedimentológicos y Biológicos del delta del río San Juan, Fase I: Área de la Boca San Juan", estudio multidisciplinario y a largo plazo, pretende entre sus objetivos para el conocimiento físico preliminar de los estuarios, delimitar la dirección de flujo de las aguas fluvio-estuarinas como base inicial de las hipótesis de circulación.

El conocimiento de las condiciones de estratificación vertical y longitudinal de la salinidad en los estuarios, a la vez que medidas como temperatura, oxígeno disuelto, turbidez (sedimentos en suspensión), y variaciones morfológicas de los fondos lagunares, están siendo obtenidas para diferentes épocas en el

área de estudio, como fuente de información que permita en la "Fase II" del proyecto en mención (1995), continuar con muestreos más estructurados para la formulación-diseño preliminar de modelos numéricos-hidrodinámicos y sedimentológicos.

## MÉTODOS

La zona de estudio comprende los estuarios Bocas Chavica y San Juan, situados en el extremo sur del delta del río San Juan (Litoral Pacífico de Colombia), entre las coordenadas planas  $X = 940.000 - 960.000$  y  $Y = 950.000 - 960.000$ . Durante las cuatro épocas mencionadas (junio 1993/94; octubre/93; y febrero/94), se establecieron en las diferentes partes morfológicas de los estuarios, 80 estaciones para las medidas de salinidad y temperatura, cada metro entre la superficie y el fondo, y transparencia-Secchi. Adicionalmente, en algunos de los periodos de muestreo, se tomaron el oxígeno disuelto, pH, turbidez (concentración mg/lt de sedimentos en suspensión), para los estratos de fondo, mitad de profundidad y superficie (Figura 1).

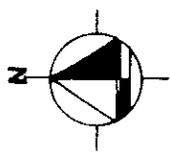
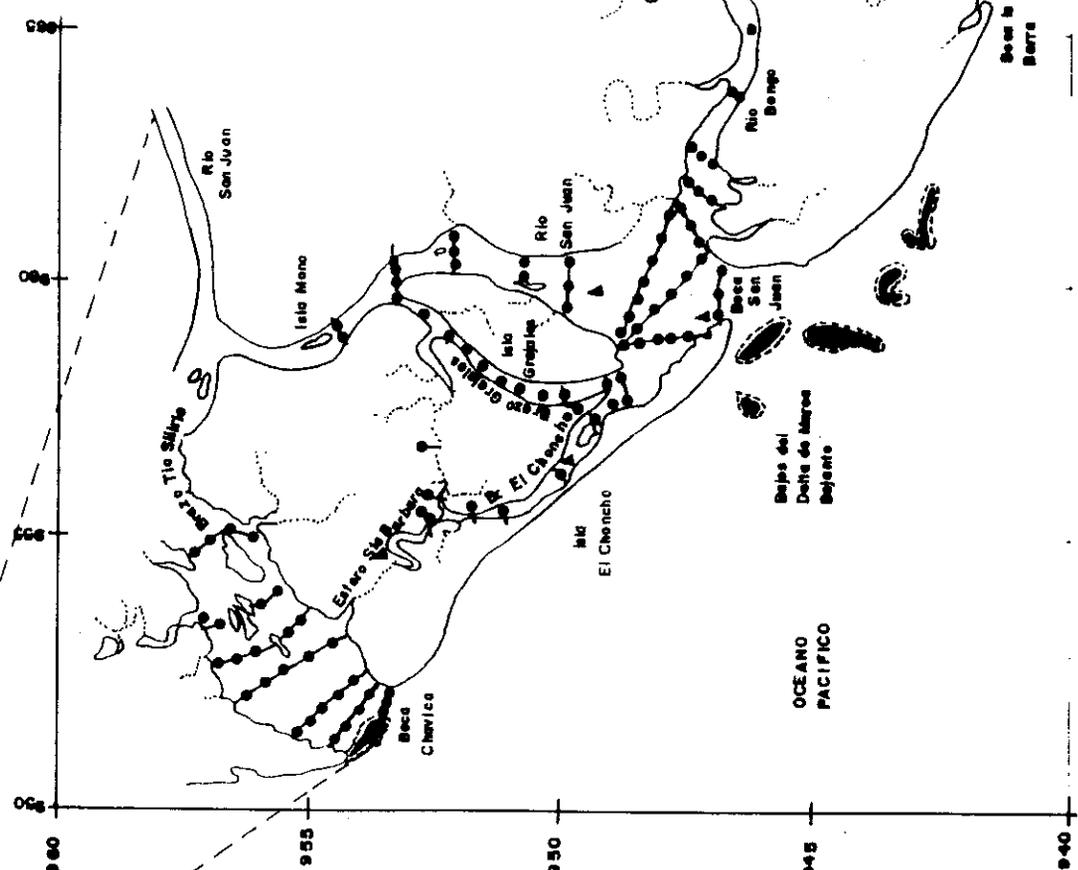
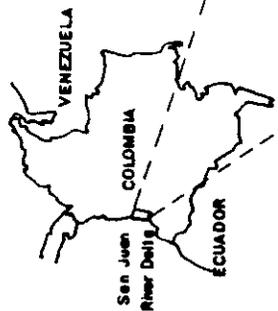
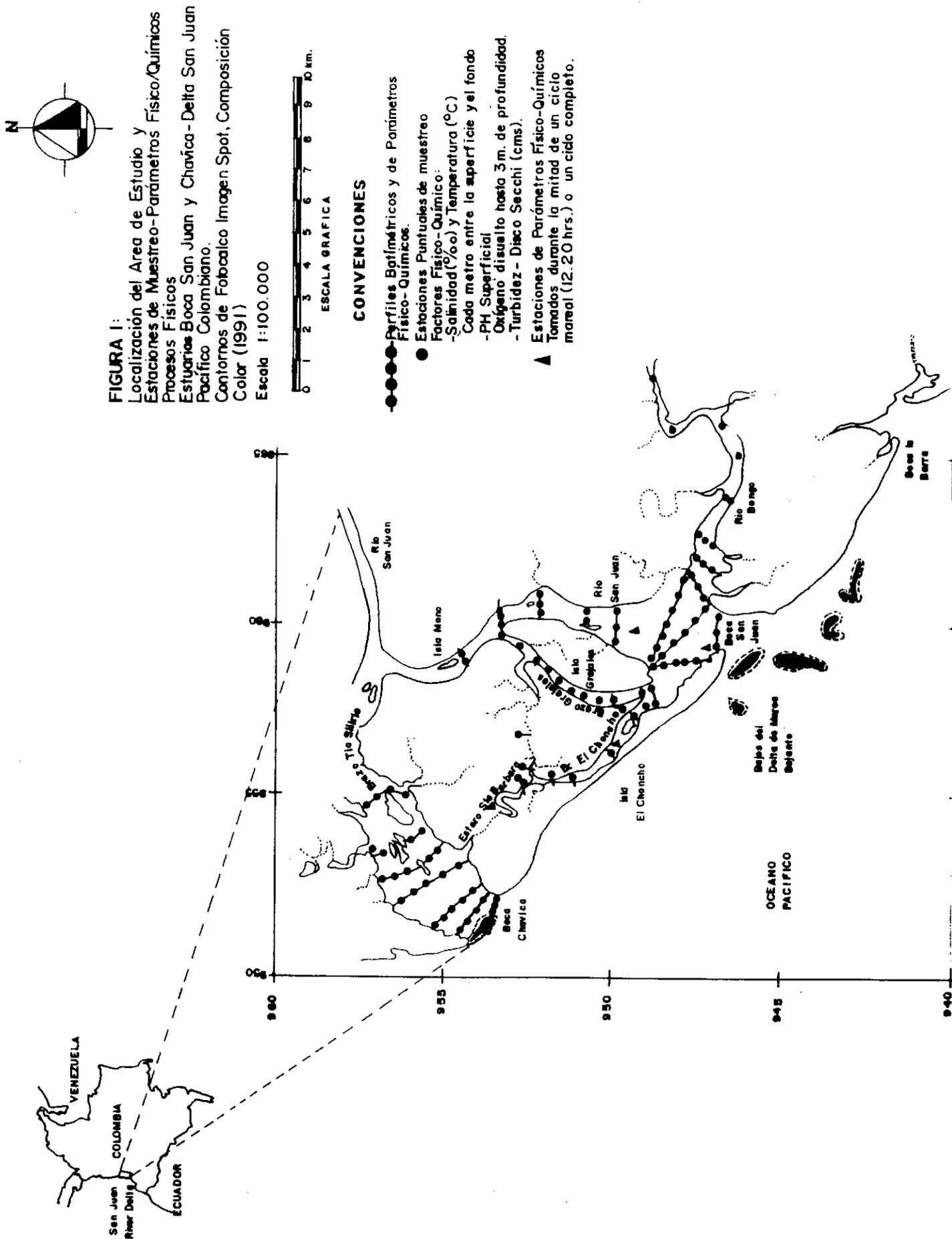
Entendiendo que la mayoría de las variaciones estuarinas se presentan en escalas de tiempo muy cortas del período mareal, usualmente sin exceder un día (Kjerfve, 1990), se hicieron las medidas en condiciones de marea alta-tardía de cada ciclo mareal de acuerdo con los pronósticos de pleamares y bajamares de HIMAT para 1993 y 1994.

Con base en las medidas de salinidad para cada estuario, se llevaron a cabo los siguientes análisis basados en métodos y criterios de Hansen y Rattray (1966); Kjerfve (1990); Schroeder et al., (1990); y Coastal Modelling (1991): (a) coeficiente de estratificación vertical, cociente entre la diferencia de las salinidades de fondo-superficie, y la salinidad promedio de fondo del sistema; (b) clasificación de las zonas estuarinas, fluvial-máxima turbidez y mezcla, de acuerdo con la distribución longitudinal; y (c) clasificación de los estuarios según el diagrama de ploteo para la estratificación.

## RESULTADOS

### Estuario Boca San Juan

Para la boca del estuario, entre los sectores de Puerto España y la punta sur de la Isla El Choncho (Figura 2), la salinidad fué aproximadamente homogénea (junio/1993), con valores entre 21 y 25 ppm (partes por mil). Los bajos valores de estratificación vertical para cada estación, como también la ausencia de un flujo superficial fluvial en dirección al mar, permiten establecer para este momento específico, condiciones de mezcla. Salinidades entre 19 (superficie) y 22 (fondo) ppm, para la parte lagunar y hacia la zona de predominio fluvial, corroboran los bajos gradientes en la bahía.



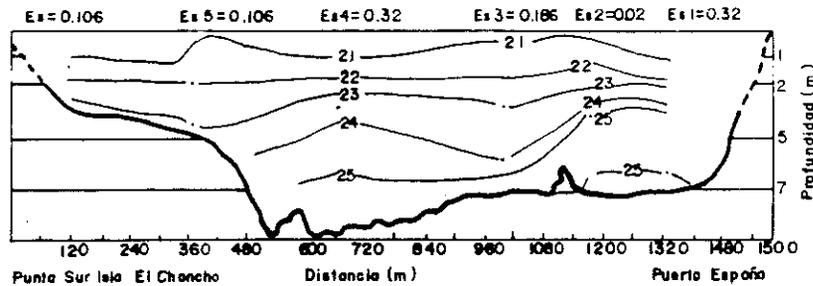


Figura 2 Secciones de Salinidad vertical - Estuario Boca San Juan, Junio/93  
Es-6= Valores de la Estratificación vertical de la salinidad en cada estación a lo largo del perfil

En octubre de 1993, período lluvioso de acuerdo con la información de caudales y precipitación, examinada por Restrepo et al., (1992), los gradientes de salinidad vertical en la boca del sistema fluctuaron entre 1.8 (superficie) y 23 ppm (fondo), y los valores de estratificación vertical por estación ascendieron dramáticamente (1.65-sector isla El Choncho; 2.44-sector medio; 1.74-sector Puerto España). La parte interna del sistema lagunar estuarino mostró claramente en esta época del año las condiciones fluviales del sistema, con diferencias de salinidades entre la superficie y el fondo de 2-15 ppm, y con el descenso de la salinidad promedio del fondo de 19 ppm (junio/93) a 8 ppm (Tabla 1).

TABLA 1. CONDICIONES DE ESTRATIFICACION VERTICAL DE LA SALINIDAD (1993-1994), ESTUARIOS BOCA SAN JUAN Y CHAVICA - DELTA DEL RIO SAN JUAN.

| EPOCA      | BOCA SAN JUAN |       | BOCA CHAVICA |      |
|------------|---------------|-------|--------------|------|
|            | X S(ppm) Fo   | Es    | X S(ppm) Fo  | Es   |
| junio/93   | 18.74         | 0.288 | 18.83        | 1.00 |
| octubre/93 | 8.6           | 0.60  | 8.2          | 1.05 |
| febrero/94 | 18.20         | 0.28  | 18.54        | 0.76 |
| junio/94   | 24.71         | 0.40  | 16.55        | 0.47 |

Abreviaciones: X S(ppm) Fo = promedio de la salinidad (partes por mil) de fondo del estuario; Es = coeficiente de estratificación vertical del sistema.

Para el verano (febrero/94), el sistema volvió a observar condiciones de mezcla, con valores muy similares a la época de junio/93. Finalmente, junio/94 (medidas efectuadas en mareas de puja), advirtió el aumento de la salinidad promedio del fondo, y mantuvo las características de bajos gradientes verticales (condiciones de mezcla).

## Estuario Boca Chavica

Durante junio y octubre/93, las medidas puntuales efectuadas en la boca del estuario, permitieron diferenciar altos gradientes verticales (salinidades entre 22 ppm-fondo y 0 ppm-nivel superficial) (Figura 3), dando para los dos periodos altos valores de estratificación. Para el verano (febrero/94) el estuario se presentó parcialmente estratificado, y en junio/94 (mareas de puja), se advirtió una gran disminución en el coeficiente de gradiente vertical (Tabla 1).

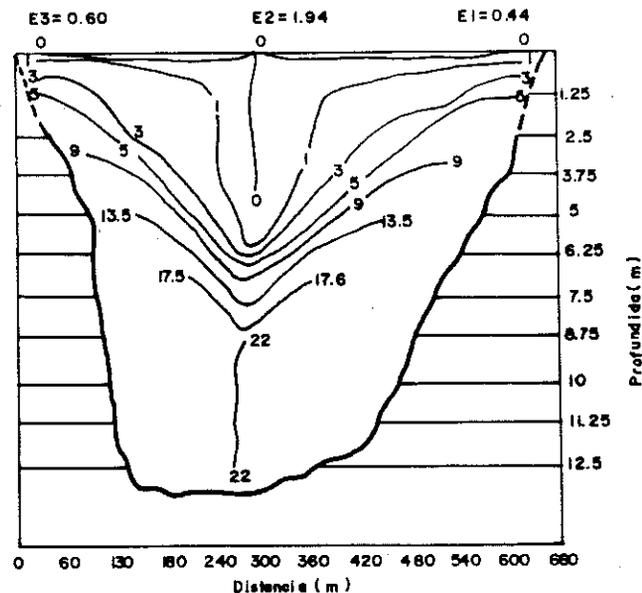


Figura 3: Secciones de Salinidad Vertical  
Estuario Boca Chavica, Octubre/1993  
E1-3 Valores de Estratificación Vertical  
De la Salinidad en cada Estación a lo  
Largo del Perfil. E1-Costado Isla Choncha.

## Circulación Estuarina

Los datos de estratificación vertical de los estuarios y la distribución longitudinal de la salinidad permitieron relacionar las siguientes características.

En el sistema San Juan, de condiciones estuarinas, la ausencia de gradientes verticales y flujos fluviales de superficie en la boca; y los bajos valores de estratificación por estación, a lo largo del eje principal del estuario, posiblemente indican un "Efecto Tapón". Este nombre, dado así por los autores, muestra el represamiento de las aguas fluviales del río San Juan y el Brazo Grajales, por las corrientes de marea provenientes de la plataforma somera.

También, la mayor intrusión longitudinal de la cuña salobre en este complejo estuarino se lleva a cabo por el componente fluvial

del río Bongo (14 Km)(Figura 4a), y el Brazo El Choncho (Figura 4b), en comparación con la incursión sobre el San Juan (6-8 Km)(Figura 4c). Esto sugiere que ante el "Efecto Tapón" las corrientes de marea son forzadas a doblar en dirección del río Bongo y el Brazo Choncho, al ser más caudaloso el San Juan, y los esteros Bongo y Choncho más cortos y de menor caudal (Figura 5).

De otro lado, el sistema Chavica de características fluviales por el alto coeficiente de estratificación vertical y la baja distribución longitudinal de las corrientes de marea (6 Km), mostró la clásica circulación estuarina de sentido bidireccional, con un flujo superficial dulce-fluvial (salinidades menores a 1 ppm) en dirección al mar, y un flujo de profundidad salino-salobre hacia tierra.

### CONCLUSIONES PRELIMINARES

La circulación estuarina en condiciones de marea alta-tardía, pudo ser delimitada con base en las corrientes de marea, a partir de la estructura de la salinidad, tanto en su estratificación vertical como en la variación longitudinal.

Los elementos que permitieron explicar la distribución horizontal de la salinidad y su variación estacional, fueron la distancia río arriba desde las bocas de ambos sistemas y los períodos climáticos (caudales y precipitación). La isohalina de 1 ppm, significado del final de la zona de mezcla, fué presionada a desplazarse en dirección al mar durante la época de mayores caudales y alta precipitación (octubre).

La clasificación de los estuarios se enmarcó entre parcialmente mezclados y estratificados. El sistema San Juan presentó condiciones de estuario, y sólo modificó sus propiedades de mezcla en invierno (octubre/93). Chavica conservó sus características fluviales y de estratificación.

Para los estuarios tropicales, con profundidades someras, rango de marea semi-diurno y superior a 2 m, las corrientes que predominan son del tipo mareal (Kjerfve y Proehl, 1979; Kjerfve, 1990). La circulación no se puede establecer en medidas espontáneas, si no con base en datos reunidos a largo plazo y resultado de diferentes condiciones y épocas (Kjerfve, 1979).

La circulación en los estuarios es entonces, un estado que exhibe variaciones complejas tanto temporal como espacialmente, y en donde diversos mecanismos son los responsables de modificar los patrones teóricos (por ejem., vientos, condiciones de marea, aportes fluviales, batimetría, condiciones oceanográficas, entre otros). Por ésto, los resultados y conclusiones expuestos, se consideran como el inicio al conocimiento físico y descriptivo de los estuarios en estudio, lo cual, permita luego abordar investigaciones que involucren la formulación de modelos dinámicos en el Delta del río San Juan.

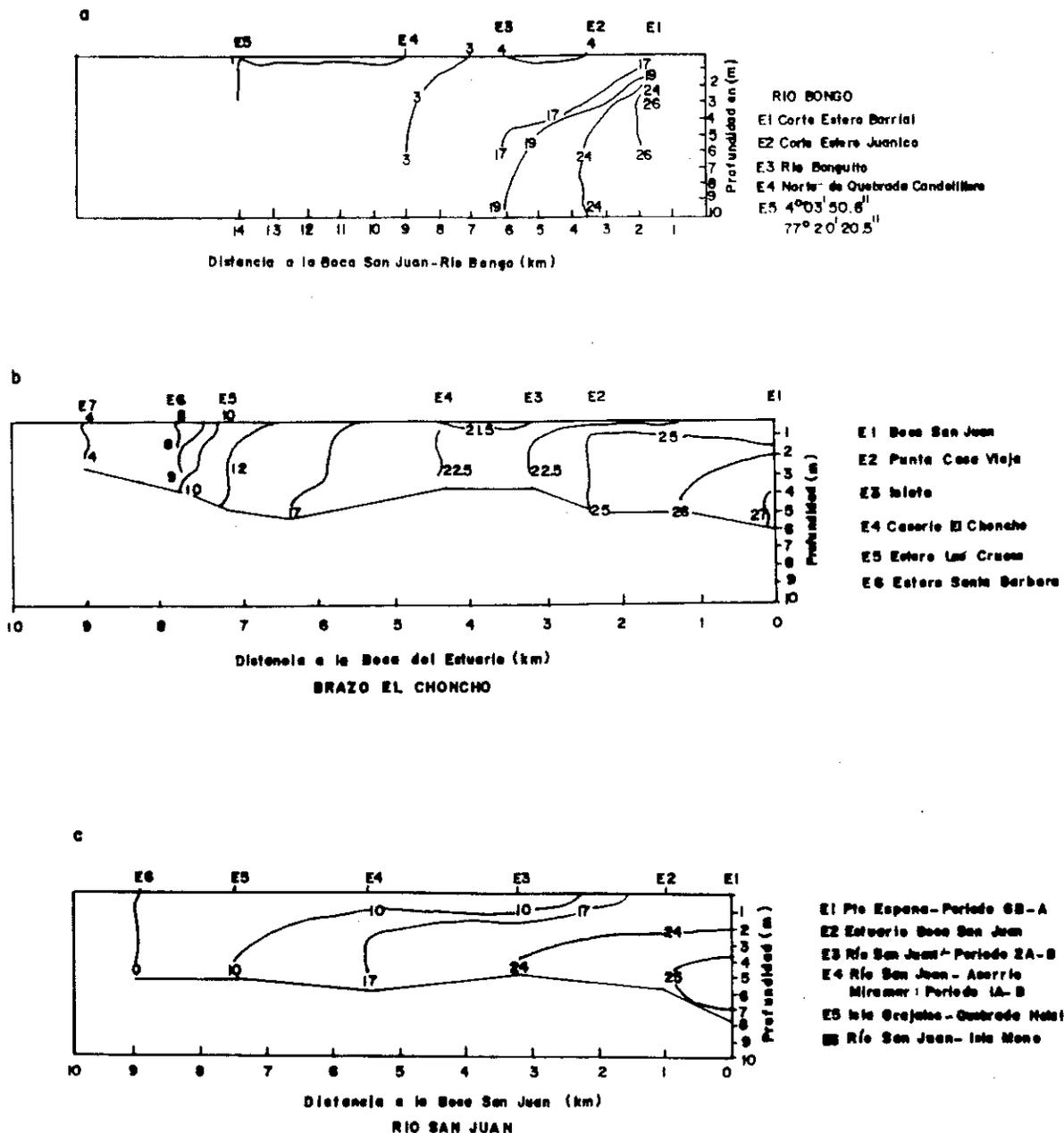
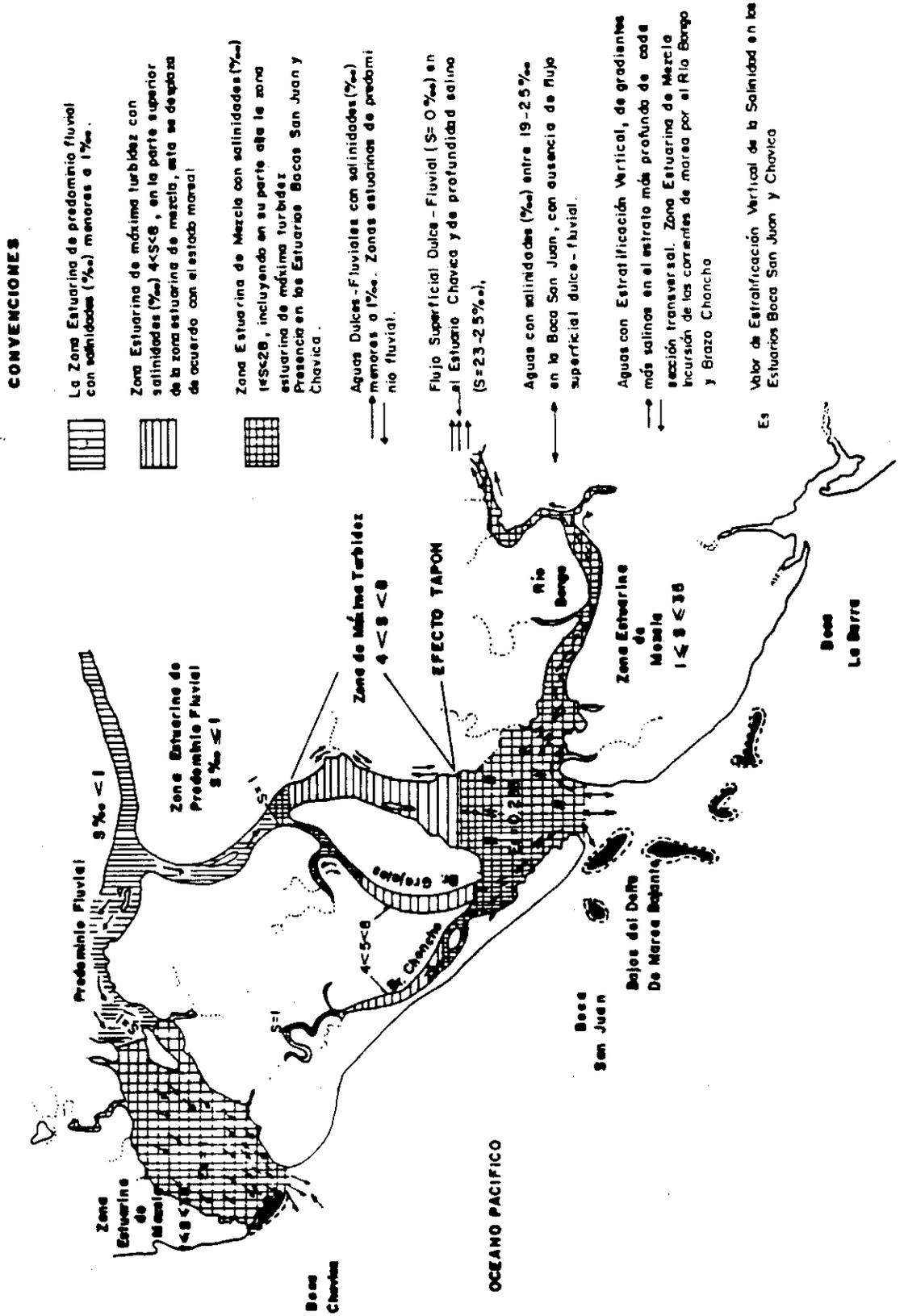
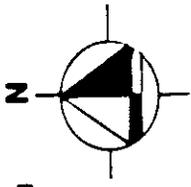


Figura 4: Distribución Longitudinal de la Salinidad (‰) de Acuerdo con la Profundidad y la Distancia Aguas Arriba de la Boca del Estuario San Juan. a) y c) Junio/1993 ; b) Febrero/1994

**FIGURA 5**  
**Clasificación de las Zonas Estuarinas - Estuarios Bocas San Juan y Chavica**  
**Delta San Juan - Pacífico Colombiano**  
**Contornos de Focalco Imagen Spot, Composición Color (1991)**  
 JUNIO / 1993  
 ESCALA 1:100.000



## BIBLIOGRAFIA

- Coastal Modelling. 1991. IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP-JOINT GROUP OF EXPERTS ON THE SCIENTIFIC ASPECTS OF MARINE POLLUTION (GESAMP). Reports and Studies of International Atomic Energy Agency. No.43. 191 p.
- Hansen, D.V. & M. Rattray, Jr. 1966. New Dimensions in Estuary Classification. En: Limnology and Oceanography. No.11. pp 319-326.
- Kjerfve, B., 1979. Measurements and analysis of water current, temperature, salinity, and density. En: Hidrography and sedimentation in estuaries. K.B. Dyer (Ed). Cambridge University Press. pp 186-216.
- Kjerfve, B., 1990. Manual for Investigation of Hydrological Processes in Mangrove Ecosystems. UNESCO/UNDP Regional Project "Mangrove Ecosystems in Asia and the Pacific". 79 p.
- Kjerfve, B. & J.A. Proehl, 1979. Velocity variability in a cross-section of a well mixed estuary. En: Journal of Marine Research No.37. pp 409-418.
- Restrepo, J.D.; I.D. Correa & L. Gónima, 1992. Resultados Preliminares Biológicos y Geomorfológicos del Delta del Río San Juan, Pacífico Colombiano. En: Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar-Congreso Centroamericano y del Caribe de Ciencias del Mar. Comisión Colombiana de Oceanografía, Bogotá, Colombia, pp 426-445.
- Schroeder, W.W.; S.P. Dinnel & W.J. Wiseman Jr. 1990. Salinity Stratification in a River-Dominated Estuary. En: Estuaries. Vol 13. No. 2. pp 145-154.

GEOMORFOLOGIA DEL SECTOR SUROESTE DEL DELTA DEL RIO SAN JUAN  
LITORAL PACIFICO COLOMBIANO

Iván D. Correa A.\* Olga C. Aristizábal.\* Juan D. Restrepo A.\*

RESUMEN

La morfología litoral del sector suroeste del delta del río San Juan se caracteriza por la presencia de: 1) Una plataforma marina somera, ligeramente cóncava y con pendientes  $< 3^\circ$ ; 2) deltas de reflujo, ubicados al frente de las bocanas Chavica y San Juan; 3) Una espiga barrera compuesta (Isla El Choncho), con series discordantes de cordones de playa; 4) Lagunas estuarinas y canales de marea; 5) Pantanos de manglares y 6) Un conjunto de cordones de playa fósiles (Playas de Santa Bárbara) ubicado a 500m al interior de la línea de costa actual, antecediendo a los pantanos fluviales de agua dulce. Esta secuencia de geoformas es similar básicamente a las descritas en modelos de costas clásticas mesomareales tipo "Islas Barrera" y evidencia una morfogénesis controlada al tiempo por aportes y corrientes fluviales, mareas y oleajes. La evolución histórica (1968-1994) del área involucró la migración hacia el sur del sistema Boca Chavica-Isla El Choncho, con cambios netos de la línea de costa de hasta 1.5km, ocurridos en condiciones de deriva litoral neta hacia el sureste.

Las amenazas geológicas en el área se asocian a la erosión litoral "normal" y a los efectos de eventos de alta energía, incluyendo vientos, oleajes y terremotos/maremotos. La Isla El Choncho debe considerarse como un sector altamente vulnerable en relación con cualquier tipo de desarrollo permanente.

ABSTRACT

Littoral morphology of the southwestern San Juan river delta plain is characterized by the presence of: 1) A shallow marine, slightly concave platform, with slopes  $< 3^\circ$ ; 2) Extensive ebb tidal deltas, located at the fronts of Chavica and San Juan river mouths; 3) A composed barrier-spit (El Choncho Island), with discordant sets of beach ridges; 4) Tidal channels/ Estuarine lagoon; 5) Mangrove swamps and; 6) A fossil set of beach ridges (Santa Bárbara beaches) 500m inshore from the present shoreline, preceding the fresh water fluvial swamps. This secuencia of geoforms is

---

\* Universidad EAFIT, Departamento de Geología, Area de Ciencias del Mar; A.A. 3300, Medellín. Tel: (94) 2660500 ext(s) 329, 535 FAX: 2 66 42 84.

basically similar to those described in models of mesotidal, "Barrier Island" shorelines and evidences a morphogenesis controlled by both river discharge, waves and tides. The hystorical evolution (1968-1994) of the area reflects the southward migration of the Boca Chavica-Isla El Choncho system, with net shore changes of up to 1.5km given in conditions of net littoral drift to the southeast.

Geological hazards in the area are associated with "normal" shore erosion and with the occurrence of high energy events, including strong winds and waves and earthquakes/tsunamies. The Isla El Choncho barrier spit must be considered as a highly vulnerable area in connection with any permanent development activity.

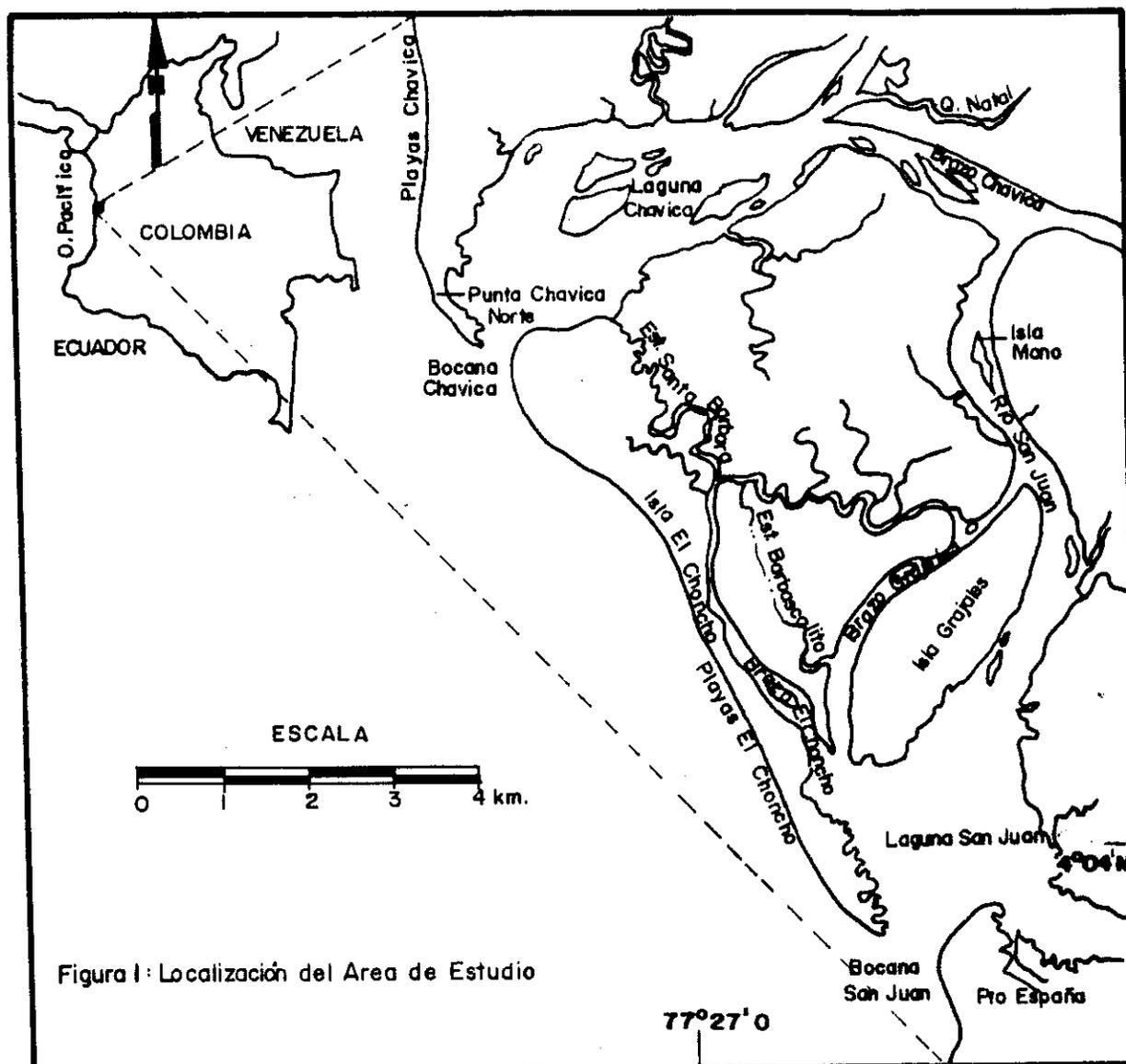
## INTRODUCCION.

**Objetivos.** El módulo Geomorfología del Proyecto EAFIT-UNIVALLE-COLCIENCIAS "Indicadores Geomorfológicos, Sedimentológicos y Biológicos del Delta del Río San Juan, Litoral Pacífico, Fase 1" tiene como meta obtener la información básica sobre el sector suroeste del delta, tomado como "zona piloto" en la que se plantean estudios detallados para proponer modelos de evolución cuaternaria. En esta primera fase del proyecto se definen la morfología del área y sus cambios históricos y, preliminarmente, los papeles de oleajes, mareas y descargas fluviales como agentes morfogenéticos. Este artículo resume los resultados obtenidos hasta el momento y propone un esquema preliminar sobre la evolución morfológica reciente del litoral del área de estudio.

**Ubicación.** El área de estudio (Fig. 1) corresponde al sector suroeste del plano deltaico actual del río San Juan, una acumulación holocena de sedimentos no consolidados dispuesta sobre un "basamento" sedimentario del Terciario, al parecer activo tectónicamente (Paleoalto de Buenaventura; Perez, 1981). Sin incluir las zonas de plataforma reconocidas, el área tiene una superficie aprox. de 100km<sup>2</sup>; con los brazos y bocanas San Juan y Chavica como límites norte y sur respectivamente.

**Clima.** El clima del delta es tropical húmedo, con temperaturas máximas y mínimas entre los 32°C y 19°C (West, 1957), humedad del aire alta, lluvias abundantes y periodos nubosos y despejados alternos. La hoya hidrográfica del río tiene precipitaciones medias entre los 6 y 8m/año (Eslava, 1992). La estación HIMAT más cercana al área de estudio (La Misión, 5km al este del ápice del delta) muestra una distribución bimodal, con octubre y mayo como meses más lluviosos (799 y 618 mm/año) y febrero y junio como los más secos (281 y 600 mm/año); el periodo julio-diciembre es aprox. un 40% más lluvioso que la primera mitad del año.

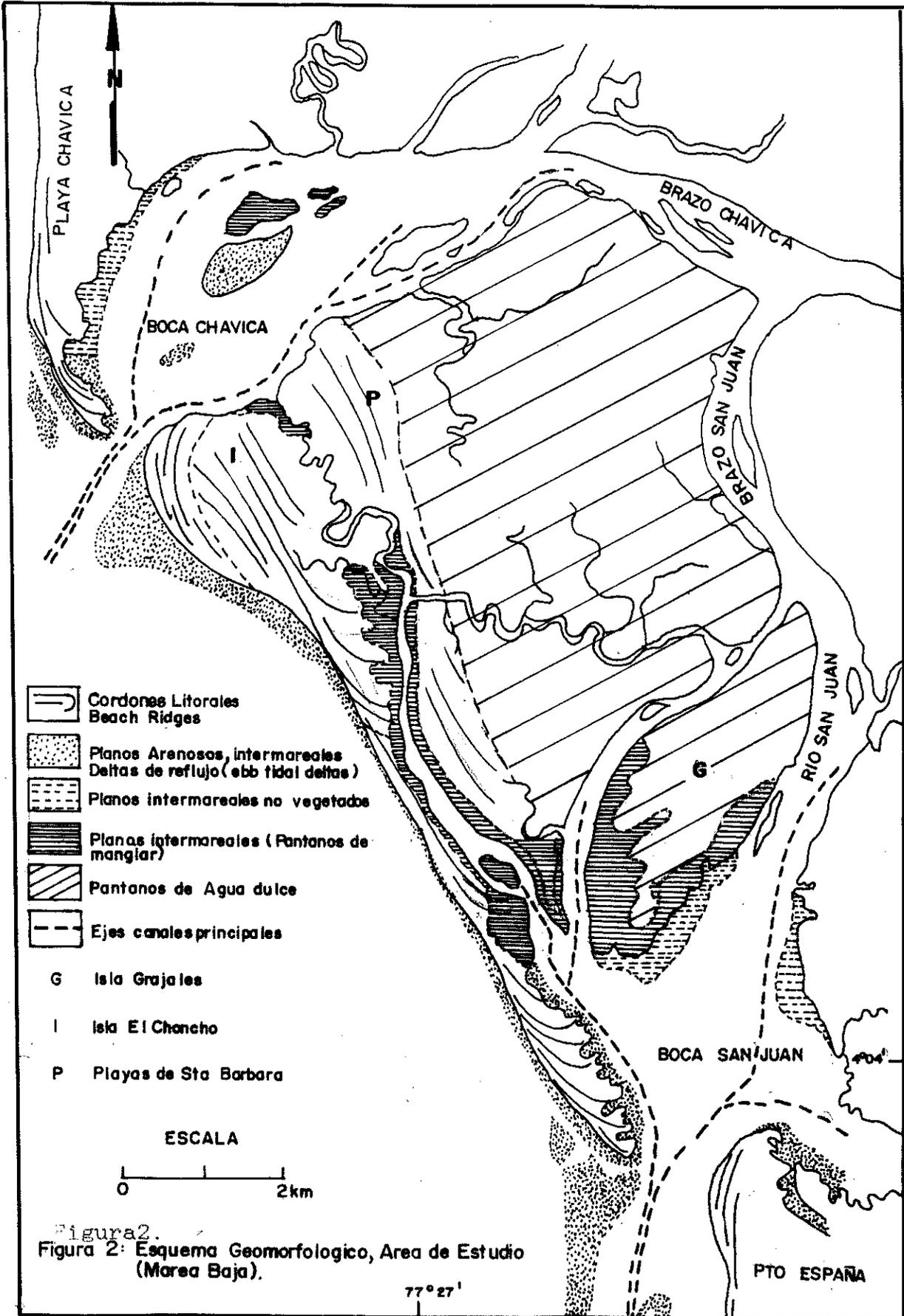
**Metodología.** La cartografía geomorfológica se basó en la interpretación de aerofotografías tomadas entre 1968 y 1993 (escalas 1:50.000 a 1: 10.000) y de dos imágenes SPOT 2 (HRV, 1B) tomadas en 1989 y 1991. El trabajo de campo se realizó durante



periodos diferentes entre 1992 y 1994. Los fondos marinos someros y de estuarios/canales se registraron en más de 50km de perfiles batimétricos, por medio de una ecosonda de registro continuo Furuno FE-6300, 50 khz. Las posiciones geográficas en esas zonas se fijaron con un navegador GPS Trimble, Basic Educator Pack.

#### GEOMORFOLOGIA Y CAMBIOS MORFOLOGICOS HISTORICOS.

**Geomorfología.** Las geoformas del área (Figs. 2 y 3) reflejan la transición entre el ambiente marino y fluvial, con la presencia simultánea de depósitos típicos de oleajes, de mareas, y de la interacción de esos factores con la descarga fluvial. (Detalles sobre la plataforma marina somera y tipos de sedimentos en Aristizábal et. al, estas memorias). En relación con el esquema morfológico presentado se destacan los puntos siguientes:



1. La "Isla El Choncho", como geoforma litoral típica de oleajes, conformada por un "nucleo" arenoso de al menos dos conjuntos discordantes de espigas y cordones de playa (beach ridges), desarrollados desde la Boca Chavica hacia la Boca San Juan, según una dirección neta de transporte litoral de sedimentos hacia el sureste (González et al., 1990; López et al. 1993).
2. La presencia de barras y bajos arenosos de desembocadura conformando extensos deltas de reflujos (ebb tidal deltas) al frente de las Bocanas Chavica y San Juan, sectores en donde interactúan los oleajes con las corrientes fluvio/mareales. Ambos deltas son alimentados con arenas transportadas a lo largo de las playas por la deriva litoral y con sedimentos provenientes directamente del río.
3. Las lagunas Chavica y San Juan, con formas (vista en planta) de "embudo" ó "trompeta" (funnel shaped) típicas de estuarios en ambientes meso y macromareales (Allen 1989). Las mareas en las bocas del San Juan son semidiurnas mixtas, con rangos máx. del orden de los 4.6m, (HIMAT, 1993) alcanzados en marzo y octubre (equinoccios). Estos rangos se asocian a corrientes de marea que circulan por el Brazo El Choncho y el Estero Santa Bárbara (alrededor de la Isla El Choncho) y en aguas altas "taponan" el caudal del río en la Laguna San Juan obligándolo a salir por la boca Chavica (Restrepo et. al, estas memorias). Los fondos de ambas lagunas presentan una red arborescente de canales fluvio-mareales que confluyen en las bocanas a canales únicos de 15m de prof. (aguas altas) que "cortan" a los deltas de reflujos (Fig. 3).
4. Un conjunto fósil de cordones de playa, referenciado aquí como "Playas de Santa Bárbara", con características topográficas, de sedimentos y marcadores de vegetación de playas similares a los de la Isla El Choncho (Aristizábal et. al, Restrepo et. al, estas memorias). Este conjunto es interpretado como una paleolínea de costa, antecedente en edad relativa y posición a la(s) indicadas en la Isla El Choncho.

**Cambios Morfológicos Históricos (1968-1994).** En el periodo de 26 años documentado, los cambios ocurridos fueron drásticos y reflejan un patrón general en el que el sistema laguna Chavica-Isla El Choncho migra hacia el sur como resultado de (Fig.4a) a: Aprox. 1.5km de crecimiento hacia el sur de las playas y espigas de Chavica, simultáneo a la erosión del borde interno lagunar y al depósito de un extenso plano mareal arenoso en el borde noroeste de la Isla El Choncho y, b: la erosión (actualmente activa) de más de 100m a lo largo de los 6km centrales de la Isla y el crecimiento simultáneo de sus cordones de playa en más de 1.5km hacia el sureste. En el proceso los deltas de reflujos en ambas bocanas han crecido significativamente y las lagunas (Fig.3) Chavica y San Juan son actualmente ambientes mucho más

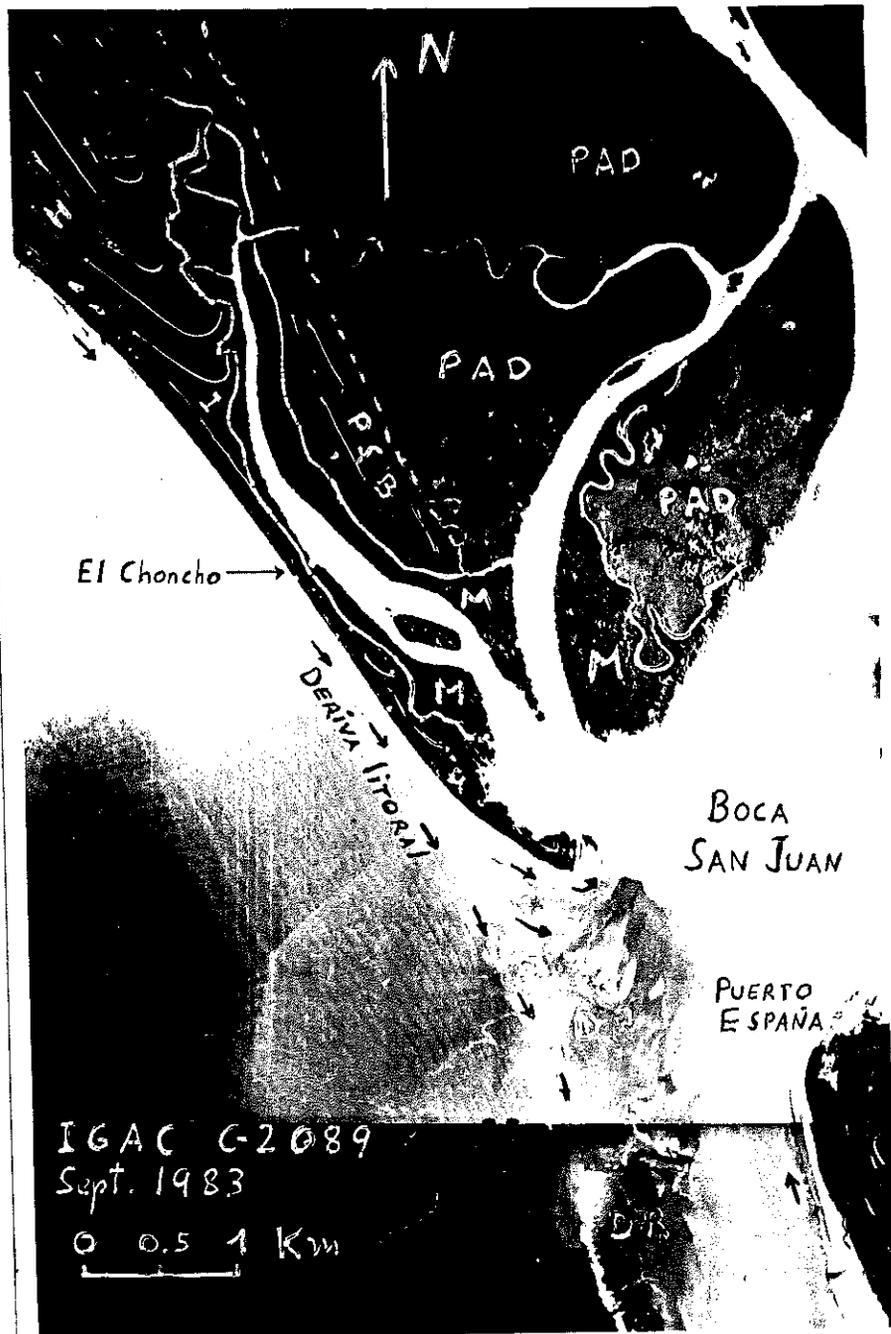


Figura 3. Aerofotografía Instituto Geográfico Agustín Coddazi, septiembre de 1983 (marea baja). PAD: Pantanos de Agua Dulce (Plano fluvial); PSB: Cordones litorales (Playas de Santa Bárbara); M: Pantanos intermareales salobres (Manglares); I: Cordones litorales (Isla El Choncho); DR: Delta de reflujo Boca Chavica.

confinados que en 1968 debido al cierre progresivo de sus bocanas.

### AMENAZAS GEOLOGICAS

Los efectos de terremotos/maremotos a lo largo del litoral bajo de la costa Pacífica han incluido, entre otros, fuerte erosión litoral (simultánea o como efecto posterior), arrasamiento y/o inundación total ó parcial de zonas subaéreas, subsidencia regional y localizada, licuación-agrietamiento y salinización de suelos (Szirtes, 1911; Ramírez y Goberna, 1980; Herd et al., 1981 Meyer y Velásquez, 1992). El litoral del área de estudio y zonas adyacentes son ambientes de muy poca altura s.n.m., "expuestos" a oleajes y protegidos de maremotos sólo por la presencia de los deltas de reflujos que eventualmente pueden amortiguar los efectos de estos eventos. En particular la Isla El Choncho, ya arrasada una vez (Velásquez, com. pers.) por el terremoto/maremoto de 1906 debe considerarse como altamente vulnerable, de acuerdo con los siguientes indicadores: 1) Su zona central, con una amplitud < 200m, está siendo erodada tanto por el mar como por los flujos mareales del Brazo El Choncho, con una posibilidad evidente de "ruptura" a mediano plazo, y 2) A partir del terremoto de noviembre de 1992, la mitad sur de la Isla registra un aumento fuerte en la recurrencia de eventos de sobrelavado (overwash) e inundaciones asociadas a las "pujas" equinocciales y a oleajes y vientos de alta energía; según sus habitantes, de 3 a 4 eventos/año antes de 1992, se presentaron en 1993 alrededor de 14, hecho que sugiere la posibilidad de una subsidencia general.

### DISCUSION Y CONCLUSIONES.

La geomorfología del sector suroeste del delta del San Juan es en términos generales similar a la reportada para otros sectores del Litoral Pacífico, con geoformas que ilustran la transición entre medios marinos y fluviales en rangos mesomareales y con acciones importantes de oleajes, ej. delta del río Mira (IGAC, 1980; INPA-EAFIT, 1992). La secuencia morfológica básica: plataforma somera-barreras arenosas-laguna estuarina/canal de mareas-pantanos intermareales ha sido reportada en otras costas del mundo, en relación con modelos de sedimentación del tipo "Islas Barrera" (Wright y Coleman, 1973; Davis and Miles; 1984), generalmente con alta inestabilidad morfológica. Las altas precipitaciones en el área de estudio explicarían en principio la ausencia de sistemas importantes de dunas y de "salt marshes", estos últimos reemplazados por los pantanos tropicales de mangle.

Sin información estratigráfica, dataciones ni curvas aplicables localmente sobre cambios relativos del mar en el pasado reciente no es posible proponer modelos de evolución para el área de estudio. Con base en la cartografía superficial disponible y sobre el supuesto de que la Isla El Choncho ha sido la barrera más externa y joven (ninguna evidencia contraria por el momento),

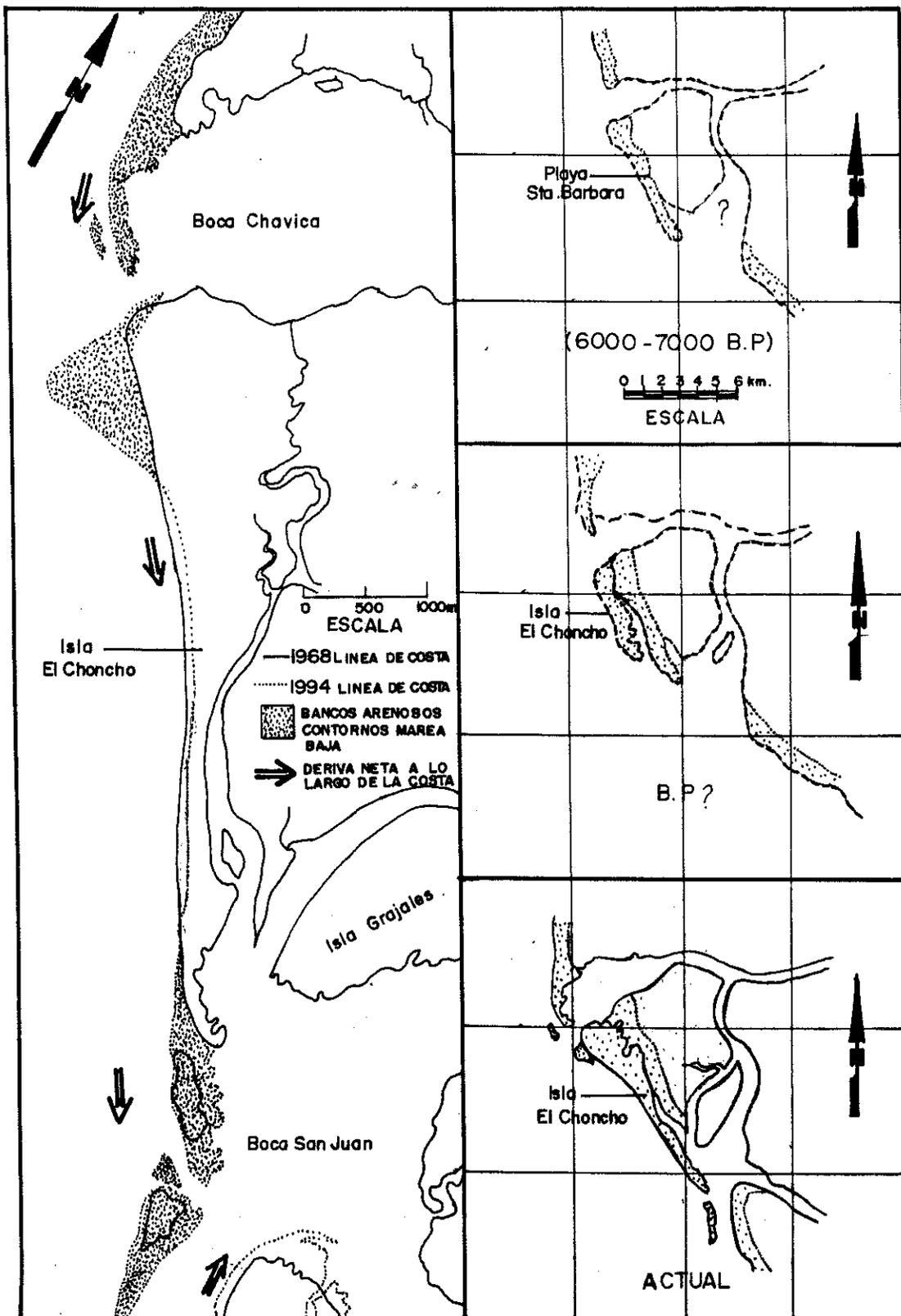


Figura 4A: Cambios Morfológicos Isla El Choncho 1968-1994.

Figura 4B: Esquema Interpretativo. de Evolucion Reciente Area de Estudio (-6000 - 7000 B.P hasta el Presente

la Fig. 4b ilustra un posibles esquemas interpretativo de su evolución reciente. La zona más interna del conjunto de playas de "Santa Bárbara" marcaría la paleolínea de costa en el último alto marino relativo para el área (6000-7000 años ? B.P.), seguido por un periodo regresivo en el cual la espiga-barrera "Isla El Choncho" se forma por etapas (al menos dos conjuntos discordantes de cordones de playa) desde Chavica hacia el sureste, genera el brazo El Choncho y constituye la barrera externa que define la existencia de la laguna estuarina San Juan. Situaciones similares, con alternancias de barreras arenosas y esteros ó pantanos de manglares son comunes en otros sectores del Litoral Pacífico, (Guapí y la Bahía de Tumaco p. ej) y sugieren una construcción progresiva del litoral, con la presencia de barreras arenosas frontales que posibilitan la colmatación y relleno de los sectores bajos ubicados hacia el continente (lagunas estuarinas y canales de marea). La segunda etapa del Proyecto San Juan pretende estudiar estos aspectos, interpretando las secuencias de sedimentos recientes y fijando, por medio de dataciones, un marco temporal en la evolución morfológica y sedimentológica del área de estudio.

Las amenazas y limitantes geológicos de la zona son obvios y deben evaluarse por medio de estudios a mediano y largo plazo.

#### BIBLIOGRAFIA.

- ALLEN G.P. 1989. Les Deltas et les Bassins Deltaiques. En: Dynamique et Méthodes d'étude des Bassins Sédimentaires. Association des Sedimentologistes Français. Ed. Technip, Paris. 383-418p.
- ARISTIZABAL O.C., Correa I.D. y J.D. Restrepo. 1994. Sedimentología General del Estuario Boca San Juan, Litoral Pacífico Colombiano. Mem. IX Sem. Nal. Cienc. Tecnol. del Mar en Col.
- DAVIS R.A. and Hayes M. 1984. What is a Wave-dominated Coast ? Marine Geology, 60, 313-319pp. Amsterdam.
- ESLAVA J. 1992. La precipitación en la región del Pacífico Colombiano (Lloró: El sitio más lluvioso del mundo ?). ZENIT (3) 7-33, Santafé de Bogotá. p17.
- GONZALEZ J.L., Jaramillo M. y L. Marin. 1990. Tendencias erosivas actuales en la Costa Pacifica Chocoana - República de Colombia. En: AGID Rep. No. 13: Environmental Geology and Natural Hazards of the Andean Region. Hermelin M. (ed), Univ. EAFIT, Medellín. 243-256p.
- HERD D.G., Leslie Youd T., Meyer H., Arango J.L., Person J.W. y C Mendoza. 1981. The Great Tumaco, Colombia Earthquake of 12 December 1979. Science, Vol 211, pp 441-445.

- HIMAT. 1993. Prónóstico de Pleamares y Bajamares en la Costa Pacífica Colombiana para el año 1993. Santafé de Bogotá, octubre de 1992.
- INPA-INDERENA y Universidad EAFIT. 1993. Atlas sobre la evaluación del Potencial para la Acuicultura (Sector Buenaventura - Río Mataje) por Imágenes Satélite. Bogotá.
- IGAG, Subdirección Agrícola. 1980. Mapa de Bosques de Colombia y Memoria Explicativa. Bogotá. 278p.
- LOPEZ G.I., Tabarez N. y O. Salazar. 1993. Geomorfología General y Sedimentología de las Playas de la Isla El Choncho, Delta del Río San Juan, Litoral Pacífico Colombiano. Tesis de Grado, Depto. de Geología, Universidad EAFIT, Medellín. 350p.
- MEYER H. y A. Velásquez. 1992. Aproximación al Riesgo por Tsunami en la Costa del Pacífico en Colombia. Publicaciones Ocasionales del OSSO No. 2, Fac. de Ingeniería, UNIVALLE, Cali, Mayo de 1992. 43p.
- PEREZ G. 1981. Evolución Geológica de la Cuenca Pacífica (Geosinclinal de Bolívar), Sector Noroccidental de Suramérica. Mem. III Congr. Col. de Geología. Medellín, agosto de 1983. pp 25-44.
- RAMIREZ J.E. y J.R. Goberna. (1980). Terremotos Colombiano noviembre 23 y diciembre 12 de 1979. Publ. Inst. Geof. de los Andes Colombianos. Univ. Javeriana. Serie A: Sismología No. 45. Bogotá.
- RESTREPO J.D., Correa I.D. y O.C: Aristizábal. 1994. Estudios de vegetación basados en datos del Satélite SPOT: Estuario Boca San Juan, Litoral Pacífico de Colombia. Mem. IX Sem. Nal. Cienc. Tecn. del Mar en Colombia. Estas Memorias.
- SOETERS R. y Gómez H.M. 1985. Un Estudio Geomorfológico Aplicado para el Proyecto Adecuación de Esteros en la Costa Pacífica Colombiana. C.V.V. - PLADEICOP, Cali. 56p.
- SZIRTES E. R., 1911. Das Kolumbianische Erdbeben am 31 Januar 1906. Gerlande Beitrage zur Geophysik, vol. XI. no. 1. pp 132 - 275. Leipzig 1911. Traducción parcial por Hansjurgen Meyer y Alba de Cárdenas en: Publicaciones Ocasionales del OSSO, UNIVALLE, Cali, julio de 1991. 23p.
- VELASQUEZ A. Ing. Geólogo OSSO-UNIVALLE. Com. personal.
- WRIGHT L.D. y J.M. Coleman. 1973. Variations in Morphology of Major River Deltas as functions of Ocean Wave and River Discharges Regimes. AAPG Bull, V. 57 No.2. 370-398pp.

VARIACIONES TEMPORALES DE LA FAUNA MACROBENTONICA INTERMAREAL EN LA PLAYA DE LA ISLA EL CHONCHO (DELTA DEL RIO SAN JUAN - PACIFICO COLOMBIANO): Resultados Preliminares.

Marta C. Cuartas (1) Juan G. Ramos (1) Juan D. Restrepo (1)

RESUMEN

Con el fin de establecer las variaciones temporales de la fauna macrobentónica intermareal, se analizaron un total de 224 dragados (cada uno de 0.031416 m<sup>2</sup>). La toma de muestras se llevó a cabo en dos épocas climáticas diferentes (invierno-octubre/93 y verano-febrero/94), estableciendo para ello cuatro estaciones fijas de muestreo.

En invierno se presentaron un total de 27 especies, de las cuales 11 fueron crustáceos, 8 poliquetos, 7 moluscos y una especie perteneciente a otra taxa. La densidad promedio obtenida fue de 325 ind/m<sup>2</sup>. En verano, el número de especies aumentó a 36, con 14 crustáceos, 13 poliquetos, 7 moluscos, y finalmente dos especies de otros grupos. La densidad promedio fue mayor (470 ind/m<sup>2</sup>).

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (Shannon y Weaver, 1949), varió entre 0 y 3.08 bits/ind, coincidiendo con lo reportado para otras zonas de playa del litoral Pacífico colombiano. Esto refleja la alta dominancia de un anfípodo (indet.) y del isópodo *Exosphaeroma sp.*, los que presentaron en general las mayores abundancias en todos los transectos.

Los valores de diversidad obtenidos son comunes para ambientes similares, donde los organismos están constantemente sometidos a cambios ambientales drásticos, que para este caso son causados en su mayoría por los amplios rangos mareales.

ABSTRACT

With the purpose of establishing the temporary variations of intertidal macrobenthic fauna, a total of 224 samplings (of 0.031416 m<sup>2</sup>) were analyzed. These samplings were taken during two different climatic periods (winter - october/93 and summer - february/94), establishing, for this, four fixed sampling transects.

---

(1) Departamento de Geología - Area de Ciencias del Mar - Universidad EAFIT, A.A 3300, Medellín, FAX: 94-2664284, Tel: 2660500 Exts 535, 329.

During winter a total of 27 species were found of which 11 were crustaceans, 8 polychaetes, 7 molluscs and one specie belonging to another taxom. The average density obtained was of 325 individuals/m<sup>2</sup>. During summer, the number of species increased to 36, whith 14 crustaceans, 13 polychaetes, 7 molluscs and finally 2 species of different groups. The average density was also higher (470 indiv/m<sup>2</sup>).

Shannon-Wiener's diversity index (Shannon and Weaver, 1949), varied between 0 and 3.08 bits/indv., which matches with what was reported for other zones of the Colombian Pacific coast. This reflects the high dominance of one amphipod and an isopod *Exosphaeroma sp.*, which displayed to be the most abundant in all the transects.

These obtained values of diversity are comun to similar enviroments, where the organisms are constantly subject to dramatic enviromental changes, which for this case were due mainly to the wide tidal ranges.

## INTRODUCCION

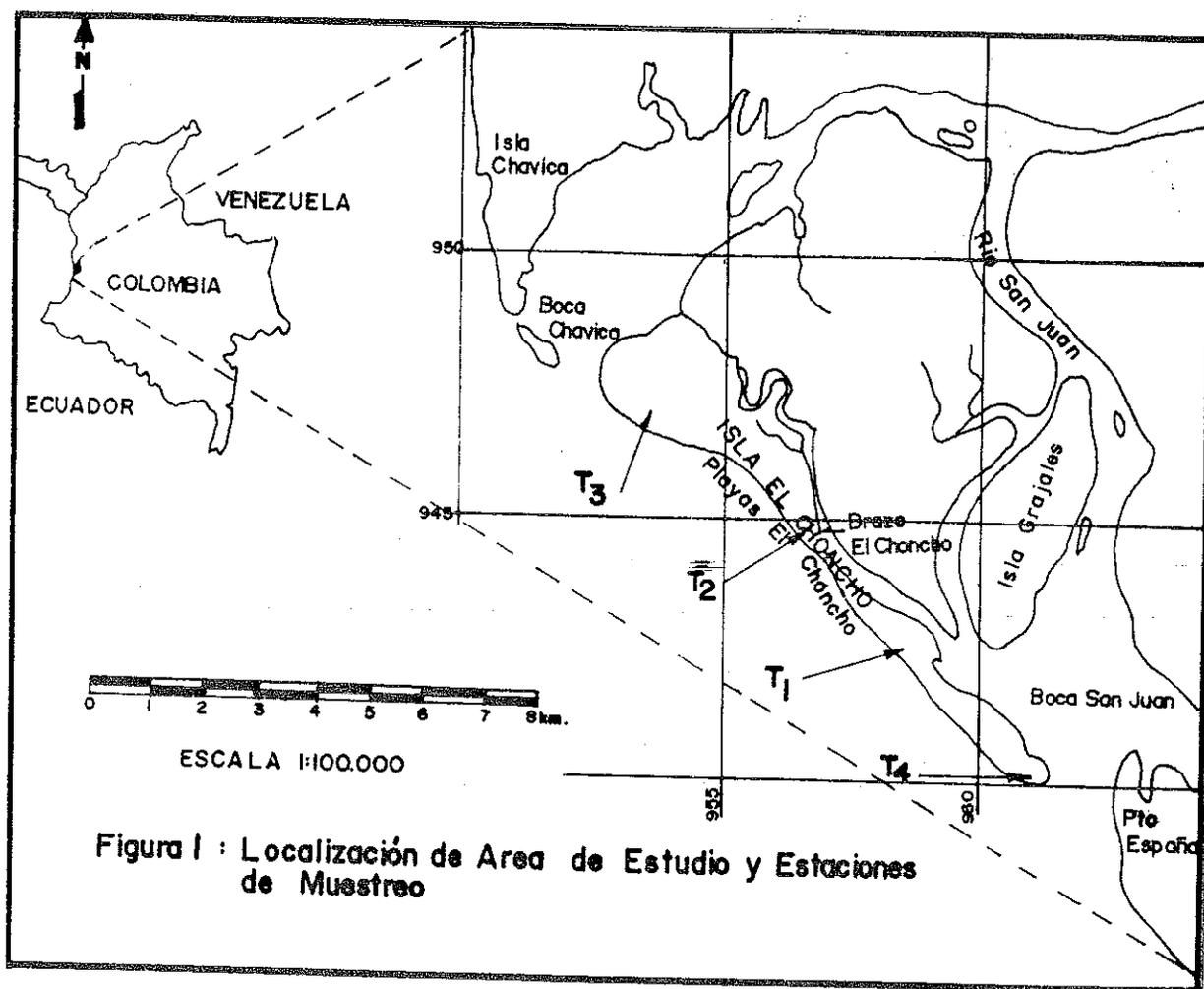
En el litoral Pacífico Colombiano las investigaciones en cuanto al bentos de playa se refiere son pocas, existiendo principalmente trabajos de taxonomía, ecología descriptiva y criterios estructurales (Cantera et al., 1992a; Cantera et al., 1992b; Ríos y Ramos 1990; Ríos et al., 1990; entre otros). Estos estudios han resaltado la importancia de evaluar la composición y estructura de las comunidades bentónicas intermareales en ambientes estuarinos, sujetos a condiciones ambientales y dinámicas particulares como planos arenosos con amplios rangos de exposición por las mareas; drásticas variaciones climáticas instantáneas y temporales; fuentes diferentes de suministros sedimentarios (aportes fluviales; bioerosión de acantilados); dinámica de corrientes de deriva litoral; variaciones de salinidad, entre otros.

El Proyecto EAFIT-UNIVALLE-COLCIENCIAS "Indicadores Geomorfológicos, Sedimentológicos y Biológicos del Delta del Río San Juan, Pacífico Colombiano - Fase 1: Area de la Boca San Juan", pretende entre otros aspectos en el módulo de Biología, conocer la composición de la fauna macrobentónica de ambientes intermareales (playas arenosas, bajos del delta de marea bajante y planos lodosos en contornos estuarinos), y submareales para los estuarios bajo estudio.

Referente a las playas arenosas, se desea analizar estacionalmente (invierno, octubre/1993; verano, febrero/1994), la composición de la comunidad macrobentónica intermareal de la playa de la isla El Choncho, y su estructura en relación con algunos factores físico-químicos del agua y sedimento.

## MÉTODOS

La isla El Choncho es una isla tipo barrera localizada en el extremo Sur-Oeste del Delta del Río San Juan, comprendida entre las coordenadas planas X = 952.500 - 961.000 y Y = 940.000 - 951.000, y limitada por el norte con la Boca Chavica y hacia el sur por el estuario Boca San Juan. A lo largo de la playa (12 Km), se establecieron cuatro estaciones de muestreo para las épocas climáticas de invierno (octubre/1993) y verano (febrero/1994) (Figura 1).



En cada estación la toma de muestras se realizó sobre un transecto perpendicular a la línea de costa, en condiciones de marea baja, y mediante un muestreo estratificado al azar (Proyecto UNIVALLE-EAFIT-COLCIENCIAS, 1992), dividiendo el plano intermareal desde la línea de vegetación hacia el mar en: Supralitoral (SL), sección anterior de la berma de playa, inundable sólo en mareas pujas (spring tides); Mesolitoral medio (MM), plano de exposición periódica dada por los límites entre mareas baja y alta; y Mesolitoral inferior (MI), zona de lavado (swash-backwash). Las muestras faunísticas fueron colectadas con un cilindro metálico (0.031416 m<sup>2</sup>) y posteriormente pasadas por

un tamiz de 0.46 mm. Los organismos retenidos fueron conservados en formalina neutralizada al 4% para su análisis en laboratorio. Adicionalmente se tomaron algunos parámetros físico-químicos del agua y sedimento tales como granulometría, materia orgánica, salinidad, oxígeno disuelto y temperatura.

Posterior a la identificación taxonómica y conteo de individuos se aplicaron los índices, diversidad de Shannon-Wiener; coeficientes de similitud de Jaccard (1908) y Czekanowski (1913) (Ludwing y Reynolds, 1988; Proyecto UNIVALLE-EAFIT-COLCIENCIAS, 1992).

## RESULTADOS

### Invierno (Epoca 1, octubre/93)

Los parámetros físico-químicos de este período, muestran que la temperatura fue aparentemente constante (27 y 29 °C); el rango de salinidad estuvo entre 3.5 y 16.5 ppm (partes por mil), presentando en la mayoría de los casos, la zona de Mesolitoral media los mayores valores (7.5-15.5 ppm); el oxígeno disuelto en general varió entre 1.7 y 6.5 mgrO<sub>2</sub>/lt, registrándose las máximas cifras en el Mesolitoral inferior (p.ej. 5.6 y 6.5); los mínimos valores de materia orgánica fueron registrados para la zona supralitoral (0.0025% a 0.87%), mientras que para las restantes, este porcentaje estuvo entre 0.58 a 2.07%; los sedimentos de la playa fueron clasificados como arenas finas (Tabla 1).

Fueron recolectados 1144 individuos para un área de muestreo de 3.52 m<sup>2</sup>, lo que representa una densidad promedio de 325 ind/m<sup>2</sup>. En total se obtuvieron 27 especies de las cuales cuantitativamente dominaron los crustáceos con un 83.91%, seguidos por los moluscos (10.64%), poliquetos (4.14%), y 1.32% para otros grupos taxonómicos.

Las densidades totales para cada zona (SL-MM-MI), estuvieron en un rango de 0 a 1043 ind/m<sup>2</sup>, siendo en la mayoría de las estaciones, más elevada en la zona de MM (180-1043 ind/m<sup>2</sup>), y las más bajas en SL (0-271 ind/m<sup>2</sup>). En cuanto a la diversidad, fue mayor en la zona MI (máximo 2.52 bits/ind) y menor en SL (0 bits/ind).

El coeficiente de comunidad de Jaccard (1908), mostró en general, que la afinidad entre transectos fue baja (0.33), lo cual reflejó especies propias para ciertos transectos/estaciones (Tabla 2). Los valores cuantitativos de similitud (Czekanowski, 1913), variaron de 0.225 a 0.76, advirtiendo mayor afinidad entre los transectos/estaciones T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, seguidos por T<sub>1</sub> (0.48), y por último T<sub>2</sub> el más disímil con 0.00225.

### Verano (Epoca 2, febrero/94)

Con respecto a invierno, la temperatura presentó un promedio mayor (26-32 °C), situación similar para la salinidad (11-22

ppm); el oxígeno disuelto varió en un rango similar (2.25 a 6.00 mgrO<sub>2</sub>/lt), y mostró el mismo comportamiento para MM y MI. El contenido de materia orgánica registró límites entre 0.8 y 2.75%, observando con respecto a octubre/1993, la misma proporción y el aumento para todas las zonas, exceptuando el SL de la estación 2. Las arenas al igual que para la época 1 se clasificaron como arena fina (Tabla 1).

Para la misma área de muestreo (3.52 m<sup>2</sup>), se obtuvieron un total de 1.654 individuos, con una densidad promedio de 470 ind/m<sup>2</sup>, pertenecientes a 36 especies, siendo igualmente los crustáceos el grupo taxonómico dominante (76.26%), poliquetos (12.07%), moluscos (10.81%), y otros 0.85%. El valor más alto de densidad se manifestó, al igual que en la época 1 (T<sub>4</sub>), en la zona MM con 1255 ind/m<sup>2</sup>; la mínima cifra fué de 8 ind/m<sup>2</sup> para el Supralitoral. La diversidad varió entre 0 y 3.08 bits/ind, siendo evidente un incremento general de estos valores con respecto a los de octubre/93.

El índice de Jaccard fluctuó entre 0.22 y 0.42, con los transectos 1 y 4 de mayor afinidad. En comparación con los resultados del índice anterior, Czekanowski mostró mayores afinidades entre transectos/estaciones (0.35 a 0.70).

TABLA I FACTORES FISICO-QUIMICOS DEL AGUA Y SEDIMENTO (EPOCA 1: OCTUBRE 1993; EPOCA 2: FEBRERO 1994)

EPOCA 1

| TRANSECTO                               | NUMERO 1 |            |      | NUMERO 2 |            |      | NUMERO 3 |            |      | NUMERO 4 |            |      |  |
|---|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|--|
|   | SL       | MM         | MI   |  |
| PARAMETRO ZONA                          | SL       | MM         | MI   |  |
| Temperatura (°C)                        |          | 29         | 29   |          | 36         | 34   |          | 28,5       | 27   |          | 27         | 27,5 |  |
| Salinidad (‰)                           |          | 13         | 5,5  |          | 11,5       | 13   |          | 15,5       | 3,5  |          | 7,5        | 16,5 |  |
| Origenes Disueltos Mg O <sub>2</sub> /L |          | 3,2        | 5,1  |          | 3,2        | 5,6  |          | 1,7        | 6,5  |          | 3,1        | 4,4  |  |
| Materia Orgánica (%)                    |          | 0,87       | 1,68 |          | 2,07       | 0,84 |          | 0,58       | 0,68 |          | 0,22       | 0,79 |  |
| Granulometría                           | Mz       | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |  |
|   | Kg       | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |  |
|   | FH       | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |  |

EPOCA 2

| TRANSECTO                               | NUMERO 1 |            |      | NUMERO 2 |            |      | NUMERO 3 |            |      | NUMERO 4 |            |      |  |
|---|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|----------|------------|------|--|
|   | SL       | MM         | MI   |  |
| PARAMETRO ZONA                          | SL       | MM         | MI   |  |
| Temperatura (°C)                        |          | 30         | 28   |          | 32         | 30   |          | 29         | 29   |          | 26         | 26   |  |
| Salinidad (‰)                           |          | 18         | 22   |          | 14         | 11   |          | 14         | 11   |          | 17         | 16,5 |  |
| Origenes Disueltos Mg O <sub>2</sub> /L |          | 3,25       | 5,2  |          | 2,5        | 5,6  |          | 3,5        | 4,5  |          | 2,25       | 6,0  |  |
| Materia Orgánica (%)                    |          | 1,60       | 2,27 |          | 2,35       | 0,80 |          | 2,50       | 2,15 |          | 1,60       | 2,10 |  |
| Granulometría                           | Mz       | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |  |
|   | Kg       | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |  |
|   | FH       | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |          | [Diagrama] |      |  |

CONVENCIONES

- |               |            |   |                                 |            |                     |
|---------------|------------|---|---------------------------------|------------|---------------------|
| MEDIA (Mz)    | [Diagrama] | Arena entre Fina y Media                | FACTOR<br>HIDRODINAMICO<br>(FH) | [Diagrama] | Medio               |
|               | [Diagrama] | Arena Media                             |                                 | [Diagrama] | Fuerte              |
|               | [Diagrama] | Arena Fina                              |                                 | [Diagrama] | Entre Medio y Debil |
| KURTOSIS (Kg) | [Diagrama] | Leptocurtica                            |                                 |            |                     |
|               | [Diagrama] | Límite entre Leptocurtica y Mesocurtica |                                 |            |                     |
|               | [Diagrama] | Mesocurtica                             |                                 |            |                     |
|               | [Diagrama] | Platicurtica                            |                                 |            |                     |

SL: Supralitoral      MM: Mesolitoral Medio      MI: Mesolitoral Inferior

## DISCUSION

Comparando la composición específica de la fauna de playas del sector isla El Choncho (Delta del Río San Juan), con otros estudios de playas arenosas del Pacífico americano, es notoria la coincidencia de algunos géneros (*Donax*, *Hemipodus*, *Excirrolana*, *Ocypode*, entre otros), como lo reportado para el Perú por Tarazona et al. (1986); Panamá y Costa Rica por Dexter (1974 y 1979); Méndez et al. (1986) en México; Sánchez et al. (1982), Clarke y Peña (1988) para Chile; y en Colombia (Buenaventura y Malaga), Cantera et al. (1992a). Sin embargo, las densidades promedio encontradas para la playa del área de estudio, fueron menores (325 ind/m<sup>2</sup>, época 1 y 470 ind/m<sup>2</sup> época 2), que las obtenidas en la mayoría de los trabajos anteriormente citados, como en el caso de Dexter (1974 y 1979) para Costa Rica (playita blanca), y Panamá (isla Naos), con densidades promedio de 1960 ind/m<sup>2</sup> y 1434 ind/m<sup>2</sup>, respectivamente, y para el Perú según Tarazona et al. (1986) con 2169 ind/m<sup>2</sup>.

Referente a algunos sectores del litoral Pacífico de Colombia, la comparación resulta similar ya que según Dexter (1974), se reportaron valores de 1137 ind/m<sup>2</sup> para la playa de Juanchaco, zona cercana al área de este estudio. Existe otro trabajo para las bahías de Málaga y Buenaventura (Cantera et al., 1992b), el cual por ser realizado en planos fango-arenosos con características físicas y biológicas diferentes a los playas arenosas de la isla El Choncho, no es comparable con los resultados de este trabajo.

Las bajas densidades encontradas para el área de estudio, pueden ser explicadas debido a que la zona se encuentra limitada por dos desembocaduras del río San Juan (Bocas Chavica y San Juan). Estas aportan grandes cantidades de agua dulce, sedimentos y materia orgánica, intensificando la variabilidad de algunos parámetros físico-químicos de las playas arenosas (salinidad, contenido de materia orgánica, sedimentación, entre otras).

En relación con las variaciones estacionales, en verano se observa la aparición de 14 especies nuevas (Tabla 2), así como también un incremento para la mayoría de las estaciones de estudio, en la densidad y diversidad. Esto se puede relacionar posiblemente, con condiciones ambientales más favorables para esta época, como lo representa un aumento en el contenido de materia orgánica, rangos de salinidad entre 11-22 ppm (valores más altos que los registrados en invierno, 3.5-16.5 ppm), y tamaño medio de grano más fino (Tabla 1). Aparentemente, el aumento en la densidad, entre otros factores, se debe a la presencia de especies oportunistas (Anfípodos e Isópodos), que ante condiciones ambientales un poco más favorables, se dispersan con facilidad y experimentan un crecimiento rápido de su población (Colinvaux, 1980). Además, las 14 especies nuevas reportadas para la época 2, colaboraron con el aumento en la densidad promedio y diversidad.

TABLA 2: VARIACIONES ESTACIONALES (INVIERNO-OCTUBRE 1993 Y VERANO-FEBRERO 1994) DE LA FAUNA MACROBENTONICA INTERMAREAL DE LA ISLA EL CHONCHO (DELTA DEL RIOSAN JUAN-PACIFICO COLOMBIANO)

| TRANSECTO  | NUMERO 1 |    |    | NUMERO 2 |    |    | NUMERO 3 |    |    | NUMERO 4 |    |    |
|--|----------|----|----|----------|----|----|----------|----|----|----------|----|----|
|  | SL       | MM | MI |
| <b>ESPECIE</b>   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| <b>POLYCHAETA</b>  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Scoloplos sp.  |          |    | X  |          |    |    |          |    |    |          | V  | X  |
| Spiophanes bombix  |          |    |    |          |    |    |          | V  | ◆  |          |    |    |
| Dispio sp.   |          |    | I  |          | ◆  |    |          |    | I  |          |    | V  |
| Scoliepis squamate   |          | X  | I  |          | ◆  | I  |          |    | X  | V        | V  | V  |
| Phyllodoce sp.   |          |    |    |          |    | I  |          | V  | V  |          |    |    |
| Glycera sp.  |          |    |    |          |    |    |          | V  | V  |          |    |    |
| Hemipodus sp.  |          |    | I  |          |    |    |          |    |    |          | ◆  | I  |
| Nephtys sp.  |          |    |    |          |    |    |          |    | I  |          |    |    |
| Onuphis sp.  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    | V  |
| Fam. Lacydoniidae  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    | V  |
| Fam. Nereidae  |          |    |    |          |    |    |          |    | I  |          |    |    |
| Poliqueto sp1  |          |    |    |          |    |    |          | V  |    |          |    |    |
| Poliqueto sp2  |          |    |    |          |    |    |          |    |    | V        |    |    |
| Poliqueto sp3  |          |    |    |          |    |    |          | V  |    |          |    |    |
| Poliqueto sp4  |          |    |    |          |    |    |          |    |    | V        |    |    |
| <b>MOLUSCA</b>   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Gastropoda   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Natica unifasciata   |          |    |    |          |    | I  |          |    |    | V        |    |    |
| Olivella semistriata   |          | I  | V  |          |    |    |          |    |    |          | V  |    |
| Pelecypoda   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Strigilla chiron   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          | X  | V  |
| Donax obesus   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    | V  |
| Donax ecuadorianus   |          |    | I  |          |    |    |          |    |    |          | V  | V  |
| D. punctatostriatus  |          |    | X  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| D. obesus  |          |    | V  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| D. sp1   |          | V  | V  |          |    |    |          | V  |    |          | ◆  | X  |
| D. sp2   |          |    | I  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| <b>CRUSTACEA</b>   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Isopoda  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Exosphaeroma sp.   | I        | ◆  | X  | I        | I  | ◆  | V        | ◆  | V  | V        | ◆  | I  |
| Excirolana brasiliensis  | I        | V  |    | I        |    | V  |          | I  | I  | ◆        | I  |    |
| Excirolana sp2   |          | ◆  | I  |          | I  | ◆  |          | V  | I  |          | X  | I  |
| Ancinus panamensis   |          |    | I  |          | I  |    |          |    | I  | I        | X  |    |
| Amphipoda  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Amphipoda 1  | X        | ◆  | ◆  | V        | X  | ◆  | V        | ◆  | X  | V        | ◆  | V  |
| Amphipoda 2  |          | ◆  | ◆  | V        | V  | V  |          |    |    |          | I  | I  |
| Amphipoda 3  |          |    | V  |          | I  |    |          |    |    | I        |    |    |
| Amphipoda 4  |          | V  | V  |          |    |    |          |    |    | V        | V  | V  |
| Amphipoda 5  |          |    |    |          |    |    |          | V  | V  |          | V  | V  |
| Amphipoda 6  |          |    |    |          |    |    |          |    | V  |          |    |    |
| Mysidacea  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Decapoda   |          |    | V  |          | I  |    |          |    |    |          |    |    |
| Hippa sp.  |          |    | I  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Lepidopa mexicana  |          | V  |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Emerita rathbunae  |          |    | V  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Megalopa   |          | V  | X  |          | I  | I  |          |    |    | V        | V  | V  |
| Larva canaron  |          |    | I  |          |    |    |          |    |    |          |    | I  |
| <b>OTROS</b>   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| Planarias  |          | X  | I  |          | V  | V  |          | I  | I  |          | I  | V  |
| Gusanos terrestres   |          |    |    |          |    |    | V        |    |    |          |    |    |
|  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
|  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| <b>CONVENCIONES</b>  |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| I Especies presentes en invierno (octubre 1993)                    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| V Especies presentes en verano (febrero 1994)                      |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| X Especies presentes de invierno a verano que disminuyen en número |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| ◆ Especies presentes de invierno a verano que aumentan de número   |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |
| SL: euglitoral, MM: mesolitoral medio, MI: mesolitoral inferior    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |          |    |    |

Comparando para las dos épocas el tamaño medio de grano, se advierte que en ambos periodos se mantuvo más o menos constante, presentando en verano rangos entre 2.22 y 3.22 phi. Esto refleja que la arena fue más fina que en el invierno (1.95 a 2.9 phi), situación que según Méndez et al. (1986) es más conveniente para el asentamiento de los organismos. Los resultados del análisis de la curtosis muestran que en general, los sedimentos se distribuyen de acuerdo con curvas leptocúrticas, indicando la dominancia de un tipo de grano (arena fina). Por lo tanto, debido a la similitud en las características texturales del sedimento para las dos épocas, se puede pensar que este parámetro no condiciona, en este caso, la presencia o ausencia de las especies.

Este estudio permite establecer preliminarmente, que existe una zonación de los organismos en el plano intermareal, determinada por la presencia de especies características para cada zona y/o por sus densidades respectivas.

En la parte supralitoral (SL) se presentan crustáceos tales como el anfípodo 1, *Exosphaeroma sp* y *Excirolana brasiliensis*, concordando con lo reportado por Méndez et al., (1986), al referir esta zona como de condiciones rigurosas tales como la insolación casi constante y desecación. Esto tiene un efecto negativo sobre la presencia de la fauna béntica y por lo tanto, sólo los crustáceos de gran movilidad la pueden habitar. Debido a lo anterior y posiblemente por los bajos contenidos de materia orgánica (Tabla 1), esta es la zona que tiene los menores índices de diversidad (0 bits/ind), y con los valores más bajos de densidad (mínimo 8 ind/m<sup>2</sup>).

La zona de Mesolitoral medio (MM) presenta la mayor abundancia de organismos, y es caracterizada por la dominancia de crustáceos (anfípodos-indet.), e isópodos como *Exosphaeroma sp* y *Excirolana sp2*, y la presencia de poliquetos de la familia Spionidae como *Dispio sp.* y *Scolelepis squamata*. Esta situación es similar a la expuesta por Trevallion et al. (1970), quien caracteriza la zona Mesolitoral como de isópodos cirolánidos, poliquetos de la familia Spionidae, y especies de bivalvos, algunos supuestamente no migratorios, como lo puede ser para este estudio, el molusco *Donax sp1*. Carefoot (1979) citado por Méndez et al. (1986), afirma que la abundancia de especies en esta zona, se debe a la mayor acumulación de materia orgánica disponible para la alimentación. Aún cuando para la isla El Choncho esta franja intermareal es la de mayor abundancia comparada con Supralitoral y Mesolitoral inferior, no posee la mayor diversidad debido a la presencia de especies dominantes con porcentajes de abundancia relativa, a veces mayores del 50%.

La parte Mesolitoral inferior (MI) en la región de estudio, se asemeja a la zona infralitoral descrita por Trevallion et al. (1970), y al MI de Punta soldado (Cantera et al., 1992a), por tener diversidades mayores (Máximo 3.08 bits/ind). Debido a que las condiciones físico-químicas son más estables en esta zona, la

composición de especies es más variada (Méndez et al., 1983). Para la playa El Choncho, la fauna se caracteriza por la presencia de varios anfípodos, moluscos de la familias Donacidae, Tellinidae y Olividae, y poliquetos pertenecientes a varias familias (Nephtyidae, Spionidae, Glyceridae, entre otras) (Tabla 2). Las especies conservaron proporciones similares, sin ser en la mayoría de los casos ninguna dominante.

A lo largo de la playa se observan diferencias espaciales en la composición de la fauna, reflejadas por los bajos valores obtenidos en los análisis de similitud de Jaccard, debido a la presencia de individuos propios para determinados transectos. Para el verano, se establece una zonación espacial más notable, como por ejemplo el transecto 3 con *Spiophanes bombix*, *Phyllodoce sp.*, *Glycera sp.*, entre otras, y el transecto 4 con *Donax sp.*, *Donax ecuadorianus*, *Strigilla chiona*, poliquetos de la familia Lacydonidae, *Onuphys sp.*, y el isópodo *Ancinus panamensis*.

Según lo reportado por Brown and McLachlan (1990), en las playas con mayor grado de exposición al oleaje, el grupo taxonómico dominante es el de los crustáceos (dominancia mayor al 60%); en lugares más protegidos los poliquetos, y finalmente, los moluscos alcanzarían su máxima dominancia en situaciones intermedias. De acuerdo con esta situación, las playas de la isla El Choncho son de régimen expuesto. Sin embargo, las diferencias cualitativas y cuantitativas encontradas (índice de Czekanowski), entre los transectos estudiados, pueden estar relacionadas con los distintos grados de exposición al oleaje.

De acuerdo con la abundancia de los diferentes grupos para las dos épocas de muestreo, la zona T<sub>3</sub> es la más protegida, puesto que después de los crustáceos los poliquetos son el grupo taxonómico dominante (7.75%, invierno y 30.84% en verano). El transecto 4 indicaría una parte de exposición intermedia, al observarse un alto porcentaje de moluscos (37.87% en invierno y 31.47% en verano). Estos valores de dominancia concuerdan con la ubicación de las estaciones 3 y 4, por localizarse en frente de los bajos del delta de reflujo, en donde se presenta mayor protección al oleaje. Finalmente, en las zonas más expuestas, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> (sector central), se advierten altos valores de dominancia para los crustáceos.

#### AGRADECIMIENTOS

En el Departamento de Biología Marina de la Universidad del Valle, a los Doctores Jaime Cantera, Germán Bolívar, Gabriel Ramos y Raúl Neira por su asesoría y dirección.

## BIBLIOGRAFIA

- BROWN, A.C. and A., McLACHLAN, 1990. Ecology of sandy shores. Elsevier science publishing company inc. New York, 325p.
- CANTERA, J.R.; P. ARNAULD y R. NEIRA, 1992a. La macrofauna de playas arenosas en las bahías de Buenaventura y Málaga (Pacífico colombiano): Estructura espacial y dinámica temporal. En: Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar - Congreso Centroamericano y del Caribe de Ciencias del Mar. Comisión Colombiana de Oceanografía, Bogotá, D.E. pp 225-241.
- CANTERA, J.R.; R. NEIRA y J. TOVAR, 1992b. Efectos de la polución doméstica sobre la macrofauna bentónica de sustratos blandos en la costa Pacífica colombiana. Revista de Ciencias. Facultad de ciencias. Universidad Del Valle, Cali, 7: 21-39.
- CLARKE, M. y R. PENA, 1988. Zonación de la macroinfauna en una playa de arena del norte de Chile. Estud. Oceanol., 7 : 17-31.
- COLINVAUX, P.A., 1980. Introducción a la Ecología. Editorial Limusa. México, 679 p.
- DEXTER, D.M., 1974. Sandy-beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica and Colombia. Rev. Biol. Trop. 22 (1): 51-66.
- DEXTER, M.D., 1979. Community structure and seasonal variation in intertidal Panamanian sandy beaches. Estuarine and Coastal Marine Science, 9: 543-558.
- LUDWING J.A and J.F. REYNOLDS, 1988. Statistical Ecology. John Wiley & Sons, Inc. Estados Unidos, 337 p.
- MENDEZ, N., V. SOLIS, y A. CARRANZA, 1986. La importancia de la granulometría en la distribución de los organismos bentónicos. Estudio de las playas del estado de Veracruz, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13 (3): 45-56.
- RIOS, R. Y RAMOS, G., 1990. Los isópodos (crustácea: Isópoda) de isla Málaga, Colombia. Rev. ciencias Universidad del Valle, 2: 83-96.
- RIOS, R.; G.E. RAMOS Y H.V. PRAHL, 1990. Sand crabs (Crustacea: Decapoda: Albuneidae) from the Pacific coast of Colombia. Boletín Ecotropica, 22: 27-32.
- SANCHEZ, M.; J.C., CASTILLA y O. MENA, 1982. Variaciones verano-invierno de la macrofauna de arena en playa Morrillos (Norte Chico, Chile). Studies on Neotropical fauna and Environment, 17: 31-49.

TARAZONA, J.; C. PAREDES y M. IGREDA, 1986. Estructura del macrobentos en las playas arenosas de la zona de Lima, Perú. Rev. de Cien. U:N.M.S.M, 74 (1): 103-116.

TREBALLION, A.; A. ANSELL; P. SIVADAS; and B., NARAYANAN, 1970. A preliminary account of two sandy beaches in South West India. Mar. Biol., 6: 268-279.

UNIVALLE-EAFIT-COLCIENCIAS, 1992. Proyecto "Indicadores biológicos macrobentónicos de condiciones oceanográficas, sedimentológicas y de contaminación marina en zonas de manglares del Pacífico colombiano. Fase I: Bahías de Málaga y Buenaventura.

ESTUDIOS DE VEGETACION BASADOS EN DATOS DE SATELITE SPOT:  
ESTUARIO BOCA SAN JUAN, LITORAL PACIFICO COLOMBIANO.

Juan D. Restrepo (1) Iván D. Correa (1) Olga Aristizábal (1)

RESUMEN

Con el fin de diferenciar y delimitar los tipos de vegetación del área estuarina Boca San Juan (Delta del Río San Juan), se trataron dos imágenes SPOT (ARV, modo multiespectral, nivel de corrección geométrica 1B), tomadas el 22 de septiembre de 1990 (condiciones de marea baja) y el 17 de noviembre de 1991 (condiciones de marea alta).

La discriminación de tipos vegetacionales se realizó por medio de: (a) cálculo del Índice Normalizado de Vegetación (INV); (b) clasificación supervisada; (c) clasificación no supervisada estándar de máxima verosimilitud; (d) clasificación no supervisada empleando Análisis de Componentes Principales (ACP) y agregación de entidades espectrales; (e) clasificación Hipercubo y (f) definición de contornos.

Los métodos anteriores permitieron clasificar seis entidades espectrales de vegetación en el área de estudio, (1) planos intermareales vegetados (manglar); (2) bosques transicionales; (3) cordones litorales; (4) pantanos de agua dulce (5) bosque húmedo tropical elevado; y (6) vegetación de diferentes unidades.

Las clasificaciones supervisada e Hipercubo definieron cinco entidades vegetacionales diferentes. La clasificación (c) permitió la visualización de 55 clases espectrales, seis de ellas correspondientes a vegetación.

El algoritmo (ACP) para la imagen SPOT de 1991, redujo la información original, de tres ejes principales, en dos componentes que obtuvieron el 99.78% de la variabilidad de la información original. La agregación espectral permitió la clasificación de 56 clases, nueve de ellas vegetación.

Las ventajas y limitaciones de los anteriores procedimientos utilizados, son discutidas de acuerdo con los resultados obtenidos en el área de estudio.

(1) Departamento de Geología - Área de Ciencias del Mar -  
Universidad EAFIT, A.A. 3300, Medellín, Fax: 94-2664284, tel:  
2660500 exts 535,329.

## ABSTRACT

To study vegetation types at Boca San Juan estuarine area (San Juan River Delta), two multispectral SPOT images (HRV, 1B geometric correction level) taken in september 22/1990 (low tide conditions) and november 17/1991 (high tide conditions) were processed and interpreted.

Discrimination of vegetation types was accomplished by the following procedures: (a) Normalized Vegetation Index (NVI); (b) Supervised classification; (c) Unsupervised classification with maximum verosimilitud; (d) Unsupervised classification using Principal Components Analysis and Spectral Agregation; (e) Hipercube Classification; and (f) Contours Definition.

The above procedures allowed differentiation of six main spectral vegetation types in the study area (1) Vegetated tidal flats (Mangrove swamps); (2) Transitional forests; (3) Beach Ridges vegetation; (4) Fresh water swamps forests; (5) Elevated Tropical forests; and (6) Heterogeneous vegetation.

Advantages and limitations of used procedures are discussed, in connection with results obtained in the study area.

## INTRODUCCION

En relación con el empleo de técnicas en percepción remota, el Proyecto EAFIT-UNIVALLE-COLCIENCIAS "Indicadores Geomorfológicos, Sedimentológicos y Biológicos del Delta del Río San Juan, Pacífico Colombiano - Fase 1: Area de la Boca San Juan", pretende elaborar un estudio de ensayo en la zona piloto del estuario San Juan, el cual permita establecer preliminarmente las utilidades y restricciones de estos métodos en zonas tropicales y húmedas, y luego su aplicación en otros deltas y áreas estuarinas del Pacífico Colombiano, con condiciones ambientales y geomorfológicas similares.

En cuanto a la discriminación de clases vegetacionales, se desea específicamente, (a) si las comunidades delimitadas para la zona de estudio con base en perfiles-zonaciones de campo, fotointerpretación de material aerofotográfico (escalas 1:52000 y 10000), pueden ser resaltadas mediante los procesamientos digitales propuestos; (b) relacionar que tipo de clasificación delimita con mejor nivel las comunidades de manglar y sus límites con unidades transicionales; y (c) definir que procedimiento(s) y/o clase(s) informacional(es) representa(n) con mejor detalle las zonas intervenidas y los conjuntos de cordones litorales.

## METODOS

La zona de estudio se ubica en el delta del San Juan, entre las desembocaduras Chavica por el norte y San Juan por el sur, cubriendo en el frente litoral la Isla El Choncho, en la parte estuarina los Brazos Choncho, Grajales, Santa Bárbara y esteros

asociados, y los Ríos San Juan y Bongo. Cubre aproximadamente 94 kilómetros cuadrados entre las coordenadas planas X = 940.000 - 945.000 y Y = 955.000 - 960.000 (Figura 1).

Los siguientes procedimientos fueron realizados sobre dos imágenes SPOT (tomadas con el Radiómetro de Alta Resolución Visible-ARV, en modo multiespectral, y nivel de corrección geométrica 1B), con fechas de toma septiembre/1990 (período de marea baja) y noviembre/1991 (condiciones de marea alta).

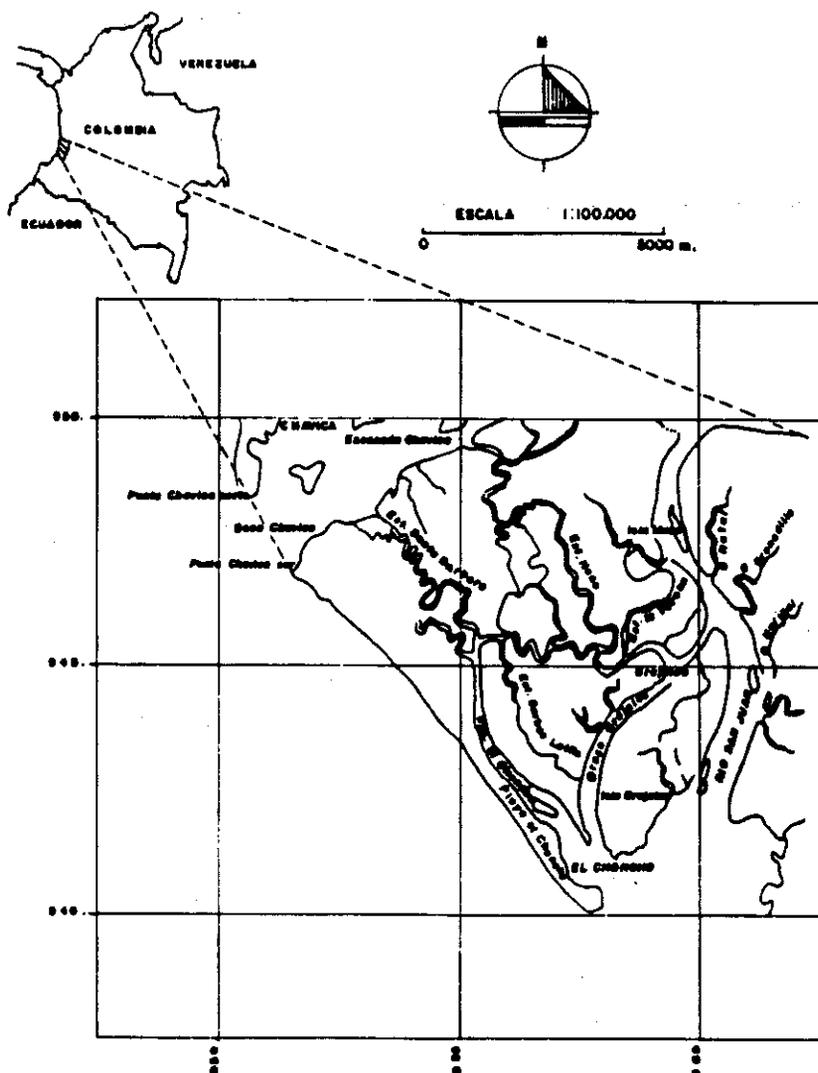


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL AREA.  
TOMADO DE:  
MAPA DEL ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE BUENAVENTURA.  
DEPARTAMENTO DEL VALLE. IGAC 1979.

(a) Cálculo del Índice de Vegetación Normalizado (INV), mediante las bandas espectrales XS2-XS3, realizando sobre el plano resultante, (b) la clasificación supervisada de superficies por medio de la previa selección de parcelas radiométricas (Chuvieco, 1990), y (c) la clasificación hipercubo (Thomas, 1990; INPA-EAFIT, 1991); (d) clasificación no supervisada estándar para las bandas XS1-XS2-XS3 (Brotman y Rodríguez, 1993); y (e) clasificación no supervisada de Análisis de Componentes Principales (ACP) (Jensen, 1986).

Para la clasificación (c) se llevó a cabo la agregación de clases espectrales y definición de contornos, y en los pasos (d) y (e) el análisis de máxima verosimilitud y agrupación de clases espectrales en entidades informacionales.

El procesamiento de los datos digitales se efectuó mediante los programas de tratamiento ELAS (Earth Resource Laboratory Analysis System, perteneciente al Technology Application Center-USA), ANIM (Análisis de Imágenes) y MULTISCOPE.

Para las comprobaciones con los resultados obtenidos de las imágenes SPOT, se hizo fotointerpretación del material de fotos aéreas a escalas 1:25000 (1968); 1:52000 (1983); y 1:10000 (1993), además de los muestreos en campo desde 1991 hasta la fecha.

## RESULTADOS

### Clasificación Supervisada (Figura 2a)

La aplicación del método unidimensional supervisado al IVN (imagen SPOT/1990 en condiciones de marea baja), permitió la diferenciación radiométrica de seis parcelas-clases fisiográficas, cinco de ellas vegetación, las cuales en el marco geomorfológico local son los planos intermareales no vegetados (playas, bajos del deltade marea bajante y planos de lodo en los contornos estuarinos internos); planos intermareales de manglar ribereño; vegetación de playa trasera y cordones litorales; unidad de transición; bosques de condiciones dulces en áreas de inundación fluvial; y bosque húmedo tropical elevado sobre el sector del Río Bongo.

Debido a la gran cobertura de nubes de esta escena, principalmente en las zonas internas-estuarinas, se suprimió la aplicación de los demás procedimientos por no permitir la comparación entre las diferentes superficies para una misma zona de control.

### Clasificación no Supervisada Hipercubo (Figura 2b)

El cálculo del IVN para la imagen SPOT/1991 presentó la discriminación de cinco entidades de vegetación: (1) planos intermareales-manglar; (2) pantanos de transición; (3) diferentes tipos de vegetación; (4) bosques de condiciones dulces; y (5)

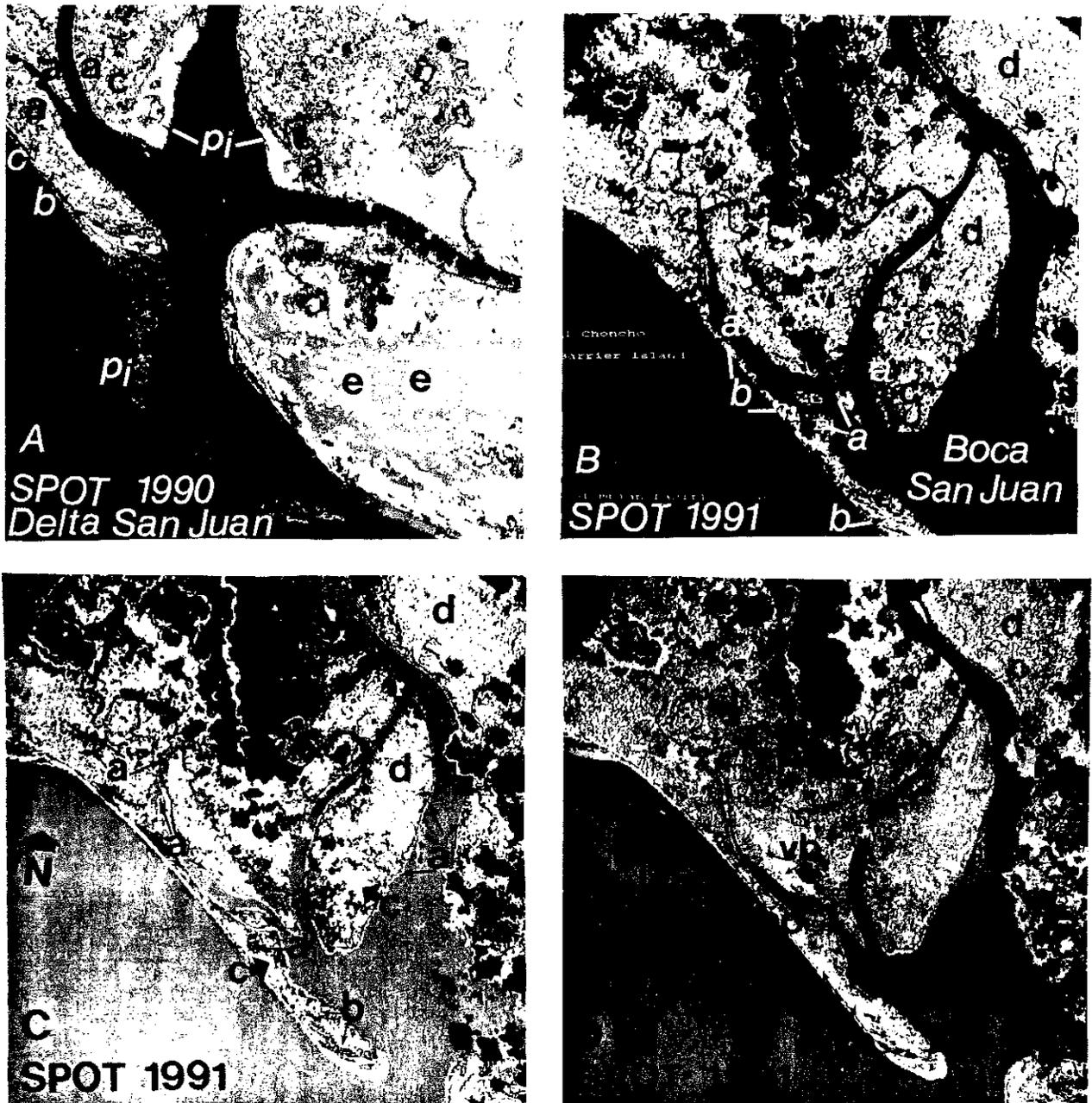


Figura 2. Imágenes (planos) resultantes de los métodos de procesamiento digital empleados para la delimitación de entidades vegetacionales, estuario Boca San Juan, Pacífico Colombiano. Abreviaciones: A = Clasificación Supervisada; B = Clasificación no Supervisada Hiper-cubo; C = Clasificación no Supervisada Estándar; y D = Clasificación no Supervisada de Análisis de Componentes Principales; a = planos intermareales de manglar ribereño; b = vegetación de playa trasera; c = pantanos transicionales; d = bosques de condiciones dulces en la zona de predominio fluvial; e = bosque húmedo tropical elevado en el sector del río Bongo; vb = vegetación baja (asociación *Gynerum sagittatum*), en el extremo distal de la espiga, y en indicios de antiguos cordones litorales; pi = planos intermareales no vegetados.

vegetación de playa trasera-ganchos de progradación reciente de la espiga. Sobre el plano resultante de IVN se efectuó el método Hipercubo que extracta por medio de la agregación espectral (producto del plano resultante Hipercubo por cada banda XS1-XS2-XS3), la información más relevante de las clases espectrales separadas estadísticamente (Tabla 1).

TABLA 1. AGREGACION ESPECTRAL DE CLASES INFORMACIONALES (VEGETACION), ENTRE EL PLANO HIPERCUBO Y BANDAS XS1-XS2-XS3. IMAGEN SPOT/1991, DELTA DEL RIO SAN JUAN.

|   | H * XS1 |     |      |     | H * XS2 |     |      |     | H * XS3 |     |       |     |
|---|---------|-----|------|-----|---------|-----|------|-----|---------|-----|-------|-----|
|   | Min     | Max | X    | Ds  | Min     | Max | X    | Ds  | Min     | Max | X     | Ds  |
| 1 | 61      | 114 | 69.5 | 6   | 43      | 90  | 52   | 6   | 70      | 132 | 83.1  | 9   |
| 2 | 61      | 87  | 66.8 | 2.9 | 42      | 69  | 49   | 3   | 73      | 118 | 86.3  | 5.4 |
| 3 | 61      | 80  | 66.2 | 2.1 | 42      | 62  | 48.1 | 2.1 | 77      | 113 | 89.1  | 4.2 |
| 4 | 61      | 78  | 66   | 1.7 | 43      | 60  | 47.6 | 1.6 | 82      | 116 | 94.4  | 4.6 |
| 5 | 62      | 73  | 66.5 | 1.8 | 43      | 55  | 47.3 | 1.7 | 94      | 125 | 104.4 | 4.6 |

Abreviaciones: 1 a 5 = Unidad-Clase de Vegetación; H = Plano Hipercubo; XS1-XS2-XS3 = Bandas espectrales de SPOT; Min = Mínimo del intervalo; Max = Máximo del intervalo; X = Valor medio; Ds = Desviación estándar.

Se aprecia que los intervalos para cada clase de los productos H\*XS1 y H\*XS2 son de rango estrecho, y como la media de cada unidad vegetacional se presenta muy cercana a las demás, no permitiendo una buena discriminación de superficies.

Al contrario, H\*XS3 observa en cada entidad vegetacional un mayor intervalo de mínimo-máximo y una separación entre valores medios más acentuada, principalmente entre la unidad (5) vegetación de playa trasera y (4) bosques de condiciones dulces, y entre éstas y las unidades (1) manglar-(2) transición. No obstante, la desviación estándar de las clases con respecto a la media, es mayor debido a la amplitud de los rangos de confianza en las mismas.

#### Clasificación no Supervisada Estándar (Figura 2c)

Se realizó entre las bandas espectrales 1-2-3, dando la discriminación de 55 clases espectrales, 8 de ellas pertenecientes a vegetación, entre las cuales dos corresponden al manglar. La agrupación empleando la combinación para la gráfica de correlación, entre banda 3 (Infra-rojo/eje X), con banda 2 (Rojo/eje Y), mediante el análisis de máxima verosimilitud, reunió las 55 clases espectrales en entidades informacionales

(Aguas, nubes y sombras, planos intermareales, y 6 clases de vegetación), relacionadas por su separabilidad en promedios estadísticos de número digital (Figura 3).

Clasificación no Supervisada de ACP (Figura 2d)

En el algoritmo de ACP para la imagen SPOT/1991, a partir de las bandas espectrales XS1-XS2-XS3 dispuestas en tres componentes, los dos primeros obtuvieron el 99.78% de la variabilidad de la información digital original, y el tercero sólo 0.22% de variación (Tabla 2).

TABLA 2. PORCENTAJE DE VARIANZA POR EIGEN VALORES ACUMULADOS DE CADA COMPONENTE. ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES. IMAGEN SPOT/1991, DELTA DEL RIO SAN JUAN.

| [ | COMPONENTE PRINCIPAL |       |       | ]      |   |
|---|----------------------|-------|-------|--------|---|
|   | 1                    | 2     | 3     |        |   |
| [ | PORCENTAJE           | 64.72 | 35.06 | 0.22   | ] |
| [ | ACUMULADO            | 64.72 | 99.78 | 100.00 | ] |

Se relacionaron los Componentes Principales 1 y 2 para una clasificación de máxima verosimilitud, la que representó 56 clases (Figura 4), nueve de ellas a vegetación, y de éstas tres a la unidad de manglar (10-25-35); una a la combinación de unidades borde de canales estuarinos y bosques desarrollados en cordones litorales (12); tres resaltaron la vegetación baja, en los ganchos de progradación en el extremo distal de la espiga y lineamientos interiores en indicios de antiguos cordones litorales (48-20-5); y las últimas dos, combinación de bosques de condición cuangarrial en cordones litorales y unidad de pantanos dulces-zona de predominio fluvial (1-22).

#### DISCUSION DE RESULTADOS

Para la imagen SPOT/1990, se efectuó la corrección radiométrica para cada banda espectral, mediante los programas ANIM y MULTISCOPE, introduciendo los factores de corrección del número digital de cada pixel. De otro lado, a la escena SPOT/1991 no se le realizó dicha corrección, por lo cual los procesos empleados sobre ella se hicieron sobre los datos digitales y no en términos de radiancia.

Hardisky et al., (1986) citado por Brotman y Rodríguez (1993), comprobaron en estudios de zonas litorales, como las correcciones radiométricas en comparación con datos en bruto, incrementaron la posibilidad de detectar la biomasa vegetal en 40-60%. Esta estimación no fué lograda para este estudio, debido a la diferente localización por cobertura de nubes en las ventanas SPOT 1990 (corregida)/1991(sin corrección).

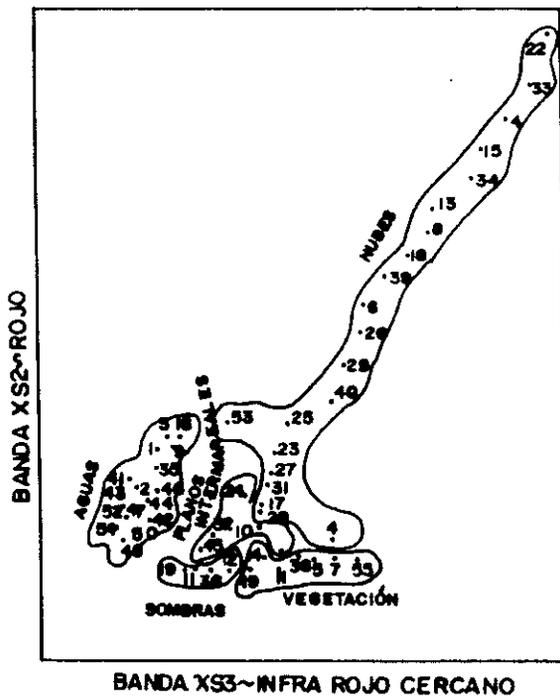


Figura 3. Clasificación de Máxima Verosimilitud, Bandas X 52-X53 Clasificación no Supervisada Estándar. Imagen Spot, Delta del Río San Juan, Nov./1991.

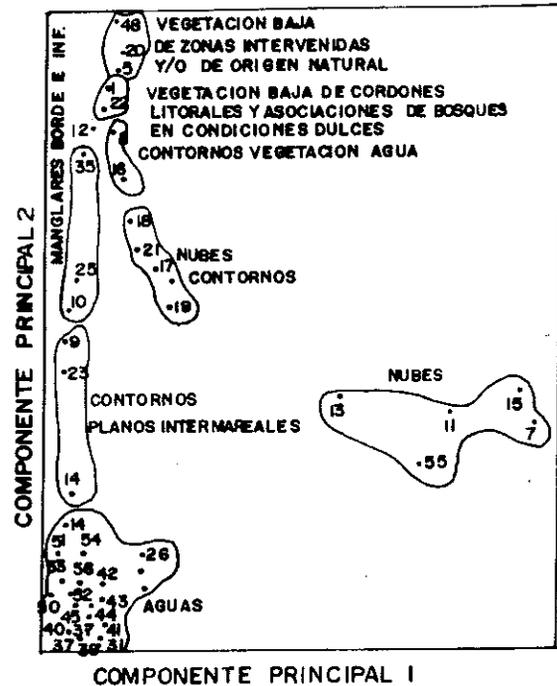


Figura 4. Clasificación de Máxima Verosimilitud, Componentes Principales 1 y 2. Imagen Spot, Delta del Río San Juan, Nov./1991.

La clasificación supervisada del IVN (imagen SPOT/1990, condiciones de marea baja), fué realizada con base en el conocimiento previo del área de estudio, y seleccionando áreas piloto (parcelas de entrenamiento), las cuales fuesen representativas de cada unidad previamente delimitada. La imagen resultante obtuvo una buena discriminación de las unidades manglar ribereño (borde), bosques de condiciones dulces, y unidad húmedo tropical elevada con muy buena delimitación de acuerdo con la cartografía de IGAC (1980). Sin embargo, advirtió confusión/mezcla entre las clases de transición, cordones litorales y playa trasera.

Según Chuvieco (1990) y Tommervik (1986), cuando la selección de las parcelas de entrenamiento se hace sobre áreas heterogéneas, con zonas de transición de diferentes unidades, las estimaciones estadísticas serían el promedio de las diferentes entidades informacionales, obteniéndose más bien una clase híbrida que se confundiría con otras unidades. En cuanto a las unidades vegetacionales de la Isla El Choncho, los sistemas de cordones litorales presentan para algunas partes, cambios de composición vegetal tanto en especies como en estructura y desarrollo, en amplitudes de menos de 30 metros.

La resolución espacial de SPOT (20x20 m), no permite delimitar parcelas radiométricas en zonas de gran heterogeneidad, limitando la aplicación de los métodos supervisados al buen conocimiento de las superficies piloto a seleccionar; a que la separación entre unidades/parcelas de entrenamiento esté dispuesta dentro del rango de resolución espacial del sistema satelitario empleado; y sobre zonas muy homogéneas (algunos casos manglar), la selección

de una sola clase de entrenamiento podría enmascarar la variación real de esa superficie en la escena.

Referente a los métodos no supervisados, estos definen las clases espectrales en la imagen, a partir de grupos "Cluster" que forman los números digitales, los cuales corresponden a agregaciones de pixels con un comportamiento radiométrico homogéneo al que el intérprete le asigna una clase temática/informacional (Jensen, 1986; Chuvieco, 1990).

En la clasificación estándar (Figura 3), la vegetación tuvo un comportamiento muy similar en la banda 2 (Rojo), ofreciendo menos posibilidades de separación de clases vegetacionales, mientras que la banda 3 (Infra-rojo cercano), permitió una mejor diferenciación de las superficies, observándose un aumento progresivo de respuesta espectral, desde las clases de manglar (11-19) hasta las entidades de mayor respuesta, vegetación baja de cordones litorales y/o zonas intervenidas (5-55).

El ACP (Figura 4), presentó una clase más para la unidad de manglar y dos adicionales para la unidad de vegetación baja de cordones litorales. También, advirtió el comportamiento lineal del componente principal 2, que mostró una característica ascendente en la respuesta espectral, desde el grupo informacional de aguas hasta la vegetación baja de cordones litorales y/o áreas de intervención (Clases 5-20-48).

El ACP es una transformación que da como resultado imágenes en nuevos componentes principales, las cuales son más interpretables que los datos originales (Kaneko, 1978; Byrne et al., 1980, citados por Jensen, 1986). Además, reduce los datos superfluos, resumiendo amplios conjuntos de variables en grupos más pequeños sin perder la significancia de la información original (Chuvieco, 1990). La imagen SPOT-Delta San Juan obtuvo entre los dos primeros componentes el 99.78% de la variabilidad, presentando en el tercero la información debida al ruido propio del sensor y a las interferencias atmosféricas. Ello permitió la mejor separación de clases espectrales entre los métodos no supervisados, a medida que su discriminación fué aislada en dos partes.

Los buenos resultados del canal Infra-Rojo (IR) para la delimitación de superficies vegetacionales han sido ampliamente expuestos, y para zonas litorales las ventajas del canal XS3 de SPOT (IR cercano), por su buena resolución espacial, han sido resaltadas para la discriminación de entidades florísticas en áreas tropicales de gran heterogeneidad (Biaw et al., 1987; Klemas & Gross, 1987; Klemas et al., 1987; y Thomas et al., 1987, entre otros).

Los análisis estadísticos en los procesos no supervisados, permitieron aportar para el IR cercano, que cada método posee la mayor o menor propiedad de resaltar diferentes superficies espectrales/clases informacionales. En la imagen Delta San Juan,

la clasificación Hipercubo obtuvo una baja discriminación - separación de unidades, lograda sólo en la agregación espectral mediante el producto Hipercubo por Banda IR cercano (Tabla 1). El análisis de máxima verosimilitud para el procedimiento Estándar, advirtió en el eje del IR cercano seis clases de vegetación identificadas (dos de manglar)(Figura 3). Luego, el ACP obtuvo la mejor discriminación tanto en unidades vegetacionales (9) como de manglar (3)(Figura 4).

La Tabla 3 demuestra el gran dominio-peso que presenta el CP2 en el espectro del Infra-Rojo, lo que permitió la mejor discriminación de las entidades espectrales-informacionales de la vegetación. El CP3 que fué excluido de ACP, presentó un alto peso en el espectro visible y en el IR. Sin embargo, visualizando este componente, mucha de su información presenta ruido, especialmente en las clase informacional de aguas.

TABLA 3. MATRIZ DE TRANSFORMACION-EIGEN VECTORES QUE DEMUESTRAN LA ASOCIACION ENTRE COMPONENTES PRINCIPALES Y BANDAS ORIGINALES. IMAGEN SPOT/1991, DELTA DEL RIO SAN JUAN.

| CANAL  | COMPONENTE PRINCIPAL |               |         |
|--------|----------------------|---------------|---------|
|        | 1                    | 2             | 3       |
| 1      | 0.6142               | -0.3178       | 0.7223  |
| 2      | 0.6364               | -0.3418       | -0.6915 |
| 3 (IR) | 0.4667               | <b>0.8844</b> | 0.7670  |

Para la zona de estudio, los resultados obtenidos con el análisis de máxima verosimilitud del ACP, mostraron las ventajas del método en la discriminación/separación de unidades vegetacionales, principalmente vegetación baja en cordones litorales y zonas de intervención. La agregación de clases espectrales en la clasificación estándar, presentó buena delimitación para los bosques de condiciones dulces y manglares ribereños de gran desarrollo, además de la separación de fronteras manglar-transición.

No se efectuó la comparación para la imagen SPOT (1991), entre los datos corregidos en términos de radiometría y los procesos efectuados sobre los números digitales, por lo que los métodos hechos sobre dicha escena, se han presentado como una aplicación preliminar y no como resultados finales en términos de reflectancia real de las superficies.

La incorporación de técnicas en percepción remota para estudios de ambientes estuarinos, debería comenzar con la realización de proyectos ensayo, localizados en condiciones ambientales similares de otras zonas litorales, y áreas representativas de diferentes eventos/superficies, permitiendo establecer si la teledetección podría reemplazar ó no la información requerida (Claasen y Kuchler, 1986).

El marco geomorfológico del estuario Boca San Juan, contiene ambientes comunes con los que se presentan a lo largo de la parte media sur del Litoral Pacífico Colombiano (por ej. frente deltaico del Río Patía)(Correa et al., 1994). Por lo tanto, este estudio ha querido presentar los resultados como una propuesta sobre el empleo de métodos de procesamiento digital para la identificación de entidades morfológicas/vegetacionales, aplicables a otras áreas del litoral.

#### BIBLIOGRAFIA

- Biaw, A.T.; B. Mougenot; M.D. Thiam & Y.V. Thomas, 1987. Contributions of SPOT Imagery to the Study of the Littoral Environments of Saloum (Senegal). En: SPOT 1 Image Utilization. Assessment, Results. Paris.
- Brotman, T & D. Rodríguez, 1993. Manglares: Cartografía e Inventario utilizando Tecnologías de Observación Terrestre. En: Memorias VI Congreso Latinoamericano de Percepción Remota, Cartagena, Colombia, Octubre de 1993.
- Claasen, D. van. & D. Kuchler, 1986. Planning the Incorporation of Remote Sensing in Marine Projects. En: The Application of Digital Remote Sensing Techniques in Coral Reef, Oceanographic and estuarine Studies. UNESCO, Townsville, Australia, 1985. pp 3-13.
- Correa, I.D.; J.D. Restrepo & O.C. Aristizábal, 1994. Proyecto EAFIT-UNIVALLE-COLCIENCIAS: Delta del río San Juan. Geomorfología General y Tipos de Vegetación de la Isla El Choncho, Litoral Pacífico de Colombiano. En: Mem. III Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, COMFENALCO, Armenia, Julio 27-29. Tomo II, En Publicación.
- Chuvieco, E., 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ed. Rialp S.A., Madrid. 453 p.
- IGAC, Subdirección Agrícola, 1980. Estudio General de Suelos del Municipio de Buenaventura (Departamento del Valle del Cauca). Bogotá, D.E. 125 p.
- INPA & EAFIT; 1991. Evaluación global del potencial para la acuicultura de la franja costera del Pacífico Colombiano por medio de imágenes de satélite (Sector Río Mira-Buenaventura). Medellín, Colombia: Instituto Nacional para la Pesca y Acuicultura-Universidad EAFIT, 120p.
- Jensen, J.R., 1986. Introductory Digital Image Processing - Remote Sensing Perspective. Ed. Prentice - Hall, U.S.A. 379 p.

- Klemas, V. & M.F. Gross, 1987. SPOT Investigations of Estuaries and Coastal Zones. En: SPOT I Image Utilization. Assessment, Results. Paris. pp 1035 - 1039.
- Klemas, V.; M.F. Gross & M.A. Harkisky, 1987. Evaluation of SPOT data for Remote Sensing of Physical and Biological Properties of Estuaries and Coastal Zones. En: SPOT I Image Utilization. Assessment, Results. Paris.
- Thomas, V.Y., 1990. Curso Intensivo sobre Sensores Remotos. Módulo de Aplicación a los Estudios de Zonas Costeras. IGAC. Bogotá, Colombia.
- Thomas, V.Y.; C. Andrade & K. Robertson, 1987. Application de l'imagerie SPOT a l'étude du litoral caraibe; sédimentologie et géomorphologie. En: II Simposio Latinoamericano sobre Sensores Remotos. Bogotá, Colombia. (1): pp 183-196.
- Tommervik, H., 1986. Comparison of SPOT-simulated and Landsat 5 TM imagery in vegetation mapping. En: Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management / Enschede August 1986. pp 525-529.

SEDIMENTOLOGIA DEL ESTUARIO BOCA SAN JUAN, DELTA DEL RIO SAN JUAN, PACIFICO COLOMBIANO. Resultados Preliminares.

Olga C. Aristizábal(1); Iván D. Correa(1); Juan D. Restrepo(1)

RESUMEN

Con el fin de identificar los principales ambientes de depósito y encontrar relaciones distribución-procesos dinámicos estuarinos en el sector Boca San Juan - Isla El Choncho, se muestrearon por métodos convencionales (trincheras, cono de Bertois) los sedimentos superficiales de unidades morfológicas previamente definidas: Plataforma somera, playas y espigas litorales, barras y canales estuarinos, pantanos de manglares.

El análisis textural de estos sedimentos permite diferenciar 5 tipos básicos: 1) Limos finos de la plataforma somera, profundidad menor de 9m. (prodelta); 2) Arenas medias a finas de playas, cordones litorales y de deltas de reflujo; 3) Arenas gruesas y gravas en canales fluviales y secciones profundas del estuario Boca San Juan; 4) Mezcla de arenas y lodos en la zona inferior media del estuario, y 5) Lodos orgánicos de pantanos intermareales (pantanos de Manglares). Los análisis mineralógicos de la fracción arena de estos sedimentos muestran fragmentos de roca (esquistos, ígneas básicas y lodolitas), cuarzos, feldespatos, hornblenda y otros anfíboles, hiperstena y diópsido como componentes principales. Como accesorios se presentan principalmente zircon, granate y fragmentos de vidrio volcánico. Los aportes calcáreos son menores en todos los tipos identificados.

Se presentan consideraciones preliminares sobre la proveniencia de estos sedimentos y las relaciones entre tipos, distribución y factores dinámicos identificados hasta el momento (corrientes fluviales, de oleajes y de mareas).

ABSTRACT

In order to identify main depositional environments and assessing relationships between distribution-estuarine

-----  
 Universidad EAFIT, Departamento de Geología, Area de Ciencias del Mar; A.A. 3300, Medellín. Tel: (94)2660500 Ext 535, 231.

dynamical processes in the Boca San Juan - Isla El Choncho area, a conventional sampling (trenches, Bertois cone) of surficial sediment was made for morphological units previously defined: shallow marine platform, beaches and littoral spits, estuarine bars and channels, mangrove swamps.

Textural analysis allowed differentiation of five basic types sediments: 1) fine and coarse silts on the shallow marine platform, depths < 7m (prodelta); 2) medium to fine sands of beaches, beach ridges and ebb tidal deltas; 3) coarse sands and gravels in river channels and deepest areas of the Boca San Juan estuary; 4) Mixed sands and muds in the midium-inferior part of the estuary, and 5) organic muds of intertidal flats (mangrove swamps). Mineralogical analysis of the sand fraction of these sediments showed rock fragments (schists, basic igneous, mudstones), quartz, feldspars, hornblende and other amphiboles, hyperstene, diopside as the main components. As accessory minerals zircon, garnets and volcanic ash fragments were found. Calcareous detritus were minor in all the defined types.

Preliminary considerations are presented concerning provenance of these sediments and relationships among types, distribution and dynamical factors identified up to now (fluvial currents, waves and tides).

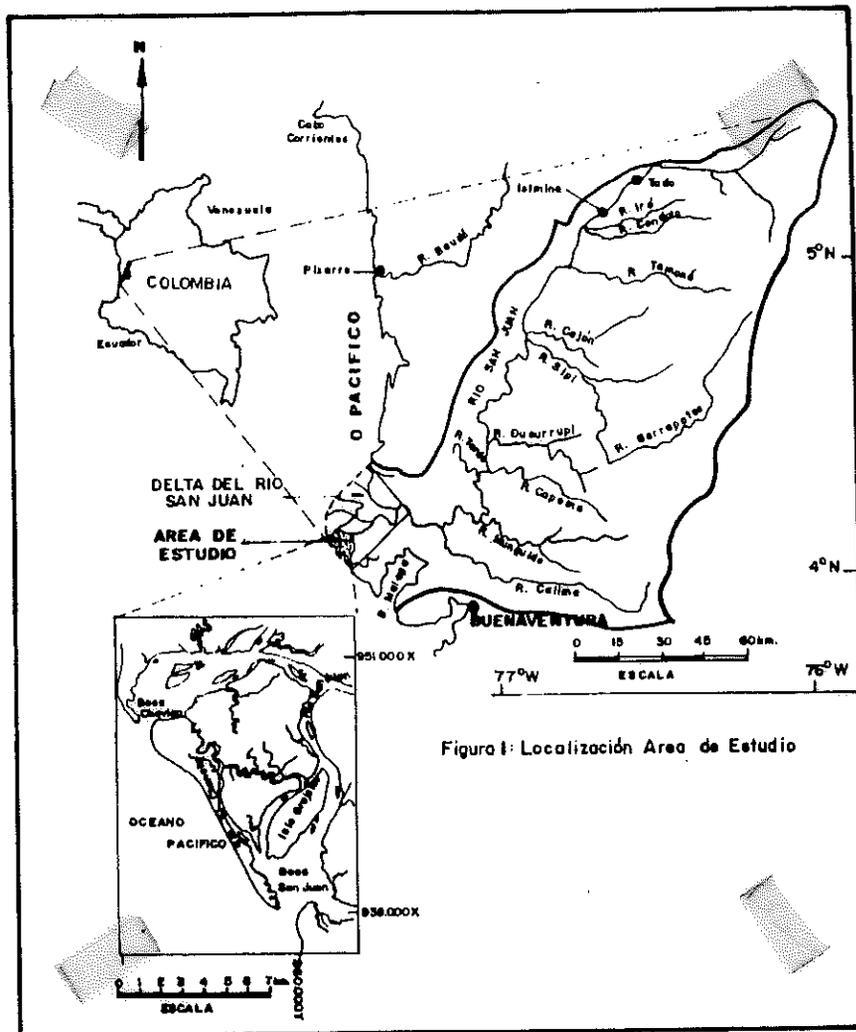
## INTRODUCCION

El estudio sedimentológico de la Boca del río San Juan, se basó en la caracterización de los sedimentos superficiales tanto del estuario como de las unidades geomorfológicas más importantes (descritas por Correa et al, en este seminario).

La caracterización incluyó los principales parámetros estadísticos, la identificación de los minerales principales y accesorios y el contenido de materia orgánica; con esta información se realizó la cartografía escala 1:10.000 mostrando la distribución de los sedimentos según 5 tipos principales.

**Contexto General:** El Río San Juan tiene un curso aproximado de 326 km, nace en la Cordillera Occidental en el Cerro de Caramanta, drena una cuenca de 14.605 km<sup>2</sup>. Geológicamente la cuenca en la parte más superior, está conformada por rocas ígneas de composición básica a ultrabásica que intruyen un basamento oceánico (Salinas et al, 1991), y en su sección media y baja está constituida por rocas sedimentarias marinas, arcillo arenosas, localmente presentan conglomerados y calizas de edad Oligoceno - Plioceno y turbiditas sedimentos marinos de ambientes profundos del Paleoceno - Eoceno.

El área de estudio se encuentra localizado entre las coordenadas Gauss X: 940.000 - 945.000, Y: 955.000 - 960.000, con un área aproximada de 95 km<sup>2</sup> (Fig. 1). Detalles sobre



climatología, Correa et al (en estas memorias).

**Metodología de Trabajo:** El trabajo de campo comprendió el muestreo sedimentológico entre 1993 y 1994, recolectándose un total de 150 muestras, 80 de ellas de los fondos estuarinos de Boca San Juan y Boca Chavica. Los puntos de muestreo se realizaron en transectos aproximadamente perpendiculares al eje del río y espaciados arbitrariamente, se realizaron perfiles batimétricos con una Ecosonda (Furuno FE6300), donde se ubicaron las diferentes muestras recolectadas y observaciones en la variación del sedimento.

25 muestras se recolectaron en la plataforma somera. Estos muestreos se realizaron junto con perfiles batimétricos, perpendiculares a la línea de costa y espaciados aproximadamente 500m uno de otro, alcanzando profundidades no mayores de 10m.

Las muestras de la plataforma como de los fondos estuarinos se recolectaron desde la lancha mediante un cono de Bertois con un diámetro mayor de 25cm.

40 muestras se tomaron en las unidades morfológicas como pantanos de manglar (agua salada), pantanos de agua dulce,

cordones litorales, espigas y playas; utilizando un tubo al vacío de aproximadamente 5cm de diámetro y una longitud de 50cm.

En el laboratorio las muestras fueron tamizadas en húmedo, para separar la arena de los lodos. Luego las arenas se tamizaron en seco, según metodología de Folk (1974) y los lodos fueron determinados por el método del hidrómetro (Chester, 1970). El contenido de materia orgánica se obtuvo por incineración a 500°C, método propuesto por Byers et al (1978).

El análisis mineralógico se realizó en las fracciones 125 y 62.5 micrómetros, por métodos ópticos y la cuantificación se realizó por el método estadístico de conteo de puntos.

El mapa base para la presentación de los resultados se realizó a escala 1:10.000, con base en planos topográficos del Agustín Codazzi del año 1969 y fotografías aéreas escala 1:10.000 de Diciembre de 1993 (vuelo particular).

## SEDIMENTOLOGIA

Los sedimentos se clasificaron según el diagrama de Folk (1974), con los siguientes tipos principales de sedimentos: Limos, Limo Arenosos, Areno Limosos, Arenas y Arenas con Gravas. Se describirán cada uno de los tipos de sedimentos relacionándolos a las unidades geomorfológicas descritas por Correa et al (1994, en estas memorias).

**Plataforma Somera:** Con pendientes menores de 10° de inclinación, el muestreo sedimentológico se realizó hasta profundidades máximas de 8m (Figs. 2 y 3), donde se presentan limos gruesos a medios, con Mz entre 4.690- 5.493 $\phi$  y desviación Standard entre 0.9 - 1.54 $\phi$ , pobremente sorteados (Fig. 5a). Los sedimentos presentan dos modas principales en 4.5 y 5 $\phi$ . El contenido de materia orgánica entre 0.425 - 0.720%.

Mineralogicamente los principales minerales son: Fragmentos oxidados y fragmentos de rocas (40 - 48%, principalmente ígneos), cuarzo (16 - 28%), hornblenda (10.40 - 12.40%), lamprolita (0.80 - 2%), hiperstena (0.4 - 0.8%), Diopsido (4 - 5.60%), cromodiopsido (0.80 - 4.80%) y como accesorios zircones y piroxenos.

**Las Playas:** Presentan amplitudes máximas de 100m en marea baja, en el diagrama de Folk (1974), están clasificadas como sedimentos arenosos (Figs. 2 y 3), Presentan medias entre 2.13 y 2.43 $\phi$ , que corresponde a arena fina y desviación standard entre 0.42 y 0.50 $\phi$ . Presenta una sola moda en 2.5 $\phi$  (López et al, 1992).

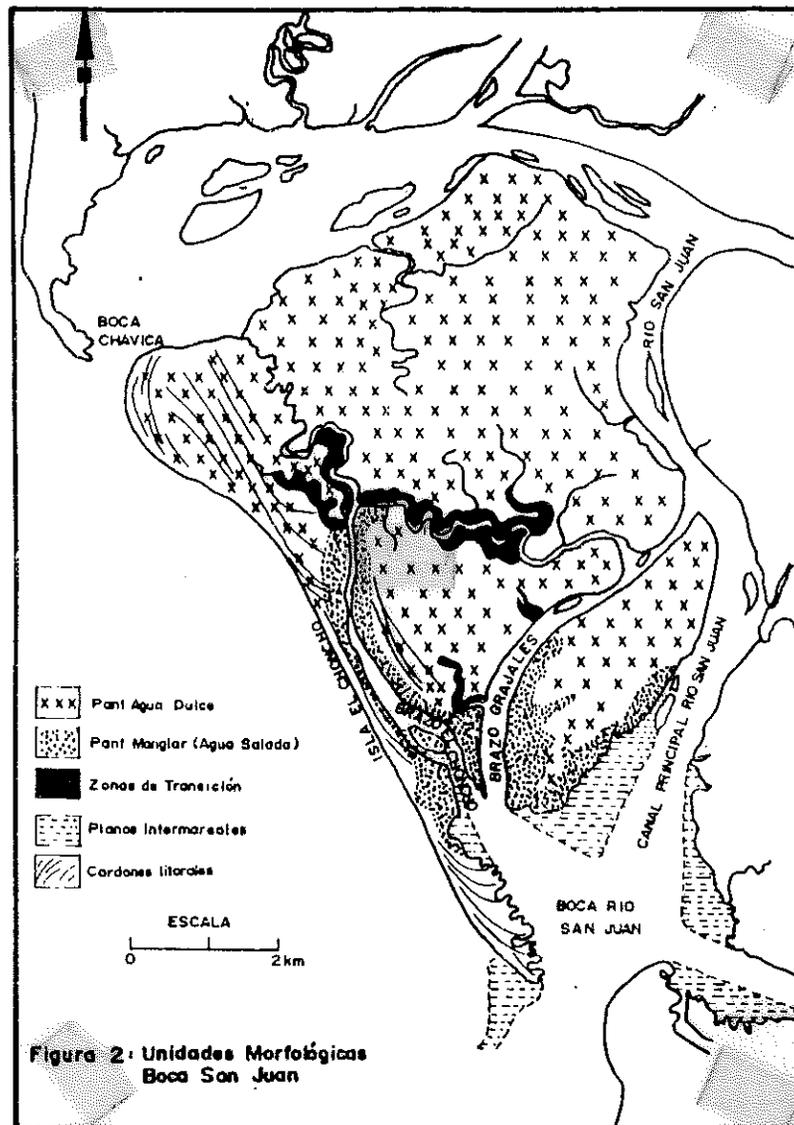
Mineralogicamente presentan: Fragmentos de roca (25 -38%), feldespatos (15 -20%), opacos (10%), hornblenda (5 -7%), cuarzo (10- 12%), lamprofita (3 -5%), hiperstena (3 -4.5%) y como accesorios principales fragmentos de vidrio volcánico, zircón.

**Espigas y Cordones Litorales:** Estas geoformas evidencian la progradación de la playa, la secuencia de cordones litorales

está cubierta por vegetación, descrita por Restrepo et al (1994, en estas memorias, Fig. 2). Los cordones litorales están clasificados como arenas con medias entre 1.705 - 2.318 $\phi$ , correspondiendo a arenas medias a finas y desviación entre 0.44 - 0.5 $\phi$  buena selección.

Mineralógicamente presenta fragmentos oxidados y fragmentos de roca(38 - 40%), cuarzos(22.80 - 27%), hornblenda (2.80 - 4%), lamprolita (3.5 - 4.4%), hiperstena (2 - 4%), opacos (9.20 - 16%), diopsido (4.40 - 8.40%), cromodiopsido (2.40 - 5.20%) y como minerales accesorios granate, zircon y enstatita.

**Pantanos de Agua Dulce:** Se encuentran localizados en los terrenos internos, un poco alejado de los esteros y en la parte norte de la I. El Choncho (Fig. 2). Estas zonas presentan bateas de agua dulce con profundidades hasta de 50cms, en ninguna época del año son inundadas por aguas saladas (pujas).



**Figura 2: Unidades Morfológicas Boca San Juan**

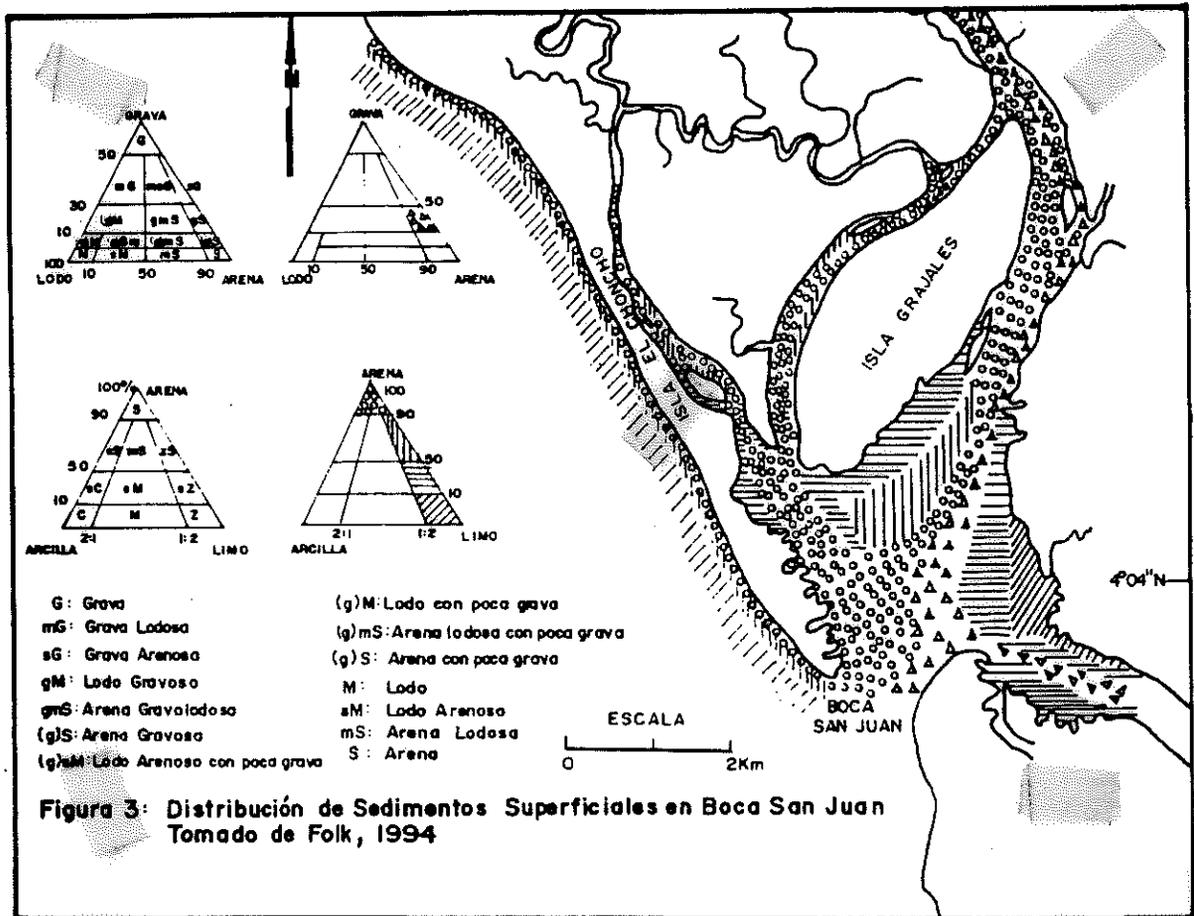
Estos suelos son predominantemente limosos (Mz entre 4.25 - 5φ) y con gran contenido de troncos, palos y raíces, contenido de materia orgánica 0.721 - 1.65%.

**Pantanos de Manglar (Agua Salada):** Se presentan generalmente en las margenes de los brazos y esteros donde alcanza a penetrar la marea (Restrepo et al 1994, en estas memorias, Fig. 2), se pueden extender hacia tierra hasta 1 km. Los suelos son limo arenosos con Mz entre 3.75 y 5.01φ y el contenido de materia orgánica varía entre 0.643 - 1.56%.

**Lagunas Estuarinas:**

**Boca San Juan:** Se presentan 5 tipos principales de sedimentos con la siguiente distribución (Fig. 3):

Sedimentos Arenosos con gravas: están localizados a lo largo del eje del canal mas profundo del río San Juan (Fig. 2) desde I. Mono donde el canal alcanza una profundidad máxima de 5m, hasta la boca del río con una profundidad de 13m. Estos sedimentos presentan medias entre 0.239 - 0.914φ y desviación standard entre 0.46 - 0.61φ, bien a moderadamente bien



seleccionadas, y con modas principales en  $-1$  y  $0.75\phi$  (Fig. 5b). Contenidos de materia orgánica entre  $0.097 - 0.25\%$ . Mineralógicamente, presenta fragmentos de roca ( $40 - 45\%$ ) esquistosos y lutíticos, cuarzos ( $24 - 27\%$ ), hornblendas ( $5\%$ ), lamprolito ( $2.40 - 2.80\%$ ), hiperstena ( $.6 - 2\%$ ), opacos ( $8 - 9\%$ ), Diopsido ( $6\%$ ), cromodiopsido ( $4\%$ ) y como minerales accesorios piroxeno incoloro.

Sedimentos Arenosos: Localizados a lo largo de los canales menos pronunciados del Río San Juan y de los canales del Brazo El Choncho y Grajales. Estos sedimentos también ocupan la parte inferior Oeste del estuario (Fig. 3). Los sedimentos presentan medias entre  $2.076 - 1.211\phi$ , correspondientes a arenas medias a finas, y desviación standard entre  $0.46 - 1.04\phi$  entre bien seleccionadas a moderadamente seleccionadas, con moda principal en  $2.5\phi$  y submodas en  $2$  y  $3\phi$  (Fig. 5c). Contenido de materia orgánica entre  $0.683 - 2.509\%$ .

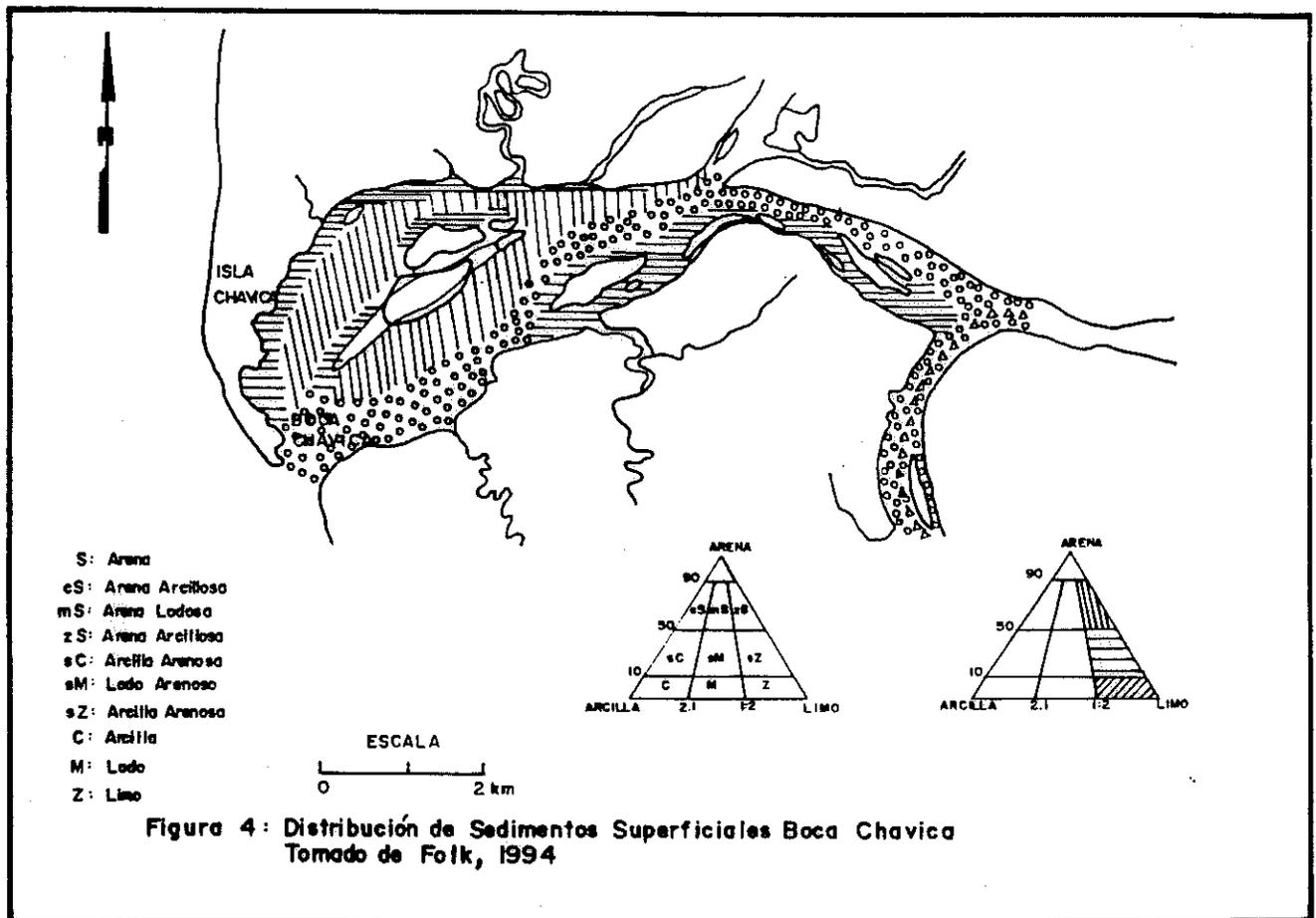
Mineralógicamente presenta fragmentos oxidados y fragmentos de roca entre ( $40 - 42\%$ ), cuarzo ( $13 - 16\%$ ), hornblenda ( $11 - 14\%$ ), lamprolita ( $2 - 4\%$ ), hiperstena ( $5.20, 7.20$ ), opacos ( $6.80 - 13.6\%$ ), diopsido ( $6.80 - 7.20\%$ ), cromodiopsido ( $1.20 - 3.20\%$ ), accesorios zircon, granate, augita, piroxeno incoloro y fragmentos de vidrio volcánico.

Sedimentos Areno Limosos: Se presentan principalmente cerca de los planos intermareales o de las pequeñas islas en formación (isla frente al caserío El Choncho, Fig. 2), estos sedimentos tienen medias entre  $3.032 - 3.897\phi$ , correspondientes a tamaño de grano muy fino y desviación standard de  $1.3 - 2.87\phi$  mala selección. Presentan generalmente 2 ó 3 modas principalmente en  $2.5 - 3\phi$ . Contenido de materia orgánica entre  $0.834 - 1.321\%$ . Mineralógicamente fragmentos oxidados y fragmentos de roca ( $42 - 48\%$ ), cuarzo ( $12 - 20\%$ ), hornblenda ( $4 - 13.6\%$ ), lamprolita ( $1.6 - 3\%$ ), Hiperstena ( $2 - 4\%$ ), opacos ( $6.4 - 12\%$ ), diopsido ( $5.6$  y  $10.4\%$ ), cromodiopsido ( $0 - 5\%$ ), como minerales accesorios granates y augitas.

Sedimentos Limo Arenosos: Se encuentran principalmente asociados a los planos intermareales de la Isla Grajales y de la espiga de la Isla el Choncho (Fig. 2). La media para estos sedimentos está entre  $5.862$  y  $4.567\phi$ , con desviaciones standard entre  $1.60 - 2.50\phi$  mal seleccionadas, generalmente presentan dos modas principales en  $2.5$  y  $4\phi$  (Fig. 5d). Contenido de materia orgánica entre  $0.85\%$  y  $2.509\%$ .

Sedimentos Limosos: Sedimentos localizados en el plano intermareal del Estero Cojones principalmente. La media corresponde a los valores cercanos a  $5.827 - 6.742\phi$  limos medios con desviaciones standard de  $2.12 - 2.81\phi$  muy pobremente seleccionada. Estos sedimentos no presentan modas muy definidas. Contenido de materia orgánica entre  $4.38$  y  $6.52\%$ .

Boca Chavica: Presenta tres tipos diferentes de sedimentos, según el diagrama de Folk (1974; Fig 4):



Sedimentos Arenosos: Estos sedimentos están ubicados a lo largo del eje principal del río, en la sección sur del estuario; con media principal entre  $1.597 - 2.293\phi$  y desviación standard entre  $0.6 - 0.868\phi$ . Presentan una moda principal en  $2.5\phi$  y modas menores en  $2.5$  y  $1.75\phi$  (Fig. 5e). Contenido de materia orgánica entre  $0.142 - 0.421\%$ .

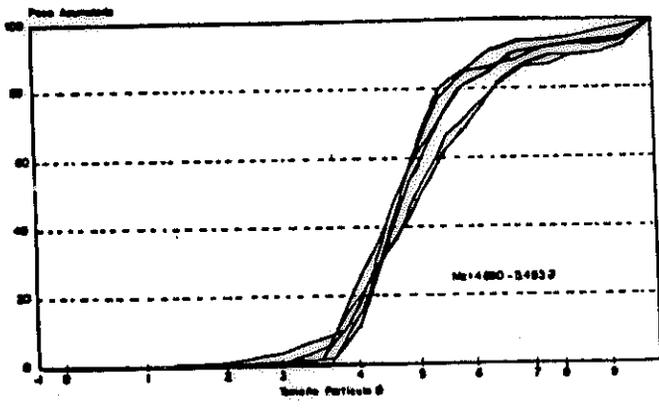
Sedimentos Arena Limosos: Localizados a lo largo de la sección norte del estuario, cubriendo los canales de segundo orden. Con medias principales entre  $2.063$  y  $3.99\phi$  y desviaciones standard entre  $0.8 - 1.8\phi$  (mala selección) y moda principal en  $2.5\phi$  (Fig. 5f). Contenido de materia orgánica entre  $0.287$  y  $0.420\%$ .

Sedimentos Limo Arenosos: Están ubicados en los planos intermareales y en los bordes de las islas en formación. Estos sedimentos presentan medias entre  $3.890 - 6.133\phi$ , y poseen una muy mala selección ( $1.61 - 2.37\phi$ ), con moda en  $3.5\phi$ .

#### DISCUSION Y CONCLUSIONES

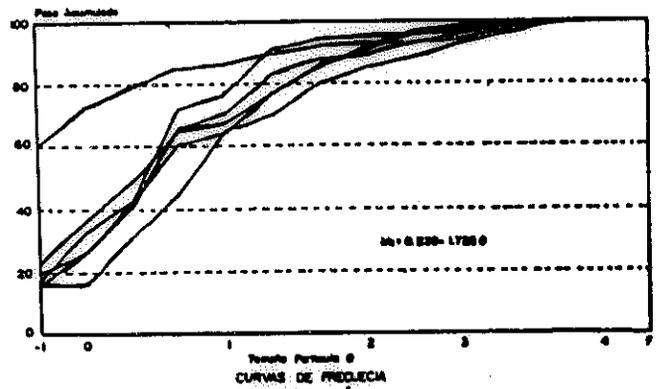
La distribución sedimentológica de los estuarios del Río San Juan (Boca San Juan y Chavica), reflejan las condiciones de energía para cada subambiente.

Boca San Juan presenta canales de igual profundidad a Boca



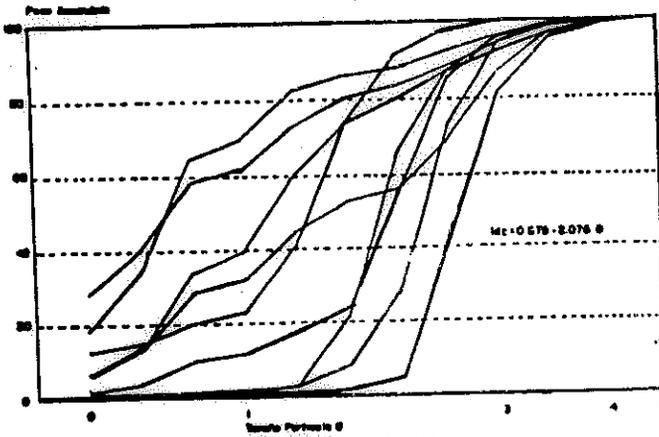
CURVAS DE FRECUENCIA ACUMULADA

Figura 5a: Sedimentos Tipo Limon  
Fondadero El Chavica



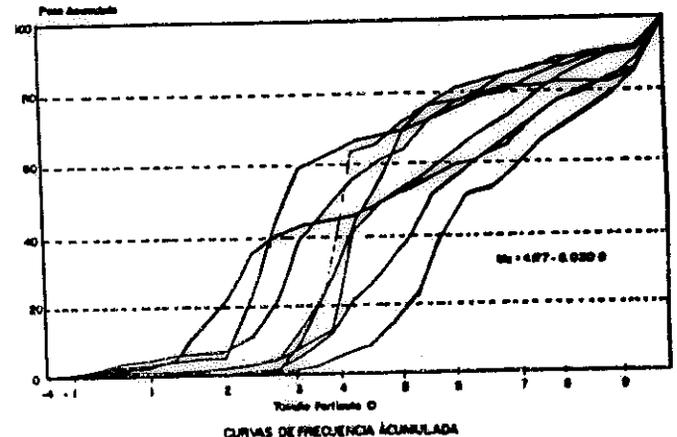
CURVAS DE FRECUENCIA

Figura 5b: Sedimentos Tipo Arenaceous  
Boca San Juan



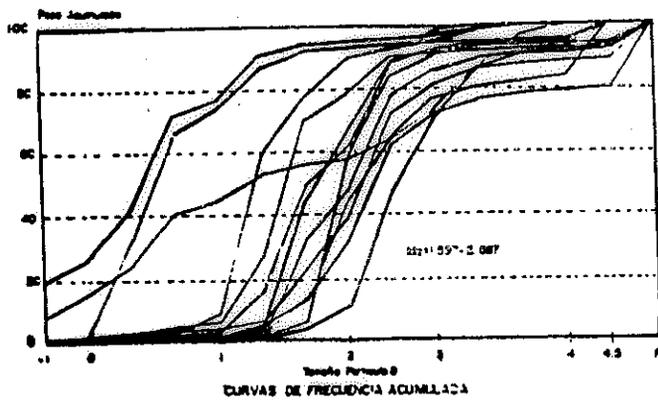
CURVAS DE FRECUENCIA ACUMULADA

Figura 5c: Sedimentos Tipo Arenas  
Boca San Juan



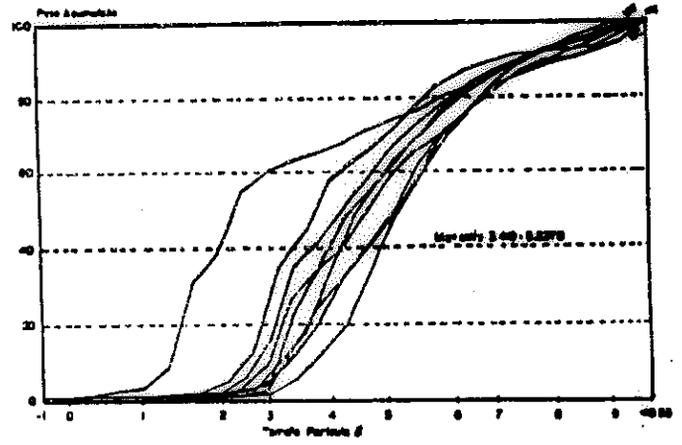
CURVAS DE FRECUENCIA ACUMULADA

Figura 5d: Sedimentos Tipo Limon  
Boca San Juan



CURVAS DE FRECUENCIA ACUMULADA

Figura 5e: Sedimentos Tipo Limon  
Boca Chavica



CURVAS DE FRECUENCIA ACUMULADA

Figura 5f: Sedimentos Tipo Limon Arenosos  
Boca Chavica

Figura 5: Curvas de Frecuencia Para los Tipos de Sedimentación en Boca Chavica y Boca San Juan

Chavica (15m, en aguas altas), siendo la sección transversal de la primera tanto en la boca como en el estuario inferior, de mayor longitud. La penetración de la marea (datos obtenidos en diferentes épocas, durante los años 1993 - 1994) en Boca San Juan alcanza 8km y en Boca Chavica no alcanza 2km de extensión. En la Boca San Juan, se presenta una sedimentología más gruesa en el eje del canal principal, indicando que los mayores caudales del río se desvían hacia esta boca.

La marea penetra al estuario San Juan y en un gran porcentaje es desviada por la corriente del río hacia el Río Bongo, donde se extiende hasta 15km de longitud. Esto produce una gran mezcla de sedimentos en la parte inferior del estuario hacia el costado oriental, ya que confluyen los aportes del río, los sedimentos transportados por las corrientes de marea y los sedimentos descargados por el río Bongo.

Los sedimentos tipo Arenas, pueden ser clasificados en 1) arenas medias a gruesas que circulan principalmente por los canales secundarios del Río San Juan y por El Brazo Grajales, 2) arenas medias a finas con medias y desviación standard muy similares a las arenas de playa, estas circulan principalmente por el costado occidental del estuario y se extienden a lo largo del Brazo El Choncho hasta salir a la Boca Chavica (este brazo actualmente actúa como un canal de marea). Esta sedimentología tan similar a la de la playa, posiblemente se debe a que esta zona se comportó como un antiguo frente de playa Santa Barbara (Correa et al., 1994. Estas Memorias) y está evidenciado morfológicamente por paleoridges Santa Barbara y por una serie de ridges a lo largo y ancho de la Isla El Choncho. Estos ridges están caracterizados por arenas medias a finas de buena selección y las bateas de agua dulce por una sedimentología un poco más fina en algunos casos limo grueso. Los sedimentos tipo limoarenosos y arenolimosos, se concentran principalmente hacia las zonas de progradación, donde la energía de las corrientes no es tan fuerte y permite la depositación.

Para Boca Chavica se presenta en el eje del canal principal los sedimentos arenosos, en la sección sur del estuario y los sedimentos arenolimosos hacia la parte central y norte. En Boca Chavica hay una colmatación por sedimentos mucho más evidente que en Boca San Juan, donde se favorece la expansión de las islas formadas hasta 1983 y donde se reportan la formación de varias islas en la zona media y superior del estuario desde 1983 (fotografías aéreas 1969 - 1983 y 1994).

Los sedimentos en ambas Bocas, presentan generalmente varias modas, con esto se determina que estos materiales tienen varias procedencias. Algunas muestras tanto en la zona estuarina como en las playas presentan fragmentos de vidrio volcánico bipiramidales y zircones romboidales, indicando que posiblemente una de las fuentes es muy cercana.

Este documento es una primera aproximación a la distribución de los sedimentos en el estuario y el papel desempeñado por los

factores hidrodinámicos. Es importante iniciar la toma de datos de direcciones de corrientes y velocidades en el estuario para conocer su comportamiento y realizar un modelamiento básico.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CORREA, I.D., Aristizábal O.A. Y J.D. Restrepo., 1994. Geomorfología del Sector Suroeste del Delta del Río San Juan Litoral Pacífico Colombiano. Mem. IX Sem. Nal. Cien. Tecnol. del Mar en Colombia. Estas Memorias.
- BYERS, S., Mills E., y P. Stewart, 1978. Acomparison of Methods of Determining Organic Carbon in Marine Sediments, with Suggestions for a Standard Method. Hidrobiología, 58: pp 43 -47.
- FOLK, R., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks, Ed. Hemphill Publishing Company, Texas, U.S.A, 182p.
- LOPEZ, G.I., Tabares N. y O. Salazar., 1983. Geomorfología y Sedimentología de la Playa El Choncho. Delta del Río San Juan Litoral Pacífico Colombiano. Tesis de Grado. Dpto. de Geología, Universidad EAFIT, Medellín. 326p.
- RESTREPO J.D., Correa I.D. Y O.C. Aristizábal., 1994. Estudios de Vegetación basados en Datos de Satelite SPOT: Estuario Boca San Juan, Litoral Pacífico de Colombia. Mem. IX Sem. Nac. Cienc. Tecn. del Mar en Colombia. Estas Mememorias.
- SALAZAR G., M. James y M. Tistl, 1991. El Complejo Santa Cecilia - La Equis, Evolución y Acreción de un Arco Magmático en el Norte de Colombia, Cordillera Occidental de Colombia, Simposio Sobre Magmatismo Andino y su Marco Teórico, Memorias Tomo II, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, pp. 141 -160.
- SALINAS, E. R. Y M. TISTL, 1991. Rocas Básicas y Ultrabásicas en la región del Alto Condoto. Cordillera Occidental (Chocó), Colombia. Simposio sobre Magmatismo Andino y su Marco Tectónico, Memorias, TomoI, Universidad de Caldas, Manizalez, Colombia, pp. 81 -98.

# CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE ZONAS COSTERAS -ESTUDIO DE CASO DE CARTAGENA-

Francisco Cabanzo, Marcela Campuzano, Luisa M. Niño, Adriana Rugeles, Armando Sarmiento y Rodolfo Ulloa<sup>1</sup>

## RESUMEN

Con el apoyo de la OEA y COLCIENCIAS y dentro del marco del Proyecto Multinacional del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, se presentan los resultados de la primera etapa de un plan de desarrollo sostenible para la ciudad de Cartagena, consistente en un diagnóstico ambiental integral, en el cual se estudian las potencialidades y limitaciones de los sectores más dinámicos del área, con el fin de formular algunos lineamientos, estrategias, programas y proyectos que permitan definir un escenario factible hacia el Desarrollo Sostenible del municipio. La investigación jerarquiza la problemática y define algunos elementos que se deben considerar para ejecutar acciones y promover procesos de planificación ambiental participativa en Cartagena.

# CONSIDERATIONS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF COAST ZONES -STUDY CASE OF CARTAGENA-

## ABSTRACT

The results of the first stage of a sustainable development plan for the coastal city of Cartagena are presented, advanced within the frame and support of the Multinational Project for the Environment and Natural Resources, sponsored by OEA and COLCIENCIAS. A study of the potential and limitations of the most dynamic sectors involved with Cartagena's urban development planning are discussed, towards the definition of guidelines, strategies, programs and projects oriented to sustainability. The research suggest a hierarchical arrangement of some important aspects for urban planning while enhancing participatory processes in environmental planning.

---

<sup>1</sup> Investigadores-Docentes INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES PARA EL DESARROLLO-IDEADE, Pontificia Universidad Javeriana, Calle 40 No. 6-23 Piso 8, Teléfono 2883619 - Fax. 2857289.

## INTRODUCCION

Los asuntos ambientales han despertado en Cartagena durante los últimos años una dinámica de trabajo multidisciplinario e interinstitucional que compromete diversos estamentos del orden nacional, encargados de la administración de los recursos naturales y de la protección ambiental; entidades departamentales y municipales responsables de la planificación territorial; el sector productivo industrial y comercial, y los estamentos académicos y de investigación.

No obstante el interés y los esfuerzos realizados hasta el presente, la falta de una visión integral de la problemática ambiental ligada a un proceso de desarrollo sostenible que permita conciliar expectativas tanto institucionales como sectoriales y culturales, genera problemas para implementar un esquema de planificación para Cartagena, que haga viable la conservación de los valores históricos, culturales, sociales, paisajísticos y aproveche la oferta ambiental de la región.

En esta perspectiva el objetivo de la primera etapa del proyecto consistió en elaborar un análisis integral de la problemática ambiental de Cartagena, con el fin de identificar elementos sociales y naturales que pueden potencializar o limitar el desarrollo sostenible del municipio. Se trató de un diagnóstico preliminar donde se analiza el estado de conocimiento sobre la problemática de los ecosistemas del área, los asentamientos humanos, los sectores que presentan una gran dinámica económica (actividad industrial y turística), y la expresión territorial de los diferentes procesos.

La investigación se basó en el paradigma teórico del materialismo cultural, el cual posibilita a partir de la antropología, una visión integral de los diferentes procesos sociales y permite comprender la vinculación directa entre procesos complejos que funcionan articulados tales como la tecnología, las formas de organización social, la política, las formas de representación simbólica del mundo y los aspectos económicos.

De manera consecuente con el planteamiento teórico se definieron dos ejes metodológicos. En primer lugar, la **participación comunitaria** y en segundo lugar, el **análisis del territorio** basado en la **ecología del paisaje**.

La participación se entendió en este caso como el trabajo conjunto de los representantes de las entidades responsables del análisis y toma de decisiones para solucionar la problemática ambiental de la ciudad y su región con los investigadores del IDEADE. El mecanismo de trabajo se basó en un seminario-taller denominado "Desarrollo Ambiental de Cartagena", en el cual se definieron tres módulos. El primero, de carácter conceptual, en el que se desarrollan elementos teóricos para abordar bajo una nueva perspectiva de integralidad el problema ambiental. El

segundo, ofrece una visión general sobre las políticas y proyectos ambientales, con el aporte de especialistas a nivel científico, político y académico tanto de Cartagena como del IDEADE. Finalmente, en el tercer módulo se definen elementos para fortalecer la capacidad institucional en los procesos de planificación y gestión ambiental. Se construye así un proceso metodológico participativo, cuyos resultados ofrecen un panorama integral del problema de investigación, elaborado por la comunidad de Cartagena y el equipo interdisciplinario de investigadores.

El análisis del territorio se basó en el estudio de la forma en que este está ordenado en la realidad -entendiendo ese ordenamiento como un proceso histórico que ha llevado a un tipo de uso actual del suelo-, mirando integralmente una serie de dimensiones que esa realidad tiene y que pueden conducir a una toma de decisiones de carácter estratégico sobre el uso del territorio.

En síntesis, esta primera etapa de trabajo debe considerarse como la conclusión de la parte descriptiva del estado ambiental de Cartagena, presentada como la problemática que interfiere en un proceso de desarrollo sostenible, el cual es observado por ahora desde el punto de vista teórico. El estudio resalta, además, la necesidad de fortalecer la capacidad institucional de entidades públicas y privadas para la planificación y gestión ambiental, así como la importancia de consolidar los mecanismos de participación comunitaria para lograr un compromiso activo de la sociedad en la conservación y desarrollo ambiental de Cartagena.

## **1. ESCENARIO FACTIBLE PARA EL DESARROLLO AMBIENTAL DE CARTAGENA**

A partir del diagnóstico<sup>2</sup> producido con el desarrollo de los talleres se definieron lineamientos, estrategias, programas y proyectos que apuntan a la formulación de un escenario factible para el desarrollo sostenible del área.

### **1.1 Lineamientos**

Hacer viable el desarrollo sostenible para Cartagena requiere cumplir, entre otras, con las siguientes premisas:

- Impulsar la capacidad productiva de cada uno de los elementos constitutivos del ecosistema, de tal forma que se incorporen a los procesos productivos sin generarle desequilibrios (manglares, ciénagas, caños, playas, etc.).
- Promover procesos de desarrollo económico y social armónicos

---

<sup>2</sup>. Metodología para el Desarrollo Sostenible de Zonas Costeras. Estudio de Caso de Cartagena, IDEADE, OEA-COLCIENCIAS, 1992 y Memorias del Seminario-Taller Desarrollo Ambiental de Cartagena, Marzo, Abril y Mayo de 1992, en proceso de publicación por el ICFES.

con el acervo de recursos naturales y que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la población.

- Incentivar los procesos de participación comunitaria orientados especialmente al desarrollo de proyectos productivos, que definan mecanismos adecuados para su efectividad.
- Incorporar al Plan de Desarrollo de la ciudad las variables ambientales y delinear políticas participativas que abran nuevos espacios conceptuales, metodológicos y operativos para la concertación de los programas y proyectos.
- Promover la creación de un ente interinstitucional que coordine los programas existentes en cada una de las entidades municipales encargadas de ejecutar acciones a nivel ambiental en el área.
- Rescatar la heterogeneidad social, económica, cultural y natural, en la elaboración de los planes de desarrollo, de tal forma que estén acordes con los patrones culturales y naturales de la región.
- Fomentar la investigación científica y tecnológica en las instituciones académicas, gubernamentales y privadas, que contribuya a generar desarrollo socioeconómico y simultáneamente, a disminuir los procesos de deterioro ambiental.

## 1.2 Estrategias

De acuerdo con los aspectos analizados en la propuesta del Plan Básico para la Gestión Ambiental del Distrito de Cartagena<sup>3</sup>, es necesario promover fundamentalmente procesos de gestión ambiental integrales (coordinación, ejecución, implementación y control), que contemplen la educación y divulgación como instrumento básico para la coordinación y organización de la participación comunitaria. En este contexto, es importante precisar con mayor detalle las estrategias para la planificación del desarrollo sostenible de Cartagena:

- Desarrollar políticas para el control y monitoreo de la explotación de los ecosistemas regionales.
- Fomentar las actividades económicas e incrementar su productividad, implantando tecnologías menos nocivas para los ciclos bióticos, de tal forma que representen mayor beneficio en cuanto a uso de los recursos naturales y

---

<sup>3</sup> CEPAL, 1992. Plan Básico para la Gestión Ambiental del Distrito de Cartagena de Indias, Colombia. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

humanos disponibles en la región.

- Consolidar el mercado de servicios turísticos en el Caribe, por medio del desarrollo de la identidad de Cartagena y su región, a partir de las potencialidades que presenta la actividad turística a nivel local y regional.
- Impulsar procesos de participación comunitaria basados en las organizaciones existentes en las comunidades canalizando los elementos culturales propios de la estructura de poder y legitimación del liderazgo.
- Poner en marcha políticas de Educación Ambiental apoyadas en organizaciones y grupos comunitarios diferentes a los que orientan los líderes políticos formales de la comunidad.
- Generar alternativas tecnológicas, sociales y económicamente viables, para evitar, en lo posible, los traslados masivos de población hacia otras zonas de la ciudad.
- Desarrollar estudios científico-técnicos que se constituyan en la base de la gestión ambiental de Cartagena, y desarrollar herramientas tecnológicas e institucionales específicas para Cartagena.

### 1.3 Programas y Proyectos

Se establece la necesidad de concretar para Cartagena un conjunto de programas específicos que sirvan como marco conceptual para el manejo integrado de las actividades dentro del entorno ambiental y que actúen como instrumento de ordenamiento y control.

Estos deberán integrar las soluciones propuestas sobre los aspectos críticos que deben ser resueltos para lograr un desarrollo sostenible, y partir de los lineamientos expuestos, proyectando en escalas de espacio y tiempo las posibilidades de desarrollo de nuevos escenarios, sin perder de vista las potencialidades y limitantes.

Las estrategias ambientales que se proponen para Cartagena contemplan la puesta en marcha de los siguientes programas:

Ordenamiento Ambiental del Territorio. Se propone un programa de ordenamiento ambiental del área de manejo especial de Cartagena, como uno de los ejes básicos para introducir la variable ambiental en los procesos de planificación del desarrollo sostenible, por lo cual el programa deberá cumplir con diferentes objetivos, entre los que se destacan:

\* Incorporar la oferta de los ecosistemas y su función a las prácticas de protección y aprovechamiento deseables para garantizar un desarrollo sostenible de la región.

\* Establecer mecanismos de evaluación y delimitación de zonas de reserva o conservación, de recuperación y de producción o desarrollo, a partir del análisis de la interacción de los diferentes procesos que se manifiestan territorialmente.

\* Introducir la perspectiva dinámica e histórica para el análisis de la interrelación entre la oferta natural y los procesos sociales y económicos de cada unidad territorial.

\* Promover procesos de participación comunitaria para la toma de decisiones y ejecución de los planes de desarrollo.

\* Generar herramientas de planificación que permitan, entre otros aspectos, afinar la política de desarrollo regional y la gestión de los recursos naturales por parte de las entidades administradoras.

Algunos de los proyectos específicos que se pueden inscribir dentro de este programa y que pueden ser formulados entre el mediano y corto plazo son los siguientes: - La construcción del perfil ambiental urbano como marco del futuro ordenamiento del territorio de la ciudad. - La recuperación ambiental de áreas críticas de la ciudad como la ciénaga de Tesca y el cerro de la Popa, articulada a proyectos productivos que contribuyan a mejorar la calidad de vida de la población.

La recuperación ambiental de áreas críticas a nivel municipal, tales como las islas del Rosario, Barú y Tierrabomba, la bahía de Cartagena y la de Barbacoas, así como las ciénagas aledañas al canal del Dique implica un manejo integral en cada una de ellas, para lo cual es necesario promover proyectos de recuperación del bosque de manglar así como la reforestación y siembra de bosques naturales y cinturones de cuencas.

Educación Ambiental. La educación ambiental debe ser entendida no sólo como elementos pedagógicos formales que hacen referencia a los recursos naturales, sino como un lineamiento educativo que logre cambiar las actitudes de la población hacia el entorno y el medio ambiente que lo circunda. En este sentido, lo ambiental adquiere una connotación mucho más amplia, pues allí se integran los componentes históricos, el patrimonio arquitectónico y cultural, el espacio público, y los componentes sociales y económicos que en su dinámica de interrelación conforman y le dan un contenido específico al medio ambiente urbano de una ciudad como Cartagena.

Sin embargo, para lograr un mayor éxito en la puesta en marcha de los planes de desarrollo y de Educación Ambiental, es necesario establecer una diferencia metodológica y de contenidos pedagógicos, en el tratamiento de los asentamientos de las zonas costeras (i.e. ciénaga de la Virgen) con el de los asentamientos continentales (i.e. cerro de la Popa) pues las necesidades, requerimientos y potencialidades de estas comunidades pueden

variar e influir en las diferentes alternativas que se planteen.

En el marco de las acciones propuestas para algunas áreas de Cartagena, se requiere un análisis profundo sobre la conveniencia o no de los procesos de relocalización de la población ubicada en zonas de alto riesgo. Se ha formulado, por tanto, un Programa de Tecnologías Apropriadas para las Zonas de Alto Riesgo, el cual debe contemplar proyectos para el estudio de la factibilidad económica y social sobre la viabilidad y eficacia de la reubicación de población en comparación con la puesta en marcha de programas que contemplen otras alternativas como la implementación de soluciones menos traumáticas para los pobladores y por ende, exentas de generar conflictos y violencia social comparables a las de las grandes ciudades del país como Bogotá y Medellín.

En el marco de este programa es posible formular proyectos específicos, entre los cuales son prioritarios los de educación ambiental formal que se articulen a los procesos pedagógicos institucionales<sup>4</sup>; aunque deben superar el nivel meramente académico y curricular. Los proyectos de educación no formal dirigido a la ciudadanía en general, incluyendo grupos ecológicos, organizaciones populares y amas de casa, para incentivar el proceso de concientización para el manejo adecuado del medio ambiente.

Saneamiento Básico y Medidas de Control. Este programa ha avanzado en la ciudad de Cartagena, especialmente en lo que se refiere a las acciones de saneamiento básico, para lo cual las entidades gubernamentales han formulado los planes específicos y cuentan con un monto de recursos para la ejecución de las obras.

No obstante, es importante precisar que el radio de acción del programa debe trascender el límite urbano e iniciar acciones a nivel municipal y regional para la solución de problemas generados en estos niveles. Debe incluir entre otros los siguientes proyectos: las alternativas de control para el canal del Dique; la recolección, tratamiento y disposición de vertimientos sólidos, líquidos y atmosféricos; la modernización de los procesos industriales y agropecuarios para el control y erradicación de efluentes y emisores contaminantes y finalmente, el análisis de impacto socio-económico y ambiental de los proyectos de saneamiento ambiental

Programa de Fortalecimiento Institucional y Red de Información. Para una gestión adecuada de los diferentes programas y acciones a nivel ambiental, se debe realizar un proyecto para el

---

<sup>4</sup>. Aunque este proyecto entre en la jurisdicción del Ministerio de Educación Nacional y de sus Secretarías respectivas es importante tenerlo en cuenta; más aún cuando actualmente existe un espacio propicio, generado desde Planeación Nacional y el MEN, para la formulación de un Plan Nacional de Educación Ambiental.

desarrollo de un marco ambiental normativo y reglamentario por parte de las entidades encargadas de los aspectos legislativos y de planificación del uso de los recursos naturales.

Estas tareas deben ser coordinadas por una institución que mediante convenio con las entidades nacionales y locales, gubernamentales, comunitarias y privadas, asuma el manejo ambiental a nivel regional.

La importancia de esta labor es la de superar los límites político-administrativos de las instancias municipales y departamentales, que trasciende estas escalas en el caso de la problemática ambiental. Su constitución responde más a una necesidad técnico-científica que a un requerimiento administrativo. Las labores de planeación municipal se deben adelantar de forma concertada con esta entidad para la priorización de programas y proyectos de inversión y ejecución, búsqueda de recursos y financiación de los mismos, y estudio de las tasas retributivas de ésta inversión.

Este programa requiere como proyecto específico el análisis de factibilidad desde el punto de vista económico, jurídico y administrativo de dicha institución (Departamento Administrativo de Medio Ambiente).

Programa Básico de Investigaciones Aplicadas al Desarrollo. Cada una de las áreas trabajados en el diagnóstico requiere el desarrollo de programas de investigación que amplíen el conocimiento y contribuyan a viabilizar el proceso de desarrollo sostenible de Cartagena.

Es así como se requieren proyectos específicos en el área de la dinámica de los ecosistemas; los procesos de organización social bajo el nuevo marco definido por el Estado, la construcción de herramientas económicas para la planificación del desarrollo, acordes con el medio natural y que contribuyan a ampliar la base productiva. Dentro de ésta área es importante formular proyectos en el corto plazo para crear una base estadística del departamento; construir las cuentas regionales con ajuste de depreciación del medio natural, haciendo énfasis en aquellos sectores de mayor importancia en la generación de producto y los más contaminantes; precisar la participación del sector turístico en el PIB regional, la generación de empleo directo e indirecto y de divisas; la participación sectorial en la inversión así como el uso y distribución del excedente turístico.

## **2. JERARQUIZACION DE LA PROBLEMATICA AMBIENTAL DE CARTAGENA Y SU REGION**

Este capítulo constituye el cuerpo principal del diagnóstico integral, en el cual se elabora la jerarquización de los problemas ambientales de Cartagena y su región a partir de las

escalas y el número de sectores del desarrollo comprometidos.

### **2.1 Escala Departamental**

En la escala más amplia de evaluación, tanto regional como departamental, la principal fuente de los problemas identificados es la ausencia de políticas integrales y la carencia de instrumentos de análisis y planeación eficaces que permitan su adecuada aplicación. Es importante la necesidad de crear una entidad coordinadora que articule el trabajo en función de políticas, instancias, competencias, fueros y funciones claras. Se destaca también la carencia de estudios debidamente actualizados que describan las potencialidades específicas para el planteamiento de alternativas de desarrollo regional que involucren la variable ambiental.

### **2.2 Escala Municipal**

En la problemática de la escala municipal, es clara la falta de sistemas de mitigación de impacto dentro de las estructuras sociales y naturales existentes, así como la ausencia de promoción de actividades de bajo impacto en las zonas de futuro desarrollo. En lo que hace referencia a la recuperación ambiental y al empleo de medidas preventivas para el manejo de zonas de alta sensibilidad o riesgo ambiental, deben definirse programas en función de las características particulares de cada sector.

### **2.3 Escala Local**

Dentro del marco territorial de la escala local, los problemas detectados corresponden a aquellos que ya han sido diagnosticados en estudios previos, desarrollados por las entidades competentes, tales como manifestaciones de degradación ambiental (contaminación aérea, edáfica e hídrica) o problemas de acceso a alternativas energéticas apropiadas.

### **2.4 Problemas por Niveles de Complejidad**

Según la lectura de la problemática ambiental **sectorial**, la dinámica de los problemas se origina en escalas más amplias o en sectores diferentes y habitualmente sus efectos trascienden los límites espaciales de las actividades comprometidas en cada sector específico. Esta constante determina la necesidad de establecer una jerarquización para definir las acciones prioritarias. De esta forma, a partir de la gravedad y escala de incidencia, se ubican aquellas que a pesar de situarse localmente como fuente de problemas, tienen una repercusión regional, hasta alcanzar niveles decrecientes donde sólo se afectan las condiciones ambientales locales y su impacto es menor.

En la interpretación de los problemas que afectan a **todos los sectores del desarrollo en diferentes escalas** (departamental,

municipal y local) estos problemas son considerados como prioritarios en razón de su dinámica, la cual exige la correcta identificación tanto de las fuentes como de los sectores afectados, para la superación de cada problema en un contexto global. Esto implica un manejo específico de los mismos aunque articulado, de acuerdo con las escalas y sectores involucrados.

Requieren por tanto, integrar los aspectos de planificación con el desarrollo de programas de reglamentación, administración, gestión para la aplicación de instrumentos basados en evaluaciones concretas de las potencialidades a desarrollar, de acuerdo con la vocación específica del territorio.

### **3. CONCLUSIONES: ELEMENTOS A CONSIDERAR PARA LA PLANIFICACION DEL DESARROLLO SOSTENIBLE DE CARTAGENA**

Como resultado del diagnóstico, se identificó una situación donde es posible particularizar, dentro del esquema de desarrollo sostenible, unas tendencias a favor o en contraposición de este objetivo principal. Estos comportamientos y condiciones específicas en lo local y en lo regional, determinan la necesidad de profundizar sobre los procesos de comprensión de la problemática ambiental y el desarrollo de propuestas de acción en diferentes niveles.

Fundamentalmente se trata de fortalecer actividades de investigación para una mayor comprensión de las relaciones entre sociedad y naturaleza que desencadenan procesos de deterioro de los ecosistemas o inhiben las posibilidades de acceder a los recursos potenciales.

Sin embargo, el desarrollo conceptual y tecnológico debe considerar la necesidad de generar herramientas de planificación participativa, que conduzcan hacia un esquema de articulación más equilibrada entre los diferentes sistemas de interacción, involucrando las comunidades que son directa o indirectamente afectadas en su calidad de vida.

Podemos entonces particularizar unas tendencias favorables o desfavorables a la intención de acceder al desarrollo sostenible y sus características, con el fin de establecer unas condiciones de potencialidad o limitación. A continuación se esbozan algunos de los comportamientos identificados como deseables o en proceso:

- 1- Cartagena debe priorizar y analizar adecuadamente su posición en el nuevo marco político administrativo de apertura económica, reforma constitucional y descentralización administrativa dentro de los procesos de regionalización (DNP-CORPES, 1991).
- 2- Aunque existe un análisis sucinto del esquema de apropiación territorial desde el punto de vista de las estructuras

antrópicas (asentamientos humanos), se requiere una lectura de las interrelaciones funcionales, morfológicas y tecnológicas, las cuales deben ser estudiadas de acuerdo con los niveles y escalas de interdependencia de sus múltiples sistemas, tales como la producción, distribución, organización social y consumo, entre otros, conjugándolos con las estructuras biótica y abiótica.

- 3- Se debe propugnar por el fortalecimiento de la autonomía local, desmontando gradualmente el esquema del centralismo y dependencia, al consolidar la noción de capacidad de gestión e identidad regional en la periferia. Es preciso establecer unos instrumentos que eviten la reproducción de los esquemas centralistas con relación a la región y el área de influencia de la ciudad.
- 4- Es preciso ajustar las herramientas de planificación y participación para adecuarse a las diversas escalas de los problemas ambientales.
- 5- Fomentar la producción de conocimiento que genere relaciones y formas de apropiación del territorio más armónicas entre sociedad y naturaleza.

Ha sido en función del análisis anterior sobre la problemática ambiental de Cartagena, que se han presentado un conjunto de propuestas para articular de forma estructural y coyuntural el conjunto de acciones para la solución de los problemas identificados dentro del marco de la planificación del desarrollo sostenible.

#### BIBLIOGRAFIA

CEPAL. 1992, Plan Básico para la Gestión Ambiental del Distrito de Cartagena de Indias, Colombia. Comisión Económica para América Latina. Chile.

CLARCK, R.V. 1984, Marine and Coastal Protected Areas: A Guide for Planners and Managers, International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Columbia, Carolina.

ETTER, ANDRES. 1990, Introducción a la Ecología del Paisaje, IGAC, Bogotá.

HARRIS, MARVIN. 1982, El Materialismo Cultural, Alianza Editorial, Madrid.

----- . 1986, Caníbales y Reyes, Biblioteca Científica Salvat, Barcelona.

FONDO FEN-AID-COLCIENCIAS. 1990, Perfil Ambiental de Colombia, Bogotá.

DINAMICA MARINA Y SUS EFECTOS SOBRE LA GEOMORFOLOGIA DE LOS  
GOLFOS DE URABA Y MORROSQUILLO

Por: <sup>1</sup> TNIG: Amparo Molina M.  
Ing. Geólogo Consuelo Molina M.  
Ing. Oceanólogo Luis Giraldo O.  
Ing. Sistemas Carlos Parra  
<sup>2</sup> Geo. Philippe Chevillot

RESUMEN

El estudio presenta los resultados del monitoreo oceanográfico efectuado en los golfos de Urabá y Morrosquillo entre 1989 y 1993, durante las dos épocas climáticas.

La circulación de las aguas se determinó a partir de los siguientes parámetros: Distribución de los campos halinos y térmicos, tránsito de los sedimentos depositados sobre la superficie del lecho marino, repartición horizontal y vertical de la turbidez, definida con base en muestras de campo y calibración y análisis de una imagen de satélite SPOT.

El análisis morfológico efectuado mediante la comparación del trazado de la línea de costa sobre imágenes de satélite y fotografías aéreas a diferentes años, permitió establecer las principales variaciones morfológicas del borde costero.

ABSTRACT

This study introduces the results of the oceanographic monitoring, that was carried out in the Uraba and Morrosquillo gulves between 1989 and 1993, during the two relevant seasons.

The water circulation was determined starting from the following parameters: Distribution of the haline and thermal characteristics, movement of the silts deposited on the surface of the marine channel, horizontal and vertical distribution of the turbidity, defined with regard to monitorings in the region and calibration and analysis of an image from satellite SPOT.

Morphological analysis carried out through the comparison of the drawing of the coastal lines over images from satellite and air photographs in different years, allowed to establish the principal morphological variations of the coastal border.

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Cartagena A. A. 982

<sup>2</sup> Misión Técnica Francesa (Universidad de Bourdeaux)

## INTRODUCCION

La importancia de este tipo de estudios en los golfos de Urabá y Morrosquillo, radica en la necesidad de determinar los efectos que producen las condiciones oceanográficas sobre la línea de costa y el fondo marino de las regiones, las cuales registran un vasto potencial económico e industrial para las zonas adyacentes y el país en general.

La colmatación de bahía Colombia y el estrechamiento de su canal de acceso afecta sustancialmente a la industria bananera y, por ende, la economía de miles de familias que habitan la región.

Por su parte la industria maderera se ve afectada por la erosión intensa que sufre el delta del río Atrato. En la región de Turbo el desgaste de la línea de costa amenaza las construcciones civiles como el Apostadero Naval No. 13, el aeropuerto y su carretera de acceso.

En el golfo de Morrosquillo el impacto socio económico de los fenómenos se observa principalmente en el retroceso de la línea de costa y el consecuente desgaste de las playas entre la población de Tolú y la fiecha de Mestizos.

### 1. OBJETIVOS

Determinar la circulación de las aguas superficiales, a partir de la repartición de los campos halinos y térmicos, de la distribución horizontal y vertical de los sólidos en suspensión, del tránsito y depositación de los sedimentos superficiales.

Definir las variaciones de la línea de costa, identificando sitios de erosión y/o sedimentación; así como los cambios morfológicos submarinos en la zona del canal de acceso a Bahía Colombia.

### 2. LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DEL AREA

Los golfos de Morrosquillo y Urabá se ubican en el sector suroeste de la costa Caribe colombiana (Fig. 1). El primero localizado geográficamente entre  $09^{\circ} 22' 00''$  y  $09^{\circ} 45' 00''$  latitud norte y  $75^{\circ} 33' 00''$  y  $75^{\circ} 55' 00''$  de longitud W, con una amplitud aproximada de 40 Kms. y 35 mts. de profundidad. El segundo se ubica en cercanías de la frontera con Panamá entre  $7^{\circ} 55' 00''$  y  $8^{\circ} 40' 00''$  de latitud norte y  $76^{\circ} 53' 00''$  y  $77^{\circ} 23' 00''$  de longitud W, de forma alargada, con una orientación norte-sur alcanza una longitud de 100 Kms y una profundidad variable entre 65 mts. a la entrada y 30 mts en Bahía Colombia.

### 3. METODOLOGIA

Entre los años de 1989 y 1993, se monitorearon las condiciones oceanográficas, meteorológicas y sedimentológicas de los golfos de Morrosquillo y Urabá a bordo de los ARC "Providencia" y "Quindío". Se registró la dirección y velocidad de las corrientes al nivel de tres metros, esta información fue corroborada con el estudio de los campos hidrológicos (Temperatura y salinidad) y de turbidez. Así mismo, se recolectaron muestras de sedimento superficial sobre las cuales se

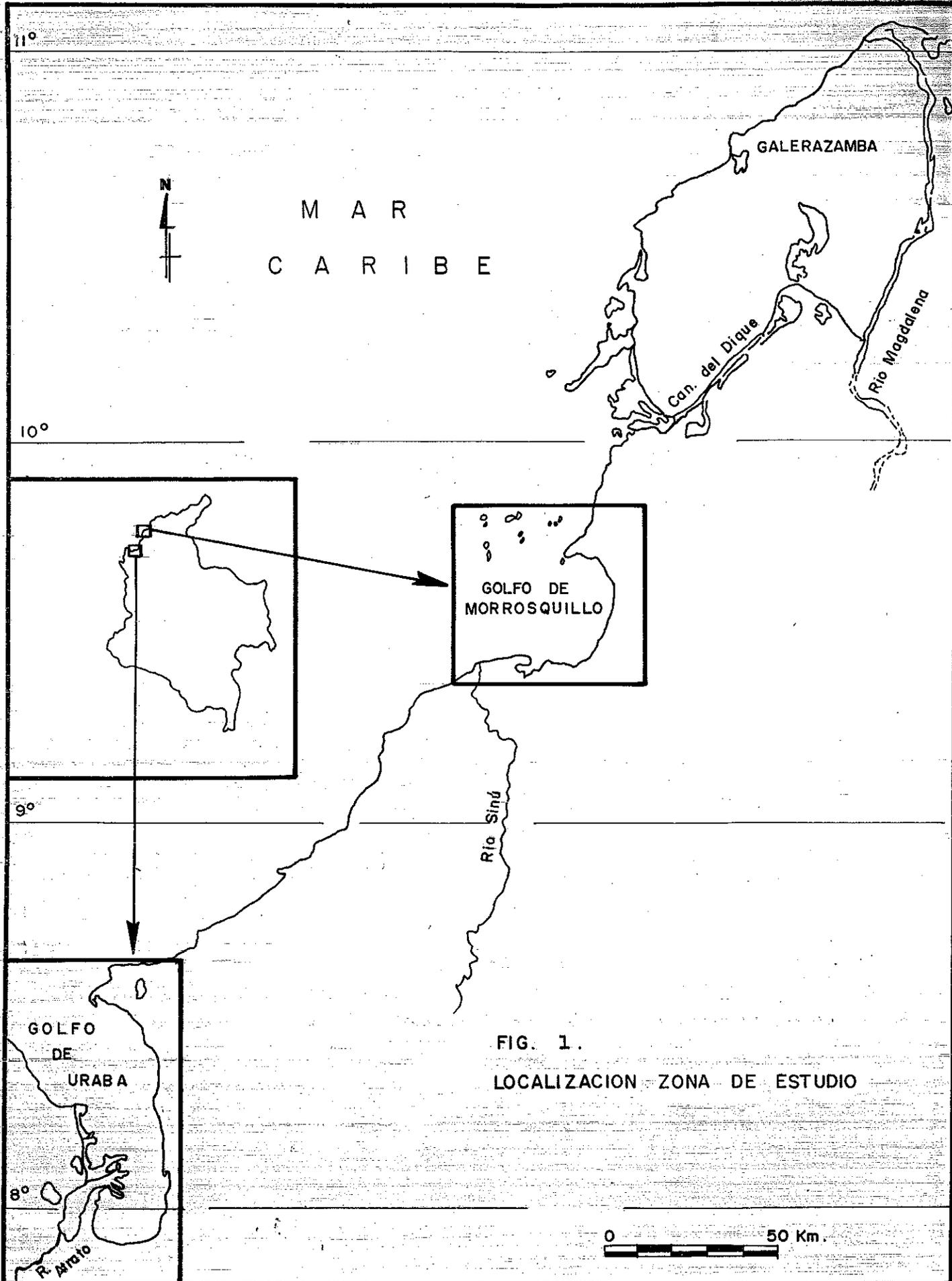


FIG. 1.  
LOCALIZACION ZONA DE ESTUDIO

realizaron análisis granulométricos y calcimétricos.

Adicionalmente, se tomó una imagen de satélite SPOT en cada golfo durante las épocas secas, a fin de calibrarlas en términos de repartición de sólidos en suspensión. Inicialmente, se efectuó una aproximación de cada imagen con las bandas XS-1 (0.50 - 0.59 micras) y XS-2 (0.61 - 0.69 micras), sensibles a la difusión de la iluminación incidente por el material en suspensión en el agua, que facilitan el trazado de las plumas turbias.

Estas bandas permitieron observar que las aguas de ambos golfos contienen una gran carga sedimentaria que se concentra en los primeros metros de la superficie. La distribución horizontal del material en suspensión, se determinó a través del programa ANIM, con el cual se efectuó para las bandas XS-1 y XS-2, la extracción de del límite continente-mar enmascarando la tierra en cada una de ellas con la banda XS-3 (0.73-0.89 micras). El cálculo de la reflectancia del material en suspensión se realizó a partir de los datos de la toma de la imagen (azimut solar, fecha, hora, etc.). Cada color de la imagen corresponde a un tipo de reflectancia definida por el mayor o menor grado de concentración de los sólidos en suspensión.

Con el propósito de definir los cambios morfológicos costeros se efectuó un análisis con base en la comparación del trazado de la línea de costa sobre imágenes de satélite, cartas náuticas y fotografías aéreas a diferentes años. La información analizada se relaciona en la siguiente tabla:

TABLA 1 - MATERIALES

| INFORMACION     | G. MORROQUILLO        | G. URABA                |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| Monitoreos      | 02/93 - 04/93 - 05/93 | 02/89-10/89-07/92-03/93 |
| Cartas Náuticas | 1960                  | 1938 - 1983             |
| Fotos aéreas    | 1957 - 1989           | -----                   |
| Imágenes SPOT   | 31/03/93              | 14/02/89                |
| Escala Fotos    | diferentes            | -----                   |

El contorno costero sobre la imagen SPOT del golfo de Urabá se obtuvo a partir del tratamiento de la banda XS-3, con el programa Pericolor, sobre la cual se determinó el valor de la luminancia o radiancia del límite continente - océano, que permite la visualización del trazado de la línea de costa en esta zona. Finalmente se realizó el filtraje para reducir el ruido residual de la imagen y mejorar su aspecto visual.

Con el fin de definir las variaciones morfológicas submarinas del golfo de Morrosquillo y del canal de acceso a Bahía Colombia, en el golfo de Urabá, se realizaron levantamientos batimétricos de precisión en las zonas frente a las desembocaduras de los principales ríos.

Para el análisis general de toda la información se utilizó el método de graficado, así como análisis estadísticos primarios y de correlación en el caso de los parámetros meteorológicos.

#### 4. MARCO GENERAL

#### 4.1 Hidrografía y Aportes Sedimentarios

A todo lo largo de su línea de costa los golfos reciben los aportes fluviales de arroyos, ciénagas y ríos. En el golfo de Morrosquillo, el río Sinú se destaca como el afluente más importante que arroja su caudal al mar a través de 3 bocas: Corea, Tinajones, y los Llanos, formando un amplio delta lobulado (Galloway, 1975 en Javelaud, 1987). Hasta 1938 desembocó por la Bahía de Cispatá, iniciando su avulsión en la zona de Tinajones, (Guhl, 1975). En el golfo de Urabá, vierten sus aguas el río Atrato como afluente principal, además de los ríos León, Currulao, Turbo, entre otros; El cambio de curso de este último entre 1960 y 1970 ocasionó cambios morfológicos importantes con el desarrollo de su nuevo delta.

#### 4.2 Geomorfología

La línea de costa de los golfos están constituidas por unidades geomorfológicas de origen marino, fluvial y fluvio marino ligados tanto por su geología como por su génesis (Franco et al, en edición), las cuales se han agrupado en costas bajas y costas elevadas. Las primeras constituidas por playas, espigas, antiguas barras, planicie aluvial, llanuras costeras y llanuras de mangle. Las segundas, definidas por terrazas marinas, colinas y montañas.

#### 4.3 Condiciones Meteorológicas

En términos generales, el régimen meteorológico en los golfos, conservan los rasgos típicos de Caribe colombiano. Durante la estación seca entre enero y marzo, las lluvias en Morrosquillo no sobrepasan los 50 mm/mes. presentandose los vientos más fuertes con predominio de las direcciones del norte y noreste.

En época seca se intensifica el intercambio de calor en la interfase mar-aire, debido al incremento de la velocidad del viento, observandose una gran influencia de los Alisios en la distribución de la temperatura y la salinidad en el golfo. Así mismo, se incrementa la frecuencia de los oleajes fuertes del noroeste y noreste, siendo esta época de mayores riesgos para las playas de la región.

La Zona del golfo de Urabá, catalogada como una de las más lluviosas del mundo se caracteriza por presentar dos épocas climáticas definidas: La primera se extiende desde finales de diciembre hasta abril, con predominio de los Alisios de dirección nor-noreste, denominada época media. La segunda se inicia en mayo con vientos de direcciones variables, predominio de componentes del sur y velocidades bajas, denominada época húmeda.

### 5. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 5.1 Dinámica Marina Golfo de Morrosquillo

La dinámica de las aguas en la región está completamente sometida al régimen climático, especialmente al comportamiento del viento, que juega un papel determinante en la formación de las corrientes y del oleaje. El

segundo factor a tomar en cuenta es la topografía del fondo marino y la conformación de las costas que, debido a las dimensiones reducidas de la zona impiden un desarrollo libre de la circulación horizontal y favorecen la propagación y expansión del oleaje, formando flujos litorales intensos que ponen en peligro la estabilidad de la línea de costa.

**5.1.1 Condiciones oceanográficas.** La configuración de las isotermas e isohalinas sugieren la transformación rápida que sufren las aguas provenientes de los deltas a medida que se alejan de éstos. Dicho fenómeno es más notorio al sur del golfo, a lo largo de la flecha de Mestizos, donde el movimiento de las aguas parece ser en sentido oeste-este. Se puede afirmar que la influencia del caudal del río Sinú sobre la hidrología del área es sólo hasta la región de bahía Cispatá, donde, se acumulan aguas con salinidades inferiores a 34‰. Como es lógico los gradientes a lo largo de la costa sur son fuertes (del orden de 10‰ en 1,5 millas, aproximadamente), y se van debilitando mientras se acercan a bahía Cispatá

Los gradientes verticales de temperatura y salinidad, son poco significativos, no superan los 0,3 grados y las 0,2 ‰ en el este, centro y sur del Golfo. Sólo en la parte externa las diferencias pueden ser mayores entre la superficie y el fondo marino.

Al suroeste de la zona, frente al delta de Tinajones, se presentan aguas uniformes hasta aproximadamente los 45 metros, lo que está relacionado con el carácter de la circulación en el área, sugiriendo así, el alcance de las corrientes superficiales en toda la columna de agua.

Durante la época seca, el flujo proveniente del norte experimenta una bifurcación al encontrar en su camino el banco de las islas San Bernardo (Fig. 2). Uno de sus ramales penetra al Golfo dibujando su contorno, mientras el segundo continua su camino hacia el sur. Este último debe experimentar una nueva división al encontrarse con la barrera que forma la costa suroeste de la región (Delta del Sinú), haciendo que un ramal prosiga con dirección suroeste, el cual arrastra consigo la carga sedimentaria aportada por el caudal del río Sinú, mientras que el otro toma dirección este (Fig. 3). A la altura de Tolu se encuentran estos dos brazos donde debe formarse un flujo de compensación, tipo "Rip Current" (Lorin et al, 1973), con dirección oeste que luego provocaría la formación de un vórtice anticiclónico en el centro de la región estudiada.

La morfología costera y submarina del golfo de Morrosquillo, ofrece las condiciones ideales para la expansión del oleaje dentro de sus límites. Durante la época seca el oleaje predominante procede de los sectores noroeste a noreste, en correspondencia con el sentido de los vientos. El banco del archipiélago de San Bernardo actúa de tal forma, que difracta el oleaje haciendo que éste adopte una dirección hacia la costa del golfo.

Las bajas profundidades provocan una disminución sustancial de la energía del oleaje, siendo ésta poco intensa al llegar a la costa; sin embargo la disposición de las isóbatas dentro del golfo ofrecen un terreno propicio para la expansión del oleaje procedente del oeste, y al llegar a las costas ha sufrido una refracción mínima.

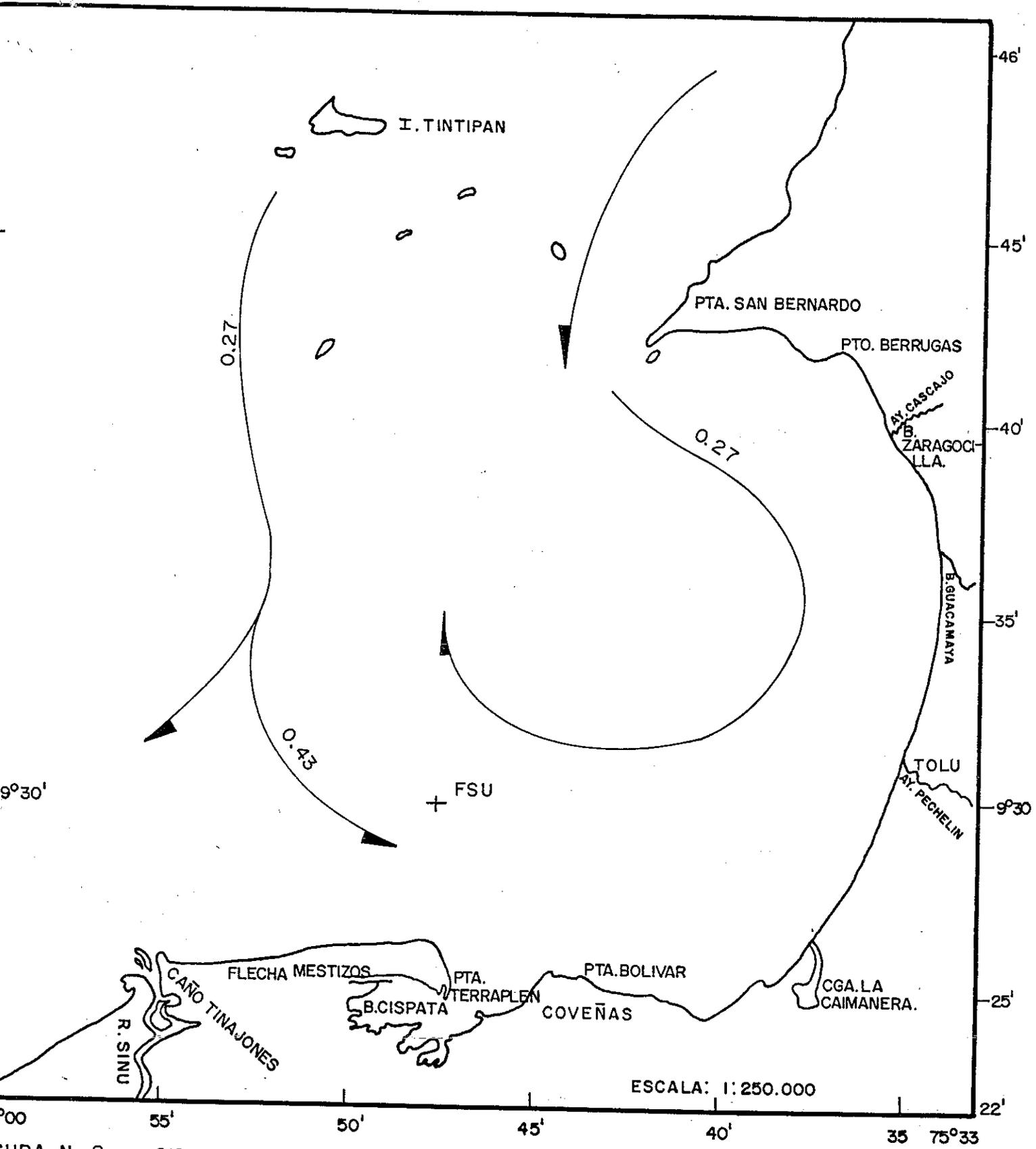


FIGURA No. 2. CIRCULACION SUPERFICIAL MORROSQUILLO I. FEBRERO / 93.  
— DIRECCION DE LA CORRIENTE.

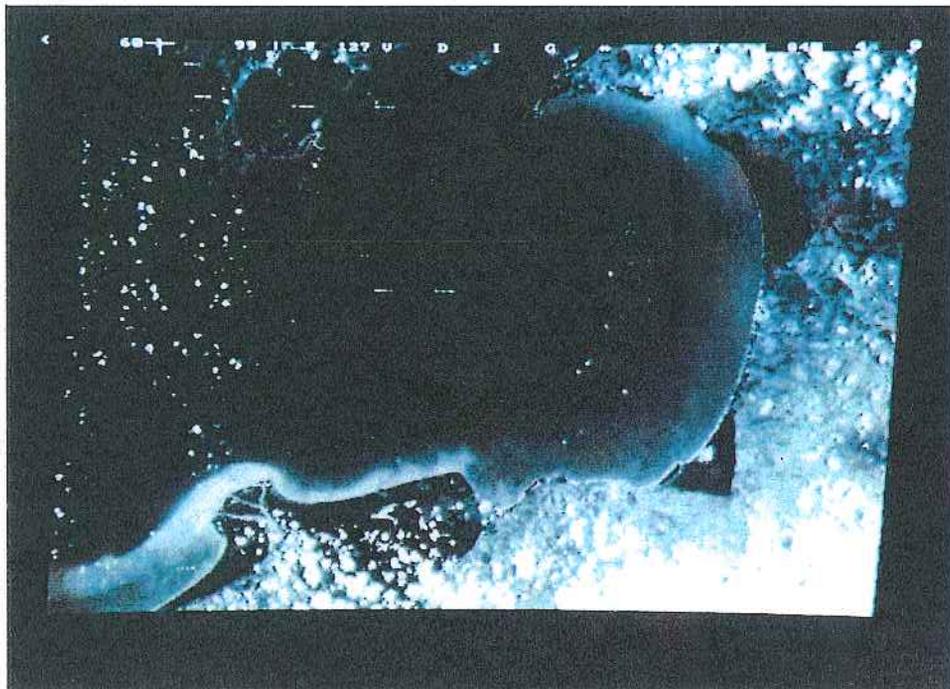


FIGURA 3. REPARTICION DE LA TURBIDEZ EN EL "GOLFO DE MORROSQUILLO".  
NOTESE LA ORIENTACION SUR-OESTE DE LA PLUMA DEL RIO SINU  
Y LA CONCENTRACION DE SOLIDOS EN SUSPENSION A LO LARGO  
DE LA FLECHA DE MESTIZO Y DEL SECTOR ESTE DEL GOLFO.  
IMAGEN SPOT SIN PROCESAR.

Estas condiciones provocan un transporte litoral de intensidad significativa, especialmente en el tramo Tolú- Coveñas, donde los efectos del desgaste de las playas son importantes. Entre la Punta San Bernardo y la Boca del Frances, la dirección de la deriva es sur, mientras que a lo largo de la flecha de Mestizos es este, lo que favorece la formación de la punta Terrapien.

Las mareas en el golfo no superan los 60 cms. y son de tipo semidiurno. Su efecto más importante se observa en el incremento de las velocidades de las corrientes durante los flujos y reflujos.

5.1.2 Repartición de los sólidos en suspensión. Durante la época seca, las aguas turbias en superficie como a profundidad, dibujan el contorno costero, en forma de franjas paralelas en color crema, amarillo y verde (Fig. 4), las cuales se disponen a todo lo largo del golfo, como resultado de los fenómenos de refracción y difracción, además de la influencia de las aguas oceánicas (azul oscuro) que al penetrar por la parte central del golfo restringen su circulación a esta zona, principalmente al sector sureste. Esta turbidez se hace más débil a medida que nos alejamos de la costa al mezclarse con las aguas oceánicas.

Estas franjas se interrumpen a la altura de punta de Mestizos en la entrada de la Bahía de Cispata, como consecuencia de las particularidades hidrodinámicas de la región, caracterizadas por las condiciones de calma cuasipermanentes.

A profundidad el fenómeno continúa (Fig. 5), las aguas turbias permanecen bloqueadas cerca a la desembocadura del Sinú, exhibiendo un frente de turbidez como resultado de los procesos de sedimentación, producto de la débil actividad hidrodinámica reflejada en las bajas velocidades de las corrientes marinas en este lugar. Al norte del golfo específicamente a partir de la Punta San Bernardo, debido a los fenómenos de difracción y refracción, la turbidez se dispone como una franja que dibuja el contorno costero (Amarillo, verde y azul). En términos generales en la mayor parte del golfo la turbidez se presenta en los primeros metros y se hace más débil con la profundidad; a este nivel se aprecia una mayor dispersión del material en suspensión, indicando un mejor mezclamiento de las aguas.

5.1.3 Dinámica de los sedimentos Superficiales. El 80% del lecho marino del golfo está cubierto por material calcáreo, procedente de la destrucción de vastas zonas arrecifales. (Fig. 6). Su carácter orgánico disminuye cerca a la costa como resultado de la influencia de los aportes continentales de los ríos Sinú, Pechelín, entre otros y de la ciénaga la Calmanera así como al desgaste erosivo que sufre la línea de costa en algunas zonas, especialmente en la flecha de Mestizos y en los alrededores de Tolú, donde forman una franja estrecha.

La distribución horizontal de los sedimentos en el golfo obedece a los efectos de difracción al rededor de las puntas y de refracción a lo ancho del mismo, lo cual permite la depositación del material arenoso en la zona litoral, mientras que las partículas lodosas son transportadas y posteriormente depositadas en la plataforma (Fig. 7 y 8).

De manera general se observan dos direcciones principales de partículas,

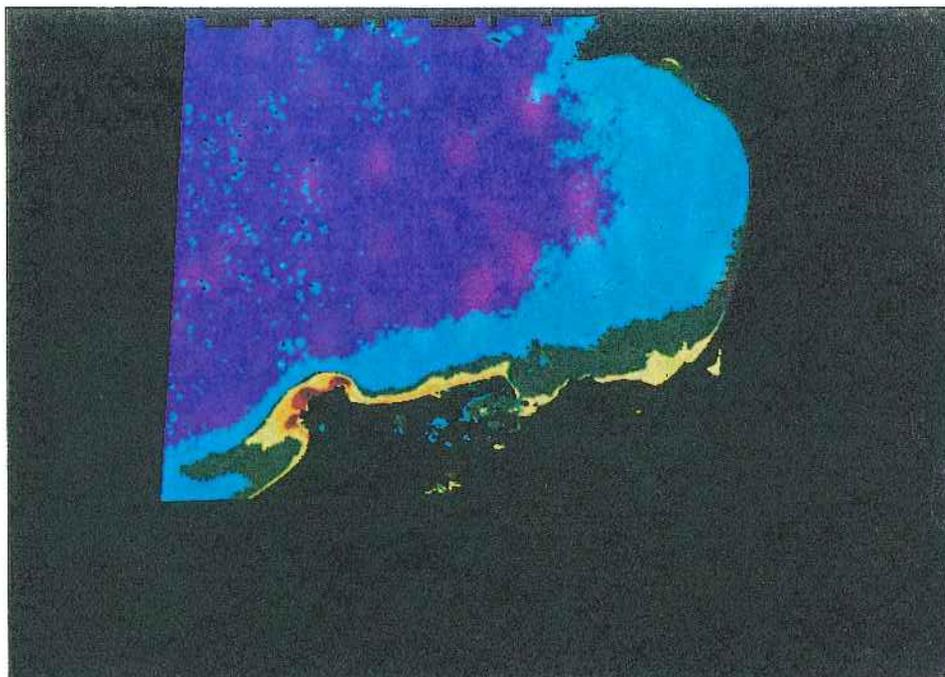


FIGURA 4. IMAGEN DE SATELITE SPOT "GOLFO DE MORROSKUILLO" TRATADA PARA VISUALIZAR LA DISTRIBUCION DE LA TURBIDEZ (FRANJA ROJA, CREMA, AMARILLA, VERDE Y AZUL), A NIVEL SUPERFICIAL EPOCA SECA.

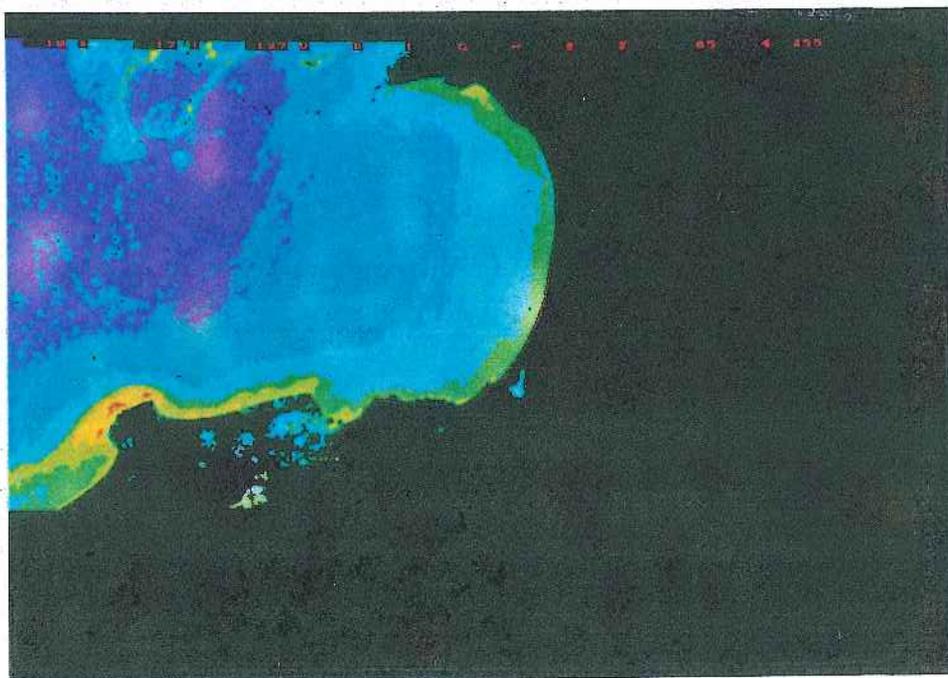


FIGURA 5. IMAGEN DE SATELITE SPOT "GOLFO DE MORROSKUILLO" TRATADA PARA VISUALIZAR LA TURBIDEZ (FRANJA ROJA, AMARILLA, VERDE Y AZUL CLARO), A NIVEL INFERIOR EPOCA SECA.

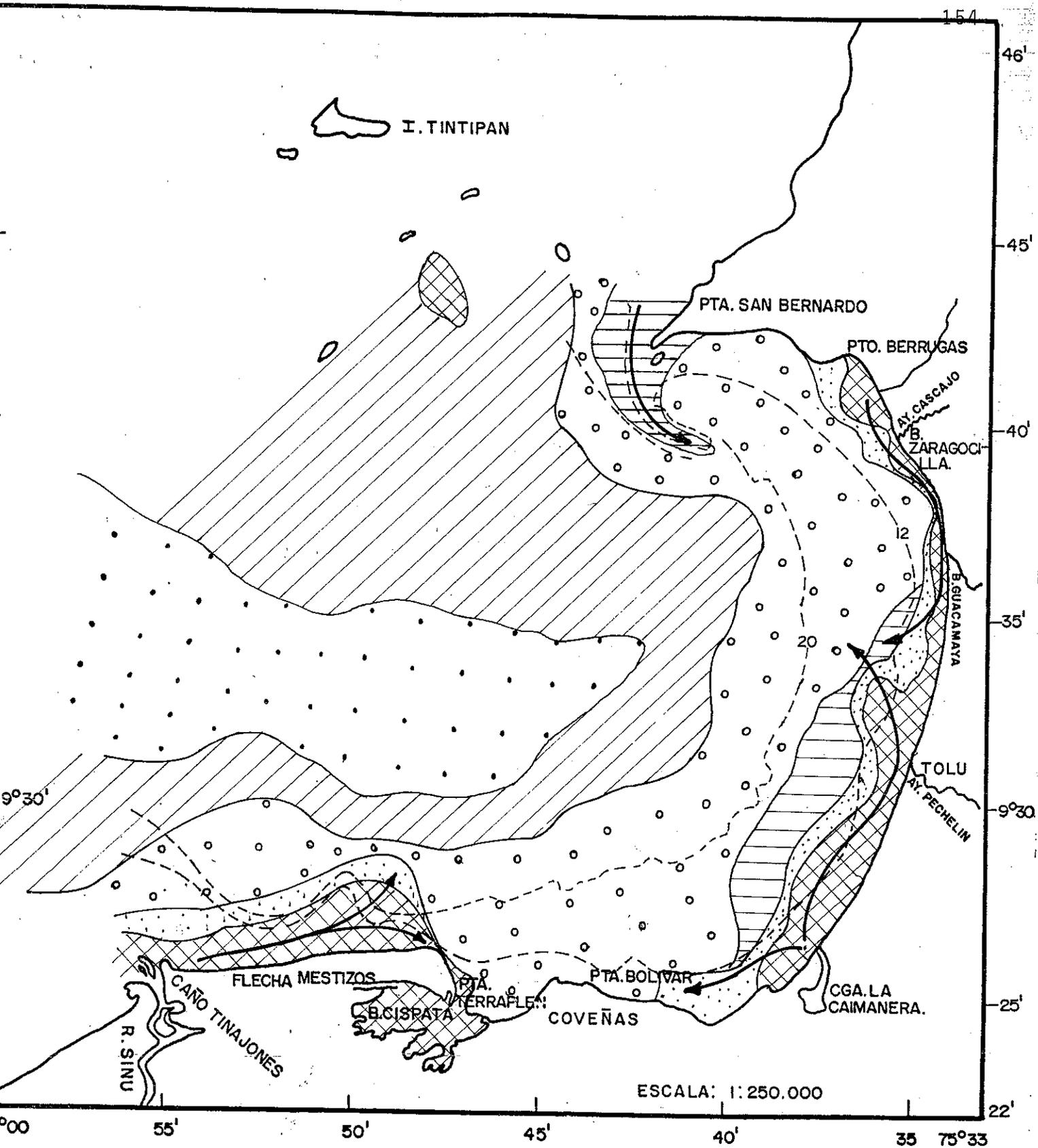
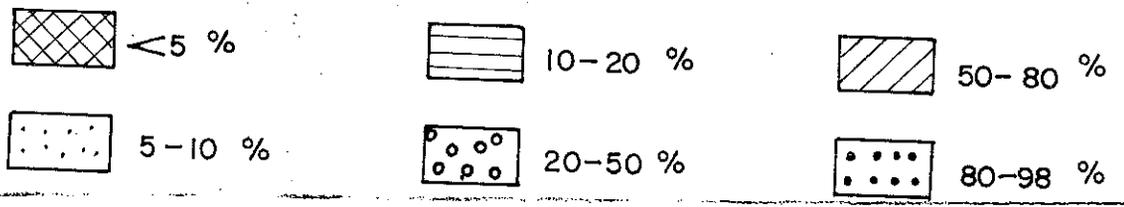


FIGURA No. 6. MAPA DE REPARTICION DEL CARBONATO DE CALCIO. MORROSQUILLO I, FEBRERO 1993.



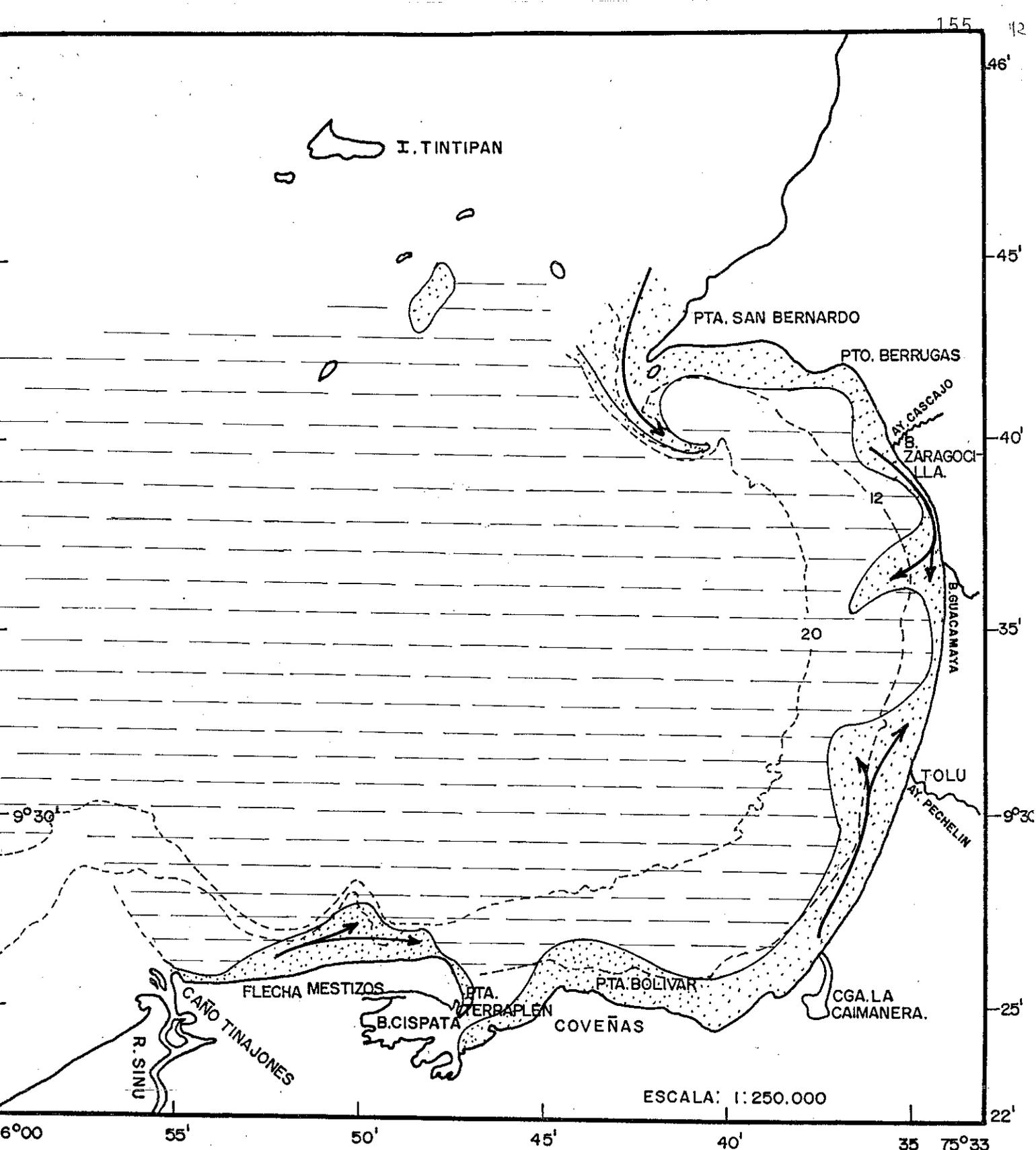
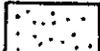
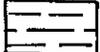


FIGURA No. 7. MAPA DE REPARTICION INDICE ARENOSO. MORROSQUILLO I, FEBRERO 1993.

 ARENA.

 LODO.

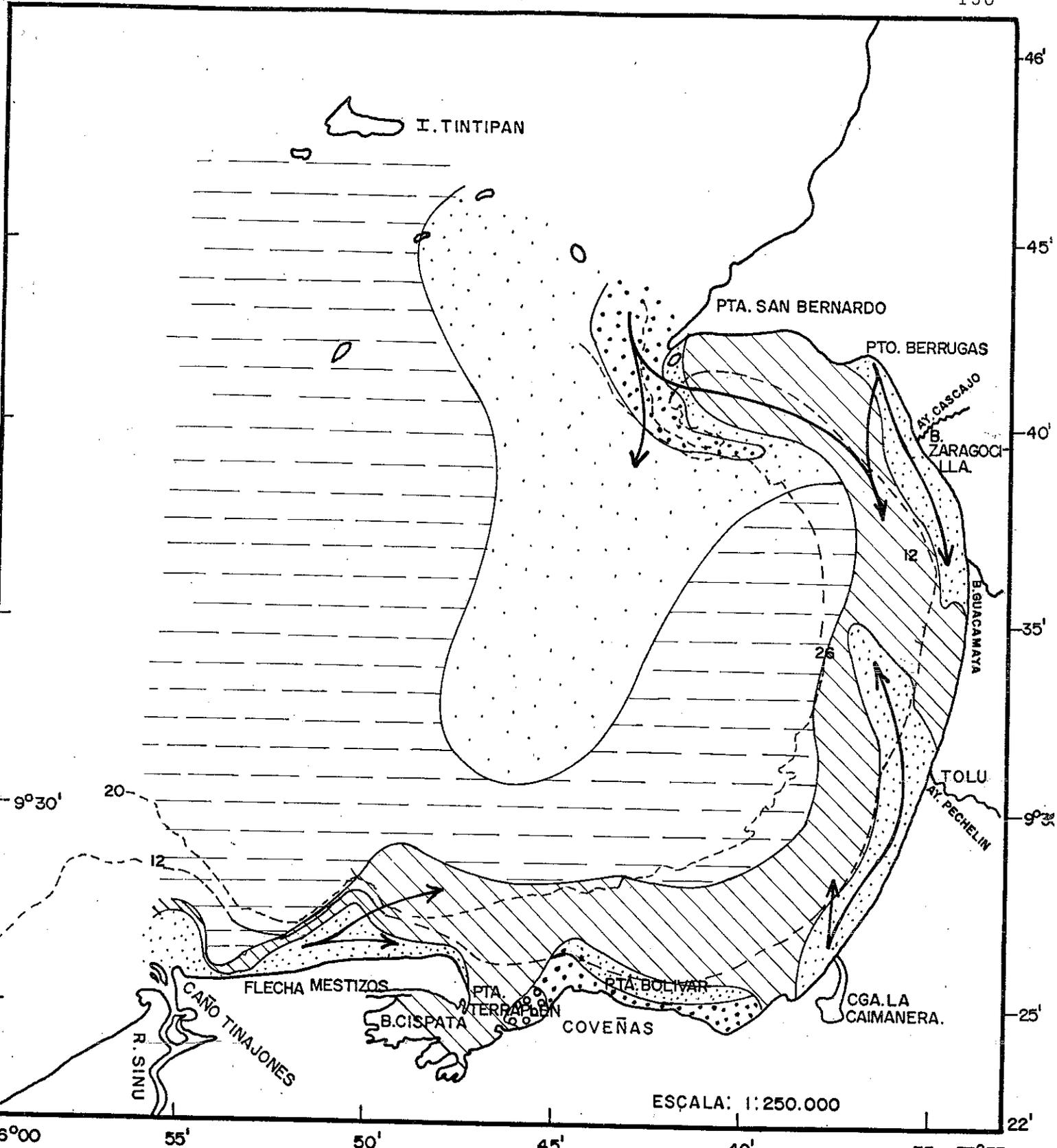
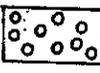
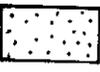
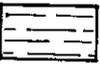
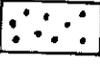


FIGURA. N.º. 8 MAPA DE REPARTICION. INDICE GRANULUMETRICO. MORROSQUILLO I, FEBRERO 1993.

- |   |               |   |                 |  |       |
|---|---------------|---|-----------------|--|-------|
|  | ARENA GRUESA. |  | ARENA FINA.     |  | LODO. |
|  | ARENA MEDIA.  |  | ARENA MUY FINA. |  |       |

una en sentido sur, en el tramo comprendido entre Punta de San Bernardo y las inmediaciones de la boca Guacamaya y otra en sentido norte que transporta el material desde la ciénaga la Calmanera hasta las cecanías de Tolú. A lo largo de la flecha de Mestizos el transporte sedimentario es hacia el este y es interrumpido por una zona de calma dinámica ubicada en la bahía de Cispatá, la cual se refleja por la presencia de sedimentos lodosos y material calcáreo que explica la ausencia del tránsito de los sedimentos aportados por el río Sinú, que se disponen frente a su desembocadura constituyendo su delta, sin participar en la dinámica de los sedimentos que alimentan la costa este del golfo.

## 5.2 DINAMICA MARINA GOLFO DE URABA

**5.2.1 Condiciones Oceanográficas.** La distribución de la temperatura superficial durante la época seca presenta una cierta homogeneidad con un predominio de  $27^{\circ}\text{C}$ , a diferencia de la registrada en la época húmeda, donde alcanza valores de  $28.5^{\circ}\text{C}$ , lo cual se explica por la presencia y actividad permanente de los vientos en época media que provocan un leve descenso en la temperatura; a profundidad la temperatura conserva la homogeneidad en su distribución mostrando variaciones con respecto a la superficie de  $0.8^{\circ}\text{C}$ .

La influencia de los vientos en época seca no solo afecta la temperatura sino también la salinidad, produciendo su descenso en ésta última al restringir las aguas dulces aportadas por los ríos cerca a sus desembocaduras y alcanzando un valor promedio de 2‰, en la zona central del golfo (Fig. 9). En época húmeda se presenta un incremento de la salinidad superficial, con valores máximos de 30‰, encontrándose fuertes gradientes horizontales cerca a las desembocaduras de los principales ríos y hacia la costa que reflejan el aumento de ésta hacia el centro (Fig. 10).

Cerca del fondo en ambas épocas la estratificación es bien marcada, las aguas dulces permanecen restringidas en las desembocaduras de los ríos Atrato y León y al suroeste de Bahía Colombia, permitiendo que la mayor parte del golfo esté ocupada por aguas oceánicas que podrían provenir de la penetración de un ramal de la contracorriente de Panamá, principalmente a profundidad; esta distribución vertical de la salinidad a lo largo de la columna de agua demuestra la permanencia de las aguas dulces solo en los niveles superficiales.

La circulación de las aguas constituyen el factor esencial de la distribución y repartición de los sedimentos. La alternancia estacional produce dos tipos de circulación: En época media, las precipitaciones son débiles y los vientos de los sectores norte a noreste son particularmente activos a pesar de que los ríos traen menos agua dulce su volumen es mayor que en época húmeda. Eso se traduce en una estratificación horizontal y vertical bien marcada de las aguas (Fig. 11 y 12).

El bloqueo de las aguas continentales dentro del golfo se explica por la acción de los fuertes vientos del sector noreste que predominan durante la época media Sin embargo, una parte de estas aguas tiende a salir en favor de las corrientes de dirección noreste.

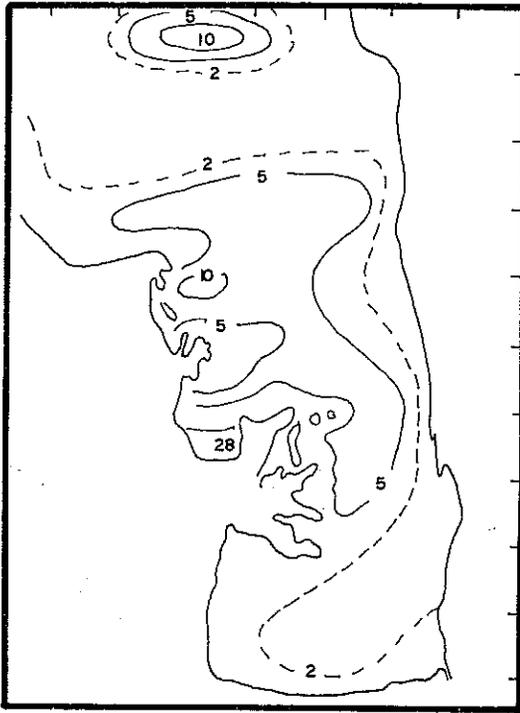


FIG. 9. SALINIDAD SUPERFICIAL  
EPOCA SECA

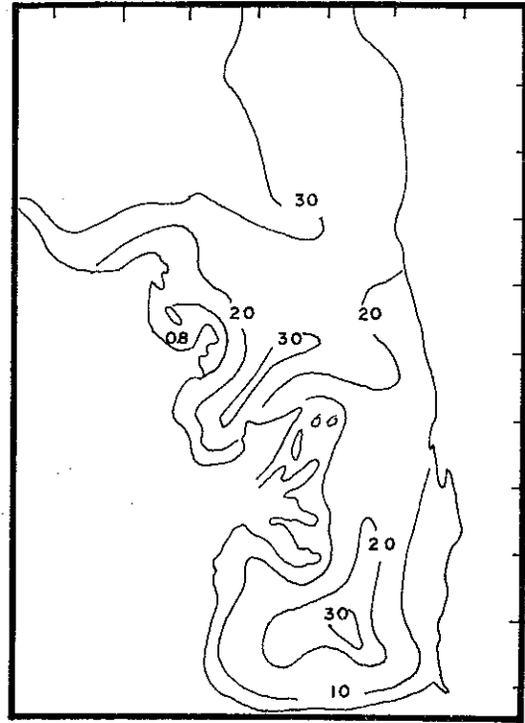


FIG. 10. SALINIDAD SUPERFICIAL  
EPOCA HUMEDA

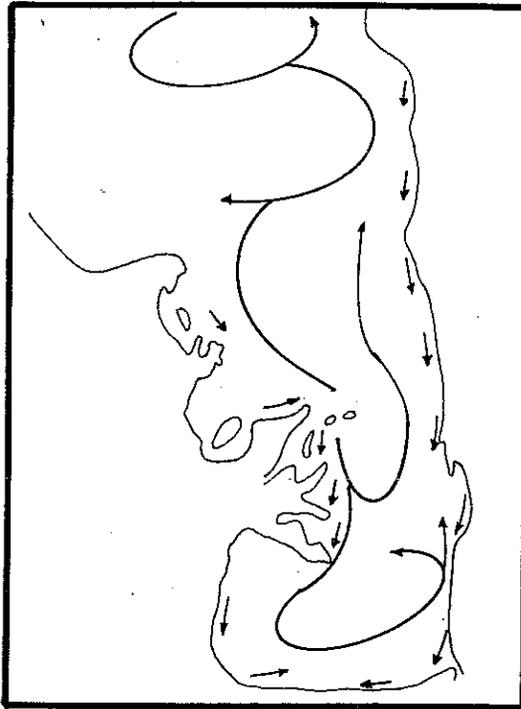


FIG. 11. CIRCULACION EN LA SUPER.  
FICIE. EPOCA SECA

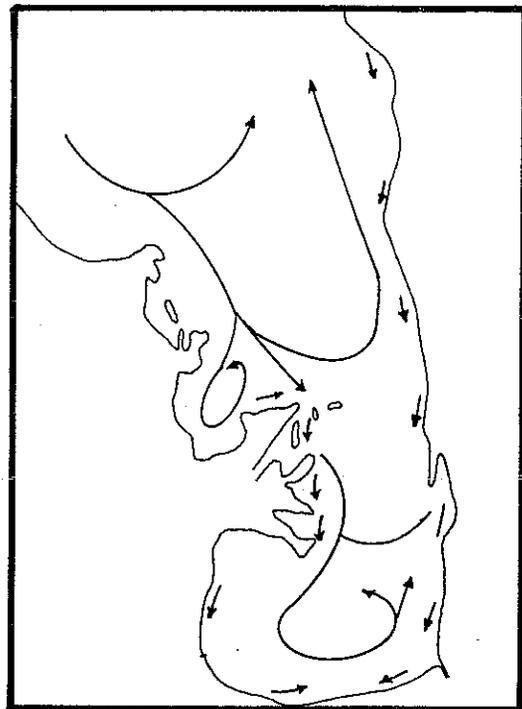


FIG. 12. CIRCULACION SUPERFICIAL  
EPOCA HUMEDA.

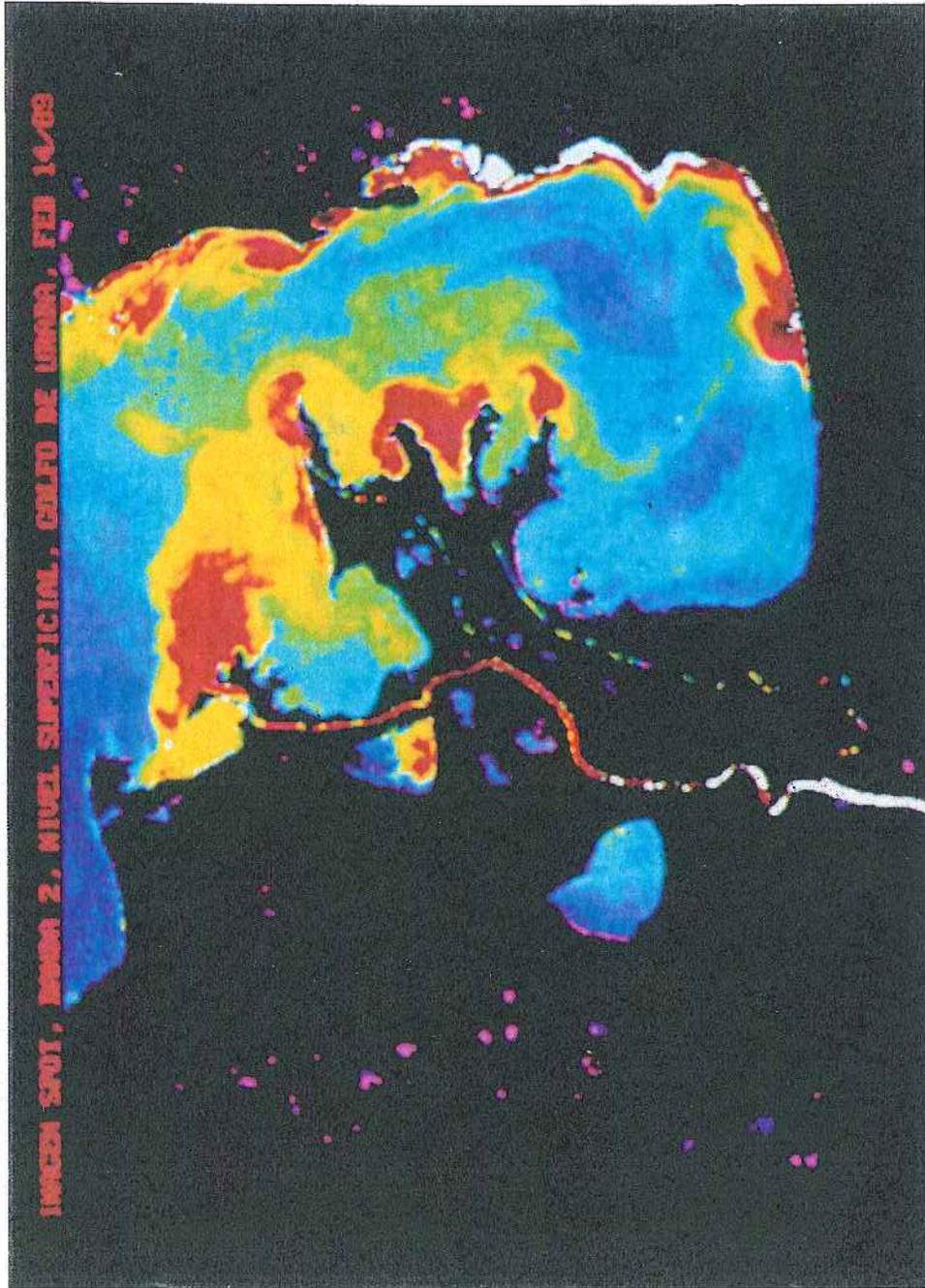


FIGURA 13. IMAGEN DE SATELITE SPOT "GOLFO DE URABA" TRATADA PARA VISUALIZAR LA DISTRIBUCION DEL MATERIAL EN SUSPENSION (FRANJAS BLANCAS, ROJAS, NARANJAS Y AMARILLAS, A NIVEL SUPERFICIAL (BANDA XS-2), EN EPOCA SECA.

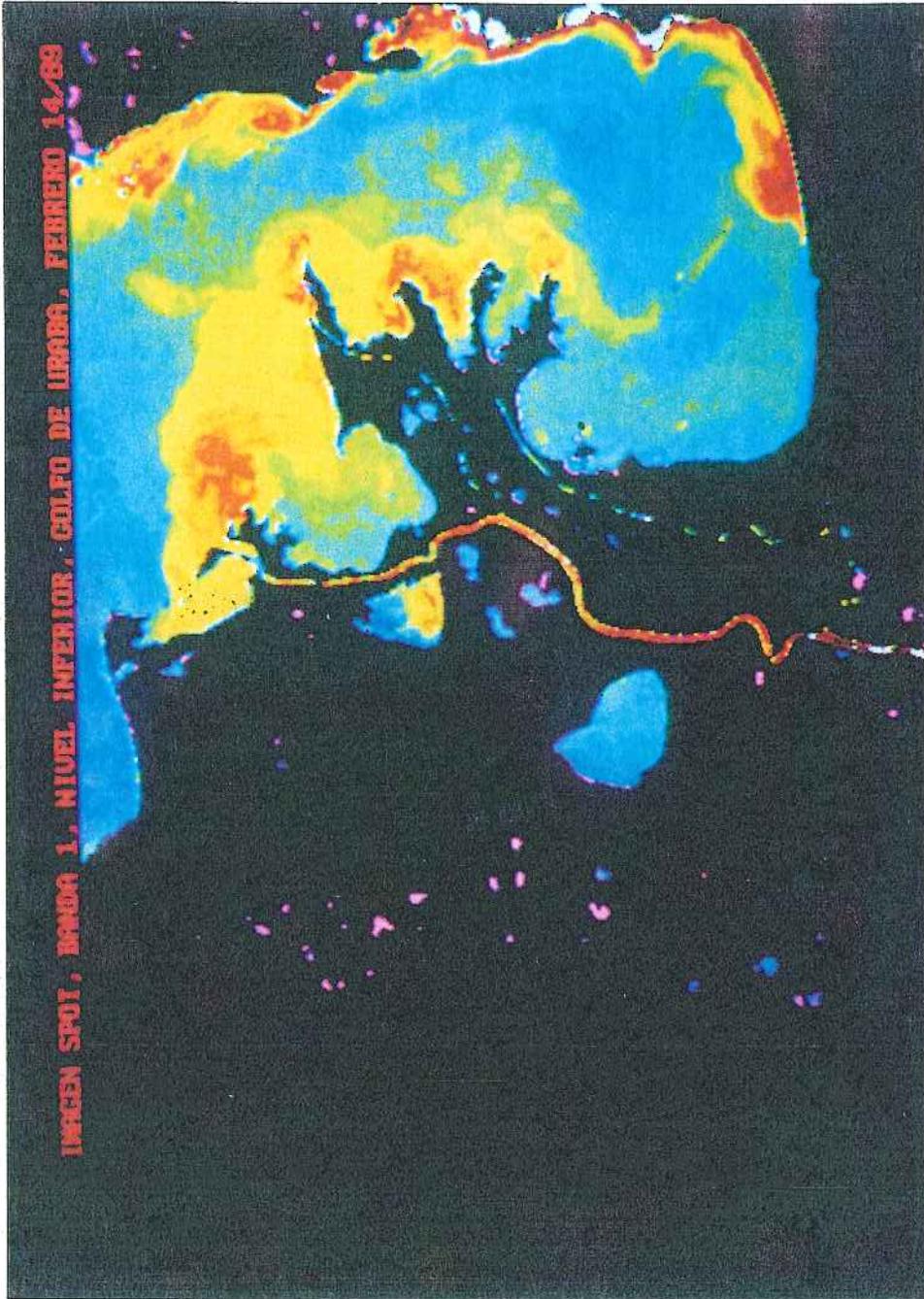


FIGURA 14. IMAGEN SPOT "GOLFO DE URABA" TRATADA PARA VISUALIZAR LA DISTRIBUCION DEL MATERIAL EN SUSPENSION (FRANJAS-BLANCAS, ROJAS, NARANJAS Y AMARI-LLAS, A NIVEL INFERIOR (BANDA XS-1, EN EPOCA SECA.

El oleaje en la zona es bastante fuerte en la época media. Se registra una frecuencia de 10% para oleajes con altura superior a los 4 mts. , de 3% para olas mayores a los 6 mts. El oleaje es el factor determinante de la deriva litoral que afecta las costas del golfo provocando erosión en algunos sitios y sedimentación en otros.

5.2.2 Repartición de los Sólidos en suspensión. El sentido de la corriente en época media conduce a que los penachos de turbidez queden ubicados a nivel de las desembocaduras. Durante esta época los sedimentos se depositan principalmente al rededor del delta del Atrato, así como dentro de bahía Colombia.(Fig. 13). A diferencia de la época húmeda estas plumas turbias presentan valores de menor intensidad.

La época húmeda se caracteriza por una alta pluviosidad y por vientos débiles variables del sur; las cantidades de agua dulce y la alta turbidez aportadas por los ríos, se concentran al llegar al golfo en los primeros metros. La acción conjunta del viento y de las corrientes de superficie facilitan el transporte hacia el norte de esas partículas diluidas en la masa de agua, cuyo carácter marino aumenta a medida que se alejan del golfo.

*? no entiendo*  
 A profundidad la turbidez es muy débil y ocupa una zona restringida (Fig. 14). El carácter oceánico de las aguas predomina con la presencia de una lengua de agua marina, cuya penetración hacia el sur podría ser generada por la contracorriente de Panamá.

En resumen, mientras que salen en superficie las aguas dulces y turbias, penetra a profundidad el agua marina bajo la influencia de la contracorriente.

### 5.3 Variación de la Línea de Costa del Golfo de Morrosquillo.

Los procesos de erosión se presentan principalmente a todo lo largo del cuerpo de la flecha de Mestizos, donde el retroceso de la línea de costa es causada por la formación del delta del Sinú que le sirve de receptáculo para la acumulación de los sedimentos, evitando que estos alcancen a depositarse en este lugar (Figs. 15 y 16).

Otro sector afectado por la intensa erosión lo constituye la terraza marina localizada al este de la espiga de Mestizos, que se extiende hasta la zona de la población de Coveñas. Hacia la parte norte y en dirección al municipio de Tolú la erosión intensa está siendo controlada por una serie de construcciones civiles "Espolones", que han permitido el desarrollo de pequeñas playas arrojando resultados positivos. La erosión de estas zonas se agudiza debido a la ausencia de sedimentos arenosos del río que sirven para alimentar las playas en este lugar. En el área comprendida entre Tolú y punta San Bernardo, la línea de costa permanece prácticamente estable.

El delta del Sinú localizado en la zona sur-oeste del golfo de Morrosquillo constituye el rasgo morfológico más importante, es originado por fenómenos de acrecimiento sedimentario a partir de 1938, cuando el río cambió su cauce en su curso final e inició su desembocadura por Tinajones, desarrollando un delta tipo lobulado favorecido por la

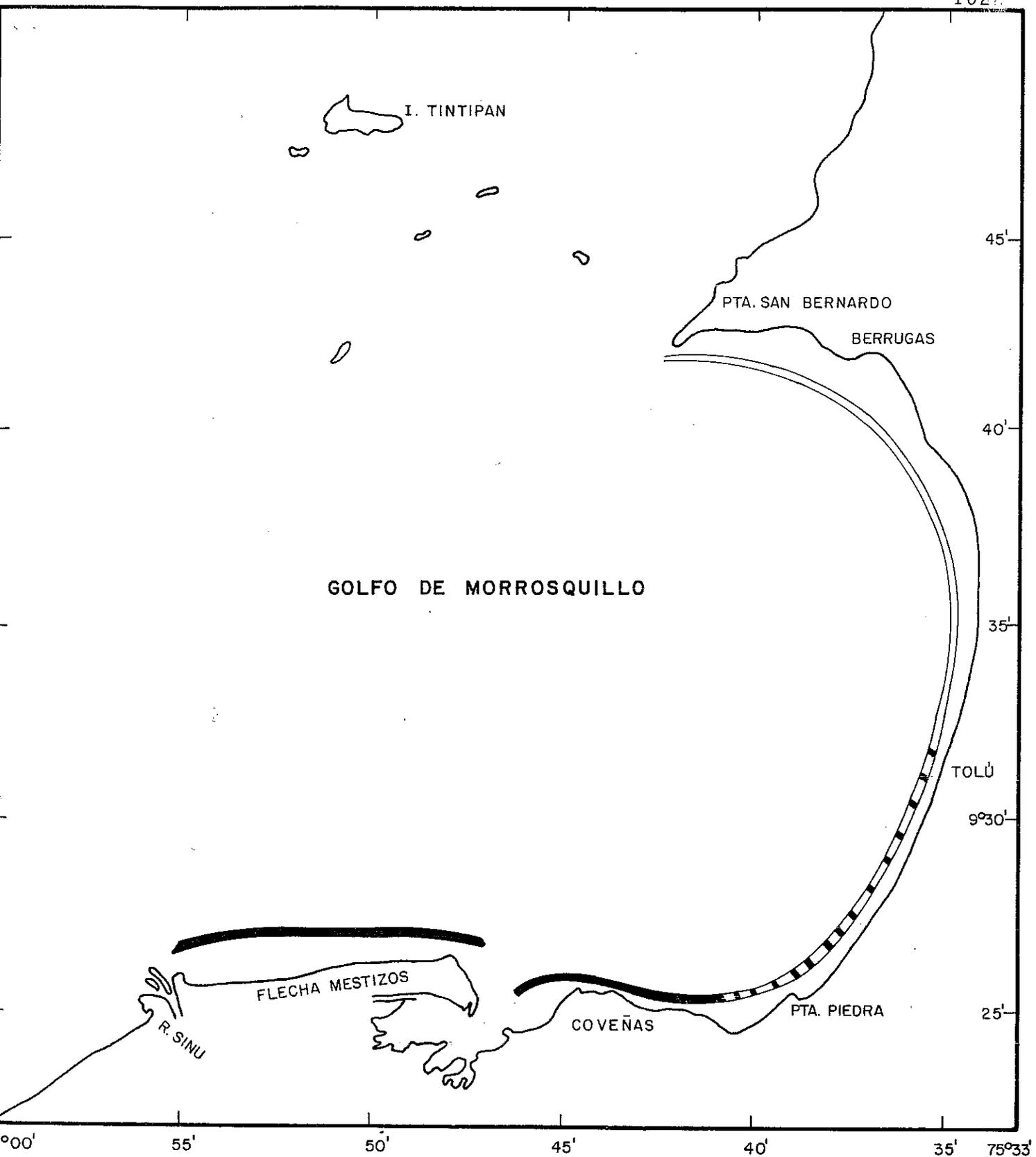
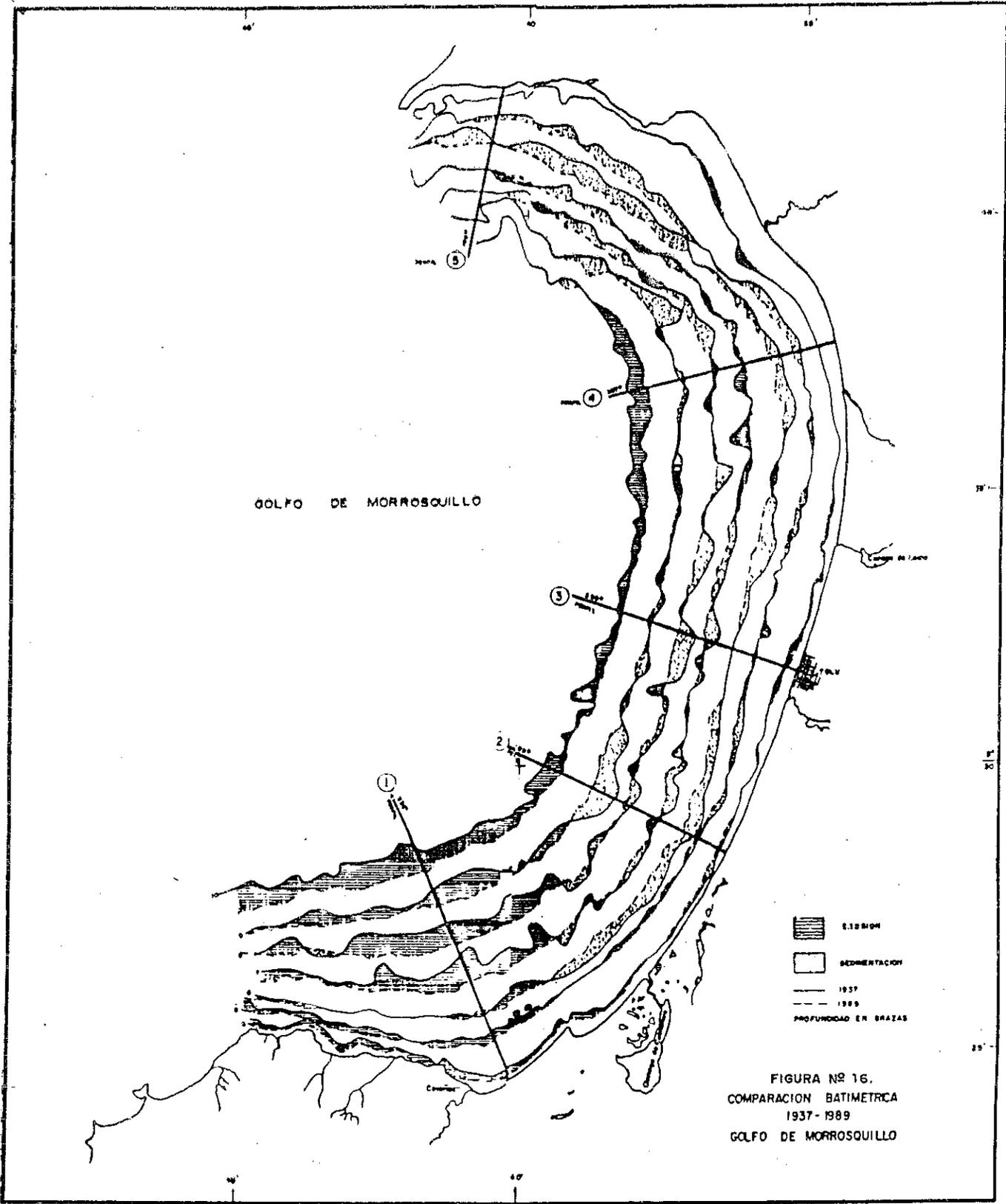


FIGURA: 15. ZONAS DE INESTABILIDAD LITORAL GOLFO DE MORROSQUILLO.

- EROSION INTENSA
- EROSION MEDIA
- EROSION BAJA
- ESCALA : 1 : 250.000



suave pendiente de la plataforma continental y por la relación hidrodinámica entre los aportes sólidos y el comportamiento de las condiciones oceanográficas sujetas a los cambios climáticos estacionales (épocas seca y húmeda).

#### 5.4 Variación de la Línea de Costa del Golfo de Urabá.

Entre 1938 y 1983 la zona costera sufrió importantes variaciones morfológicas, entre las que se destaca la formación de una flecha litoral de dirección norte-sur frente a la actual desembocadura del río Turbo, que originó un prisma de acrecimiento sedimentario que obstaculiza la llegada de sedimentos hasta la flecha de Punta de las Vacas, provocando una fuerte erosión litoral (Fig. 17).

Para esta época el río Currulao ha desarrollado un delta tipo lobulado y el río Atrato presenta zonas de acrecimiento frente a sus bocas activas: Pavas, Barbacoas, Cocogrande, Urabá y Pichindí y un retroceso a lo largo de sus brazos.

#### 5.5 Variación de la Morfología Submarina del Golfo de Urabá.

Se observa un acrecimiento sedimentario en ambos costados de Bahía Colombia, especialmente en las zonas frente a las desembocaduras de los principales ríos que vierten sus aguas allí como son: Atrato, Turbo, Currulao, etc. (Fig 18). Este acrecimiento ha producido un desplazamiento de la línea de costa hacia la zona del Canal, disminuyendo su ancho específicamente a la entrada de la Bahía, donde ha sufrido una reducción del orden de 600 metros en los últimos 14 años (Fig. 19).

Una situación diferente se observa hacia la zona central del canal, donde de acuerdo con los registros batimétricos no se evidencian obstáculos que representen peligros a la navegación ni a la selección de sitios de fondeo, sino que sufre una tendencia a erosionarse hacia los taludes del delta del Atrato como producto de la circulación de las corrientes de fondo.

En el área frente al delta del río Turbo, se facilita la sedimentación teniendo en cuenta que la pendiente de este costado del Canal es más suave que la observada frente al brazo Matuntungo.

### CONCLUSIONES

Tanto en el golfo de Urabá como en el golfo de Morrosquillo, el parámetro que determina la circulación de las aguas y la distribución del material en suspensión son la velocidad y dirección del viento, además de la configuración de las costas que juegan un papel importante en la dirección de las plumas. Bajo la acción de los vientos de componente norte y fuertes velocidades predominantes durante la época seca, la pluma turbia de los ríos se orienta de forma correspondiente a las direcciones del viento. En el caso del río Atrato, la pluma toma una orientación al sur, mientras que el río Sinú orienta su pluma hacia el suroeste.

Como es obvio el campo de vientos afecta igualmente la circulación de las aguas en las dos regiones. La alternancia estacional se ve más

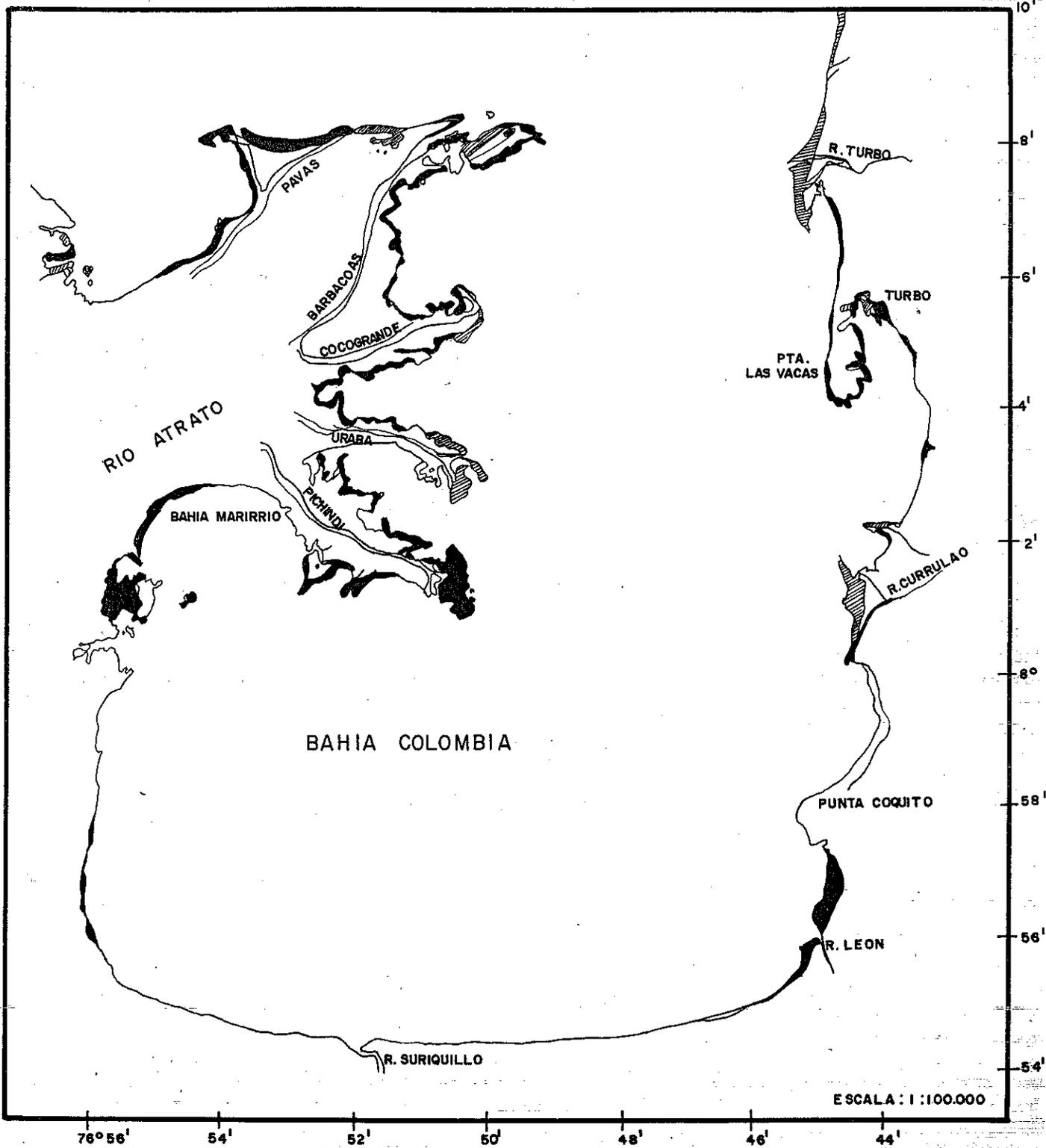


FIGURA. 17.

- EROSION CARTA NAUTICA 1983
- SEDIMENTACION IMAGEN SPOT. 1989.

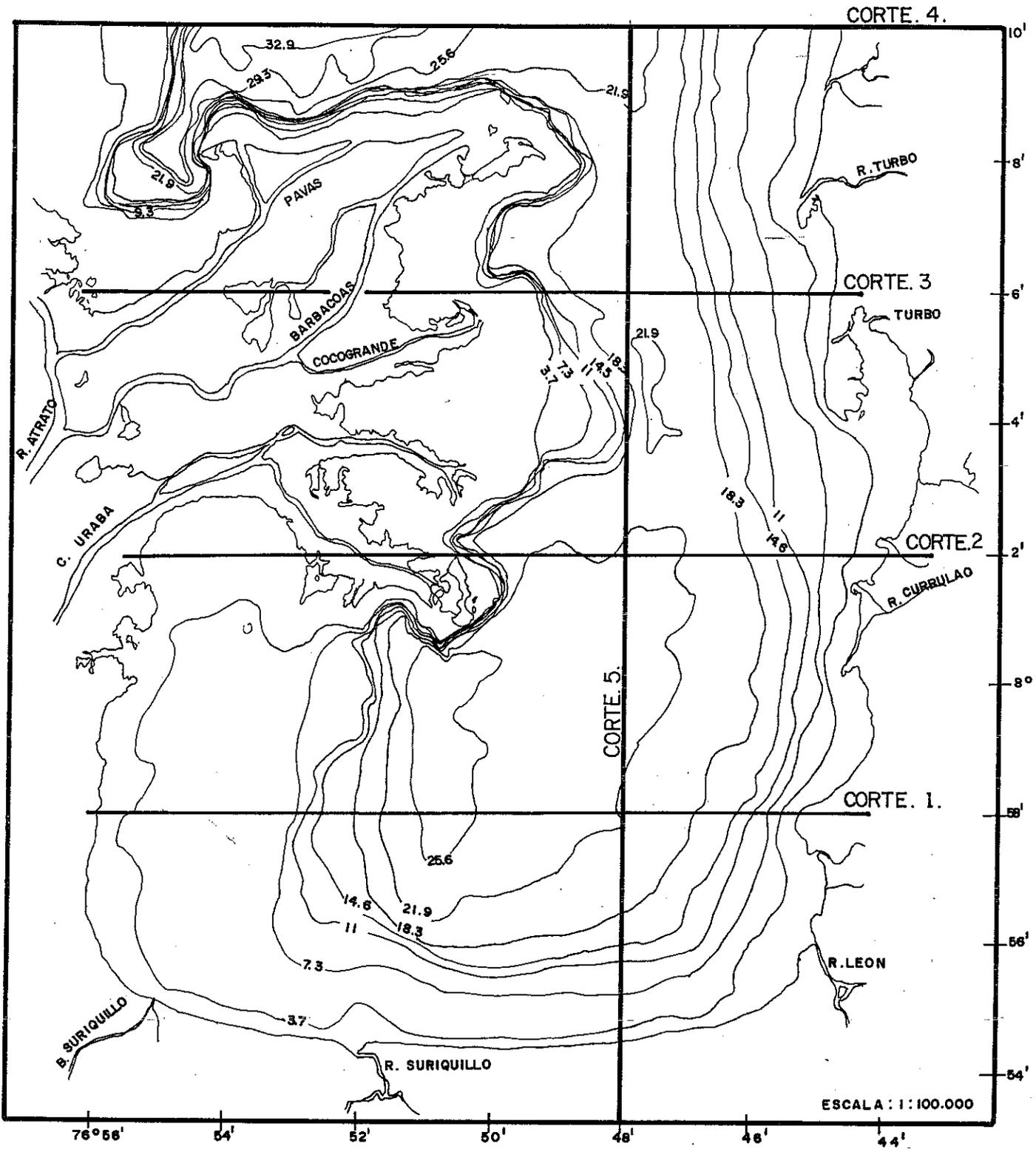
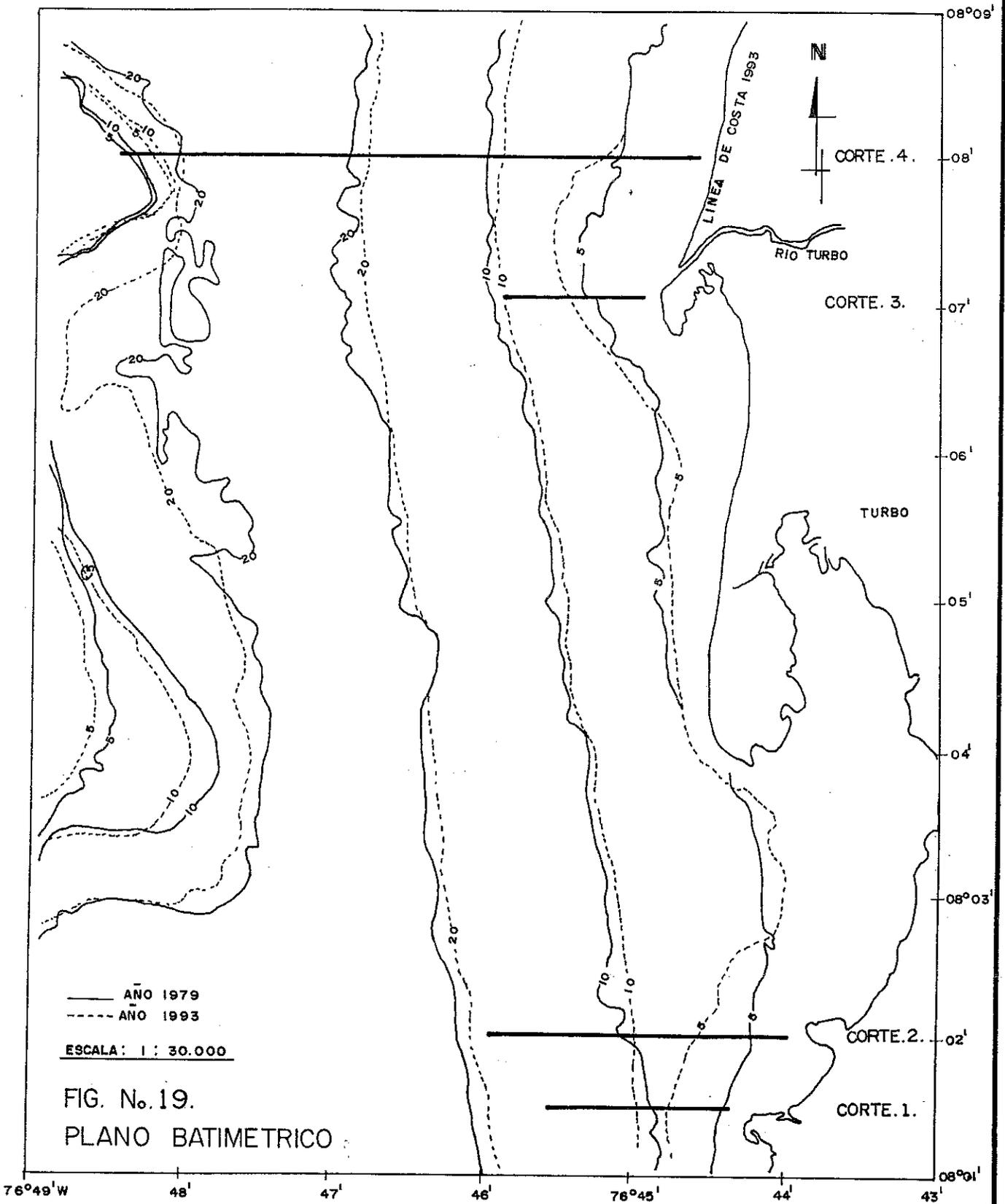


FIGURA.18. PLANO BATIMETRICO. 1983 .



ciaramente reflejada en el caso del golfo de Morrosquillo, donde en época seca el flujo predominante es sur y suroeste, mientras que para la época húmeda se hace evidente una mayor influencia de la contracorriente Panamá-Colombia.

Para el golfo de Morrosquillo, la estación se refleja en una variación significativa de la distribución de los campos hidrológicos, específicamente la salinidad. Durante la época seca la salinidad promedio es de 5%. debido a la restricción superficial de los aportes fluviales por la acción del viento, en época húmeda, cuando la acción del viento es más débil el intercambio con el mar Caribe es libre y la salinidad en el golfo es cercano o mayor a 32%.

La morfología costera y submarina ofrece condiciones bastante diferentes en ambas zonas. En el gofo de Morrosquillo, la distribución de las isóbatas y la amplitud longitudinal de la línea de costa presenta condiciones favorables a la expansión del oleaje. En este caso, el oleaje a tener cuenta para el diseño de obras de protección es el procedente del oeste, debido a que penetra al golfo en forma paralela a las isóbatas y el desgaste de su energía es mínimo. Por la estreches de su forma en el golfo de Urabá, debe considerarse el oleaje del sur, cuya energía se vé sustancialmente incrementada al superponerse a un aumento del nivel del mar por efecto de las mareas.

Una de las principales consecuencias de las condiciones oceanográficas en las dos regiones, es la formación de flujos ó tránsitos litorales de relativa intensidad que han provocado variaciones importantes de la línea de costa. Los principales cambios en el golfo de Morrosquillo se observan en el desarrollo y crecimiento del delta de Tinajones, de la Punta Terraplén, la erosión de la espiga de Mestizos y de la costa sureste del golfo tramo (Toiú-Coveñas). En el golfo de Urabá, los principales efectos de la deriva litoral se reflejan en un desgaste del delta del Atrato y e las playas de Turbo, así como en un crecimiento del brazo de Matuntungo y de los actuales deltas de los rios Turbo y Currulao, que han provocado un estrechamiento del canal de acceso a Bahía Colombia.

#### BIBLIOGRAFIA

- FRANCO, et al., "Geomorfología y Aspectos Erosivos del Litoral Caribe Colombiano (sector Bahía de Barbacoas - Delta de Tinajones" , en edición.
- GALLOWAY, W., "Process Framework For Describing the Morphologic and Stratigraphic Evolution of Deltaic Depositional Systems", (1975).
- GUHL, E., "Colombia: Bosquejo de su Geografía Tropical", tomo I Instituto Colombiano de Cultura. Bogotá, 286p 1975.
- JAVELAUD, O., "La Sedimentation du Plateau Continental de la Colombie Caraibe au Cours du Quaternaire Terminal". These Doctorat, Bordeaux I, 387p, 1987.
- LORIN, J., et al., "Estudio del Régimen Sedimentológico del Golfo de Morrosquillo. Protección de Playas en Toiú". Informe General, 1973.

ANALISIS GEOMORFOLOGICO COSTERO Y DE LA  
PLUMA DE SEDIMENTOS EN SECTORES DEL CARIBE,  
UTILIZANDO IMAGENES DE SATELITE

Por:

JAI ME ORLANDO MARTINEZ M.  
HUGO FORERO O.

---

INGEOMINAS  
Diagonal 53 34-53  
Santafé de Bogotá, Colombia

## RESUMEN

Mediante el tratamiento digital orientado de imágenes de satélite, se analizan rasgos geomorfológicos, dinámicos y de comportamiento de sedimentos en suspensión para sectores de la costa de Caribe.

Dos tratamientos digitales se emplearon para las mismas zonas estudiadas. El primero permitió obtener una composición en falso color RVA: TM4, TM5, TM7, con filtros de paso alto, en el cual se exaltó principalmente las geoformas que se manifiestan en la zona costera. El segundo tratamiento dio como resultado una composición en color real RVA: TM3, TM2, TM1, con expansión de contraste por desviaciones estándar, permitiendo la proyección de los sedimentos en suspensión en la masa de agua. El primer tratamiento digital facilitó: 1) La identificación de las causas de Galerazamba; 2) La diferenciación de zonas de alta y baja dinámica a lo largo del borde costero; 3) La separación clara, con tonos contrastantes entre rocas antiguas (Terciario) y sedimentos recientes (Holoceno); 4) La identificación de rasgos geomorfológicos asociados a cambios del nivel del mar.

A través del segundo tratamiento digital se hace una aproximación al comportamiento espacial de los sedimentos en suspensión aportados frente a la zona del delta del río Atrato y en algunos sectores costeros, con base en la distribución espacial de la pluma de sedimentos.

## ABSTRACT

Geomorphologic coastal features and some aspects of the sediment plume for some sectors of the Caribbean area, are analyzed through oriented digital treatment of satellite imagery.

Two digital treatments were used for the same study area. The first one, a false colour RGB composition: TM4, TM5, TM7 with high pass convolution filters points out the geoforms which are exposed in that coastal zone. The second one produced a true color RGB composition: TM3, TM2, TM1, with standard deviation contrast stretching, that was used to study the spatial characteristics of the sediment plume in the water mass. The following results were obtained through the first treatment: 1) Identification of the causes for the particular coastal configuration northeast of Galerazamba; 2) Differentiation of high and low coastal dynamics along the study area; 3) Good differentiation in terms of colors between old rocks (Tertiary) and recent sediments (Holocene); 4) Identification of geomorphologic features associated to sea level changes.

Some approaches were made using the second digital treatment. In fact suspended sediments from the Atrato river delta and other places were analyzed in terms of its movement and general behavior. The analysis was based on the spatial distribution of the sediment plume.

## INTRODUCCIÓN

La técnica de los sensores remotos satelitales se erige como una herramienta importante para el estudio de los procesos costeros presentes y pasados. La versatilidad obtenida bajo el procesamiento digital de la imagen, permite el análisis de rasgos particulares de la costa dentro de un contexto regional. Coherente con lo anterior, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar cualitativamente características geomorfológicas del sector costero estudiado y del comportamiento de la pluma de sedimentos en el golfo de Urabá y otros sectores locales, aplicando la percepción remota.

### Localización del Area de Estudio

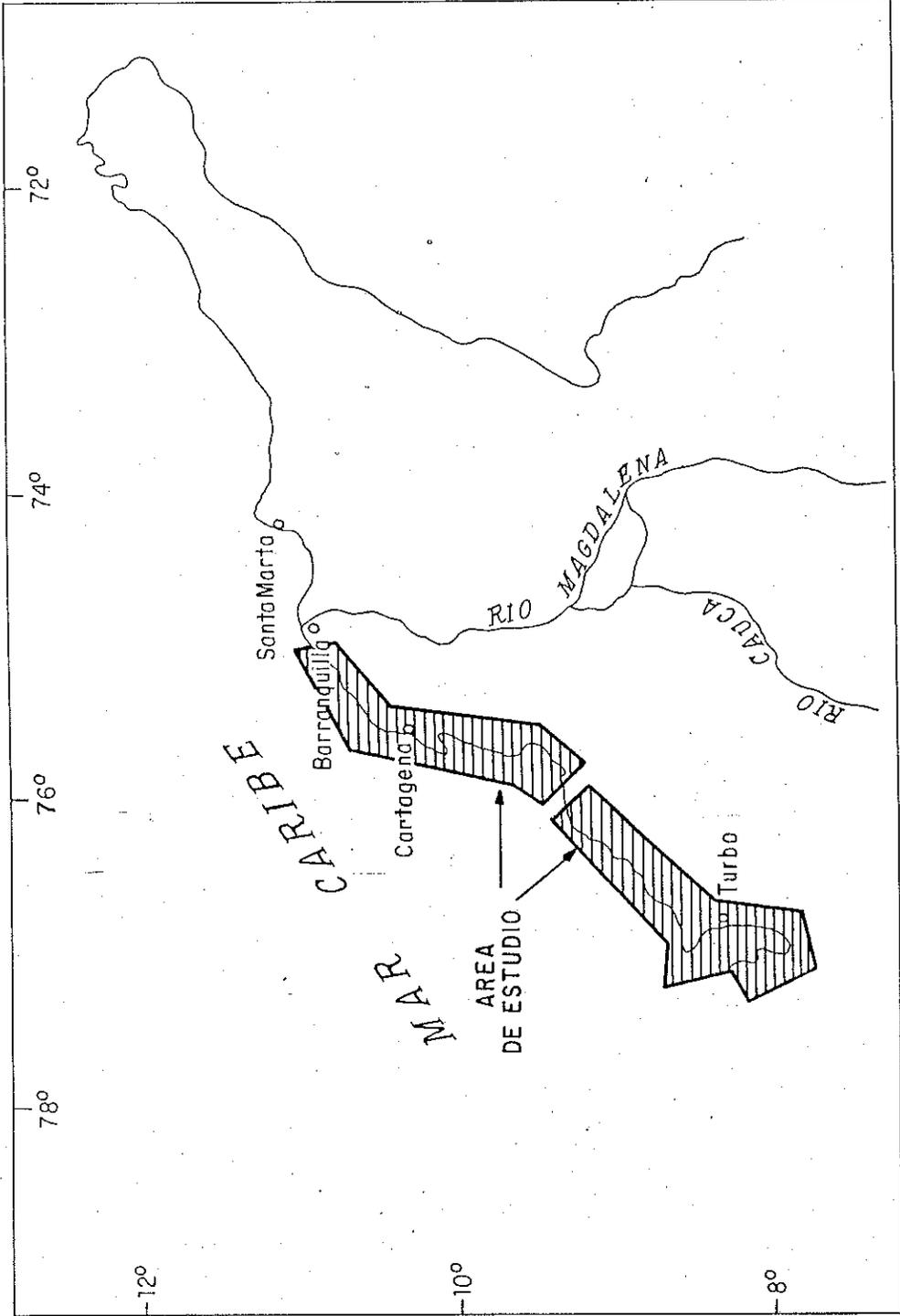
El sector estudiado (Fig. 1) abarca la línea de costa comprendida entre Puerto Caimán en el Atlántico y Bahía Cevera en el Chocó, con una corta interrupción de aproximadamente 35 km en la parte media y que corresponde desde el sector sur de Tolú hasta Punta de Piedra en el departamento de Córdoba. La zona estudiada en su extremo oriental (Puerto Caimán) se encuentra limitada por las coordenadas  $75^{\circ} 02'$  longitud oeste y  $10^{\circ} 55'$ , latitud norte. El extremo occidental (Bahía Cevera), está definida por las coordenadas  $8^{\circ} 17'$ , latitud norte y  $77^{\circ} 00'$ , longitud oeste.

### Metodología

Selección de Imágenes. Para este estudio se seleccionaron tres imágenes Landsat TM que cubren la franja central y occidental de la costa del Caribe. Estas imágenes son: Escena Landsat TM P09R53, fecha de adquisición: 01-30-87. Escena Landsat TMP10R54, fecha de adquisición: 03-21-91. Subescena Landsat TMP10R54-55, fecha de adquisición: 11-10-89. Estas imágenes se procesaron utilizando el software IMAGINE de ERDAS para la estación de trabajo del INGEOMINAS, y fueron previamente georreferenciadas con base en planchas topográficas IGAC, escala 1:100.000.

Selección y Extracción de Ventanas. Se determinó un corredor a lo largo de la franja litoral y se extrajeron tres subescenas, con seis bandas espectrales cada una. Se omitió la banda TM6 (termal) debido a su baja resolución espacial y a que es una banda termal diurna. Sobre estas ventanas se aplicaron los diferentes procesos y se tomaron las fotografías de pantalla sobre las que se hicieron los análisis de este estudio.

Análisis Visual de las Características Espectrales Banda por Banda. Con el fin de escoger las bandas espectrales más informativas en cada subescena, se hizo una observación monocromática a todas ellas, junto con el análisis de los histogramas de sus números digitales. Este análisis permitió establecer la importancia del rango visible para la observación de sedimentos en suspensión a lo largo de la línea de costa, a pesar de la alta correlación entre sus tres bandas (TM1, TM2, TM3).



# INGEOMINAS

## LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

|   |    |                                     |        |
|---|----|-------------------------------------|--------|
| Autores.<br>Jaime O. Martinez y Hugo Forero |    | Dibujó.<br>Cartografía - Ingeominas |        |
| 0   | 50 | 100                                 | 150 Km |
| Escala 1:5000.000                           |    |                                     |        |
|   |    | Agosto - 94                         | Fig. 1 |

De otra parte, se estableció el gran volumen de información textural y espectral relacionado con la litología y las estructuras geológicas y geomorfológicas de la zona continental, aportado por las bandas del rango infrarrojo (TM4, TM5 y TM7). Con base en lo anterior, se concluyó que estas seis bandas son imprescindibles para el análisis de los rasgos geomorfológicos, dinámicos y de comportamiento de sedimentos en suspensión a lo largo de la zona de estudio.

Combinaciones de Bandas. Durante la ejecución del procesamiento se buscó mantener la mayor simplicidad posible en las combinaciones de bandas, a fin de tener un control directo sobre la respuesta espectral de los objetos de observación. Los resultados altamente positivos que se lograron mediante combinaciones sencillas, concretamente, la composición en color real RVA TM3, TM2, TM1 y la composición en falso color RVA TM4, TM5, TM7, permitió concluir que la información contenida en las bandas era bastante completa y clara, por lo que se decidió obviar combinaciones entre bandas más complejas, como operaciones aritméticas, análisis de componentes principales y otros algoritmos utilizados para detectar plumas de sedimentos (Urbano et al., 1992).

Composiciones de Color. Realce Espectral y Textural. Se ensayaron varias composiciones de falso color conformadas por bandas simples. Visualmente, se seleccionaron las composiciones RVA TM3, TM2, TM1 y TM4, TM5, TM7 como las más informativas. La primera es la composición en color real RVA TM3 TM2 TM7. El resultado final es una fotografía de color convencional. Esta composición se obtuvo con el fin de mostrar la pluma de sedimentos a lo largo de la franja litoral, por lo que solamente se le aplicó una expansión de contraste intermedia (desviación estándar de 1.5 con tolerancia de 3.5), que permitió el realce espectral de la pluma, contrastando con claridad sobre las aguas limpias y la zona continental. No fue necesario aplicar filtros de convolución para realzarla texturalmente.

La segunda (RVA TM4, TM5, TM7), es una composición en falso color conformada por bandas infrarrojas exclusivamente. Esta composición se utiliza con frecuencia para mostrar diferencias espectrales en suelos y rocas, así como diferencias texturales determinadas por la rugosidad del terreno asociadas normalmente a rasgos geológicos y geomorfológicos. Los cuerpos de agua son negros ya que en el rango infrarrojo la señal espectral del agua es absorbida. Con el fin de realzar las diferencias espectrales se aplicó una expansión de contraste alta (igualación de histogramas con 255 bins y tolerancia de 10.6). Las diferencias texturales fueron realzadas mediante la aplicación de un filtro de realce de bordes de 3 elementos para la banda TM5 y un filtro de paso alto 3X para la banda TM7. El resultado final es una composición de falso color que destaca espectral y texturalmente rasgos superficiales asociados a unidades geológicas y geomorfológicas.

Por último, se ensayaron varias composiciones en falso color, colocando las bandas visibles en el canal azul, a partir de lo

cual se observó la mayor fuerza de penetración en el agua de la banda TM1, con respecto a la banda TM2 y de ésta con respecto a la banda TM3.

## DISCUSION Y RESULTADOS

### Tratamiento Digital No 1

1. Identificación de Zonas Dentadas al NE de Galerazamba. La costa al NE de Galerazamba muestra una conformación dentada cuyo diseño geomorfológico resulta ser muy particular. Se trata de entrantes y salientes consecutivas con bordes rocosos emergentes que varían de elevación desde 50 centímetros hasta más de 30 metros de altura. Estos bordes rocosos terciarios alternan con suaves ensenadas que se encuentran rodeadas de playas. Estas últimas limitan hacia el continente por valles aluviales estrechos o por planicies donde aflora en su superficie la roca sedimentaria.

Esa conformación dentada evidenciada claramente en la imagen de satélite presenta una dirección estructural NE-SW (Caro, et al, 1986), donde las capas, pliegues y algunas fallas se disponen en esa dirección. Esos mismos autores indican para esa zona la presencia de una alternancia de rocas de diferente dureza entre las que se citan, calizas, arcillolitas, conglomerados, limolitas, etc.

Esa alternancia de rocas duras y blandas dentro de la secuencia terciaria produce en el borde costero un diseño dentado ocasionado por la erosión diferencial promovida por el mar. En ese contexto material duro retrocederá lentamente y material blando será erosionado rápidamente. Como resultado de ese proceso de erosión diferencial pueden quedar adyacentes a la costa, islotes o remanentes rocosos los cuales sirven de atadura para la formación de tombolos, (Fig. 2). Lo anterior ocasiona que la línea de costa se modifique, presentando un diseño alterado, donde sedimentos recientes combinados con rocas terciarias cambian la morfología de la costa.

2. Diferenciación de Zonas de Alta y Baja Dinámica a lo largo del Borde Costero. A lo largo de la zona de estudio existen zonas abiertamente expuestas a la energía del oleaje y cuya acción favorece en algunos casos la formación de barras adyacentes a la línea de costa. Davis (1971), indica que las barras litorales son en general de diseño suave y que se elevan desde menos de 1 m hasta 3-4 m por encima de las depresiones adyacentes.

Esas barras son exaltadas en la imagen de satélite mediante una franja roja visible adyacente al borde costero. La amplitud y solidez de esa franja indica una mayor amplitud de la barra y por ende un mayor espectro de la rompiente. Esa rompiente se evidencia en el terreno como un cinturón de espuma, producto del impacto de las olas sobre la barra. Komar (1976) establece que el tamaño de la barra está íntimamente relacionado con el tamaño de la ola; entre más grande sean las olas, más grande será la barra que genera la rompiente.

Aparentemente la barra que genera la zona de rompiente no es

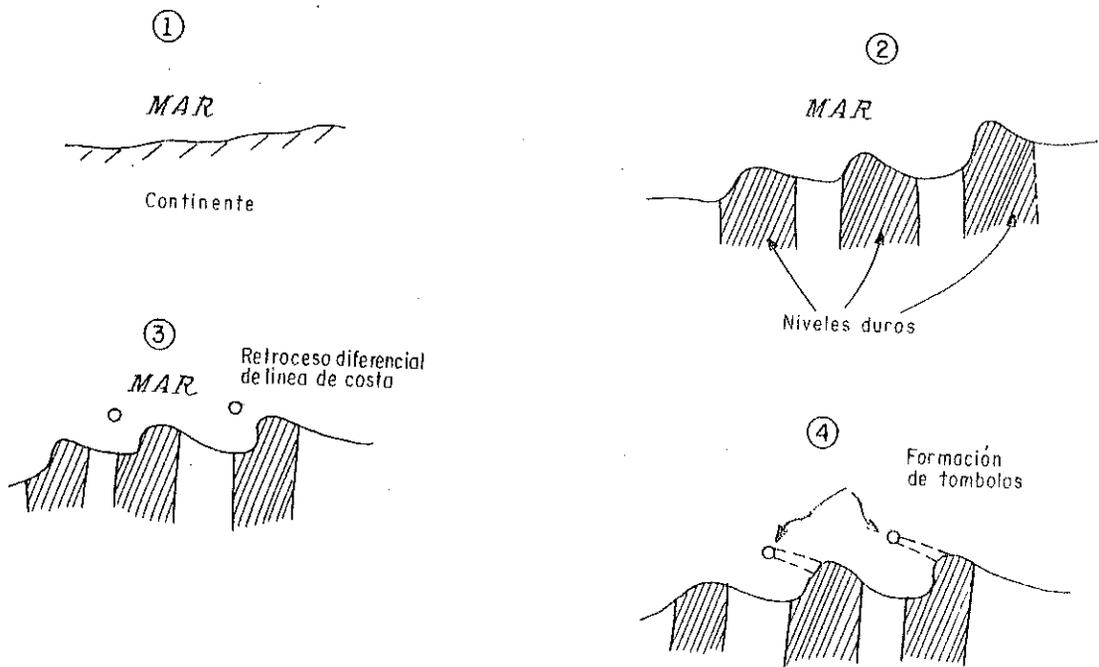


Fig.2 Evolución de Costa Dentada

continua. Esa interrupción de la misma es probablemente debida a corrientes de resaca las cuales rompen el cordón de arena. Hay zonas amplias donde no se observan esas rompientes; tal hecho puede estar relacionado a variaciones de la batimetría, cuyo fondo se hace más profundo o a la carencia de material arenoso en la zona. También puede deberse a la existencia de niveles de baja energía, donde el oleaje llega tenue y no alcanza a formar barras.

A continuación se destacan 3 áreas desde el punto de vista de las características morfológicas de las rompientes. a) La zona de acrecimiento de Isla Cascajo y el borde exterior de la Salinas de Galerazamba se configuran como las áreas de mayor importancia en función de la presencia de rompientes; b) Las zonas protegidas de la costa en lo que corresponde al tramo Puerto Colombia-Cartagena aparecen exentas de barras, lo cual resulta normal, teniendo en cuenta la baja energía existente allí, para movilizar y acumular sedimentos; c) Hacia el sur de Cartagena las rompientes no se presentan, aún en las zonas abiertas al mar. Tal hecho puede estar directamente relacionado con la influencia de la deriva litoral como agente de movilización de sedimentos para construir las barras litorales.

3. Separación clara con tonos contrastantes entre Rocas Antiguas y Sedimentos Recientes. Otra de las aplicaciones que se derivan del primer tratamiento digital es el nítido contraste existente que se aprecia entre las rocas antiguas (Terciario) y sedimentos recientes asociados al desarrollo litoral de la costa. Ese contraste se manifiesta en función del color. Los principales ejemplos que muestran esa diferencia están situados en la zona de acrecimiento de Isla Cascajo y en las espigas que se desprenden en áreas protegidas de ese sector central.

En la imagen de satélite esos sedimentos recientes aparecen de color azul claro debido a la presencia de  $\text{SiO}_2$ , altamente reflectivo en la banda TM7 (infrarrojo medio), y corresponden a arenas transportadas por la acción dinámica del mar. En algunos sectores de esa sedimentación reciente se aprecian tonalidades claras que al compararlas con mapas geomorfológicos del área elaborados con control de campo (Martínez, 1993), coinciden con cuerpos de dunas. Esos sedimentos de origen eólico adquieren en la imagen un color anaranjado tenue y el cual es debido a crecimiento de vegetación sobre el substrato arenoso.

Dentro de la visualización de los sedimentos litorales recientes a través de la imagen de satélite es importante hacer referencia a la acumulación de lodos y arenas en la zona del Canal del Dique y en las ciénagas colmatadas del golfo de Morrosquillo. Sobre estos sedimentos ha crecido vegetación, principalmente mangle, apreciándose en la imagen, de color pardo rojizo. El procesamiento digital practicado sobre la imagen facilita la separación cartográfica entre planicies aluviales antiguas y barras antiguas de arena y llanura de mangle, las cuales se aprecian en las zonas mencionadas anteriormente.

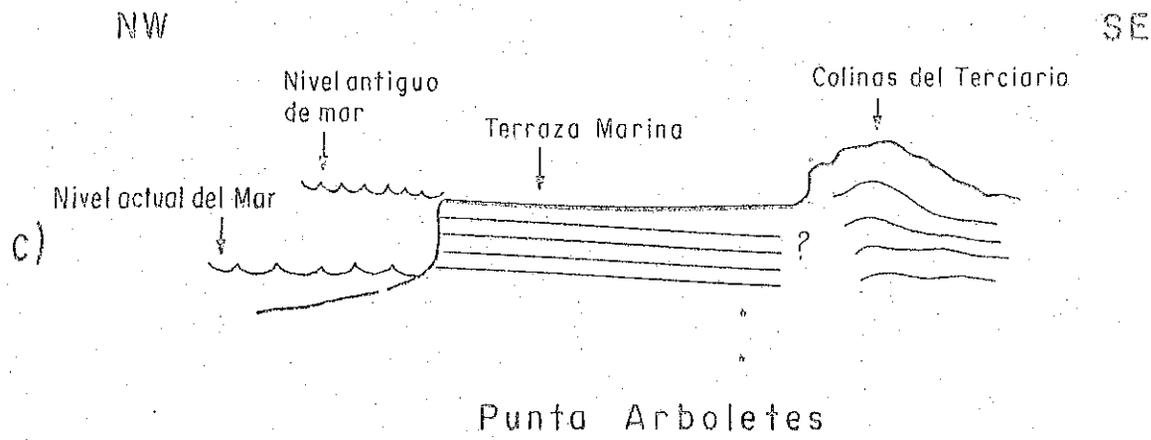
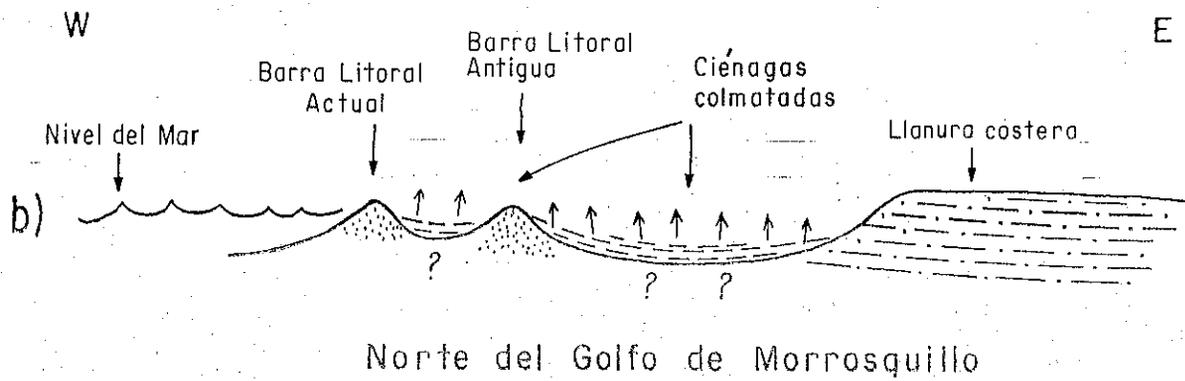
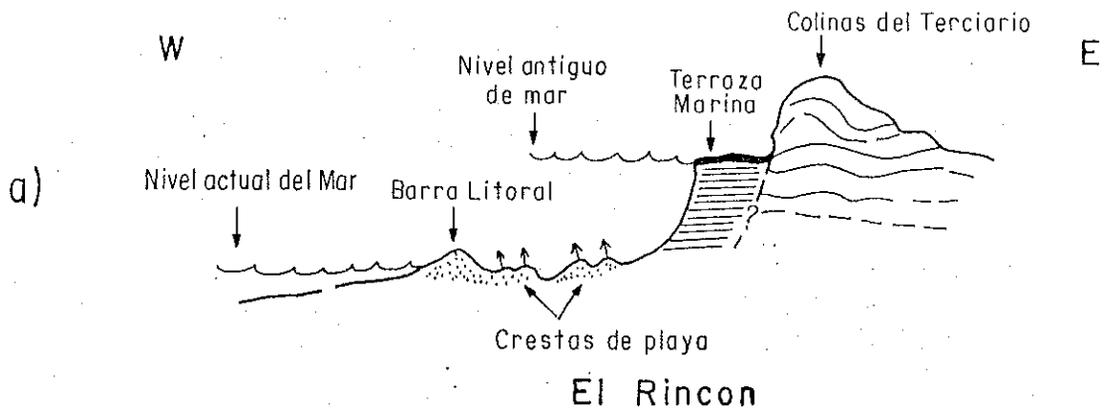
4. Identificación de Características Geomorfológicas asociadas a Cambios del Nivel del Mar. La zona estudiada muestra a través de la imagen de satélite rasgos geomorfológicos muy particulares asociados a cambios del nivel del mar y que intermitentemente cubren desde el sur del Canal del Dique hasta Punta Caribana, zona adyacente al golfo de Urabá.

Hacia el Norte, en el sector entre Punta San Bernardo y Punta Comisario, se observan lineamientos discontinuos y paralelos a la costa, que demarcan el límite más interior hasta donde un antiguo nivel alto de mar, generó una faja de terrazas marinas (Fig. 3a). Complementariamente la zona en mención refleja un proceso reciente de acrecimiento y que es evidenciado por la presencia de crestas de playa (Franco et al, 1992). Esas crestas de playa antiguas se encuentran actualmente cubiertas con manglar, indicando la migración de esos ecosistemas costeros.

En el golfo de Morrosquillo por su parte, (Fig. 3b), se observa la misma tendencia que ocurre en la zona de El Rincón, en su fase de desarrollo más reciente, es decir la progradación de la costa con la manifiesta evidencia de una barra litoral antigua que recorre un amplio sector del citado golfo y que señala claramente un avance de la costa. Al igual que el sector norte de El Rincón, en el área de Córdoba y Antioquia (Fig. 3c), sobresale un lineamiento que separa a una franja bordeante de tono diferente al que exhibe la parte interior del continente. Esa franja de terreno, de acuerdo a estudios costeros realizados en ese segmento de costa, corresponden a terrazas marinas (Page, 1982, González, 1992).

#### Tratamiento Digital No 2

Los sedimentos en suspensión se constituyen en un tipo de material transportado por una masa de agua y cuya distribución y transporte en el medio marino es muy complejo, no obstante que se



**INGEOMINAS**

CORTES ESQUEMATICOS MOSTRANDO  
RASGOS CARACTERISTICOS GENERADOS  
POR VARIACIONES DEL NIVEL DEL MAR

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Autores: Jaime O. Martínez<br>Hugo Forero | Dibujó:<br>Cartografía - Ingeominas |
|   | Agosto - 94    Fig. 3               |

realiza en un régimen micromareal cuya influencia de la marea es mínima.

Los sedimentos en suspensión aportados por el río Atrato, muestran para la fecha del 10 de noviembre de 1989, fecha de toma de la imagen, una pluma de sedimentos que se proyecta en dirección al norte y que no obstante que los principales brazos del sistema deltaico se dirigen hacia el este del golfo, las corrientes de dirección S-N deflecan esas masas turbias hacia el Norte, influenciadas probablemente por fuertes vientos procedentes del Sur. Bajo tales circunstancias los sedimentos se dispersan rápidamente hacia el norte del golfo y eventualmente son afectados por la Contracorriente de Panamá que tiene su máxima expresión en la época húmeda. Para ese mismo período los vientos Alisios provenientes del Norte y Noreste cambian por vientos de poca fuerza y de dirección variable bajo la influencia de la Zona Intertropical de Convergencia (Pujos et al. 1986).

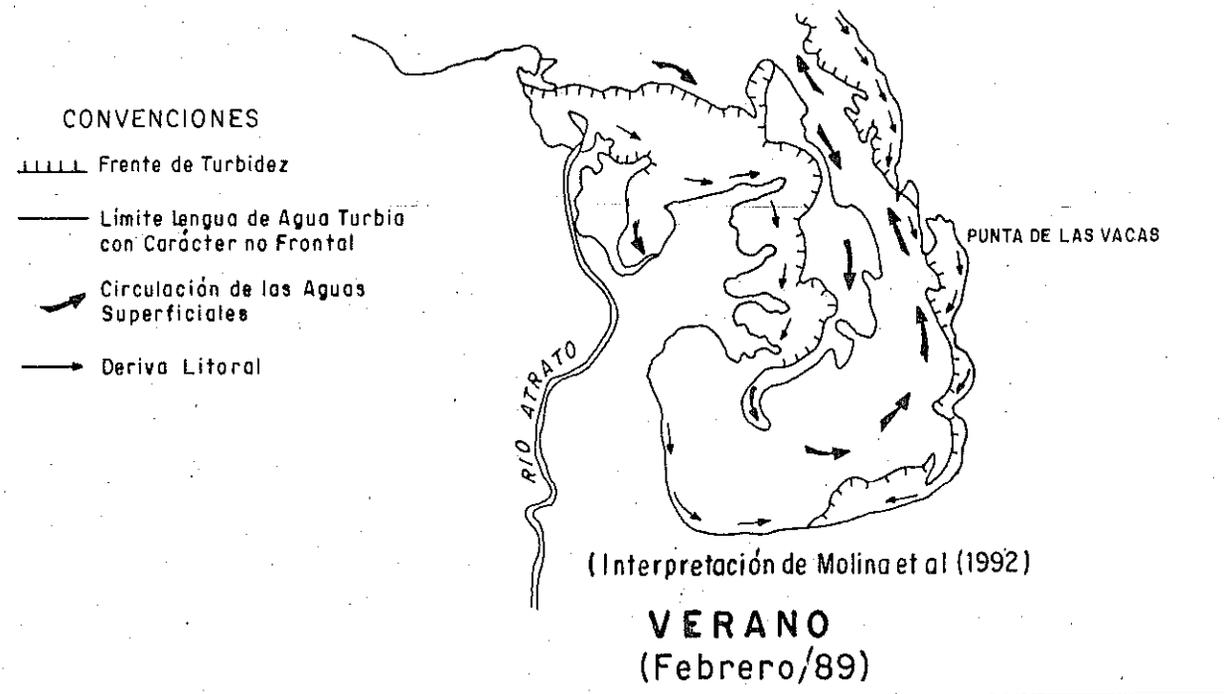
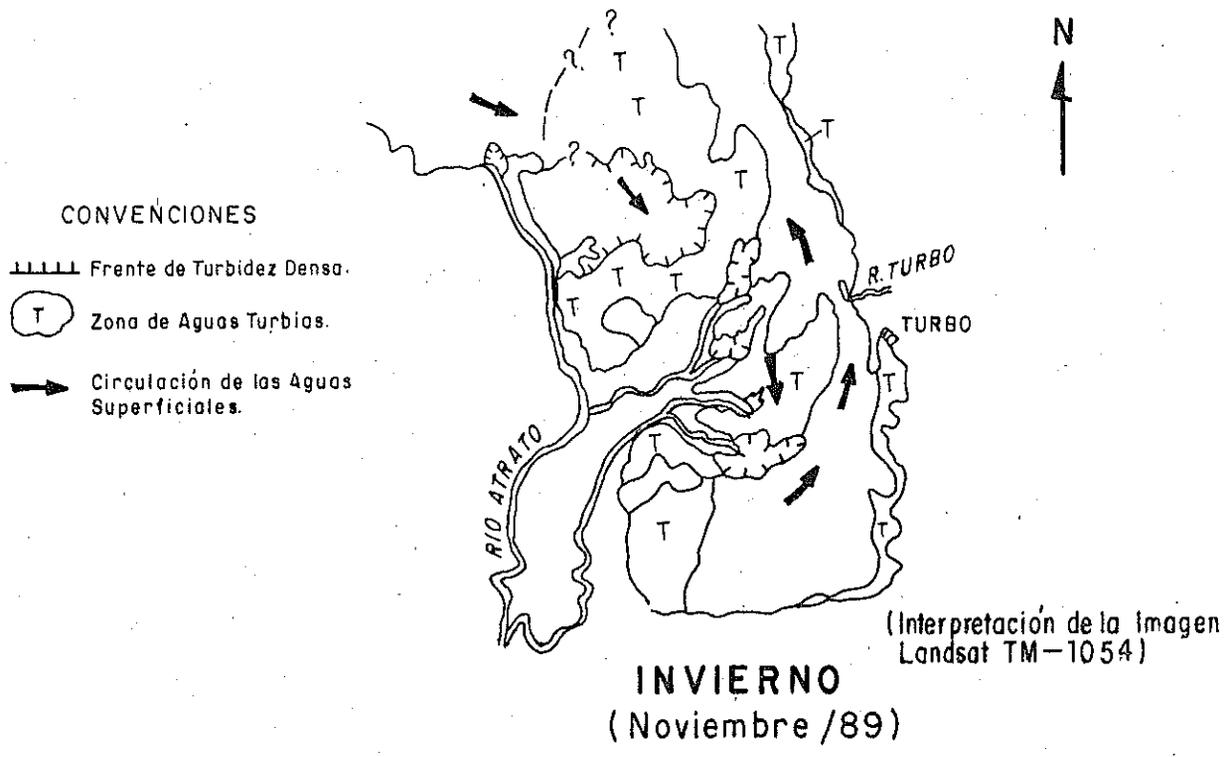
Al contrastar el comportamiento de esta pluma de sedimentos en época de alta pluviosidad (mes de noviembre), con la imagen de satélite Spot, tomada en febrero del año 1989 (Molina et al, 1992), que corresponde a verano (Fig. 4), se concluye que los comportamientos son diferentes. En verano, con los vientos fuertes y continuos procedentes del Norte se produce un control dinámico sobre la masa de agua derivada del río Atrato en el componente superficial.

Como se puede apreciar en la imagen Spot y en la figura antes citada, el frente de turbidez es restringido por los mencionados vientos, no permitiendo la dispersión del agua turbia hacia el Norte. Tal acción produce el "estancamiento" de esa masa lodosa en sectores adyacentes a las bocas.

Ese régimen climático alterno de verano e invierno que se manifiesta por la presencia de los vientos en una y otra dirección según sea el período climático puede eventualmente tener incidencia en el modelo de sedimentación de golfo. En época de verano, arenas pueden ser desplazadas hacia la zona del canal central del golfo, procedentes del Norte, restringiéndose los lodos a sectores adyacentes a los brazos del delta. En invierno los sedimentos finos se extienden ampliamente, cubriendo sectores del extremo norte del golfo.

Independiente del ámbito del golfo del Urabá, las corrientes litorales resultan ser importantes en el transporte de sedimento a lo largo de la línea de costa. El transporte que ejercen esas corrientes consiste en la suma de la carga de sedimentos en suspensión y la carga de fondo (Komar, 1976). En el segmento de costa estudiada, utilizando el procesamiento digital No 2, se aprecian variaciones en el comportamiento de las masas de agua turbia.

Dos casos se destacan en la zona de estudio. El primero hace referencia al contraste existente entre cuerpos de agua relativamente restringidos como la bahía de Cartagena y la ciénaga de La Virgen, con la zona litoral adyacente, en función de la tonalidad de color que presenta la imagen de satélite. Esa diferencia de color probablemente está relacionada al alto índice de turbidez que posee el mar en la zona cercana a la costa. Ese incremento de turbidez es motivado por la corriente de deriva



|  |  |                                   |
|--|--|-----------------------------------|
| <b>INGEOMINAS</b>  |  |                                   |
| GOLFO DE URABA<br>COMPORTAMIENTO DE LA PLUMA DE<br>SEDIMENTOS EN DOS EPOCAS DIFERENTES |  |                                   |
| Autores: Jaime O. Martinez<br>Hugo Forero  |  | Dibujó:<br>Cartografía-Ingeominas |
| 0    5    10 Km.<br>   |  | Agosto - 94    Fig. 4             |

litoral que moviliza abundante sedimento a lo largo de la costa en la época de verano, y que coincide con la fecha de toma de la imagen. En forma contrastante la ciénega de La Virgen y la bahía de Cartagena muestran una tonalidad oscura que indican la baja dinámica donde aparentemente sus sedimentos lodosos no dominan el nivel superior de la masa de agua.

El segundo caso para destacar, se localiza en la región costera del Sinú, apreciándose una dispersión muy particular de las plumas de sedimentos adyacentes a la costa. En efecto una sucesión de "abanicos" de lodos en suspensión se aprecian en la imagen de satélite. Un hecho importante para resaltar sobre la presencia de esas masas es la aparente coincidencia de los centros de esos abanicos con los cabos o salientes rocosas.

Ese comportamiento de las corrientes, reflejadas por la geometría de la pluma de sedimentos parecen estar relacionadas a corrientes circulatorias con flujos de resaca.

## CONCLUSIONES

- La costa del Caribe al NE de Galerazamba muestra en su diseño un control eminentemente estructural, fundamentado en el emplazamiento de rocas de diferente dureza y consistencia lo cual genera una línea de costa en forma dentada.
- El tratamiento digital orientado de las imágenes de satélite permitió resaltar barras litorales que actúan como rompientes. Las características de éstas en términos de tamaño, amplitud o la ausencia de las mismas, facilitan la comprensión del comportamiento dinámico de esos sectores costeros.
- Un contraste claro de color se aprecia entre el conjunto de rocas antiguas (terciarias) y los sedimentos recientes de origen marino. Estos últimos aparecen de azul claro, mientras que las rocas antiguas presentan una tonalidad amarilla parduzca. Esa diferencia de color entre las dos unidades facilita la ejecución de una cartografía rápida y en cierta forma, precisa.
- El sector norte del golfo de Morrosquillo, la zona costera de El Rincón y la región del Sinú, muestran a partir de la imagen de satélite, rasgos asociados a cambios del nivel del mar. La primera zona revela una barra litoral antigua que se extiende paralelamente y que revela una fase de retiramiento del mar. La zona de El Rincón y el sector de Córdoba y Antioquia, por su parte, muestra los linderos de un antiguo nivel marino alto y que está representado por la presencia de una terraza.
- Dos importantes diferencias se presentan en el el golfo de Uraba en relación con la pluma de sedimentos aportados por las bocas del río Atrato. Esas diferencias son generadas principalmente por la incidencia que tiene el régimen climático en función de los vientos. En invierno, cuando los Alisios son débiles la masa turbia de sedimentos se proyecta hacia el Norte alcanzando los límites exteriores del golfo. En verano la pluma turbia es "comprimida" contra el borde del delta, bajo la influencia de los vientos del N y NE.

## BIBLIOGRAFIA

- Amos, C., Aldolfi, T., 1979. The determination of suspended sediment concentration in a microtidal system using Landsat Data. *Journal of Sedimentary Petrology*. Vol 49, No 1, pp 159-173.
- Bhargava, D., Mariani, D., 1991. Effects of suspended particle size and concentration on reflectance measurements. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol 57, No 5, pp 519-529.
- Caro, P., Angel, C., Sarmiento, G., Vasquez, L., Esquivel, J., Plazas, L., Huguett, A., 1986. Geología para aguas subterráneas al norte del Canal del Dique. *Memorias Simposio Colombiano de Hidrología*, Bogotá.
- Cartar, R.W.C., 1988. *Coastal Environments*. Academic Press, New York.
- Davis, R. (Ed.), 1971. *Coastal Sedimentary Environments*. Springer-Verlag, New York. Heidelberg, Berlin.
- Franco, J., Gonzalez, J., Molina, L., 1992. Geomorfología y aspectos erosivos del Caribe Colombiano: Sector Bahía de Barbacoas-Delta de Tinajones. INGEOMINAS, Informe Inédito.
- Franco, J., 1992. Geomorfología y aspectos erosivos del Caribe Colombiano: Sector Punta Caribana-Bahía Cevera. INGEOMINAS, Informe Inédito.
- Genet, P., 1992. Informe final proyecto cartografía fondos submarinos Islas del Rosario y apreciación de sus áreas, a partir de imágenes de satélite Spot. *Bol. Cient.*, No. 11, CIOH.
- González, J., 1992. Geomorfología y aspectos erosivos del litoral Caribe Colombiano: Sector delta del Sinú-Punta Caribana. INGEOMINAS, Informe Inédito.
- Komar, P., 1976. *Beach Processes and Sedimentation*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Komar, P. (Ed.), 1986. *Handbook of Coastal Processes and Erosion*. GRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Martínez, J.O., 1993. Geomorfología y Amenazas Geológicas de la Línea de Costa del Caribe Central: Sector Cartagena-Bocas de Ceniza. *Publicación Especial del Ingeominas*, No. 19.
- Molina, A., 1992. La percepción remota aplicada para determinar la circulación de las aguas superficiales del golfo de Urabá y las variaciones de la línea de costa. *Bol. Cient.* No. 11.
- Page, W., 1982. Tectonic deformation of the Caribbean coast of Northwestern Colombia. *Cuarto Congreso Colombiano de Geología*, Cali.
- Pujos, M., Pagliardini, J., Steer, R., Vernet, G., Weber, D., 1986. Influencia de la Contracorriente norte colombiana para la circulación de las aguas de la plataforma continental. *Bol. Cient.* 16, CIOH.
- Ritchie, J., Schiebe, F., MacHenry, J., 1976. Remote sensing of suspended sediments in surface waters. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol 42, No 12, pp 1539-1545
- Urbano, J., Thomas, Y., Parra, C., Genet, P., 1992. Dinámica de la pluma de turbidez del canal del Dique en la bahía de Cartagena. *Bol. Cient.* No 11, CIOH.
- Vernet, G., 1986. La plataforma continental del Caribe Colombiano. Importancia del diapirismo de lodo sobre la morfología y la sedimentación. Tesis de Doctorado, Universidad de Burdeos.

" ESTRUCTURA Y ESTADO GENERAL DEL BOSQUE DE MANGLE  
DE LA ENSENADA DE UTRIA "

Carlos A. Vieira B. \*

RESUMEN

Se presentan las primeras observaciones sobre la distribución, ubicación y extensión general del bosque de mangle de la ensenada de Utría. Se analizan y cuantifican los atributos estructurales de las unidades que componen el bosque y se relacionan los registros de densidad, especie, DAP, área basal media y total, así como la altura de alrededor de 3.900 individuos, entre árboles adultos, jóvenes y plántulas. La relación entre estas observaciones permite entender mejor la actual dinámica y procesos sucesionales de la franja boscosa, así como su grado de desarrollo y nivel de estructuración. Esta información se traduce en sugerencias de manejo como el aprovechamiento de determinadas áreas del manglar para fines de educación y ecoturismo en el P.N.N Utría. Finalmente, se plantean algunas sugerencias en cuanto al uso espacial de la franja boscosa de mangle, con fines de conservación y/o investigación, teniendo como criterios sus atributos estructurales, la relativa madurez y grado de desarrollo o complejidad de los rodales..

ABSTRACT

Primary observations on the distribution, location and general extent of the mangrove forest of Ensenada de Utría are presented. It also contains an analysis and quantification of structural attributes of the units composing the forest and includes a correlation of density, species, BHD and basal, medium and total area records, as well as the height of approximately 3900 individuals, among adults, juveniles and seedlings. The relation between these observations allows a better understanding of the current dynamic and the successive process of the fringe forest, as well as its development and structural level. Suggestions are made to improve the use of the mangrove areas with research, conservation, educational and ecological goals in the Utría National Park.

=====  
\* Fundación Natura - Colombia  
Avenida 13 # 87-43 Tels: 6169262\63 FAX: 2363077 Bogotá

## INTRODUCCION

En Octubre de 1987 fue creado el Parque Nacional Natural Utría, con el objeto de velar por la conservación ecosistemas como los arrecifes coralinos, la selva tropical y los manglares.

Las características geomorfológicas de la costa pacífica colombiana se traducen y se reflejan claramente en condiciones ambientales propicias y/o negativas para el desarrollo de sistemas marinos costeros. Es así como el 90 % del mangle del país se ubica en la zona sur de la costa, en los departamentos de Nariño, Cauca y Valle del Cauca, desarrollo favorecido por los aportes terrigenos aluviales provenientes de ríos como el Mira, Patía y San Juan, entre otros, que alimentan la gran cuenca sedimentaria y la llanura costera de esta franja del pacífico sur colombiano. Al norte de Cabo Corrientes, la presencia de un cordón montañoso costero - Serranía de Baudó - determina la actual localización de seis focos de desarrollo de mangles : Juradó, Curiche, las Bahías de Cupica y Nabugá, Bahía Solano, Ensenada de Utría, Jurubidá y Nuquí. El desarrollo y proliferación de asentamientos humanos en estos lugares - desembocaduras de ríos que permiten una mejor interacción con el mar -, han causado el deterioro de algunos de estos bosques, como se puede ver en Bahía Solano o Nuquí (desarrollo urbanístico y contaminación); en otros lugares como Jurubidá, la actividad extractiva artesanal y la tala son la única forma de presión a que se vé sometido el ecosistema. El Parque Nacional Natural Utría alberga una relativa alta diversidad en cuanto a mangles, si se tiene en cuenta que en solo 33 Ha. de bosque coexisten las siete especies de mangle registradas para el pacífico colombiano (Von Prah! et al. 1989). Actualmente, esta mancha representa la única zona nó intervenida y con posibilidades de conservación reales de la región. Es en torno a este objetivo que la Fundación Natura ha centrado sus esfuerzos. La investigación y el mayor conocimiento sobre la biología y ecología del ecosistema, son la mejor herramienta para desarrollar acciones de manejo concretas y acordes con la capacidad natural de los recursos.

### 1- DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

#### 1.1 Generalidades sobre la ensenada de Utría (ver VIEIRA, 1993; resumen proyecto Zonificación Utría)

La ensenada de Utría es una " lengua " de agua, orientada en dirección norte - sur y rodeada por montañas de poca elevación. Tiene una longitud aproximada de 4 km y un ancho en su punto medio de 800 metros (en marea baja) (VIEIRA, 1993). Para la ensenada de Utría, se tienen datos que oscilan alrededor de los 7.000 mm, acompañados de humedades relativas que llegan a 99 % en

los meses lluviosos. La existencia de un cordón montañoso costero - barrera natural para vientos y nubes - y la alta tasa de evapotranspiración de la selva húmeda son factores que determinan estos altos índices. El verano se presenta durante los meses de diciembre a abril, con temperaturas ambiente que se mantienen entre los 23 y los 30 grados centígrados y humedades relativas entre un 75 y 85 % ; el invierno, de agosto a noviembre, presenta temperaturas que van de los 22 a los 27 grados y la humedad relativa sube frecuentemente a 99 % . Los meses de mayo a julio corresponden a una época de alternancia de días nublados y soleados sin que haya un patrón claramente definido.

La ensenada presenta una circulación definida por los momentos mareales, es decir de llenado o vaciado en pleamar y bajamar, respectivamente. En épocas de fuertes vientos, la capa superficial puede no responder a este patrón de circulación, pero la columna de agua sí. El "verano" (estación seca) corresponde al desplazamiento hacia el norte del frente de convergencia, lo que favorece la llegada de masas frías del sur. La temperatura superficial del agua oscila entonces alrededor de los 22-24 grados centígrados. En "invierno" en cambio, la temperatura se mantiene del orden de los 24-27 grados. En profundidad (60-70 pies) se registraron temperaturas inferiores a los 18 grados centígrados.

## 1.2 De la población

La población vecina al Parque ha ejercido por años actividades tradicionales basadas en el aprovechamiento del recurso existente. La explotación maderera ha sido intensa y su efecto se evidencia actualmente en la escasez de numerosas especies, antaño abundantes como el Guayacán negro. La extracción y la pesca, ejercida especialmente por los pobladores costeros, ha sido la causa de la actual escasez de bivalvos o conchas como las "hachas" (*Pinna rugosa*) o caracoles como los "cambutes" (*Strombus galeatus*), muy apreciados por su exquisito sabor y gran tamaño. No existen evidencias claras que demuestren un deterioro o disminución de las poblaciones ícticas, pero la destrucción de lugares y ecosistemas "nodriza" como los manglares ocasionaría una alteración irreversible en las cadenas tróficas marinas, fenómeno que conllevaría a una disminución de la producción pesquera.

## 2 - OBJETIVOS

### GENERAL

Contribuir al conocimiento de la composición y estructura del bosque de manglar de Utria, como medio de diagnóstico y evaluación sobre el estado general del ecosistema y definición de pautas para su conservación y manejo.

## ESPECIFICOS

- a) Elaborar la cartografía base (ESCALAS 1:2000 - 1:25000) de la zona ocupada por el manglar que permita una clasificación en unidades de paisaje, de acuerdo a su estado general.
- b) Determinar la composición y la distribución espacial del bosque de mangle de la ensenada de Utría.
- c) Analizar las variaciones fisico-químicas y su importancia en la determinación del tipo de sustrato presente y la distribución y zonación de los grupos de mangle dominantes, de acuerdo con los aportes de agua dulce y períodos mareales.
- d) Recoger información con los pobladores locales sobre intervenciones y alteraciones antrópicas efectuadas en el pasado, que puedan reflejarse en la composición y estado actual del mangle de Utría.
- e) Estimar la necesidad de implementar medidas que reglamenten su uso y manejo, a través de la información sobre el grado de alteración existente en diferentes áreas del ecosistema estuario - manglar.
- f) Establecer rangos de madurez y/o grado de desarrollo de los rodales, que puedan servir de modelos para el ordenamiento espacial del uso y aprovechamiento del manglar.

## 3 - ASPECTOS METODOLOGICOS

La elaboración de los mapas preliminares con la ayuda de aerofotografías de la ensenada de Utría a escalas de 1:9500 y 1:3500 (IGAC, 1973, 1953). A partir de ellas, se procedió a la elaboración de la planimetría por medio de restituciones, para luego incluir la información en una serie de mapas detallados (1:3500) que incluyen la distribución de rodales de especies dominantes (Piñuelo y Rojo), las ubicaciones y cursos de los riachuelos y quebradas que los irrigan, su extensión y orientación. Para esto se empleó el SIG y se editó en el programa Autocad 10. La extensión del bosque de mangle se obtuvo por el método de malla de puntos y por el método triangulación sobre plano.

Sobre los mapas preliminares obtenidos, se ubicaron y definieron claramente las unidades fisiográficas para cada uno de los cuatro sectores. En el terreno, se comprobaron y determinaron unidades de muestreo y se seleccionaron los lugares y orientaciones de los transectos lineales. Se definieron zonas de acuerdo a las características generales de suelo, de acuerdo a la dominancia de las especies y finalmente, luego del análisis de los índices de estructuración y complejidad, de acuerdo al grado de desarrollo

de los rodales (maduros, jóvenes e inmaduros). Los Atributos estructurales fueron analizados y definidos con el método de línea cuarto o del cuadrante centrado (PCQM) propuesto por Pool et al. (adaptado por Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1983).

La correlación entre las variables se analizó utilizando el paquete estadístico SPSS (Factor Análisis & Cluster Análisis).

Para los registros de temperatura se empleó un termómetro de vidrio con graduación de - 10 a 50 grados C. La salinidad se midió con un salinómetro-refractómetro. Los registros de pH y O<sub>2</sub> con los test de Merck para mediciones in situ.

#### 4 - RESULTADOS Y DISCUSION

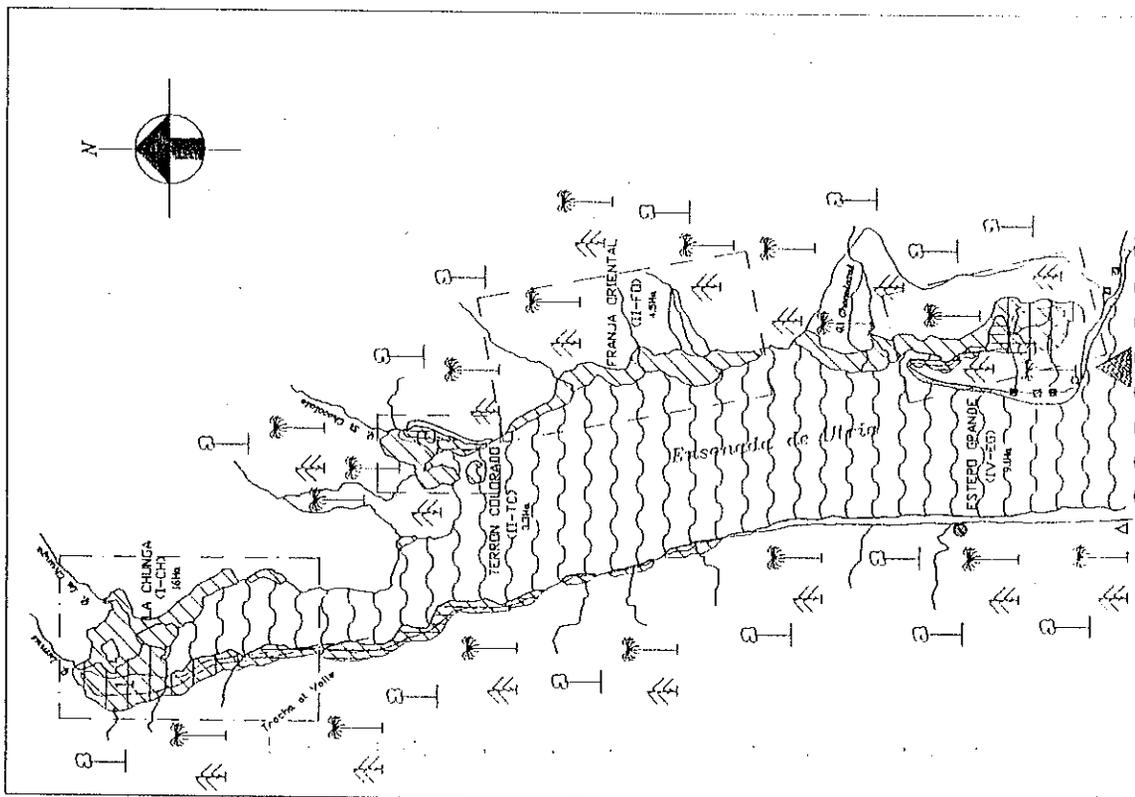
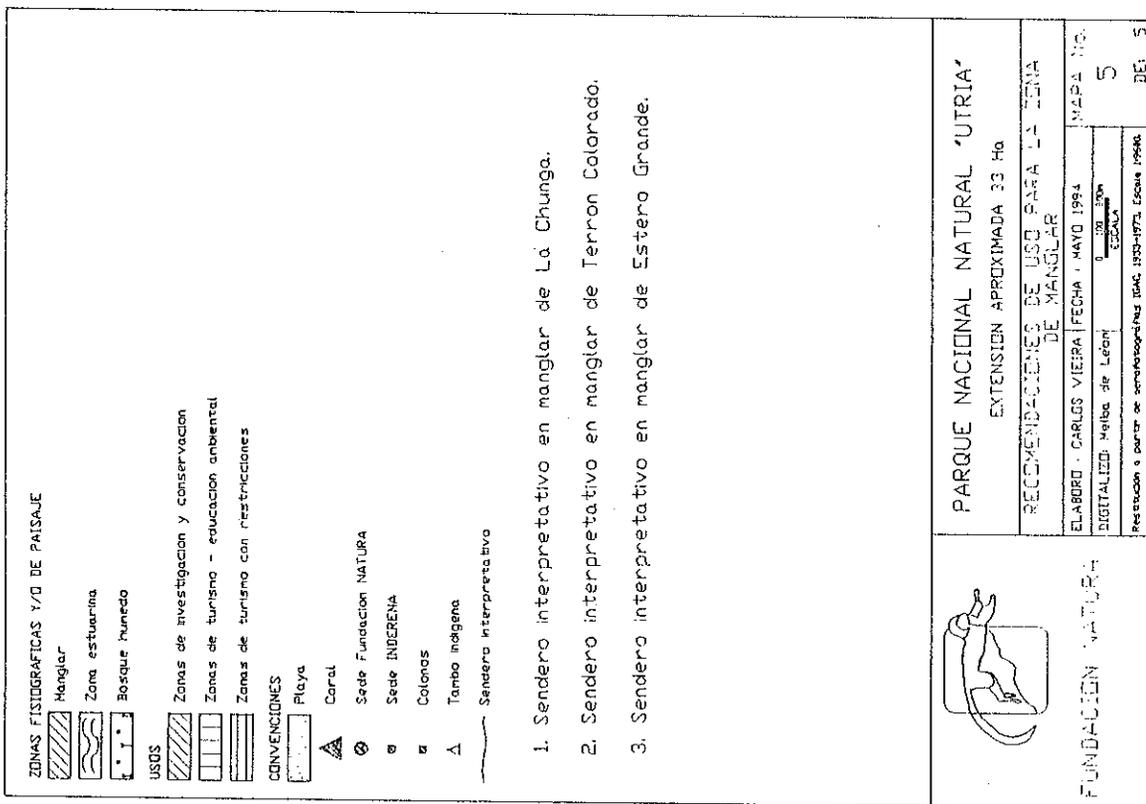
Se destacan claramente cuatro zonas separadas entre sí por formaciones rocosas o bloques de basalto. De acuerdo con nuestras estimaciones, la extensión total del bosque de mangle de la ensenada es de 33 hectáreas aproximadamente, cobertura boscosa dominada en un 90 % por dos especies, el "Piñuelo" (Pelliciera rhizophorae) y por el mangle "rojo" (Rhizophora mangle). Cada una de las zonas de estudio presenta sus propias características en cuanto a sustrato y tipo de sedimento, lo que define patrones de distribución espacial particulares y un mosaico de unidades boscosas. Los registros de parámetros fisicoquímicos de las aguas intersticiales en suelos dominados por mangles " rojos ", muestran una total homogeneidad entre los sectores, haciendo suponer que las características estructurales y granulométricas del suelo juegan un papel más determinante en la distribución espacial de las unidades de bosque.

I - Manglar de la Chunga (I-CH). Esta unidad, con 16 ha. de extensión, es la mayor zona de mangle y se ubica en el extremo nor-occidental de la ensenada. Por sus características fisiográficas, se pueden definir tres tipos de unidades o agrupaciones de bosque (rodales): agrupación de mangle " Rojo " hacia los canales y borde del estuario, corredores bien definidos de mangle " Piñuelo " y de comparativamente buen desarrollo entre tierra firme y franja de rojo, y una zona poco definida entre los dos brazos de las quebradas Lemus y La Chunga. En general, el bosque ha logrado un desarrollo que permite que los juveniles y las plántulas colonicen los espacios disponibles entre los adultos. El promedio de altura de los rodales de "Piñuelo" de la Chunga fué de 8.3 metros y para los mangles "rojos" de 7.4 m. Los diámetros (DAP) fueron de 10.1 cm y 10.4 cm, respectivamente. Las áreas basales para los transectos observados oscilan entre 1,16 y 1.92 m<sup>2</sup>/0.1 Ha para rodal dominado por "Piñuelo" y entre 1.39 y 1.96 m<sup>2</sup>/0.1 Ha por "Rojo". A pesar de la heterogeneidad de los suelos y tipos de sedimentos de La Chunga, los rodales se han mantenido relativamente puros y con una clara dominancia de Pelliciera rhizophorae, seguido de lejos por Rhizophora mangle.

II - Terrón Colorado (II-TC). Corresponde a la formación más reducida de mangle, con aproximadamente 3,3 ha. Se localiza en el extremo nor-oriental de la ensenada y está irrigada por una quebrada llamada El Chocolate, producto de la unión de dos brazos de agua dulce. Esta unidad está dominada por el mangle "Piñuelo", hecho que hace pensar en un tipo de suelo más duro y mezclado con piedras y gravas provenientes de la erosión costera. La poca extensión que alcanza este bosque se debe a la proximidad de la tierra firme. Esto también explica la presencia de árboles de mangle "Nato" (Mora megistosperma) afines con suelos elevados, en la fase de transición a la tierra firme, pero aún con influencia de las mareas. Los dos rodales de mangle "rojo" presentes hacia los bordes externos, se han desarrollado sobre una de las capas de suelo fangoso más profunda (1 mt), explicable posiblemente por una muy alta deposición de materiales provenientes de una de las tres quebradas que desembocan al estuario. Se presenta una clara distribución de manglar de borde, con sedimentos inestables con dominio de Rhizophora mangle al frente; estos parches presentan una altura promedio de 8.03 m, un DAP de 11.84 cm y un área basal de 1.34 m<sup>2</sup>/0.1 Ha. Los corredores de "Piñuelo" se asemejan a los corredores de la Chunga, con una altura promedio de 7.25 m, un DAP de 10.03 cm y áreas basales entre 1.89 y 2.9 m<sup>2</sup>/0.1 Ha. Presenta esos dos patrones bien definidos, con presencia total de las dos mismas especies, pero con unos valores de importancia que ilustran sobre la dominancia del mangle "Piñuelo" sobre "Rojo" - 293/11 y 297/10. El rodal dominado por "Rojo" presenta una proporción menos clara con unos valores de importancia de 147 sobre 224 para el "Piñuelo".

III - Franja Oriental (III-FO). Este corredor es una franja delgada que limita en su extremo norte con tierra firme y elevada, pero hacia el centro y sur con un parche de vegetación secundaria y terciaria, producto de la actividad agrícola desarrollada por antiguos colonos. Esta franja tiene aproximadamente 4,5 ha. y su interés radica en su ubicación entre tres áreas de intervención o alteración de tipo humano. El corredor de bosque está dominado por "Piñuelo". Sin embargo se aprecian árboles de mangle "rojo" de gran porte, buen DAP y alturas superiores a los 15 metros. Aunque no coinciden con el trazado de los transectos, se pueden apreciar tres o cuatro individuos de Rhizophora harrisoni seguidos, fácilmente identificables por sus características florales (com. Barbosa C., UNIFEM). Se puede decir que este corredor es de Pelliciera rhizophorae, pues los valores de importancia para el "Piñuelo" y "Rojo" fueron de 287/20; el promedio de altura de 6.32 m, DAP de 9.27 cm y área basal de 2.21 m<sup>2</sup>/0.1 Ha. El índice de complejidad encontrado (11.47) refleja un poco la situación del rodal, pues está delimitado por la formación montañosa y por el Charco de la Ballena, lo que explica en parte el hecho de que no haya sido alterado o afectado significativamente. Se observa la

Fig. 1 : Recomendaciones de uso.



contribución del mangle "Blanco" (Laguncularia racemosa) en la composición y variedad del bosque, con un Valor de Importancia de 4.

**IV - Estero Grande (IV-EG).** Esta unidad presenta un especial interés debido a varios aspectos: su proximidad a la sede administrativa y turística del Parque, su extensión (9,1 ha.), las claras alteraciones de tipo sedimentológico evidenciables en el patrón de distribución y desarrollo de sus árboles de mangle, el número de especies presentes en los transectos y por su ubicación en una zona aún con presencia de colonos y vestigios de actividades agrícolas anteriores. Estero Grande es un mosaico de rodales asociados a diversos tipos de suelos, angostos corredores en las fronteras con tierra firme e igualmente de una gran riqueza en epifitas como Bromeliáceas, riqueza comparable a la observada en la zona de transición norte de La Chunga. La heterogeneidad y variedad de suelos y sedimentos es grande, lo que se refleja en una distribución atípica de los rodales y una diversidad máxima para los manglares de la ensenada de Utría.

El promedio de altura fué de 5.3 m, DAP de 7.77 cm, área basal de 2.3 m<sup>2</sup>/0.1 Ha y las densidades variaron de 286.2 a 431.2 ind/0.1 Ha para árboles adultos. El hecho de contabilizar datos tan bajos como los del transecto 7, hace que estos valores sean inferiores al promedio general real. En efecto, el parche de mangle "enano" presenta un promedio de altura de 1.9 m con un solo individuo de 4 metros; para el diámetro se registró un promedio bajo (4.3 cm), aunque hubo árboles con diámetros superiores a los 8 cm. La densidad es alta, 417 ind/0.1 Ha, pero el poco y deficiente crecimiento o patrón de desarrollo arrojó un área basal total baja: 1.66 m<sup>2</sup>/0.1 Ha. Este sector de Estero Grande es el más heterogéneo debido a la gran variedad de tipos de suelos, producto de procesos y eventos naturales, pero en gran parte también a la acción humana.

**Consideraciones finales.** Los promedios de las variables para cada uno de los veinte (20) transectos fluctúa bastante, diferencia interpretada como una respuesta a condiciones de sustrato particulares (igualmente heterogéneas). La integración de estas variables nos da un indicio del grado de madurez o estructuración de un bosque. Los resultados obtenidos muestran bien la tendencia en cuanto a estructura y desarrollo del mangle de la ensenada, es decir bosque de mayor desarrollo hacia La Chunga, seguido por la Terrón Colorado y la Franja Oriental y finalmente, tenemos Estero Grande con los rodales menos desarrollados, de mayor densidad de individuos jóvenes y plántulas o de crecimiento atípico. El dendrograma de similitud muestra esta tendencia. Este análisis multivariado por rangos de diámetro, de altura y de distancia (densidad) agrupó los rodales por sus características.

## CONCLUSIONES

- El bosque de mangle de la Ensenada de Utría debe su importancia no sólo a su papel en las cadenas tróficas marinas y terrestres, sino a su composición atípica particular (80 % dominado por Pelliciera rhizophorae).
- La ensenada de Utría es un refugio natural de solo 33 hectáreas que alberga las siete especies de mangle registradas para el Pacífico colombiano, y de no ser por posibles procesos de hibridación aún sin confirmar, se podría decir que de todo el Pacífico Americano.
- El bosque de mangle de Utría no presenta signos de deterioro por cambios recientes en las condiciones ambientales hídricas y terrestre. El único caso evidente de alteración en el patrón de desarrollo - mangle enano - se observa en el Estero Grande y confirma la fuerte actividad de remoción de suelo y sedimentos realizada en los años cincuenta.
- Los factores limitantes del crecimiento vertical y horizontal del mangle de Utría son el tipo de sustrato y la poca o nula disponibilidad de espacios para colonización y expansión; esto podría ser atribuible a la proximidad de elevaciones montañosas dominadas por bosque húmedo tropical y taludes pronunciados en proximidad de la línea de mareas.
- Los promedios de los atributos estructurales encontrados no permiten considerar este bosque como de manglar maduro y bien estructurado, aunque ciertas áreas presenten árboles de corteza muy leñosa ("viejos") y en densidades bajas.
- Las zonas de transición a tierra firme son áreas ricas y de alta diversidad en plantas asociadas y epífitas. Esta diversidad es aprovechada por la avifauna y otras comunidades de organismos permanentes u ocasionales.
- La heterogeneidad del bosque permite contar con ejemplos muy claros de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, lo que convierte al manglar de Utría en un lugar ideal para el desarrollo del turismo ecológico y la educación ambiental (esto a través de la construcción de senderos y recorridos que garanticen la preservación del sistema).
- Por su naturaleza de bosque prácticamente monoespecífico, el mangle de Utría es un valioso laboratorio natural para el desarrollo de estudios e investigaciones básicas y aplicadas sobre la dinámica y procesos sucesionales del " Piñuelo ".

- El ecoturismo es la alternativa más inmediata como actividad productiva para los pobladores locales y debe ser desarrollada teniendo en cuenta las características estructurales, vulnerabilidad y grado de desarrollo del bosque.
- La fragilidad y capacidad de carga del sistema debe considerar aspectos como la diversidad y abundancia de las comunidades que lo habitan y estas a su vez deben servir para orientar acciones de manejo.

#### RECOMENDACIONES DE MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LAS AREAS DE MANGLAR DE UTRIA

- Se recomienda construir un puente (sendero interpretativo elevado) en Estero Grande. La trocha o recorrido inicialmente trazado puede ampliarse desde la sede del Inderena y bordear el canal central hacia la salida del estero. De esta manera se observará una faja de transición, mangle enano, parche de mangle " Rojo " hacia el borde, mangle joven y finalmente el regreso por la playa arenosa bordeada de vegetación secundaria, testigo de la intervención del hombre. Este recorrido requeriría de dos puentes que crucen el canal y permitiría observar todas las especies de mangle.
- Un sendero en el manglar de la Chunga permitiría apreciar los rodales de Piñuelo de mayor desarrollo, los mangles " Nato " con sus raíces tabloides o " Bambas " y sus áreas de regeneración natural, una zona de transición totalmente colonizada por epífitas (Bromelias) y los " concheros ", prueba de la explotación intensiva de las " Pianguas " durante los años que antecedieron a la creación del Parque.
- El costado o franja interna del manglar de Terrón Colorado, alberga algunos especímenes de mangle " Rojo " de diámetros superiores a los 100 cm y de alturas de hasta 25 metros, que pueden servir de punto de comparación con las formaciones de manglar del sur de la costa Pacífica colombiana.

#### BIBLIOGRAFIA

- Arboleda M.V. 1989. Estudio de la productividad primaria neta en un manglar de Pelliciera rhizophorae (Triana & Planchon) en el P.N.N Utria, Chocó, Colombia. Tesis de Biología, Univalle, 75 pp.
- Prahl, H. Von. Inédito. La ensenada de Utria, un lugar sin igual en el pacífico colombiano. Univalle. Cali.
- -----, 1989. manglares de Colombia. 1a Edición. Villegas editores, Bogotá, 203 pp.
- -----, J. Cantera & R. Contreras. 1990. Manglares y hombres del Pacífico colombiano. 1a Edición. Editorial Presencia. 184 pp.

- Vieira, C. 1993. Zonificación Ecológica de la Ensenada de Utría. Fundación Natura - Inderena. Bogotá, 210 pp.

## **1.2. MANGLARES, FANEROGAMAS Y ALGAS**

ACODADO AÉREO DE MANGLE ROJO PARA REPOBLAR ZONAS ESCOGIDAS DE LAS ISLAS DEL ROSARIO Y ADAPTACIÓN POS-SIEMBRA DE TRASPLANTES

Didier González G.<sup>1</sup>, Bernabé Rivas E.<sup>1</sup>, Elvira M. Alvarado Ch<sup>1</sup>. y Jaime Polanía V.<sup>2</sup>

RESUMEN

Se realizaron 275 acodos en igual número de ramas de *Rhizophora mangle*. De las 177 (64,4%) que sobrevivieron cinco meses después, se observó enraizamiento satisfactorio en el 80,2% de los casos. Los primeros indicios de formación de raíz se observaron entre 70 y 90 días después de haber aplicado la técnica.

De 179 plántulas con bola de raíz sin compactar, seleccionadas de poblaciones naturales de la Bahía Barbacoas y 177 plántulas obtenidas de un rodal ubicado en el Caño Lequerica por acodado aéreo, trasplantadas para restablecer el cinturón de manglar en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario, sobrevivieron cuarenta días después 29,6% y 0% respectivamente.

Las principales causas son el tamaño de las ramas acodadas, la falta de un período de aclimatación para promover la formación de la bola de raíz de los acodos, la tensión ocasionada por el transporte a los sitios de siembra, la presión física sobre las plántulas en el momento de ser sembradas, la siembra en zonas inundadas permanentemente y las diferencias en las condiciones físico-químicas del suelo de los sitios de extracción (Bahía Barbacoas y Caño Lequerica) con relación a los de siembra (Isla Grande e Isla Rosario).

ABSTRACT

After five months of air-layering 275 *Rhizophora mangle* branches only 177 survived (64,6 %) and a satisfactory rooting was observed in 80,2 % of them. The first symptoms of rooting were seen 70 to 90 days after the technique was applied.

From the 179 seedlings, selected out from natural populations from the Barbacoas Bay, using the loose root system, and the 177 seedlings obtained from one stand located in the Caño Lequerica by the air-layering technique in order to restore the mangrove belt in the National Natural Park "Corales del Rosario", survived 29.6% and 0% respectively forty days after transplantation.

<sup>1</sup> Museo del Mar, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Apartado 34185, Santafé de Bogotá, COLOMBIA

<sup>2</sup> Apartado 52908, Santafé de Bogotá, COLOMBIA

The main causes responsible for these survival rates are the large size of the air layered branches, the lack of an acclimatization period to promote the development of an entire root system, the stress produced by the transport of the seedlings to the transplantation sites, the physical pressure applied to the seedlings at the plantation sites, the transplantation of some seedlings in permanently flooded areas and the differences in the physical and chemical conditions of the soil between donor stands (Barbacoas Bay and Caño Lequerica) and those of the transplantation sites (Isla Grande and Rosario Island).

## 1. INTRODUCCIÓN

En razón de la destrucción del ecosistema en las islas del archipiélago de Nuestra Señora del Rosario a causa del desconocimiento por parte de sus pobladores de los bienes y servicios que proporciona el manglar, así como la falta de alternativas prácticas para su aprovechamiento sostenible, se justifica el desarrollo y evaluación de técnicas de bajo costo y fácil aplicación para restaurar zonas de manglar. Algunos rodales se encuentran altamente degradadas o susceptibles de serlo, por lo cual se requiere reducir el deterioro del bosque y promover su equilibrio natural con praderas de pastos marinos y arrecifes coralinos.

En el marco del Proyecto "Crecimiento y Regeneración de Algunas Especies de Coral, Manglar y Fanerógamas Marinas y su Relación con las Características Oceanográficas del Agua y del Sedimento en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario", se consideró restablecer el bosque con *Rhizophora mangle* y restaurar los servicios del complejo manglar-praderas de pastos marinos como filtro natural que protege los corales y regula la calidad de las aguas circundantes, por medio del acodado aéreo y el trasplante de plántulas.

### 1.1 El Acodado Aéreo

omitir

El acodado aéreo es una forma de propagación vegetativa en la cual es provocada la formación de raíces adventicias en una rama a partir de la remoción de un anillo de corteza, de tal manera que queda restringido el flujo de hormonas y alimentos vía floema pero no el de aguas y minerales a través del xilema (Córdoba, 1976; Hartman y Kester, 1975; Montoya, 1989). La aplicación de esta técnica al mangle rojo para fines de reforestación evita el deterioro de zonas prístinas y ahorra de dos a cuatro años que, según Hamilton y Snedaker (1984), requiere un propágulo para llegar a plántula. Además la colonia propagada vegetativamente posee exactamente el mismo potencial hereditario de la planta progenitora, de manera que es posible seleccionar plántulas con características deseables (Greulich y Adams, 1970).

### 1.2 El Trasplante de Semilleros Naturales

omitir

En el caso del trasplante de plántulas se seleccionan individuos con características deseables directamente de semilleros naturales, conservando su bola de raíz intacta para facilitar la posterior adaptación (Autry et al. 1973; Davis, 1940; Hannan, 1975). El trasplante es una solución rápida cuando se reforesta una zona reducida; sin embargo, cuando se necesita un gran número de individuos el problema de restauración es trasladado de un área a otra. Este conflicto puede ser obviado seleccionando varios sitios alternos para extraer pocos ejemplares sin alterar sensiblemente la dinámica del ecosistema.

En Colombia Bohórquez y Prada (1986) trasplantaron plántulas de *R. mangle* entre 0,25 y 0,7 m de altura a la alta playa, estrán y baja playa de las islas Arena, Macabí y Pavitos (Parque Corales del Rosario), registrando 48,9% de desarraigo y 30,4% de mortalidad.

## 2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

La Bahía de Barbacoas (Fig. 1) es un complejo deltáico estuarino de alta intervención antropogénica. La bahía tiene una superficie aproximada de 140 km<sup>2</sup> (Viña e Hinestrosa, 1986), y los procesos geomorfológicos han favorecido el asentamiento de extensos manglares de *Rhizophora mangle* en sus bordes.

El Archipiélago de las Islas de Nuestra Señora del Rosario (Fig. 2), compuesto por 28 islas de tamaño variable (Leblé y Cuignon, 1987), está localizado entre los 10° 08' y 10° 15' de latitud norte y entre los 75° 40' y 75° 48' de longitud oeste, frente a Isla Barú, a unos 50 km al suroeste de la ciudad de Cartagena. Isla Grande e Isla Rosario fueron seleccionadas como sitios de siembra.

En general el clima de la región puede ser clasificado como caliente tropical subhúmedo-seco (Duque, 1983), con un notorio déficit hídrico durante 11 meses del año y un excedente en octubre. La evapotranspiración promedio anual es de 1623,3 mm, mientras que la precipitación promedio llega aproximadamente a 800 mm (Alvarado et al., 1989). Esta caracterización corresponde al bosque seco tropical (bs-T) o bosque muy seco tropical (bms-T) de la clasificación de Holdridge (Duque, 1983; Garavito, 1977; Viña e Hinestrosa, 1986).

Los suelos de manglar en las islas del Rosario son de naturaleza orgánica: están compuestos de raíces, ramas y hojas en diferentes grados de descomposición, poseen consistencia esponjosa y fibrosa, su topografía es plana y el nivel freático es superficial (10 a 15 cm). Poseen por lo general dos horizontes: uno muy delgado de color café oscuro, con estructura de grano muy fino y abundante materia orgánica descompuesta y otro subsuperficial de color pardo rojizo y estructura fibrosa. Estos suelos suelen presentar salinidades que oscilan entre 40 y 50 ppm (Alvarado et al., 1989).

Las condiciones antes descritas son poco favorables para el establecimiento del manglar: el clima es árido, no hay flujo permanente de agua dulce, la escorrentía es reducida y el aporte de nutrientes es mínimo. Por tanto la estructura de los bosques de manglar del archipiélago se asemeja a la de otros sitios del Caribe con condiciones similares: el desarrollo es escaso, los diámetros de los troncos son pequeños, las densidades fluctúan entre medias y bajas, hay pocas especies y no es posible reconocer un patrón definido de zonación (Alvarado et al., 1989).

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Acodado Aéreo

Con un descortezador diseñado *ad hoc* (Fig. 3) se obtuvieron incisiones exactas y con tamaño estándar de 5 cm en 275 ramas primarias o secundarias libres de yemas o nudos de *R. mangle*, con longitud promedio de 1,77 m (desde la incisión hasta la parte distal de la rama acodada) y diámetro menor o igual a 2,5 cm (Fig. 4a), máximo tamaño en el cual se obtiene enraizamiento (Gill y Tomlinson, 1971; Hamilton y Snedaker, 1984).

Puesto que la capacidad de enraizamiento disminuye conforme aumenta la edad del árbol donante (Torres y Kompen, 1992), se procuraron ramas con estructura superficial tierna, fácil de descortezar. Estas fueron localizadas en partes bajas con buena luminosidad y fácil acceso y permitieron una mejor manipulación y extracción. Fueron acodadas máximo seis ramas por árbol a fin de evitar tensión excesiva al donante. Cada rama acodada fue marcada con una ficha plástica numerada atada con nylon.

La incisión, o anillo descortezado, fue cubierta con un emplasto de turba del manglar, encima del cual se aplicó algodón para conservar la humedad (Carlton y Moffler, 1978) (Fig. 4b). El emplasto fue cubierto con polietileno, porque es permeable a los gases ( $CO_2$ ,  $O_2$ ), bajo transmisor de vapor de agua, resistente a largos períodos de intemperización (Hartman y Kester, 1975; Montoya, 1989) y permite la observación del desarrollo de la raíz. Posteriormente, debido al ataque de hormigas, se empleó papel de aluminio de calibre grueso. La humedad del emplasto fue mantenida, cuando se requirió, inyectando agua del canal (Pannier, 1959).

Siguiendo las indicaciones de Hartman y Kester (1975), según las cuales se consigue un eficaz enraizamiento realizando a las ramas un delgado canal un poco más profundo con un cuchillo, además del descortezado, así se suspende completamente la circulación de floema, se practicó esta incisión adicional a algunas de las ramas.

Así fueron obtenidas 177 plántulas viables de un rodal monoespecífico de *R. mangle* en el Caño Lequerica, cerca al costado oriental de Bahía Barbacoas. La evolución de la longitud y el diámetro de las ramas acodadas fue seguida durante 120 días, antes de ser trasplantadas. Después de cinco meses fueron separadas las ramas acodadas del donante para llevarlas inmediatamente a las zonas de siembra en islas del Rosario.

### 3.2 Trasplante de Semilleros Naturales

Fueron seleccionadas 179 plántulas, con altura no superior al metro, de semilleros naturales ubicados en "El Cañito" (Bahía Barbacoas, fig. 1), las que fueron removidas con bola de raíz, procurando conservar el sistema radicular intacto.

### 3.3 Siembra en Islas del Rosario

Para la siembra fueron buscados sitios que presentaran por lo menos una de las siguientes condiciones: 1) evidencias del establecimiento natural previo del manglar; 2) protección de la acción directa del viento y el oleaje; 3) fácil acceso; 4) garantías de no de ser intervenidos por los pobladores una vez sembradas las plántulas; y 5) suelos aptos para el asentamiento de *R. mangle*, empleando como criterio la presencia de propágulos, plántulas o árboles de esta especie en mayor o menor cantidad. Fueron seleccionados los siguientes sitios (Fig. 5):

- Una pequeña laguna al sur de Isla Grande protegida del oleaje por una barrera de material calcáreo, la que no impedía, sin embargo, el ingreso de agua de mar. En las orillas se observaban plántulas y arbustos de *R. mangle*. El suelo presentó una textura arcillo-limosa, color grisáceo y poca acumulación de materia orgánica. El espacio disponible para la siembra se encontraba inundado permanentemente y en algunas horas del día fueron registradas altas temperaturas ( $39^{\circ}C$ - $40^{\circ}C$ ), tanto en el sustrato como en el agua (Fig. 5a).

- Un pequeño rodal costero de *R. mangle* al sur de Isla Rosario, protegido del oleaje por una barrera de material calcáreo acumulado por la corriente, que impedía la entrada directa del agua. Se consideró que el sustrato turboso con alto contenido de materia orgánica podría ser apto para la siembra (Fig. 5b), aunque el espacio disponible y la luminosidad eran reducidos.

- Sector este de Isla Rosario. Aunque se observaron algunos propágulos y un sólo árbol de mangle rojo, con predominio de *A. germinans*; los suelos con alto contenido de materia orgánica y el suficiente espacio para la siembra fueron los factores que influyeron en la selección. Las pozas internas no recibieron influencia de la marea (Fig. 5c).

Las plántulas, tanto las seleccionadas del medio natural como las obtenidas por acodamiento, fueron trasladadas simultáneamente a las islas del Rosario y sembradas inmediatamente (febrero 1993), sin la prevista aclimatación, omitida debido a problemas logísticos. En los sitios inundados permanentemente las plántulas fueron plantadas aplicando presión, sin cavar hoyo alguno. Los acodos debieron ser enterradas a relativa profundidad, a fin de sostener una posición vertical, así (Cuadro 1): 8 (4,5% del total) en el sur de Isla Rosario, 44 (24,9%) al este de Isla Rosario y 125 (70,6%) al sur de Isla Grande. De las 179 plántulas seleccionadas del medio natural 50 (27,9%) fueron sembradas al sur de Isla Rosario; 61 (34,1%) al este de Isla Rosario y 68 (38%) al sur de Isla Grande, en estricta dependencia del espacio disponible.

Al sur de Isla Rosario, debido al espacio reducido, sólo se sembraron 58 plántulas (16,3%) de las 356. A todas las plántulas se aplicó "Nutrimins", abono foliar, en proporción de 10 ml por 1l de agua, a fin de reactivar las hojas maltratadas durante el transporte. A partir de la siembra se hicieron observaciones quincenales de la adaptación del material, así como de los posibles factores que pudieran afectar el proceso. El porcentaje de supervivencia fue establecido cuarenta días después de la siembra. La salinidad y la temperatura intersticiales fueron tomadas mensualmente tanto en los sitios preseleccionados para siembra, como en las zonas de extracción de plántulas, entre diciembre de 1992 y junio de 1993 (Cuadro 2).

#### 4. RESULTADOS

Las hormigas obreras de *Cremastogaster* sp (Formicidae: Myrmicinae: Cremastogasterini) consumieron el recubrimiento plástico del emplasto en la mayoría de las ramas acodadas. Estos insectos son omnívoros y muy adaptables a ambientes transformados por el hombre (F. Fernández, com. per.). Este hecho obligó el uso, primero de Polietileno-D, resina de baja densidad, con insecticida Dursban al 1% - que también fue atacado -, y luego de papel aluminio de calibre grueso.

De las ramas acodadas 13,8% se secó en el árbol donante sin formación de raíz; 21,8% se quebró; y 177 (64,4%) sobrevivió al cabo de cinco meses. Los primeros indicios de formación de raíz fueron observados entre 70 y 90 días después de aplicada la técnica. De las sobrevivientes el 80,2% enraizó satisfactoriamente, y el 34,5% correspondió a apéndices originados cerca de la incisión y/o en diferentes partes a lo largo de la rama, con aparición de raíces adventicias; 28,9% fueron raíces generadas en la propia de incisión, con primordios gruesos aunque frágiles. El 36,6% de las ramas presentó los dos tipos de raíz. Las hojas de las ramas acodadas sufrieron diversos grados de clorosis tras la aplicación de la técnica, aunque un mes después hubo nueva producción de hojas.

Aunque se practicaron observaciones de la evolución de longitud y diámetro de las ramas acodadas durante los primeros tres meses de trabajo, no fue posible apreciar cambios entre las medidas iniciales y las posteriores.

La supervivencia de las plantas obtenidas por acodamiento fue nula al cabo de cuarenta días de efectuados los trasplantes. En contraste, la supervivencia de las plántulas trasplantadas fue del 48% (24 plántulas) al sur de Isla Rosario; del 32,8% (20) al este, y del 13,2% (9) al sur de Isla Grande (Cuadro 1).

Los promedios de salinidad y temperatura para la época seca (diciembre de 1992 y enero, a abril de 1993) y para la época de lluvias (mayo a junio de 1993), tanto de los sitios de siembra (sur de Isla Grande, sur y este de Isla Rosario), como de las zonas de extracción de las plántulas (Caño Lequerica y "El Cañito" en Bahía Barbacoas) aparecen registrados en el cuadro 2.

Las mayores salinidades intersticiales registradas en el este de Isla Rosario, fueron de 43 y 39 ppm. Al sur de Isla Grande, con 41 y 35 ppm de salinidad intersticial, se observó la presencia de *R. mangle* bordeando la laguna. Los valores más bajos se encontraron al sur de Isla Rosario, con 35 ppm para cada una de las épocas.

## 5. DISCUSIÓN

Las raíces generadas en diferentes zonas de la rama y no en la de incisión, estimuladas por el acodamiento aéreo, seguramente no desarrollaron el sistema de intercambio gaseoso. Por el contrario, el diámetro de las raíces generadas por acodamiento en la incisión ("subterráneas"), es bastante grande debido probablemente a la ausencia de aire. Este tipo de adaptación fisiológica surge como respuesta a la anaerobiosis temporal. Sin embargo, la inundación y la falta permanente de aire en la porción radical de la plántula ocasionan su muerte. Este proceso explica las diferencias observadas entre los dos tipos de raíces generadas en *R. mangle*. Al parecer, aunque en la mayoría de los casos las raíces quedaron por encima del nivel de inundación permanente, el intercambio de gases no fue óptimo. Además, el crecimiento de las raíces adventicias, en comparación con las generadas en la zona de incisión, no facilitó la formación y compactación de bola de raíz.

El tipo de emplasto utilizado para proteger las nuevas raíces y simular las condiciones del sistema radicular es importante, pues Gill y Tomlinson (1977) observaron efectos secundarios del sustrato sobre el desarrollo de la raíz. Basados en el trabajo de Gill y Tomlinson (1977), Elmore et al. (1983) demostraron que las condiciones en que se desarrollan las raíces aéreas influyen en el aumento del diámetro. En *R. mangle*, el aire incorporado por las lenticelas se acumula en el aerénquima para ser utilizado cuando la planta lo requiere, especialmente durante las mareas altas, cuando las raíces quedan sumergidas (Prahl et al., 1990). En raíces desarrolladas libremente, el diámetro es reducido y se pierde la capacidad de ramificación, ya que el aire no es factor limitante y no requieren aerénquima desarrollado.

Las raíces en contacto con suelo arenoso presentan pelos absorbentes con limitado desarrollo y su tasa de crecimiento es bastante reducida, en contraste con las que se establecen en suelos fangosos, cuyo crecimiento y desarrollo son mayores. Es probable que la textura franco-arcillo-limosa de los suelos del manglar del Caño Lequerica, utilizado como emplasto, causara

el reducido tamaño y limitado desarrollo de los pelos absorbentes en la zona de incisión de la rama acodada.

Las ramas que se secaron (13,8%) estuvieron generalmente localizadas en partes bajas del árbol, donde la exposición y penetración de la luz fue pobre. Los diversos grados de clorosis se debieron posiblemente a la manipulación y a la tensión ocasionada por la incisión. La clorosis y la defoliación severa impidieron la recuperación de las ramas después de la incisión. Además, el canal propuesto adicional practicado a algunos acodos de cuerdo con Hartman y Kester (1975) se convirtió en el punto de quiebre de ramas de más de dos metros de longitud. El gran peso hizo que el 21,8% del total de las ramas acodadas se partiera.

La lenta evolución de longitud y diámetro de las ramas acodadas corresponde a la tasa de crecimiento estimada por Pulver (1976) en plántulas de *R. mangle* con alturas entre 0,5 y 1,5 m (cinco o más años de edad según Savage, 1972), plantadas en sitios protegidos del oleaje y del viento, de 0,36 cm por año. La efectividad del acodado aéreo contrasta con los resultados de Carlton y Moffler (1978), quienes obtuvieron 39% de enraizamiento en *R. mangle*, 35% en *Laguncularia racemosa* y 6% en *Avicennia germinans* en cinco a seis meses.

Bastín (1970) afirma que las plantas trasplantadas se adaptan con dificultad a nuevas condiciones de clima y suelo. Pueden ser numerosas las causas capaces de afectar su desarrollo y crecimiento. El mayor porcentaje de supervivencia en el sur de Isla Rosario (48,0%) coincide con condiciones favorables tales como la protección del oleaje y de los vientos, los suelos turbosos constituidos por materia orgánica en descomposición, salinidades y temperaturas del agua intersticial relativamente bajas, y, finalmente, la presencia solitaria de *R. mangle*. Cintrón (1984), por ejemplo, obtuvo un 90% de supervivencia a los cuatro años de siembra de plántulas de *R. mangle* en zonas protegidas. Por el contrario, en zonas desprotegidas, después de un año sólo obtuvo un 10% de supervivencia. Precisamente los sitios seleccionados para la siembra en Isla Grande e Isla Rosario estaban protegidos del oleaje, a fin de permitir un buen arraigamiento de las nuevas raíces (Bohórquez y Prada, 1986; Hannan, 1975).

En el sur de Isla Grande se registró una supervivencia del 13,2%, debido posiblemente a que la mayoría de plántulas fueron sembradas en zonas donde el nivel de inundación era alto y permanente, con salinidad y temperatura elevadas, tanto en época seca como en la de lluvia. Aunque las lagunas internas del lado este de Isla Rosario no eran óptimas para el establecimiento de *R. mangle*, por su alta salinidad y temperatura, se obtuvo allí una supervivencia del 32,8% (Cuadro 1). En lugares donde se forman lagunas internas, pueden registrarse aumentos progresivos de la salinidad, debido a que las temperaturas incrementan la evapotranspiración.

La temperatura intersticial, que osciló en las áreas de estudio entre 30°C y 40°C (Cuadro 2), es normal para zonas áridas y no es decisiva para la adaptabilidad de las plántulas al nuevo sustrato. Cintrón y Schaeffer-Novelli (1992) y Rollet (1984) mencionan que el rango óptimo de salinidad para el desarrollo de *R. mangle* es de 10 a 30 ppm, con límites cercanos a los 56 ppm. Las salinidades altas, aunque no suprimen totalmente el desarrollo de plantas, pueden inhibirlo fuertemente. Los ensayos de cultivo de mangle en distintas concentraciones salinas demostraron un mejor desarrollo de las plantas en soluciones de baja salinidad, ello coincide con el desarrollo óptimo de la formación del manglar observado en la desembocadura de los ríos (Pannier, 1959). En Caño Lequerica y la Bahía

Barbacoas, fuertemente influenciados por el aporte de agua dulce del Canal del Dique, se da esta situación.

Los acodos, sin embargo, sufrieron un cambio severo en sus procesos fisiológicos, ya que pasaron de asimilar los nutrientes del árbol donante, a un medio hostil, en el cual debieron invertir energía adicional para cumplir con sus funciones básicas. Las especies del manglar pueden ultrafiltrar el agua de mar y transportan en la savia cantidades muy diluidas de sales (Polanía, 1992). La savia de los acodos probablemente era pobre en sales (entre una décima y una centésima parte del agua marina, cf Albert et al. 1992) pero fueron trasplantados a un medio con salinidades intersticiales altas (Cuadro 2). De esta manera las incipientes raíces probablemente no pudieron establecer un equilibrio osmótico adecuado. En contraste, Smith (1987) registró mayor asentamiento y supervivencia de plántulas de *Rhizophora stylosa* en la zona intermareal alta, con salinidad promedio de 57 ppm, comparada con 36 ppm de la zona intermareal baja. En este estudio la salinidad fue la única diferencia significativa entre las zonas mencionadas. Smith (1987) indicó que la especie puede desenvolverse bajo condiciones amplias de salinidad gracias a su plasticidad. No obstante, esta aseveración se refiere a una especie australiana del género *Rhizophora*, cuyo comportamiento no puede ser comparado estrictamente con el de *R. mangle*.

Prahl et al. (1990) afirmaron que los mangles son afectados por la inmersión prolongada y mueren cuando es permanente; y según Stephens (1962), las plántulas sumergidas totalmente no sobreviven más de un año. En caso extremo no deberían sembrarse, dependiendo de su tamaño, en aguas más profundas de 60 cm (Stephens, 1962). En zonas de inundación permanente el oxígeno disuelto disminuye desde la superficie del agua hasta las capas profundas del suelo, afectando la capacidad de intercambio gaseoso del sistema radicular en las plántulas. Medina (1977) estimó que la acumulación de etanol, provocada por el déficit de oxígeno, puede exceder los niveles tóxicos y perjudicar el metabolismo celular en estos casos.

La temperatura altera, no obstante, el comportamiento fisiológico de las plántulas de *R. mangle*. Cuando son altas, las temperaturas incrementan las tasas de transpiración, aumentando la pérdida de agua. Ello implica que el volumen interno de agua que regula las concentraciones de iones en la savia, disminuya en especies halofitas como *R. mangle* (Albert et al., 1992). Además, la temperatura del agua afecta negativamente el sistema de ultrafiltración de las raíces, cuando aumenta por encima de 38°C, impidiendo la absorción de agua (Prahl et al., 1990).

La importancia de la aclimatación al nuevo sustrato para promover la formación de bola de raíz y su posterior compactación se deduce de los resultados de Hannan (1975), quien obtuvo 85% de supervivencia al trasplantar plántulas de *Rhizophora* con bola de raíz intacta en costas de Florida, mientras que sólo sobrevivió un 65% de las plántulas trasplantadas sin bola de raíz. Pulver (1976) sugiere que el volumen de la bola de raíz debe equivaler por lo menos a la mitad del que posea el tallo, si se quieren obtener óptimos resultados. En ningún caso el sistema radicular de las plantas acodadas alcanzó tal volumen. En contraste Greulich y Adams (1970) afirmaron que es prácticamente imposible sacar la plántula del medio natural sin destruir la mayor parte de la piloriza, a menos que sea extraída con su bola de raíz. Cuando se efectúan trasplantes no resulta práctico preservar toda la estructura, por lo cual se debe confiar en la capacidad de la plántula para desarrollar rápidamente nuevas superficies de absorción. Sin embargo, cuanto menos se perturben las raíces, tanto mayor será la supervivencia después del trasplante. En el caso de los acodos es vital

permitir el fortalecimiento del sistema radicular antes de proceder a su trasplante.

La baja supervivencia en Isla Grande puede haberse debido no sólo a las condiciones físico-químicas extremas, sino a la forma en que las plántulas fueron sembradas, que sin duda perturbó sensiblemente los sistemas radiculares. Otro factor a considerar es que las plántulas fueron enterradas profundamente debido a la ausencia de bola de raíz, reduciendo al mínimo la posibilidad de intercambio gaseoso efectivo.

Por otra parte existen varios factores que afectan sinérgicamente los niveles de tensión, como por ejemplo la química del suelo (Boto y Wellington, 1984); la presencia de plantas adultas que compiten por espacio con las jóvenes (Rabinowitz, 1978), la sombra (Janzen, 1985) e indudablemente el transporte y la manipulación de plántulas de más de un metro de longitud.

En ningún caso el abono foliar aplicado mostró ser efectivo para la recuperación de las hojas ni para evitar la defoliación de las plántulas. La defoliación severa, observada en muchas de las plántulas sembradas, es resultado de un mecanismo de defensa para regular la temperatura sin sufrir pérdidas excesivas de agua en el proceso. Esto permite a la planta, usualmente, conservar las hojas pequeñas para asegurar el intercambio de gases. En cualquier caso la porción foliar estaba bajo tensión en el momento de siembra, tanto por la manipulación como por el cambio en el régimen de iluminación.

## 6. CONCLUSIONES

El acodado aéreo es efectivo en *Rhizophora mangle*. Puede ser útil para proveer plántulas siempre que sean sometidas a aclimatación.

El enraizamiento se logra en ramas con diámetro menor o igual a 2 cm, correspondiente a una altura aproximada a 1 m (desde la incisión hasta la parte distal de la rama).

La selección de las zonas de siembra debe contemplar el patrón de establecimiento natural de los propágulos.

El carácter calcáreo de los suelos de las islas; los aportes pobres de sedimento; la ausencia de corrientes de agua dulce y el bajo suministro de nutrimentos; y la falta de un período significativo de precipitación son los factores que afectan el desarrollo de los manglares en las islas del Rosario.

Estos factores también dificultan la recuperación de la vegetación, tanto en caso de regeneración natural como de implementación de técnicas de siembra artificiales. Estas dificultades pueden ser superadas, no obstante, si se consideran las medidas pertinentes dentro del marco de un programa de recuperación.

La baja tasa de supervivencia obtenida se debió al gran tamaño de las ramas acodadas, la falta de un período de aclimatación de acodos y plántulas, la manipulación durante el transporte a los sitios de siembra, la colocación de la mayoría de las plántulas en zonas con inundación permanente y la tensión fisiológica por el cambio brusco de un sustrato a otro con características diferentes.

## AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este estudio son parte del proyecto "Crecimiento y Regeneración de Algunas Especies de Coral, Manglar y Fanerógamas Marinas en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario" financiado por la Universidad Jorge Tadeo Lozano, COLCIENCIAS, el Fondo para la Promoción de la Investigación y la Tecnología del Banco de la República, ECOPETROL, ARSEG, CEINER, CIOH y la Fundación Mamonal.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ALBERT, R., F. HÜTTERER, G. HERTENBERGER y J. POLANÍA. 1992. Sobre la ecofisiología de plantas halófitas y desérticas. *Acta Biológica Colombiana*, 2(6): 9-21.
- ALVARADO, E.M., G. PINILLA y T. LEÓN. 1989. Plan de Manejo para el Parque Nacional Natural Corales del Rosario (PNNCR). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano - INDERENA. Tomo 1. 262 p.
- AUTRY, A.S., V. N. STEWART, M. FOX y W. HAMILTON. 1973. Progress report: Mangrove planting for stabilization of developing shorelines. *Q. J. Fla. Acad. Sci. (Suppl. No. 1)* 36:17.
- BOHÓRQUEZ, C. y M. PRADA. 1986. Siembra y trasplante de *Rhizophora mangle*, L. 1773 y tipología del manglar del Parque Nacional Natural Corales del Rosario. Tesis de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina. 124 pp.
- BASTÍN, R. 1970. Tratado de fisiología vegetal. Cmpañía Editorial Continental, S.A., Barcelona. 514 p.
- BOTO, K.G. y J.T. WELLINGTON. 1984. Soil Characteristics and Nutrient Status in a Northern Australian Mangrove Forest. *Estuaries*, 7(1): 61-69.
- CARLTON, M.J. y D.M. MOFFLER. 1978. Propagation of mangroves by air-layering. *Fla. Dept. Nat. Resour. Mar. Res. Lab.* 5(2): 147-150.
- CINTRÓN, G. y Y. SCHAEFFER-NOVELLI. 1992. Ecology and Management of New World Mangroves. p. 233-258. In: U. Seeliger (Ed) *Coastal Plant Communities of Latin America*. Academic Press.
- CÓRDOBA, C.V. 1976. Fisiología vegetal. H. Blume ediciones. Madrid, España. 439 p.
- DAVIS, J.H. 1940. The ecology and geologic role of mangroves. Florida Carnegie Inst. Washington. Publ. 517, 32(16): 307-409.
- DUQUE, F. 1983. Parque Nacional Natural Corales del Rosario. INDERENA/CIP. Cartagena, Bolívar. Informe técnico. 25 p.
- ELLMORE, G.S., S.C. LEE y N.H. NICKERSON. 1983. Plasticity expressed by root ground tissues of *Rhizophora mangle* L. (red mangrove). *Rhodora* 85(844): 397-403.
- GARAVITO, F. 1977. Islas del Rosario (monografía). IGAC. Bogotá, D.E. 38 p.
- GILL, A.M. y P.B. TOMLINSON. 1971. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) 2. Growth and Differentiation of Aerial Roots. *Biotropica* 3(1): 63-77.
- GILL, A.M. y P.B. TOMLINSON. 1977. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) 4. The Adult Root System. *Biotropica* 9(3): 145-155.
- GONZÁLEZ, D. y B. RIVAS. 1993. Trasplante de plántulas del medio natural y siembra de acodos de *Rhizophora mangle* L. 1773, en tres zonas del Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario. Tesis de grado, Facultad de Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 112 p.
- GREULACH, V.A. y J.E. ADAMS. 1970. Las Plantas. Introducción a la Botánica Moderna. Ed. Limusa-Wiley, S.A. México, D. F. 679 p.
- HAMILTON, L.S. y S.C. SNEDAKER. 1984. Handbook for mangrove area management. United Nations Environment Programme and East-West Center. Environment and Policy Institute (Hawaii).

- HANNAN, J. 1975. Aspects of red mangrove reforestation in Florida. pp. 112-121. En: Lewis, R.R. (ed.) Proceedings Second Annual Conference on Restoration of Coastal Vegetation in Florida. Hillsborough Community College, Tampa, Florida. 203 p.
- HARTMAN, H.T. y D.E. KESTER. 1975. Plant Propagation. Principles and practices. 3rd. ed. Prentice-Hall, N. Y. 662 p.
- HEYMO-INESCO. 1985. Análisis general de la situación actual y futura del Canal del Dique. Consorcio interventor de las obras. Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT), Cartagena. 90 p.
- JANZEN, D. H. 1985. Mangroves: Where's the Understory?. *J. Trop. Ecol.*, 1: 89-92.
- LEBLE, S. y R. CUIGNON. 1987. El Archipiélago de las islas del Rosario, estudio morfológico, hidrodinámico y sedimentológico. *Bol. Cient. CIOH. Cartagena (Colombia)*, 7: 37-52.
- MEDINA, E. 1977. Introducción a la ecofisiología vegetal. Secretaría general de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D. C. Serie de Biología, Monografía No 16. 74 p.
- MONTOYA, M.H. 1989. Manual práctico de propagación de plantas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Práctica No 7. 8 p.
- PANNIER, P. F. 1959. El efecto de distintas concentraciones salinas sobre el desarrollo de *Rhizophora mangle* L. *Acta Científica Venezolana*, Caracas 10(3): 68-78.
- POLANÍA, J. 1992. Adaptaciones fisiológicas en algunas especies de mangles. *Acta Biológica Colombiana*, 2(6): 23-36.
- PRAHL, H. VON., J.R. CANTERA y R. CONTRERAS. 1990. Manglares y Hombres del Pacífico Colombiano. Fondo FEN. Bogotá D.E. 193 p.
- PULVER, T.R. 1976. Transplant techniques for sampling mangrove trees *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, and *Avicennia germinans*, in Florida. Florida Department of Natural Resources Fla. Mar. Res. Publ. 1-14 pp.
- RABINOWITZ, D. 1978. Dispersal Properties of Mangrove Propagules. *Biotropica*, 10(1): 40-57.
- ROLLET, B. 1984. Ecología de los manglares con especial referencia a la base biológica para la ordenación sostenida, forestal y pesca. 33 pp. En: Memorias del Seminario Nacional sobre Ordenación Integrada de Manglares. FAO, Roma.
- SMITH III, T.J. 1987. Effects of Light and Intertidal Position on Seedling Survival and Growth in Tropical Tidal Forests. Elsevier Science Publishers B. V. (Biomedical Division). Australia. 133-146 pp.
- STEPHENS, W.M. 1962. Trees that Make Land. *Sea Frontiers*, 8: 219-230.
- TORRES, R.M. y M.H. KOMPEN. 1992. Efecto sinérgico del boro en el enraizamiento de acodos en *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Acta Científica Venezolana*, 43: 45-51.
- VIÑA, G. y R. HINESTROSA. 1986. Efectos del dragado en zonas del manglar, geomorfología deltáica y desarrollo y análisis de priserias en el Caño Lequerica, Bahía de Barbacoas, Mar Caribe (Colombia). Tesis de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina. 138 p.

**Cuadro 1. Acodos y plántulas sembradas y porcentaje de supervivencia.**

| Sitios de siembra | Acodos sembrados | Plántulas sembradas | TOTAL      | Supervivencia |             |
|-------------------|------------------|---------------------|------------|---------------|-------------|
|                   |                  |                     |            | Acodos        | Plántulas   |
| Sur Rosario       | I. 8             | 50                  | 58         | 0             | 48,0        |
| Este Rosario      | I. 44            | 61                  | 105        | 0             | 32,8        |
| Sur Grande        | I. 125           | 68                  | 193        | 0             | 13,2        |
| <b>Total</b>      | <b>177</b>       | <b>179</b>          | <b>356</b> | <b>0</b>      | <b>29,6</b> |

**Cuadro 2. Salinidad (ppm) y temperatura (°C) intersticial promedio, para las épocas de lluvia y seca en las áreas de estudio.**

| ÁREAS DE ESTUDIO      | ÉPOCA SECA      |                  | ÉPOCA DE LLUVIAS |                  |
|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
|                       | Salinidad (ppm) | Temperatura (°C) | Salinidad (ppm)  | Temperatura (°C) |
| Sur Isla del Rosario  | 35              | 34               | 35               | 34               |
| Este Isla del Rosario | 43              | 39               | 39               | 32               |
| Sur Isla Grande       | 41              | 39               | 35               | 40               |
| Bahía de Barbacoas    | 24              | 32               | 20               | 30               |
| Caño Lequerica        | 5               | 32               | 5                | 30               |

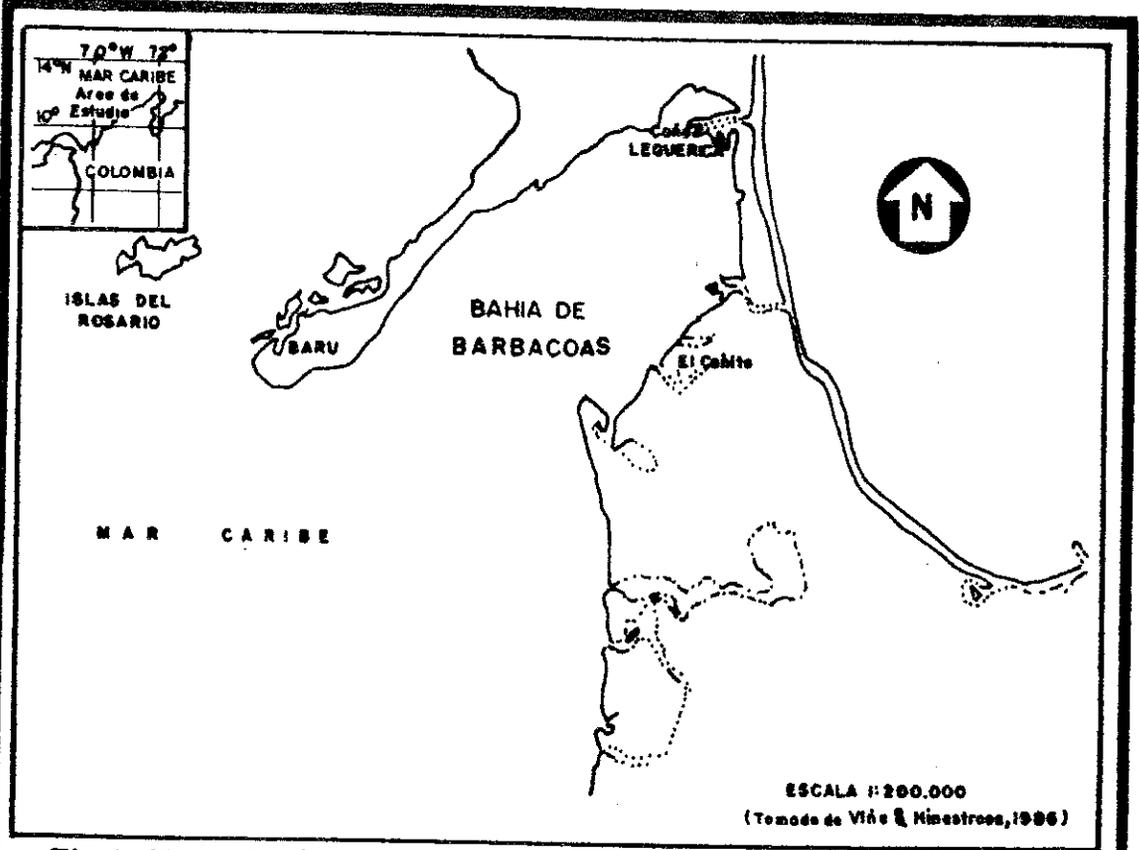


Fig.1. Mapa Bahía de Barbacoas, ubicación "El Cañito"

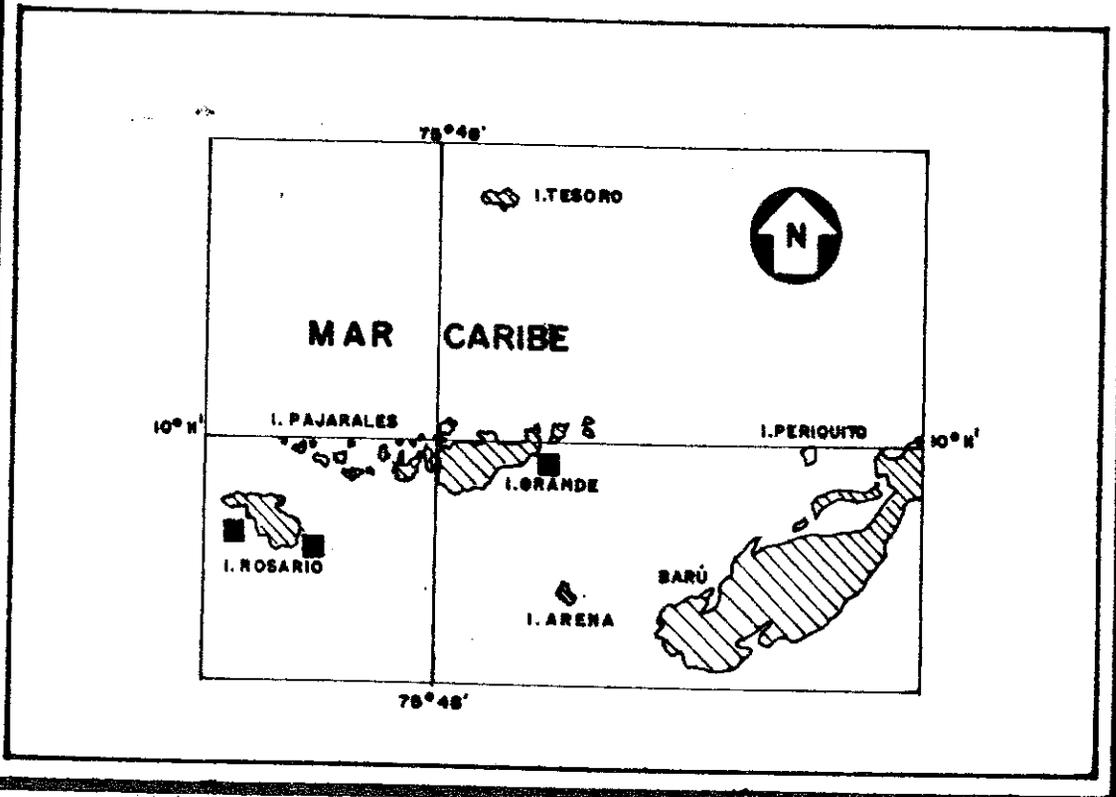


Fig.2. Mapa de Islas del Rosario, sitios de siembra

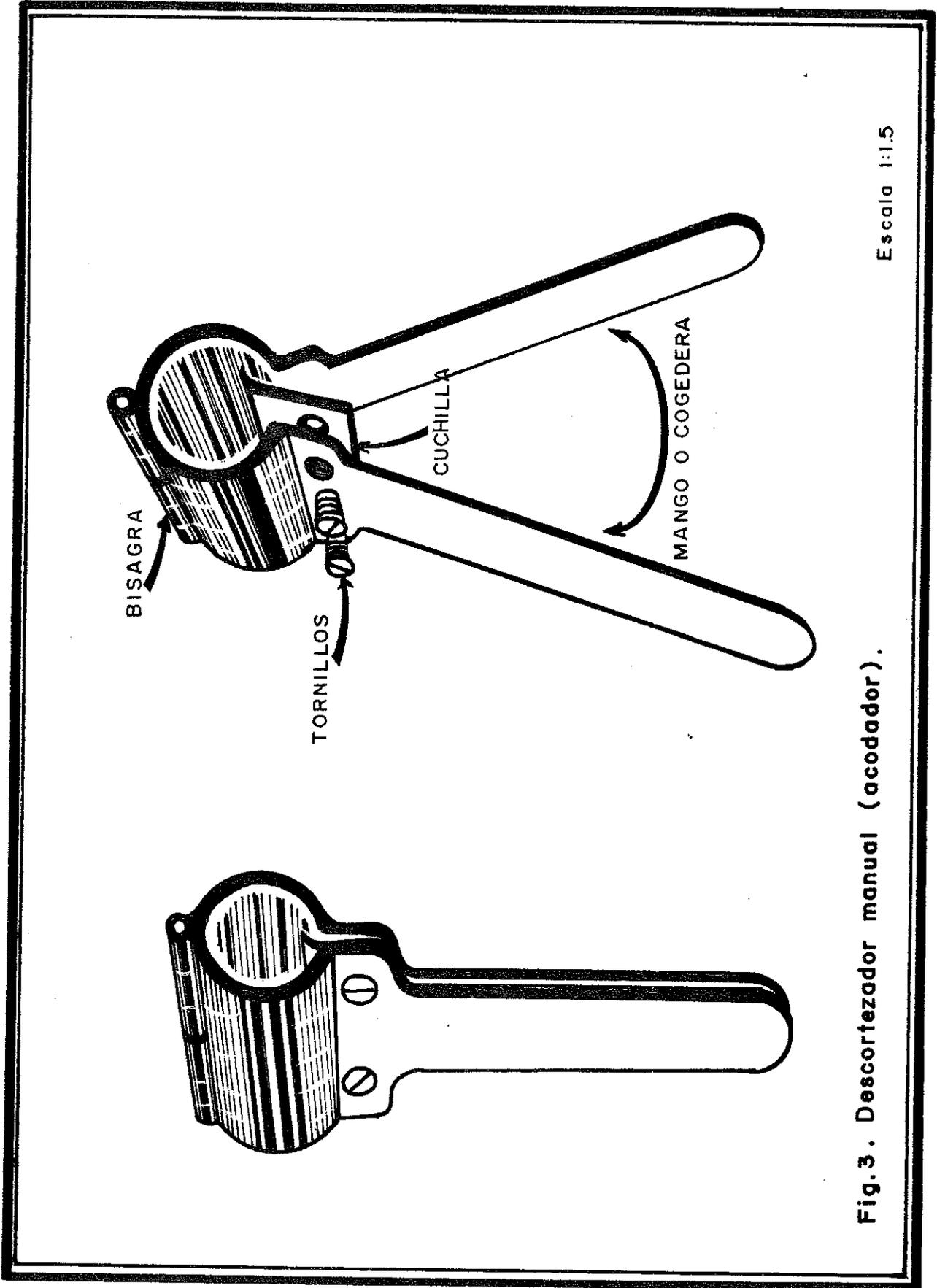


Fig.3. Descortezador manual (acodador).

Escala 1:1.5

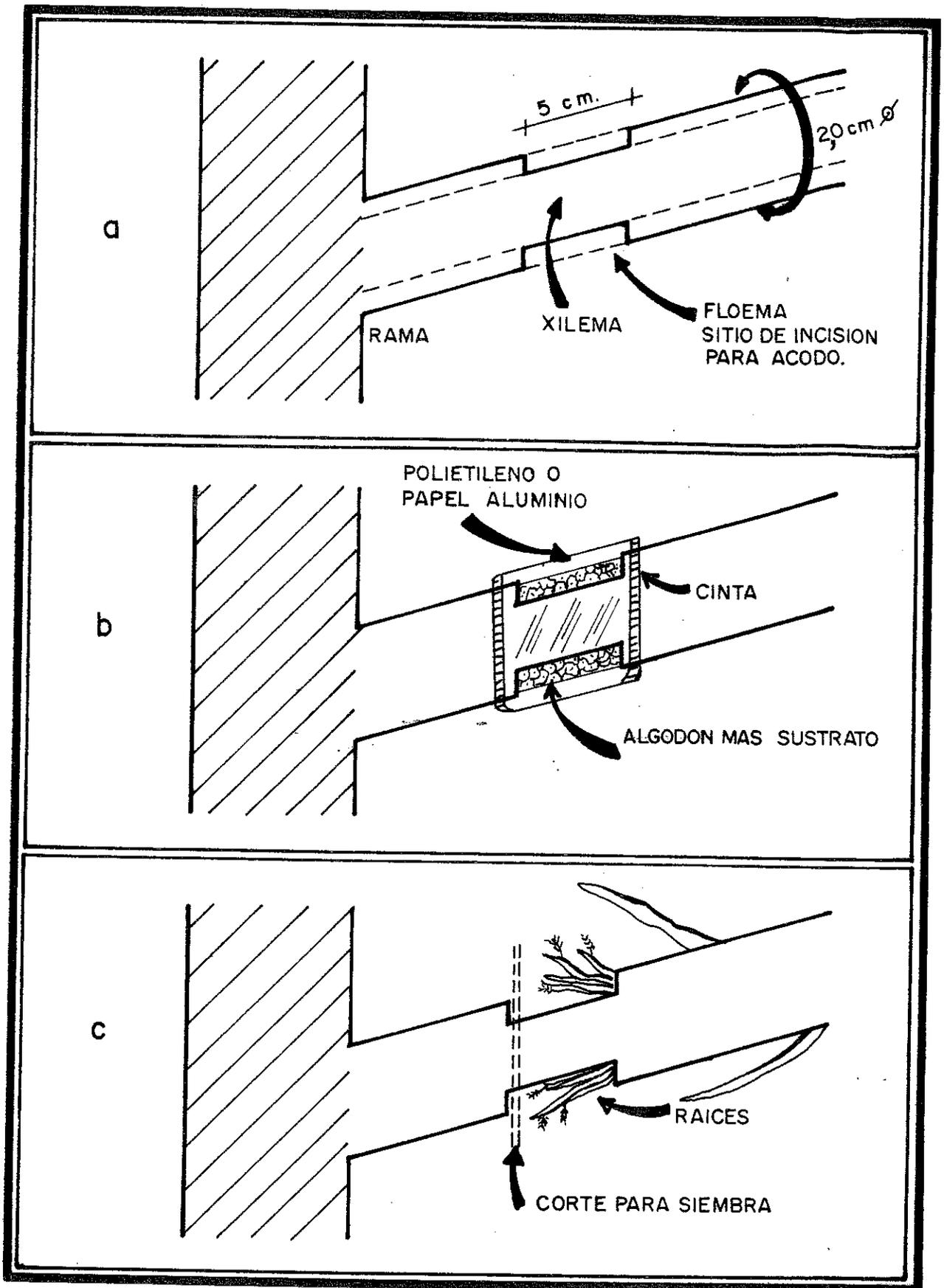


Fig.4 .Esquema de incisión, recubrimiento y enraizamiento en rama de R. mangle.

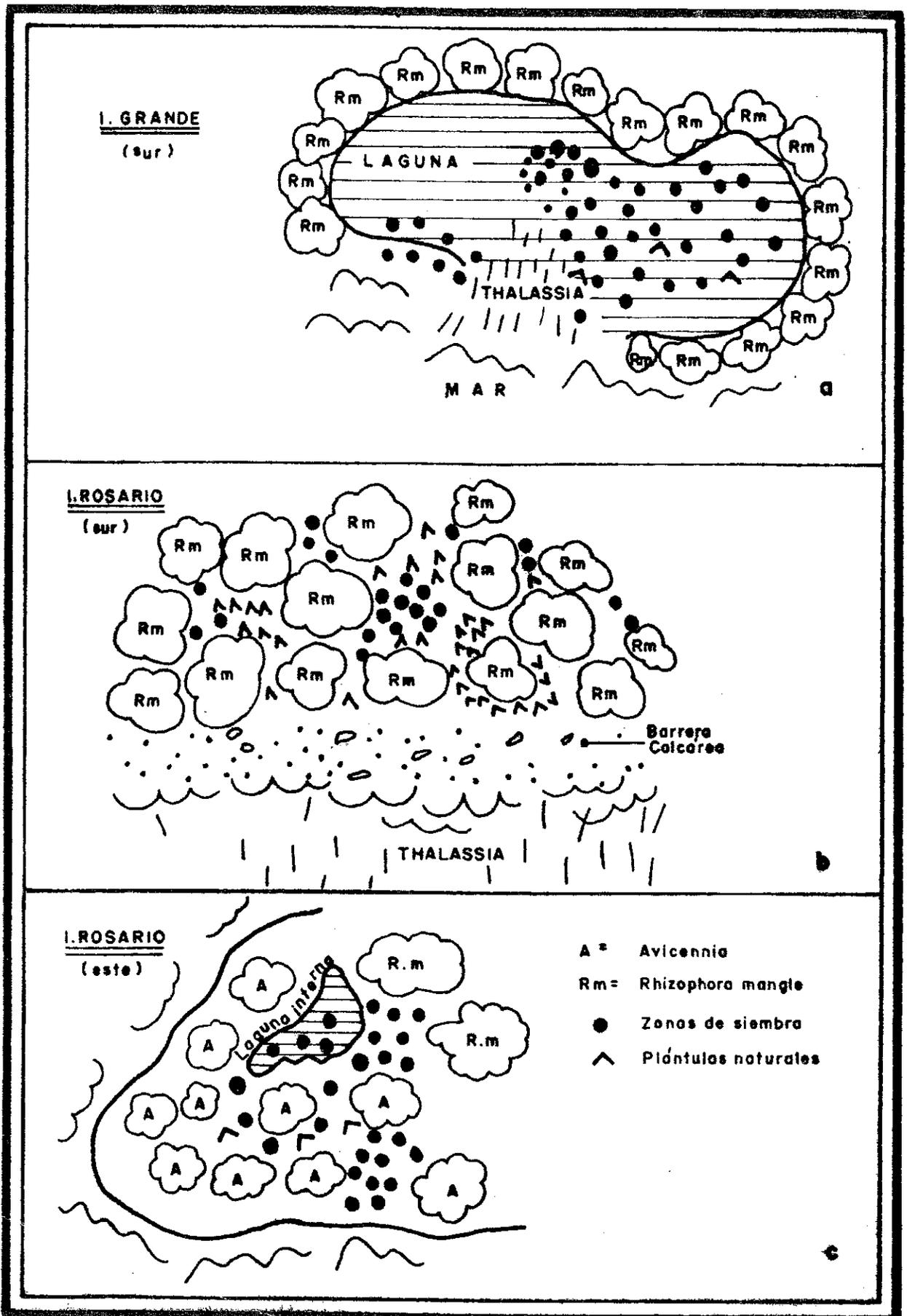


Fig.5 Descripción de las zonas de siembra ubicadas en el este y sur de Isla Rosario y sur Isla Grande.

## **Diferencias en el índice de área foliar de dos tipos fisiográficos de bosque de mangle rojo en el sur de la Florida**

Rafael J. Araújo y Juan C. Jaramillo

### RESUMEN

El índice de área foliar (IAF) es uno de muchos parámetros que se utilizan para determinar la capacidad fotosintética de las plantas superiores y el papel que estas juegan en el intercambio de gases, agua, carbono y energía. Alrededor del mundo, el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) presenta una variedad notable en la forma de la copa de los árboles, mostrando desde ejemplares muy altos con copas muy estrechas hasta árboles achaparrados que no superan los 2 metros de altura y que poseen copas redondeadas. Para determinar hasta qué punto este arreglo de las hojas afecta el área foliar, se evaluaron índices de área foliar en dos tipos diferentes de bosque de manglar en el sur de la Florida utilizando el método de la plomada y medidas de incidencia solar. A pesar de que en otros tipos de bosque el IAF es un valor constante y predecible, se encontraron valores diferentes en el IAF y el tamaño de las hojas en dos tipos fisiográficos de bosque de manglar. Los resultados también sugieren diferentes fuerzas medioambientales que afectan cada sitio en particular y refuerzan el valor ecológico de la clasificación de los manglares desarrollada por Lugo y Snedaker en 1974.

## **Leaf area index differences in two red mangrove forest types in south Florida**

### ABSTRACT

Leaf area index (LAI) is one of many parameters used to estimate the photosynthetic capacity of plants and their role in gas, water, carbon and energy exchange. All throughout the world, the red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) shows a remarkable plasticity of canopy form ranging from tall trees with narrow crowns in closed canopies to the tiny dicurrent crown of scrubby individuals that seldom grow over 2 m in height. To determine how this peculiar arrangement of the photosynthetic apparatus affects leaf area, leaf area indices were evaluated for two different red mangrove forest types in south Florida using the plumb line and light reading methods. Despite the fact that in most forests LAI is a constant and predictable value, LAI and leaf size were found to be significantly different for a basin and a dwarf red mangrove forest stand. Results may also reflect different environmental forces acting upon each location and reinforce the practical ecological value of Lugo and Snedaker's 1974 classification of mangrove forest types.

---

Division of Marine Biology and Fisheries  
Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science  
University of Miami  
4600 Rickenbacker Causeway  
Miami, Florida 33149-1098, USA  
e-mail: araujo@oj.rsmas.miami.edu

## INTRODUCCION

Alrededor del mundo, el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) muestra una variedad notable en la forma de los árboles presentando, desde individuos de gran porte con copas estrechas, hasta ejemplares que rara vez sobrepasan los 2 metros de altura, presentan copas dicurrentes o redondeadas y forman los llamados bosques enanos. Por el contrario, la morfología de las hojas en las Rhizophoraceae es considerada uniforme (Tomlinson 1986). En general, las especies de *Rhizophora* en el Nuevo Mundo presentan hojas con un perfil elíptico u ovalado, un ápice agudo y un borde entero (Tomlinson 1986, Araújo & Polanía 1988). En lo que se refiere al tamaño de la hoja, se ha demostrado que los individuos de *R. mangle* reducen la superficie foliar como respuesta a tensores. Por consiguiente, en dicha especie, el tamaño de la hoja es considerado un indicador del vigor de la vegetación (Cintrón & Schaeffer-Novelli 1983). Ahora bien, ¿de qué forma este arreglo tan particular del aparato fotosintético afecta el área foliar? Es oportuno recordar que el índice de área foliar (IAF) se define como el área de superficie fotosintética por unidad de área de terreno y es uno de muchos parámetros usados para estimar la capacidad fotosintética de las plantas y el papel que estas juegan en los ciclos e intercambios de gases, agua, carbono y energía (Pool 1974, Russell *et al.* 1989). En bosques tropicales, el tamaño de la copa y el arreglo espacial del aparato fotosintético son respuestas de los árboles a factores de control que incluyen la competencia y la habilidad de respuesta a los tensores y a los cambios medioambientales (Tomlinson 1986). En general, los árboles pueden acomodar sus hojas de diferentes maneras y asimismo pueden mostrar adaptaciones a diferentes intensidades de luz presentando, en el mismo individuo, hojas que se adaptan tanto a la sombra como a la luz solar directa. Sin embargo, cuando se considera en su totalidad el tipo de bosque en un área determinada, el IAF tiende a ser un valor constante y predecible (Pool 1973).

Para responder a nuestra pregunta, se evaluaron los índices de área foliar de dos tipos fisiográficos de bosque de manglar en el condado de Dade, en el sur de la Florida, utilizando técnicas diferentes. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados como reflejo de la estructura de las copas y sirven como base para comparar diferentes rodales de mangle. Los objetivos fueron: (1) determinar el IAF utilizando el método de la plomada y lecturas de intensidad solar (referirse a Pool 1973) en un bosque de manglar enano y en uno de cuenca (cf. Lugo & Snedaker 1974, Lugo 1980, ó Cintrón & Schaeffer-Novelli 1983 para una descripción de los diferentes tipos fisiográficos de bosque de manglar); (2) determinar la relación entre la intensidad solar, el ancho, el largo y el área de las hojas en *R. mangle* y (3) comparar los dos tipos de bosque de manglar con base en el IAF y el tamaño de las hojas.

## METODOS

Se estudiaron los atributos estructurales de dos tipos fisiográficos de bosque de manglar al sureste del condado de Dade, en el estado de la Florida. La primera localidad estaba compuesta de un rodal de manglar enano en un área de aproximadamente 1.5 ha en Matheson Hammock (25° 40' N 80° 16' W), con una altura promedio de 1.1 m. El bosque enano estaba rodeado primordialmente de árboles altos de mangle rojo y negro (*Avicennia germinans* L.), pinos australianos (*Casuarina equisetifolia* L.) y pimienta brasileña (*Schinus terebenthifolius* Raddi). La segunda localidad, compuesta por un bosque de cuenca de una extensión similar, se encontraba en el parque Chapman Field (25° 37' N 80° 17' W), con árboles cuya altura promedio era de 2.9 m y asociado con un tipo de vegetación similar al de la primera estación.

En cada localidad se midió el IAF de acuerdo con la metodología establecida por Pool (1973), y se estableció la incidencia solar a cielo abierto y bajo el dosel de los bosques en 25 sub-estaciones en cada uno de los sitios de muestreo. Las lecturas se tomaron, entre las 11:00 y las 15:00 horas, con un sensor solar LI-COR® LI-190SA y una microcomputadora LI-1000 DataLogger. Adicionalmente se estableció la cobertura del dosel como un porcentaje del número de veces en que el IAF diera un valor de cero contra el número total de mediciones (Cintrón & Schaeffer-Novelli 1984).

Los datos de incidencia solar bajo la copa de los árboles, expresados como un porcentaje de la luz a cielo abierto, fueron calculados para cada una de las sub-estaciones mencionadas como una estimación de la transmisión de luz a través del dosel del bosque. De la misma manera, se

recogieron en promedio 30 hojas maduras (tercera generación) de ramas expuestas a la luz solar directa ya que estas presentan, en general, un tamaño más uniforme (Snedaker, pers. com.). Para cada hoja se midió el largo y el ancho. Del total de 749 hojas muestreadas en el bosque enano y de las 840 muestreadas en el bosque de cuenca, se escogió una sub-muestra azarosa de 50 hojas a las cuales se les determinó el área utilizando técnicas planimétricas. Los valores obtenidos se correlacionaron con las medidas de largo y ancho y se obtuvo una ecuación que luego se utilizó para determinar el área de la población total de hojas colectadas.

## RESULTADOS y DISCUSION

Los resultados de transmisión de luz a través del dosel y del índice de área foliar para el bosque enano y el de cuenca se muestran en la tabla 1. Los valores de transmisión solar fueron mayores en el bosque enano comparados con el de cuenca ( $P > 0.05$ ), lo cual indica que hay una mayor cantidad de luz que alcanza el suelo en el bosque enano. Como se esperaba, los valores del IAF mostraron una tendencia opuesta siendo mayores en el bosque de cuenca con respecto al bosque enano ( $P > 0.05$ ). La cobertura del dosel se estimó como 100% en el bosque de cuenca y como 96% en el bosque enano. Se encontró así mismo que el área de la sub-muestra de las 50 hojas se correlacionó significativamente con el largo y el ancho de las hojas (figura 1).

Para demostrar que la forma de las hojas en ambas localidades era la misma, se utilizó el algoritmo  $[(\text{largo} + \text{ancho})^2/10]$  con el propósito de simular el área del total de las hojas muestreadas y determinar de antemano si se encontraban diferencias significativas. Con límites de confianza del 95%, se halló que el valor promedio del bosque enano fue más bajo que el del bosque de cuenca con base en una prueba estadística T-Student (Sokal & Rohlf 1981). La misma prueba estadística se aplicó a los valores de ancho y largo y con los mismos intervalos de confianza se encontraron resultados similares (enano < cuenca). Como ambas medidas fueron constantemente menores en un mismo tipo de bosque (enano), esto indica que las hojas presentaban la misma forma en las dos estaciones pero eran más pequeñas en una de ellas. Siendo las hojas de igual forma, se pudo entonces utilizar la ecuación obtenida del análisis de regresión múltiple (figura 1) para generar el área de la población total de las hojas. Si las hojas hubieran presentado forma diferente, dicha extrapolación no hubiera sido posible. Nuevamente, los valores promedio de los bosques enano y de cuenca (tabla 2) fueron significativamente diferentes. Los valores promedios obtenidos con la ecuación  $\text{área} = -18.261 + 1.911(\text{largo}) + 6.250(\text{ancho})$  para ambos tipos fisiográficos de bosque se muestran en la tabla 2.

Ahora bien, para decidir si las diferencias encontradas se debían al número de hojas o al tamaño de las mismas, se creó un cociente dividiendo el área de las hojas en cada localidad por su correspondiente IAF (7.76 para el bosque enano y 4.38 para el de cuenca) y se compararon los resultados en cada uno de los bosques. Se encontró un valor menor en el bosque de cuenca ( $P > 0.05$ ) lo cual sugiere que hay una cantidad mayor de hojas pequeñas en este tipo de bosque y por consiguiente diferencias significativas en la transmisión de luz entre ambos. Russell *et al.* (1989) concluye que el número de hojas presentes en el dosel del bosque es la característica estructural más importante y la que tiene un efecto más significativo en la transmisión de la luz solar. En ecosistemas de manglar, los valores registrados de IAF usualmente se encuentran entre 0.2 y 5.1 encontrándose los más bajos en los bosques enanos y los más altos en los bosques riverinos (Cintrón & Schaeffer-Novelli 1983). Dichos valores --considerados bajos cuando se comparan con otros tipos de bosques tropicales cuyos valores de IAF están por encima de 10-- se han atribuido a las condiciones de intolerancia de los manglares a la sombra, la ubicación de las hojas en la parte superior de las copas y la ausencia de especies acompañantes que formen un estrato inferior en el bosque (Cintrón & Schaeffer-Novelli 1985).

Un procedimiento similar se utilizó con los datos de IAF y de transmisión de luz. En ambos casos se encontraron diferencias significativas en los promedios. El porcentaje de transmisión solar fue mayor en el bosque enano pero su IAF fue más bajo. Lugo & Snedaker (1974) y Lugo *et al.* (1980) han demostrado que el tamaño del área de las hojas en *Rhizophora* se reduce cuando las plantas están sujetas a diferentes tipos de tensesores entre los cuales se encuentran la salinidad, la latitud geográfica y la contaminación ambiental. Si asumimos que en general los bosques enanos se encuentran bajo condiciones ambientales extremas con respecto a la disponibilidad de nutrientes (Lugo & Snedaker 1974) no es sorprendente encontrar un valor bajo en el área foliar de este tipo

de bosque cuando se compara con el de cuenca. Si la biomasa total de hojas por unidad de área es un valor uniforme bajo una amplia gama de condiciones medioambientales (Ovington 1962, Rodin & Basilevich 1967, Odum & Pigeon 1970, all in Pool 1973), o en otras palabras, el IAF es un valor constante y predecible para muchos tipos de bosque (e.g. bosques templados de cedro, los maderales de la Florida, las plantaciones de alfalfa, cereales y *Gladiolus*, entre otros (Russell *et al.* 1989)); en ecosistemas de manglares las variaciones en el IAF dependen de alguna forma de la fisiognomía de la vegetación. Por consiguiente, diferentes tipos de bosques presentan diferentes valores de IAF. Estos resultados son un reflejo de las diferentes fuerzas medioambientales que operan en cada localidad y refuerzan el valor práctico-ecológico de la clasificación fisiográfica de los bosques de manglar desarrollada por Lugo y Snedaker en 1974.

#### BIBLIOGRAFIA

- ARAÚJO, R. & J. POLANÍA. 1988. Descripción y clave de campo de las especies de mangle del litoral caribe colombiano. Informe Museo del Mar, Universidad Jorge Tadeo Lozano, No 35, 17 p.
- CINTRÓN, G. & Y. SCHAEFFER-NOVELLI. 1983. Introducción a la ecología del manglar. Unesco, Montevideo, 109 p.
- CINTRÓN, G. & Y. SCHAEFFER-NOVELLI. 1984. Methods for studying mangrove structure. In: SNEDAKER, S.C. & J.G. SNEDAKER (eds.) *The Mangrove Ecosystem: Research Methods. Monographs on Oceanographic Methodology, series 8.* Unesco, Paris, pp 91-113.
- CINTRÓN, G. & Y. SCHAEFFER-NOVELLI. 1985. Características y desarrollo estructural de los manglares de Norte y Sur America. *Ciencia Interamericana*, 25(1-4): 4-15.
- LUGO, A.E. 1980. Mangrove ecosystems: successional or steady state? *Biotropica* 12(2):65-73.
- LUGO, A.E. & S.C. SNEDAKER. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 39-64.
- LUGO, A.E., G. CINTRÓN & C. GOENAGA. 1980. El ecosistema de manglar bajo tensión. Memorias del seminario sobre el estudio científico e impacto humano en el ecosistema de manglares. Unesco, Montevideo, pp.261-285.
- POOL, D.J. 1973. Mangrove Leaf Area Indices. In: SNEDAKER, S.C. & A.E. LUGO (eds.), *The role of mangrove ecosystems in the maintenance of environmental quality and a high productivity of desirable fisheries.* Center for Aquatic Sciences, University of Florida, Gainesville, pp. F1-F5.
- RUSSELL, G., P.G. JARVIS & J.L. MONTEITH. 1989. 2. Absorption of radiation by canopies and stand growth. In: RUSSELL, G., B. MARSHALL and P.G. JARVIS (eds.) *Plant canopies: their growth, form and function.* Society for experimental biology, seminar series 31, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 21-39.
- SOKAL, R.R. & F.J. ROHLF. 1981. *Biometry.* W.H. Freeman and Company, New York, 859 p.
- TOMLINSON, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves.* Cambridge University Press, New York, 413p.

Tabla 1.- Resultados de las mediciones de incidencia solar y del índice de área foliar para el bosque enano y el de cuenca. Los valores de transmisión de la luz, medidos bajo el dosel de los bosques, se expresan como porcentaje de la incidencia de luz a cielo abierto.

| ENANO         |                                       | CUENCA        |                                       |      |
|---------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------------|------|
| % TRANSMISION | IAF (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) | % TRANSMISION | IAF (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ) |      |
| DE LUZ        |                                       | DE LUZ        |                                       |      |
| 7.4           | 3.0                                   | 20.6          | 3.0                                   |      |
| 13.3          | 1.0                                   | 18.4          | 4.0                                   |      |
| 14.7          | 3.0                                   | 4.8           | 7.0                                   |      |
| 11.6          | 3.0                                   | 6.9           | 5.0                                   |      |
| 17.2          | 0.0                                   | 11.4          | 3.0                                   |      |
| 11.4          | 3.0                                   | 3.5           | 10.0                                  |      |
| 25.2          | 1.0                                   | 5.0           | 8.0                                   |      |
| 21.6          | 5.0                                   | 8.1           | 6.0                                   |      |
| 21.3          | 2.0                                   | 7.2           | 5.0                                   |      |
| 16.8          | 2.0                                   | 10.8          | 8.0                                   |      |
| 24.7          | 2.0                                   | 13.1          | 4.0                                   |      |
| 35.5          | 1.0                                   | 6.1           | 8.0                                   |      |
| 14.0          | 4.0                                   | 3.9           | 6.0                                   |      |
| 21.3          | 2.0                                   | 7.4           | 6.0                                   |      |
| 20.3          | 4.0                                   | 8.1           | 6.0                                   |      |
| 19.4          | 4.0                                   | 5.7           | 7.0                                   |      |
| 12.9          | 3.0                                   | 4.5           | 3.0                                   |      |
| 12.7          | 3.0                                   | 2.9           | 7.0                                   |      |
| 15.0          | 5.0                                   | 2.2           | 5.0                                   |      |
| 18.2          | 2.0                                   | 2.0           | 6.0                                   |      |
| 14.1          | 9.0                                   | 2.9           | 4.0                                   |      |
| 15.4          | 4.0                                   | 1.9           | 4.0                                   |      |
| 10.2          | 4.0                                   | 2.5           | 7.0                                   |      |
| 19.3          | 2.0                                   | 1.6           | 5.0                                   |      |
| 15.3          | 3.0                                   | 19.3          | 5.0                                   |      |
| <b>Media</b>  | 17.2                                  | 3.0           | 7.2                                   | 5.7  |
| <b>Max.</b>   | 35.5                                  | 9.0           | 20.6                                  | 10.0 |
| <b>Min.</b>   | 7.4                                   | 0.0           | 1.6                                   | 3.0  |
| <b>St. D.</b> | 5.9                                   | 1.8           | 5.5                                   | 1.8  |

Tabla 2.- Resultados de las mediciones de largo y ancho and de los parámetros estadísticos para la población de hojas en los bosques enano y de cuenca. Los estimados del área se obtuvieron mediante la ecuación  $area = -18.261 + 1.911(largo) + 6.250(ancho)$ .

|               | ENANO<br>(n = 749) |            |                         | CUENCA<br>(n = 840) |            |                         |
|---------------|--------------------|------------|-------------------------|---------------------|------------|-------------------------|
|               | LARGO (cm)         | ANCHO (cm) | AREA (cm <sup>2</sup> ) | LARGO (cm)          | ANCHO (cm) | AREA (cm <sup>2</sup> ) |
| <b>Media</b>  | 9.426              | 3.778      | 23.367                  | 9.591               | 3.990      | 25.007                  |
| <b>Max.</b>   | 13.100             | 5.500      | 38.664                  | 13.600              | 5.700      | 43.354                  |
| <b>Min.</b>   | 5.300              | 1.800      | 3.117                   | 5.500               | 2.000      | 5.375                   |
| <b>St. D.</b> | 1.178              | 0.592      | 5.599                   | 1.328               | 0.686      | 6.507                   |

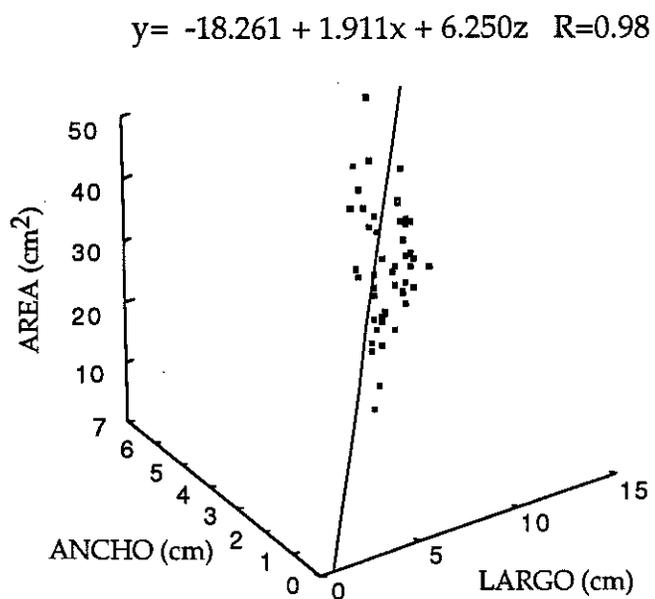


Figura 1-. Relación entre el área, el largo y el ancho de 50 hojas de *Rhizophora mangle* con su regresión múltiple correspondiente.

**CAIDA DE HOJARASCA, DESCOMPOSICION Y PASTOREO EN SEIS BOSQUES DE MANGLAR DE LA BAHIA DE CARTAGENA, CARIBE COLOMBIANO.**

Alejandro Zamora.<sup>(1)</sup> Ricardo Alvarez-León<sup>(2)</sup>

**RESUMEN**

De Febrero a Noviembre de 1993 se realizó un estudio de productividad, en cinco bosques de manglar que se encuentran dentro del área de influencia directa de la Refinería de Cartagena, en el sector de Mamonal y una zona control ubicada en la isla de Tierrabomba. Se obtuvo un aporte de materia orgánica promedio de 1104.369 g/m<sup>2</sup>/año para las cinco zonas evaluadas, siendo mayor al encontrado en la zona control (722.7g/m<sup>2</sup>/año). La descomposición promedio de la hojarasca (materia orgánica) para las cinco zonas evaluadas fue de 0.62 g/día para el primer semestre y de 0.69 g/día para el segundo; mientras que en la zona control la descomposición promedio fue de 0.68g/día y de 0.78 g/día respectivamente. Para las cinco zonas evaluadas, el 30.1%, en promedio, de las hojas fijas a un árbol corresponden a hojas pastoreadas, porcentaje inferior al encontrado en la zona control que fue de 56.5%. Sin embargo, el consumo promedio por herbívoros de las hojas equivale a 72.53 g/m<sup>2</sup>/año para las cinco zonas evaluadas y de 126.47 g/m<sup>2</sup>/año para la zona control.

**ABSTRACT**

From February through November of 1993 a productivity study was done in five mangroves which are within the area of direct influence of the Cartagena Refinery in the Mamonal sector one control area in the island of Tierrabomba. An average of 1104.369 g/m<sup>2</sup>/year of organic matter was obtained for the five areas studied, being greater than that of the control zone (722.5 g/m<sup>2</sup>/year). The average decomposition of fallen leaves (organic matter) for the five zones was studied was of 0.62g/day (1<sup>st</sup> semester) and of 0.78g/day for the second semester. On the other hand, in the control zone the decomposition rate was of 0.68 g/day (1<sup>st</sup> semester) and of 0.78 g/day for the second semester. For the five zones evaluated, the 31.1% of the fixed leaves on a tree correspond to grazed leaves, a percentage used for herbage inferior to that found in the control zone that was 56.5% nevertheless, the average intake for herbivores of the leaves is equivalent to 71.18g/m<sup>2</sup>/year for the five zones evaluated and of 28.7g/m<sup>2</sup>/year for the control zone.

---

(1) Fac. Bio. Mar. UBJTL. A.A. 5556. Cartagena (Bol.)

(2) PRODECOSTA, A.A. 1820, Cartagena (Bol.)

## INTRODUCCION

Los ecosistemas de manglar se caracterizan por ser un sistema abierto a la materia y a la energía (Lugo y Morris, 1982). Esto significa que los procesos de intercambio de materia y energía se realizan dentro del ecosistema de manglar, así como con los ecosistemas aledaños (praderas de pastos marinos y/o arrecifes de coral; estuarios p. e.). Debido a estos procesos, la Productividad (P) de un ecosistema de manglar es mayor que la Respiración (R) del mismo ( $P > R$ ) (Lugo y Morris, 1982). Posee la característica de tener un aporte de energía más o menos constante durante todo el año, debido a la caída de las hojas (Odum *et al.*, 1982).

Los eventos que dirigen el flujo de la energía, la cual está almacenada en forma de materia orgánica dentro del ecosistema, pueden ser físicos, tales como las mareas, los vientos, la pluviosidad y los drenajes; o pueden ser procesos biológicos como la producción de hojarasca, su descomposición, la mineralización biológica, el pastoreo y otras actividades de organismos residentes.

En el presente estudio, se trata de explicar algunas características de los procesos biológicos de caída de hojarasca, la descomposición y el pastoreo en los manglares del sureste y soroeste de la Bahía de Cartagena. Los períodos climáticos, la diversidad de especies en un bosque de manglar, las características hidrológicas y del suelo que puedan tener cada una de las zonas estudiadas, fueron correlacionadas con los procesos biológicos considerados mediante un análisis estadístico a partir de los datos recolectados durante dichos procesos.

## AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Cartagena se encuentra localizada geográficamente sobre el Mar Caribe, al norte del Departamento de Bolívar entre los  $10^{\circ} 16'$  y  $10^{\circ} 26'$  latitud Norte y los  $75^{\circ} 30'$  y  $75^{\circ} 35'$  de longitud Oeste (Pagliardini *et al.*, 1982). Posee una profundidad promedio de 15 m (Cifuentes, 1980); y un área aproximada de 82 km<sup>2</sup> (Pagliardini *et al.*, 1982) (Figura 1).

Las características climáticas de la bahía, dominadas por cortos períodos de lluvias torrenciales y altas temperaturas durante todo el año, indican que la zona de vida o formación vegetal corresponde al bosque muy seco Tropical (bms-T) de Holdrige (UBJTL - INDERENA, 1989).

## Vegetación de Manglar

Según la clasificación propuesta por Lugo y Snedaker (1974), el tipo de bosque más abundante es el de franja o de borde en la parte más cercana a tierra firme, (Zona Industrial de Mamonal y Tierra Bomba) (Zonas 1, 2, 5 y 6 de este estudio). La zona 3 corresponde a un manglar de lavado o sobreinundado, característico de pequeñas islas que se encuentran en la Bahía (Borda *et al.*, 1991). La zona 4 corresponde a un bosque de franja, el cual se a separado de su comunicación con aguas de la Bahía (Figura 1).

Las especies más representativas en la Bahía y estudiadas en el presente estudio son: Rhizophora mangle, Avicennia germinans y

Laguncularia racemosa (Cifuentes ,1980).

#### **METODOLOGIA**

La caída de hojarasca, se valoró mediante la utilización de seis canastas colectoras de 0.25 m<sup>2</sup> de base y 0.1 m de altura, por zona, las cuales se colocaron en la base de las raíces o en las horquetas de los árboles a 30-50 cm del nivel del agua. Se realizaron recolecciones mensuales en cada zona, de las estructuras vegetales u hojarasca contenidas en las canastas. El material recolectado en las canastas se separó en hojas, ramas, flores y propágulos, debidamente marcados, a los cuales se les tomó los pesos frescos húmedo, seco y cenizas para hallar, por diferencia, la materia orgánica (m.o)(Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983; Quintero et al., 1990). Los datos obtenidos se presentan como g de m.o./m<sup>2</sup>/mes.

Para analizar los datos de caída de hojarasca se realizó un análisis de varianza (ANOVA) DE Dos Factores (Sokal y Rohlf, 1979) para conocer la influencia de los períodos climáticos, así como las diferencias que podrían existir entre las zonas. Para tratar de explicar el efecto de las zonas, se efectuó un ANOVA Encajado de dos Niveles en donde se trató de diferenciar si era el efecto de tener en cada zona varias especies lo que direccionaba dicho proceso, o si más bien esto se debía más por las características del suelo y del agua de las zonas estudiadas. Adicionalmente se realizaron ANOVAS Encajados de Dos Niveles para cada una de las especies estudiadas, con el fin de determinar el grado de influencia que pudieran tener las características edáficas e hidrológicas de cada zona sobre la caída de hojarasca de las especies presentes en cada zona.

Para la descomposición de la materia orgánica se colocaron cuatro bolsas de ojo de malla plástica con 100 g de hojas secas por especie en cada zona, las cuales se ubicaron en el suelo y amarradas a la base de los árboles para permitir la acción de las mareas, las corrientes y organismos descomponedores que actúan a este nivel. Las bolsas se recolectaron a los 30, 77, 140, 180 y 235 días (González et al., 1992). Este procedimiento se repitió para el segundo semestre del año. En el laboratorio se les removió a las muestras recolectadas el exceso de sedimento y se sometieron a peso seco para determinar la pérdida en gramos por descomposición de la materia orgánica (Bejarano et al., 1992). Para analizar los datos de descomposición de la m.o., se realizaron ANOVAS De Regresión para cada especie y para las dos épocas de muestreo, previa transformación logarítmica de los datos. (Bejarano et al., 1992; Sokal y Rohlf, 1979).

Para calcular el consumo de material foliar por herbívoros se efectuaron recolecciones de hojas fijas a los árboles para cada especie en cada una de las zonas evaluadas. Utilizando la metodología propuesta por González et al. (1992), para cada especie se determinó el porcentaje de hojas enteras y hojas pastoreadas, así como el área y el peso de las hojas pastoreadas y no pastoreadas utilizando para tal efecto un planímetro escala 1:1 y una balanza analítica, respectivamente (González et al.,

1992).

## RESULTADOS

### Caída de Hojarasca.

En la figura 2 se observa el comportamiento de los valores promedio de la caída de hojarasca el cual se ha discriminado por especies para cada una de las zonas estudiadas, durante el tiempo que duró el estudio (10 meses); en donde se observa que el valor promedio más alto lo presentó R. mangle en la zona 1 (3.73g/m<sup>2</sup>/día) y el valor promedio más bajo lo presentó A. germinans en la zona 4 (1.40g/m<sup>2</sup>/día).

En términos generales, la caída de hojarasca en cada una de las zonas estudiadas tiende a aumentar en los períodos más secos del año y disminuye cuando los aportes de agua son abundantes. Según lo observado en la figura 2, L. racemosa se vió más afectada por los períodos climáticos, en la zona 4, que para el mes de marzo alcanza un aporte promedio mensual de 10.931.40g/m<sup>2</sup>/día.

En la figura 3 se presenta el aporte promedio mensual, en porcentajes, de la materia orgánica, discriminado por partes vegetales (hojas, flores, ramas y propágulos), observado para cada una de las zonas estudiadas. Se observa que el componente principal de la hojarasca corresponde a las hojas, permaneciendo relativamente constante durante todo el año; sin embargo varía entre zonas, obteniendo el valor más bajo en la zona 3 donde se observa que hubo un aporte considerable de embriones (propágulos) (20.0%) (Figura 3).

### Tiempo de Descomposición de Hojas de Manglar

En la tabla 1 se presentan los tiempos estimados de descomposición de las hojas discriminados por especies para cada una de las zonas evaluadas, calculados a partir de su correspondiente ecuación de descomposición. En la mayoría de los casos el comportamiento de la descomposición, se asemeja a una regresión logarítmica. Aparentemente existe una excepción a este comportamiento para las especies que se encuentran en la zona 4 (A. germinans y L. racemosa), en donde el valor del factor crítico de la ecuación ( $r^2$ ) mejora al estimar la ecuación de regresión cuando el cálculo de la misma se efectúa con datos sin transformar logarítmicamente, indicando que para estos dos casos específicos, la descomposición de las hojas en esta zona tiende a comportarse como una regresión lineal.

Como aparece en la tabla 1, los tiempos de descomposición estimados más cortos los presentó L. racemosa en la zona 2 (Muelle de Refinería) para el primer semestre con 271.66 días para la descomposición de 100g de hojas; y la especie A. germinans en la zona 4, Terminal Néstor Pineda (T.N.P) en el segundo semestre con 190.17 días.

### Pastoreo.

En la figura 4 se observa que el mayor porcentaje de pastoreo observado para las zonas evaluadas en este estudio lo presentó la zona 6 con un 65.8% para R. mangle y un 47.3% para A. germinans presentando un promedio para la zona del 56.5% de hojas pastoreadas. Le siguen en su orden la zona 5(37.7%); la zona

2(36.1%); la zona 1(33.9% en promedio para las tres especies); la zona 3(27.0%); y la zona 4 con un 20% (promediando las dos especies) presentando el pastoreo más bajo (para la zona y por especies).

A pesar de las diferencias que puedan existir de vegetación, condiciones hidrológicas y de suelos, el porcentaje del pastoreo de la zona 6 tiende a ser similar al pastoreo observado por González *et al.* (1992), en la Ciénaga de Cocoliso (PNNCR) y al observado por Lugo *et al.* (1980) en Bahía Sucia (Puerto Rico).

La figura 5 muestra el consumo discriminado por especies para cada zona, así como los valores de la superficie pastoreada, en donde se aprecia que el mayor consumo por especies fué para R. mangle (206.84 g/m<sup>2</sup>/año) en la zona 6 y para A. germinans (208.34 g/m<sup>2</sup>/año); las cuales también presentaron el mayor consumo promedio (Figura 5).

## DISCUSION

### Caída de Hojarasca

Teniendo en cuenta los resultados del ANOVA de Dos Factores para determinar si las diferencias más significativas en el proceso de caída de hojarasca se debieron a los períodos climáticos; la presencia de diferentes especies en cada zona y/o las características físico-químicas particulares de cada zona se encontró que:

1. Los efectos más significativos se encontraron para el efecto de las zonas y de los meses(períodos climáticos) sobre el proceso de caída de hojarasca, alcanzando los valores de significancia más altos de todos los ANOVAS realizados (Tabla 2).

2. Los resultados del ANOVA Encajado de dos Niveles indicaron que el efecto más significativo sobre la caída de la hojarasca se debía al hecho de que en cada zona existieran varias especies. Así mismo se encontró que el efecto de las características particulares del suelo en cada zona no era significativo para influenciar el proceso de caída de hojarasca. Sin embargo, los valores de F calculados a partir del ANOVA son muy cercanos a lo valores críticos (tabulados de la distribución F, según Sokalf y Rohlf, 1979), lo que hacía que la significancia de estos últimos valores hallados no fuera tan evidente como los que se lograron en el ANOVA de Dos Factores (Tabla 2).

3. En vista de la supuesta poca significancia de los valores del ANOVA Encajado, se realizó el mismo análisis pero esta vez, para cada especie por separado. De este análisis resultó que:

Para Avicennia germinans existe un efecto significativo de las características del suelo y/o del agua de la zona en donde crezca esta especie sobre el proceso de caída de hojarasca; situación contraria a la que planteaba el ANOVA Encajado anterior, pero que se trabajó con las tres especies al mismo tiempo (Tabla 2).

Para Laguncularia racemosa el efecto de las características físico-químicas del suelo y del agua de cada zona, no es significativo para influir en la variaciones del proceso de caída de hojarasca de esta especie, entre zonas. (Tabla 2).

Para Rhizophora mangle las características del suelo y del agua pueden alcanzar a tener un efecto sobre el proceso de caída de hojarasca, similar a la particular respuesta fisiológica que posea esta especie para el proceso de caída de hojarasca (Tabla 2).

#### Tiempo de Descomposición de Hojas de Manglar

Debido a que las hojas recolectadas para este estudio se encontraban aún fijadas a los árboles, podría pensarse que el tiempo real de descomposición sea un poco mayor al observado en este estudio, puesto que el proceso de descomposición de las hojas comienza estando aún fijadas a los árboles (Fell *et al.*, 1975). Sin embargo, se consideró que esta situación no influye significativamente en los datos obtenidos puesto que son las características hidrológicas las que determinan la variabilidad de las tasas de descomposición (Imbert y Portecop, 1986).

Para las seis zonas evaluadas, se estableció que el mayor porcentaje de descomposición de las hojas ocurre durante los primeros 77 días (75.4% y 74.13% en promedio para el primero y segundo semestre respectivamente) de observación; notándose que después de este tiempo los porcentajes de descomposición disminuyen notablemente. La excepción a este comportamiento se presenta en la zona 4 (con 43.4% y 47.17% en el primero y segundo semestre respectivamente a los 77 días de observación), donde el mayor porcentaje de descomposición ocurre durante los primeros 140 días de observación. También se destaca el hecho de que para el primer mes de observación, el porcentaje de descomposición es prácticamente nulo para la zona 4 en los dos semestres, coincidiendo con los períodos más secos de la zona.

Los ANOVAS de Regresión efectuados con los datos de descomposición para cada especie en las diferentes zonas donde estas se encontraron, confirman el comportamiento de regresión logarítmica (o lineal para los datos transformados logarítmicamente) (Tabla 3).

#### Pastoreo

Contrario a lo que se podría pensar inicialmente, los valores de superficie pastoreada, no parecen tener una relación directa con los valores de consumo hallados. Esto se debe a que, los pesos promedios de las hojas pastoreadas de una misma especie varían entre zonas y no guardan una relación directa entre peso y área de la hoja pastoreada. La especie L. racemosa, por ejemplo, posee una mayor área promedio de hoja pastoreada en la zona 5 (10.12 cm<sup>2</sup>), pero el peso promedio de esa área pastoreada solo alcanza un valor de 0.14g, mientras que en la zona 4 el área promedio de hoja pastoreada es de 4.15 cm<sup>2</sup> pero su peso promedio alcanza los 0.38g. Esta característica explicaría el hecho de que la especie

*R. mangle* en la zona 6, presente un consumo alto por pastoreo pero una superficie de área pastoreada pequeña, justificando de esta manera, que para poder presentar un alto consumo por pastoreo con una superficie de área pastoreada pequeña, deba poseer el más alto porcentaje observado de número de hojas pastoreadas (65.8%).

En la figura 6 se compara el porcentaje de área pastoreada en cada una de las zonas con el rango de área pastoreada propuesto por Johnstone (1981), en donde las zonas 4 y 5 parecen tener un exceso de área pastoreada que puede estar indicando una posible tensión en el ecosistema por herbivorismo.

## CONCLUSIONES

### Caída de hojarasca

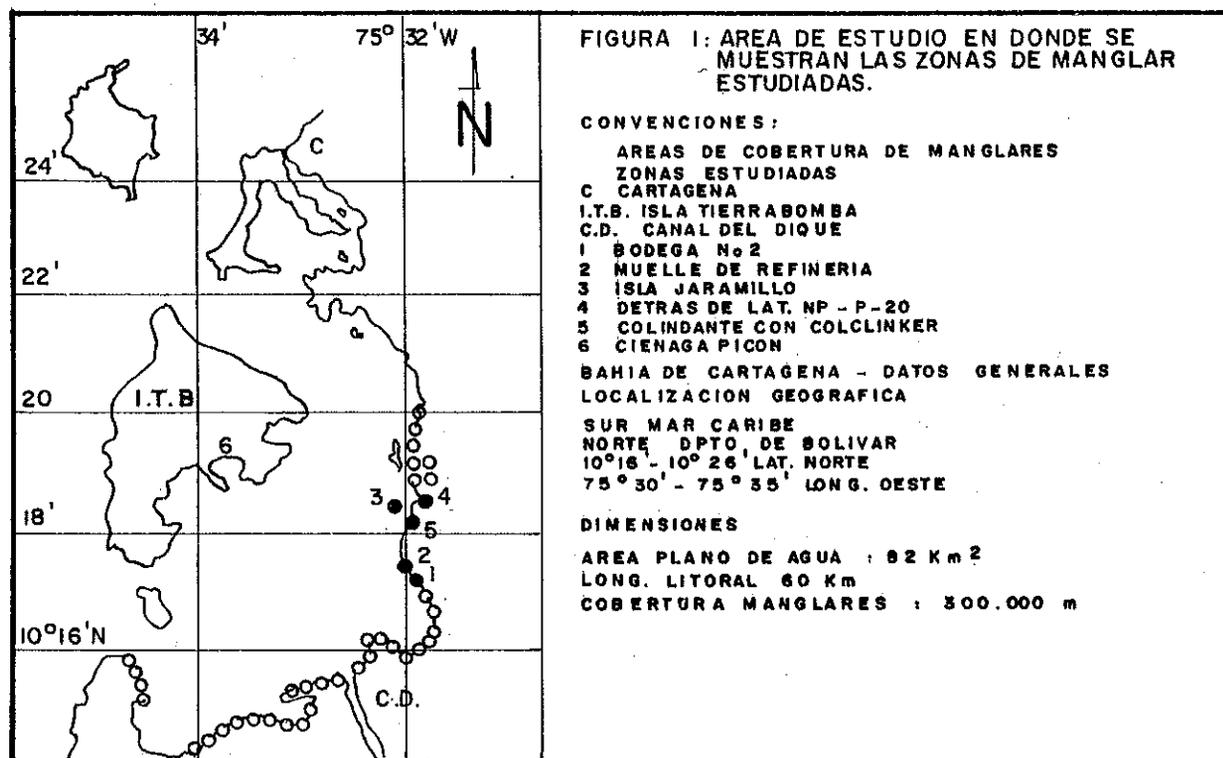
Los principales factores que determinan las variaciones del aporte de hojas al bosque de manglar, en la B. de Cartagena son, en su orden, los períodos climáticos, la respuesta fisiológica de cada especie y las condiciones edáficas e hidrológicas particulares de cada zona.

### Descomposición de la Hojas de Manglar

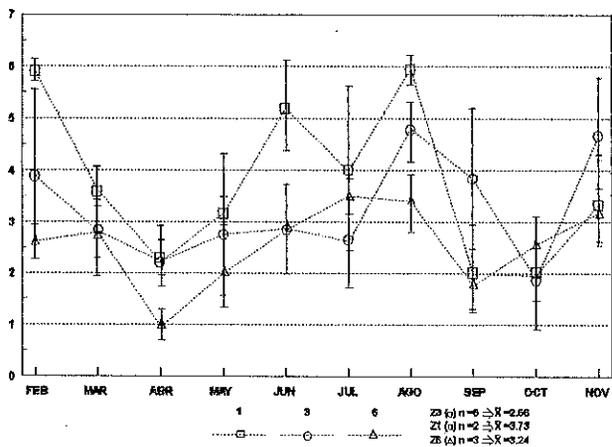
El proceso de descomposición de las hojas de manglar fué más intenso en la mayoría de las zonas, en las primeras 11 semanas (77 días) de comenzado el proceso.

### Pastoreo

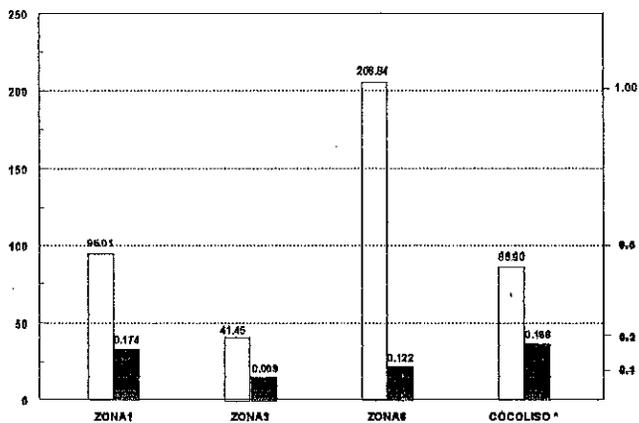
En términos generales, el consumo por organismos herbívoros no parece ser un factor tensionante que disminuya el aporte de materia orgánica al ecosistema. Pero, como en el caso de las zonas 4 y 5, pueden llegar a tener pérdidas de área foliar importantes.



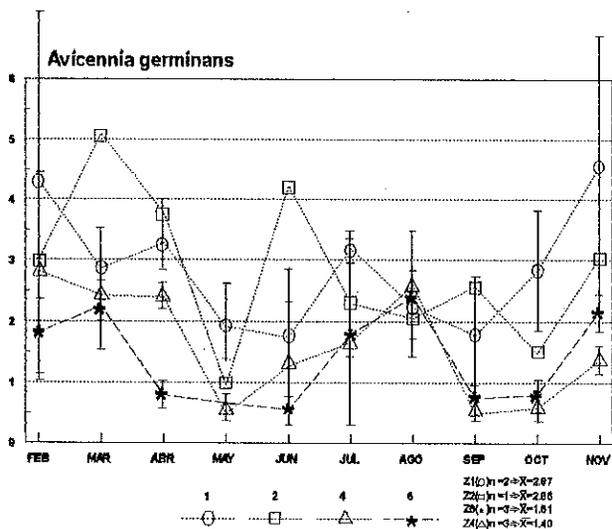
*Rhizophora mangle*



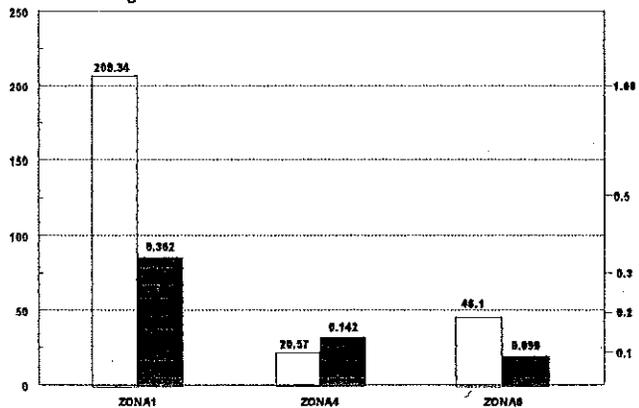
*Rhizophora mangle*



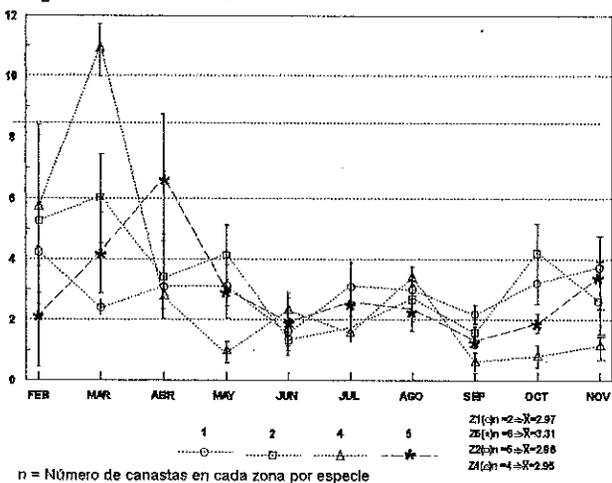
*Avicennia germinans*



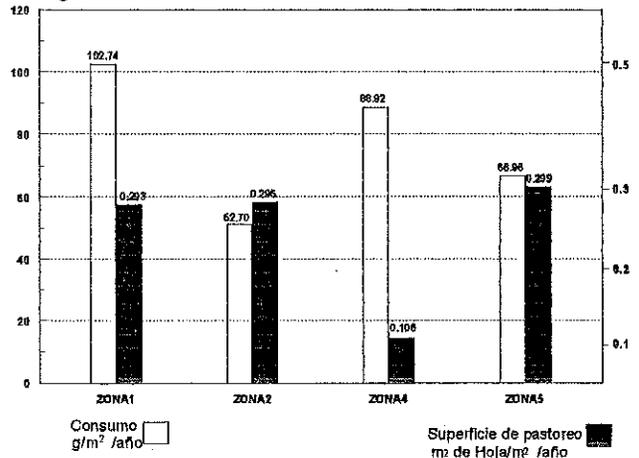
*Avicennia germinans*



*Laguncularia racemosa*



*Laguncularia racemosa*



n = NÚmero de canastas en cada zona por especie

Figura 2: COMPORTAMIENTO DE LA CAIDA DE HOJARASCA DISCRIMINADO POR ESPECIES PARA CADA UNA DE LAS ZONAS EVALUADAS

FIGURA 5: VALORES DE CONSUMO (g/m²/año) Y SUPERFICIE DE PASTOREO (m² de Hoja/m²/año) DISCRIMINADO POR ESPECIES EN CADA UNA DE LAS ZONAS ESTUDIADAS. Para *R. mangle* se adjunta el valor hallado por Gonzalez et al (1.992) en la Ciénaga de Cocoliso (PNNCR).

| ZONA   | ESPECIE               | ECUACION DE REGRESION   | Factor Crítico (r <sup>2</sup> )           | Tiempo estimado de Descomposición total |
|--------|-----------------------|---|--|---|
| ZONA 1 | Rhizophora mangle     | I ln Y = ln 104.336 - 18.132 X<br>II ln Y = ln 103.811 - 18.199 X | r <sup>2</sup> 0.93<br>r <sup>2</sup> 0.83 | 315.47 días<br>300.119 días             |
|        | Avicennia germinans   | I ln Y = ln 105.758 - 15.372 X<br>II ln Y = ln 106.515 - 16.520 X | r <sup>2</sup> 0.88<br>r <sup>2</sup> 0.87 | 872.36 días<br>635.591 días             |
|        | Laguncularia racemosa | I ln Y = 105.684 - 15.512 X<br>II ln Y = ln 105.813 - 16.520 X    | r <sup>2</sup> 0.90<br>r <sup>2</sup> 0.89 | 908.846 días<br>604.999 días            |
| ZONA 2 | Laguncularia racemosa | I ln Y = ln 108.380 - 18.980 X<br>II ln Y = ln 108.717 - 18.742 X | r <sup>2</sup> 0.87<br>r <sup>2</sup> 0.87 | 271.886 días<br>297.072 días            |
| ZONA 3 | Rhizophora mangle     | I ln Y = ln 110.443 - 18.251 X<br>II ln Y = ln 108.511 - 14.282 X | r <sup>2</sup> 0.92<br>r <sup>2</sup> 0.84 | 894.245 días<br>1.732.807 días          |
| ZONA 4 | Avicennia germinans   | I y = 100.236 - 0.333 X<br>II y = 102.31 - 0.538 X                | r <sup>2</sup> 0.92<br>r <sup>2</sup> 0.96 | 301.00 días<br>100.17 días              |
|        | Laguncularia racemosa | I y = 99.76 - 0.325 X<br>II y = 98.411 - 0.352 X                  | r <sup>2</sup> 0.92<br>r <sup>2</sup> 0.90 | 306.95 días<br>279.56 días              |
| ZONA 5 | Laguncularia racemosa | I ln Y = ln 98.175 - 15.90 X<br>II ln Y = ln 105.488 - 17.649 X   | r <sup>2</sup> 0.98<br>r <sup>2</sup> 0.90 | 479.1 días<br>407.79 días               |
|        | Rhizophora mangle     | I ln Y = ln 104.412 - 17.808 X<br>II ln Y = ln 104.958 - 18.376 X | r <sup>2</sup> 0.93<br>r <sup>2</sup> 0.91 | 352.12 días<br>302.34 días              |
| ZONA 6 | Avicennia germinans   | I ln Y = ln 105.540 - 16.83 X<br>II ln Y = ln 108.642 - 16.032    | r <sup>2</sup> 0.88<br>r <sup>2</sup> 0.85 | 568.834 días<br>774.088 días            |

(\*) : Datos sin transformar logarítmicamente  
(I) : Primer semestre  
(II) : Segundo semestre

TABLA 1 : ECUACIONES DE REGRESION LINEAL Y TIEMPOS ESTIMADOS DE DESCOMPOSICION TOTAL DE LAS HOJAS DE MANGLAR. Los datos se han transformado logarítmicamente excepto los de la zona 4.

| FUENTE DE VARIACION  | ANOVAS DE LOS FACTORES                               | FUENTE DE VARIACION  | ANOVAS DE LOS REDES MANGLALES                        | ANOVAS DE LOS NIVELES POR ESPECIES                   |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  | R. mangle  | A. germinans   | L. racemosa  |
| MESES<br>Efecto de los diferentes períodos de muestreo   | F(2,10)=0.001-1.08<br>36.02 >> 2.21<br>SIGNIFICATIVO | ESPECIES<br>Efecto de las diferentes especies que se encuentran en cada zona                       | F(2,10)=0.001-1.08<br>36.02 >> 2.21<br>SIGNIFICATIVO | No aplica por haberse de una sola especie            | No aplica por haberse de una sola especie            | No aplica por haberse de una sola especie            |
| ZONAS<br>Efecto de las especies en cada zona más características F(2) del tiempo pasado en la zona | F(2,10)=0.001-2.21<br>36.02 >> 2.21<br>SIGNIFICATIVO | ZONAS<br>Efecto de las especies en cada zona más características F(2) del tiempo pasado en la zona | F(2,10)=0.001-2.21<br>36.02 >> 2.21<br>SIGNIFICATIVO | F(2,10)=0.001-2.21<br>36.02 >> 2.21<br>SIGNIFICATIVO | F(2,10)=0.001-2.21<br>36.02 >> 2.21<br>SIGNIFICATIVO | F(2,10)=0.001-2.21<br>36.02 >> 2.21<br>SIGNIFICATIVO |
| INTERACCION<br>Combinación de los dos factores de variación anteriores (MESES+ZONAS)               | F(4,10)=0.001-1.3<br>4.88 >> 1.3<br>SIGNIFICATIVO    | INTERACCION<br>(NO APLICA)   | NO APLICA  | NO APLICA  | NO APLICA  | NO APLICA  |

TABLA 2 : VALORES DE SIGNIFICANCIA PARA EL ANALISIS DE LA CAIDA DE HOJARASCA UTILIZANDO LOS RESULTADOS DE LOS ANOVAS REALIZADOS

*Estas tablas deben ser con mayor letra*

| FUENTE DE VARIACION   | PRIMER SEMESTRE  |  |  | SEGUNDO SEMESTRE   |   |  |
|---|--|--|--|--|---|--|
|   | R. mangle  | A. germinans   | L. racemosa  | R. mangle  | A. germinans  | L. racemosa  |
| DIAS DE DESCOMPOSICION<br>Efecto de la posición                 | F(2,10)=0.001-3.11<br>19.37 >> 3.11<br>SIGNIFICATIVO       | F(2,10)=0.001-3.11<br>14.40 >> 3.11<br>SIGNIFICATIVO       | F(2,10)=0.001-3.11<br>7.59 >> 2.77<br>SIGNIFICATIVO        | F(2,10)=0.001-3.48<br>10.75 >> 3.48<br>SIGNIFICATIVO       | F(2,10)=0.001-3.48<br>58.10 >> 3.48<br>SIGNIFICATIVO        | F(2,10)=0.001-3.06<br>15.82 >> 3.06<br>SIGNIFICATIVO       |
| REGRESION LINEAL<br>(para datos transformados logarítmicamente) | F(2,10)=0.001-7.21<br>67.45 >> 7.21<br>SIGNIFICATIVO       | F(2,10)=0.001-7.21<br>57.54 >> 7.21<br>SIGNIFICATIVO       | F(2,10)=0.001-7.21<br>38.62 >> 7.21<br>SIGNIFICATIVO       | F(2,10)=0.001-10.13<br>69.07 >> 10.13<br>SIGNIFICATIVO     | F(2,10)=0.001-10.13<br>25.10 >> 10.13<br>SIGNIFICATIVO      | F(2,10)=0.001-10.13<br>43.36 >> 10.13<br>SIGNIFICATIVO     |
| DESVIACION<br>DE LA REGRESION                                   | F(2,10)=0.001-3.26<br>1.36 < 3.26 (ns)<br>NO SIGNIFICATIVO | F(2,10)=0.001-3.26<br>1.17 < 3.26 (ns)<br>NO SIGNIFICATIVO | F(2,10)=0.001-2.91<br>1.09 < 2.91 (ns)<br>NO SIGNIFICATIVO | F(2,10)=0.001-3.71<br>0.58 < 3.71 (ns)<br>NO SIGNIFICATIVO | F(2,10)=0.001-3.71<br>0.010 < 3.71 (ns)<br>NO SIGNIFICATIVO | F(2,10)=0.001-3.29<br>0.94 < 3.29 (ns)<br>NO SIGNIFICATIVO |

TABLA 3 : VALORES DE SIGNIFICANCIA PARA EL ANALISIS DE LA DESCOMPOSICION DE LAS HOJAS DE MANGLAR UTILIZANDO LOS RESULTADOS DE LOS ANOVAS DE REGRESION REALIZADOS

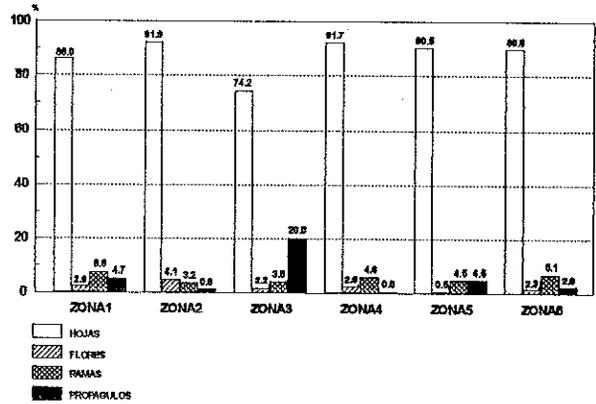


FIGURA 3: APORTE PROMEDIO MENSUAL (EN %) DE LA MATERIA ORGANICA DISCRIMINADA POR PARTES VEGETALES, OBSERVADO EN CAJ DE LAS ZONAS EVALUADAS.

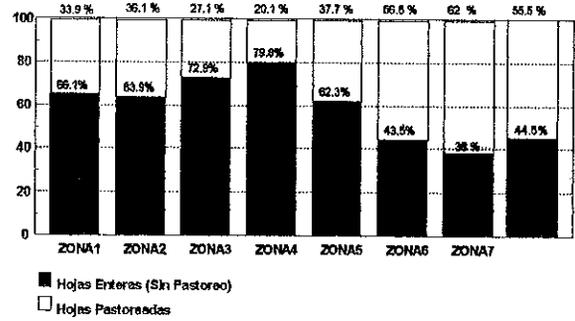


FIGURA 4: PORCENTAJES DE HOJAS ENTERAS Y PASTOREADAS OBSERVADAS EN LAS ZONAS ESTUDIADAS Y COMPARACION CON DOS ZONAS ESTUDIADAS EN EL CARIBE.

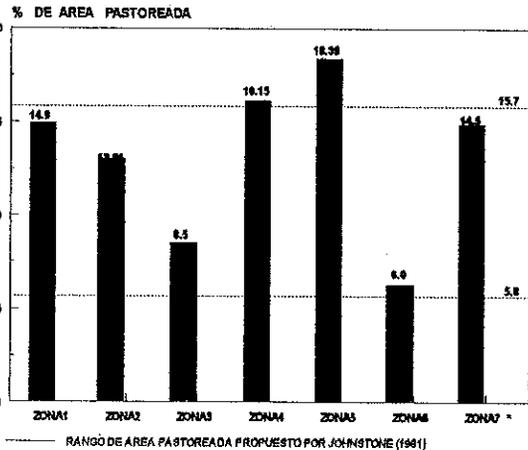


FIGURA 5: COMPARACION DE LAS AREAS PASTOREADAS EN LAS SEIS ZONAS ESTUDIADAS Y COMPARACION CON DOS ZONAS ESTUDIADAS EN EL CARIBE.

## BIBLIOGRAFIA

- BEJARANO, A.; SATIZABAL, A. y ZAPATA, F. 1992. Producción de hojarasca y descomposición de materia orgánica de un manglar de ribera de Nariño, costa pacífica colombiana. pp: 457-467 En: Velandia-Rocha, S. (ed). VIII Sem. Ciencias y Tecnologías del Mar. Vol. 1., Santa Marta (Mag.), Colombia, oct. 25-29, 543p.
- BORDA, L.; FORERO, O.; MARTINEZ, A. y POLANIA J. 1991. Caracterización de los manglares de la Bahía de Cartagena, con énfasis en el área de influencia de ECOPETROL y el área industrial adyacente de Mamonal. ECOPETROL/ACUATOXIC LTDA. Cartagena (Bol.). Inf. Técnico (1). 66 p.
- CIFUENTES, W. 1980. Contribución al conocimiento de la estructura fauna y flora del ecosistema de manglares en la Bahía de Cartagena. Tesis de grado. Facultad de Biología Marina. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 68 p.
- CINTRON, G. y SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1983. Métodos para la descripción y estudio de áreas de manglar. Ingeniería Marítima. Escuela Superior Politécnico del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 75p.
- CORTES, A.; OLMOS, E. PALACINO, A.; SUAREZ, J. & VILLANEDA, E. 1985. Zonificación Agroecológica de Colombia. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" e Instituto Agropecuario. (Memoria Explicativa). Bogotá D.E. 53 p.
- FELL, J. W.; R. C. CEFALU; I. M. MASTER Y A. S. TALLMAN. Microbial Activities in the Mangrove (Rhizophora mangle). Leaf Detrital System en G. Walsh, S. Snedaker y H. Teaseds). Proceedings of International Symposium on the Biology and Management of Mangroves, 8-11 October 1974. Honolulu, Vol. 2, pp. 661-79. Gainesville, Institute of Food Agriculture Science, University of Florida.
- GONZALEZ, D; BUITRAGO, C. y ZAMORA, A. 1992. Productividad, descomposición y pastoreo de hojas de Rhizophora mangle (Linneaus, 1773) en la Laguna Costera de Cocoliso, Isla Grande (PNNCR) pp. 522-529 En: Velandia-Rocha, S (ed) VIII Sem. Ciencias y Tecnologías del Mar, Santa Marta (Mag.), Colombia, oct. 25-29, 543p.
- INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI". 1985. Fotomosaico de la Ciudad de Cartagena. Zona Industrial Mamonal Sector No.: 03. Bogotá D.E. s.p.
- JOHNSTONE, I. M. 1981. Consumption of Leaves by Herbivores in mixed mangrove stands. Biotropica 13, 252-9.

- LUGO, A. y SNEDAKER, S. 1974. The ecology of mangroves. *A. Rev. Ecol. Syst.*, (5): 39-63.
- LUGO, A.; CINTRON, G. & GOENAGA, C. 1980. El ecosistema de manglar bajo tensión. pp. 261-285. En: Vegas-Velez, M. (ed) *Mem. Sem. Lat.-Amer. Estudio Científico e Impacto Humano en el Ecosistema de Manglares*, Cali (Valle), Colombia. Nov.27 a Dic. 1° de 1978. UNESCO 405p.
- LUGO, A. & MORRIS, G. 1982. Los Sistemas Ecológicos y la Humanidad. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Monografía 23. Washington D.C. pp. 82.
- ODUM, W.E., C.C. Mc Ivor & T.J. Smith, III. 1982. The Ecology of the Mangroves of south Florida: a community profile. U. S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washinton D.C. 144 pp.
- PAGLIARDINI, J.; GOMEZ, M.A.; GUTIERREZ, H.; ZAPATA, S.; JURADO, A.; GARAY, J. y VERNETTE, G. 1982. Síntesis del proyecto Bahía de Cartagena. *Bol. Cient. CIOH.*, (4): 49-110.
- QUINTERO, H. E.; VANIN, C. I. y AVILA, L. E. 1990. Evaluación de la estructura y productividad del manglar presente en la Ciénaga de Cocoliso, Isla Grande (PNNCR). pp. 45-52 En Steer-Ruiz, R. (ed) *Mem. del VII Sem. Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar*. Cali (Valle), Colombia. Oct. 30 - Nov. 2 de 1990., 792 p.
- SOKAL, R. Y ROLHLF, J. 1979. *Biometría. Principios y Métodos Estadísticos en la Investigación Biológica*. H. Blume Ediciones. Madrid. 832p.
- UNIVERSIDAD DE BOGOTA "JORGE TADEO LOZANO" - INDERENA. 1989. Parque Nacional Natural "Corales del Rosario". Plan de Manejo. Diagnóstico General. Vol. 1. Fund. Univ. de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano". Centro de Investigaciones científicas. Bogotá. 209p.

INFAUNA MACROBENTONICA ASOCIADA A LA PRADERA DE Thalassia  
testudinum Banks ex Köning (HYDROCHARITACEAE),  
 BAHIA DE TAGANGA, CARIBE COLOMBIANO.

Andrés Franco H. Javier Giraldo R. Martha Manrique S.  
 Amanda L. Medina R.

RESUMEN

Se registran treinta y uno (31) morfotipos pertenecientes a los Phyla Sipuncula, Mollusca, Annelida y Artropoda para la pradera noreste de Thalassia testudinum Banks ex Köning en la Bahía de Taganga. La densidad promedio fué de 486 ind/dm<sup>3</sup>, con una alta predominancia del **agrupamiento Sipuncula** en todas las estaciones. Los sedimentos están constituidos por arenas finas y lodos, contenidos medios de fito-zoodetritos y desechos de origen antrópico. Los análisis de clasificación y ordenación, el patrón de distribución de los morfotipos, las altas densidades registradas y los tensores detectados en campo, permiten hipotetizar que la zona se encuentra en un estado de polución moderado.

ABSTRACT

Thirty one (31) morphotypes of the Phyla Sipuncula, Mollusca, Annelida y Artropoda are reported for the northeast bed of Thalassia testudinum Banks ex Köning in Taganga Bay. The mean density was 486 ind./dm<sup>3</sup>, with a high dominance of the **Sipuncula assemblage** in all stations.

The sediments are composed of fine sands and muds with mean concentrations of fito-zoodetritus and carbonates and significant amounts of antropic rubbish. The classification and ordination analysis, the distributional pattern of the morphotypes, the high density and some direct tensiles likes boats and anchors, suggest the area has a moderate pollution state.

-----  
 Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biología Marina. Cra. 2 No. 11-68. Edificio Mundo Marino. Rodadero. Santa Marta. Teléfonos: 226373 - 227929 - 227928.

## INTRODUCCION

Los ecosistemas de fanerógamas marinas tienen una gran importancia ecológica en la zona costera debido a su alta producción primaria, oferta de habitat y alimento y a las múltiples interacciones que soporta con ecosistemas adyacentes. El bentos, como parte estructural y funcional de esta biocenosis cumple papeles esenciales en la dinámica trófica, especialmente en la remineralización de los nutrientes, condición física y química del sedimento y como indicador del estado ambiental del medio donde se desarrollan (Vegas, 1980; García y Sandoval, 1983).

Para el área del Caribe colombiano se han estudiado grupos particulares de anélidos y moluscos, considerando su taxonomía, ecología y zoogeografía (Guzmán-Alvis y Díaz, 1993; Laverde-Castillo y Rodríguez, 1987; Laverde-Castillo y Rojas, 1983; Dueñas, 1979). Evaluaciones más amplias del macrobentos han sido realizadas por Cardozo y Rueda (1986), García y Sandoval (1983), López (1981) y Londoño (1974).

Mediante esta investigación, se busca recopilar información preliminar del ecosistema béntónico en un área de fuerte tensión antrópica: composición, abundancia, estructura, tipo de sedimento; información muy escasa para la Bahía de Taganga. Así mismo, inferir mediante esta evaluación, la aplicabilidad de la información biológica macrobéntónica como indicador de la condición y calidad ambiental actual en que se encuentra esta área de amplio desarrollo turístico y habitacional. De esta forma, aportar herramientas útiles en la formulación de planes y programas para el uso y manejo de los recursos naturales renovables y no renovables.

## AREA DE ESTUDIO

La pradera de fanerógamas marinas objeto de estudio, se encuentra ubicada en el sector noreste de la Bahía de Taganga entre los 74° 12' y 73° 13' longitud oeste y entre los 11° 16' y 11° 18' latitud norte (Fig. 1). Se extiende paralela a la playa principal a unos cinco (5) metros de la línea de costa. La pradera limita hacia el norte y sur con litorales rocosos de material igneo del Terciario y metamórfico del Cretácico (INDERENA, 1986), de fuerte pendiente y vegetación xerofítica. En el costado oriental, se encuentra ubicada la playa principal de arenas gruesas y con una amplitud aproximada de quince (15) m. Hacia el sector occidental la pradera se continúa con planos arenosos y lodosos, los cuales al acercarse a las costas presentan cabezas de coral, octocorales, esponjas, comunidades algales y praderas de fanerógamas marinas (Dr. Fernando Parra, com.per). La pradera está formada por parches discontinuos e irregulares dominados por la especie Thalassia testudinum Banks ex König, con parches aislados de Halophila dicipiens Ascherson, (Jaimes *et al.*, en preparación). Desde la zona supralitoral hasta la infralitoral, son evidentes varios tipos de tensores: alta densidad de embarcaciones, tráfico y anclaje continuo de estas sobre la pradera, y acumulaciones de basuras. Para la época en que se llevó a cabo el estudio, el área está sometida a los Vientos Alisios del noreste, creando focos de surgencia costera en el

área de Santa Marta, y en consecuencia, bajas en la temperatura superficial (23 °C) y aumentos en su salinidad (36-37%.) (Bula-Meyer, 1977; Ramírez, 1983).

FIG.1

## METODOLOGIA

Durante los meses de Febrero a Mayo de 1.994, se muestrearon doce (12) estaciones ubicadas sistemáticamente sobre la pradera de *T. testudinum* entre los 2.0 m. y 4.5 m. de profundidad (Fig. 1). Como muestreador se utilizó un corazonador de 12.5 cm de diámetro y 35 cm de altura, con el cual se tomaron volúmenes muestrales de sedimento de 3.6 dm<sup>3</sup>. Se consideró favorable este muestreador debido a los cambios en las condiciones físicas y químicas del sedimento en el gradiente vertical, y a la capacidad que tienen muchos invertebrados bentónicos de crear galerías a más de treinta (30) cms de profundidad en el sedimento (Barnes y Hughes, 1988). En cada estación se recolectaron dos (2) muestras para análisis biológico y una (1) muestra para análisis sedimentológicos (granulometría, calcimetría, fito-zoodetritos). La identificación de organismos se llevó a cabo mediante el análisis total de la muestra utilizando bibliografía especializada (Salazar *et al.*, 1988; Laverde-Castillo y Rojas, 1983; Ditadi y Migotto, 1982; Dueñas, 1979; Peña y Vargas, 1975). Los análisis granulométricos se efectuaron mediante la columna de tamices, siguiendo la escala de Wentworth (Folk y Ward, 1957; En: Andrade *et al.*, 1986); la concentración de carbonatos a partir de la metodología modificada de Bernard (Cardozo y Rueda,

1988). La evaluación de fito y zoodetritos se realizó por cuantificación directa al estereoscopio del material particulado superior a 0.5 mm.

FIG. 2

La información bruta obtenida por muestra biológica, se recopiló en una matriz primaria morfotipos-muestra ( $\text{ind./dm}^3$ ). Para obtener una mayor claridad en el análisis y conocimiento de la estructura de la comunidad bentónica se trabajó la información a nivel taxonómico de familia, siguiendo las recomendaciones de Warwick y Ferraro y Cole, descritas en Guzmán-Alvis y Díaz (1993). En el Phylum Anellida, se definen las familias como morfotipos, debido a que parte de ellas se encuentran en proceso de identificación. Se llevó a cabo una transformación consistente en la estandarización de los datos por el total de la muestra con el fin de disminuir la preponderancia de las especies abundantes (Matteucci y Colma, 1982). Con estos valores se efectuó un análisis de clasificación -disimilaridad de Bray-Curtis- utilizando como técnica el ligamiento promedio no ponderado UPGMA y un análisis de ordenación taxométrico -escalamiento no métrico multidimensional NMDS- mediante el programa estadístico de Ludwig y Reynolds (1988). Para caracterizar cada ensamblaje obtenido, se clasificaron las taxa por la escala de fidelidad modificada propuesta por Matteucci y Colma (1982), donde se definen tres grupos: *grupos de especies preferenciales no exclusivas*, *grupos de especies comunes*, *grupos de especies extrañas*. La pertenencia a cada grupo está definida por la frecuencia de aparición y su abundancia (i.e. biomasa, número de individuos). Igualmente, se realizó un análisis de clasificación inverso mediante la misma técnica de ligamiento para definir agrupamientos entre morfotipos. Finalmente, se efectuó un análisis de diversidad por muestra, mediante los Números de Hill (1973) e índice de

equitabilidad, descritos en Ludwig y Reynolds (1988), en conjunto a una correlación no paramétrica de Pearson entre el número de especies y la abundancia de individuos (Sokal y Rohlf, 1984). La información granulométrica se graficó en histogramas, definiéndose la moda para cada una de las estaciones. Se obtuvieron valores medios globales de fito-zoodetritos y calcimetría, a los cuales se les practicó una prueba de Chi-cuadrado (Martínez, 1987), con el fin de establecer su representatividad para todas las muestras.

FIG. 3

## RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### Descripcion Biológica.

Para la infauna de la pradera de Thalassia testudinum Banks ex Köning, de la Bahía de Taganga, se identificaron siete (7) Clases de invertebrados, pertenecientes a los Phyla Nematoda, Annelida, Mollusca, Artropoda y Sipuncula. Se caracteriza por una alta abundancia de poliquetos (72.76%) y sipuncúlidos (25.45%), las cuales han sido denominadas como *especies preferenciales no exclusivas* (Fig. 2); bajas abundancias de bivalvos, gasterópodos, anfípodos, tanaidaceos y diferentes morfotipos de poliquetos denominados *especies comunes y/o indiferentes* (Modificado de Matteucci y Colma, 1982). Este comportamiento fué común en las doce (12) estaciones muestradas, debido a las condiciones geográficas del área, siendo una zona protegida y de declive muy

suave, un tipo de habitat favorable para ambos tipos de grupos (Ditadi y Migotto, 1982). Dentro de los poliquetos, las familias más frecuentes y predominantes fueron Lumbrinereidae (Ln: 25.35%), Cerratulidae (Ct: 12.5%) y Nereidae (N: 9.62%). Los morfotipos Arenicolidae (Ar), Capitellidae (Cp), Glyceridae (Gy), Sabellidae (Sb), Serpullidae (Sr), junto a los morfotipos por confirmar (i.e. IV, V.....XXIII), corresponden a especies comunes o indiferentes. Hasta el momento, la identificación taxonómica de los Polichaeta indica que cerca del 50 % de las familias corresponden a poliquetos errantes de poco desplazamiento.

#### FIG. 4

#### Descripción sedimentológica.

Los sedimentos se caracterizan por presentar una moda tendiente a las arenas finas y lodos (<0.063 mm) en cinco (5) de las seis (6) estaciones muestreadas (Fig. 6), con concentraciones medias de fitodetritos (21.40%), zoodetritos (22.49%) y desechos de origen antrópico (20.33%).

#### Estructura de la comunidad bentónica.

El análisis de clasificación de Bray-Curtis (Fig. 3), y el ordenamiento taxométrico NMDS (Fig. 4), definen claramente dos (2) ensamblajes, utilizando como nivel de agrupamiento valores <0.4. El **ensamblaje I** corresponde a las estaciones 2-3-4, el cual está conformado por los *grupos preferenciales no exclusivos* Sipuncula, Lumbrinereidae, Nereidae y Cerratulidae, representando el 80.22% de la abundancia relativa del ensamblaje. Nueve (9) morfotipos de poliquetos son consideradas como *grupos indiferentes* dentro de este ensamblaje. El **ensamblaje II** corresponde a las estaciones 1-5-7-8-10-11. Los grupos preferenciales no exclusivos de este ensamblaje son los mismos del **ensamblaje I** con una abundancia relativa de 80.43%, no obstante, se presentan un mayor número de *grupos de especies comunes* expresados en cinco (5) morfotipos de poliquetos y *grupos de especies indiferentes* representados en bivalvos, gasterópodos y algunos crustáceos.

Como se observa, las diferencias entre los ensamblajes, están dadas por el mayor número de grupos comunes e indiferentes en el

ensamblaje II y en el orden de abundancia de los *grupos preferenciales no exclusivos*. Sin embargo, el nivel de ligamiento de los dos ensamblajes (0.53) no es muy superior al nivel de agrupamiento escogido, para definir diferencias significativas entre todas las estaciones. Esto nos podría indicar que la estructura del macrobentos es similar en la red de doce (12) estaciones, teniendo en cuenta que la composición granulométrica fúe similar en todas las zonas muestreadas, y ajustarse a la comunidad macrobentónica propuesta por Petersen y Thorson (1957), descrita en García y Sandoval (1983), definida como unidades estadísticas caracterizadas por combinaciones uniformes de especies, donde las especies características aportan un alto porcentaje de la biomasa total de la comunidad. No se pudo definir algún tipo de relación entre la composición macrobentónica y la profundidad, debido posiblemente a que el gradiente de profundidad no fúe muy marcado (prof. mínima: 2.00 ms - prof. máxima: 4.15 ms).

FIG. 5

El análisis inverso (Fig. 5), el cual uso un nivel de agrupamiento de  $<0.5$ , establece cinco (5) ensamblajes entre grupos y/o morfotipos, de los cuales solamente uno (1) es claro debido a que sus componentes (Sipuncula, Nereidae, lumbrinereidae y Cerratulidae) presentaron la máxima frecuencia de aparición y con valores de abundancia similares. A este ensamblaje se le ha denominado **agrupamiento Sipuncula**. El resto de ensamblajes corresponden a *especies indiferentes* con una mínima frecuencia de aparición y porcentajes de abundancia relativa bajos ( $<2\%$ ). Partiendo que la composición y estructura de la fauna bentónica es una expresión del tamaño del grano, el grado de penetrabilidad, y la concentración de materia orgánica en el sedimento (Solis-Weiss y Carreño, 1986; Del Valle, 1984; Vegas,

1980; Londoño, 1974), es posible pensar que el **agrupamiento Sipuncula** sea común en el área muestreada, debido a que sus organismos se caracterizan por ser de hábitos alimenticios limívoros, consumidores no selectivos de materia sedimentada y con estructura de perforación mecánica (Ditadi y Migotto, 1982; Vegas, 1980), adaptaciones y/o especializaciones tróficas y morfológicas apropiadas a las condiciones bentónicas del área: arenas y lodos, suaves texturas y fácil penetrabilidad. No obstante, cabe anotar, la amplia capacidad adaptativa y de distribución de los poliquetos y Sipuncula. Navas y Moreno (1993), concluyen que estos dos grupos son muy abundantes también en la criptofauna asociada al coral Acropora palmata Lamarck, 1816 muerto.

#### FIG. 6

Se identificaron algunos tensores en el área de estudio: el tráfico de embarcaciones y el anclaje de estas que ha formado una pradera de parches discontinuos, depósitos de basuras sobre la pradera, y la evidente acumulación de desechos en los sedimentos (encontrándose plásticos, latas hasta a 30 cm de profundidad). Dentro de la estructura descrita, la comunidad meibentónica del área de estudio presenta una elevada frecuencia del **agrupamiento Sipuncula** y una alta densidad ( $> 2000$  ind/m<sup>2</sup>). Londoño (1974), reporta densidades entre 61 - 300 ind/m<sup>2</sup> en una pradera en buen estado de T. testudinum. Adicionalmente, el análisis de diversidad de los números de Hill y el índice de equitabilidad (Fig. 7), muestran una baja dominancia en la comunidad expresada en un N<sub>1</sub> intermedio a N<sub>0</sub> y N<sub>2</sub>, y a altos valores de equitabilidad ( $> 0.70$ ). Esta baja predominancia son dados al abundante número de especies indiferentes que disminuyen la preponderancia del **agrupamiento Sipuncula**, más aún, cuando existe una correlación positiva (Pearson: 0.789; nivel de significancia: 0.05) entre el número de especies y la abundancia de individuos. Turnbull (1981), establece que las comunidades bentónicas en

áreas de alta polución se caracterizan por presentar una alta dominancia de una ó un grupo selecto de especies, altas densidades y poca riqueza de especies (Odum, 1993; Del Valle, 1984). Dentro de este marco y teniendo en cuenta los tensores anteriormente mencionados, se puede inferir un estado de polución media en el área de estudio. Así mismo, puede confirmar el papel relevante del bentos marino, en especial los poliquetos, como diagnóstico de las condiciones ambientales y los efectos de la polución (Laverde-Castillo y Rodríguez, 1987; García y Sandoval, 1983).

FIG. 7

#### CONCLUSIONES.

La infauna macrobentónica asociada a la pradera de Thalassia testudinum Banks ex Köning en la Bahía de Taganga, se caracteriza por ser homogénea, con una alta densidad de individuos y un predominio dado por el **agrupamiento Sipuncula** : Phylum Sipuncula y las familias Nereidae, Lumbrinereidae y Cirratulidae.

Los sedimentos se caracterizan por ser arenas finas y lodos, con un contenido medio de fito-zoodetritos y desechos de origen antrópico.

De acuerdo a la estructura y composición de la infauna macrobentónica y a los tensores detectados en campo, se puede establecer que al área de estudio se encuentra en un estado de polución moderada.

#### AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen a la Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina, por el apoyo logístico brindado, al Biólogo Marino Gabriel R. Navas por la colaboración prestada en la identificación de invertebrados, a los habitantes de Taganga y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de esta investigación.

#### BIBLIOGRAFIA.

- ANDRADE, C.M., S. GUTIERREZ y A. SALINAS. 1986. Efectos del vertimiento de desechos orgánicos no tratados sobre la macroinfauna bentónica en un sector de la Bahía de Valparaíso (Chile). Ciencia y Tecnología. CONA.

- Chile: 21 - 49.
- BARNES, R.S., y R.N. HUGHES. 1988. An introduction to Marine Ecology. Second edition. Blackwell Scientific Publications. London.
- EULA-MEYER, G. 1982. Adiciones a las clorofíceas marinas del Caribe colombiano I. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín. Santa Marta. 12: 117 - 136.
- EULA-MEYER, G. 1977. Algas marinas bénticas afectadas por un aguas de surgencia frente a la costa Caribe de Colombia. An. Inst. Invest. Mar. de Punta de Betín. Santa Marta. 9: 45 - 71.
- CARDOZO, H., y A. RUEDA. 1986. Análisis espacio-temporal de la fauna macrobentónica de la Ciénaga de Tesca para el período Agosto 1983 - Junio 1984. Tesis de grado UJTL. Facultad de Biología Marina. Bogotá. 124 p.
- DEL VALLE, P.L. 1984. Distribución de la macrofauna béntica de la Ciénaga de la Virgen o Tesca (Bolívar, Colombia) con base en su clasificación jerárquica y sus características fisicoquímicas. Tesis de grado UJTL. Facultad de Biología Marina. Cartagena. 90 p.
- DITADI, A.S.F., y A.E. MIGOTTO. 1982. O filo Sipuncula. Guia para coleta, identificação e manutenção em laboratório. Manuais de Identificação de Fauna Brasileira. Brasília. 43 p.
- DUENAS, R. 1979. Inventario preliminar de los Poliquetos Annelida de aguas someras de la Bahía de Cartagena y áreas adyacentes. Tesis de grado UJTL. Facultad de Biología Marina. Bogotá. 216 p.
- GARCIA, C.B., y J.H. SANDOVAL. 1983. Comunidades macrozoobénticas de fondos blandos en la Plataforma Continental de Ciénaga, Caribe colombiano en Abril de 1982. Tesis de grado UJTL. Facultad de Biología Marina. Bogotá. 84 p.
- GUZMAN-ALVIS, A., y J.M. DIAZ. 1993. Distribución espacial de la taxocenosis Annelida-Mollusca en la plataforma continental del Golfo de Salamanca, Caribe colombiano. An. Inst. Invest. Mar. de Punta de Betín. Santa Marta 22: 45 - 59.
- INDERENA, 1986. Tayrons, naturaleza e historia. Rev. Parques Nats. Bogotá. 1 (4): 3 - 4 p.
- INVEMAR. 1990. Programa de ecosistemas marinos. Punta Gloria - Río piedras. Santa Marta.
- JAIMES, J.C., V. ROJAS, C.M. SANCHEZ y C. TRUJILLO. (en prep.). Cartografía de las praderas de fanerogamas marinas de la Bahía de Taganga, Caribe colombiano.
- LAVERDE-CASTILLO, J.J. y H. RODRIGUEZ. 1987. Lista de poliquetos registrados para el Caribe colombiano, incluyendo comentarios sobre su zoogeografía. An. Inst. Invest. Mar. de Punta de Betín. Santa Marta 17: 95 - 112.
- LAVERDE-CASTILLO, J.J. y S.A. ROJAS. 1983. Poliquetos Annelida del área de la Bahía de Cartagena y zonas adyacentes. Tesis de grado UJTL. Facultad de Biología Marina. Bogotá. 279 p.
- LONDONO, J.A. 1974. Algunos grupos presentes del macrobentos en fondos con *Thalassia* dentro de la Bahía de Cartagena. Tesis de grado UJTL. Facultad de Biología Marina. Bogotá. 84 p.
- LOPEZ, A. 1981. Estudio ecológico comparativo de la fauna macrobéntica de las Bahías Colombia, Grande y Golfo de Uraba. Tesis de grado UJTL. Facultad de Biología Marina. Bogotá.
- LUDWIG, F.A., y J.F. REYNOLDS. 1988. Statistical Ecology. A primer method and computing. A Wiley Interscience publication. John Wiley and Sons. New York. 337 p.
- MARTINEZ, C. 1987. Estadística. Cuarta Edición. Editorial ECOE. Bogotá. 713p.
- MATTEUCCI, S.D. y A. COLMA. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. OEA. Monografía No. 22. Washington D.C. 168 p.
- NAVAS, G. R. y S.K. MORENO. 1993. Caracterización estructural de la comunidad bentónica asociada a *Acropora palmata* Lamarck, 1816, muerto, Isla Grande, Islas del Rosario, Caribe colombiano. Tesis de grado UJTL. Facultad de Biología Marina. Bogotá. 250 p.
- ODUM, E. P. 1993. Ecología. 3a. Edición. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México D.F. 639 p.
- PENA, H. y A. VARGAS. 1976. Macrofauna béntica de la Bahía de Cartagena y sus alrededores. Tesis de grado UJTL. Facultad de Biología Marina. Bogotá.
- RAMIREZ, G. 1983. Características fisicoquímicas de la Bahía de Santa Marta (Agosto 1980 - Julio 1981). An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín. Santa Marta. 13: 111 - 121.
- SALAZAR, S., J. DE LEON y H. SALAICE. 1988. Poliquetos Annelida: Poliquetos de México. Universidad autónoma de Baja California. México D.F., 273 p.
- SOKAL, R.R. y F.J. ROHLF. 1984. Introducción a la bioestadística. Editorial Reverté, S.A. Barcelona. 362 p.
- VEGA, M. 1980. Introducción a la Ecología del bentos marino. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. OEA. Monografía No. 9. Washington D.C. 93 p.

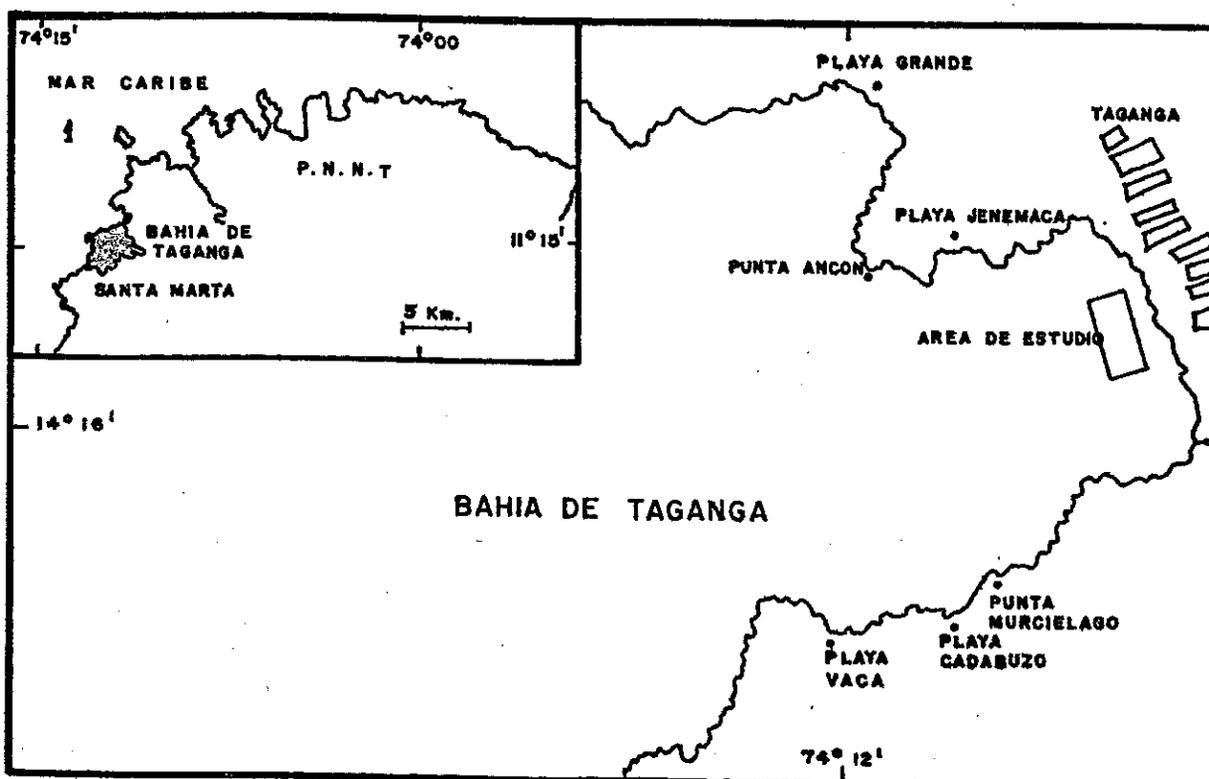


Fig. 1. Area de estudio y ubicación de estaciones en la pradera noreste de *Thalassia testudinum*, Banks ex köning, Bahía de Taganga, Caribe Colombiano (Tomado y modificado de Bula-Meyer, 1982 y Programa de Ecosistemas Marinos, INVEMAR, 1990).

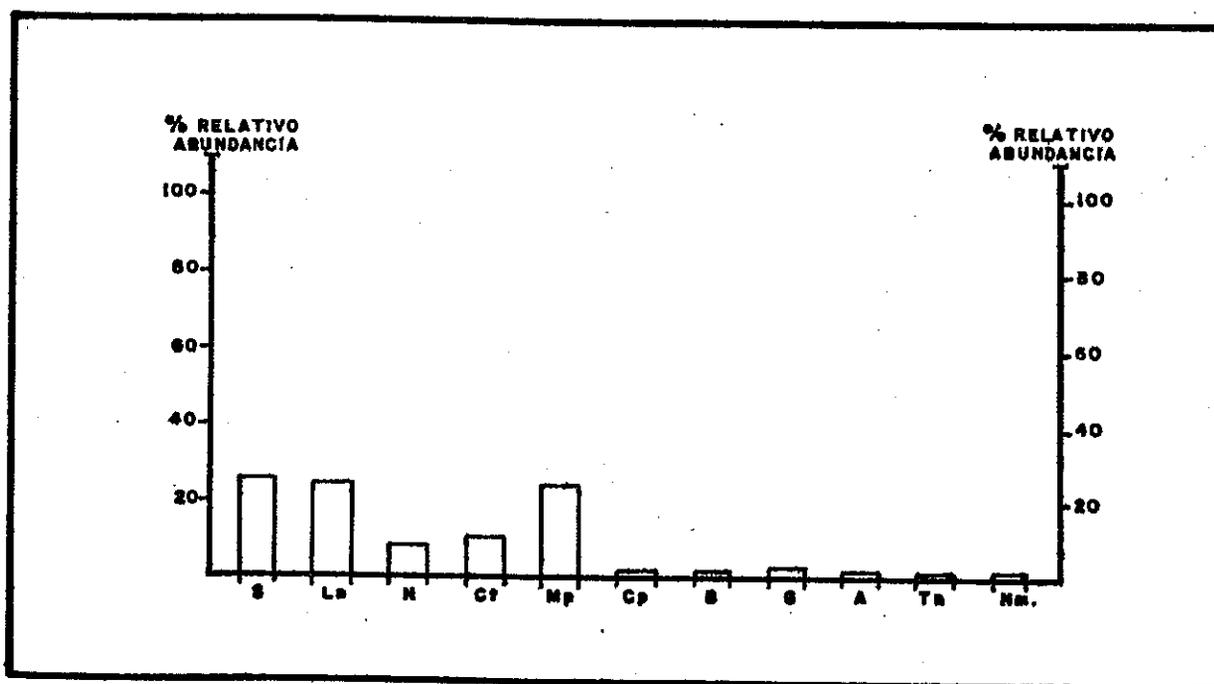


Fig. 2. Porcentajes medias relativos de Abundancia para el meiobentos de la Bahía de Taganga. S=Sipuncula. Ln=Lumbrinereidae. N=Nereidae. Ct=Cirratulidae. Mp=Morfotipos varios. Cp=Copepoda. B=Bivalvia. G=Gasteropoda. A=Amphipoda. Tr=Tanaidacea. Nm=Nematoda.

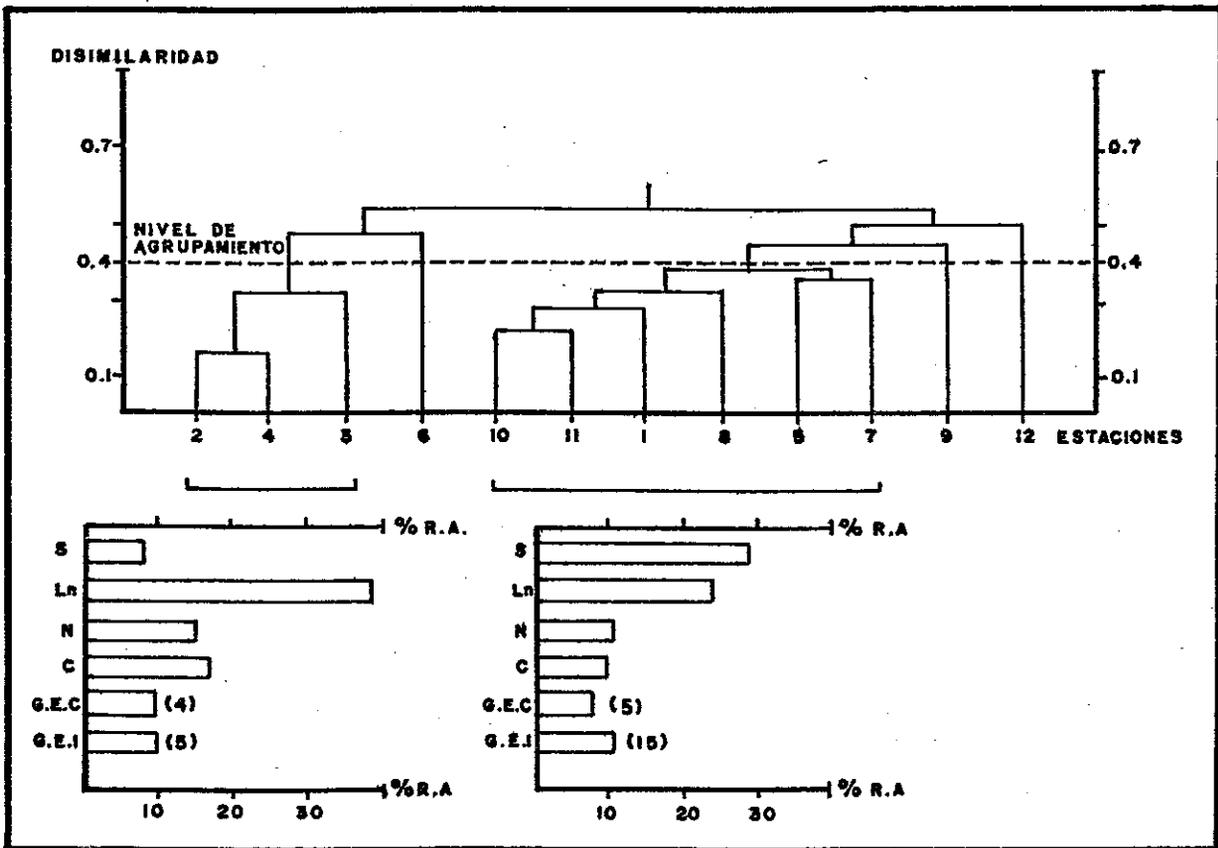


Fig. 3. Análisis de clasificación de Disimilitud de Bray-Curtis. Se definen dos (2) ensamblajes, especificando la composición de cada uno de ellos. G.E.C.=Grupos de especies comunes. G.E.I.= Grupos de especies indiferentes. Los valores en paréntesis indican el No. de morfotipos en cada grupo.

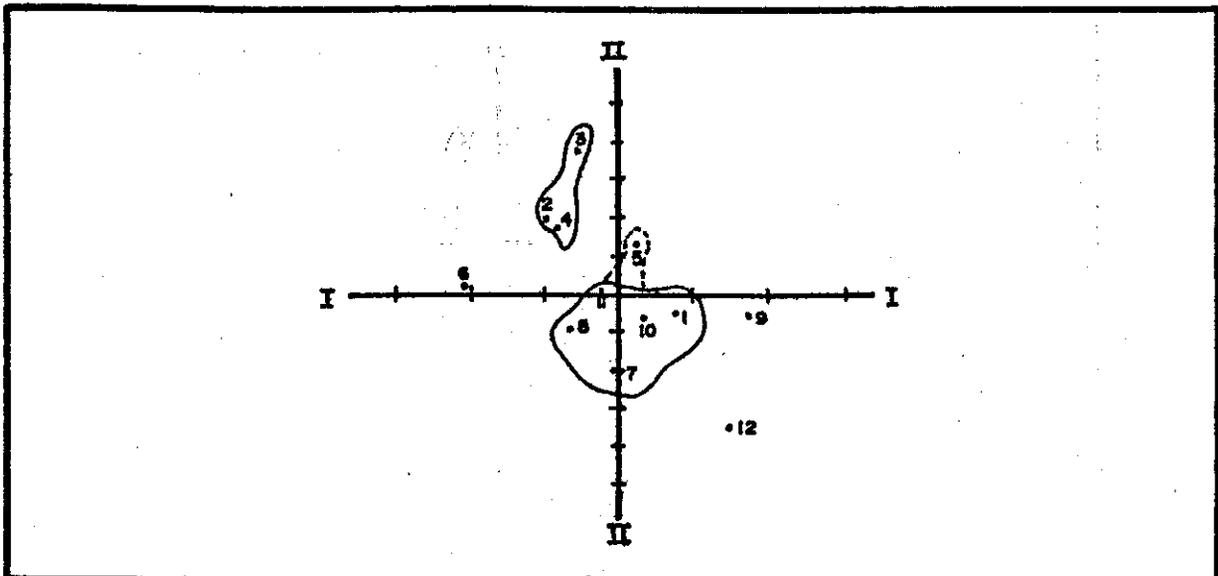


Fig. 4. Análisis de ordenación taxométrica-escalamiento no métrico multidimensional (NMDS). Se definen dos (2) nubes de puntos sobre el plano cartesiano.

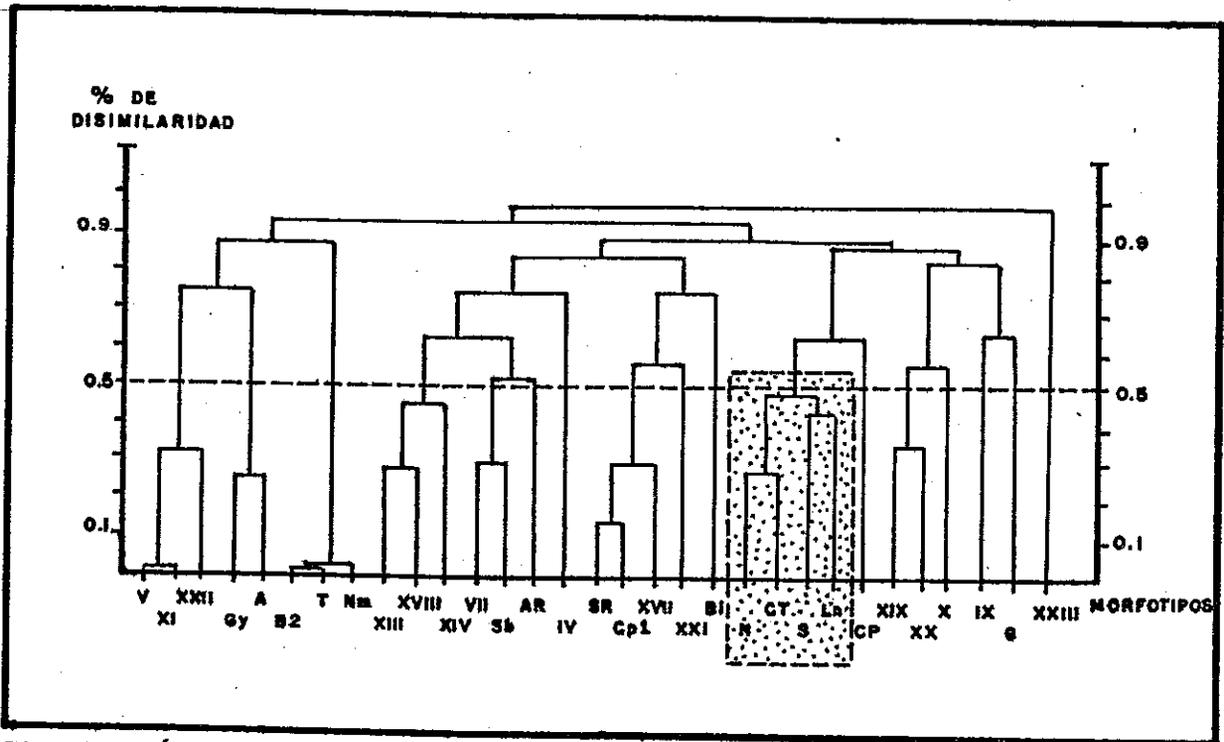


Fig. 5. Análisis de clasificación inverso-disimilaridad de Bray-Curtis, señalando el agrupamiento Sipuncula. La simbología en números romanos indican familias de la clase Polychaeta en el texto.

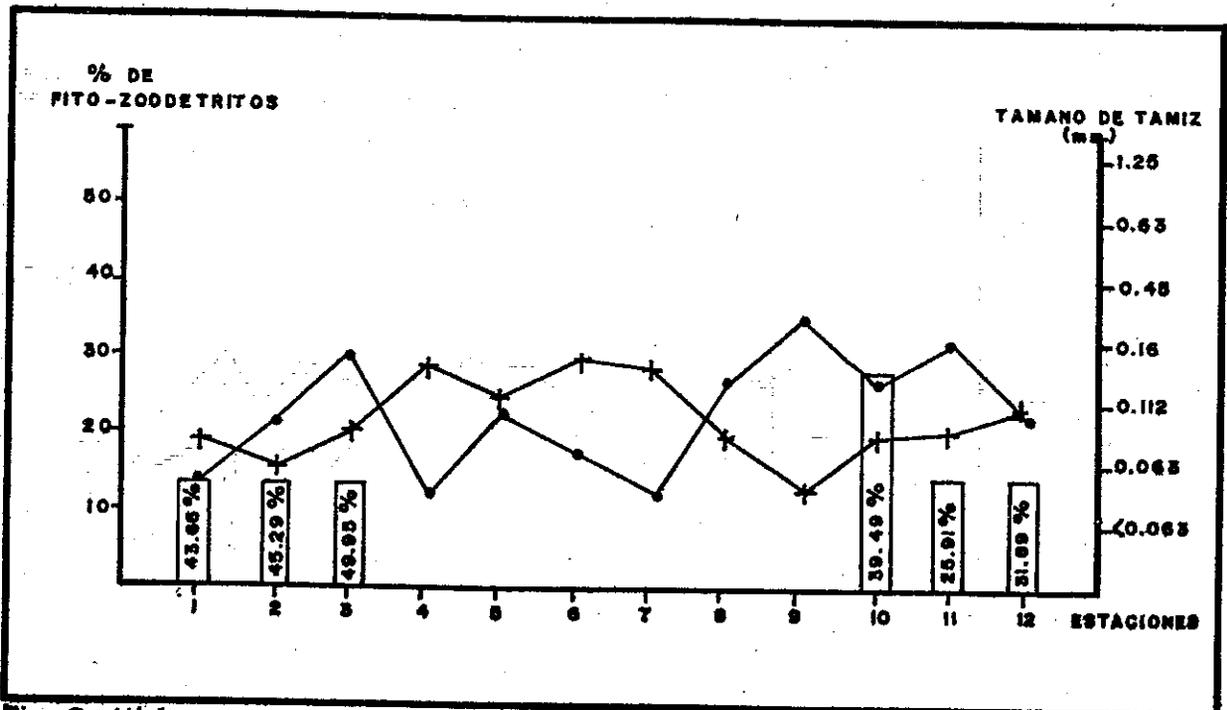


Fig. 6. Histograma compuesto indicando los porcentajes de fitodetritos (+), zoodetritos (•) y la moda granulométrica con el porcentaje de sedimento retenido en el tamiz (⊠).

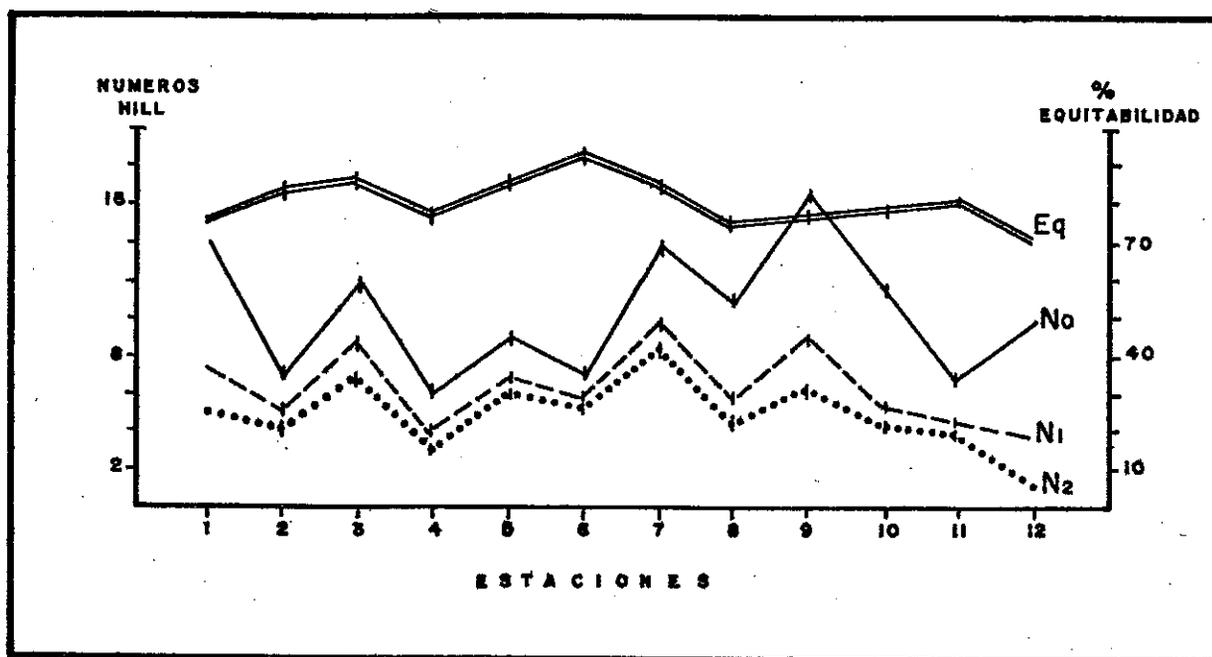


Fig. 7. Diagrama comparativo entre los números de Hill (No, N1, N2) y el Índice de Equitabilidad (Eq), para cada una de las estaciones muestreadas.

Tabla No. 1. Prueba F (ANOVA I) de comparación entre medias de las estaciones muestreadas durante el período climático seco.

| PRUEBA F-COMPARACION ENTRE MEDIAS DE ESTACIONES |         |                 |            |     |            |
|---|---------|-----------------|------------|-----|------------|
| EE  | 2710.26 | EE <sup>2</sup> | 7345509.27 | CMT | 11.52      |
| n   | 102     | CM              | 72014.79   | CME | 1297.54    |
| p   | 6       | SC              | 196636.71  |     |            |
|   |         | SCT total       | 124621.91  |     |            |
|   |         | SCT             | 57.64      |     |            |
|   |         | SCE             | 124564.27  |     |            |
| Grados de libertad numerador :                  |         |                 |            |     | 96         |
| Grados de libertad denominador:                 |         |                 |            |     | 5          |
| Significancia :                                 |         |                 |            |     | 0.05       |
| F teórico :                                     |         |                 |            |     | 2.32 ( 90) |
|   |         |                 |            |     | 2.31 (100) |
| F calculado :                                   |         |                 |            |     | 0.0088     |

Tabla No. 2. Análisis de bloques aleatorizados (ANOVA II), a partir del  $\log(x+1)$  de los valores medios para cada estación.

| ANÁLISIS DE BLOQUES ALEATORIZADOS |     |          |          |                |                |
|-----------------------------------|-----|----------|----------|----------------|----------------|
|                                   | GL  | SC       | CM       | F <sub>c</sub> | F <sub>t</sub> |
| BLOQUES                           | 5   | 0.002572 | 0.000534 | 0.6478         | 2.33           |
| TRATAMIENTOS                      | 15  | 48.22000 | 3.013750 |                |                |
| ERROR                             | 80  | 0.06600  | 0.000825 |                |                |
| TOTAL                             | 101 | 48.28    |          |                |                |

## CARTOGRAFIA DE LAS PRADERAS DE FANEROGAMAS EN LA BAHIA DE TAGANGA, MAGDALENA. CARIBE COLOMBIANO.

Viviana Rojas, Juan Carlos Jaimes, Claudia Sánchez y Carlos Alberto Trujillo.

### INTRODUCCION

Las comunidades de pastos marinos tienen importantes funciones en el medio marino, ayudan a la estabilización de los fondos marinos, actúan como trampas de sedimentos, proporcionan hábitat y refugio a numerosas especies y presentan altas tasas de producción primaria (Dawes, 1986).

En el Caribe colombiano se conocen hasta el momento 6 especies clasificados en 5 géneros: *Thalassia testudinum*, *Syringodium filiforme*, *Halodule wrightii*, *Halophila decipiens*, *H. baillonii* y *Ruppia maritima*.

Los avances de la cartografía ecológica benefician los inventarios de especies descritas y no descritas de poblaciones y su distribución de los ecosistemas. Esta disciplina sirve para optimizar el tipo de información que se puede obtener mediante otras investigaciones y así poder entender nuestra biodiversidad; permitiendo definir las condiciones necesarias para el mantenimiento de las especies (Soule, 1987).

Los levantamientos cartográficos ecológicos submarinos son de gran importancia por la valiosa información que ofrece para la adecuada planificación y apoyo en los múltiples usos de los recursos marinos, con el fin de conocer el tamaño y composición del recurso para su conservación y sentar un precedente de utilidad en diferentes investigaciones de cualquier tipo en esta zona (Butler et al, 1990; Serrano y Quintero, 1992).

El trabajo presenta los levantamientos cartográficos de las diferentes especies de fanerógamas en la Bahía de Taganga, mostrando la ubicación, extensión, densidad y la posible relación entre la *Thalassia testudinum* y el tipo de sedimento.

Entre los trabajos realizados en el Caribe colombiano sobre cartografía ecológica de ambientes submarinos están los de Monsalve y Restrepo (1989) en la isla Caribarú, del archipiélago de Nuestra Señora del Rosario; Garzón-Ferreira y Cano (1991) en el Parque Nacional Natural Tayrona; Yves (1992) en la isla Naval en el archipiélago de islas del Rosario y Quintero, Sánchez y Ramírez (1993) en isla Tesoro.

## AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Taganga esta localizada al norte de Santa Marta, en las coordenadas 74 12' de longitud oeste y 11 5' de latitud norte; ensenada de tipo abierto y delimitada por punta Betín y Punta Los Venados. Rodeada por ligeras pendientes y dos grandes cerros de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (Fig 1).

Presenta un relieve escarpado en la parte alta y ligeramente inclinado en la parte baja. El material parental esta constituido por roca ignea de tipo granítico y algunos basaltos con intrusiones de material metamórfico y sedimentario (Valverde y Campo, 1981). Los efectos perjudiciales de los largos periodos de sequia sobre la vegetación, que ayuda a retener los suelos, aumenta el modulado en estos. El período de sequia se favorece por el viento cálido predominante, que sopla con fuerza de las cumbres a tierras bajas, denominado Foehn (Valverde y Campo, 1981).

De diciembre a abril el Área está sometida a fuertes vientos Alisios del norte provocando surgencia costera, bajas de temperatura (23 C), aguas turbulentas y salinidades mayores de 36.5% (Botero, 1987); en mayo y junio lluvias esporádicas; luego el veranillo de San Juan entre julio y agosto y por último la estación lluviosa de septiembre a noviembre.

El costado sur-occidental, el más expuesto a las olas, predomina el litoral rocoso desde punta Betín hasta el Piecerro. A la altura de Punta de Betín se encuentra la salida de aguas negras de la ciudad de Santa Marta. En Piecerro reinicia la playa de Taganga hasta Dumaruca, en la parte continental de la playa está localizado el corregimiento de Taganga que tiene un alto efecto antrópico en el sistema. El costado nor-occidental, protegido de la acción directa del oleaje, desde Dumaruca hasta punta Los Venados predomina el litoral rocoso exceptuando las playas de Jenemaca, Grande, Sisicuaca y Manocuaca (Fig 1).

## METODOLOGIA

Se localizaron las praderas por medio del buceo a pulmón y con SCUBA. Posteriormente se hicieron transecciones desde la costa hasta el final de parche manteniendo el rumbo con la brújula. Las transecciones se demarcaron con una cadena de 20 m de longitud marcada cada metro; la distancia entre los transectos fué de 5 m. Los parches se localizaron espacialmente por medio de la triangulación por brújula teniendo como referencia los puntos

geográficos sobresalientes.

En cada transecto se determinó la siguiente información:

- Profundidad al inicio y al final de la pradera, tomada con profundímetro ó decámetro.
- Cada 2 m se registraba la(s) especie(s) de fanerógamas presentes en un radio de 1 m.

Después de tener la ubicación y extensión de los parches:

- Se colectaban 2 muestras de sedimentos para el análisis granulométrico, con un corazonador de 2 pulgadas de diámetro y penetrando 10 cm en el sedimento. Una de la muestras se colectó en la pradera y la otra hacía el extremo anterior de la misma.

Se lanzó aleatoriamente 5 veces un cuadrante de PVC de 50 x 50 cm para estimar la densidad (vástagos/0.25 m<sup>2</sup>) de I.testudinum.

Se pasaron 100 g de peso seco de sedimento por una columna de tamices de 0.630 mm, 0.450 mm, 0.063 mm y menor de 0.063 mm representando las arenas gruesas, medianas, finas y fangos respectivamente, según la escala propuesta por Wenworth (1922). Las especies de fanerógamas se identificaron con las claves dadas por Phillips y Meñez (1988).

Con una fotografía aérea 1:12258 se hicieron los mapas para la ubicación de las praderas en una escala 1:500, 1:2940 y 1:5200.

## RESULTADOS Y DISCUSION

A partir de la fotografía aérea 1:12258 de la Bahía de Taganga se hizo el mapa base a una escala de 1:2940 para la localización espacial dentro de la bahía de los parches encontrados. La figura 2 se dibuja a una escala de 1:5200 para representar la ubicación de los parches dando una idea general de las distribución de las fanerógamas en toda la bahía de Taganga. Las figuras 3 y 4 contienen las praderas encontradas en las cuatro zonas en que dividió la bahía arbitrariamente, para la presentación de los datos; con una escala de 1:2940.

Se encontraron 13 parches de fanerógamas con un área total de 4858,32 m<sup>2</sup>; Thalassia testudinum con un porcentaje de 63.43%, Syringodium filiforme 30.53% y 6.02% para Halophila decipiens distribuidos desde una profundidad de 0.4 m hasta 6 m. Thalassia testudinum se distribuye desde los 0.4 m hasta una / profundidad máxima de 5.3 m con un área total de 3081.97 m<sup>2</sup> en 10 parches con una densidad de 71.8 vástagos/m<sup>2</sup> con una desviación

estandar de 71.03; en la zona II, la I.testudinum tiene una densidad media de 30.42 vástagos/m<sup>2</sup> con una desviación estandar de 23.58, en contraste con las zonas III y IV que tienen una densidad media de 148.8 vástagos /m<sup>2</sup> y 73.11 de desviación estandar. Las praderas marinas en general se desarrollan sobre fondos arenosos y fangosos poco profundos, cercanos a la costa (Marquez, 1982); de acuerdo con la granulometría realizada la zona IV, en las muestras tomadas dentro y fuera del parche, más del 65% son arenas gruesas y solo un 30% arenas finas y medias, es la zona donde se presenta la mayor densidad promedio (189.2 vástagos/ m<sup>2</sup>). Los bordes de los parches son definidos, por lo contrario en la zona II las arenas finas, medias y fangosas se encuentran en un porcentaje mayor al 80%, su densidad alcanza solamente 30 vástagos/ m<sup>2</sup> y son parches formados por vástagos muy disgregados dentro del área delimitada. En playa Jenemaca se presenta el parche de I.testudinum más grande tiene un área de 1075 m<sup>2</sup> y una densidad de 68 vástagos /m<sup>2</sup>, hay constante actividad humana dedicada a la pesca con chinchorro lanzándolo exactamente sobre la pradera y un continuo fondeado de la lanchas que modifican la estructura del parche. En Taganga sucede exactamente lo mismo, se pueden observar divisiones de lo que era posiblemente un solo parche, pero con la alta actividad de lanchas que llegan y salen de allí lo han dividido en 2 partes con un área total de 252.87 m<sup>2</sup>, 30 vástagos/m<sup>2</sup> de densidad y una profundidad entre 2.3 y 3.2 m. (Todas las praderas de I.testudinum presentes en la bahía durante el tiempo de trabajo estaban cubiertas por un alga perteneciente a la familia Ectocarpacea).

Las densidades de la zona II fluctúan mucho, se pueden encontrar unos pocos vástagos independientes como los encontrados al frente del muelle de Taganga con una densidad de 13 vástagos/m<sup>2</sup> a 2 m de profundidad; hasta parches más definidos con una densidad de 80 vástagos /m<sup>2</sup> observados en el parche 8.

En la zona I se encuentra una pradera de S.filiforme con un área de 531.5 m<sup>2</sup> y con una profundidad que varía de 3 a 6 m, dentro de esta pradera se encontró, a los 6 m de profundidad, H.decipiens con plantas diseminadas entre S.filiforme, el alga filamentosa también estaba asociada a la pradera, el 90% de los sedimentos son arenas finas y medias.

En la zona IV (Playa Sisicuaca), se encuentra el parche más grande de S.filiforme cuya área es de 952 m<sup>2</sup> (parche 13), en esta playa también se realiza lanzamiento de chinchorro todos los días hasta las 17:00 horas aproximadamente. Se observó un pequeño parche de S.filiforme hacia la parte sur del parche 13, pero no se reportaron sus mediciones por las intensivas faenas de pesca que se desarrollan en este lugar. El parche 13 presenta una división debido a la actividad de las anclas de lanchas que llegan allí.

H.decipiens se encontró en la zona I y II, el parche tiene un área aproximada de 292.75 m<sup>2</sup> con una profundidad de 6m, cubierto por el alga filamentosa anteriormente mencionada; este pasto se encuentra inmediatamente después de I.testudinum, éstos totalmente independientes.

El deterioro aparente que presentan las praderas especialmente en la parte de Taganga comparándolas con las encontradas en la zona I, III y IV es debido a efectos antrópicos como lo expone Marquez (1982), el cual hace referencia al daño de las praderas por actividades costeras (construcción, dragados, turismo y navegación). La geomorfología, por otra parte tampoco permite el establecimiento de praderas de pastos marinos ya que presenta una baja disponibilidad de playas con plataformas someras y que la gran parte del litoral de la bahía esta constituido por roca que caen bruscamente al mar. otro factor que influye en el establecimiento de estas praderas es el grado de exposición al oleaje, como se observa en la parte suroccidental de la bahía de Taganga.

#### CONCLUSIONES

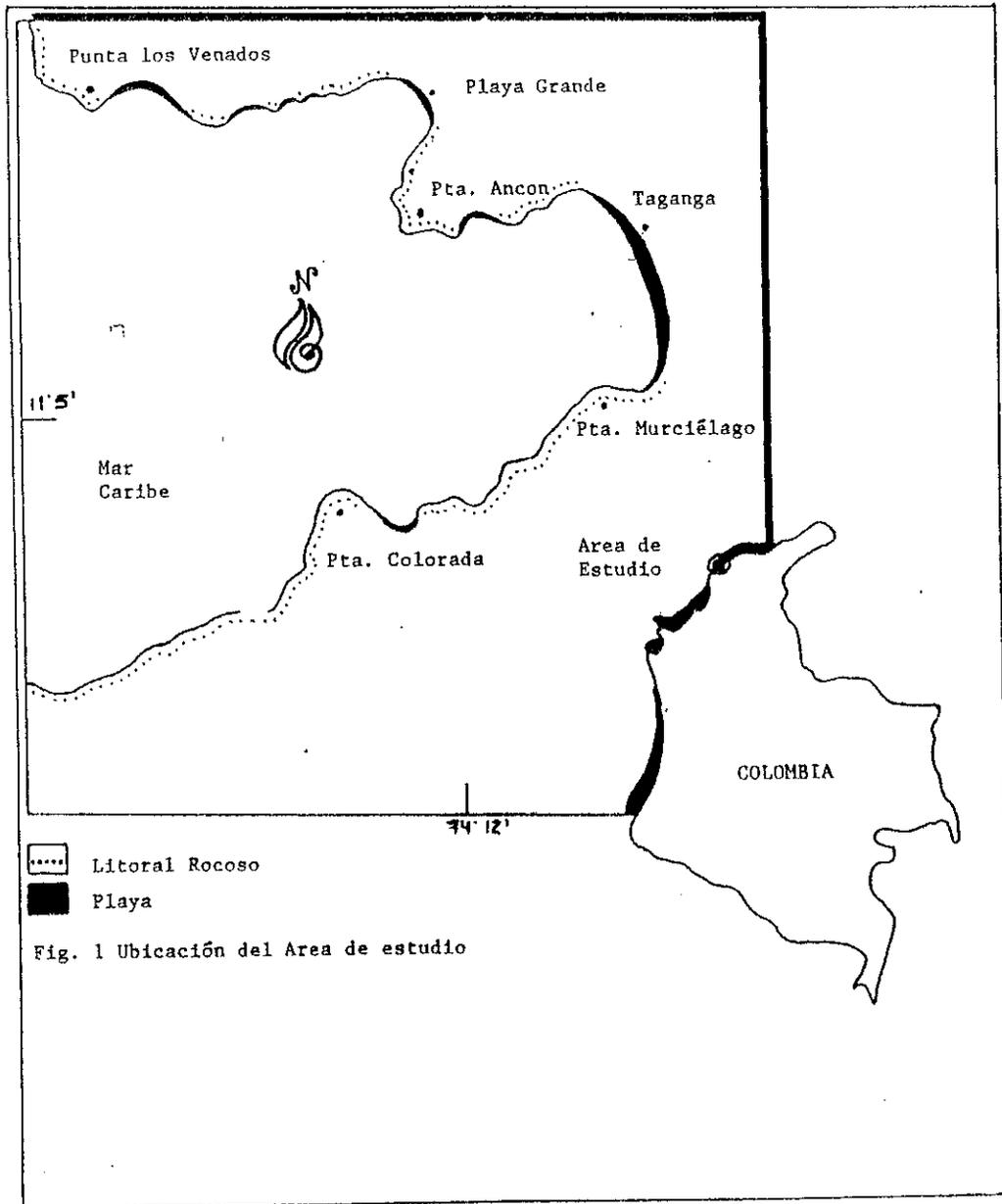
Las especies de fanerógamas marinas encontradas, de las 6 reportadas para el Caribe colombiano, son: I.testudinum, S.filiforme y H.decipiens.

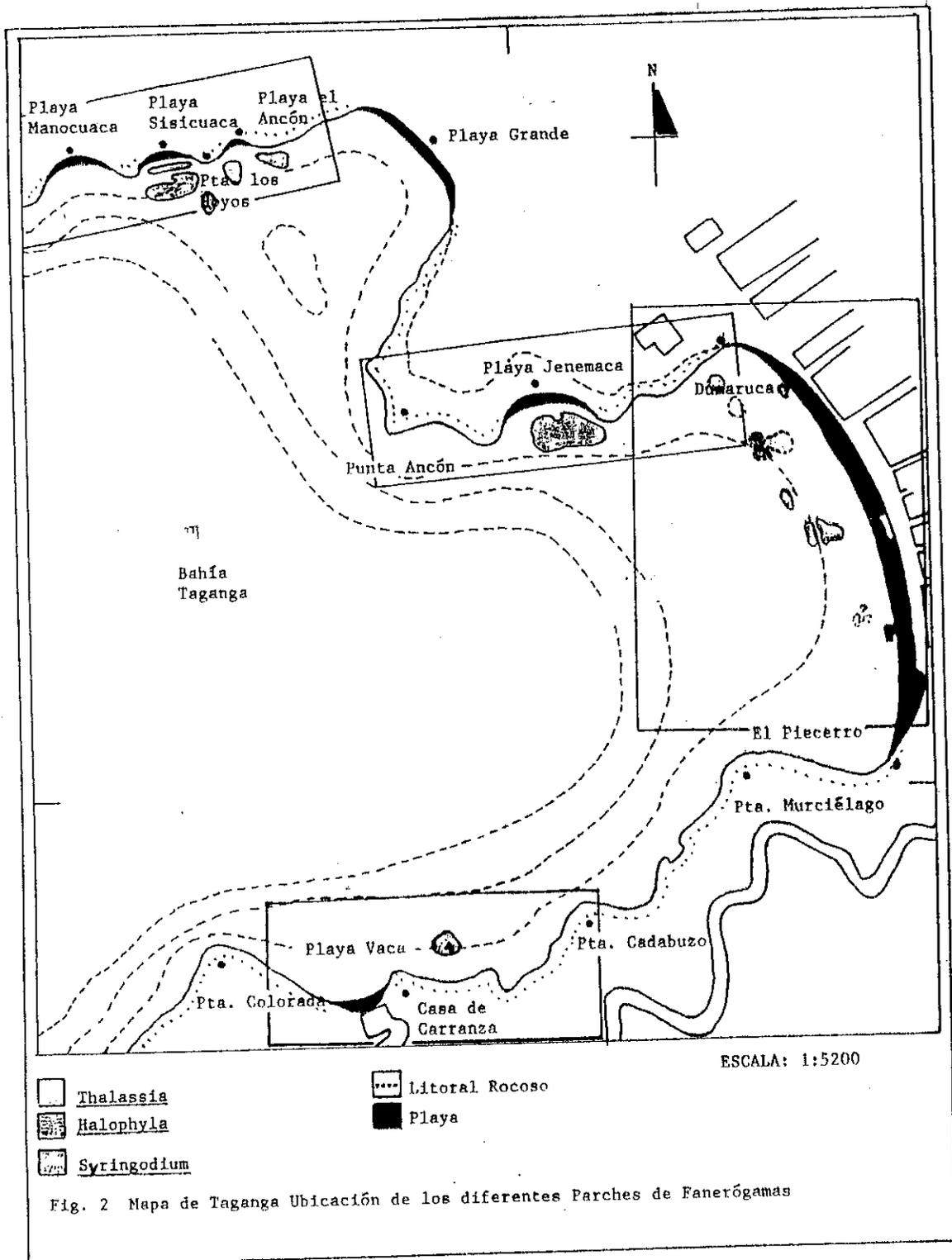
Las praderas de I.testudinum de la zona IV presentan una mayor densidad de vástagos/m<sup>2</sup>, desarrollandose en arenas gruesas, que los parches de la zona II, la cuales se establecen en arenas medias y finas.

Las actividades costeras humanas han deteriorado en gran parte las praderas de fanerógamas presentes en la bahía de Taganga.

## BIBLIOGRAFIA

- BOTERO, L. 1987. Zonación de octocorales gorgonáceos en el área de Santa Marta y Parque Nacional Tayrona, costa Caribe colombiana. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín. Santa Marta. 12: 61-80.
- BUTLER, M; LEBLANC, C; BELBIN, J y J. MACNEILL. 1990. Cartografía de recursos marinos: Un manual de introducción. FAO. Roma. Documento técnico de pesca 274. 281 p.
- DAWES, C. 1986. Botánica Marina. Limusa S.A. Mexico. 524 p.
- BARZON-FERREIRA, J. y M. CANO. 1991. Tipos, distribución, extensión y estado de conservación de los ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Tayrona. Informe INVENAR. Santa Marta.
- MARQUEZ, G. 1982. Los sistemas ecológicos del sector adyacente a Santa Marta, Caribe colombiano. En: Ecología tropical: 2(1) 5-24 pp.
- MONSALVE, C. y J. RESTREPO. 1989. Aproximación a la fotointerpretación y cartografía de ecosistemas arrecifales. Isla Caribaru. Caribe colombiano. 219 p. Tesis (Biólogo Marino). Univ Jorge Tadeo Lozano.
- PHILLIPS, R. y E. MENEZ. 1988. Seagrasses. Smithsonian Contributions to the marine sciences. No 34. Washington D:C: 104 p.
- SERRANO, A y R. QUINTERO-SERPA. 1992. Cartografía bioecológica de la Isla Naval Archipiélago Islas del Rosario. Colombia. Bol. Cient. CIOH. 10: 37-56 pp.
- SOULE, M.E. 1987. Viable Populations for Conservation. En: Biodiversidad y Conservación en Colombia. Cerec. Fundación Alejandro Angel Escobar. Bogotá. 25-28 pp.
- VALVERDE, F. y J. CAMPO. 1981. Factibilidad de una planta pesquera productora de enlatados, semiconservas y congelados (Taganga). Santa Marta. Tomo 1. Tesis (Ingeniero Pesquero). Facultad Ingeniería Pesquera. Univ. Tecnológica del Magdalena. Santa Marta.
- YVES, G. 1992. Informe final Proyecto Cartografía Fondos submarinos. Islas del Rosario (Colombia) y apreciación de sus áreas a partir de imágenes satélite SPOT. Bol. Cient. CIOH. 11: 15-26 pp.





**ALGAS RODOFICEAS Y PASTO MARINO DE LA COSTA CARIBE  
DE COLOMBIA COMO POSIBLE FUENTE COMERCIAL DE AGAR Y  
SUPLEMENTO ALIMENTICIO DE ANIMALES**

**Elizabeth Grose.  
Martha Vives  
Reinhard Schnetter**

## INTRODUCCION

La vida vegetal del mar es abundante y ha sido utilizada por el hombre por miles de años. Pero no fue sino hasta el presente siglo cuando se creó la industria de las algas marinas y por lo tanto su explotación.

Las macroalgas marinas constan de varios grupos taxonómicamente diferentes, los cuales tienen un amplio rango de tamaños, pigmentación, composición química y actividades fisiológicas.

Hay cuatro productos comerciales importantes que vienen de las algas: agar, carragenano, ácido algínico y diatómito. Los dos primeros se extraen de Rhodophyta, el tercero de Phaeophyta y el cuarto de Diatomas. También las algas y pasto marino son usados como alimento para el hombre y los animales, y se emplean como abono (3).

Los agares constituyen un grupo de polisacáridos que poseen estructura química común. Araki (1965) propuso que los agares pueden separarse en dos componentes: un polímero neutral, que es la agarosa, y una mezcla poco definida de polisacáridos, o agarpectina. Más tarde, Duckworth y Yaphe (1971) establecieron que el concepto de agar formado por dos fracciones era una supersimplificación; ellos propusieron que consiste de un complejo espectro de polisacáridos relacionados cuya estructura varía desde la agarosa neutra, pasando por moléculas de agarosa sustituidas con grupos metoxil, sulfato y piruvato, hasta galactanos sulfatados altamente cargados, los últimos con unidades disacáridos repetitivas formadas por (1-3) $\beta$ -D galactosa y (1-4) $\alpha$ -L galactosa que reemplazan el 3,6 anhidro- $\alpha$ -L galactosa. (15)

El agar para uso microbiológico debe tener ciertas propiedades específicas tales como disolver en agua caliente (90-100°C), permanecer líquido hasta 45°C, solidificar a temperatura ambiente y no presentar liquefacción hasta 80°C, no tener sustancias que inhiban el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos, y mantener sus propiedades de liquefacción y solidificación al ser esterilizado con vapor. (9)

Hasta 1939 la mayoría de las algas utilizadas para agar viene del Japón, pero durante la segunda guerra mundial y en adelante se comenzó a cosechar en Australia, Chile, Argentina, Brazil, Estados Unidos y países de Europa. (7)

El agar que viene del *Gelidium sesquipedale* de la costa atlántica del sur de Europa y costa norte de Africa es conocido industrialmente por su firmeza de gel en concentraciones bajas (10). Sin embargo la producción de estos sitios naturales no es suficiente para las demandas comerciales; hoy en día las aguas cercanas a la costa de los Estados Unidos y Gran Bretaña están altamente contaminadas y las algas no son utilizables. Por esto es necesario investigar más especies y otros sitios que tengan potencial para agar con cualidades industriales. Colombia es afortunada porque tiene costas largas poco pobladas y aguas claras con abundantes macroalgas. (11)

Las propiedades químicas y físicas (calidad) del agar dependen de la especie del alga, estación del año, sitio, ambiente, fase nuclear y método de extracción (8,13,14). Algunos estudios han mostrado que la firmeza del gel tienen variaciones con las estaciones (6). En Colombia, que no tiene estaciones definidas, la mayoría de las agarofitas crecen durante todo el año en condiciones ambientales naturales; sin embargo hay otros factores ambientales responsables de los cambios en la biomasa.

En varios países del hemisferio norte el ganado bovino, ovino y equino se alimenta con algas frescas en lugar de pasto; en otros lugares las algas se secan como heno (4).

Las algas y el pasto marino secos mezclados con el concentrado se usan actualmente en algunos lugares para aves domésticas; esta adición puede aumentar la producción de huevos y disminuir la proporción de huevos con cáscara blanda; los pollos incrementan su peso con esta mezcla por el contenido de vitaminas A y B, más minerales y elementos traza. Si la dieta normal lleva suficientes minerales y demás, las diferencia no es notable (4) pero si se usa 7-15% de pasto y/o algas el costo de la alimentación es menor.

Algunos géneros de algas pueden reducir hasta 50% la incidencia de infección con *Salmonella*. Con aves domésticas es necesario mezclar el pasto o algas con el concentrado, pero en otros animales pueden usarse solos durante los meses cuando no hay hierba verde.

Nuestro trabajo, patrocinado por Colciencias, fue investigar la variación estacional de cantidad y calidad del agar de *Gracilaria verrucosa*, *G. mammillaris* y *Pterocladia pinnata* (*capillaceae*) recolectadas en la costa caribe de Colombia durante dos años para determinar la posibilidad de su industrialización, y el uso de *Syngonium filiforme* como suplemento de concentrado en la alimentación de aves domésticas.

Esperamos que esta información sea útil para la futura explotación de los recursos naturales marinos.

## MATERIALES Y METODOS

### Agar

1. Recolección de Algas Marinas. La zona de muestreo se centró en la costa caribe del departamento del Magdalena, en la región cercana a Santa Marta: punta La loma y punta Brava (zona del aeropuerto Simón Bolívar) y Bahía Concha (Parque nacional Tayrona).

Se recolectaron talos de algas rodofíceas, que fueron lavados y secados durante 48 horas. Ya secos, se empacaron en bolsas plásticas y se transportaron a Bogotá. Las especies muestreadas y analizadas periódicamente fueron *Gracilaria verrucosa*, *G. mammillaris* y *Pterocladia pinnata* (*capillaceae*); en un estudio preliminar se recolectaron también *G. sjoestedtii*, *G. domingensis* y *Gelidium americanum*, pero con estas últimas no fue posible llevar a cabo un estudio secuencial. La recolección se realizó durante dos años (1990-1991) con intervalos de 2-3 meses entre muestreos.

2. Extracción del Agar. Se basó en la técnica de hervir-congelar-descongelar. Los talos se hirvieron en agua desionizada durante 3-4 horas y el filtrado se llevó a congelación durante 3 días; posteriormente el gel resultante fue secado y decolorado con hipoclorito de sodio y luego secado y fragmentado. Se probaron pretratamientos con dos algas: a. para *G. verrucosa* 3% NaOH a 80°C por 1 hora; 0.2M (1%) NaOH a 80°C por 1 hora. b. para *P. pinnata* (*capillaceae*) 0.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a 80°C por 30 minutos.

Después de cada extracción se registró el peso obtenido a partir de cada muestra de alga.

3. Determinación de la Calidad del Agar. a. Preparación de agares en diferentes concentraciones. Con las hojuelas obtenidas después de la extracción se tomó de cada una el peso necesario para preparar agares al 1, 1.5 y 2%; se dejaron en remojo por 15 horas aprox. Luego fueron sometidas a baño maría 90°C durante 30-60 minutos. Una vez disueltas se adicionó el medio de cultivo apropiado (Infusión de cerebro y corazón, BHI, para bacterias y medio Agar extracto de papa y dextrosa, PDA, para hongos) y se llevó a autoclavar (121°C, 15 psi por 15 minutos). Antes de solidificarse, fueron servidos en cajas de petri estériles.

Una vez sólidos los agares, se observó su color, turbidez y aspecto general comparado con los controles comerciales Oxoid y agar en escamas japones.

b. Siembra de microorganismos. Fueron probados *Escherichia coli*, *Streptococcus agalactiae* (bacterias), *Trichoderma* sp, *Trichophyton mentagrophytes* y *Saccharomyces cerevisiae* (hongos y levadura). Los inóculos se prepararon por raspado y diluciones o conteo de células viables; la siembra fue en superficie y como control se utilizó medio de cultivo (BHI o PDA) preparado con agar Oxoid comercial y agar en escamas japones. Después de la incubación, se realizó el conteo de colonias crecidas en los agares prueba y control, así como observaciones macro y microscópicas del crecimiento microbiano.

c. Medida de la fuerza del gel. Se determinó la fuerza compresiva necesaria para romper un gel preparado a 1.5% actuando durante 20 segundos (método de Kobe, 1). Los resultados se expresan en gramos que el gel resiste durante 20 segundos, y se obtienen mediante la siguiente fórmula:  $\text{Log } W_{20} = \text{Log } W + k (\text{Log } t - \text{Log } 20)$ , donde

$W_{20}$  = peso máximo resistido por 20 segundos

$W$  = peso soportado en tiempo  $t$

$t$  = segundos que resiste el gel con peso  $W$

$k = \text{coeficiente} = 0.18$

El valor final se multiplica por un factor de corrección de temperatura ambiente si esta es diferente a 20°C.

#### Suplemento

1. Recolección de pasto marino. *Syngodium filiforme* fue recolectado en junio 1991 en las playas de Riohacha (Guajira); se lavó y secó al sol durante 48 horas y luego fueron transportados al laboratorio.

2. Grupos de experimentación. Se trabajó con pollos de engorde machos de 5 días de edad raza Arbor Acres. Los grupos se establecieron en la siguiente forma:

grupo 1: control, concentrado en cantidad normal (100%)

grupo 2: concentrado en cantidad normal + 5% harina de pasto marino.

grupo 3: 95% cantidad normal de concentrado.

grupo 4: 95% cantidad normal de concentrado + 5% harina de pasto marino.

En la tabla 1 se muestra la composición de los concentrados utilizados (levante y engorde) y del pasto marino.

El ensayo se realizó durante 7 semanas en las que diariamente se registró temperatura ambiente y la cantidad de concentrado y pasto marino consumido en cada grupo; semanalmente se hicieron mediciones del peso de los animales.

| Tabla 1: Composición de los concentrados y del pasto marino |          |          |              |
|---|----------|----------|--------------|
| Componente  | Levante  | Engorde  | Pasto marino |
| Proteína  | 22% min. | 19% min  | 5.29%        |
| Grasa   | 3% min   | 3% min   | 1.99%        |
| Humedad   | 13% máx. | 13% máx. | 17.8%        |
| Fibra   | 5% máx.  | -        | 15.25%       |
| Cenizas   | 8% máx.  | 8% máx.  | 35.13%       |
| Ext. no nitrogenado   | -        | -        | 42.34%       |

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Agar

En las gráficas 1, 2, 3 y 4 se muestran los datos obtenidos de extracción de agar y fuerza del gel (sin pretratamiento y con pretratamiento para *G. verrucosa* en febrero y abril de 1990, y para *P. pinnata* en julio de 1990 y septiembre de 1991) con las diferentes muestras de *G. verrucosa*, *G. mammillaris* y *P. pinnata*. En la tabla 2 se presentan las fechas de cada muestreo. Los datos indican que no hay variaciones apreciables en cuanto a la extracción de agar durante los dos años de muestreo en *G. verrucosa* y *G. mammillaris*, pero en *P. pinnata* hay un descenso considerable en los meses comprendidos entre julio y abril, aunque la cantidad de alga para cosecha sea igual entre abril y septiembre.

Los pretratamientos utilizados con *G. verrucosa* (NaOH 0.2M -1%- y NaOH 3%) no mostraron diferencias entre sí; en la gráfica 1 se presentan los datos del pretratamiento con la menor concentración de NaOH. El porcentaje de agar obtenido con pretratamiento disminuyó, pero la fuerza del gel se incrementó en aproximadamente 30%. Esta observación ha sido reportada anteriormente para otra especie de *Gracilaria* (6).

En algunas muestras la cantidad de agar resultante no fue suficiente para realizar todas las pruebas, especialmente con *P. pinnata*. Sin embargo, la calidad de su agar fue la mejor de todos los ensayados en cuanto al aspecto y fuerza de gel, superando en esta última al control Oxoid. Se puede notar en la gráfica 3 que el pretratamiento de *P. pinnata* aumentó considerablemente la cantidad de agar extraído, hecho opuesto a los trabajos publicados; no fue posible determinar la fuerza de gel en estos agares ya que las hojuelas no disolvieron completamente. Esta prueba fue repetida varias veces con el mismo resultado, pero es necesario estudiar más a fondo este fenómeno.

Tabla 2: Fechas de recolección de macroalgas marinas.

| Código gráficas1,2,3,4 | Fecha exacta |
|------------------------|--------------|
| 1                      | 14.02.90     |
| 2                      | 11.04.90     |
| 3                      | 23.07.90     |
| 4                      | 30.09.90     |
| 5                      | 16.02.91     |
| 6                      | 06.04.91     |
| 7                      | 05.06.91     |
| 8                      | 29.09.91     |

Los agares de las diferentes algas fueron probados en varias concentraciones (1, 1.5, 2%); se seleccionaron las que resistieron temperaturas mayores de 55°C y en la Tabla 3 se muestran los datos de características del agar y porcentaje de crecimiento de los microorganismos. No se incluyen datos de *Trichoderma* sp ya que el crecimiento del hongo no permitió hacer conteo de colonias aisladas, pero se observó una diferencia importante: en todos los agares de prueba la esporulación fue considerablemente mayor que en los controles y el tipo de crecimiento macroscópico también fue un poco distinto, siendo en los agares de prueba muy parejo ("tapete"). Las características microscópicas del hongo se mantuvieron normales, a excepción del mayor grado de esporulación. Esto indica que en nuestros agares existe algún compuesto que favorece la esporulación de *Trichoderma* sp. El crecimiento y morfología macro y microscópica de *T. mentagrophytes* fue similar al control en algunos agares; pero en otros de *G. verrucosa* hubo inhibición del crecimiento. Según lo anterior, este agar no puede ser utilizado. *S. cerevisiae* crece bien en todos los agares como en el control (sin diferencias). Con las bacterias, *E. coli* presentó crecimiento en "spreader" particularmente en los agares de *G. verrucosa* y *G. mammillaris*, indicando que el agar no es lo suficientemente firme y por ello no se observan colonias separadas. *S. agalactiae* también mostró disminución en el porcentaje de crecimiento en agares de *G. verrucosa* y *G. mammillaris*, así como morfología de colonia diferente a la control. Con los agares extraídos de *P. pinnata* los resultados fueron mucho mejores en cuanto a porcentajes de crecimiento y características del mismo, es decir, muy similares a los obtenidos con siembras en agar comercial y con fuerza de gel similar a la de la agarosa (820).

Con estos resultados, se plantea la posibilidad de la extracción a nivel industrial de agar a partir de *P. pinnata* por su excelente calidad, pero es necesario dejar en claro que la biomasa disponible no es constante durante el año, lo que haría necesario el cultivo de dicha macroalga.

#### Suplemento

En las Gráficas 5 y 6 se muestran los patrones de comportamiento del peso promedio por grupo y del aumento promedio por semana, respectivamente, de los pollos de engorde en experimentación.

La evaluación de los datos se realizó con base en la eficiencia del crecimiento (E), donde

$$E = \frac{\text{Promedio total del incremento en la masa}}{\text{Promedio total de consumo}}$$

La gráfica 7 muestra una tendencia en los grupos 2 y 4 (grupos alimentados con pasto marino como suplemento) a presentar mayor eficiencia de crecimiento. Se realizó un análisis de varianza (95%) de los datos obtenidos en las semanas 5, 6 y 7, que mostró diferencias significativas en algunas de las semanas estudiadas (semana 5 diferencias entre grupos 1 y 2, 1 y 4, 2 y 3; semana 7 diferencia entre grupos 2 y 3, 3 y 4). Estas diferencias apoyan la propuesta de aumento en la eficiencia de crecimiento de los grupos 2 y 4.

De acuerdo con los resultados de los 3 análisis anteriores (curva de crecimiento, curva de eficiencia del crecimiento y ANOVA) se puede afirmar que la alimentación suplementada con pasto marino no tiene efectos nocivos y sugerir que aumenta la eficiencia del crecimiento en los pollos de experimentación; así, representaría una alternativa viable y más económica para la industria avícola del país.

Las zonas costeras de muchos países son una fuente de recursos subutilizados. Estas regiones podrían hacer parte importante en la economía, especialmente en países en desarrollo. Para lograrlo, los esfuerzos deben dirigirse hacia el desarrollo de programas de maricultura y sus industrias, y los resultados de este desarrollo deben extenderse hasta los diferentes sectores privados (12).

Tabla 3: Características de agares prueba (resistentes a 55°C) y crecimiento de microorganismos.

| Alga-fecha          | % agar | Característ. | H1  | H3  | B1    | B2   |
|---------------------|--------|--------------|-----|-----|-------|------|
| <i>G. verrucosa</i> |        |              |     |     |       |      |
| 30.09.90            | 1.5    | c3. t1. s2   | 87  | 84  | Sp    | 100  |
|                     | 2.0    | c3. t1. s2   | 93  | 51  | 71*   | 14*  |
| 16.02.91            | 1.5    | c3. t1. s2   | 100 | 99  | Sp    | AL   |
|                     | 2.0    | c3. t1. s2   | 100 | 68  | Sp    | 71*  |
| 29.09.91            | 1.5    | c3. t1. s2   | 100 | 50  | ND    | ND   |
|                     | 2.0    | c3. t1. s2   | 100 | 91  | ND    | ND   |
| <i>G. mammill.</i>  |        |              |     |     |       |      |
| 16.02.91            | 1.5    | c3. t2. s2   | ND  | 70  | Sp    | 40*  |
|                     | 2.0    | c3. t1. s2   | 100 | 100 | Sp    | 100* |
| 06.04.91            | 2.0    | c3. t1. s2   | 93  | 100 | Sp    | 40*  |
| 05.06.91            | 1.5    | c3. t1. s2   | 100 | 100 | Sp    | 90*  |
|                     | 2.0    | c3. t1. s2   | 100 | 93  | Sp    | 100* |
| <i>P. pinnata</i>   |        |              |     |     |       |      |
| 11.04.90            | 1.0    | c3. t3. s3   | 100 | 100 | 10+Sp | Sp   |
|                     | 1.5    | c3. t3. s3   | 100 | 91  | 36+Sp | 100  |
| 06.04.91            | 1.0    | c3. t3. s3   | 93  | 100 | 100   | 100  |
|                     | 1.5    | c3. t3. s3   | 100 | 97  | 100   | 100* |
| 05.06.91            | 1.0    | c3. t3. s3   | 100 | 91  | Sp    | NR   |
|                     | 1.5    | c3. t3. s3   | 100 | 70  | Sp    | 100  |

c:color; t:turbidez; s:solidificación. 1:mala; 2:regular; 3:buena.

H1:*S. cerevisiae*; H3:*T. mentagrophytes*; B1:*E. coli*; B2: *S. agalactiae*.

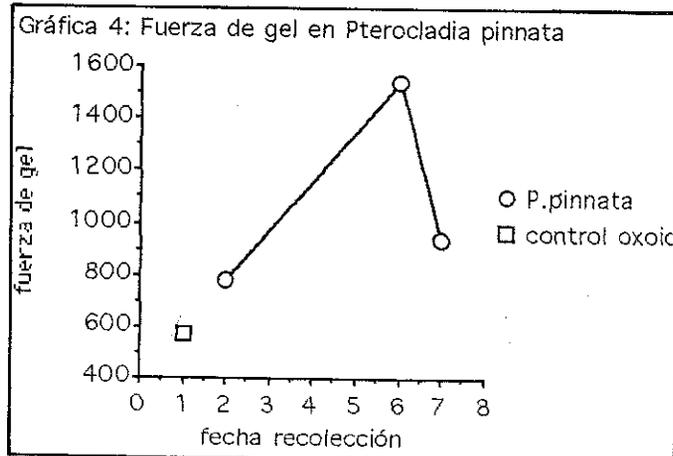
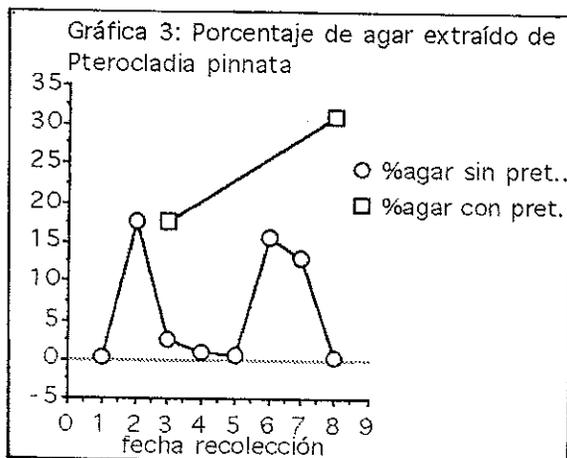
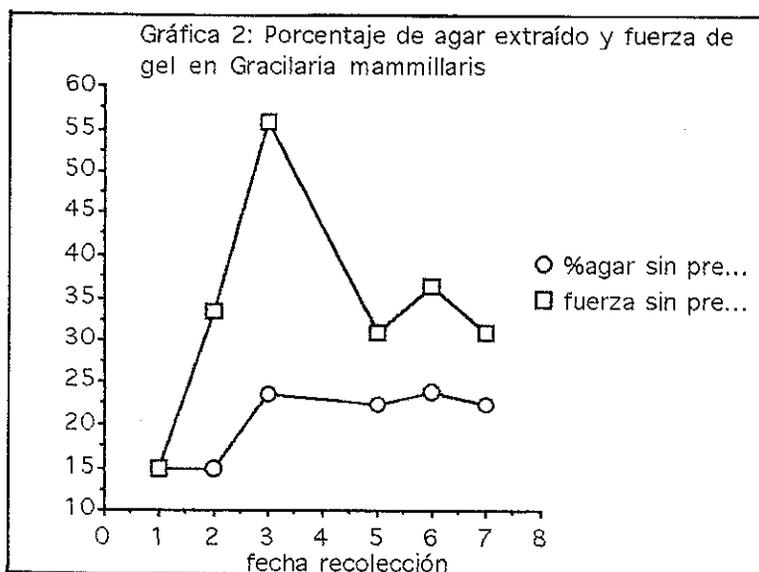
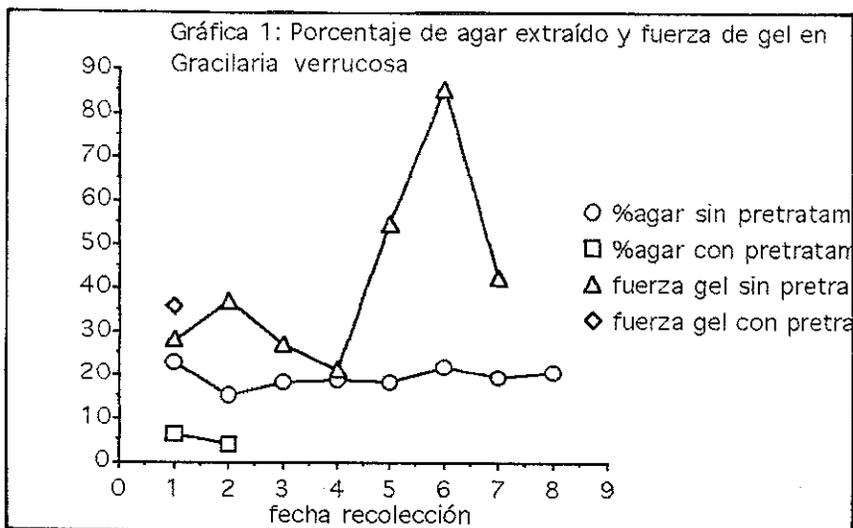
ND:No Determinado; AL:Accidente de laboratorio; \*:morfología diferente al control;

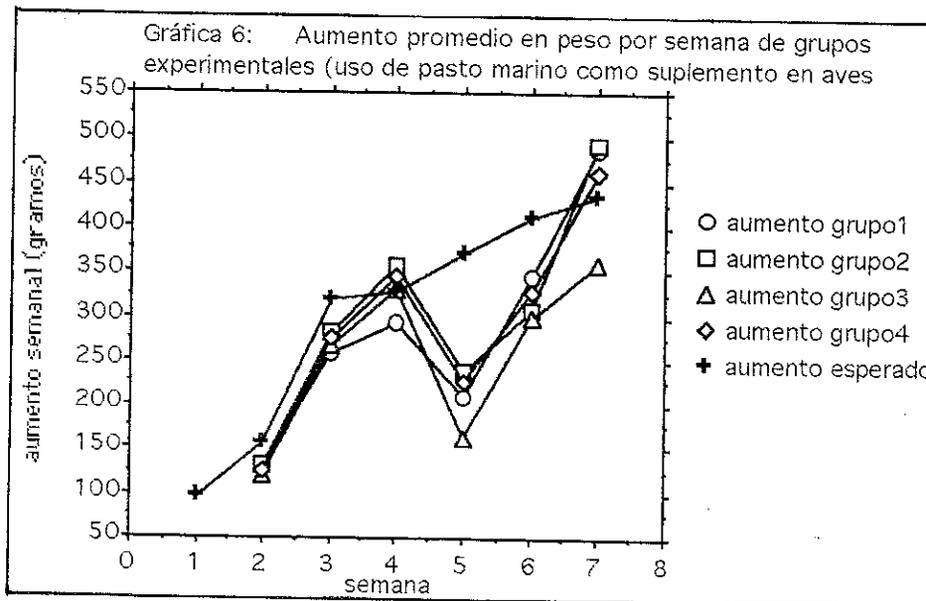
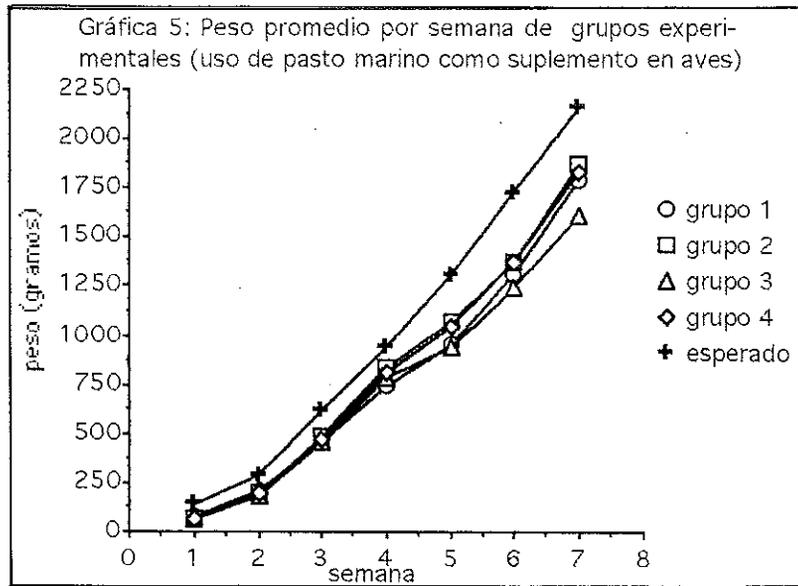
Sp: Spreader.

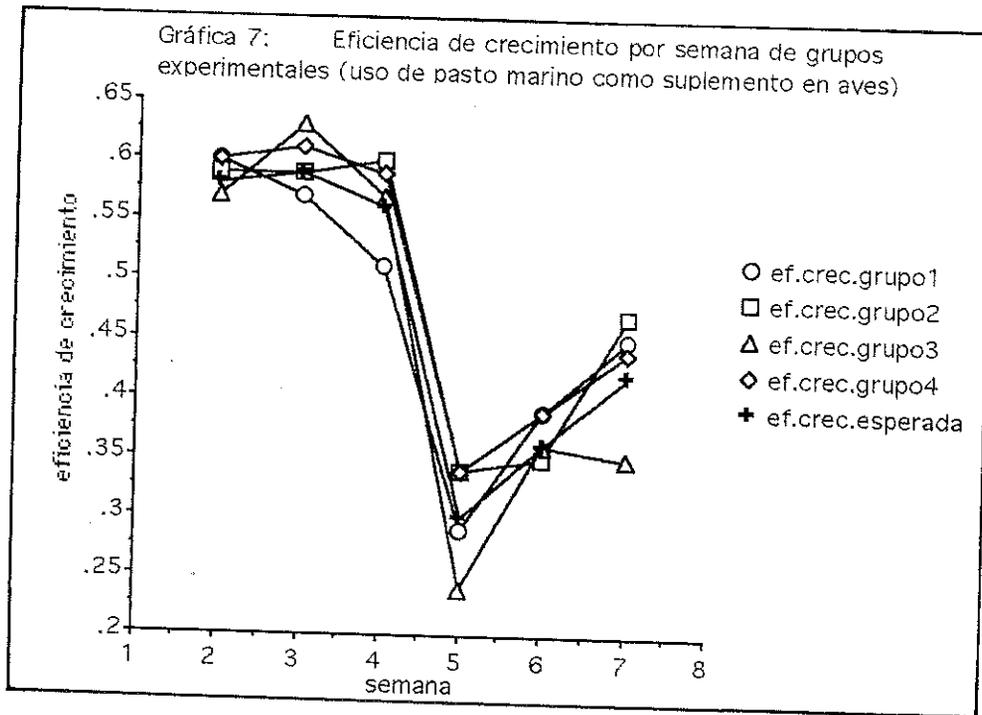
#### BIBLIOGRAFIA

1. Agar español S.A. Agar-agar analysis procedures. Castella 7, Madrid 1.
2. Araki, C., 1965. Some recent studies on the polysaccharides of agarophytes. Proc. Int. Seaweed Symp. 5 3-17.
3. Bula-Meyer, G., 1988. Las macroalgas marinas como recurso potencial económico en Colombia. Sem. Uni. Magdalena.
4. Chapman, V.J. and D.J. Chapman., 1980. Seaweeds and their uses. Chapman & Hall. London.
5. Duckworth, M., and W. Yaphe. 1971. The agar polysaccharide of *Gracilaria* spp. Carbohydr. Research. 18 1-9.
6. Durairatnam, M. 1987. Studies of the yield of agar, gel strength and quality of agar of *Gracilaria edulis* (Gmel) Silva from Brazil. Hydrobio 151/152 509-512.

7. Luhan, M.R.J. 1992. Agar yield and gel strength of *Gracilaria heteroclada* collected from Iloilo, Central Philippines. *Bot. Mar.* 35 169-172.
8. Matsuhira, H.B. y C.C. Urzua. 1990. Agares from *Gracilaria chilensis*. *J. Appl. Phycol.* 2 273-279.
9. McHugh, D.J. ed. 1987. Production and utilization of products from commercial seaweeds. *FAO Fish. Tech. Pap.* 288 189 p.
10. Mouradi-Givernaud, A., T. Givernaud, H. Morvan, and J. Cosson. 1992. Agar from *Gelidium latifolium* (Rhodophyceae, Gelidiales). Biochemical composition and seasonal variation. *Bot. Mar.* 35 153-159.
11. Schenetter, R. 1981. Aspectos de la distribución regional de algas marinas en la costa atlántica de Colombia. *Rev. Acad. Col. Ciencias Ex. Fis. Nac.*
12. Singleton, F.L. and J.G. Kramer. 1990. Biotechnology of marine algae: opportunities for developing countries. 1st. *Internat. Symp. Marine Molecular Biology #31.*
13. Trono, G.C. Jr., and R. Azanza-Corrales. 1981. The seasonal variation in the biomass and reproductive states of *Gracilaria* in Manila Bay. *Xth Internat. Seaweed Symp.* 743-748.
14. Whyte, J.N.C., and J.R. Englar. 1981. Agar from an Intertidal population of *Gracilaria* sp. *Xth Internat. Seaweed Symp.* 537-542.
15. Yaphe, W. 1984. Chemistry of agars and carrageenons. *Hydrobio.* 116/117 171-186.







### **1.3. ARRECIFES**

## INICIATIVAS INTERNACIONALES PARA LA CONSERVACIÓN DE PECES DE ARRECIFE DE CORAL

Patricia C. Almada-Villela

Co-Presidente, Grupo de Especialistas en Peces de Arrecife de Coral de la UICN  
Director Consultivo, Ocean Voice International  
60 Newington, Willingham, Cambridge, CB4 5JE. Reino Unido

### RESUMEN

Los arrecifes de coral son uno de los ecosistemas más diversos del planeta. En cuanto a biodiversidad, son los ecosistemas marinos más ricos en número de especies y son los únicos ecosistemas marinos o acuáticos comparables a las selvas tropicales en términos de diversidad de especies. Sin embargo, el conocimiento sobre el estado de conservación de los peces de arrecife de coral es pobre.

La importancia de los peces coralinos es considerable y frecuentemente, son la única fuente de proteína animal en muchos países en desarrollo como las Filipinas. También forman parte importante en el eslabón económico de las industrias de acuario y turismo.

Se presenta un análisis breve de las amenazas a que estas especies se enfrentan. Se proporciona información sobre las actividades de dos programas internacionales dedicados a promover el mejor entendimiento de las interacciones entre los ecosistemas arrecifales, sus especies y las actividades humanas que dependen de ellos. Se discuten de manera concisa las acciones dirigidas hacia la elaboración de un Plan de Acción para la Conservación de los Peces de Arrecife de Coral junto con detalles de proyectos relacionados con la conservación y el desarrollo sostenible de estos ecosistemas y especies.

### INTRODUCCION

Los arrecifes de coral han sido identificados por la Estrategia Mundial para la Conservación (IUCN/UNEP/WWF, 1991) como uno de los 'procesos ecológicos esenciales y como sistemas para el mantenimiento de ciclos de vida' necesarios para la producción de alimento, salud y otros aspectos relacionados con la supervivencia humana y el desarrollo sostenible. Los arrecifes de coral no solamente son ricos en especies sino que se encuentran entre los ambientes marinos más productivos, produciendo hasta 35 toneladas métricas de pescado por kilómetro cuadrado por año (McAllister y Almada-Villela, 1991).

Los peces de arrecife de coral son un componente importante de estos ecosistemas. Nuestras evaluaciones preliminares nos indican que se conocen actualmente unas 4,000 especies de peces coralinos, los cuales representan el

25% de todos los peces marinos, aunque los arrecifes de coral solo constituyen menos del 1% de los océanos a nivel mundial.

**Presiones Humanas sobre los Recursos Arrecifales** En muchas áreas costeras e islas, estas especies son la fuente de proteínas más importante para las poblaciones humanas. En las Filipinas, por ejemplo, estos peces proporcionan un 50% de la proteína animal. Sin embargo, los peces de arrecife de coral se encuentran bajo grandes presiones por las demandas de la creciente población humana, resultando en sobre-explotación. (A)

Estas especies también se encuentran presionadas por la pérdida de sus habitats, los cuales están siendo destruidos por sedimentación, contaminación, desarrollo costero (urbano, industrial y turístico) y métodos de pesca destructivos entre otras actividades. Se considera que los arrecifes de coral se encuentran más presionados que los manglares y los pastos marinos. Es claro pues que la destrucción de estos habitats es uno de los problemas mayores en cuanto a la sobrevivencia de los peces de arrecife de coral. Los impactos de las actividades humanas sobre los arrecifes de coral fueron analizados por un grupo de expertos internacionales. Estas contribuciones se publicaron en un volumen editado por Salvat (1987). (B)

### **Grupo de Especialistas en Peces de Arrecife de Coral de la UICN**

Los objetivos principales del Programa del Grupo de Especialistas en Peces de Arrecife de Coral (GEPAC) de la UICN son:

1. Investigar y evaluar el estado de los peces de arrecife de coral y sus habitats a nivel **global**, proporcionar la primera evaluación del estado de conservación de estas especies, proponer una lista preliminar de especies bajo riesgos, sugerir recomendaciones y presentar la información en un reporte que se publicará y circulará entre todos los interesados. (1)
2. Con base en el reporte de la evaluación anterior, desarrollar y publicar un **Plan de Acción**, que describirá las actividades necesarias para la protección de especies en peligro de extinción o amenazadas en especial y la conservación de todas las especies de peces de arrecife de peces de arrecife de coral en general.

Estos objetivos se están llevando a cabo en dos fases, 1) Reporte Global sobre el Estado de Conservación de los Peces Coralinos y 2) Plan de Acción Global para la Conservación de Peces Coralinos.

**Fase 1: Revisión del Estado de Conservación de Peces Coralinos.** Esta fase del programa se ha dividido en varios proyectos incluyendo una coordinación central. A continuación se describen brevemente los aspectos más importantes del programa. (2)

1. Determinar los centros de diversidad mundial para peces coralinos usando sistemas de información geográfica (SIG), a nivel de especie, género y

familia, o para grupos dentro de una o varias familias. Este análisis incluye a especies endémicas y ayudará a priorizar áreas para protección.

2. Determinar los centros con mayor alteración por actividades humanas, tales como densidad y crecimiento de la población humana circundante, contaminación terrestre o acuática y métodos de pesca destructivos. Esta información servirá para priorizar y enfocar actividades de conservación.
3. Catalogar a los peces coralinos del mundo para obtener la primera estimación realística de la diversidad de los peces coralinos. Preparar una lista de peces marinos en la industria de acuarios, con recomendaciones para guiar a los interesados y la industria acerca de las especies que pueden mantenerse en cautiverio y a que nivel (principiante o avanzado), o si la especie deberá ser excluida de esta industria por motivos de conservación.
4. Llevar a cabo un análisis del estado de los peces de arrecife de coral y sus habitats por país. Esto permitirá evaluar el conocimiento actual e identificar áreas para investigación futura. También permitirá preparar una lista preliminar de especies bajo riesgo, o Lista Roja.
5. Evaluar el impacto de la industria de acuarios marinos sobre los peces coralinos.
6. Producir recomendaciones preliminares para estimular discusiones abiertas sobre el estado de conservación de los peces coralinos.

Los resultados de algunos de los proyectos claves se presentan a continuación (McAllister y Almada-Villela, 1994):

### **Análisis de Distribución Usando el Sistema de Información Geográfica (SIG)**

**Ocean Voice International (OVI)**, una de las organizaciones que colabora con el GEPAC, ha desarrollado una serie de mapas para las áreas tropicales del mundo con grid (red) de áreas iguales para usarse con SIG. Las celdas de la red son de 2° de ancho latitudinalmente y tienen un área de aproximadamente 50,000 km<sup>2</sup> (McAllister *et al.*, 1994). En ellas se está plasmando la información para especies y datos sobre habitats e impactos.

En la actualidad se han preparado mapas de distribución para más de 1,000 especies de peces en ocho familias y pronto se aumentara este numero a 1,600 (McAllister y Almada-Villela, 1994). Los datos para cerca de 800 especies ya han sido incluidos en una base de datos y se han preparado análisis preliminares para localizar los centros de diversidad para las especies en la muestra y para especies endémicas. Así mismo se han estudiado los gradientes latitudinales y longitudinales. Resultados preliminares indican que el numero de especies de peces de arrecife de coral aumenta hacia el Ecuador, pero han una disminución de especies dentro de 4° del Ecuador. Es posible que esta anomalía se deba a las corrientes oceánicas más frías o al volumen alto de aguas turbias descargadas

por los ríos. Esto se ha observado en las costas orientales y occidentales de Sudamérica y en las costas occidentales de África. En el Archipiélago Indo-Australiano la diversidad alcanza su máximo cerca del Ecuador (McAllister *et al.* (1994).

Un resumen longitudinal de la distribución de los peces coralinos alrededor del mundo muestra cuatro centros de diversidad: el triángulo coralino alrededor de las Indias Orientales; el Este de África a Sri Lanka; Polinesia y el área del Mar del Caribe-Golfo de México. Estas áreas en promedio poseen 103-205 especies por 10° de banda longitudinal, comparado con un promedio de 24 especies por banda de 10° en otras regiones (McAllister *et al.*, 1994)

(3)

Otros resultados incluyen primero, a altos grados de endemismo encontrados en las costas de Gabón y Río Muni en el oeste de África, 28 de las 42 especies se consideran endémicas. Segundo, aunque se conoce que muchas especies tienen amplios rangos de distribución en el Indo-Pacífico, se encontró que una proporción considerable de especies presentan endemismo en áreas relativamente pequeñas. Esto significa que algunas especies de peces coralinos podrían pasar a estar en peligro de extinción como resultado de impactos humanos a nivel local o regional (McAllister y Almada-Villela, 1994).

La segunda parte del análisis SIG se centra en los impactos humanos, los cuales serán plasmados individualmente para mostrar su extensión y efectos. Se preparará un índice crudo para combinar amenazas. Esta fase está por iniciarse. Parte de la información está disponible en formato computacional, otra información tendrá que colarse de publicaciones para plasmarse en los mapas.

### **Catalogo de Peces de Arrecife de Coral**

Esta en proceso la selección de peces que habitan los arrecifes de coral basada en la Lista Preliminar de Peces del Mundo (McAllister, 1990). Asimismo, se ha preparado una lista mundial preliminar de peces marinos en la industria de acuarios, con indicaciones sobre su cuidado.

Otra sección de este proyecto incluye una lista anotada de peces de la familia Chaetodontidae, la cual será distribuida para solicitar comentarios de expertos en conservación y en la industria sobre el contenido y formato (Baquero, in prep).

### **Evaluación del Estado de Conservación de Especies y Habitats por País**

Se está intentando evaluar el estado de conservación de los peces de arrecife de coral y sus habitats a nivel internacional. Se ha enviado un cuestionario a más de 400 expertos en todos los países que cuentan con arrecifes de coral entre sus ecosistemas. Se han recibido más del 30% de respuestas la mayoría de las cuales incluyen información adicional, que está siendo procesada actualmente.

De estos cuestionarios, se ha preparado una *Lista Preliminar de Peces de Arrecife de Coral Bajo Riesgos* (Almada-Villela, 1992) a nivel mundial que incluye a especies por país y por familias. La información sobre los habitats también será utilizada para el proyecto de SIG. Un resultado importante de este proyecto es que las especies o familias de peces identificadas por el proyecto podrán ser utilizadas como indicadores de la salud de los ecosistemas arrecifales en países y/o regiones específicas del mundo. Se espera que esta información, junto con el proyecto SIG será vital para el establecimiento de nuevas áreas marinas protegidas o para el fortalecimiento de áreas protegidas existentes.

### **Industria de Acuarios Marinos**

Se está compilando información sobre la industria y el nivel de comercio para evaluar la interacción entre esta y el estado de los peces coralinos. Actualmente se está buscando colaboración entre la industria y el programa del GEPAC. Se está colaborando con **Ocean Voice International** y se espera contar con la asistencia de la industria de acuario en la Gran Bretaña para el desarrollo de este proyecto.

### **Colaboración con Organizaciones**

GEPAC colabora activamente con organizaciones con intereses en común para lograr el mejor aprovechamiento de los recursos arrecifales y la protección de la biodiversidad marina en general.

Entre estas organizaciones se encuentran **Ocean Voice International**, una organización no gubernamental Canadiense que trabaja activamente en proyectos comunitarios. Igualmente, GEPAC colabora con el **Grupo de Especialistas en Tiburones de la UICN (GET)**, pues muchas especies de tiburón usan a los arrecifes en alguna fase de su ciclo de vida. De esta manera, se pretende formar un mosaico de especies, distribución y usos. Entre otras organizaciones que colaboran con el GEPAC se encuentran WCMC en la Gran Bretaña e ICLARM en las Filipinas.

### **Fase 2. Elaboración de un Plan de Acción para la Conservación de los Peces de Arrecife de Coral.**

Esta fase se iniciará tan pronto se tenga suficiente información resultante de la primera fase. Se intenta analizar la clasificación de especies, características de sus ciclos de vida, su importancia económica y las amenazas a las cuales se enfrentan los peces de arrecife de coral. Posiblemente se preparen resúmenes por especies o grupos críticos, se delinearán medidas para su conservación. Otros aspectos importantes incluyen al comercio internacional como alimento y ornato, pesquerías artesanales y comerciales y el uso de especies claves para la identificación de áreas que necesitan protegerse.

Los beneficiarios de este ejercicio serán grupos locales, ya que se trabajará en colaboración directa con científicos, técnicos y pescadores *in situ*; los gobiernos nacionales, ya que el Plan de Acción ayudara a identificar las necesidades y posibles soluciones; la comunidad internacional, ya que aumentará el conocimiento general de los arrecifes de coral, sus especies e interacciones entre estas y las poblaciones locales.

Así mismo, no debemos ignorar que uno de los beneficios mayores será la satisfacción de poder seguir contando con la belleza, riqueza (biológica y económica) de los arrecifes de coral y sus biotas entre los ecosistemas del planeta para nuestro beneficio social, económico, moral y estético.

Pescar

### **Ocean Voice International**

**Ocean Voice International (OVI)** es una organización no gubernamental basada en Canadá dedicada a estimular la armonía entre las naciones, la vida marina y el ambiente. Sus prioridades son ambientales, humanitarias y globales. Es una organización de caridad no discriminatoria, que funciona a travez de educación, investigación y cooperación económica y técnica. **Ocean Voice International** publica un boletín cuarto veces al año titulado *Sea Wind*. Sus objetivos principales son los siguientes:

(4)

- Conservar la diversidad de la biota marina
- Proteger y restaurar los ecosistemas marinos y servicios ecológicos
- Mejorar la calidad de vida y la igualdad de beneficios para los grupos de pescadores costeros
- Promover el aprovechamiento de los recursos marinos de una manera ecológicamente sostenible
- Proporcionar educación para lograr estos objetivos
- Formación de asociaciones para entrenar a grupos en el uso de métodos adecuados para el aprovechamiento de los recursos marinos
- Llevar a cabo investigación científica sobre ciencias marinas y sobre el conocimiento tradicional indígena y compartir estos resultados
- Promover la participación de pescadores marinos en la toma de decisiones sobre asuntos ambientales, manejo y cooperación mutua
- Reportar, solicitar, publicar y comunicar artículos, periódicos, manuales y libros relevantes

(5)

A pesar de su modesto tamaño, OVI se ha embarcado con éxito en proyectos mayores. A continuación se mencionan algunos de sus proyectos:

### **Proyecto Netsman, Filipinas**

Este proyecto es una colaboración entre OVI y la Fundación Haribon para la Conservación de los Recursos Naturales y tiene seis años de vida. Es posiblemente el proyecto de este tipo con más éxito hasta ahora. El objetivo principal de este proyecto es el de entrenar a los colectores de peces de acuario en el uso de redes como alternativas al uso de cianuro de sodio. El cianuro de sodio reduce la longevidad de los peces de acuario y destruye a los pólipos de

coral y no debe usarse para capturar peces para acuario en arrecifes vivos. Se ha demostrado que el uso de estas redes es un método mejor pues permite capturas de peces en buena condición y no destruye a los corales (Pajaro, 1992).

El entrenamiento técnico de los colectores consiste en adiestrarlos en el uso de métodos alternativos para su subsistencia como el uso de redes pequeñas, trampas, acuicultura y granjas integrales; en la colecta de diferentes especies, en usar técnicas adecuadas para el mantenimiento y el transporte de los peces, en el uso de técnicas adecuadas de buceo y procedimiento de primeros auxilios. Otras alternativas que se esta siguiendo es el uso de nuevos productos como algas marinas, estrellas de mar y pinturas *gyo-taku* o impresiones japonesas de pescados para venta al turismo (McAllister, 1991; 1992).

En el primer año se entrenaron 299 colectores durante 10 sesiones que se llevaron a cabo en varias partes del país (Palawan, Quezon y Zambales) (Alcala, 1991). El numero total de colectores entrenados de 1990 a 1992 fue de 475, los que participaron en 15 sesiones en once diferentes sitios de la Isla de Luzon (Pajaro, 1992). Los colectores de peces fueron organizados por cooperativas de pescadores lo que facilitó el mercado de sus capturas. Los Organizadores Comunitarios (OC) (que en su mayoría son mujeres) y los Especialistas en Recursos (ER) se aseguran que existan lazos adecuados entre las organizaciones de pescadores, las oficinas gubernamentales y los exportadores de peces (Alcala, 1991).

**Industria de Acuario** De acuerdo a Spiller (1993), la exportación de peces e invertebrados a los EUA y a Europa está valorada en \$10 millones al año. Existen más de 2,500 colectores de peces en las Filipinas, alrededor de la mitad trabajan para 300 operadores de lanchas. Los colectores deben vender sus capturas a los operadores, los cuales transportan a 8 o 9 colectores por embarcación. La captura se transporta a Manila donde se vende a cerca de 50 exportadores. Desgraciadamente, muchos de los peces capturados con cianuro mueren antes de llegar a Manila, o en el transcurso del viaje a sus destinos finales. La mayoría de los sobrevivientes mueren en seis meses pues el cianuro daña sus sistemas nerviosos.

Haribon ha colaborado continuamente con los exportadores de peces en Manila que solamente venden peces capturados con redes. Se ha establecido la Federación de Colectores de Peces para Acuarios Marinos como resultado de la unión de cooperativas establecidas con personal entrenado por el proyecto (Spiller, 1993).

**Reservas Marinas Basadas en la Comunidad** Existe creciente evidencia de que la creación de reservas marinas aumenta la abundancia de peces en los arrecifes adyacentes a las reservas (Alcala, 1988; Spiller, 1993). Con la recuperación del habitat, las poblaciones de peces aumentan también y los adultos y juveniles se dispersan a áreas vecinas. La comunidad de la Isla de San Salvador en Zambales, creó un santuario donde solo se permiten ciertos limites de pesca. Observaciones por buceo indican que tanto la cobertura de coral como las poblaciones de peces han aumentado desde la formación del santuario (Spiller, 1993).

**Manual para Proteger a los Arrecifes de Coral** OVI ha preparado un manual para educar a grupos en las costas e islas acerca del valor de los corales. El manual consiste de cinco capítulos principales que explican en términos muy simples el valor de los arrecifes, sus especies, pérdidas o degradación de los corales, ecología y biología de las colonias, sistemas arrecifales. Uno de los capítulos aborda el tema de las amenazas a los arrecifes (sedimentación, contaminación, calentamiento global), otra sección trata con el bienestar de los arrecifes y la último capítulo es dedicado al cuidado de los arrecifes. ⑦

A la fecha se han publicado dos versiones del manual, una para Indonesia (McAllister, 1991) y para las Filipinas (McAllister y Ansula, 1993). La versión Filipina se publicó en Inglés en 1993 (McAllister y Ansula, 1993) y se están preparando las versiones en Visayan y Tagalog para el beneficio de otros grupos en las Filipinas (McAllister, comunicación personal). ⑧

OVI intenta preparar un manual para cada región importante del mundo en términos de arrecifes de coral. Se han iniciado contactos preliminares en México y Colombia para la posible producción de manuales en Español.

#### INTEGRACION DE PROYECTOS

Dado que varios miembros del GEPAC son también miembros de OVI, existen varios proyectos en común lo cual no solo aumenta la eficacia de los esfuerzos, sino que utiliza de mejor manera el financiamiento ya que la mayoría de los resultados son intercambiados. Entre estos proyectos se encuentran el análisis con SIG, donde OVI fue crucial en el desarrollo del programa computacional.

El éxito de los proyectos de OVI, GEPAC y otras organizaciones como la Haribon Foundation en las Filipinas, se debe a que han sabido organizar trabajo de equipo entre los organizadores comunitarios y los especialistas en recursos. Estos modelos deberían duplicarse en otras áreas geográficas si es que vamos a ponerle alto a la destrucción del ambiente marino y sus recursos.

#### CONCLUSIONES

La importancia de este tipo de programas es vital para lograr el desarrollo sostenible de las comunidades de pescadores que están sobreviviendo con ganancias marginales y de las industrias relacionadas de una forma u otra con la utilización de los arrecifes de coral. El mejor conocimiento de la situación de nuestros arrecifes nos permitirá preparar e implementar mejores medidas para su protección, como en el caso de San Salvador en las Filipinas.

Desde el punto de vista de biodiversidad, la identificación de los cuatro centros mayores de diversidad servirá para concentrar esfuerzos para su mejor investigación, protección y utilización. La formación de programas integrales de manejo de los recursos es vital para el continuo bienestar de las poblaciones humanas y de los recursos costeros.

Sin embargo, dado que la mayor parte del trabajo de estas organizaciones es voluntario, es crítico que las agencias internacionales de desarrollo, las industrias multinacionales y pequeñas con intereses en los arrecifes de coral o sus productos, apoyen las actividades de grupos y programas como los descritos anteriormente. Asimismo, se necesitan forjar nuevas alianzas entre instituciones y países para lograr una representación global verdadera, la cual redituará mayores beneficios a la comunidad internacional.

## AGRADECIMIENTOS

Mucho se agradece al Dr Don McAllister por las discusiones sobre los proyectos del GEPAC, OVI y Haribon y por sus comentarios relacionados con este artículo.

## REFERENCIAS

Alcala, A.C. (1988). The effect of marine reserves on coral fish abundance and yields of Philippines coral reefs. *Ambio* 17(3): 194-199.

Alcala, A.C. (1991). Community organizing: The key to successful marine environmental programs. *Sea Wind* 5(1): 9-11.

Almada-Villela, P.C. (1992). Preliminary List of Coral Reef Fishes at Risk. Report to the Coral Reef Fish Specialist Group. 12 pp.

IUCN/UNEP/WWF (1991). *Caring for the Earth. A Strategy for Sustainable Living*. Gland, Switzerland. 228 pp.

McAllister, D.E. (1990). *A Working List of Fishes of the World*. National Museum of Natural Sciences. National Museums of Canada. Ottawa, Canada. 3000 pp.

McAllister, D.E. (1991). Fish printing: Environmentally friendly work for women in coastal communities. *Sea Wind* 5(4): 24-26.

McAllister, D.E. (1992). Star sand from southern Japan. *Sea Wind* 6(4): 10-11.

McAllister, D.E. y Almada-Villela, P.C. (1991). *World Coral Fish Programme Proposal*. IUCN Species Survival Commission. 17 pp.

McAllister, D.E. y Almada-Villela, P.C. (1994). Coral Reef Fish Specialist Group. *Species* 21-22: 54-55.

McAllister, D.E. y Ansula, A. (1993). *Save our Coral Reefs. A coral reef care manual for the Philippines and neighboring areas*. Ocean Voice International. IGS Printing and Laminating. Ottawa, Canada. 126 pp.

McAllister, D.E.; Schueler, F.W.; Roberts, C.M. y Hawkins, J.P. (1994). Mapping and GIS analysis of the global distribution of coral reef fishes on an equal-area grid. Pp. 155-175. In: R.I. Miller (Ed). *Mapping the Diversity of Nature*. Chapman and Hall, London.

Pajaro, M. (1992). Alternatives to sodium cyanide use in aquarium fish collection: A community based approach. *Enviroscope* VII(7), Haribon Foundation Bulletin pp. 1-12; and *Sea Wind* 6(3): 2-17.

Salvat, B. (1987). *Human Impacts on Coral Reefs: Facts and Recommendations*. Antenne Museum E.P.H.E., French Polynesia. 254 pp.

Spiller, G. (1993). Sustainable livelihood alternatives for coral divers in the Philippines. *Sea Wind* 7(3):2-7.

COMPOSICION Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD CORALINA  
(MILLEPORINA Y SCLERACTINIA) DE LA BAHIA DE GAYRACA,  
PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA, CARIBE COLOMBIANO.

RESUMEN

Entre Agosto y Octubre de 1993 se llevó a cabo un estudio cuantitativo de la comunidad de corales de Bahía Gayraca usando el método de transecto lineal con cadena. Se realizó en tres estaciones ubicadas, dos en el costado protegido (oriental) y una en el costado expuesto (occidental) de la bahía. Se registró la presencia de 17 especies de corales y un porcentaje de coral vivo de 22,91 %. El análisis de agrupamiento entre los transectos de cada estación del sector oriental no reveló una zonación; sin embargo se reconoce una región somera, poblada por Porites, Millepora y Colpophylia sobre un fondo de coral muerto, y una más profunda dominada por los géneros Montastrea, Diploria y Stephanocoenia sobre un fondo arenoso, presentándose una cobertura de coral vivo de 25,81 %. El análisis de agrupamiento entre los transectos de la estación del sector occidental tampoco permitió definir una zonación, aunque se distinguen cuatro regiones caracterizadas por el predominio de algunas especies: la más somera dominada por A. Palmata, Millepora, Diploria y Porites, otra dominada por trozos de A. cervicornis muerto colonizados por algas filamentosas y otros organismos, una tercera, caracterizada por ser somera, dominada por A. Palmata y Agaricia y, finalmente, una región de fuerte pendiente dominada por Siderastrea, Montastrea, Diploria, y algunas especies de octocorales, terminando en un plano arenoso. El cubrimiento de coral vivo fue de 19,45 %.

ABSTRACT

Between August and October of 1993 a quantitative survey was carried out in the coral community of Gayraca Bay, using the

---

Alonso Córdoba Granada, Francisco Díaz Marciales, Jaime Humberto Nivia Ruiz, Javier Reyes Forero y John Vargas Bernal. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina. Carrera 2 No. 11-68. El Rodadero. Santa Marta, Magdalena.

chain transect method. Three sampling stations, two in the protected side (eastern) and one in the exposed side (western) of the bay, were located. The occurrence of 17 coral species, with a cover percentage of 22,91 % was observed. The cluster analysis between eastern side transects of each station doesn't reveal a zonation; although it can be seen a shallow region populated by Colpophylia, Porites and Millepora growing over a dead coral bottom, and a deeper region where Montastrea, Diploria and Stephanocoenia dominated, growing over a sandy bottom with a live coral cover percentage of 25.81%. Cluster analysis, for this sector neither made possible to define a zonation, although 4 regions can be distinguished because of the predominance of several species: the shallowest one was dominated by A. palmata, Millepora, Diploria and Porites, the next one was dominated by pieces of dead A. cervicornis colonized by assemblages of filamentous algae and some other organisms, a third one was characterized because of being shallow and dominated by A. palmata and Agaricia and, finally, a strong slope region dominated by Siderastrea, Montastrea, Diploria and several species of octocorallia individuals, ending in a sandy flat bottom. Cover percentage of live coral was 19,45 %.

#### INTRODUCCION

Aunque se dice que el ecosistema arrecifal se caracteriza porque en él se ha establecido una comunidad biológica sumamente estable, con una gran diversidad de especies y que se encuentra en o muy cerca del climax sucesional (Chávez e Hidalgo, 1988), tal idea ha cambiado en favor de teorías de perturbación que hacen de estas comunidades entes de rápido cambio aunque parezcan estables (Bythell y Bythell, 1991). Este tipo de ecosistemas se han estudiado ampliamente en el mar Caribe. En el área de Santa Marta vale la pena destacar las descripciones de comunidades coralinas que han adelantado Geyer (1969) en Bahía Concha y Santa Marta, Antonius (1972) en Punta Betín, Morrito Largo y Concha, Werding y Erhardt (1975) y Acosta (1987) en la ensenada de Granate, Werding y Erhardt (1976) y Solano (1987) en Bahía Chengue, Werding y Sánchez (1988) en la Bahía de Santa Marta, Garzón y Cano (1991) en Bahía Gayraca y Zea (1992) en Punta Betín, Isla Aguja y Bahía Gayraca.

En el presente trabajo, se realizó una descripción cuantitativa de la comunidad coralina de la bahía determinando, además, la cobertura de coral vivo y muerto comparando la diversidad de los sectores oriental y occidental de la bahía.

#### AREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la Bahía de Gayraca ubicada entre los 11°19' y los 11°21' latitud norte y entre los 74° 07'30" y los 74° 07' longitud occidental aproximadamente, dentro del

Parque Nacional Natural Tayrona en el Caribe Colombiano. Esta región se encuentra influenciada por los vientos alisios del nororiente, principalmente, durante los meses secos del año, que corresponden al primer semestre y parte del segundo del mismo. En el área se presenta un régimen climático bimodal (Bula, 1985 y Solano, 1987). Por la forma alargada de la bahía ésta se encuentra protegida de los vientos y sólo una sección de la costa occidental está expuesta al oleaje directo (Garzón y Cano, 1991). Allí el agua es clara mientras que en el sector protegido del oleaje no lo es tanto y se enturbia fácilmente (Garzón y Cano, 1991).

## METODOLOGIA

Durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre de 1993 se efectuó una evaluación cuantitativa de la comunidad coralina de Bahía Gayraca con el método de transecto lineal con cadena descrito por Loya y Slobodkin (1971 en Loya, 1978).

Se eligieron tres estaciones, dos en el costado oriental y una en el costado occidental de la bahía (fig. 1). Las del costado oriental fueron de 40 (est.A) y 60 m (est.B), mientras que la del costado occidental (est.C) fue de 130 m de longitud, lo cual dependía de la extensión del parche coralino, desde la línea de costa hacia el interior de la bahía. En cada una de ellas se hicieron transectos de 20 m cada uno, paralelos a la costa, con intervalos de 10 m entre sí. Se utilizó una cadena de 10 m de longitud (600 eslabones de aproximadamente 2 cm cada uno). Para las determinaciones se utilizó equipo autónomo de buceo (SCUBA).

Con los datos obtenidos en campo se calculó la cobertura del coral, tanto vivo como muerto, y de otros componentes del ecosistema (tabla 1) de acuerdo al porcentaje de eslabones que registró cada ítem (100 % = 1200 eslabones).

Para intentar dilucidar una posible zonación se realizó un análisis de agrupamiento, mediante la técnica del ligamiento promedio, entre los transectos de cada perfil, usando como base el índice de Bray-Curtis (Bray and Curtis, 1957 in Ludwig and Reynolds, 1988):

$$PS_{jk} = (\sum [\min(X_{ij}, X_{ik})] / \sum X_{ij} + \sum X_{ik}) * 100$$

Este índice fué calculado mediante el paquete estadístico SIMCLUST.

Los datos fueron previamente transformados a porcentaje. Por otra parte, se comparó la diversidad de las estaciones del costado oriental entre sí y, de éstas con la diversidad del costado occidental por medio de curvas de K-dominancia (Lamshead, Platt and Shaw, 1983 in García, 1993).

## RESULTADOS

Se encontraron 17 especies distribuidas en dos clases, dos órdenes y ocho familias. El listado de las mismas y su porcentaje de cubrimiento en las estaciones se presenta en la

tabla 1. En las áreas coralinas de Bahía Gayraca se presenta cierto grado de degradación caracterizado por zonas de coral muerto cubierto principalmente por algas filamentosas y del género Dyctiota, milleporidos y esponjas, especialmente Ulosa ruetzliere y Niphates digitalis. Sobre el talud se encontraron varias especies de octocorales.

El costado oriental (fig. 2a) se caracteriza por presentar aguas calmadas y una suave pendiente ( $< 5^\circ$ ), comenzando con una densa franja de Sargassum en la orilla, seguida por un fondo mixto de cabezas de coral muerto colonizadas por milleporidos y colonias de Colpophyllia y Siderastrea; posteriormente, una región de sustrato arenoso dominada por grandes cabezas de Montastrea y Diploria. Se encontró una cobertura de coral vivo de 25,81% y 22,89 % de coral muerto. Es notable el predominio de sustrato arenoso (41,51 %). El análisis de agrupamiento (fig. 3 A y B) revela ausencia de zonación horizontal o vertical.

El costado occidental (fig 2b), afectado por un fuerte embate del oleaje, se caracteriza por una pendiente abrupta en la orilla, con sustrato rocoso colonizado por zoantarios, seguido por un sector de sustrato horizontal dominado por A. palmata, luego un pequeño parche de corales hemisféricos, uno de A. palmata y A. cervicornis muertos parcialmente colonizados por milleporidos y una elevación del fondo donde se presentan, además de A. palmata vivo y muerto, algunos octocorales. Finalmente un talud con predominio de colonias de corales hemisféricos. Se encontró una cobertura de coral vivo de 19,45 % y 60,27 % de coral muerto para este costado.

El análisis de agrupamiento (fig. 3 C) no revela la presencia de una zonación en los corales del área. La agrupación de transectos se debe a la presencia de especies comunes dominantes en ellos. Un grupo está dominado por A. palmata (transectos 5, 13, 6 y 7), otro por corales hemisféricos (transectos 4, 3, 11 y 2) y el último por Millepora (transectos 12, 1, 9, 10 y 8).

Al comparar las curvas de K-dominancia entre las dos estaciones del sector oriental (fig. 4 A) no se observan diferencias relevantes con respecto a diversidad. Finalmente, comparando las curvas de K-dominancia de ambos costados de la bahía (fig. 4 B), se evidencia una mayor diversidad en el oriental que en el occidental.

## DISCUSION

El análisis de agrupamiento (fig. 3) en cada una de las tres estaciones no reveló la existencia de zonación de tipo horizontal ni vertical, que habría podido esperarse, debido a que las condiciones que propician esta distribución espacial (factores abióticos que ejercen influencia de variada intensidad en las diferentes zonas de un arrecife (Schuhmacher, 1978)) no se presentan en ninguna de ellas. Si bien en los dos sectores estudiados de la bahía las condiciones son distintas, debido al grado de exposición al oleaje (aguas calmadas en el sector oriental y agitadas en el

occidental), dentro de cada estación son relativamente homogéneas. En el costado occidental de la bahía la distribución de las colonias de A. palmata podría dar la impresión de la existencia de una zonación, pero este hecho se explica por el predominio que dicha especie ejerce en los lugares de alta hidrodinámica, condición indispensable para su limpieza (Ramírez y Delapava, 1981); en contraste, en el talud, donde la hidrodinámica es menor, puede observarse un área en la que predominan colonias hemisféricas, típicas en ambientes con condiciones de este tipo (Werding y Erdhardt, 1976).

Por otra parte, en el costado oriental de la bahía se encuentran parches mixtos de coral sobre un fondo arenoso en el que predominan colonias hemisféricas, incluso en la región somera con suave oleaje, lo cual concuerda con lo reportado por Werding y Erhardt (1976) para Bahía Chengue.

En las áreas en las que se presenta coral muerto se observa abundancia de milleporidos que lo utilizan como sustrato en estados sucesionales secundarios (Galvis, 1987), siendo el género Acropora el más afectado (Alvarado, Pinilla y León, 1989).

La comparación entre los costados oriental y occidental de la bahía, por medio de curvas de K-dominancia (fig. 4 B), muestra mayor diversidad en el primero lo cual es un reflejo de la dominancia que ejercen los milleporidos y A. palmata en el segundo.

El porcentaje medio de coral muerto (36.91 %) observado no permite afirmar la existencia de un estado avanzado de degradación de los parches de coral con respecto a la totalidad de la bahía, lo cual coincide con Acosta (1992) quien afirma que los corales de Bahía Gayraca se encuentran en un buen estado de conservación.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a la Universidad Jorge Tadeo Lozano por hacer posible la realización de este estudio. Agradecimiento especial al Biólogo Marino Oscar David Solano M.Sc. por estimular esta investigación y revisar el texto original; al biólogo Fernando Parra asesor de este trabajo, al Capitán de Navío Alvaro Navia por su permanente y desinteresado apoyo durante los muestreos, a Hernando Valencia por su interés y apoyo logístico y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

#### BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, L.A. 1992. Taller de arrecifes coralinos: Investigación y manejo. Bol. Ecotrópica: Ecosistemas Trop. Suplemento #1:29-33pp.

- ACOSTA, M. 1989. Composición y estructura de la comunidad de corales Hermatípicos en tres zonas representativas de la región de Santa Marta: Punta Betín, Isla Morrogrande y la énsenada de Granate, Caribe Colombiano. Tesis de Grado.
- ALVARADO, M.G. G. PINILLA y T. LEON. 1989. Parque Nacional Natural "Corales del Rosario" Plan de Manejo. Convenio U.J.T.L.-INDERENA. Tomos I y II y anexos. Bogotá D.E.
- ANTONIUS, A. 1972. Ocurrence and distribution of stony corals (Anthozoa and Hidrozoa) in vicinity of Santa Marta, Colombia. An. Inst. Inv. Mar. de Punta Betín. #6:89-103pp.
- BULA, G. 1985. Un nucleo nuevo de surgencia en el Caribe Colombiano detectado en correlación con las macroalgas. Bol. Ecotrópica. #12:3-26pp.
- BYTHELL, J.C. AND M. BYTHELL. 1991. Benthic reef comunity dynamics at selecte sites at Buck Island Reef National Monument 1988-1991: Monitoring fixed linear transects using the chain transect technique.
- CHAVEZ, A. y E. HIDALGO. 1988. Los arrecifes coralinos del Caribe noroccidental y Golfo de México en el contexto socioeconómico. An. Inst. del Mar. y Limm. Univ. de México. 115(1):167-176pp.
- ERHARDT, H y B, WERDING. 1975. Los corales (Anthozoa e Hydrozoa) de la Ensenada de Granate, pequeña bahía al este de Santa Marta, Colombia. Caldasia. 11(53):107-139pp.
- GALVIS, N. 1987. Evaluación cuantitativa de las llanuras arrecifales de Isla Pavitos, Parque Nacional Corales del Rosario, Cartagena Colombia. Tesis de Grado. U.J.T.L. Fac. Biol. Mar. Bogotá.
- GARCIA, C.B. 1993. Comparing K-Dominance curves: Yet another suggestion. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín. #22:122-138pp.
- GARZON, J. y M. CANO. 1991. Tipos distribución extensión y estado de conservación de los ecosistemas marinos costeros del Parque Nacional Natural Tayrona, Santa Marta. Inst. Inv. Mar. de Punta Betín. Informe de proyectos. Santa Marta.
- GEYER, O.F. 1969. Vorlaufige Liste der Scleractinien Korallen der Bahia Concha bei Santa Marta, Kolumbien. Mitt. Inst. Colombo-Aleman de Inv. Mar. Punta Betín. #3:25-28pp.
- LOYA, Y. 1978. Plotless and transect methods. Stoddart, D.R. and R.E. Johannes. Coral reefs research methods.

UNESCO. United Kingdom. 197-218pp.

LUDWIG, J.A. and J.F. REYNOLDS. 1988. Statistical ecology: A primer on methods and computing. John Wiley & Sons. U.S.A. 337p.

RAMIREZ, G.A. y M.L, de la PAVA. 1981. Corales hermàtipicos de la isla de Tierra Bomba (Cartagena, Colombia). Estimaciòn de algunos factores de incidencia en la suseciòn vertical con anotaciones ecològicas. Tesis de grado Biologo Marino. Fac. Biol. Mar. U.J.T.L. 138p.

SHUHMACHER, H. 1978. Arrecifes coralinos: su extensión, mundo animal y ecología. Ed Omega. Barcelona. 288p.

SOLANO, O.D. 1987. Estructura y diversidad de corales hermatípicos de la Bahía de Chengue, Parque Nacional Natural Tayrona. Tesis de M.Sc. en Biología Marina.

WERDING, B. y ERHARDT, H. 1976. Los corales (Anthozoa e Hidrozoa) de la Bahía Chengue en el Parque Nacional Natural Tayrona (Colombia). Mitt. Inst. Colombo-Aleman de Inv. Mar. Punta Betín. #8:45-53pp.

WERDING, B. y H, SANCHEZ. 1988. Deterioro observado en las formaciones coralinas de la Bahía de Santa Marta, Colombia. An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín. #18:9-16pp.

ZEA, S. 1992. Dinamica de la ocupación de sustrato en arrecifes degradados y en buen estado en la región de Santa Marta, Caribe Colombiano: Resultados preliminares. VIII Sem. Nal. Cien. Tec. Mar. Santa Marta. 223pp.

TABLA No. 1

Porcentajes medios, totales y relativos de cubrimiento coralino y otros componentes en los lugares de muestreo de la Bahía de Gairaca. Agosto - Octubre de 1983.

| ORDEN        | FAMILIA                     | ITEM                             | Costado Occidental |            | Costado Oriental |            |
|--------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------|------------|------------------|------------|
|              |                             |                                  | % total            | % relativo | % total          | % relativo |
| Milleporina  | Milleporidae                | <i>Millepora complanata</i>      | 0.41               | 2.11       | 3.91             | 15.23      |
|              |                             | <i>M. squarrosa</i>              | 0.17               | 0.87       | 0.67             | 2.58       |
|              |                             | <i>Millepora sp.</i>             | 1.43               | 7.35       | 0.00             | 0.00       |
| Scleractinia | Astrocoeniidae              | <i>Stephanocoenia intersepta</i> | 0.00               | 0.00       | 4.75             | 18.47      |
|              | Pocilloporidae              | <i>Madracis sp.</i>              | 0.08               | 0.41       | 0.00             | 0.00       |
|              | Acroporidae                 | <i>Acropora palmata</i>          | 9.99               | 51.37      | 0.48             | 1.77       |
|              | Agariciidae                 | <i>Agaricia sp.</i>              | 0.48               | 2.47       | 0.00             | 0.00       |
|              | Siderastreidae              | <i>Siderastrea siderea</i>       | 0.00               | 0.00       | 0.78             | 3.07       |
|              |                             | <i>S. radians</i>                | 2.35               | 12.08      | 0.63             | 2.43       |
|              | Poritidae                   | <i>Porites astreoides</i>        | 0.64               | 3.29       | 0.49             | 1.88       |
|              | Faviidae                    | <i>Colpophyllia natans</i>       | 0.02               | 0.10       | 3.29             | 12.70      |
|              |                             | <i>Diploria olivosa</i>          | 0.21               | 1.08       | 3.50             | 13.45      |
|              |                             | <i>D. labyrinthiformis</i>       | 0.08               | 0.41       | 1.24             | 4.87       |
|              |                             | <i>D. strigosa</i>               | 0.78               | 4.01       | 4.07             | 15.68      |
|              |                             | <i>Montastrea annularis</i>      | 1.56               | 8.02       | 0.59             | 2.33       |
|              |                             | <i>M. cavernosa</i>              | 0.51               | 2.62       | 0.24             | 0.95       |
| Meandrinidae | <i>Meandrina meandrites</i> | 0.74                             | 3.91               | 1.19       | 4.60             |            |
|              | Algas                       | 0.37                             | -                  | 2.77       | -                |            |
|              | Octocoralia                 | 2.03                             | -                  | 0.00       | -                |            |
|              | Porifera                    | 0.67                             | -                  | 0.35       | -                |            |
|              | Zoanthidea                  | 0.64                             | -                  | 0.00       | -                |            |
|              | Actinaria                   | 0.00                             | -                  | 0.17       | -                |            |
|              | Coral Muerto                | 60.27                            | -                  | 22.89      | -                |            |
|              | Foca                        | 5.92                             | -                  | 6.58       | -                |            |
|              | Arena                       | 9.94                             | -                  | 41.51      | -                |            |

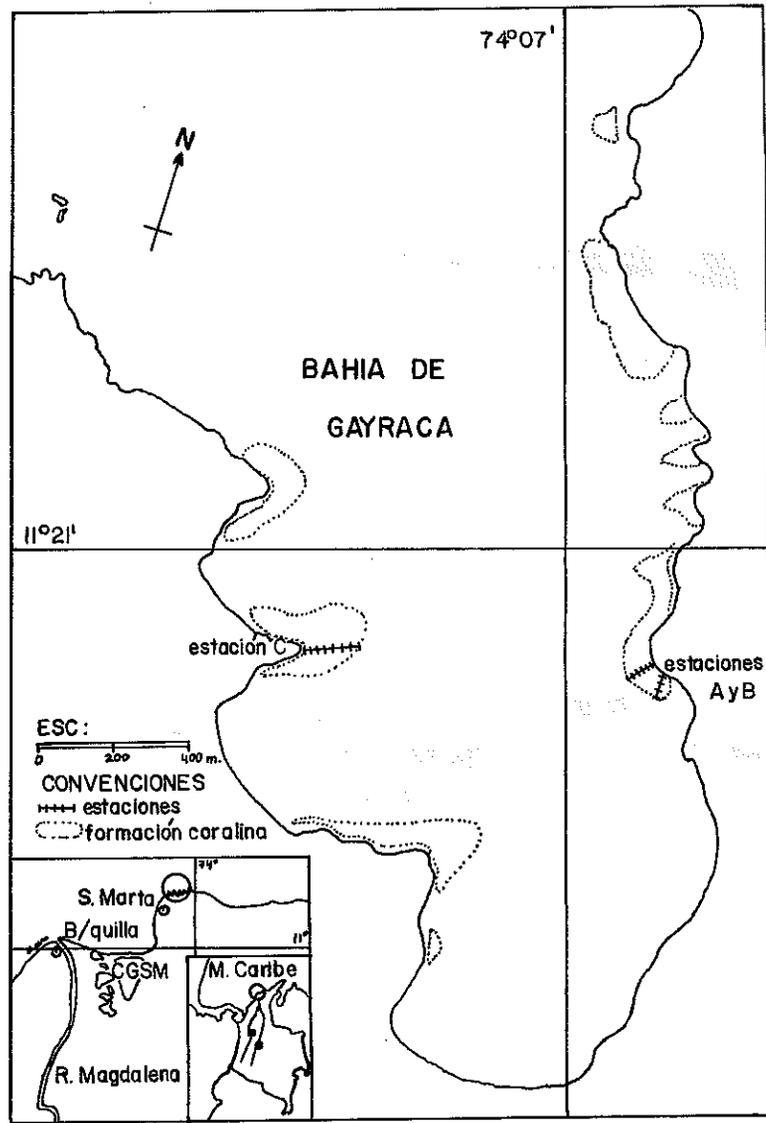


FIGURA 1. Mapa del área, mostrando las estaciones de estudio.  
(Modificado de Garzón y Cano, 1991)

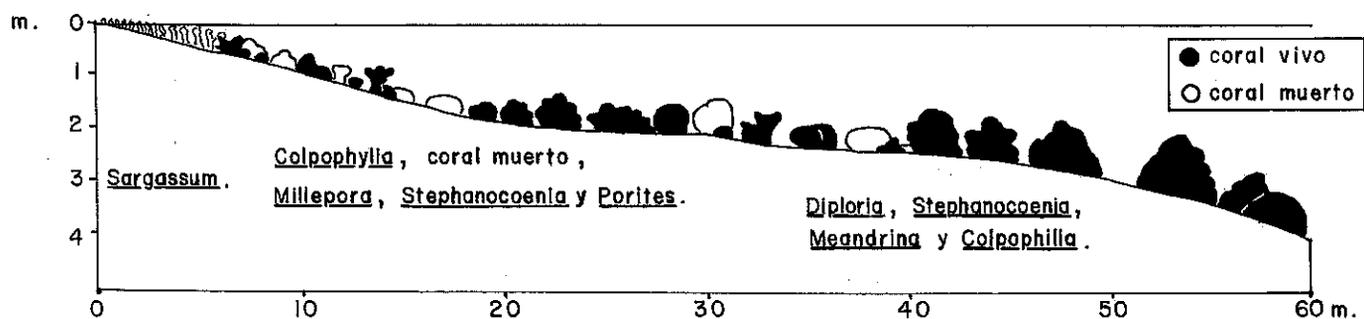


FIGURA 2a. Perfil del costado oriental de la Bahía de Gayraca. Agosto - Octubre de 1993.

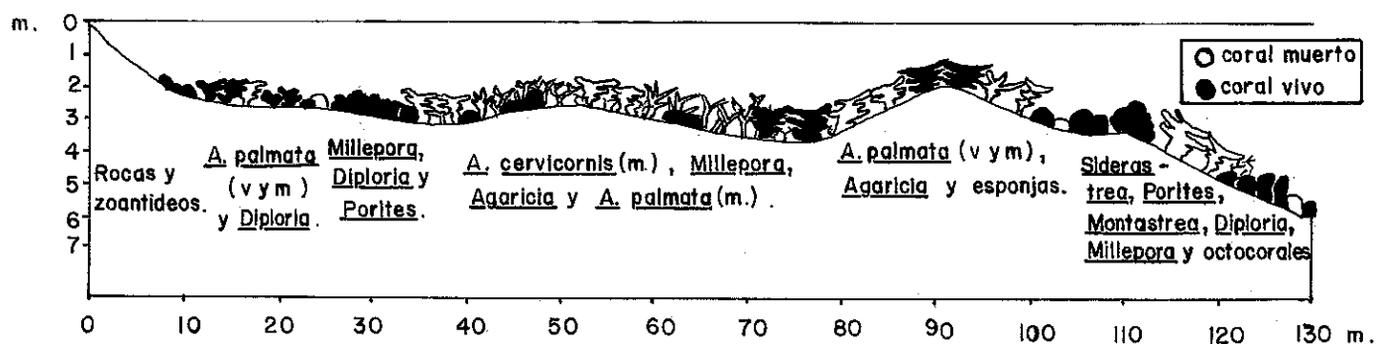


FIGURA 2b. Perfil del costado occidental de la Bahía de Gayraca. Agosto - Octubre de 1993.

Índice de Disimilaridad de  
Bray-Curtis.

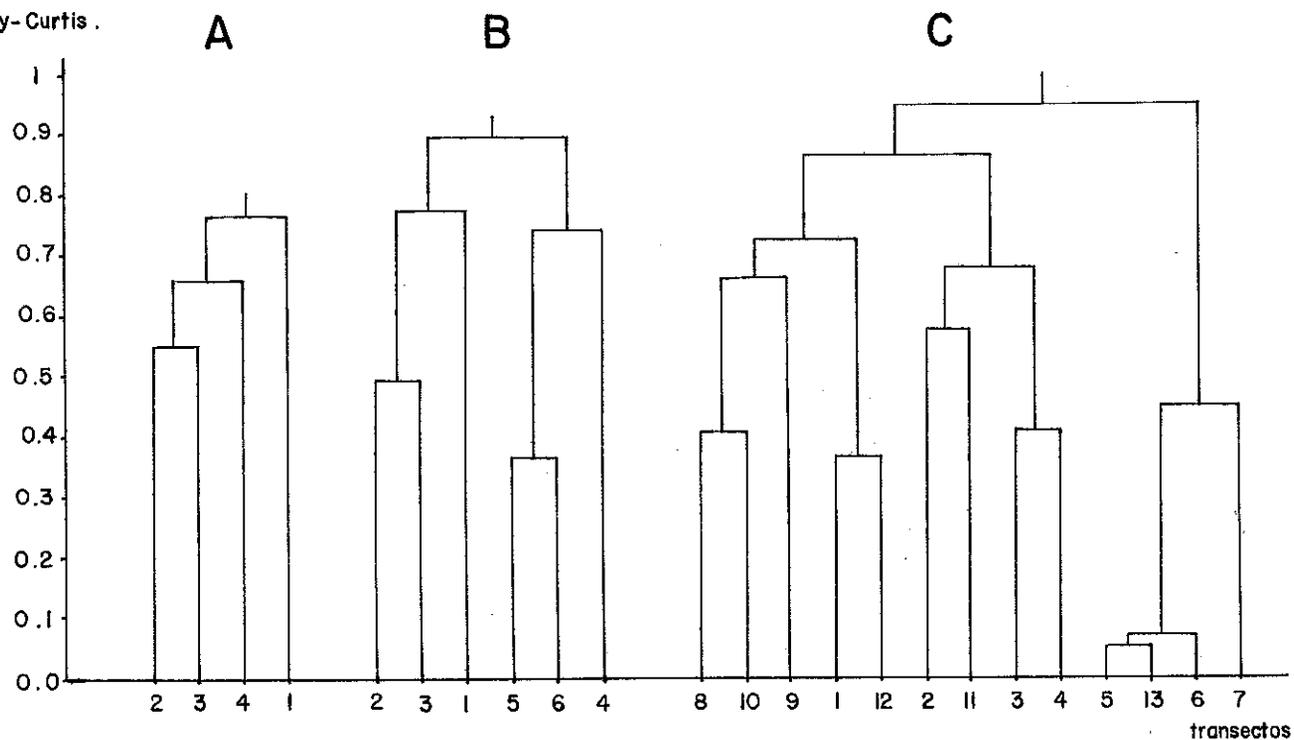


FIGURA 3. Dendrogramas basados en el índice de disimilaridad de Bray-Curtis entre los transectos de cada estación: A. estación A - oriental (40m) ; B. estación B - oriental (60m) ; C. estación C - occidental (130m).

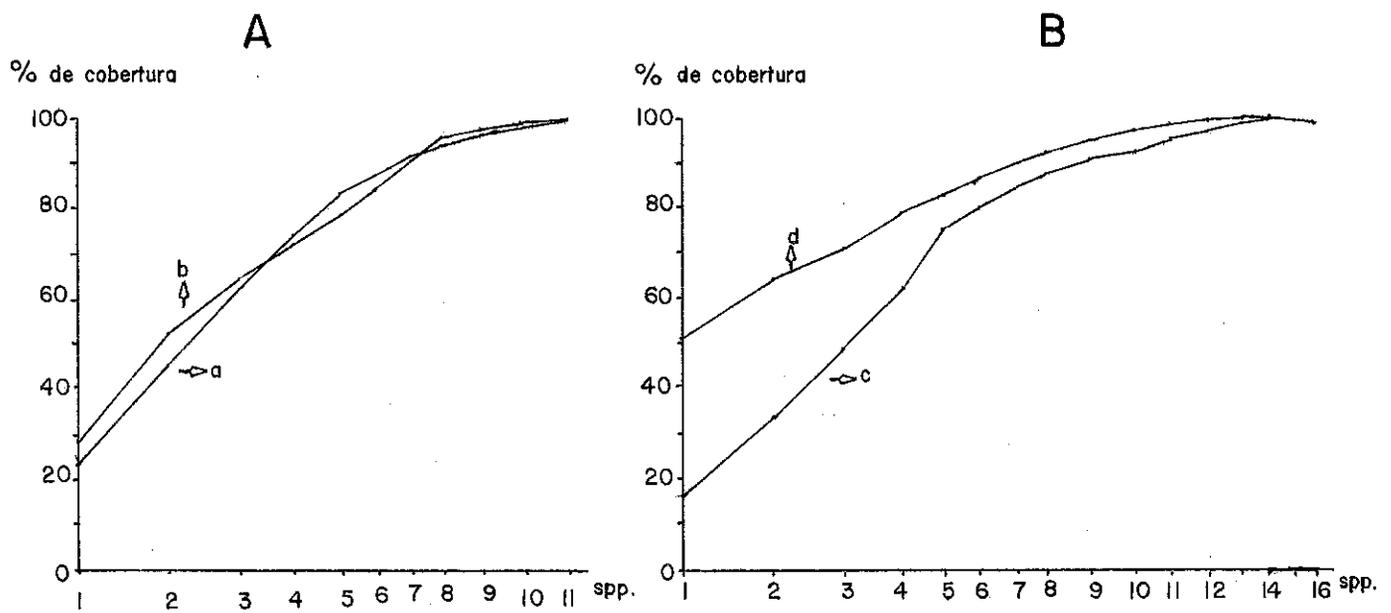


FIGURA 4. Comparación de las curvas de K-dominancia. A, entre las dos estaciones del costado oriental (40m=b ; 60m =a). B, entre los dos costados de la Bahía (oriental=e ; occidental=d).

CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DEL PLANCTON SUPERFICIAL EN LOS  
ALREDEDORES DEL PARQUE NACIONAL NATURAL  
CORALES DEL ROSARIO (CARIBE COLOMBIANO).

DIEGO VALDERRAMA, OSCAR U. CALEÑO,  
CLINTON POMARE Y LUIS A. TORRES.

**RESUMEN**

Se observa la composición taxonómica del fito y zooplancton de superficie en cuatro (4) estaciones ubicadas en los alrededores del PNNCR, mediante muestreos realizados durante la época de vientos alisios, entre 1992 y 1993. Se establecen diferencias entre las estaciones influenciadas por descargas continentales y las que logran un mayor intercambio con aguas oceánicas, con lo que se determina el predominio de ciertos grupos planctónicos según la ubicación de los sitios de muestreo. Se reconocen los mismos factores hidrodinámicos que regulan la distribución de las diferentes formas del plancton, como aquellos que han permitido el desarrollo de arrecifes coralinos en la zona.

**ABSTRACT**

This paper describes the taxonomic composition of surface phytoplankton and zooplankton that were found in four different stations near the PNNCR by taking several samples during the trade winds seasons between 1992 and 1993.

This paper also establishes certain differences between stations that are influenced by continental discharges and those with a greater exchange of ocean water streams, which makes it possible to determine the prevalence of certain plankton groups based on the location of the sampling sites.

Finally, the same hydrodynamic factors that regulate the distribution of different plankton species (such as those that have allowed the development of coral reef in the zone) are identified.

## INTRODUCCION

Desde el momento en que se interpretó el significado del plancton como expresión de la fertilidad de una masa de agua, su estudio ha proporcionado una cantidad de información de gran importancia para la construcción de toda la teoría ecológica, aún así cuando a menudo se le considera como una comunidad muy sencilla, simplemente homogeneizada en una masa de agua. En realidad, el plancton es una comunidad realmente compleja, con una heterogeneidad o estructura notable en todas las dimensiones del espacio, con un dinamismo que conduce a cambios mucho más rápidos que en la mayoría de las restantes comunidades de organismos (Margalef, 1972), por lo que, siendo además el primer eslabón de la cadena trófica, su adecuada comprensión constituye un tema de mucho interés.

En el Caribe colombiano, el estudio del fitoplancton se inicia con los reportes de Steemann-Nielsen (1934), Peters (1934), Graham y Bronykovsky (1944). En la actualidad se cuentan, para el área del PNNCR, con importantes estudios como los realizados por Carbonell (1979-1982) y Vidal (1981) mientras que los trabajos de Arias y Durán (1984) y Garcia (1987), analizan el área de la bahía de Cartagena. El zooplancton del Caribe colombiano ha sido estudiado por Del Real (1970), Samper (1971), Alvarado (1978) y Arango (1977). Para la bahía de Cartagena son importantes los reportes de Llano (1978), Moncaleano y Niño (1979) y Serrano y Larrahondo (1981).

Mediante los resultados de las anteriores investigaciones se han podido conocer aspectos sistemáticos y de distribución de las especies en función de las condiciones oceanográficas. Teniendo en cuenta esta información se identifican, en el presente trabajo, las especies y grupos taxonómicos más importantes, que contienen muestras obtenidas por arrastres superficiales en áreas cercanas al PNNCR, correlacionando su presencia con los factores biológicos y físico-químicos que interactúan sobre la comunidad, determinando su distribución y abundancia.

## AREA DE ESTUDIO

La zona muestreada incluye estaciones ubicadas hacia la entrada sur de la bahía de Cartagena (Bocachica), y en los sectores norte y sur del área delimitada del Parque Nacional Natural Corales del Rosario (Fig. 1). La bahía de Cartagena es definida como un delta de comportamiento estuarino (Arias y Durán, 1984), mientras que las Islas del Rosario se consideran como un complejo arrecifal que resultó emergente de la última transgresión marina.

El clima de la región es tropical caliente subhúmedo y se puede dividir en dos (2) épocas principales: una estación seca (Diciembre - Abril) caracterizada por la presencia de vientos alisios y una estación lluviosa (Julio - Noviembre), con un período de transición entre las dos (Leble y Cuignon, 1987). Hay

dos (2) corrientes principales: la corriente del Caribe, engendrada por los vientos alisios de dirección este, llevándola hacia el oeste; y la contracorriente del Darién, que se dirige al norte a lo largo de la costa colombiana, y de importancia inversamente proporcional a la fuerza de los vientos alisios (Pujos et al, 1986).

El oleaje más frecuente proviene del norte - noroeste y es el más fuerte, pero excepcionalmente llegan del suroeste olas destructivas llamadas "Mar de Leva". Aunque la marea sobre la costa Caribe es de tipo semidiurno con un rango muy corto, las Islas del Rosario están más influenciadas por las mareas meteorológicas (acción del viento sobre la superficie del mar), que por las mareas astronómicas, por su situación lejos de la costa y su sistema abierto (Leble y Cuignon, 1987). La salinidad en el área oscila entre 30 y 36 ‰, las temperaturas entre 26 y 32 °C, y debido a la baja concentración de nutrientes las aguas se categorizan como oligotróficas (Carbonell, 1982).

## METODOLOGIA

Las muestras analizadas fueron obtenidas mediante un continuo plan de muestreo que llevan a cabo la Universidad Jorge Tadeo Lozano-Seccional Caribe y Colciencias en el área del Parque, el cual incluye un monitoreo de parámetros físico-químicos y biológicos (plancton) de frecuencia mensual y que se inició en Agosto de 1992, con el fin de hacer un seguimiento de algunos de los componentes del ecosistema pelágico en la zona y registrar su variación en el tiempo. Por este motivo se realizan recorridos mensuales por diferentes estaciones determinadas previamente, destinándose para el análisis biológico las muestras obtenidas en las estaciones de Varadero, Punta Gigante, Límites del Parque y Punta Barú (Fig. 1). Se realizaron arrastres superficiales que coincidieran siempre con las últimas horas de la mañana, utilizándose una red con malla de poro de 64 micras para recolectar el fitoplancton, y una red Bongo de poro efectivo de 250 micras, en el caso del zooplancton. La fijación se realizaba "in situ" con formol en una proporción aproximada al 5% del volumen total de las muestras, conservándose estas refrigeradas mientras eran llevadas al laboratorio y se sometían a un análisis cualitativo y semi-cuantitativo de su composición por especies, para lo cual se utilizaron placas de Segdwich-Rafter (fitoplancton) y Bogorof (zooplancton), adoptando los procedimientos tradicionales. Las muestras de fitoplancton se observaron en un microscopio Nikon con barridos en 10x y 40x, mientras que las de zooplancton se revisaron en estereoscopios Nikon, según la metodología que propone Boltovskoy (1981).

Se analizaron muestras correspondientes a los meses de noviembre, diciembre (1992), febrero, marzo, abril (1993), del fitoplancton. Para el zooplancton los muestreos sólo se realizan a partir de diciembre (1992). Mediante el análisis de los resultados

obtenidos se caracteriza en forma general el comportamiento del componente planctónico durante la época de muestreo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se observaron en total 138 especies del fitoplancton, correspondiendo la mayoría de ellas a diatomeas pennadas y dinoflagelados. El porcentaje de individuos pertenecientes a otros grupos (clorofíceas) es muy reducido. La composición taxonómica presenta importantes variaciones entre estaciones y meses de muestreo (Fig. 2), pero en términos generales se observa que en las estaciones con influencia continental más importante (Varadero y Punta Barú) las muestras presentan mayor cantidad de organismos (un reporte similar para el área de Bocachica se encuentra en Arias y Durán, 1984) correspondiendo la mayoría a especies de diatomeas (Chaetoceros sp, Coscinodiscus sp, Bacteriastrum sp, Nitzschia sp), encontrándose muy pocos dinoflagelados (raramente sobrepasan el 10% de las muestras, aunque se dan excepciones). Esto es más evidente en Varadero, donde se ubican los valores relativos de diversidad más bajos (Tabla 1), como consecuencia del predominio ejercido en las poblaciones por las especies de alta tasa de renovación, que se adaptan a un medio especialmente inestable, el cual en la zona de Bocachica se caracteriza por el choque entre la masa de agua oceánica del mar y la salobre de la bahía. Hacia Punta Barú se recibe un importante aporte de aguas de origen continental, por las descargas del Canal del Dique durante la época lluviosa (Alvarado y Corchuelo, 1992), pero las muestras analizadas, que pertenecen al período de verano, presentan en el fitoplancton tanto formas neríticas, como oceánicas y cosmopóliticas, que hacen evidente la mezcla con aguas oceánicas (provenientes de la corriente del Caribe), en esta época. Las estaciones de Punta Gigante y Límites del Parque, que se hallan más expuestas por su ubicación al influjo de las corrientes oceánicas que se producen en la época de vientos, presentan una menor cantidad de diatomeas y un incremento en la abundancia y variedad de dinoflagelados, cuyas formas oceánicas, que necesitan para su desarrollo masas de agua de alta salinidad y baja turbidez, encuentran condiciones óptimas en los sitios mencionados. El dinoflagelado Ceratium, que presenta algunas especies empleadas como indicadores biológicos en oceanografía (Carbonell, 1982) es hallado principalmente en Punta Gigante y Límites del Parque, con formas cosmopóliticas (Ceratium tripos, C. trichoceros, C. fusus) y otras típicamente oceánicas (C. contortum, C. hexacantum). También se encontraron especies oligofóticas (poco resistentes a la excesiva radiación solar), como C. ranipes, en los arrastres superficiales, lo que indica una remoción del agua del continente que renueva la existente, provocándose una mezcla de especies ocasionada por los fuertes vientos alisios. Por este mismo proceso se puede explicar que varias de las especies de diatomeas registradas, se hallan citadas en la literatura como pertenecientes al bentos.

Las especies del zooplancton se distribuyen en 28 categorías taxonómicas, entre grupos que pueden clasificarse como neríticos,

oceánicos y cosmopólitas. En la Figura 3 se señalan los grupos predominantes en las diferentes estaciones y épocas de muestreo. En la Tabla 2 se citan los tipos de organismos hallados, indicándose su hábitat principal y régimen alimenticio.

El mayor número de individuos observados en casi todos los muestreos corresponde a los copépodos calanoideos, los que ejercen un grado total de predominio, que los valores de diversidad de las poblaciones dependen del mayor o menor número que de estos organismos se observen en las muestras (Tabla 1). La máxima cantidad de copépodos se registra en Punta Gigante y Límites del Parque, durante el mes de febrero, coincidiendo con los mayores valores de salinidad tomados para la zona (36-37%), durante el período total de muestreo. Según Boltovskoy (1981) la salinidad puede considerarse como el factor físico-químico de mayor incidencia en el desarrollo de las poblaciones dominantes del zooplancton (copépodos), siendo éstos más abundantes entre valores de 35 y 37%. El fitoplancton sufre entonces por este motivo las consecuencias de un intenso pastoreo, especialmente sobre las diatomeas, lo que se refleja en la disminución de la cantidad de estos organismos en las estaciones de carácter oceánico.

Grupos del meroplancton, como los estados larvales de los decápodos, junto con otras formas neríticas (hidromedusas, cladóceros, larváceos) se hallan mejor representados en Varadero y Punta Barú, que en las demás estaciones. El ictioplancton, y grupos cosmopólitas como los quetognatos y los sifonóforos, se distribuyen en forma homogénea en toda el área. Organismos típicamente oceánicos, que prefieren aguas limpias y sin materiales en suspensión, como los foraminíferos (*Globigerina*), radiolarios, tintínidos, ostrácodos, pterópodos y ciertos poliquetos, se encuentran con más frecuencia en Límites del Parque, aunque en ocasiones pueden hallarse foraminíferos y pterópodos (*Limacina*) en Varadero, probablemente a consecuencia del paso de agua oceánica que entra a la bahía. Existen otros grupos minoritarios, pero de notable importancia ecológica, como los taliáceos (por su alta especialización en el sistema de filtración), que se hallan con escasa frecuencia en Punta Barú. El ictioplancton es un grupo importante durante diciembre, como consecuencia del desove de numerosas especies de la región que coincide con la época lluviosa, la cual se extiende hasta noviembre. También durante el mes de diciembre se observó la aparición de bastantes individuos de varias especies de *Creseis*, género reportado por Boltovskoy (1981) como el grupo de pterópodos que mejor tolera las condiciones neríticas. Esta situación se presenta en Varadero, no volviéndose a observar en las demás épocas de muestreo en evento semejante.

Se comprueban, por último, las interacciones existentes entre los diferentes niveles tróficos del plancton: la disponibilidad del fitoplancton se halla regulada por la cantidad de zooplancton herbívoro, que al mismo tiempo se ve limitada por la depredación impuesta por el zooplancton carnívoro.

## CONCLUSIONES

La composición del plancton superficial en las zonas muestreadas está relacionada con las condiciones oceanográficas de las masas de agua de la región. Los fuertes vientos alisios que soplan entre diciembre y abril provocan la circulación de agua del mar (corriente del Caribe) hacia el continente, por lo que en sectores como Punta Gigante y Límite del Parque y en menor grado en Punta Barú, son características las altas salinidades y baja turbidez del agua de mar, con predominio de copépodos calanoideos en el zooplancton y abundancia de dinoflagelados en el fitoplancton.

Esta situación se ve favorecida por la estrecha plataforma continental característica de la región. Varadero representa el punto de entrada a la bahía de Cartagena, de carácter estuarino, por lo que son más frecuentes las formas neríticas del plancton, acompañadas por algunas pocas de tipo oceánico.

El movimiento de las masas de agua se rige por la acción combinada de las corrientes del Caribe y la contracorriente de Colombia, que establecen una situación dinámica encargada de proteger el archipiélago coralino de la influencia continental nociva para el desarrollo de los antozoarios. Sin embargo, la situación cambia durante la época invernal, operando modificaciones en las comunidades de organismos de la región, incluyendo el componente planctónico. Por tal motivo sería necesario realizar muestreos durante el segundo semestre del año, para inferir modelos que describan las variaciones de las poblaciones del plancton, dentro de un ciclo anual.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, M.E. y M.C. Corchuelo, 1992. Los nutrientes, la temperatura y la salinidad provenientes del Canal del Dique, como factores de deterioro en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario (Cartagena, Colombia). Mem. VIII Sem. Nal. Cienc. y Tec. del Mar., CCO. Santa Marta, Colombia. 277-287
- ANDRADE, C., F.ARIAS y THOMAS. 1988. Notas sobre la turbidez, circulación y erosión en la región de Cartagena (Colombia). Bol. Cient. CIOH. Cartagena, Colombia. 8:71-80
- ANDRADE, C., y THOMAS. 1988. Sedimentos en suspensión e hidrodinámica al suroeste del delta del río Magdalena, Mar Caribe (Colombia). Bol. Cient. CIOH. Cartagena, Colombia, 8:27-34
- ARIAS, F. y J. DURAN, 1981. Variación anual del Fitoplancton en la bahía de Cartagena. Bol. Cient. CIOH. Cartagena, Colombia. 5:61-116

- BOLTOVSKOY, D. 1981. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Método de trabajo con el Zooplancton marino. INIDEP. Mar del Plata. Argentina. 936 p.
- CARBONELL, M.C. 1982. Ceratium Schrank (Dinoflagellatae, Peridiniales) de las Islas del Rosario, Caribe colombiano. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betín. Santa Marta, Colombia. 12:71-91
- FRANCO, A., D. AVENDAÑO, W. BERNAL, M. URIBE, 1992. Contribución al conocimiento del plancton de Isla Tesoro, Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Caribe colombiano. Mem. VIII Sem. Nal. de Cienc y tec. del Mar. CCO. Santa Marta, Colombia. 754-762
- LEBLE, S. y R. CUIGNON, 1987. El archipiélago de las Islas del Rosario. Estudio morfológico, hidrodinámico y sedimentológico. Bol. Cient. CIOH. Cartagena, Colombia. 7:37-52
- MARGALEF, R. y F. VIVES. 1972. La vida suspendida en las aguas. En: Ecología marina. Fundación La Salle de Cienc. Naturales. Caracas, Venezuela : 493-562.
- PUJOS, M., J. PAGLIARDINI, R. STEER, G. VERNETTE y O. WEBER. 1986. Influencia de la Contracorriente Norte Colombiana , para la circulación de las aguas en la plataforma continental. Bol. Cient. CIOH. Cartagena, Colombia. 6:3-15
- VIDAL, L.A. 1981. Diatomeas y Dinoflagelados presentes en las Islas del Rosario (arrecife coralino) y alrededores. Bol. Cient. CIOH. Cartagena, Colombia. 3:75-173

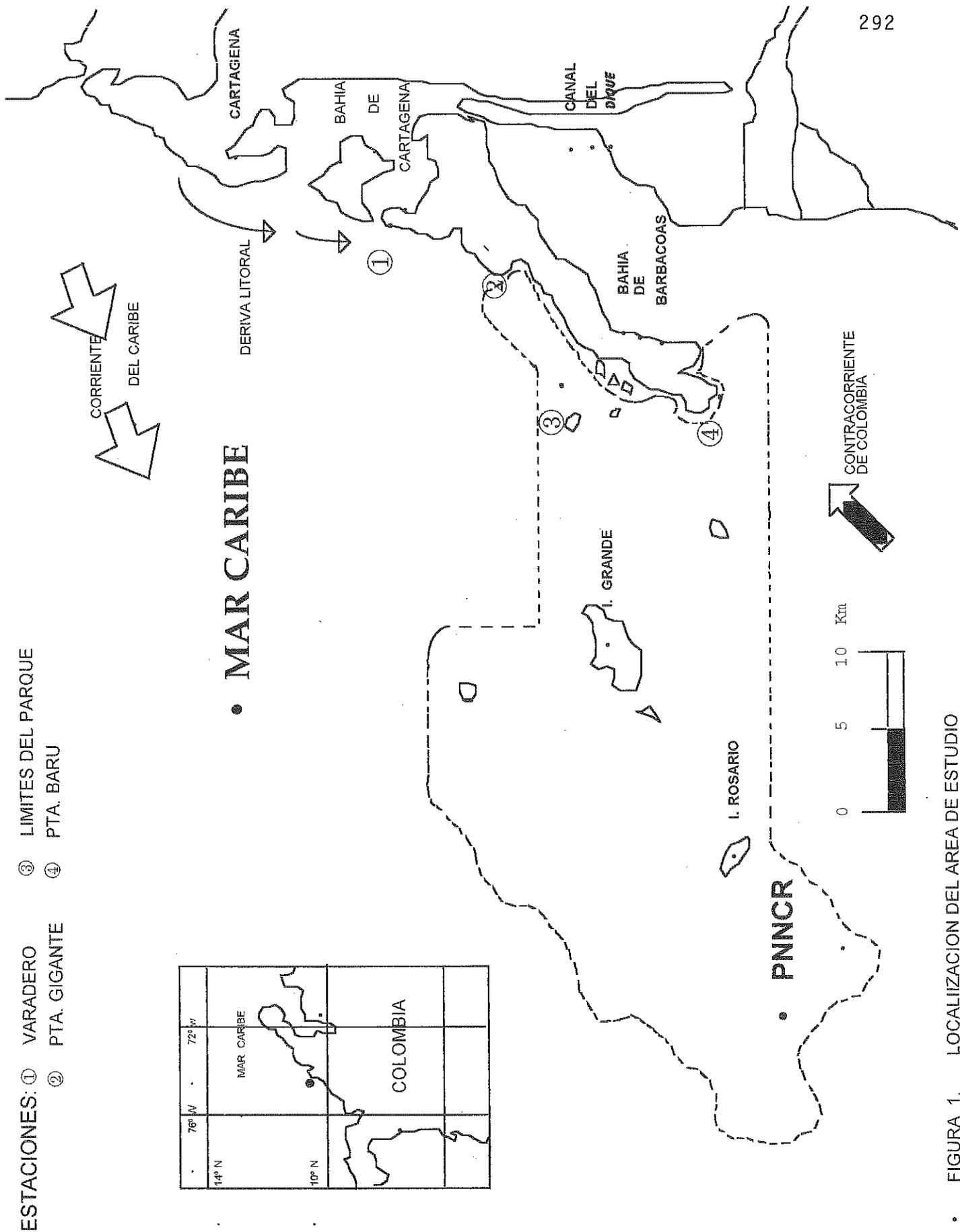
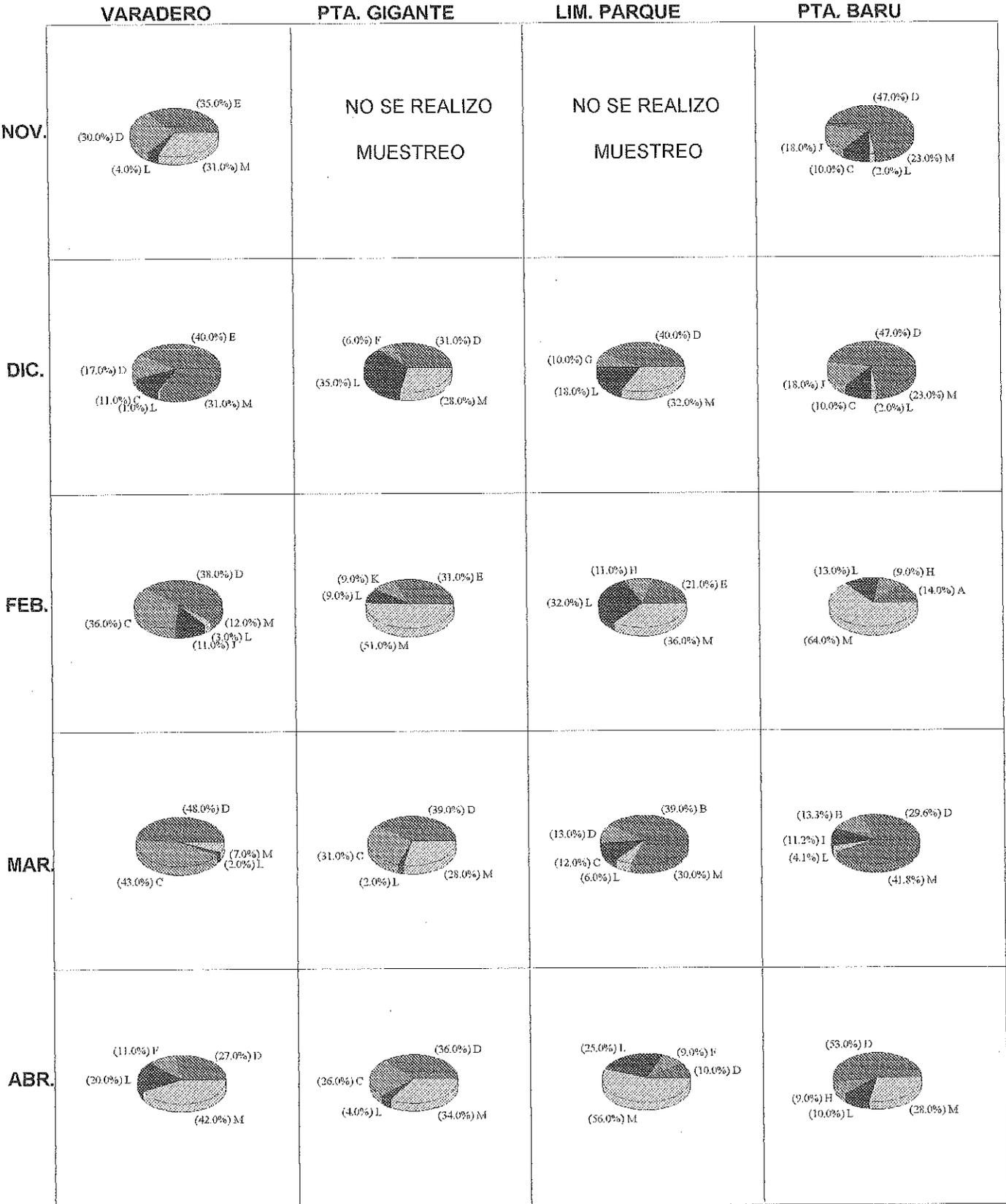


FIGURA 1. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

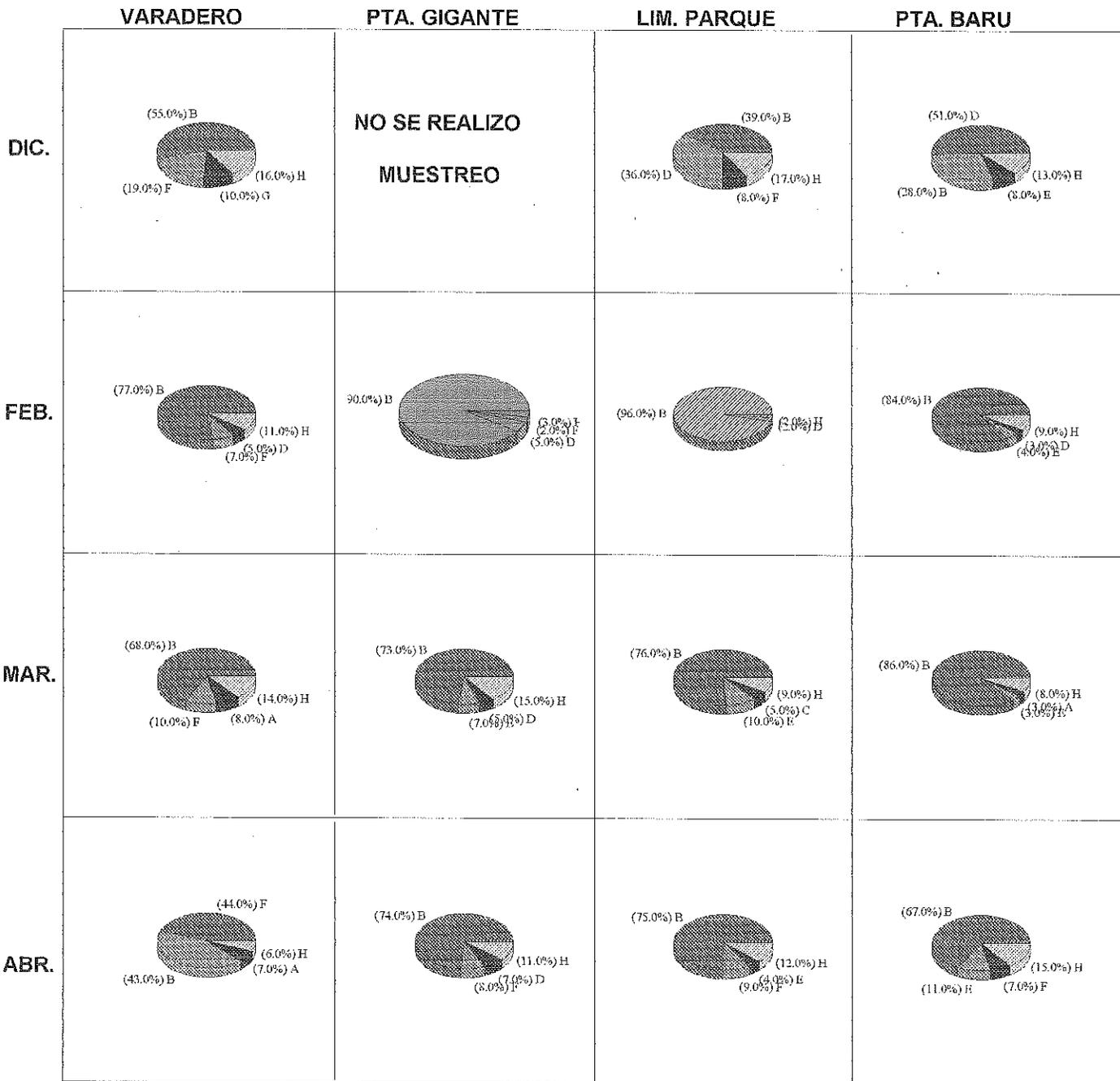


A - *Acinocyclus* sp.  
 B - *Asterionella* sp.  
 C - *Bacteriastrium* sp.  
 D - *Chaetoceros* sp.

E - *Coscinodiscus* sp.  
 F - *Microcystis* sp.  
 G - *Navicula* sp.  
 H - *Nitzschia* sp.  
 I - *Rhizosolenia* sp.

J - *Skeletonema* sp.  
 K - *Thalassionema* sp.  
 L - (*Ceratium*, *Ceratocorys* otros)  
 M - Otras Especies

Figura 2. Composición Relativa del Fitoplancton



A - Cladóceros  
 B - Cepépodos (Calanoides, Cyclopoideos, Harpacticóideos)  
 C - Chaetognatos  
 D - Ictioplancton  
 E - Larvíceos  
 F - Larvas de Decápodos  
 G - Pterópodos  
 H - Otros Grupos

Figura 3. Composición Relativa del Zooplankton

| FITO<br>ZOO | VARADERO | PTA. GIGANTE | LIM. PARQUE | PTA. BARU |
|-------------|----------|--------------|-------------|-----------|
| NOV.        | 3.8/     |              |             | 3.8/      |
| DIC.        | 3.5/2.6  | 3.2/         | 3.2/2.9     | 3.6/2.1   |
| FEB.        | 3.1/1.8  | 3.5/0.8      | 3.7/1.5     | 4.0/1.1   |
| MAR.        | 3.1/2.4  | 3.4/1.8      | 3.5/1.9     | 4.1/1.7   |
| ABR.        | 4.1/2.8  | 3.5/1.0      | 3.9/2.3     | 3.6/2.2   |

Tabla 1. Diversidad ( bits ) de las poblaciones del plancton

| COSTEROS                | OCEANICOS         | COSMOPOLITAS               |
|-------------------------|-------------------|----------------------------|
| Hidromedusas (C)        | Foraminíferos (H) | Copépodos Calanoideos (H)  |
| Cladóceros (O)          | Radiolarios (H)   | Copépodos Ciclopoideos (C) |
| Larvas de Decápodos (O) | Tintínidos (H)    | Chaetognatos (O)           |
| Ictioplancton           | Poliquetos (C)    | Sifonóforos (C)            |
| Larváceos (H)           | Pterópodos (H)    | Taliáceos (H)              |
|                         | Ostrácodos (C)    |                            |

(H) - Herbívoros

(C) - Carnívoros

(O) - Omnívoros

Tabla 2. Grupos presentes del zooplancton

**ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL COMPLEJO ARRECIFAL  
ISLA PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA**

GAYET J. \*, ELHUYAR M. \*, MOLINA A. \*\*, VERNETTE G. \*

**RESUMEN**

Las islas Providencia y Santa Catalina localizadas en el Caribe Colombiano son rodeadas por depositos carbonatados. Después de una zona de surcos y espolones del Este al Oeste se observa:

- arrecifes complejos (barrera y pináculos), los sedimentos son arenas gruesas y medias de tipo "coralgal";
- una laguna interna con arrecifes fósiles y parches actuales, con depósitos de facies a "grapestone" y facies a "peloids", alrededor de las islas se nota una facies detríticas a moluscos;
- formaciones coralinas de sotavento.

**ABSTRACT**

The Providencia and Santa Catalina Caribbean islands, are surrounded by carbonate sediments and protected, in its East side, by a large coral reef positioned perpendicularly to the main wave direction.

The Providencia-Santa Catalina area is constituted by:

- the reef complex, including a reef barrier and pinnacles surrounded by coarse and medium coralgal sands, which extend offshore by spur and groove zones;
- the lagoon: in this area, the presence of the bygone barrier oriented paralelly to the actual barrier emphasizes the reef the progression to the East and their development onto the product of the former erosion material. An inner and quiet reef platform is constructed by "Grapestone sands" and "peloid sands". The low river input modifies very few the calcium carbonate distribution (detritic and mollusc facies);
- the underwind reef (West part) made of little reefs associated to sponges.

El complejo arrecifal de Providencia y Santa Catalina (fig.1) está ubicado en el Caribe Colombiano entre 81°17' y 81° 26' de longitud Oeste y entre 13°17' y 13°32' de latitud Norte. Las dos islas son rodeadas de formaciones coralinas para las cuales son rodeadas de formaciones coralinas para las cuales la estructura geomorfológica y la composición biológica fueron estudiadas (Geister, 1972, 1975 y 1980; Von Prah1 1983; Von Prah1 y Erhart, 1985).

---

\* Laboratoire CIBAMAR, Université de bordeaux I  
33405 TALENCE Cedex, FRANCE

\*\* Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrológicas (CIOH)  
A.A. 982, Cartagena, COLOMBIA.

## 1 - CARACTERISTICAS GENERALES

### 1.1 - CLIMA Y CONDICIONES HIDROLOGICAS

Las islas son sometidas a un clima tropical húmedo-

- LA TEMPERATURA media anual es de 26<sup>o</sup>C); Los máximos se presentan en mayo-junio y agosto-septiembre, los mínimos de diciembre a marzo cuando soplan los vientos Alisios del Norte;
- LAS PRECIPITACIONES son importantes (entre 1500 y 2000 mm/año) con un régimen bimodal, el mínima coincidiendo con los vientos de mayor intensidad; el lado occidental de las islas es de mayor humedad.
- LOS VIENTOS dominantes son Este-Noreste; durante la época de los Alisios (diciembre-mayo) tienen un promedio de 30 km/h y rachas de 50 km/h; los valores de mayor intensidad se encuentran en junio y julio con rachas hasta 55-65 km/h.
- EL OLEAJE tiene su origen en los vientos Este-Noreste que llegan hasta los alrededores de las islas atravesando el arco de las Antillas, este oleaje determina la presencia al Este de las islas de una barrera arrecifal Norte-Sur.
- LAS MAREAS semidiurnas son de tipo "microtidal" según la clasificación de Davis (1978).
- EL DRENAJE FLUVIAL se distribuye con una forma radial después de Providencia (fig. 1). Durante la estación de las lluvias los arroyos pueden transportar grandes cantidades de aguas y también de sedimentos.

### 1.2 - MARCO GEOLOGICO

Según Mitchell (1955) las dos islas son constituidas por rocas intrusivas y extrusivas del Mioceno. Durante el Pleistoceno y el Postpleistoceno, una serie de levantamientos, con intrusión de diques de diorita están al origen de la plataforma insular. Los levantamientos están en relación con terrazas levantadas y en particular con relictos de terrazas arrecifales. Para Geister (1972), la última tiene una edad de 30.000 + 4.000 años es decir localizada durante el Wisconsin.

### 1.3 - GEOMORFOLOGIA GENERAL, FAUNA Y FLORA

La estructura arrecifal y las poblaciones animales y vegetales han sido ya estudiadas (Geister, 1975 y Von Prah, 1983; Von Prah y Erhart, 1985; Elhuyar, 1988); por lo tanto se presentará este conjunto de manera a ver las relaciones con los depósitos.

Tres grandes sistemas pueden observarse (fig.1): a/ terrazas prearrecifales, b/ barreras arrecifales de barlovento y de sotavento, c/ laguna interna. Según un perfil Este-Oeste varias diferencias se observan.

a/ La terraza prearrecifal Este, se caracteriza por la presencia de un talud prearrecifal de pendiente débil; de una zona de surcos y espolones (extensión lateral de 1 a 5 km). Se puede notar para esta última su ausencia en la parte Norte de la barrera y en toda la parte Oeste. Los surcos están más o menos llenos de sedimentos y sobre los espolones se encuentran algas y corales.

b/ La barrera arrecifal, la más extensa de Colombia con 20 Km de longitud, no es una barrera "sensu stricto". Del Norte al Sur se presenta una sucesión de:

- barreras verdaderas a donde la estructura zonal según la exposición al oleaje fue estudiada con detalle por Geister (1977); plataforma de admisión a *Acropora palmata* y *Diploria strigosa*; una cresta arrecifal con tapetes de *Lithothamnium*, y rodeada con pequeños parches de *Palythoa* y *Milepora*; una zona postbarrera con *Acropora palmata* y *Diploria strigosa*. Esas mesas bien individualizadas son rellenadas por sedimentos resultado del producto de la erosión de los arrecifes sometidos a la acción destructiva de las olas;

- pináculos arrecifales de *Acropora prolifera*, *A. palmata*, *Diploria strigosa* *Montastrea annularis*; la agitación está generalmente menor, dado que estas zonas no trabajan completamente la propagación de las olas; entre los pináculos, la presencia de canales Este-Oeste permite la propagación de las aguas marinas al interior de la laguna; los canales presentan colonias de especies planas de *Agaricia agaricites* y *Porites astreoides*.

c/ la laguna interna presenta un perfil relativamente plano, con parches coralinos de *Montastrea annularis*, *M. cavernosa* vivos o fósiles. Varios parches y pequeñas barreras fósiles tienen una dirección Norte-Sur semejante a la de la barrera actual. Según Von Prahll y Erhart (1985) esos bancos pueden considerarse como arrecifes costeros.

- la costa Oeste (formaciones de sotavento) detrás de las islas se caracteriza por: una zona arenosa con manglares y cinturones de praderas de *Thalassia*, *Halimeda* y *Avrainvillea*, una zona con octocorales (*Gorgonia* principalmente), esponjas y corales aislados, un pretalud con los mismos organismos. "Esta zona se puede considerar como mixta, ya que se dan condiciones favorables para el desarrollo de corales adaptados a zonas de rompientes y corales de aguas protegidas...."(Von Prahll y Erhart, 1985).

## 2 - SEDIMENTACION

El estudio de los sedimentos consistió en la interpretación de los datos de la calcimetría, del análisis morfoscópicos por la identificación de la naturaleza de los granos y de la granulometría.

### 2.1 - PORCENTAJE DE CO<sub>3</sub>Ca.

El porcentaje de CO<sub>3</sub>Ca es todavía superior a 90%. En las zonas Costeras de las islas el porcentaje tiene valores menores (70%), relacionadas con los aportes detríticos por los ríos (rocas y materia orgánica).

### 2.2 - DIFERENTES CLASES DE GRANOS

Según el origen se encuentran diferentes tipos de granos (Fig.2): granos carbonatados con granos no esqueléticos ("grapestones" y "peloids"). y granos esqueléticos (organismos y vegetales y/o productos de su fragmentación mecánica) y granos detríticos.

#### 2.2.1 - Los "grapestones"

Los "grapestones" son constituidos de aglomeración de granos cementados entre ellos. Este fenómeno diagenético symsedimentario ocurre en zonas de poca profundidad y agitación (Illing, 1954; Purdy, 1963 a y b) es decir en aguas saturadas en CO<sub>3</sub>Ca.

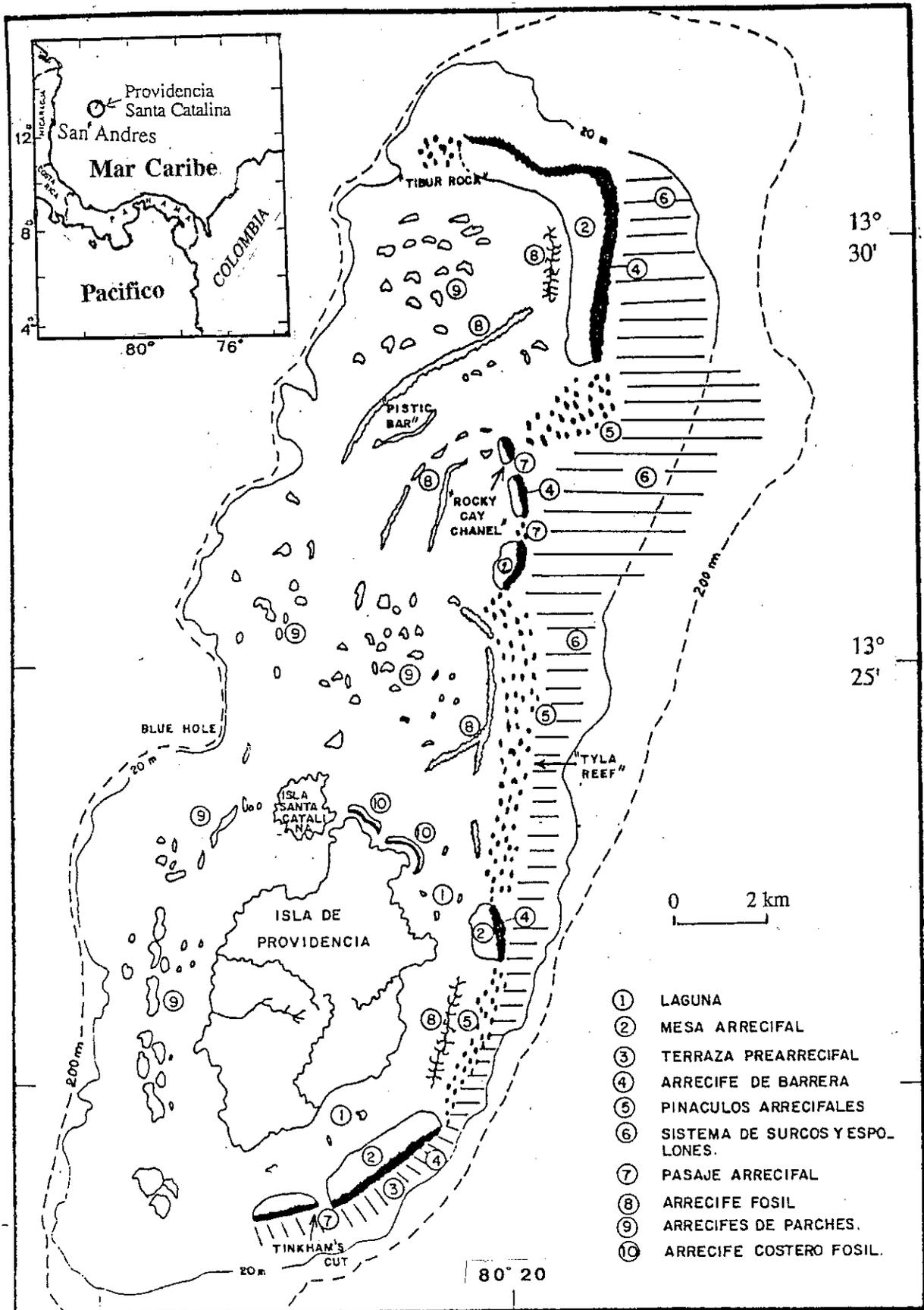


Fig. 1: Mapa de localización. Características geomorfológicas de la zona

### 2.2.2 - Los "peloids".

Se utiliza así la terminología de "peloids" según el sentido original de McKee y Gutschick (1969) para granos finos sin estructura interna. Una parte de los "peloids" parece ser el resultado de fenómenos de micritización symsedimentaria de otros granos y sobretodo de algas. Este proceso complejo con perforación de los granos y precipitación de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  va en el mismo sentido que la formación de los "grapestones": débil profundidad dando aguas confinadas, saturadas en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

### 2.2.3 - Los granos esqueléticos.

Los granos esqueléticos son constituidos por los organismos y vegetales y/o los productos de su fragmentación biológica (en la laguna) y mecánica (sobretodo en las zonas expuestas al oleaje). La producción puede ser muy importante, hasta 5,78 Kg/m<sup>2</sup> (Hubbard et al., 1990).

### 2.2.4 - La fracción detrítica

La fracción detrítica comprende los fragmentos de rocas, la materia orgánica (madera después de las islas y de los manglares) y las arcillas. Esas arcillas hacen que ahí las arenas son lodosas (cerca de 50% 125  $\mu\text{m}$ ).

## 3. - LAS FACIES SEDIMENTARIAS: COMPOSICION Y LOCALIZACION

Según la naturaleza y la abundancia de los granos se determinan varias facies sedimentarias (Fig.2).

### 3.1 - FACIES "CORALGAL"

Esta arena (2% de fracción 125  $\mu\text{m}$ ) se caracteriza por la importancia de los granos esqueléticos (corales y algas). Es semejante a la facies "coralgal" de Purdy (1963 b) en las Bahamas. Según el tamaño del grano se distinguen arenas gruesas en la terraza prearrecifal y en la cresta exterior, y arenas medias en la mesa interna y las playas (1988) en base a la frescura de los granos propuso una diferencia entre facies jóvenes y facies relictas. Una dotación de esas formaciones con  $^{14}\text{C}$  podría desvirtuar o confirmar esa hipótesis.

### 3.2 - FACIES "ARENA A GRAPESTONE"

Estas facies arenosas (fracción 125  $\mu\text{m}$ : 6%) está repartida en la laguna, en zonas de poca profundidad. Tiene similitudes con las facies "grapestone" de Purdy (1963 b). Ahí se puede también notar la riqueza en foraminíferos de la familia Peneroplidae característicos de ese ambiente sursaturado.

### 3.3 - FACIES "ARENA A PELOIDS".

La fracción 125  $\mu\text{m}$  representa 55% Con la presencia de numerosas algas los "peloids" podrían ser el resultado del fenómeno de "micritización", pero los moluscos son frecuentes y podrían también dar verdaderos pellets. Estudios químicos podrían levantar la duda. La facies está repartida en zonas muy protegidas de la laguna.

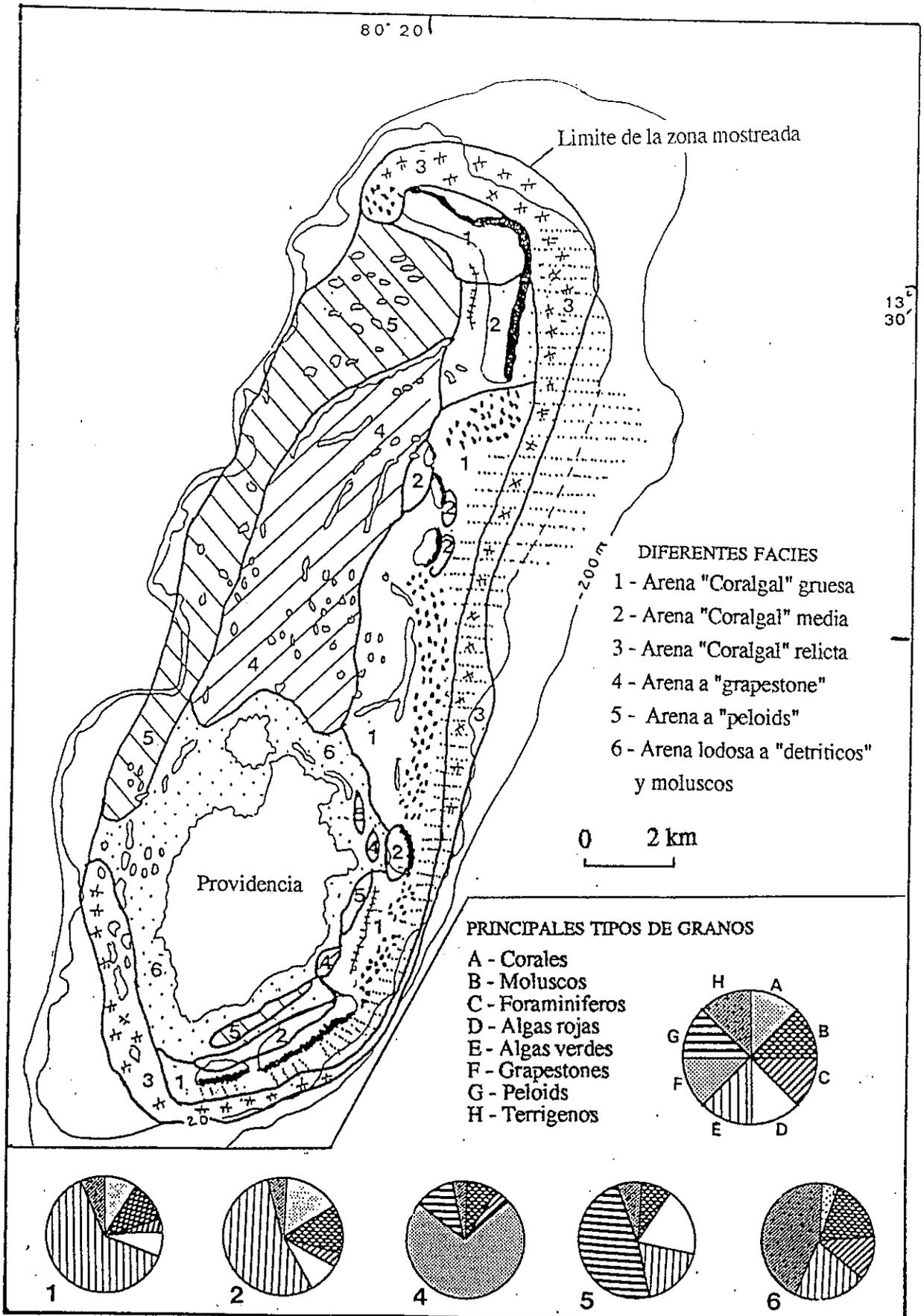


FIG.2: Principales tipos de granos reconocidos. Mapa de distribución de las facies

### 3.4 - FACIES ARENA A "DETRITICOS" Y MOLUSCOS

Esta facies compuesta de una mezcla de granos terrigenos (rocas y pedazos de madera) y bioclásticos (algas y moluscos) se encuentra en la laguna cerca de las islas con mayores porcentajes en detriticos pegados a la costa y también una parte fina más importante (más o menos de 50%) que procede de los suelos.

## 4. - CONCLUSION.

### 4.1 - CARACTERISTICAS GENERALES

Las arenas carbonatadas cubren la casi totalidad de la zona. La curva del porcentaje inferior a 125 um presenta más o menos un aspecto de forma inversa a la del perfil batimétrico. Se observa una gradación del tamaño desde el mar hasta la costa. Arenas de tipo "Coralgal" muy gruesas (Md= 1,6 mm) en la terraza y la mesa externa arrecifale, sedimentos "coralgal" gruesos (Md 570 um) en las playas, los parches y la mesa interna. Si en la laguna se observan igualmente arenas, el fenómeno es más complejo y la presencia de arena no tiene el mismo significado hidrodinámico que en las zonas expuestas. En la laguna la presencia de tapetes de algas frena el movimiento de las aguas al fondo y permite la acumulación de los bioclasticos. Una parte de los sedimentos están sometidos a los procesos hidrodinámicos pero con leyes diferentes de erosión (organismos y vegetales más o menos fijados al substrato) y transporte (tamaño, estructura, densidad).

Los depósitos terrigenos débiles permiten una sedimentación carbonatada. Halimeda es el componente dominante con: algas rojas y corales cerca de la barrera y según la facies, moluscos, "grapestones" o "peloids" en la laguna.

La presencia de "grapestones" y de "peloids" procede de aguas más o menos confinadas, sursaturadas den CO<sub>3</sub>Ca.

### 4.2 - CONSTRUCCION DEL ARRECIFE.

La fuerza abrasión en la zona de las olas, la abundancia de las algas con gran productividad en la laguna y la presencia de paleobarreras orientadas paralelamente a las actuales permiten proponer un esquema de construcción. La acumulación de los granos sobre la plataforma de admisión y la zona de surcos y espolones puede ser muy importante (Hubbard y al, 1990). Empuja hacia el mar las condiciones de vida de los corales, y poco a poco se crea una laguna. En esta los sedimentos actuales tienen por lo menos 1 m de espesor.

Las paleobarreras tienen la misma altura que la barrera actual y este traslado podría tener menor de 5.000 años.

## B i b l i o g r a f í a.

Davis R. A.; 1978; Coastal sedimentary environments; Springer Verlag NY, Heidelberg, Berlin; 420 p.

Elhuyar M.; 1988; Estudio geológico y sedimentológico del complejo carbonatado de las islas Providencia y Santa Catalina; Noticia interna C.I.O.H.; 55p.

- Geister J.; 1972; Nota sobre la edad de las calizas coralinas del Pleistógeno marino en las islas de San Andrés y Providencia; Milt. Inst. Colombo Alemán Inves Cient.; nº 6; 135-140.
- Geister J.; 1975; Riffbau und geologische Entwicklungsgeschichte der Insel San Andrés (westliches Karibisches Meer Kolumbien), Stuttgart Beitr. Naturr., ser. B, 15: 1-203
- Geister J.; 1977; The influence of wave exposure on the ecological zonation of Caribbean coral reef; Publication Institut de Berne
- Geister J.; 1980; Morphologie et distribution des coraux dans les récifs actuels de la mer des Caraïbes; Universidata Degli Studi di Ferrara.
- Hubbard D. K., Miller A. I., Scaturio D.; 1990; Production and cycling of calcium carbonate in a shelf-edge reef system (St. Croix, U. S. Virgin island): applications to the nature of reef system in the fossil record; Journ. Sedim. Petrol.; vol. 60; nº 3, 335-360
- Illing L. V.; 1954; Bahamas calcareous sands; Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologist, 38: 1-95
- McKee E.D. y Gutschick R.C.; 1969; History of Redwall Limestones on northern Arizona, Geol. Soc. Am., Mem., 114; 1-726.
- Mitchell R. C.; 1955; Geologic and petrographic notes on Colombian island of La Providencia and San Andrés; Geol en Mijoum; 17; 76-83.
- Prahl H. Von 1983, Notas sobre las formaciones de manglares y arrecifes coralinos de la isla de Providencia, Colombia; Memorias del Seminario de Desarrollo y Planificación Ambiente en las islas de San Andrés y Providencia; Fipma; p. 57-67.
- Prahl H. von y Erhart H.; 1985; Colombia: Corales y arrecifes coralinos; Edit. FEN COLOMBIA, Bogotá; p. 1-295.
- Purdy E.G.; 1963 a; Recent calcium carbonate facies of the Great Bahama Bank 1; Petrography and reaction groups; J. Geol.; Chicago; 71; p. 334-355
- Purdy E.G.; 1963 b; Recent calcium carbonate facies of the Great Bahama B 2: Sedimentary facies; J. Geol.; Chicago; 71; p. 472-497.