

COMISION COLOMBIANA DE OCEANOGRAFIA

**X SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍAS DEL MAR**

MEMORIAS

TOMO I

**Salón Rojo, Hotel Tequendama
Santafé de Bogotá D. C., octubre 28 al 31 de 1996**

X SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR

CONTENIDO

Pag.

TOMO I

I.	PRESENTACIÓN	3
II.	AGRADECIMIENTOS	19
III.	COMITÉS	20
	1. Organizador	21
	2. Del Premio en Ciencias del Mar	21
	3. Científico	21
	4. Personal de la CCO	21
IV.	CEREMONIA DE INAUGURACIÓN	22
	Orden Del Día y Programa para la Ceremonia de Inauguración del X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar.	23
	Libreto para la Ceremonia de Instalación del X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar.	24
	Intervención del Señor Vicealmirante Comandante de la Armada Nacional en la Ceremonia de Instalación del X Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del Mar.	26
	Oportunidades y Amenazas de Nuestro Riqueza Marina y Costera. Palabras de José Vicente Mogollón, Ministro del Medio Ambiente.	28
	Documento de Lanzamiento de la Agenda Nacional Conmemorativa del Año Internacional del Océano 1998.	33
	Acta de la Sesión Final del Comité del Premio Nacional de Ciencias del Mar.	35
V.	CONFERENCIA DE LA INVESTIGACION GANADORA DEL PREMIO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR	36
	Evolución Histórica de las Islas Barrera del Sector de Bueneventura y el Naya. Jaime Orlando Martínez M. y	

Juan Luis González, Ingeominas, Colombia.	37
VI. CONFERENCIAS MAGISTRALES	55
1. Atlas Geológico de las Zonas Marinas de Colombia: un Proyecto en Realización. Jaime Orlando Martínez M. y Germán Forero, Ingeominas, Colombia.	56
2. Los Sistemas Estuarinos de la Europa Meridional. Antonio Cruzado, Centro de Estudios Avanzados de Blanes, España.	70
3. Pesquerías de Invertebrados en el Pacífico Sur Oriental. Miguel Rabí, Imarpe-Perú	83
4. Estudios Sísmicos de las Margenes Continentales. Jacques Gayet y Georges Vernet, Laboratorio de Cibamar Universidad de Burdeos.	89
5. Macroalgas como Organismos Bioindicadores de Contaminación en Ambientes Marinos Costeros. Julio A. Vásquez, Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Chile.	111
6. Contabilidad de la depreciación de los Activos Marino-Costeros. Sandra León y Edmundo Castro, Laboratorio de Química Marina, Instituto Internacional del Océano (IOI). Universidad Nacional, Costa Rica.	135
7. Forzamiento Local de la Surgencia en la Costa Occidental de Suramérica. José Rutllant C. Departamento de Geofísica. Universidad de Chile.	157
8. Perturbaciones Naturales y Antropogénicas en Arrecifes Coralinos. Jorge Cortés Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología. (Cimar), y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica.	162
9. Ecosistemas Costeros e Interacción Tierra-Océano en el Pacífico de Sur América. Planteamiento para una Estrategia Regional. José Stuardo, Universidad de Concepción-Chile.	169
10. Dinámica de las Poblaciones de Langosta Espinosa en la Cuenca del Gran Caribe. Raúl Cruz Izquierdo, Ministerio de Pesquerías, Cuba.	188
11. Ambientes Costeros y Sedimentación detrítica Litoral. Georges Vernet, Laboratorio de Cibamar Universidad de Burdeos. (ST)	216

VII. CONFERENCIAS TECNICAS	252
1 ÁREA DE ECOSISTEMAS MARINOS	252
1.1 Arrecifes	253
1.3 Estructura y composición de la comunidad macroalgal en el sistema arrecifal coralino del Archipiélago de San Bernardo, Caribe colombiano. Ana María González D. y Janneth Rojas O.	254
1.11 Efectos del coral de fuego <i>Milleopora spp.</i> sobre la distribución de especies en un tapete de algas del Caribe colombiano. POSTER Julia María Vergara y Fernando Parra.	255
1.20 Evaluación de salud coralina en cuatro atolones del Caribe Occidental. Jaime Garzón, Juan Manuel Díaz y Sven Zea.	264
1.21 Relación entre la geomorfología arrecifal y la estructura de las comunidades fícticas en atolones del Caribe Occidental. Luz Stella Mejía, Oscar David Solano y Jaime Garzón.	265
1.22 Desarrollo de arrecifes lagunares en complejos arrecifales oceánicos del Caribe Suroccidental : geomorfología, estructura y distribución. Juan Manuel Díaz, Juan Armando Sánchez y Jörn Geister.	266
1.31 Ensamblajes algales en arrecifes lagunares de atolones oceánicos caribeños. Guillermo Díaz Pulido y Juan M. Díaz.	267
1.39 Reproducción de la especie <i>Acropora palmata</i> (Klamerck, 1886) en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario, Caribe colombiano. Rocio del Pilar García U., Elvira María Alvarado Ch. y Alberto Acosta M.	268
1.54 Ecología de la asociación de de <i>Hapalocarcinus marsupialis</i> con corales del género <i>Pocillopora</i> . Raúl Navas Camacho.	269
1.72 Frecuencia e impacto de eventos de exposición aérea durante mareas bajas extremas en un arrecife coralino de Gorgona. Fernando A. Zapata, Juan M. Jiménez, Carlos E. Barcenás y Raúl Neira.	278

1.74	Filogenia de tres géneros anfiamericanos de Gorgonáceos (Octocorallia, Coelenterata): un análisis preliminar de biogeografía cladística. Lizzette Vargas Q., Juan Armando Sánchez M.	279
1.83	Patrones estructurales y fisionómicos en comunidades de gorgonáceos de cuatro atolones del Caribe colombiano: el papel de la historia y la continuidad ambiental en la estructura de comunidades. Juan Armando Sánchez M., Sven Zea y Juan M. Díaz.	280
1.84	Patrones espaciales y temporales de diversidad de peces en un arrecife coralino en isla Gorgona, Colombia. Fernando A. Zapata y Yaneth A. Morales.	281
1.86	Variación temporal en la estructura de la comunidad coralina de un arrecife en isla Gorgona, Colombia. C. E. Barcenás y A. C. Bejarano y J. M. Jiménez.	282
1.88	Ubicación y estado actual de los sistemas coralinos en la bahía de Taganga, Caribe colombiano. POSTER Claudia M. Castellanos, María Isabel Criales, Adriana del Pilar Valero y Fernando Parra.	283
1.2	Lagunas Costeras, Estuarios y Deltas	293
1.6	Selección de microhabitat y diversidad de la comunidad de moluscos epibentónicos de un acantilado rocoso en la isla Palma, Pacífico colombiano. Adriana C. Bejarano y José Martín Riascos.	294
1.7	Análisis de tendencias en series de tiempo cortas de material particulado de ciénagas asociadas a fincas camaroneras del Caribe colombiano. Nixon Bahamón R., Luis Alfredo Torres G. y Federico Newmark U.	295
1.8.	Epifauna de fondos blandos en la región de Santa Marta (Caribe colombiano): patrones de distribución espacio-temporal. Oscar D. Solano, Claudia P. Arango C.	296
1.10	La comunidad de fondos blandos en la ensenada de Pozos Colorados y áreas aledañas (Caribe colombiano). Angela Inés Guzmán Alvis y Marlon Córdoba Tejada.	297
1.13	Implementación de una metodología para determinar el flujo de nitrógeno y fósforo en la interfase agua-sedimento en lagunas costeras tropicales (Ciénaga Grande de Santa Marta). Gabriel R. Navas, Sven Zea, Nestor H. Campos.	298

1.24	Estructura de la comunidad fitoplanctónica de dos sistemas lagunares estuarinos, del Caribe colombiano. Martha Mogollón Arismendy y Luis Alfonso Vidal.	299
1.26	Una aplicación del análisis de correlación canónica en el diseño de una red óptima de monitoreo para la Ciénaga Grande de Santa Marta y el Complejo Pajarales. Ramón Giraldo, Hernando Hurtado, Sven Zea y Rosario Madera.	300
1.29	Comparación entre la estructura del Fitoplancton de los años 1995 y 1987 en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Costa Caribe colombiana. Luis Alfonso Vidal.	301
1.30	Imágenes de satélite vs. fotografía aérea: un análisis comparativo para la cartografía de hábitats bentónicos en el Banco Roncador, Caribe colombiano. Juan Armando Sánchez, Yves F. Tomás, Juan Manuel Díaz y F. Parra.	302
1.33	Modulación de variables ecológicas en ambientes estuarinos, mediante el uso de análisis geoestadístico. Juan Guillermo Salazar.	303
1.40	Dinámica estructural de la comunidad ictioplanctónica en la ensenada de Utría, Chocó Pacífico colombiano. Christian Saretziki.	304
1.42	Cartografía de tipos de vegetación usando datos del satélite SPOT para la isla de Soldado (Bahía de Buenaventura). Efraín Rodríguez, Jaime Ricardo Cantera K., Gabirel E. Ramos y Raúl Neira.	305
1.43	Bioerosión de acantilados terciarios en las Bahías de Buenaventura Málaga: cuantificación del proceso. Jaime Ricardo Cantera K., Raúl Neira O. y Constanza Ricaurte.	306
1.46	Caracterización geomorfológica del mar Caribe colombiano y sectores aledaños-segunda etapa. Natasha Tabares Gaviria, Juan M. Soltau y Jesús Díaz.	307

TOMO II

1.48	Composición y distribución de los gastrópodos en una playa rocosa intermareal en Isla Palma (Pacífico colombiano) en relación con las características del sustrato.	
------	---	--

	Isabel C. Romero, Gerardo Toro Farmer y Jaime Ricardo Cantera K.	318
1.51	Comportamiento de las condiciones hidrológicas y biológicas en la región IV-zona 3, área costera sur del Pacífico nariñense para el período de 1995. POSTER Alex René Pineda Devia y Liliana Medina Campos.	328
1.56	Distribución y variación anual de la comunidad fitoplanctónica en la ensenada de Utría, Chocó-Pacífico colombiano. Notas preliminares. Viviana Peña Herrera.	338
1.58	Dinámica en la zona del Bajo Alicia y el Archipiélago de San Andrés y Providencia. Luis Giraldo y Serguei Lonin.	348
1.80	Macrofauna bentónica móvil de playas de cantos y gravas en la bahía de Buenaventura (Pacífico colombiano): estructura espacial y dinámica temporal. Clara I. Ramírez A. y Jaime Ricardo Cantera K.	349
1.89	Zonación intermareal de invertebrados macroepibentónicos asociados al litoral rocoso en isla de Palma, Pacífico colombiano. POSTER Angela M. Arcita y Germán Morales.	360
1.98	Morfodinámica deltáica del río Patía y la costa nariñense, Colombia. Kim Robertson, Jorge Luis Ceballos L. y Javier Tomás.	370
1.99	El litoral Pacífico colombiano: Aproximación a los contextos estructurales e hidrodinámicos. Iván D. Correa, Jacques Gayet y Georges Vernet.	381
4.5.	Integración de datos del satélite Landsat (tm) y de Radarsat (sar) para facilitar la determinación de la línea costera en la bahía de Buenaventura, Pacífico colombiano. R. E. Rodríguez y J. E. Mendoza.	382
1.3	Manglares	393
1.17	Monitoreo del efecto de la reapertura de canales en la regeneración natural de bosque de manglar del delta exterior derecho del río Magdalena: Resultados Preliminares. Beatriz Eugenia Giraldo Sánchez.	394
1.18	Relaciones entre la tasa de sobrevivencia de plántulas voluntarias, trasplantes y propángulos de tres especies de mangle y los factores ambientales en la Ciénaga Grande de	

	Santa Marta (Colombia). Carola Elster, Laura Perdomo, Marie-Luis Schnetter.	395
1.19	Estructura del manglar en el delta exterior del río Magdalena Ciénaga Grande de Santa Marta, una zona tensionada por alteración del equilibrio hídrico. Liz Adriana Serrano Diaz y Leonor Botero Arboleda.	396
1.23	Estructura y productividad del bosque de manglar (<i>Rhizophora mangle</i> y <i>Avicennia germinans</i>) de la Bahía de Chengue, Parque Nacional Tayrona, Caribe Colombiano. Jaime Nivia Ruiz, Jaime Garzón Ferreira y Alberto Rodríguez.	397
1.25	Productividad, periodicidad y magnitud reproductiva de <i>Avicennia germinans</i> en manglares tensionados del Caribe colombiano. Pablo Cardona Olarte y Leonor Botero Arboleda.	398
1.27	Evaluación del manglar y caracterización de masas de agua de la Ciénaga Grande de Santa Marta, por medio de imágenes de satélite procesadas físicamente. Leonardo Gónima, José Ernesto Mancera, Leonor Botero, Juan Guillermo Salazar y Pablo Cardona.	399
1.44	Caracterización y producción masiva de esporas de hongos filamentosos aislados de sustratos de manglares del Pacífico colombiano. María Esther Estela, Cristina Ramírez T., y Germán Bolívar.	400
1.47	Comparación de la estructura y la caída de hojarasca de un manglar de barra y otro de ribera en la Isla Soldado, Bahía de Buenaventura. Jairo Lasso Z. y Jaime R. Cantera K.	405
1.49	Contribución al estudio de procesos fermentativos de hongos filamentosos aislados de sustratos bentónicos de áreas de manglar del Pacífico colombiano. María Esther Estela, Cristina Ramírez T., Germán Bolívar.	406
1.55	Distribución de epifitas en <i>Pelliciera rhizophora</i> en un manglar de borde del estero Aguacate en la bahía de Buenaventura. Lina Andrea García, Ana María Rivera y Armando Ortega.	415
1.59	Estudio preliminar de la actividad enzimática de hongos asociados a sustratos bentónicos de manglares del Pacífico colombiano. María Esther Estela, Cristina Ramírez T. y Germán Bolívar.	422
1.60	El manglar de Jurubira, un espacio para la creación y la perpetuación. POSTER	

	Helena Riviera.	423
1.68	Estructura, composición y estado actual de los bosques de mangle del Golfo de Tribuga. Carlos A. Vieira.	424
1.69	Ictiofauna asociada al ecosistema estuario-manglar. Parque Nacional Natural de Utría. Departamento del Chocó. Martha Teresa Matalana Reyes.	432
1.70	Evolución del ecosistema "manglar" durante el cuaternario en la Ensenada de Utría y el Golfo del Tribugá. POSTER Carlos Jaramillo.	441
1.76	Ictiofauna asociada a un manglar del Pacífico colombiano. Julio César Escobar C., Jaime Ricardo Cantera K. y Efraín A. Rubio R.	442
1.79	Macrobentos asociados a los sedimentos de los manglares del golfo de Tribuga (Chocó, Pacífico colombiano). Ana María Velez Gutierrez.	443
1.91	El manglar: "Enlace dinámico entre el continente y el mar". POSTER Otto Bernardo Polanco Penagos, Bibiana del Socorro Quigua Peláez.	444
1.4	Plataforma Continental	455
1.53	Distribución y abundancia de huevos y larvas de peces sobre la Plataforma Continental de la Región Nororiental del Caribe colombiano. Alba R. Vergara, Edgar Arteaga y Dorys Y. Rodriguez.	456
1.66	Estudio del movimiento vertical de las aguas en la región Este de la Cuenca del Pacífico colombiano. Nancy Lilibiana Villegas Bolaños.	466
1.73	Geomorfología y evolución de la línea de costa del litoral antioqueño. E. Franco, F. Gómez, M. Holguin, J. Rave, C. Velásquez, Y Zuluaga, H. Caballero A., M. Jaramillo V.	476
1.85	Presencia de la corriente de Cromwell sobre el Pacífico Sur colombiano. Alex René Pineda Devia.	484

2	ÁREA DE RECURSOS NATURALES MARINOS	494
2.1	Recursos Pesqueros	495
2.7	Algunos aspectos de la biología de la lisa <i>Mugil curema</i> (valenciennes, 1836) en el golfo de Tortugas, Pacífico colombiano. Anabella Zuluaga, Efraín Rubio y Luis A. Zapata.	496
2.12	La comunidad de peces demersales del golfo de Salamanca, Caribe colombiano. Aproximación a su estructura espacial y temporal. Luis Orlando Duarte, Dominique von Shiller y Camilo B. García.	497
2.13	Análisis histológico de los estadios de desarrollo gonadal en camarones del género <i>Penaeus</i> : <i>P. occidentalis</i> , <i>P. vannamei</i> , <i>P. stylirostris</i> y <i>P. californiensis</i> de la costa Pacífica colombiana. Cielo Margot Velasco Ortena y Franciscó H. Pineda Polo.	498
2.15	Evaluación de los recursos pesqueros de la Ciénaga Grande de Santa Marta y Complejo Pajarales (nov. 1993 a oct. 1994), Caribe colombiano. Adriana Santos Martínez.	510
2.16	Aspectos de la dinámica poblacional de jaibas <i>Callinectes sapidus</i> y <i>C. bocourti</i> , de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano (Crustacea: Decapoda: Portunidae). María José Valencia y Nestor Hernando Campos.	511
2.17	Dinámica poblacional y breve descripción de la pesquería la almeja <i>Polymesoda arctata</i> (Deshayes, 1854) (Bivalvia: Corbiculidae) en la Ciénaga Poza Verde - Isla de Salamanca, Caribe Colombiano. Mario Enrique Rueda Hernández.	512
2.18	Evaluación del impacto de la red bolichera sobre el recurso ictico, en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Mario Enrique Rueda Hernández y Adriana Santos Martínez.	513
2.20	Evaluación de captura y esfuerzo de las redes de enmalle con énfasis en el método del bolicheo en la ciénaga Grande de Santa Marta y Complejo de Pajarales, Caribe colombiano. Efraín Viloria Maestre y Adriana Santos Martínez.	514
2.22	Composición y dinámica de la ictiofauna del delta exterior del río Magdalena, Caribe colombiano. Claudia Sánchez Ramírez y Adriana Santos Martinez.	515

- 2.26 Biología reproductiva de *Tubastrea coccinea* en la Bahía de Santa Marta, Caribe colombiano.
Ana María Uzcategui y Jaime Alberto González. 516
- 2.27 Caracterización estructural de la ictiofauna del área de Santa Marta mediante la técnica de censos visuales. **POSTER**.
Silvia K. Moreno Forero y Hernán Soler Jaramillo. 517
- 2.29 Ciclo sexual y aspectos reproductivos de *Bagre panamensis* (Gill, 1863) Pisces Ariidae: Sluriformes) en áreas estuarinas del Pacífico colombiano.
Efraín A. Rubio R. y Ana María Gutiérrez. 518
- 2.34 Estudio comparativo de algunos aspectos biológicos pesqueros y técnicos de las jaibas azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896), y roja *Callinectes bocourti* (milne, 1879), en la Ciénaga Grande de Santa Marta (Magdalena), Ciénaga de Tesca y Boca Cerrada (Bolívar) Caribe colombiano. **POSTER**
William D'Achiardi. 519
- 2.35 Estudio sobre la distribución y biología reproductiva del lenguado *Cyclopsetta querna* (Jordan y Pollam) (Pisces: Bothidae) en la costa Pacífica colombiana.
Vladimir Puentes, Gloria Lazzo, Efraín A. Rubio y Francisco H. Pineda. 520
- 2.36 Evaluación de esfuerzo y captura de la pesca artesanal en la Ensenada de Tumaco y formulación de lineamientos de ordenamiento pesquero.
Javier Diaz O., Carlos Borda R., Mauricio Valderrama B. y Edgar Portilla M. 532
- 2.37 Ubicación de caladeros para la pesca artesanal en el Caribe colombiano. **POSTER**
Harley Zuñiga, José Correa, Germán Higuera, Juan Asis, José Muñoz y J. Pérez. 541
- 2.39 Ensayos de cría de peces estuarinos de interés comercial utilizando jaulas flotantes en alrededores de la Bahía de Buenaventura. **POSTER**
Efraín A. Rubio R., Jairo H. Loaiza y Carlos J. Moreno. 542
- 2.42 Aspectos biológicos de *Carcharhinus falciformis* (Bribon, 1839) en el Pacífico Oriental.
Gilberto Acevedo, Luis Alonso Zapata Padilla y Efraín Alfonso Rubio. 543
- 2.44 Evaluación de la pesquería artesanal del camarón blanco de aguas someras *Penaeus occidentalis* y algunas comparaciones con la pesquería industrial en el Golfo de Tortugas Costa

	vallecaucana (Pacífico colombiano) entre mayo de 1994 y noviembre de 1995. Cielo Margot Velasco Ortega y Argiro Ramírez Aristizabal.	544
2.46	Aspectos reproductivos de <i>Epinephelus acanthistius</i> y <i>Epinephelus cifuentesi</i> (Pisces: Serranidae) en el Pacífico colombiano. Jenny Patricia Acevedo G., Luis A. Zapata P. y Efraín Rubio.	555
2.47	Evaluación preliminar del recurso dorado (<i>Coryphaena hippurus</i>) en el Pacífico colombiano. Jairo Lasso Zapata y Luis A. Zapata Padilla.	556
2.50	Biología (Alimentación y reproducción) de <i>Epinephelus ssp</i> (Pisces: Serranidae) en el Pacífico Colombiano. Ariel E. Gómez, Luis A. Zapata y Efraín A. Rubio.	557
2.51	Biología y dinámica poblacional de <i>Sphyrna</i> en el Pacífico colombiano. José Libardo Tapiero Barona, Luis Alonso Zapata Padilla y Efraín Alfonso Rubio.	558
2.52	Alimentación, reproducción y crecimiento de <i>Cynoscion phowcephalus</i> (Jordan & Gilberto, 1840) en el golfo de Tortugas, Pacífico colombiano. Geovany O. Gómez, Efraín A. Rubio y Luis A. Zapata.	559
2.54	Monitoreo biológico-pesquero del recurso atún desembarcado en Buenaventura durante 1993 a 1995. Magda Pineda, Luis Alonso Zapata Padilla.	560
2.57	Análisis de las vedas del camarón blanco <i>Penaeus occidentalis</i> en el período 1993 a 1995 en el Pacífico colombiano (captura por unidad de esfuerzo y biomasa por el método de área barrida). Argiro Ramírez A., Cielo M. Velasco y Javier A. Díaz. O.	561
2.58	Estudio sobre la biología pesquera de la cherna café <i>Epinephelus cifuentesi</i> Lavenberg y Grove, 1990 (Pisces: Serranidae) su fauna acompañante y la alternativa temporal de pesca en el Océano Pacífico colombiano. Vladimir Puentes Granada y Luis Alonso Zapata Padilla.	562
2.61	Evaluación de la pesquería del caracol pala (<i>Strombus gigas</i>) y la langosta espinosa (<i>Panulirus spp</i>) en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Caribe colombiano). Jorge Gallo, Ernesto Chiquillo, Mario Rojas, Jairo Medina y José Ospina.	563
1.61	Evaluación de recursos demersales en la plataforma externa	

	del Caribe colombiano. Luis Manjarres, Germán Rodríguez, Alba R. Vergara, José F. Torres, Edgar Arteaga, Juan C. Arevalo, Janeth Rodríguez, Jorge Viaña, Ricardo Galvis y Mónica Barros.	564
4.1	Estimación de datos faltantes en series de tiempo con aplicación a variables biológicas. Luis Hernando Hurtado, Lucelly Suárez y Esperanza Torres.	574
4.2	Modelo de función de transferencia aplicados a variables biológicas: una cuantificación de la casualidad. Gladys Elena Salcedo, Herman José Serrano y Luis Hernando Hurtado.	584
4.3	Modelos vectoriales autorregresivos. Gladys Helena Salcedo y Herman José Serrano.	594

TOMO III

2.2	Recursos Acuícolas	602
2.21	Cultivo experimental de especies no tradicionales de moluscos bivalvos en el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. POSTER Francisco J. Borrero, Juan P. de la Roche, Francisco M. Ablanque, Hernando J. Castellanos, Carolina García, Claudia Castellanos, Adriana Valero y Alonso J. Córdoba.	603
2.30	Cultivo en jaulas flotantes en aguas salobres de la bahía de Buenaventura de <i>Oreochromis niloticus</i> alimentadas con carduma y arroz. Jairo Humberto Loaiza Cadavid y Efraín A. Rubio Rincón.	604
2.40	Ensayo de nutrición en tilapia roja híbrida cultivada en jaulas flotantes en aguas salobres de la bahía de Buenaventura. Jairo Humberto Loaiza C. y Efraín A. Rubio Rincón.	605
2.75	Caracterización bioecológica ostra de mangle <i>Crassostrea rhizophorae</i> y evaluación preliminar de su cultivo en colectores de llanta y aluminio en la Ciénaga de Meztizo, Bahía de Cispata (Córdoba, Colombia). Luz Marina Arias Reyes, Alba Lucía Lagos Bayona y Horacio Rodríguez Gómez.	606
3.8	Estudio epizootiológico de <i>Penaeus vannamei</i> en tres fincas camaroneras del Caribe colombiano. Adriana Vallejo Isaza.	616

2.3	Otros Recursos Vivos	617
1.9	Estructura de la taxocenosis Annelida-Mollusca en la Región de Mingueo, Guajira (Caribe, Colombiano). Angela Y. Guzman Alvis y Oscar David Solano P.	618
1.34	Esquemas de distribución de las esponjas en los atolones colombianos del Caribe Suroccidental. Sven Zea.	619
1.57	Distribución de <i>Uca</i> (<i>Minuca</i>) <i>Vocator ecuadoriensis</i> y sus madrigueras en relación a factores ambientales de la isla de Plata, bahía de Málaga. Angel M. Navarrete, Isabel C. Romero y Jaime Ricardo Cantera K.	620
3.10	Abundancia y patrones de distribución de anémonas en punta Vigía, Caribe colombiano. Javier Reyes, Lina M. Barrios, Gabriel R. Navas y Camilo B. García.	621
2.1	Imaginalogía en órganos de ballenas y procesamiento por sistema fotográfico. Alejandro Uribe H., María Catalina Bernal, Jorge Reynolds y Lain Kerr.	622
2.2	Estudios de fonocardiografía en ballenas. María Catalina Bernal, Jorge León Galindo y Jorge Reynolds.	629
2.4	Electrocardiografía en ballenas con sistemas de transmisión pasiva. María Catalina Bernal, Alejandro Uribe, Jorge Reynolds y Jorge León.	639
2.5	Efecto de los extractos de los órganos hematopoyéticos del triburón nodriza, <i>Ginglimostoma cirratum</i> , (Bonnaterre, 1788) en un cultivo in vitro de células tumorales. Leonardo Mantilla Aldana y Elsa Victoria Vergara Pinzón.	644
2.11	Reclutamiento, dinámica poblacional y orientación del cirripedio <i>Balanus trigonus</i> durante sucesión en placas de "fouling". Camilo G. García y Iovana Moreno.	652
2.28	Composición y distribución de la avifauna en un manglar de borde y la vegetación aledaña en la bahía de Buenaventura (Pacífico colombiano). Luis H. Chasqui y Germán Morales.	653
2.32	Distribución de erizos y cobertura de sustratos en el arrecife de la azufrada (Isla Gorgona): comparación entre cuadrantes <i>in situ</i> y fotocuadrantes. Gerardo Toro Farmer, Isabel C. Romero, Jaime Cantera K.,	

	Efraín Rodríguez y Raúl Neira.	663
2.63	Las tortugas marinas de Gorgona. Claudia Constanza McCormick Anzola y Raúl Navas Camacho.	674
2.64	Presencia, abundancia y estructura grupal de delfines costeros en el suroeste del Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. José Manuel Avila Olarte.	683
2.69	Variaciones en la concentración de variabilina, un metabolito secundario, en la esponja marina <i>Ircinia felix</i> (Porifera: Demospongiae) bajo diferentes condiciones ecológicas, en la región de Santa Marta, Colombia. Fernando Parra, Alejandro Martínez, Sven Zea y Carmenza Duque.	684
2.71	Actividad antitumoral del Cl ₅₀ (+)- del curcufenol y del curcudiol aislados de la esponja marina <i>Didiscus oxeata</i> . Ahmed M. Salama, Claudia Fonseca E., Laura Renjifo B. y Carmenza Duque.	685
3	AREA AMBIENTAL Y DESASTRES NATURALES	693
3.1	Ambiental	694
3.9	Condiciones fisico-químicas de las aguas y sedimentos marinos de los sectores costeros de Pozos Colorados y Bahía Gaira. Golfo de Salamanca. Caribe colombiano. Julio Gaitan y Gustavo Ramírez T.	695
3.12	Aspectos de la distribución y abundancia de bacterias, hongos y levadura en aguas esturinas: Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Martha Lilibiana Fontalvo Herazo y José Ernesto Mancera Pineda.	696
3.13	Alteraciones de los niveles de Eutroficación: Una causa de mortandad de organismos en el complejo lagunar de la ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. José E. Mancera, Ramón Giraldo, Juan G. Salazar y Walberto Troncoso.	697
3.14	Caracterización ambiental de la zona costera del área de la boquilla comprendida entre el anillo vial y el Morro Grande (Cartagena). Ricardo Quintero, Amparo Ramos y Consuelo Molina.	698
3.15	Censo de la bajamar en el Pacífico colombiano. POSTER. Julian Augusto Reyna y Jorge Ernesto Solano Nocua.	699
3.16	Dragado del canal de acceso al puerto de Tumaco (1.996). POSTER.	

	Julian Augusto Reyna Moreno.	706
3.20	Comportamiento de la temperatura del mar en el Caribe colombiano a lo largo de los últimos setenta años. Carlos Alberto Andrade y Carlos Enrique Tejada	716
3.22	Impacto de la atmósfera de la Bahía de Cartagena sobre la estabilidad de los aceros estructurales. J. Minotas, G. Arismendy, C. Arroyabe, R. Pérez y A. Velandia.	717
1.63	Estudio de la circulación en la Bahía interna de Cartagena. Serguei Lonin y Luis Giraldo.	727
1.90	Comportamiento de la línea de costa sector salinas del Rey-Barranquilla. Amparo Molina M., Consuelo Molina y Yves Francois Thomás.	738
3.2	Contaminación	746
3.6	Estudio de la contaminación por hidrocarburos en aguas oceánicas del Pacífico colombiano. Alonso J. Marrugo G.	747
3.7	Hidrocarburos petrogénicos en aguas, sedimentos recientes y bioavos bioindicadores de zonas costeras del Pacífico colombiano. Alonso J. Marrugo González y Carlos H. Parga L.	753
3.17	Diagnóstico de la contaminación marina en el Pacífico colombiano. Luis Alfredo Calero Hernández, Robinson Fidel Casanova Rosero, Adela Patricia Castro Moreno y Mónica María Zambrano Ortiz.	763
3.19	Evaluación del impacto por derrames de hidrocarburos en la Ensenada de Tumaco. comprobación de la efectividad de los planes de contingencia. Edgar Cabrera Luna y Julian Augusto Reyna Moreno.	774
3.23	Modelación de la contaminación por petróleo en la Bahía de Cartagena. Serguei Lonin Ph.D., Luis Giraldo y Jesús Garay.	782
3.3	Desastres Naturales	792
3.21	Educación pública para poblaciones amenazadas por tsunami: una cartilla para Tumaco (Dpto. Nariño, Colombia). POSTER H. Meyer, M.M. Durán y E. Gómez.	793
3.24	Simulaciones numéricas de propagación de Tsunami para la Costa Pacífica de Colombia. J. H. Caicedo, B. Martinelli, H. Meyer y J. A. Reyna.	794

3.27	Efecto de Tsunami del mar Caribe en la Costa de Colombia. J. H. Caicedo, H. Meyer, Rafael Steer y B. Martinelli.	808
VIII	CEREMONIA DE CLAUSURA	819
	Orden del Día y Programa para la Ceremonia de Clausura del X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar.	820
	Libreto para la Ceremonia de Clausura del X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar	821
	Intervención del Secretario General de la Comisión Colombiana de Oceanografía en la Ceremonia de Clausura del X Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar	823
	Intervención del Director de Colciencias Doctor Juan Ricardo Morales en la Ceremonia de Clausura del X Seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar	825
	Intervención del Señor Contraalmirante Sergio Garcia Torres Vicepresidente del Consejo Nacional de Oceanografía en la Clausura del X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar	828
IX.	CONCLUSIONES	829
	Conclusiones Conferencistas Internacionales	830
	Conclusiones Conferencias Técnicas	832
X.	DIRECTORIO DE PARTICIPANTES	860

PRESENTACIÓN

La Secretaria General de la Comisión Colombiana de Oceanografía, agradece a todos los participantes el haber aceptado esta invitación para publicar una vez más las Memorias del ya tradicional evento en Ciencias del Mar de Colombia, décima versión.

Estas Memorias contienen los trabajos de investigación presentados durante el Seminario, las conferencias magistrales de los investigadores internacionales invitados y las Ceremonias de Inauguración y Clausura.

Este evento le permitió conocer el estado de conocimiento en el sector marítimo nacional y por ende la evaluación del Plan de Desarrollo de las Ciencias del Mar en Colombia 1990-2000.

Esperamos que esta recopilación de investigaciones sirvan para consulta de los profesionales interesados en las ciencias del mar.

El presente documento contiene los resúmenes y los textos completos de todas las investigaciones que fueron presentadas durante la celebración del X Seminario Nacional de Ciencias del Mar, así como las conferencias dictadas por los profesionales traídos exclusivamente de otros países para este Seminario.

Las ideas, hipótesis, contenido, conclusiones y recomendaciones expresadas en los trabajos, son responsabilidad exclusiva de los autores de los mismos. Estos fueron reproducidos directamente de los archivos que los investigadores hicieron llegar a la CCO.

Capitán de Navío SIGIFREDO VELANDIA ROCHA
Secretario General Comisión Colombiana de Oceanografía

AGRADECIMIENTOS

La Secretaría General de la Comisión Colombiana de Oceanografía desea agradecer a todas las entidades públicas y privadas 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 enriquecieron este seminario con temas de actualidad mundial en los campos de la Oceanografía y Ciencias del Mar en general.

ENTIDADES PATROCINADORAS

NACIONALES

AEROREPÚBLICA
COLCIENCIAS
DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA - DIMAR
ICFES
IDEAM
INVEMAR
INGEOMINAS
INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA - INPA
INVERSIONES KENO
MINISTERIO DE AGRICULTURA
OCENSA
SENA
UNIVERSIDAD EAFIT

INTERNACIONALES

COMISION PERMANENTE DEL PACIFICO SUR - CPPS
CEAB - CSIC

III. COMITÉS

1. COMITÉ ORGANIZADOR

CN Sigifredo Velandia Rocha
Dra. Martha Bernal de Mosquera
Dr. Orlando Saénz
Dr. Iván Rey Carrasco
Dr. Jaime Polanía
Dra. Leonor Botero Arboleda

Comisión Colombiana de Oceanografía
Comisión Colombiana de Oceanografía
Universidad Javeriana
Universidad Jorge Tadeo Lozano
Colciencias
Colciencias

2. COMITÉ DEL PREMIO EN CIENCIAS DEL MAR

Dra. Carmenza Duque
Dr. Enrique Forero
CN(r) Jaime Sánchez Cortés

Universidad Nacional de Colombia
Universidad Nacional de Colombia
Independiente

3. COMITÉ CIENTÍFICO

Dra. Elvira María Alvarado Chacón
Dra. Martha Bernal de Mosquera
Dr. Orlando Mora Lara
CF Carlos Alberto Andrade
Dr. Francisco Borrero Gutiérrez
Dr. Jairo Escobar Ramírez

Universidad de Bogotá "JTL"
CCO
INPA
CIOH
Universidad de los Andes
CCO

4. PERSONAL DE LA CCO

CN Sigifredo Velandia Rocha
Dra. Martha Bernal de Mosquera
CC Alvaro Parra Zafra
Dr. Jairo Escobar Ramírez
Dra. Mónica Sabogal

Secretario General
Asesora SGCCO
Jefe DICOR
Jefe DIORI
Jefe DIVAD

IV. CEREMONIA DE INAUGURACION

ORDEN DEL DÍA Y PROGRAMA PARA LA CEREMONIA DE INAUGURACIÓN DEL X SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR.

Santafé de Bogotá Salón Rojo - Hotel Tequendama - Octubre 28, 15:00 horas

1. Himno Nacional de la República de Colombia, Banda de Músicos Armada Nacional; interpretado por el Maestro JULIO CESAR ALZATE.
2. Palabras del Señor Director de Colciencias, JUAN RICARDO MORALES.
3. Palabras del Señor Vicealmirante ROBERTO SERRANO AVILA Comandante de la Armada Nacional.
4. Palabras de instalación por parte del Dr. JOSE VICENTE MOGOLLÓN VELEZ, Ministro del Medio Ambiente.
5. Lanzamiento de la Agenda Nacional Conmemorativa del Año Internacional del Océano, 1998.
6. Entrega del Diploma de Honor a la Dra. SARA DE NEWBALL en reconocimiento a su labor académica y científica en el sector marino de Colombia
7. Premio Nacional de Ciencias del Mar. Lectura del Acta Dra. CARMENZA DUQUE miembro del Comité del Premio.
8. Descanso
9. Conferencia de la investigación ganadora del Premio Nacional de Ciencias y tecnologías del Mar, EVOLUCION HISTÓRICA DE LAS ISLAS BARRERA DEL SECTOR DE BUENAVENTURA Y EL NAYA.
10. Conferencia : Elaboración de mapas Geológicos de Colombia en Versión digital ATLAS, autores Jaime Orlando Martínez y Juan Luis González, INGEOMINAS

LIBRETO PARA LA CEREMONIA DE INSTALACIÓN DEL X SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR

Buenas tardes. Después de cerca de año y medio de continuo trabajo llegamos al final de la etapa preparatoria de la X versión del Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del mar, bajo el lema : Hacia un Desarrollo Sostenible de Nuestros Mares. Iniciamos el acto de Instalación teniendo como preámbulo las notas del Himno Nacional de la República de Colombia, interpretado por la Banda de Músicos de la Armada Nacional y en la voz del maestro Julio Cesar Alzate.

La voz secreta de las aguas canta sin cesar el mensaje de la vida, el chamal de los achauas escuchó la palabra transparente que descendía de la montaña y puso en el aire las letras de vidrio para que cumilla la reconociera con su pluma. El padre recibió una señal y la leyó con el fervor de la religión: pensó en el diluvio universal.

Nos acompaña en la mesa principal : el Señor Ministro del Medio Ambiente Dr. José Vicente Mogollón; Señor Vicealmirante ROBERTO SERRANO AVILA Comandante de la Armada Nacional, el Sr Contralmirante Sergio García Torres Vicepresidente del Consejo Nacional de Oceanografía; el Dr Mauricio Obregon Andreu delegado del Señor Presidente de la República; el Dr. Juan Ricardo Morales Director de Colciencias; el Sr Capitán de Navío Sigifredo Velandia Rocha Secretario General de la Comisión Colombiana de Oceanografía; el Dr Osvaldo Rafael Pérez Molina Director del Instituto Nacional de Pesca Y Acuicultura INPA.

Resaltamos también la presencia de distinguidos representantes de Organismos Internacionales, Directores de organismos relacionados con el sector marítimo, Rectores y Decanos de las Universidades Colombianas con programas en las Ciencias del Mar, miembros de la Armada Nacional de Colombia y los distinguidos conferencistas nacionales e internacionales.

Los exploradores del gran mar, encontraron un signo tallado en la roca por la mano de los antiguos, era el espiral que asciende desde las profundas aguas del mar en el vórtice de los remolinos y guarda en él, el secreto de la luz y tal vez la fórmula de la vida.

Escuchemos a continuación las palabras del Doctor Juan Ricardo Morales , Director de Colciencias. Institución que ha mantenido un sostenido apoyo al Seminario Nacional de las Ciencias del Mar en Colombia.

Ha llegado nuestro tiempo, el de comprender los mares, las lagunas, las quebradas y los ríos, el entender a la voz del agua cuando circula en su girar permanente, acariciando la tierra de los hombres.

Intervención del Señor Vicealmirante ROBERTO SERRANO AVILA Comandante de la Armada Nacional

Canta y canta su secreto para que el hombre de corazón abierto a los ritmos de la madre tierra, y como último chaman decifrador de los mensajes, lea con la magia de la tecnología el código escondido en las cadenas de la vida.

Intervención del Sr Ministro del Medio Ambiente Dr José Vicente Mogollón

El misterio de la vida en el agua se revela en el texto escrito en la geometría de las olas, en los arabescos de las escamas de los peces y en los diseños iluminados de algas y bacterias.

INTERVENCION DEL SEÑOR VICEALMIRANTE COMANDANTE DE LA ARMADA NACIONAL EN LA CEREMONIA DE INSTALACION DEL X SEMINARIO NACIONAL DE LAS CIENCIAS Y TECNOLOGIAS DEL MAR.

LA ARMADA NACIONAL HA ESTADO VINCULADA A LAS CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR DESDE EL INICIO DE LAS INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS EN COLOMBIA. AÚN ANTES DE ADQUIRIR LA CAPACIDAD DE REALIZAR UNA INVESTIGACIÓN AUTÓNOMA, VARIOS DE SUS OFICIALES ABORDO DEL ARC-BOCAS DE CENIZA PARTICIPARON EN LOS 4 CRUCEROS OCEANOGRÁFICOS LLAMADOS AGENTO EN EL ÁREA DEL PANAMÁ BIGHT ENTRE 1965 Y 1966. POSTERIORMENTE, EN 1968 CUANDO LA COMISIÓN OCEANOGRÁFICA INTERGUBERNAMENTAL COI DE UNESCO INICIÓ ACTIVIDADES EN COLOMBIA, LA ARMADA COMENZÓ SUS ACTIVIDADES OCEANOGRÁFICAS FORMALES A TRAVÉS DE SU PARTICIPACIÓN DENTRO DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES COOPERATIVAS DEL CARIBE Y REGIONES ADYACENTES CICAR. EN 1969, SE LLEVÓ A CABO EL CRUCERO OCEANOGRÁFICO OCEANO1, DE PATENTE EXCLUSIVA DE LA ARMADA, QUE CONSTITUYE EL PRIMER CRUCERO OCEANOGRÁFICO NETAMENTE NACIONAL. EN ESA ÉPOCA, SE CREA LA DIVISIÓN DE HIDROGRAFÍA EN EL DEPARTAMENTO DE LITORALES DE ESE ENTONCES: DIRECCIÓN DE MARINA MERCANTE, ASÍ COMO TAMBIÉN, SE CREA LA DIVISIÓN OCEANOGRÁFICA DE LA ARMADA NACIONAL.

DESDE ESTA EPOCA EL NOMBRE DE LA ARMADA NACIONAL HA ESTADO SIEMPRE LIGADO EN LA MEMORIA OCEANOGRÁFICA NACIONAL COMO UNA ENTIDAD ESPECIALMENTE DE APOYO Y SOPORTE A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LOS MARES. APARECE COMO MIEMBRO FUNDADOR DE LA COMISIÓN COLOMBIANA DE OCEANOGRAFÍA, ASÍ COMO COGESTOR EN LA COMPLEMENTACIÓN DE LA CARRERA DE BIOLOGÍA MARINA EN EL PAÍS, A TRAVÉS DE UN CONTRATO CON LA UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO. DE SU INICIATIVA SE CREA LA PRIMERA FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA FÍSICA EN LA ESCUELA NAVAL ALMIRANTE PADILLA EN CARTAGENA Y SU NOMBRE APARECE TAMBIÉN EN EL PLAN CARTOGRÁFICO NACIONAL EN EL QUE EL BUQUE HIDROGRÁFICO ARC-QUINDIO TUVO UNA PARTICIPACIÓN DESTACADA.

BAJO LA PREMISA QUE NO PUEDE HABER OCEANOGRAFÍA SIN BUQUE OCEANOGRÁFICO, EN 1969, LA ARMADA ADQUIERE EL PRIMER BUQUE DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA DEL PAÍS, EL ARC-SAN ANDRES Y DE ALLÍ EN ADELANTE, LA ARMADA NACIONAL APARECE COMO UNA CONSTANTE QUE ACOMPAÑA Y APOYA LA EVOLUCIÓN PROGRESIVA DE LA OCEANOGRAFÍA EN EL PAÍS.

EN 1980 SALE A LA LUZ EL PLAN MAESTRO DE DESARROLLO DE LAS CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR, COMO RESULTADO DE UN ESTRECHO TRABAJO INTERINSTITUCIONAL, PARA EL CUAL LA ARMADA NACIONAL DESTACA UN OFICIAL EN COMISIÓN DE TRABAJO DE TIEMPO COMPLETO EN EL DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. DICHO PLAN CONSTITUYE EL MARCO DE REFERENCIA PARA LA INVESTIGACIÓN MARINA EN EL PAÍS Y ESTÁ VIGENTE HASTA EL AÑO 2000. PARALELAMENTE A LA EJECUCIÓN DEL PLAN Y EN RESPUESTA A UNA NECESIDAD DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA NACIONAL, SE ADQUIEREN POR PARTE DE LA ARMADA NACIONAL, DOS BUQUES DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICAS, LOS ACTUALES ARC-MALPELO Y ARC-PROVIDENCIA, LOS CUALES HAN PERMITIDO AVANZAR EN EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO DE NUESTRA ZONA ECONÓMICA EXCLUSIVA.

EN 1984 TAMBIÉN POR INICIATIVA DE LA ARMADA, SE CREA EN TUMACO EL CENTRO DE CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL PACÍFICO, DOTANDO A ESTE LITORAL DEL PAÍS DE UNA ESTRUCTURA PARA APOYO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, SIMILAR A LA QUE SE TIENE EN EL CARIBE CON EL CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDROGRÁFICAS Y OCEANOGRÁFICAS-CIOH. LA ARMADA NACIONAL HA ESTADO TAMBIÉN INVOLUCRADA EN LOS OTROS TEMAS DE LA AGENDA MARÍTIMA NACIONAL.

ASISTIÓ Y ASESORO AL GOBIERNO NACIONAL, AL LADO DEL MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES, EN TODO EL PROCESO DE NEGOCIACIÓN DE LA CONVENCIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL DERECHO DEL MAR Y SIGUE MUY DE CERCA SU IMPLEMENTACIÓN Y LAS ACTIVIDADES CONEXAS CON LAS NUEVAS INSTANCIAS CREADAS COMO CONSECUENCIA DE SU ENTRADA EN VIGENCIA. SIGUE TAMBIÉN A TRAVÉS DE SUS DEPENDENCIAS TEMAS RELACIONADOS CON LA PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO, SEGURIDAD MARÍTIMA ETC, QUE SE CONSAGRAN EN OTROS TRATADOS INTERNACIONALES.

RECIENTEMENTE HA CREADO LA DIVISIÓN DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR, CON UNA ORIENTACIÓN ESPECÍFICA AL ENFOQUE TÉCNICO NAVAL DEL MAR. TAMBIÉN HEMOS APOYADO Y SEGUIREMOS APOYANDO, ESTE ÚNICO FORO CON QUE CUENTA EL PAÍS PARA LA EXPRESIÓN COLECTIVA Y EL INTERCAMBIO DE OPINIONES Y EXPERIENCIAS EN EL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DE MAR.

COMO INSTITUCIÓN ESTAMOS INVOLUCRADOS EN LA CONFORMACIÓN DE LA AGENDA NACIONAL PARA EL AÑO INTERNACIONAL DEL OCÉANO Y HACEMOS ESFUERZOS ORIENTADOS A DESPERTAR UNA CONCIENCIA MARÍTIMA PARA QUE COLOMBIA PUEDA LLEGAR AL AÑO 2000 COMO UNA NACIÓN MARÍTIMA. EXPRESAMOS NUESTRA SATISFACCIÓN A LA COMISIÓN COLOMBIANA DE OCEANOGRAFÍA Y A LAS INSTITUCIONES COAUSPICIADORAS DE ESTE FORO POR SU CONVOCATORIA, A LA VEZ QUE PRESENTAMOS UN CORDIAL SALUDO A LA COMUNIDAD CIENTÍFICA NACIONAL E INTERNACIONAL QUE HOY SE REUNE BAJO EL LEMA : HACIA UN DESARROLLO SOSTENIBLE DE NUESTROS MARES. LES DESEO MUCHOS ÉXITOS EN ESTE SEMINARIO.

MUCHAS GRACIAS

OPORTUNIDADES Y AMENAZAS DE NUESTRO RIQUEZA MARINA Y COSTERA

Palabras de JOSÉ VICENTE MOGOLLÓN, Ministro del Medio Ambiente, en la instalación del Seminario Nacional sobre ciencia y tecnología del mar, Santa Fe de Bogotá, Octubre 28 de 1996

Esta reunión se realiza en un momento altamente propicio porque convergen los temas de la *globalización y nacionalización* de los temas ambientales en lo que hace referencia a los asuntos marinos y costeros.

Por una parte, la reciente entrada en vigencia de la Convención de las NN.UU. sobre el Derecho del Mar y los resultados de la pasada Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

Y, por otra parte, gracias a los procesos de internacionalización de la economía y la cultura, con los cuales, poco a poco, se supera en nuestro país la visión mediterránea que imperó durante siglos, según la cual, a pesar de la importancia concedida al Puerto de Cartagena desde la época colonial, la política económica y social se orientó por los intereses y las necesidades de la poblaciones y de las elites asentadas en las capitales andinas.

Además, debido a la mayor conciencia sobre el valor de los recursos naturales, las autoridades y los ciudadanos empiezan a mirar con mas atención hacia las costas y mares.

A pesar de estos acontecimientos, creemos que aún los colombianos no sabemos de la enorme dimensión de nuestro patrimonio marítimo y costero, ni mucho menos sobre su valía y las amenazas que se cierran sobre él.

Su dimensión es de grandes proporciones que no se aprecian en nuestro mapas convencionales. Es casi igual a la superficie terrestre del país. En total, el área del medio ambiente marino ocupa una superficie total de 957.660 kms², mientras el área terrestre nacional es de 1.141.748 kms².

Los principales aspectos naturales y humanos de dicho medio son:

- Como *medio acuático*. su riqueza biológica y minera, sus posibilidades como medio de transporte y factor ambiental clave por múltiples razones, especialmente por su importancia en el ciclo del agua.

Como *medio costero* representa el hábitat de cerca de 2 millones de habitantes urbanos y rurales, tiene significativas riquezas forestales y mineras, especialmente en el Pacífico y es mundialmente reconocida su biodiversidad

Pero estos sucesos notables, representan para nuestras mares y costas una situación paradójica desde el punto de vista ambiental.

La apertura de la economía conllevará, como ya está sucediendo, una mayor dinamismo en las zonas costeras y una mayor uso económico de las riquezas marinas, que se traducirán, sin duda, en impactos ambientales negativos de magnitud considerable que, seguramente serán motivo de cuidadoso análisis en este seminario.

Las principales amenazas que se ciernen sobre el medio marino son los desechos y aguas servidas del transporte; derrames de hidrocarburos; pesca inadecuada; contaminación eólica y por sedimentación de ríos afluentes.

En cuanto al medio costero tenemos la inadecuada explotación de los suelos; la deltificación por sedimentación y la creciente ocupación de los suelos, sin ninguna planificación, por infraestructuras productivas y urbanísticas (puertos, carreteras, ciudades y conjuntos turísticos)

En respuesta a estos retos, el Ministerio ha venido desarrollando una intensa gestión para definir una política y una estrategia para la defensa, preservación y desarrollo sostenible de las costas y los mares adyacentes.

Estos están encaminados a la protección de todos los ecosistemas marinos y costeros y a su uso sostenible.

Los principales instrumentos para lograr estos objetivos y estrategias son:

- Ordenamiento y zonificación territorial
- Adopción de tecnologías limpias. Tal el caso del Acuerdo con la Fundación Mamona en Cartagena
- Acciones de control y prevención (licencias ambientales, especialmente)
- Determinación de áreas de protección especial (parques nacionales)
- Áreas de reserva forestal productoras-protectoras, distritos de manejo etc.

Acción coordinada entre corporaciones regionales, municipios, departamentos, autoridades portuarias y marítimas y Minambiente)

Mención especial merece el proceso de consolidación institucional de la investigación que se ha venido adelantando en el país y en la cual está el Gobierno seriamente comprometido.

En los últimos años se crearon nuevos institutos, se adelantaron nuevas acciones y surgen programas en Universidades.

A título de ejemplo, se pueden mencionar la creación del INPA, el programa nacional de ciencia y tecnología del mar, auspiciado por Colciencias, el programa de biología marina de la Universidad del Valle y de Geología Marina de la Eafit y, principalmente, la reestructuración del Invemar.

La investigación requerida Sobre el tema específico de este Seminario, quisiéramos hacer unas cuantas observaciones.

La inserción adecuada de la investigación marina en el desarrollo económico de Colombia, dentro de un concepto sostenible, debe considerarse como un todo integrado. Esta inserción requiere de nuevos enfoques en la ordenación y desarrollo del medio marino, donde la equidad social debe ser elemento condicionante.

Hasta ahora el discurso ambiental se ha caracterizado por su poca precisión. Es aquí justamente donde la investigación puede darle estructura real y convertirse en un elemento de apoyo a la formulación de políticas, a la definición de metas y a la toma de decisiones en el campo ambiental.

No se trata, como es obvio pensarlo, de la producción de un conocimiento contemplativo o especulativo sino de un conocimiento para la acción, es decir, de tipo operativo, cada vez más amplio y más contable.

En tal carácter, el conocimiento a lograr no puede ser fragmentario sino un conjunto sistemático de informaciones relacionadas con el medio ambiente y sus comportamientos, incluido el hombre, que permita orientar la gestión ambiental de la mejor manera posible.

El proceso científico debe combinar de forma adecuada la capacidad de razonamiento junto con la experiencia y sus posibilidades de utilización para un mayor desarrollo tecnológico.

En su condición de sistema ordenado del saber, el trabajo científico es una labor persistente, sistemática, de largos procesos de maduración y sólo se consolida lentamente, con excepción de las genialidades humanas, que se dan de vez en cuando, y, por consiguiente, no recoge fácilmente los cambios surgidos de actitudes esnobistas.

Se trata, claro está, de tener el espíritu y el entendimiento abiertos a los avances de distintas reflexiones, de diferentes enfoques, pero es necesario precaverse que se extraiga aquello que sea realmente valioso y útil. Precaución muy importante, máxime teniendo en cuenta nuestra formación intelectual bastante distorsionada por un sentido "copista" que aún no hemos sido capaces de superar.

Cuando afirmamos que una de las guías de la acción en el campo de la investigación científica es la de hacer posible el desarrollo tecnológico es, en la intención de ser consecuentes con la ligazón moderna de la ciencia y la tecnología.

Dicha ligazón está dada por el hecho de que ambas orientan la acción humana y la enriquecen. La ciencia a través del progreso del conocimiento que le permite a la tecnología transformar la realidad objetiva.

Dentro de este contexto cabe preguntar sobre el tipo de conocimientos científico y de modelos de acción que deben producir la investigación en términos ambientales.

En nuestra opinión, su labor debe estar orientada por dos parámetros esenciales:

Su contribución a la toma de decisiones de las autoridades, de las empresas y la comunidad en los procesos de planeación, ejecución, evaluación y control y

Su facilidad de instrumentación, es decir, que los resultados de la investigación puedan convertirse en la base del nuevo "savoir faire" del desarrollo sostenible.

Los Institutos de Investigación, a pesar de las limitaciones de todo orden, tienen una preocupación central, que ojalá nunca se desvirtúe:

hacer cada día mas y mejores investigaciones, para lo cual necesitan disponer de equipos técnicos mas numerosos y de mejor calidad (mejorando lo presente) y ser muy cuidadosos en su operación burocrática.

Dicho, en forma coloquial, ello significa que haya en los institutos cada día mas funcionarios de bata blanca, dotados de microscopios y demás aparatos de la investigación y menos personal administrativo, en términos relativos.

Por las razones expuestas, consideramos que el principio de precaución contenido en la Ley 99 de 1993, si bien fue concebido con sentido previsorio, su aplicación indiscriminado puede significar un desestímulo al esfuerzo de investigación, base esencial para lograr el conocimiento que ayude a tomar decisiones acertadas.

Pueden presentarse situaciones en las cuales los resultados sean muy inciertos pero probablemente dañinos. Estas incertidumbres, causadas en buena medida por la carencia de mayor conocimiento, hacen aconsejable abstenerse de actuar. Pero esta conducta debe ser excepcional y no la regla, por su carácter paralizante.

De allí la moderación y el buen juicio que debe tenerse en el manejo de este instrumento y sobre la urgente necesidad de ahondar cada día mas en la dilucidación, con las herramientas de la ciencia, de los fenómenos ambientales, como única manera adecuada, además de sentido de la justicia y de la oportunidad, para que las decisiones de las autoridades ambientales, y de los diversos actores sociales, se tomen con mayor seguridad y certeza.

Finalmente quisiéramos hacer referencia a algunas de las acciones generales realizadas por el Ministerio en estas materias y destacar las labores cumplidas por INVEMAR:

- Con la ayuda de la Dimar e Invermar se están elaborando los términos de referencia para la propuesta de política y estrategias para el Plan de Manejo Integrado de Zonas Costeras y Areas Marinas en Colombia.
- Se expidieron las resoluciones 1602 de 1995 y 020 de 1996, por medio de las cuales se dictan medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia.

Se expidió una resolución de veda al uso de manglar y se establecieron los términos de referencia para la protección de recurso.

- Se continúa realizando un estricto control de derrame de hidrocarburos
- Se han realizado avances en la preparación de un documento con lineamientos de política para los humedales marinos y costeros.
- Se elaboraron los términos de referencia para los estudios de diagnóstico y propuestas de zonificación a realizar por parte de las Corporaciones Autónomas Regionales Costeras, como se enuncia en el artículo 4o. de la Resolución No. 1602 ya mencionada.
- Hemos adelantado una acción decidida para establecer las medidas y mecanismos que nos permitan resolver el agudo problema de la Bahía de Cartagena, cuyo último paso fue la firma de un convenio con el Cuerpo de Ingenieros de los EE.UU. y la constitución de la empresa Canal Limpio S.A.

En cuanto a la acción de Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR valga decir que, en la actualidad, el Instituto está orientado exclusivamente por personal colombiano altamente capacitado, y se mantienen convenios de cooperación y asistencia técnica con diversas instituciones extranjeras.

En el INVEMAR actualmente se desarrollan cuatro programas de investigación de gran importancia relacionados con lagunas costeras, ecosistemas estratégicos, ecología pesquera y maricultura. Además, viene trabajando en la línea de prestación de servicios de tipo investigativo a través de consultorías.

Señores asistentes:

El futuro de las ciencias del mar es halagüeño. Cada día Colombia es un país menos "mediterráneo", gracias al esfuerzo y la persistencia de Uds. y las favorables circunstancias que antes mencionamos.

Pero tenemos grandes desafíos cuya respuesta requiere coordinación y trabajo conjunto, así como apoyo internacional.

Con esta visión, en el Ministerio respaldamos todas las iniciativas que, como este Seminario, vayan en procura del desarrollo sostenible y

vemos con interés los desarrollos científicos y tecnológicos que tiendan a aprovechar y preservar la enorme biodiversidad y las posibilidades que ofrece nuestro patrimonio natural.. dentro del cual el marítimo y costero es uno de los más importantes..

Este Foro ofrece un espacio apropiado para vincular las investigaciones al desarrollo económico y social del mar.

Con seguridad, sus conclusiones y recomendaciones enriquecerán la elaboración de la Agenda para el año internacional de los Océanos, en cuya confección estamos comprometidos.

Felicitemos sinceramente a la Dimar, Ministerio de Agricultura, Icfes, Ideam, Inpa e Invemar, patrocinadores de este evento y lo declaramos formalmente instalado.

DOCUMENTO DE LANZAMIENTO DE LA AGENDA NACIONAL CONMEMORATIVA DEL AÑO INTERNACIONAL DEL OCEANO 1998

ANTECEDENTES: Sobre la base de la Resolución XV11-17 de la 17ava. Asamblea General de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental COI de UNESCO, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró a 1998 como AÑO INTERNACIONAL DEL OCEANO (Resolución 49/131).

La iniciativa ha sido considerada como una oportunidad única de aumentar la conciencia de la importancia del Océano y del entorno litoral y de acrecer la notoriedad política de las cuestiones relacionadas con el océano comprendidas sus dimensiones económicas.

En el anterior sentido el Consejo Nacional de Oceanografía en su 1a. Reunión de 1995 (Santafé de Bogotá, septiembre 8 de 1995), acogió la propuesta de la Secretaría General de la Comisión Colombiana de Oceanografía para preparar la agenda nacional de actividades como actos conmemorativos del año internacional del océano, 1998.

OBJETIVO: Estimular la atención pública y acrecer la notoriedad política de las cuestiones relacionadas con el océano, comprendidas sus dimensiones económicas y sociales. Como evento cultural, las actividades conmemorativas pretenden estimular la atención pública para influir en los niveles de decisión que requieren de los recursos marinos para alcanzar objetivos de desarrollo sostenible fundamentados en el conocimiento científico y en objetivos sociales.

La agenda nacional para el año internacional del océano, que se lanza con ocasión del X Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del mar tiene como lema: La importancia del Océano para nuestro futuro común, fundada en diferentes tipos de actividades orientadas a aumentar la conciencia nacional sobre nuestros mares para nuestro desarrollo económico y sectorial incrementando la notoriedad política en los asuntos relacionados con nuestros mares.

Objetivo General de la Agenda Colombiana

- Contribuir y destacar la importancia de los océanos y los recursos del mar para nuestro desarrollo económico y social, reflejado como un elemento de política nacional.
- Preparar las bases para una apropiada institucionalización del mar y sus recursos en la organización administrativa nacional.
- Aportar bases para una gestión nacional basada en la utilización sostenible de nuestros mares y costas.
- Contribuir al incremento de la concientización pública respecto al océano mediante el estímulo a todos los sectores de la vida nacional a través de diferentes actividades culturales.

La COMISIÓN COLOMBIANA DE OCEANOGRAFIA, se vale de la oportunidad para invitar a todas las instituciones que quieran hacerse participipes de este evento, para que se vinculen a la agenda nacional para la celebración del Año Internacional de los océanos, con ideas y programas que estimulen en los Colombianos su amor e interés por nuestros océanos.

La Comunidad Científica Nacional desea destacar la labor académica ejemplar de uno de los principales formadores integrales de científicos marinos Colombianos.

El Dr. Osvaldo Pérez Molina, Director General del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, INPA hará entrega del Diploma de Honor por el cual se destaca la labor de la **Doctora Sara de Newball**, por su contribución a la formación académica de los Ingenieros Pesqueros y Biólogos Marinos del país.

La Dra. Carmenza Duque dará lectura al Acta Final por la cual se otorga el Premio Nacional en Ciencias y tecnologías del Mar, versión 1996, al trabajo de investigación - **EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS ISLAS BARRERA DEL SECTOR DE BUENAVENTURA Y EL NAYA** - a los doctores **JAIME ORLANDO MARTÍNEZ** y **JUAN LUIS GONZALEZ** de Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química - Ingeominas. Hará entrega de los pergaminos el señor Ministro del Medio Ambiente, doctor **JOSÉ VICENTE MOGOLLÓN VELEZ** y el Dr Mauricio Obregon Andreu, delegado presidencial .

El Dr Juan Ricardo Morales Director de COLCIENCIA hace entrega de las pasantías a los investigadores ganadores del premio.

El Dr Manuel Arturo Rincón, Presidente de Inversiones KENO Hace entrega de un reconocimiento Económico a los investigadores ganadores del premio.

El mensaje está a punto de ser descifrado, entendemos la voz del agua, la voz del mar y las primeras palabras que nos entregan el código de la vida.

A continuación invitamos a todos los presentes a una pausa para café y posteriormente se hará la presentación de la investigación ganadora del Premio Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, **"Evolución Histórica de las Islas Barrera del Sector de Buenaventa y el Naya"**, y a continuación la Primera Conferencia denominada "Elaboración de Mapas Geológicos de Colombia en versión Digital, Allás", por: Jaime Orlando Martínez y Juan Luis González del Ingeominas. Igualmente, al coctel de inauguración que tendrá lugar en este mismo salón a las 19:00 horas.

ACTA DE LA SESION FINAL DEL COMITÉ DEL PREMIO NACIONAL DE CIENCIAS DEL MAR

Santafé de Bogotá D. C., Octubre 17 de 1996
Secretaría General Comisión Colombiana de Oceanografía

Los abajo firmantes, recibimos la honrosa invitación del Comité Organizador del X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, para constituir el Jurado que habría de escoger la investigación ganadora del Premio Nacional de Ciencias del Mar, versión 1996.

El jurado desarrollo su actividad entre el 17 de septiembre y el 17 de octubre del año en curso.

Los criterios de evaluación establecidos en el Reglamento del Premio, aprobado por el Consejo Nacional de Oceanografía según Acuerdo No. 004 de 1989, son los siguientes:

- Originalidad
- Calidad Científica
- Pertinencia
- Capacidad de síntesis y análisis
- Aporte al conocimiento
- Cumplimiento de los objetivos
- Contribución a la solución de problemas sociales y económicos del país
- Posibilidad de aplicación inmediata de los resultados obtenidos
- Presentación y
- Fuentes de consulta (bibliografía)

El proceso de selección llevó a la escogencia por decisión unánime el trabajo titulado: **"EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS ISLAS BARRERA DEL SECTOR DE BUENAVENTURA Y EL NAYA"**, cuyos autores son los investigadores, doctores Jaime Orlando Martínez y Juan Luis González, de Ingeominas.

Igualmente, el Comité consideró hacer una mención especial al trabajo titulado **EL SISTEMA DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y PUNTOS CRÍTICOS DE CONTROL (HACCP) APLICADO A LA PESCA ARTESANAL DEL PACÍFICO COLOMBIANO**, presentado a concurso por el ingeniero pesquero Gustavo José Robles Mozo de la Universidad del Chocó, por la importancia en la contribución a la solución de problemas económicos y sociales concretos; en tal virtud tiene un valor intrínseco elevado.

En constancia de lo anterior, se firma la presente acta en las instalaciones de la Comisión Colombiana de Oceanografía en Santafé de Bogotá, a los diez y siete días del mes de octubre de 1996.

CARMEZA DUQUE

ENRIQUE FORERO

JAIME SÁNCHEZ CORTÉS

**V. CONFERENCIA DE LA INVESTIGACION
GANADORA DEL PREMIO NACIONAL
DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS DEL MAR**

EVOLUCION HISTORICA DE LAS ISLAS BARRERA DEL SECTOR DE
BUENEVENTURA Y EL NAYA

Jaime Orlando Martínez M.(1)

y

Juan Luis González (2)

(1) Ingeominas- Universidad Nacional de Colombia
(2) Ingeominas.

INTRODUCCION

Los estudios de evolución costera que examina y explora las razones por las cuales se modifica y altera la línea de costa a través del tiempo, se hacen cada vez más importantes su realización, especialmente, al conocerse la existencia de grandes extensiones de costa baja donde ha habido una ocupación extensa por el hombre.

Esa necesidad se hace más imperiosa, al considerar el espectro del ascenso del nivel del mar, cuyo eventual aceleramiento afectaría seriamente las costas del mundo, incluyendo las de Colombia. No obstante que la dinámica de una costa no es lineal en el tiempo, el conocimiento del comportamiento a través del tiempo de un segmento costero resulta ser determinante en la evaluación del grado de estabilidad que puede mantener hacia el futuro.

Objetivos

El objetivo principal del estudio es contribuir al conocimiento sobre el comportamiento de las islas barrera del sector de Buenaventura y el Naya. En ese sentido, se busca entender la dinámica de las mismas, desde el punto de vista de su estabilidad. Dentro de ese contexto se intenta determinar y evaluar la existencia de eventos catastróficos como hundimientos costeros y tsunamis. Lo anterior se postuló como base para un ordenamiento ambiental coherente con la situación real que presentan las islas estudiadas.

Localización del Area de Estudio

Las islas estudiadas(El Soldado, Santa Bárbara, Chamuscado y El Ají), hacen parte de la sucesión de barras de arena que definen el límite entre el continente y el mar en la costa baja. Las dos primeras islas mencionadas anteriormente(El Soldado y Santa Bárbara), se encuentran al sur de la bahía de Buenaventura. Las segundas(Chamuscado y El Ají) se encuentran más al sur, en las bocas del río Naya.(Fig-1).

Metodología de Trabajo

Las islas de El Soldado y Santa Bárbara se escogieron por sus marcadas diferencias morfológicas, no obstante que se encuentran adyacentes y están sujetas a descargas fluviales y a procesos costeros similares, lo que resulta de especial interés para éste trabajo de investigación. Igualmente las islas de Chamuscado y El Ají son adyacentes y sobresalen del resto de la cadena de islas en este grupo por sus dimensiones en especial por su longitud.

Una vez escogidas las islas para su estudio, se realizó un trabajo de fotointerpretación de cada una, revisando todos los vuelos disponibles para cada isla, Cuando se dispuso de vuelos de varios años se trató de reconocer la tendencia del frente de isla en función de acreción/ erosión.

Para completar el conocimiento de las islas se realizó un sobrevuelo en avioneta en la etapa intermedia de los trabajos de campo en el cual se pudieron identificar las geoformas de cada isla. Los trabajos de campo se encaminaron al levantamiento de perfiles topográficos a tres de las islas estudiadas, los cuales se iniciaron desde el nivel de baja marea y concluyeron en la mayoría de los casos en la zona de transición entre el cuerpo arenoso y la zona de manglar. En algunos casos no fue posible

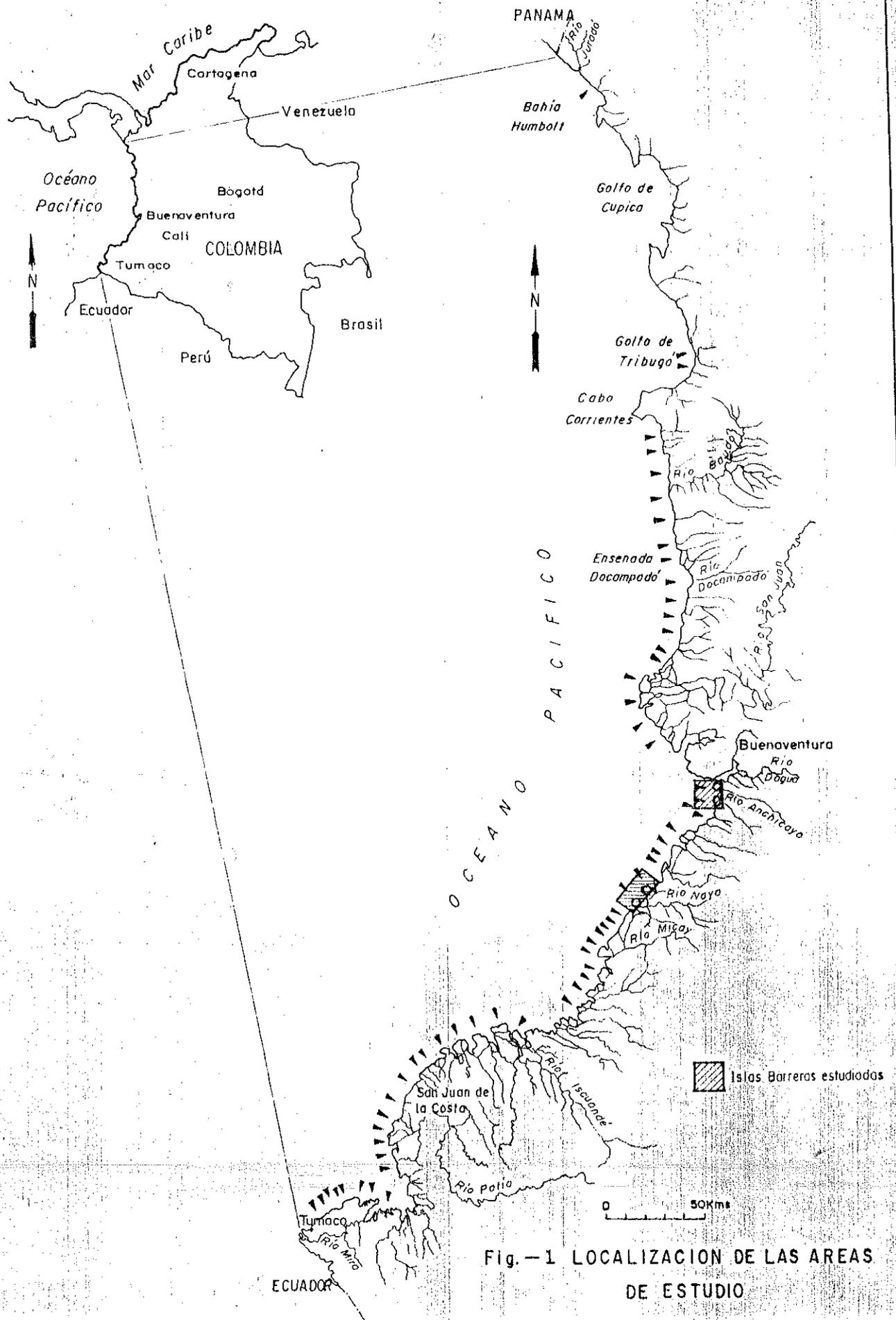


Fig.-1 LOCALIZACION DE LAS AREAS DE ESTUDIO

llegar hasta el anterior límite en razón a lo inaccesible del terreno (alta densidad de la vegetación y zonas inundadas, aún en marea baja).

Para este levantamiento se utilizó un nivel de mano el cual fue colocado en el eltope de un jalón de 1,50 m de altura, igualmente se empleo una mira, la cual fue graduada en divisiones de centímetro.

Siguiendo las líneas de los perfiles se realizaron 2 o 3 sondeos por línea, espaciados uniformemente sobre el cuerpo de la isla, Con este propósito se utilizó tubería de aluminio de 3", la cual fue enterrada manualmente en cada sondeo con un martillo de 12 libras. Este sistema permitió alcanzar profundidades máximas de 4 metros.

En el laboratorio los tubos se abrieron longitudinalmente; el corte se efectuó teniendo en cuenta la dirección del mar. Una de las mitades del núcleo se selló herméticamente con papel celofán con el objeto de conservar la humedad de las muestras. Con la otra mitad se elaboró un pellejo de resina acrílica con el objeto de preservar y resaltar las estructuras sedimentarias físicas y biogénicas. Posteriormente de ésta misma mitad se tomaron muestras de sedimentos a intervalos de 10 centímetros para análisis granulométrico.

GEOMORFOLOGIA

Características Comunes de las islas barreras estudiadas

Algunos atributos que en conjunto comparten las cuatro islas estudiadas son:

1. Su forma alargada y relativamente angosta
2. Su escasa elevación sobre el nivel máximo de mareas de puja
3. La frecuencia de las bocanas asociadas a grandes ríos que separan las islas.
4. La dinámica costera compleja en el frente de las islas, que en algunos sectores se caracteriza por el retroceso de la línea de costa, y en otros por el avance de esta.
5. El desarrollo de grandes espigas en el extremo norte de las islas.

Isla El Soldado

Ubicada entre la bahía de Buenaventura al norte y la bocana de Santa Bárbara al sur. La isla presenta una longitud de 5500 metros y una amplitud promedio de 75 metros. En general es de baja altura, alcanzando apenas 2,5 metros por encima del nivel de máximas mareas.

En superficie los rasgos morfológicos mas característicos son crestas de playa anchas, de 5 a 8 metros y de escasa altura (0.5 metros) las cuales están dispuestas en forma paralela a la costa y varían en número entre una y tres.

En el frente de la isla, el rasgo geomorfológico mas conspicuo es la espiga en forma de gancho que define el extremo norte. Esta ha presentado variaciones morfológicas notables en el periodo de 1961 a 1992.

Deltas de marea de reflujo en forma de barras alargadas de 3 kilómetros de largo y relativamente angostas se proyectan perpendicularmente desde ambos extremos de la isla. Estos deltas quedan expuestos durante la bajamar y se evidencian como zonas de rompientes del oleaje en marea alta.

No existen deltas de marea de flujo hacia el norte por que las profundidades y corrientes de la bahía de Buenaventura impiden cualquier posibilidad de desarrollo de éstos y tampoco existe hacia el sur en la bocana de Santa Bárbara; lo anterior se explica por una combinación de las altas descargas fluviales y la diferencia en la magnitud de las corrientes de marea de flujo.

Isla Santa Barbara

Esta Isla se localiza entre las bocanas de Santa Bárbara al norte y el río Raposo al sur. Con una extensión de 8.4 kilómetros y una amplitud promedio de 300 metros. Santa Bárbara contrasta con otras islas y rasgos costeros adyacentes, por proyectarse mar adentro, y marcar un desplazamiento abrupto en el trazado de la línea de costa. Su forma elongada y aproximadamente convexa es única en toda la cadena de islas y es un indicio del posible origen regresivo de esta isla, a lo que se suma la densa cobertura boscosa y el grado de desarrollo del perfil de suelos.

Con base en los perfiles topográficos levantados en la isla, se concluye que el cuerpo arenoso es irregular en su superficie. Esa irregularidad está determinada por la presencia de crestas de playa de 3 a 5 metros de ancho, paralelas y de escasa altura (0.5 metros).

La línea de costa en el frente de la isla se ha caracterizado por presentar alternancia de tramos que han resultado afectados por erosión con tramos que han experimentado avance. Desde el extremo norte de la isla hasta aproximadamente una tercera parte de ésta, la costa ha avanzado en dirección al mar, tendencia que ha sido constante en los últimos 35 años. En este periodo se produjo un avance de aproximadamente 300 metros, con los mayores cambios registrados entre 1971 y 1982; en la actualidad el frente de la isla en ese sector se caracteriza por tener una playa trasera amplia, cubierta por matorrales.

De acuerdo con el estudio geomorfológico basado en fotografías aéreas e imagen de radar, el retroceso para el tramo central, la dinámica del frente de costa ha tenido una alternancia de periodos de avance de la línea de costa, con retrocesos, sin embargo, el resultado neto no muestra ningún desplazamiento en la posición de la costa.

Deltas de marea de reflujo, de características similares a los descritos para Isla Soldado, se proyectan perpendicularmente desde ambos extremos de las islas y definen los canales de acceso a la bocana de Santa Bárbara al norte y del río Raposo al sur.

Isla Chamuscado

La isla Chamuscado con 8.5 kilómetros de longitud, se localiza entre las bocanas de los estuarios Chamuscado al norte y del Ajicito al sur, ambos formados por brazos del río Naya. Del grupo de islas estudiadas es ésta la menos conocida en términos geomorfológicos, ya que una parte importante de la misma se encuentra disectada longitudinalmente por un sistema de canales de marea que la fragmenta.

El frente de la isla es el más dinámico de todas las estudiadas, y es el que registra los cambios más dramáticos para el periodo 1966-1992, documentados en fotos aéreas. En 1966 la configuración del borde costero muestra un perfil cóncavo hacia la parte central y una gran espiga que se proyecta hacia el norte.

El perfil cóncavo se origina por un proceso erosivo continuo que para 1976 ha producido la ruptura del cuerpo de la isla y la captura del estero que recorre el interior de la misma, esta ruptura que fragmenta en dos partes la isla, es conocida localmente como la bocana del Rompido.

En el mismo año (1976), el sector sur aparece robustecido por la adición de una barra arenosa al cuerpo de la isla; la espiga al norte conservó la misma longitud y anchura. Para 1982, la bocana del Rompido ha sido desplazada 500 metros hacia el norte por una espiga que se ha desarrollado en el centro de la isla. En 1992 el mayor cambio producido fue el crecimiento de la espiga del centro de la isla que se extendió 800m. al norte.

En la actualidad el frente de la isla muestra dos comportamientos opuestos, la mitad sur se caracteriza por una playa angosta con varios tramos de 200 a 300 metros de longitud en los que el afloramiento de una turba lodosa con árboles en posición de vida en el frente de playa evidencia un proceso erosivo intenso. Y la mitad norte formada por dos espigas con playas amplias, en las cuales se observa la adición reciente de varios ganchos asociados al crecimiento de éstas.

Las características del límite interior de la isla con los manglares son desconocidas en la mayor parte, solo en los alrededores del sondeo CCP-26, se observó una transición gradual de arenas a turba y de bosque húmedo a manglar; en este sitio, el límite no tiene expresión morfológica.

Deltas de marea de reflujo se presentan frente a las bocanas de Chamuscado y El Ajicito; estos se proyectan mar afuera por aproximadamente un kilómetro, desde los extremos de las islas adyacentes a las bocanas. La forma de herradura o semicírculo se debe a que las corrientes que se desplazan a través de las bocanas, especialmente de las de reflujo, en las que se conjugan los aportes fluviales con los caudales mareales, son dominantes sobre la corriente de deriva litoral. Igual que en los deltas de marea de las islas del Soldado y Santa Bárbara, éstos solo quedan expuestos en media marea y en periodos de bajamar; durante los pleamares se evidencian como zonas de rompientes.

Isla El Ají

La isla El Ají sobresale como la más extensa entre el grupo de islas consideradas en este estudio, con 8600 metros de longitud y con una anchura máxima de 750 metros. También se distingue entre la cadena de islas por la forma puntiaguda y curva de su extremo sur que define el estuario de los ríos Naya y Micay. Al norte, la isla está delimitada por el brazo y la bocana del Ajicito que la separa de la isla de Chamuscado.

La isla El Ají ha variado geomorfológicamente en los últimos 30 años. La tendencia neta de la línea de costa en esta isla para el periodo 1966-1992 fue de acrecimiento en ambos extremos. Entre 1966 y 1982, los cambios de mayor magnitud ocurrieron en el extremo norte, y en un trayecto de 2.5 kilómetros de largo del frente costero, en la parte central que retrocedió 100 metros.

El extremo sur presentó pocas variaciones en este periodo, pero entre 1982 y 1992 acrecionó 200 metros en una distancia de 1400 metros de la playa. También en este periodo, la línea de costa recuperó parte de los 100 metros que habían sido erosionados en el centro de la isla entre 1966 y 1982.

En la actualidad el borde costero presenta una playa amplia de características estables, con evidencias de acrecimiento en el extremo sur. En la parte central del frente de la isla se observaron algunos indicios de erosión, como parches de turba expuesta y raíces de árboles derribados, ambos en la parte alta de la cara de la playa.

El contacto trasero con los manglares es abrupto, insinuado por el cambio de vegetación, de bosque húmedo a manglar y de substrato de arenas a turbas lodosas. La única expresión morfológica es una pendiente gradual en dirección del manglar.

Las bocanas que limitan la isla son impuestas por los ríos. Al norte, la bocana la constituye el brazo del Ajcico del río Naya, que tiene un caudal importante aún durante la bajamar. Al sur, la bocana de Micay de 2 kilómetros de amplitud genera un importante estuario. Este estuario se encuentra en un estado avanzado de colmatación por los aportes sedimentarios de los ríos y la navegación se dificulta desde la media marea. En razón a que en el estuario quedan retenidos los sedimentos fluviales, los deltas de marea de reflujos, afuera de la bocana son, comparativamente con otras islas, de menores dimensiones.

ASPECTOS ESTRATIGRAFICOS Y CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Isla El Soldado

Con base en la información obtenida en los sondeos realizados en la isla El Soldado se presentan básicamente tres unidades bien diferenciadas para el sector central y sur de la isla (fig- 2). De lo más antiguo a lo más nuevo se tienen las siguientes unidades:

1- Substrato arenoso Pre- manglar

Este substrato se configura como la plataforma sobre la cual el manglar creció. Esta unidad está formada básicamente por arena de grano medio, con características texturales y sedimentológicas que en general varían de lugar a lugar y que sugiere la presencia de diferentes ambientes que incluye depósitos de canal, llanuras de marea y depósitos de sobrelavado. El espesor máximo visible es de 2.0 m. aproximadamente.

2- Substrato de manglar

Esta unidad está representada por depósitos de turba y lodos marginales asociados a llanura de marea. El nivel superior de éste substrato se sitúa aproximadamente 2m por debajo de la línea de máxima marea. La variación lateral de su espesor refleja un cambio en las condiciones favorables para el crecimiento del manglar.

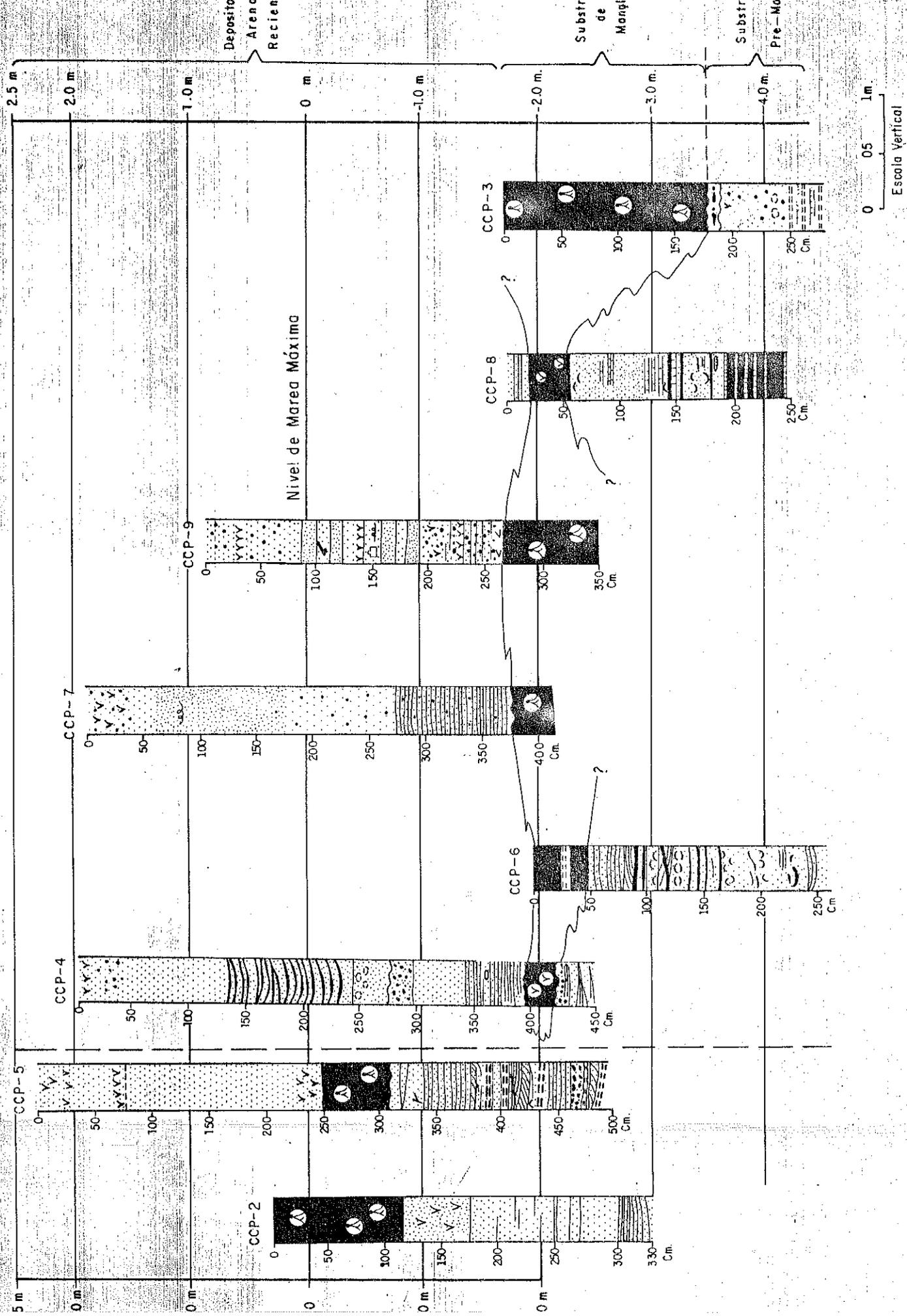


FIG. 2 - SUBAMBIENTES DEL SECTOR CENTRAL Y SUR DE LA ISLA EL SOLDADO

3- Depósito de arena reciente

Esta unidad está conformada básicamente por arena de grano medio con algunos niveles de material fino producto del retrabajamiento realizado por el viento sobre los depósitos de sobrelavado.

Aparentemente diferentes eventos de sobrelavado están presentes, cada uno separado por un horizonte conteniendo raíces de plantas. Es en este conjunto donde se encontraron materiales plásticos y otros desechos humanos, los cuales fueron movilizados por las corrientes desde la parte interna de la bahía de Buenaventura y depositados dentro de la arena en el intervalo 0-1.50 m.

Con base en la secuencia estratigráfica de los diferentes núcleos y apoyado en los perfiles topográficos se determina que la isla barrera de El Soldado es un cuerpo de arena delgado formado dentro de un proceso transgresivo sobre una plataforma. La génesis de la formación de la isla, de acuerdo con la información estratigráfica y el registro de evolución geomorfológica se sintetiza en la figura-3.

Isla Santa Barbara

La isla de Santa Bárbara se configura como un cuerpo de arena que se ha formado mediante un proceso eminentemente regresivo. Esa progradación no ha sido homogénea a lo largo de la isla. En efecto cambios en la posición de las bocanas y redistribución de los sedimentos de los deltas de marea han producido zonas de erosión y reorientación de la línea de costa.

El principal cuerpo de la isla ha progradado considerablemente durante el Holoceno reciente. Los sedimentos que han formado esta progradación parecen haber provenido de la combinación del sistema fluvial Anchicayá-Raposo y de la misma corriente de la deriva litoral procedente del sur. También se puede incluir los depósitos antiguos transgresivos y que han sido removidos mediante la dinámica litoral.

La progradación se evidencia en superficie a partir de la presencia de crestas de playa que se observan desde el aire. Cada cresta de playa registra una posición antigua de la playa y el modelo de cresta refleja el desarrollo progradacional del sistema. La progradación se confirma a profundidad a través de la columna de sedimentos donde se aprecia una migración generalizada de dominios costeros desde la parte superior del frente de costa hasta el frente de playa y playa trasera, en dirección mar adentro.

La migración de la isla se realizó aparentemente en dos componentes, uno, el más importante, en dirección mar afuera y el otro paralelo a la costa, en dirección hacia el norte, bajo la influencia de la deriva litoral. Así lo indica el análisis facial de los sondeos CCP-13 y CCP-17(Fig- 4).

En toda la isla se aprecia cómo micro ambientes tales como depósitos de relleno de canal, deltas de marea de reflujó y llanuras de marea han sido reemplazados en un tiempo más reciente por depósitos de frente de playa y en el presente por sedimentos característicos de zonas distantes de la playa actual, lo anterior indica claramente un avance de la costa en dirección de mar adentro.

Fig 3 ESTADOS EVOLUTIVOS DE LA ISLA EL SOLDADO

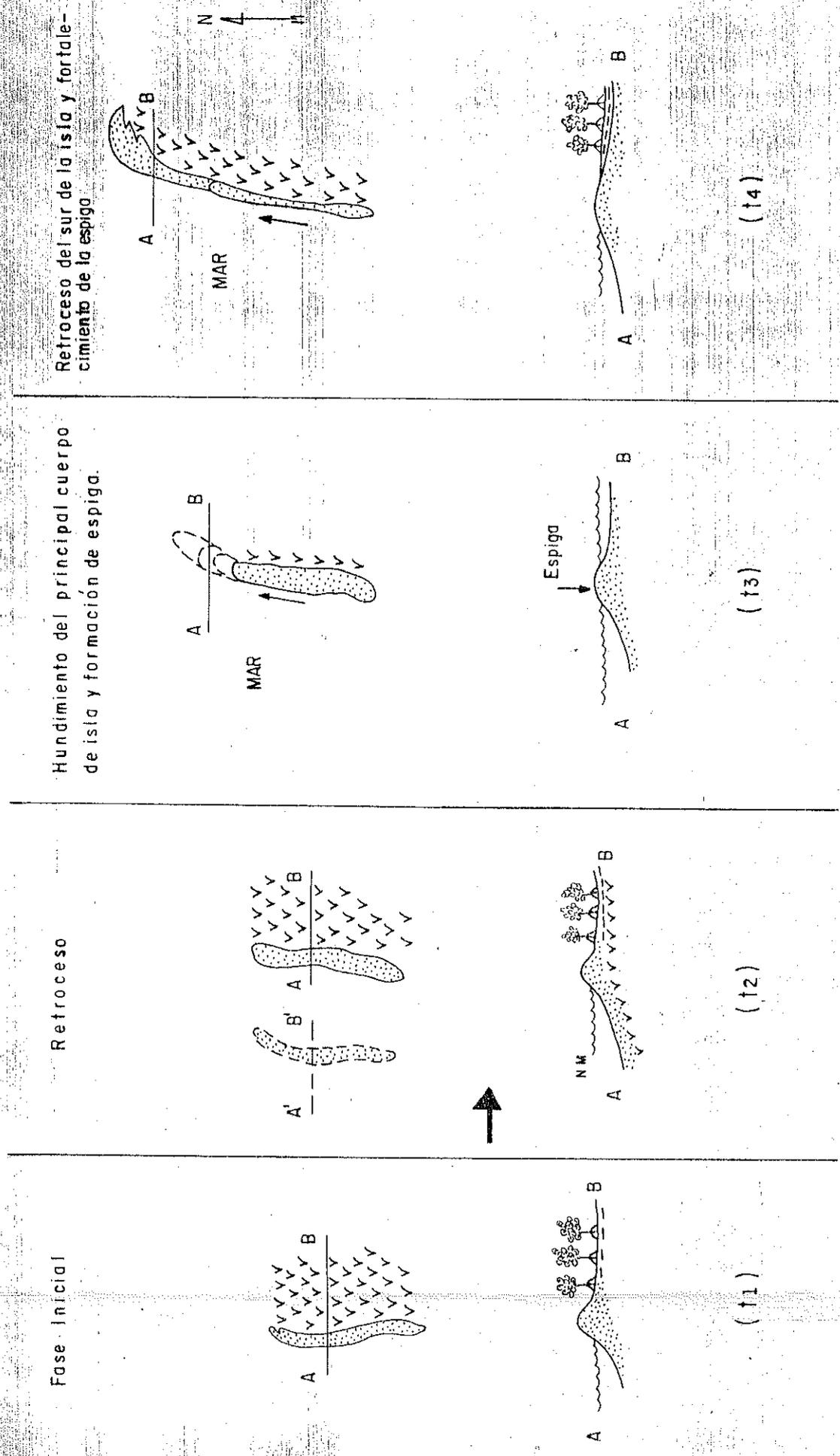
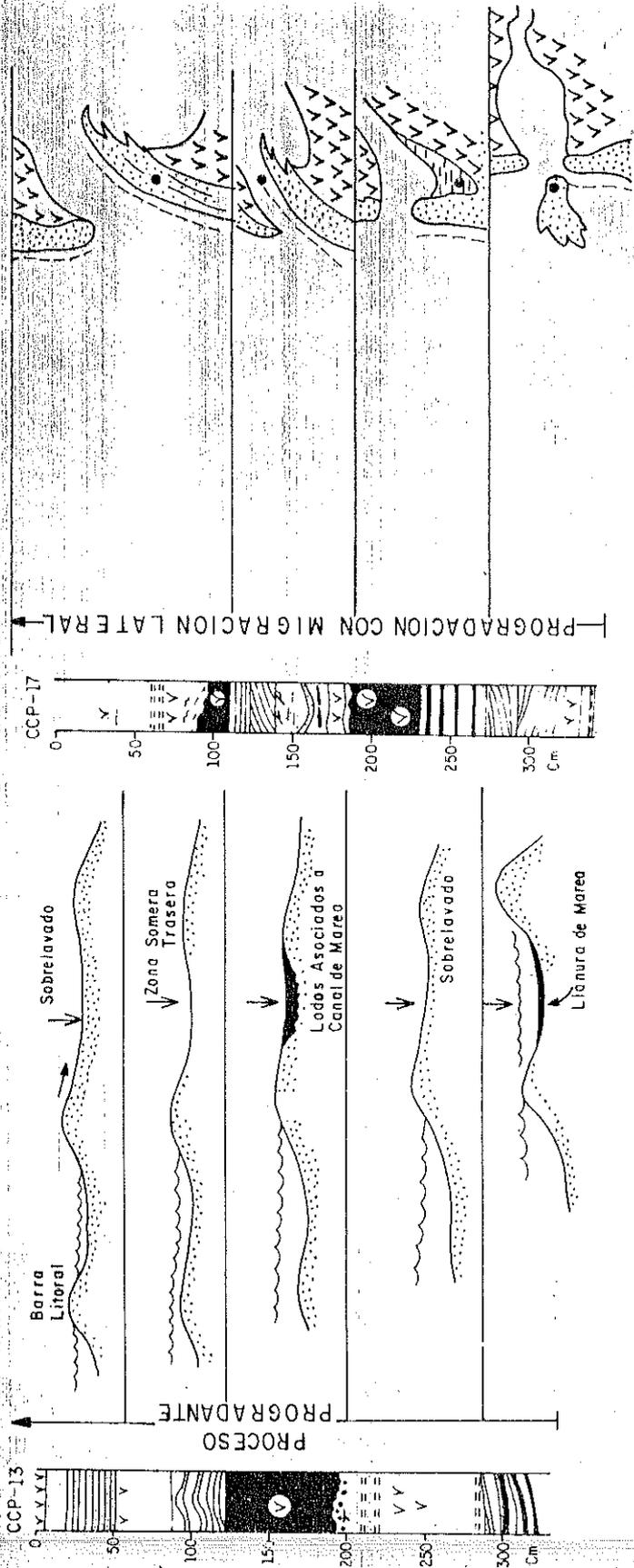


Fig. 4 PROGRADACION Y MIGRACION LATERAL DE LA ISLA SANTA BARBARA



Isla Chamuscado

La isla Chamuscado es un cuerpo de arena aparentemente más joven que las islas El Ají y Santa Bárbara, desconociéndose la relación de edad con El Soldado. Esta afirmación se fundamenta en un menor desarrollo del perfil del suelo y en la ausencia de árboles altos y gruesos en la isla Chamuscado.

Dos unidades estratigráficas claramente definidas se presentan en la isla, en las capas más superficiales. 1) Depósitos internos de barra y 2) Depósitos de frente de playa. Estas unidades suprayacen sedimentos pertenecientes a diferentes subambientes litorales, incluyendo, llanura de marea, delta de reflujo, canal somero y frente de playa.

Las condiciones de depósito de arena en el frente de playa permitieron en algunos sectores la acción del viento, produciendo el transporte y depósito de arenas finas que se aprecia en algunos sondeos y que aparece en forma de capas horizontales delgadas, intercaladas con arena de grano medio.

El anterior esquema de sedimentación determinado por las unidades estratigráficas antes mencionadas, sugieren que la isla se formó mediante un proceso de acrecimiento a través del mecanismo de migración de barras litorales y posterior unión al cuerpo principal de la isla.(fig-5)

En un evento posterior la isla ha venido siendo sometida a un proceso de modificación morfológica. Este proceso está altamente influenciado por la deriva litoral, la cual juega un papel importante en el transporte de sedimento hacia el norte. Igualmente, la morfología litoral adyacente a la playa, con barras y bajos generados por deltas de marea de reflujo inciden en la sectorización de zonas de erosión y/ o sedimentación, en función del fenómeno de la refracción de las olas, al ser estas alteradas por cuerpos someros de arena.

Isla El Ají

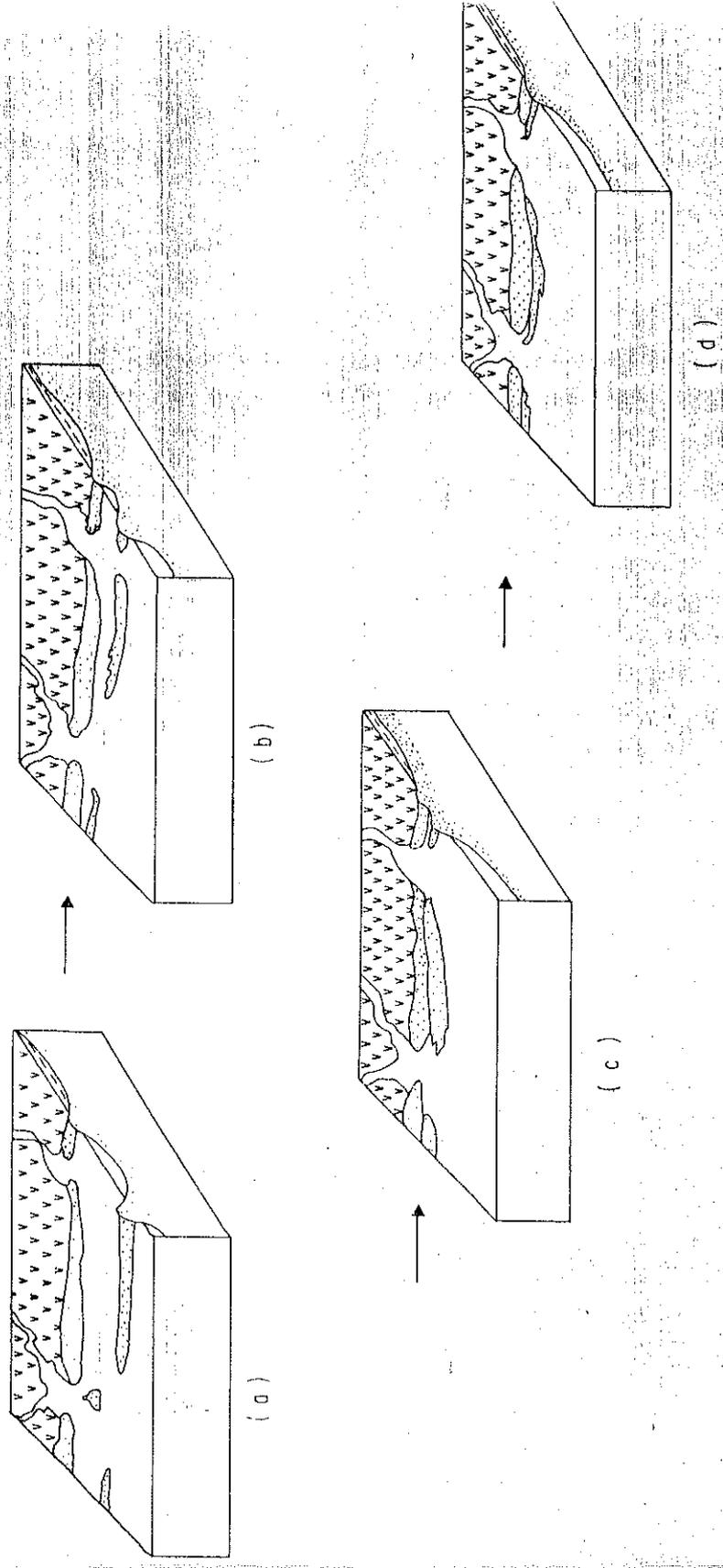
Básicamente la isla de El Ají está conformada por depósitos característicos de frente de playa, los cuales están formados por arena de grano medio a fino, con algunas fracciones menores de arena gruesa que aparecen en algunos sondeos y que revelan episodios de alta energía. La estructura sedimentaria física más común para esta unidad es laminación horizontal paralela en asocio de niveles con conjuntos esporádicos de láminas inclinadas de bajo ángulo que revelan formación temporal de ondulitas.

Sobre los anteriores sedimentos pertenecientes al subambiente de frente de playa, se presenta en la mayoría de sondeos una secuencia de arenas formadas por abanicos de sobrelavado.

Los sedimentos atribuidos al proceso de overwash se encuentran cubiertos por un suelo limo-arenoso que grada a lodoso a medida que se sube estratigráficamente, hasta llegar a la superficie; ésta gradación hace parte del desarrollo del perfil del suelo.

No obstante que la mayoría de columnas estratigráficas pertenecientes a la isla no muestran claridad en la relación estratigráfica de subambientes, sobre la tendencia de migración de la isla, se establece, con base en las observaciones, el espesor considerable del suelo, y el análisis

FIG. 5
MODELO DE EVOLUCION DE LA ISLA CHAMUSCADO



geomorfológico de la isla en los últimos 30 años, que ésta ha estado sometida al proceso general de retroceso.

Este retroceso ha ocurrido después de que la isla tuvo probablemente un grado de expansión amplio dentro de una fase de progradación, como lo testifican las crestas de playa documentadas en los perfiles topográficos.

CONSIDERACIONES GEOAMBIENTALES

Juzgando por la reciente historia de las islas barrera en el mundo, hay evidencias de que la erosión ha sido más extensa en los últimos años y cuyo origen se atribuye al ascenso global del nivel del mar, como una consecuencia directa del cambio climático.

Las islas barrera del Pacífico colombiano no escapan a ese proceso de erosión. Amplios sectores de las mismas sufren erosión intensa, un proceso en cierta manera opuesto al desarrollo que tuvieron en otro tiempo, es decir, de acreción.

Con base en el pronóstico de que hacia el futuro puede acelerarse el ascenso del nivel del mar y de que igualmente se pueden frecuentar las tormentas por el efecto de Invernadero, se puede presagiar que en el futuro, la erosión sea más intensa y que se produzca una mayor removilización de sedimentos, modificando severamente las islas.

Con el objeto de proporcionar una vista global de la vulnerabilidad relativa de las islas barrera estudiadas, se esquematiza en la fig-6 las principales amenazas a que están sometidas. Estas amenazas son: (1) Erosión, (2) Hundimiento, (3) Inundación.

La causa de la alta vulnerabilidad que presentan las islas estudiadas, puede sintetizarse en 4 hechos:

(1) Escasa elevación de las islas, lo cual hace que altos niveles de marea, sumados a vientos locales pueden cubrir con facilidad amplios sectores de las mismas.

(2) Procesos costeros complejos e intensos los cuales permanentemente afectan la ribera, hecho que es evidenciado por la "breve" permanencia de las geoformas.

(3) El probable hundimiento de algunos costeros costeros, aceleraría más el proceso de erosión.

(4) La corriente de la deriva litoral está produciendo inestabilidad en el frente de las islas, generando en la mayoría de los casos, erosión en los sectores centro y sur de las islas y movilización de sedimentos hacia el norte de las mismas.

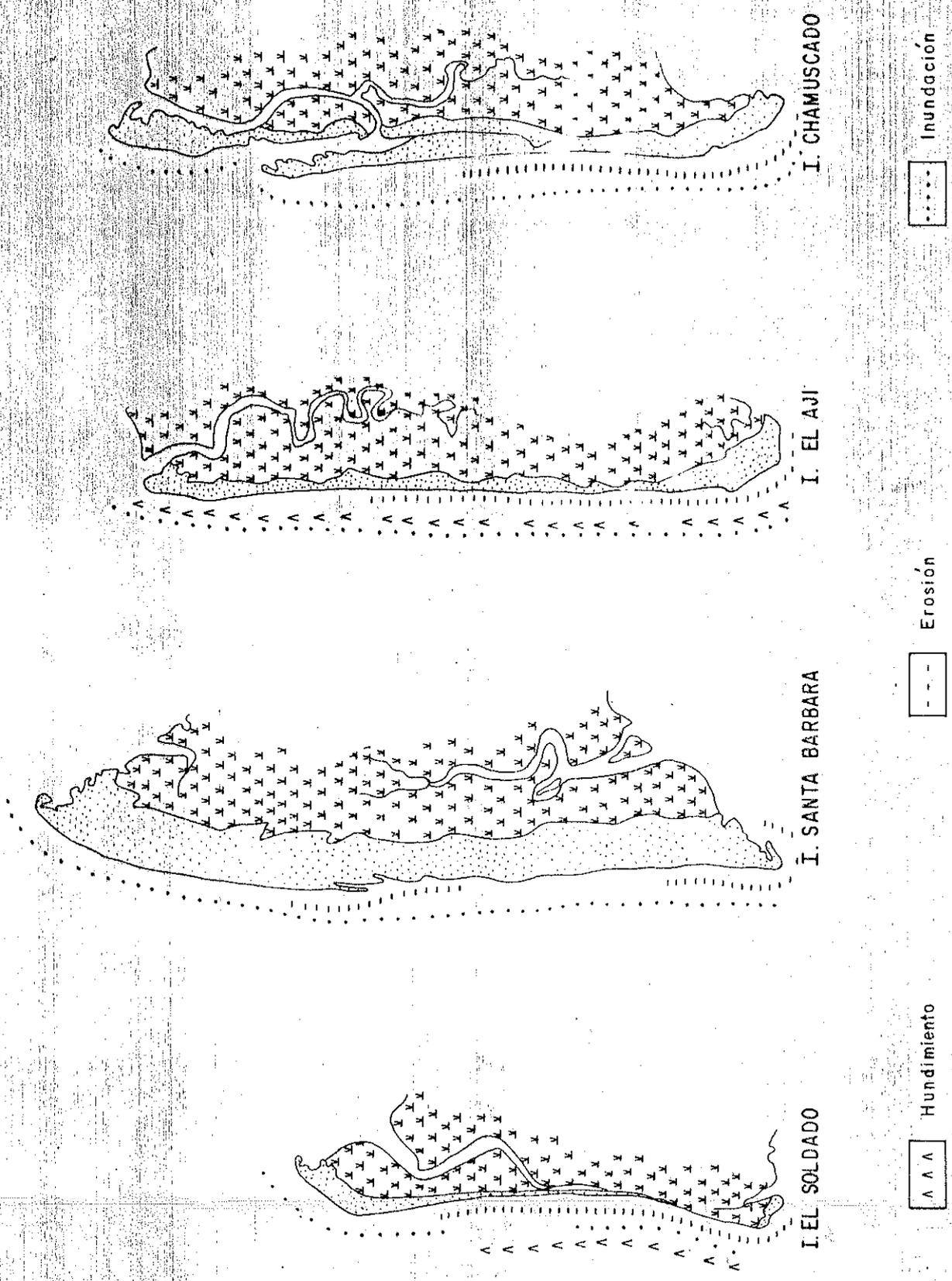


FIG. 6 GRADOS DE AMENAZA EN LAS ISLAS BARRERA ESTUDIADAS

CONCLUSIONES

-La isla El Soldado es un cuerpo de arena producto de una depositación reciente, realizada en dos etapas. Aparentemente en una primera etapa fue formado el principal cuerpo de la isla, experimentando posteriormente un hundimiento. En un segundo evento, una espiga se desarrolló en el extremo norte de la isla sobre la cual está situado el Faro. La edad de formación de esa espiga es difícil precisarla, sin embargo, con base en la edad de un asentamiento indígena antiguo en el sector norte de la isla, podría considerarse que el desarrollo de la espiga pudo ocurrir antes de 1500 años.

-La génesis de la isla barrera de Santa Bárbara, más antigua que la isla El Soldado, está enmarcada por un proceso eminentemente regresivo, proceso que no ha sido homogéneo a lo largo de la isla, sino que cambios en la posición de las bocanas y redistribución de los sedimentos de los deltas de marea de reflujo han facilitado la continua reorientación de la isla.

-Las islas estudiadas de la región del Naya (El Ají y Chamuscado), revelan que estas fueron formadas por un proceso de progradación. Sin embargo, para el caso de la isla El Ají, se evidencia que en el registro conocido de los últimos 30 años ha ocurrido un franco retroceso en un amplio sector de la misma. La isla Chamuscado por su parte muestra una mayor estabilidad en el sector norte, en tanto que en el sector sur, el proceso de erosión es persistente.

-En general se logra establecer que las islas barrera estudiadas, con excepción de la isla El Soldado, se formaron mediante un proceso de progradación coherente con un descenso del nivel del mar, aunque no se descarta como factor adicional un levantamiento del borde costero. Coherente con el proceso de erosión que afecta las islas, ha venido ocurriendo removilización de sedimentos, con transporte de arenas desde el sur y centro, hasta el norte de las islas. Sistemáticamente se aprecia el desarrollo de amplias espigas en los extremos norte de todas las islas.

-El análisis de la textura y de las estructuras sedimentarias de los sedimentos del Holoceno tardío en las islas estudiadas señalan la ausencia de rasgos o depósitos asociados a eventos catastróficos, como es el caso de los tsunamis. Las razones para tal hecho pueden estar relacionadas a: (1) Formación de extensos cuerpos de arena asociados a deltas de marea de reflujo y que pueden constituirse como elementos disipadores para olas catastróficas.(2) La alta dinámica de los procesos costeros, producen permanentemente retrabajamiento de los sedimentos previamente depositados, por lo cual podría borrar u obscurecer huellas dejadas por tsunamis.

-Las islas estudiadas revelan un alto grado de inestabilidad, en razón a la alta dinámica de los procesos costeros, Estas en general se encuentran amenazadas por la erosión realizada por olas y corrientes, por inundación y en algunas de éstas por un probable proceso de hundimiento.

REFERENCIAS

- ALLEN, J. R. L., 1963. The classification of Cross-stratified Units with notes on their origin. *Sedimentology*, No 2, p. 93-114.
- CANTERA, J. y Contreras, R., 1993. Ecosistemas Costeros. EN: Libro: Colombia-Pacífico (De. por P. Leyva. Fondo para la Protección del Medio Ambiente. José Celestino Mutíz, Tomo I.
- CARTER, R. W. G. and Woodroffe, C. D. (Ed), 1994. Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline Morphodynamics. Cambridge University Press.
- FOLK, R., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company Austin, Texas.
- GONZÁLEZ, J., Marín, L., Martínez, J. O. Carvajal, J. H., 1996. Geomorfología y Aspectos erosivos del Litoral Pacífico Colombiano (en preparación)
- GORNITZ, V., 1993., Mean sea level changes in the recent past. in: Climate and sea level change: observations, projections and implications (Ed. by R. A. Warrick, E.M, Barrow and T. M. L. Wigley). pp.424. Cambridge, University Press.
- HARMS, J. C., 1969. Hydraulic Significance of some Sand Ripples. *Geol. Soc. America Bull*, vol. 80, p. 393-396.
- HARMS, J. C., Southward, J., Spearing, D. R. and Walker, R. G., 1975. Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences. *Lecture Notes: Soc. Econ. Paleont. Miner. Short course 2*, Dallas, Texas, pp 161.
- HECKEL, P. H., 1972. Recognition of ancient shallow marine environments. In: *Recognition of Ancient Sedimentary Environments* (Ed by J. K. Rigby and W. K. Hamblin), pp 226-296. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.* 16, Tulsa.
- HOWARD, J. D. and Reineck, H. E. , 1972. Physical and biogenic sedimentary structures of the nearshore shelf. *Senckenber. Mar.* 4, 81-123.
- HOYT, J. H. and Weiner, R. J., 1963. Comparison of modern and ancient beaches; central Georgia Coast. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.* 47. 529-531.
- HOYT, J. H. and Henry, V., 1967. Influence of Island Migration on Barrier Island Sedimentation. *Geological Society of America Bulletin*, vol 78, p. 77-86.
- MARTÍNEZ, J. O., González, J. L., Pilkey, O. H., and Neal, W. J., 1995. Tropical Barrier Islands of Colombia's Pacific Coast. *Journal of Coastal Research*. vol.11, No 2, p, 432-453.
- MARTÍNEZ, J. O. y Carvajal, H. J., 1990. Problemas Geológicos Asociados a la línea de Costa de los Departamentos del Cauca, Nariño y Valle: Geomorfología y Riesgos Geológicos. *Ingeominas, Informe Inédito*, 167p.

- MEYER, H. y Velásquez, A., 1992. Aproximación al riesgo por Tsunami en la Costa Pacífica de Colombia. Publicaciones Ocasionales del OSSO, No.2. Universidad del Valle, Cali.
- OERTEL, G. and Leatherman P. (Ed.), 1985. Barrier Islands. Marine Geology, vol. 63 No 1-4.
- PILKEY, O. and Thieler R., 1992. Coastal Erosion. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Slide Set No 6.
- READING, H. G. (De.), 1978. Sedimentary Environments and Facies. Elsevier, New York
- REINECK, H.E. and Singh, I. B., 1975. Depositional Sedimentary Environments. Springer Verlag, Berlin, New York.
- REINECK, H. E. and Wunderlich, F., 1968. Classification and Origin of flaser and lenticular bedding. Sedimentology, vol 11.p. 99-104.
- RESTREPO, J. y Cantera, J., (De.), 1995. Delta del Río San Juan, Bahías de Málaga y Buenaventura - Pacífico Colombiano, Tomo Y. Colciencias. EAFIT - U. del Valle.
- THOMPSON, W. O., 1937. Original structures of beaches, bars and dunes. Bull. Geol. Soc. Am. 48; p. 723-752.
- WEST, R., 1957. The Pacific Lowlands of Colombia. A negroid area of American tropics. Louisiana State University Press, Baton Rouge.
- WILCHES-CHAUX, G., Meyer, H., Velásquez, A. , 1993. La Costa Brava. EN: Libro Colombia-Pacífico (Ed. por P. Leyva. Fondo para la Protección del Medio Ambiente. José Celestino Mutíz). Tomo II.

VI. CONFERENCIAS MAGISTRALES

ATLAS GEOLOGICO DE LAS ZONAS MARINAS DE COLOMBIA: UN
PROYECTO EN REALIZACION

por:

Jaime Orlando Martínez M. (1)

y

Germán Forero (2)

(1) Ingeominas- Universidad Nacional de Colombia
(2) Ingeominas

Introducción

Las áreas marinas de Colombia son verdaderamente extensas. Con el establecimiento de la Zona Económica Exclusiva en 1978, Colombia asumió jurisdicción sobre una área marina equivalente al 82% del territorio continental del país. Pocas naciones en el mundo tienen zonas marinas tan extensas en dos mares diferentes, con el potencial de desarrollar diferentes tipos de recursos.

Conscientes de la necesidad de conocer las características geológicas de esas áreas marinas de Colombia y de proyectar ese conocimiento a la orientación de futuras exploraciones de los fondos marinos, el INGEOMINAS ha venido realizando un programa de compilación de información geológica y geofísica de las citadas áreas. Este programa de compilación se inició al comienzo del año 95.

El objetivo central de esa información reunida estuvo centrada en la elaboración de mapas de distribución de sedimentos los cuales se superpusieron al diseño estructural de las dos cuencas, teniendo como referencia la red batimétrica de cada cuenca. Es importante mencionar que dentro del proceso de búsqueda y selección del material se tomó como elemento de referencia mapas de los fondos marinos de Venezuela, Brasil y Estados Unidos.

Metodología

A) Identificación del Dato

Dos fases definieron este trabajo: 1) Búsqueda de información y 2) Selección y análisis de datos

Con respecto a la primera se tomaron diferentes fuentes de información. Una fuente principal fue el sector petrolero, cuyo epicentro de datos fue Ecopetrol. A través de esta última empresa se obtuvieron diversos tipos de información de las dos cuencas marinas y que incluyeron columnas estratigráficas, secciones sísmicas, pozos de perforación y mapas gravimétricos/magnetométricos) Sea la ocasión, para agradecer a Ecopetrol la colaboración prestada en permitir obtener información asociada a la exploración del petróleo. Procedente de cruceros

internacionales y nacionales se obtuvo igualmente información representada en mapas y artículos científicos.

Una vez localizada la información hubo un proceso de selección de los datos que eran de utilidad, para lo cual se emplearon formatos previamente diseñados. Paso seguido, se analizó la información en toda su amplitud evaluandose el tipo de dato.

B) Procesamiento digital de la información

La figura No-1 muestra en forma sintetizada el flujo seguido en el tratamiento de la información y que comprenden los diferentes pasos, desde su estado inicial hasta la culminación de todo el proceso

Coberturas

A continuación se describen y analizan cada una de las coberturas digitalizadas del trabajo compilatorio:

Batimetría del Caribe

El Caribe colombiano presenta tres provincias fisiográficas claramente diferenciables. 1) Una provincia con un relieve pronunciado relacionado con el margen continental. 2) Una zona de suave relieve que está comprendida entre el escarpe de Hess y la parte inferior del talud y rampa continental. 3) Una provincia montañosa relacionada con la denominada elevación de Nicaragua y la cresta de Beata.

Con relación a la primera provincia, se destaca la plataforma continental, la cual es definida por varios rasgos topográficos, incluyendo formas erosionales tales como cañones submarinos y rasgos construccionales en la forma de depósitos deltaicos y formas arrecifales.

La plataforma continental varía de amplitud desde valores mínimos en la zona adyacente a Santa Marta, sectores de Barranquilla y Punta Gallinas, hasta valores considerables como es el caso del frente del golfo de Morrosquillo, con una extensión de aproximadamente 70 kms.

La pendiente continental es cortada por numerosos cañones que se proyectan en diferentes direcciones hasta la parte inferior del talud. Hacia el NE, la pendiente continental es interrumpida por la cuenca de Ranchería.

Hacia el centro de la cuenca y haciendo referencia a la segunda provincia se presenta una topografía suave, ligeramente ondulada. Dentro de esta provincia juega un papel importante el abanico del Magdalena, el cual genera un suave relieve en la zona abisal central.

Conformando la tercera provincia, hacia el NW y NE de la cuenca del Caribe colombiano, se presenta un terreno montañoso, generando zonas someras que para el oeste son plataformas de carbonato con profundidades que oscilan entre 1000 y 2500 metros de elevación. Hacia el extremo oriental se presenta una prominencia que varía de altura desde 4000 metros hasta 2000 metros y que hace parte de Beata ridge. Esta prominencia está constituida por rocas sedimentarias estratificadas cuya edad varía desde el Cretácico hasta el Holoceno.

Batimetría del Pacífico

La topografía submarina de la Zona Económica Exclusiva del Pacífico incluye rasgos principalmente de la cuenca de Panamá y en menor proporción morfología del margen continental. Tres zonas se diferencian morfológicamente y que reflejan en cierta manera las características tectónicas del área.

Hacia el W. del paralelo 82.5 grados, el fondo del mar está definido por una zona ligeramente ondulada cuya profundidad promedio es de 3000 m y que se extiende en la dirección E-W en una amplitud de 120 kms, aproximadamente.

Esta zona de morfología suave está delimitada al Este y Oeste por una zona angosta de crestas de pequeña escala y profundas depresiones que en algunos lugares aparecen continuas por cientos de kilómetros, teniendo un relieve de aproximadamente 1 kilómetro y medio por debajo del tope de las crestas.

Del paralelo 82.5 grados W. hasta la fosa de Colombia, la batimetría es mas irregular. Sobresale en esta zona la cresta de Malpelo en una dirección estructural de 60 grados hacia el NE y cuyo rango de altura está comprendido entre 1000 y 3500 m. aproximadamente. La cresta de Malpelo que es de material

volcánico(Basalto), limita al SW con la zona de fractura de dirección norte- sur.

Más hacia el Este, en una franja angosta, la topografía se vuelve más irregular. En esa zona angosta la topografía se compone de crestas y depresiones que se extienden las últimas hasta 1,5- 2.0 kms. de profundidad, medidas éstas últimas desde el tope de crestas adyacentes. Es precisamente esta zona la que contiene en su sector más prominente el graben o depresión de Yaquina.

El sector más oriental lo forma el margen continental cuyo talud varía de inclinación a lo largo de éste, mostrando los mayores gradientes en el sector sur y norte, mientras que hacia el sector central la inclinación es relativamente suave. Cañones submarinos dominan la pendiente continental, alcanzando algunos de éstos el segmento superior del talud, mientras que otros se proyectan hasta la fosa.

En lo que respecta a la plataforma continental, su inclinación hacia mar adentro es uniforme, no obstante, se presentan ligeras ondulaciones generadas por procesos erosionales o deposicionales. La amplitud es variable, mostrando sus máximas amplitudes al frente de la bahía de Buenaventura y en el sector de Gorgona, con una extensión de 60 kilómetros. Las zonas más restringidas de la plataforma se localizan al frente de las zonas de Tumaco y de Cabo Corrientes.

Rasgos Estructurales del Caribe

Otra cobertura digital son los rasgos estructurales. Al estado de avance actual del mapa del Caribe, se observan tres rasgos de primer orden.

Hacia el norte se presenta el lineamiento de San Andrés y que se refleja en una disposición alineada de las plataformas de carbonatos localizadas sobre un basamento que incluye rocas ígneas, metamórficas y carbonatos antiguos.

Más hacia el sur, en una dirección NE-SW se presenta el Escarpe de Hess que delimita hacia el norte la cuenca de Colombia. Este límite define a su vez el borde sur de Nicaragua Rise. De acuerdo a los estudios compilados, éste escarpe es el reflejo de una falla de rumbo con movimiento a la derecha del bloque norte y movimiento a la izquierda del bloque sur.

El rasgo estructural de tipo regional más importante del Caribe colombiano es el límite de material sedimentario fallado y plegado en forma compleja que aparece en el sur de la cuenca y que se configura como el cinturón deformado del sur del Caribe. Este cinturón de deformación es interpretado como una consecuencia de la convergencia entre la placa del Caribe y la placa Suramericana.

Rasgos Estructurales del Pacífico

El rasgo estructural del Pacífico Colombiano más importante se localiza hacia el oeste de la Zona Económica Exclusiva, al oeste del paralelo 82.5 grados. Se trata del centro de expansión el cual pertenece al segmento terminal de la dorsal de Galápagos. Esta zona de expansión actualmente activa, penetra a territorio colombiano, desplazada por fallas de transformación; se abre a una velocidad de 30 mm/año hacia el norte y 36mm/año hacia el sur. Fue formada aproximadamente 12 millones de años a partir del límite de placas Nazca- Cocos.

Hacia el oriente del paralelo 82.5 grados W, la zona de expansión en el límite de placas Cocos - Nazca no se extiende hacia el Este; en su lugar aparecen rasgos que son relictos, es decir no son activos. Se destaca dentro de esta zona, la falla de transformación denominada de Panamá. Esta presenta una estructura de 50 kilómetros de ancho, con varios kilómetros de relieve y que internamente está compuesta de una combinación de depresiones profundas y crestas volcánicas, ambos rasgos paralelos a la dirección del fallamiento de transformación.

Hacia a parte central de la cuenca se encuentra la depresión de Yaquina, cuya dirección es N25E. Con base en su morfología general, ausencia de sismicidad, se establece que se tratan de una falla de transformación inactiva.

Al oriente de la cuenca del Pacífico, el rasgo más importante es la fosa de Colombia que corre paralela al margen continental y que marca el límite entre la placa de Nazca y la placa Suramericana. Es a lo largo de esta zona donde la corteza oceánica penetra por debajo de la corteza continental.

Criterios de Utilización de los Tipos de Sedimentos en las Cuencas Marinas

Los sedimentos que muestran los mapas de las cuencas del Caribe y Pacífico de Colombia son los que aparecen en el fondo del mar, en la interfase con la masa de agua. La distribución de los sedimentos en los mapas están basados principalmente en muestreos con tubos cortos realizados por diferentes cruceros internacionales.

La distribución de los sedimentos de las dos cuencas de Colombia están fundamentados en el tamaño de grano que incluye desde arcillas en su extremo más fino, hasta grava en su tamaño mayor. Otro de los parámetros tenidos en cuenta es el porcentaje de los componentes biogénicos y no biogénicos, representados los primeros por partículas enriquecidas en carbonato de calcio y los segundos constituidos por material terrígeno, volcánico y autógeno.

Sedimentos del Caribe

Con base en lo anterior, la distribución de los sedimentos se presenta en la siguiente forma para la Zona Económica Exclusiva del Caribe(Fig-2). Una facies de arcilla- arcilla pelágica(85-100% de material no biogénico), se circunscribe fundamentalmente a la zona del margen continental.

Hacia zonas relativamente profundas y en contacto con la unidad de arcillas se presenta arcilla calcárea(material biogénico del 15-30%).

Cubriendo los márgenes de la cresta de Beata y en la parte más exterior de la cuenca de Colombia se presentan sedimentos de tipo marga(30-60% de material biogénico).

Restringido a las zonas topográficamente más altas, es decir las áreas someras, aparece fango calcáreo (calcareous ooze), que muestra un contenido de 60-100% de material calcáreo. La distribución de éstos últimos sedimentos en las zonas altas, y que contienen de 60 a 100% de microorganismos calcáreos reflejan la influencia de la línea de disolución del carbonato.

FLUJOGRAMA DE PROCESOS DEL PROYECTO EN LAS AREAS MARINAS

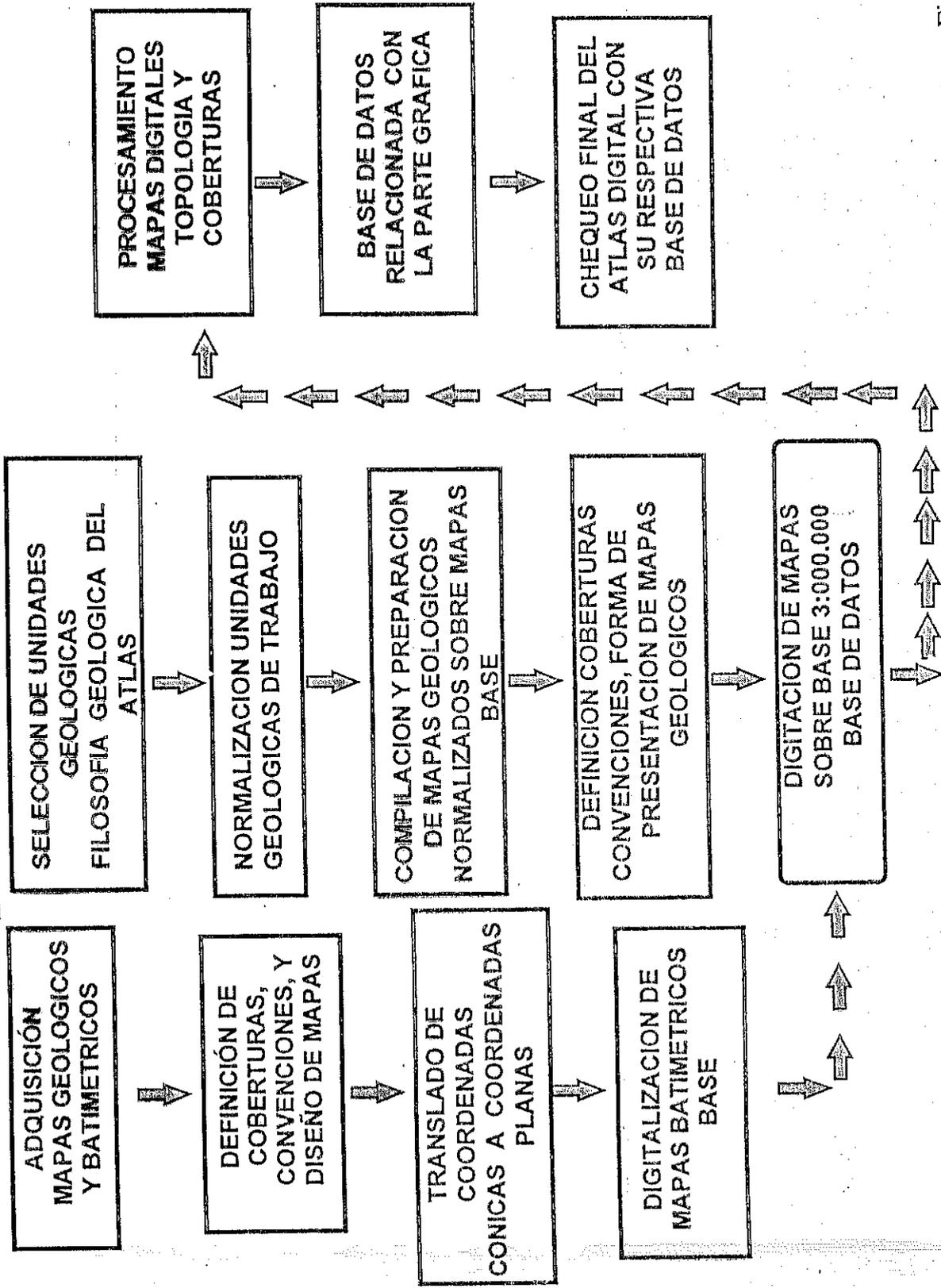


Fig. N°1

Abanico del Magdalena

Haciendo parte de otra cobertura digital, se aprecia el Abanico del Magdalena que es en esencia una acumulación de sedimentos turbidíticos aportados por el río Magdalena y en alguna extensión por el río Sinú.

El abanico del Magdalena tiene 300 kms de longitud y 360 kms de ancho. Este gradiente desde zonas abisales de 4000 m. de profundidad y termina hacia arriba contra el cinturón deformado a profundidades de aproximadamente 1500 m.

Aparentemente el abanico se ha alimentado y desarrollado principalmente mediante la movilización de corrientes turbidíticas que han descendido por el talud, generando canales cuyo material va a alimentar el sector distal del abanico.

Sedimentos del Pacífico

Utilizando los mismos criterios utilizados en la definición de las unidades sedimentológicas del Caribe, el Pacífico colombiano muestra la siguiente distribución, en función de las unidades más importantes(Fig-3)

En un alto porcentaje la cuenca del Pacífico está dominada por arcilla- arcilla pelágica, que cubre el margen continental y zonas abisales. Aparentemente no se evidencia ningún control batimétrico para la acumulación de este sedimento.

La facies de arcilla calcárea presenta una extensión máxima de cubrimiento al oeste de la Zona Económica Exclusiva, con cubrimientos menores en la plataforma y talud continental, en el sector entre Cabo Corrientes y delta del San Juan. Igualmente, se hace presente en la depresión de Yaquina y al norte de la cresta de Malpelo.

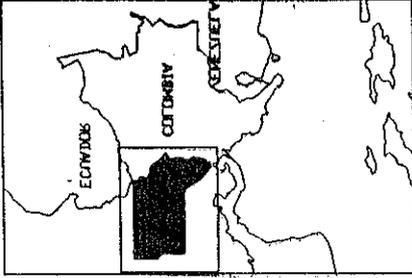
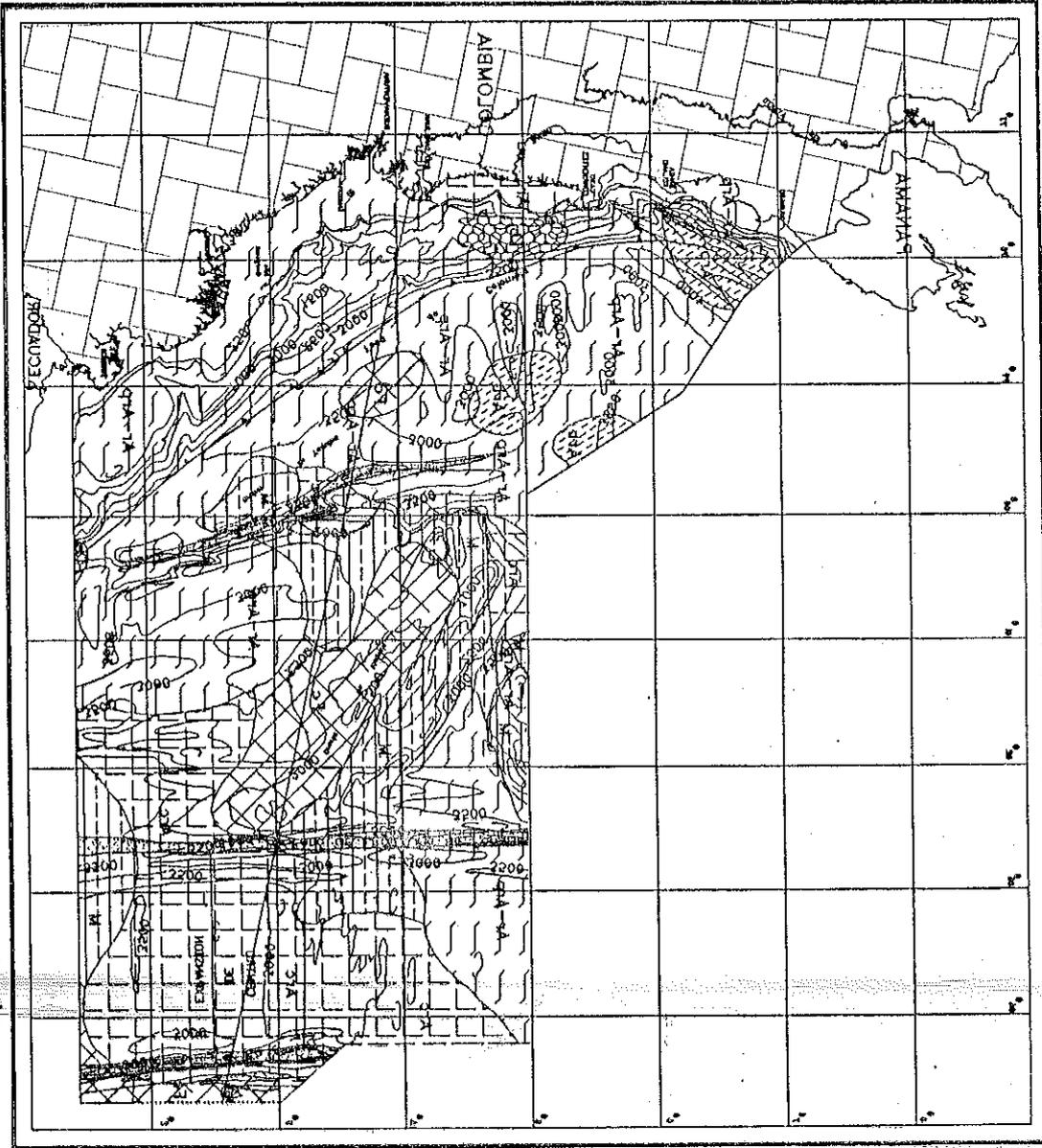
La cresta de Malpelo y sector norte de ésta es cubierta por sedimentos de tipo marga. Fango calcáreo cubre el flanco sur de la cresta de Malpelo y el extremo oeste de la Zona Económica Exclusiva.

0 320 Km

0 320 Km

FIG. 3 ZONA ECONOMICA EXTERNA DEL PACIFICO

Idioma: Ingles, Espanol, Ruso



ZONA DE SUBVIMIENTO

□ : Zona - Zona - Zona Central

□ : Zona central (zona central)

□ : Zona Exterior : (Zona Exterior)

□ : Zona

□ : Zona Central

□ : Zona Exterior

□ : Zona Exterior

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗОНА
 И ЗОНА ЭКОНОМИЧЕСКОГО
 ЗОНА ЭКОНОМИЧЕСКОГО
 ЗОНА ЭКОНОМИЧЕСКОГО

Perforaciones en el Medio Marino

Adicional al cubrimiento digital batimétrico, estructural y sedimentológico, se incluye en los mapas Atlas, información de perforaciones realizadas en el mar. Estas perforaciones son de dos tipos: 1-Pozos de exploración realizados en la plataforma continental por compañías de petróleo y 2- Pozos con propósitos científicos realizados en zonas profundas por el Deep Sea Drilling Project.

Hasta el momento se incluye para la zona del Caribe la información estratigráfica de los sondeos 151,153, 999, Morrosquillo-1 y Ciénaga-1.

Para el Pacífico se incluyen los pozos Tambora-1, 505, y 84, éste último localizado al norte de la Zona Económica Exclusiva de Colombia.

La información de éstos sondeos están representados en columnas estratigráficas y que incluyen datos, para algunos pozos, desde el Cuaternario hasta el Cretácico.

Conclusiones

Se resalta dentro de la Zona Económica Exclusiva del Pacífico Colombiano la inclusión de dos uniones de placas tectónicas. Estas son: Cocos- Nazca y Nazca-Suramericana.

Los fangos calcáreos tanto del Caribe como del Pacífico presentan una distribución influenciada por la batimetría. Esto es, se encuentran circunscritos exclusivamente a zonas someras. Tal hecho sugiere el control directo realizado por la línea de carbonato.

Una diferencia notoria se presenta entre la cuenca del Pacífico y la del Caribe desde el punto de vista estructural y topográfico. La cuenca del Pacífico se caracteriza por zonas de fractura, que hacia el occidente delimitan el centro de expansión, que se ubica en una dirección Este- Oeste. Las citadas zonas de fractura generan una topografía irregular conformada por crestas y depresiones estrechas. El Caribe por el contrario no muestra tales rasgos, exhibiendo en su lugar un diseño del fondo abisal relativamente

ZONAS MARINAS DE COLOMBIA
 SEDIMENTOS DEL FONDO MARINO
 Y PRINCIPALES RASGOS TECTONICOS
 LITERNAL

[M-AP] : Arcilla-Arcilla Pelástica

[Ab] : Arcilla Esquistosa

[Ac] : Arcilla Calcareas

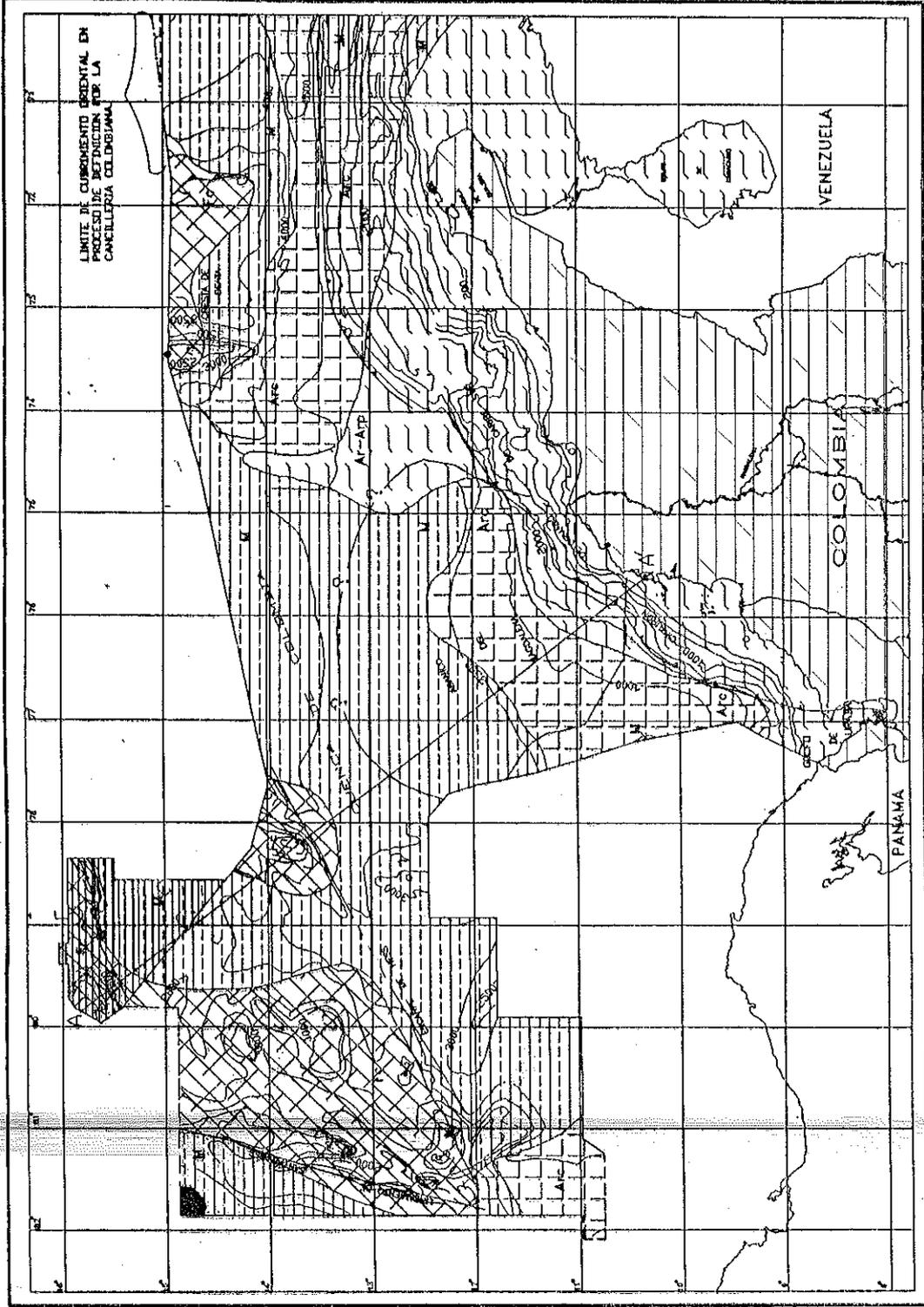
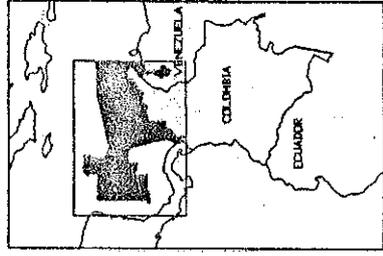
[M] : Margas

[Lb] : Lodo Silíceo : (Squalosaurus Mud)

[FE] : Fango calcáreo (Calcareous ooze)

[GCE] : Grava - Arena - Limo Calcareo

ZONA DE CUBRIMIENTO



Mapa Síntesis, extractado del original

FIG.2 ZONA ECONOMICA EXCLUSIVA DEL CARIBE

0 ——— 350K m.

Escala Gráfica

El abanico del Magdalena, en el Caribe, se destaca como el rasgo construccional reciente más importante. Sus sedimentos representan grandes volúmenes de material erosionados del continente y transportados por el Magdalena y en parte por El Sinú

Principales Fuentes de Información

B.P. Exploration Company Ltda- Sumarized well logs " Ciénaga-1" y "Morrosquillo-1" . South Caribbean Basin wells. General information. Informe de Ecopetrol.

Case, J.E. and Holcombe, T E.,1980. Geologic-tectonic Map of the Caribbean region. U. S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Map: 1-1100, scale 1: 2,500.000

Circumpacific Council for Energy and Mineral Resources., 1981. Mapa de Placas tectónicas de la Región Circumpacífico; scale 1: 10, 000.000.

Circumpacific Council for Energy and Mineral Resources., 1983. Mapa Geológico de la región Circumpacífica, Cuadrante Noreste; scale 1: 10, 000.000

Dengo, G. and Case, J. E. (ed)., 1990. The Caribbean region. Geology of North America, vol: H. Geological Society of America.

Deep Sea Drilling Project Reports.,1969-1982.

Duque-Caro, H., 1979. Major Estructural Elements and Evolution of Northwestern Colombia: In: Watkins, S.J. and others, eds., Geological and Geophysical Investigations of Continental Margins: A.A.P.G. Memoir 29, p.329-351.

Intercol.,1967. Descripción detallada del sondeo " Tambora- 1". Informe de Ecopetrol.

Kolla,V. Buffler, R. and Ladd, J., 1984. Seismic Stratigraphy and Sedimentation of Magdalena Fan, Southern Colombia Basin Caribbean Sea. Am. Ass. Petr. Geol. Bull., Vol: 68, No 3, p.329-351.

Lonsdale, P. and Klitgord, K., 1978. Structure and Tectonic History of the Eastern Panama Basin. Geological Society of America Bulletin; vol. 89, No 7. P. 981-999.

National Oceanic and Atmospheric Administration(NOAA),
1981. Bathymetric Map of Caribbean Region, scale 1:
2,500.000

Los Sistemas Estuarinos de la Europa Meridional

por
Antonio CRUZADO

*Centre d'Estudis Avançats de Blanes (C.S.I.C.)
Camí de Sta. Bàrbara s/n
17300 BLANES, España*

INTRODUCCION

Los márgenes continentales (estuarios, zonas costeras, plataformas y taludes) constituyen la interfase tierra-océano, y están considerados como la región oceánica más crítica al recibir la mayor parte de las sustancias producidas naturalmente o como resultado de la actividad humana. A nivel mundial, los márgenes continentales constituyen tan solo el 10 % del área y el 0.5 % del volumen de los océanos pero en ellos se produce alrededor del 30 % del material biológico debido, en gran parte, al efecto fertilizador de las descargas de agua efectuadas desde tierra bien sea directamente mediante emisarios o a través de los ríos. Más del 90 % de las partículas descargadas por los ríos o producidas en las zonas estuarinas, incluyendo la materia orgánica, los metales trazas y muchos contaminantes, quedan atrapados en las zonas estuarinas, deltaicas o de plataforma en general.

La capacidad que tienen las zonas costeras de retener o de exportar materia orgánica y otras sustancias hacia el océano afecta de modo notable no sólo la calidad ambiental de las zonas mismas sino, también, los balances globales de carbono y otros elementos que constituyen sustancias con efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, sulfuro de dimetilo, etc.). El cambio climático a nivel planetario puede manifestarse no sólo en el ascenso de la temperatura media de la atmósfera y del océano o el ascenso del nivel medio del mar sino, además, mediante el aumento de la energía que el océano y la atmósfera son capaces de almacenar y poner en movimiento, en ocasiones de modo violento (huracanes, tormentas subtropicales, etc.).

Entre los residuos (urbanos, agrícolas e industriales) que mayor impacto ejercen sobre los sistemas estuarinos y litorales europeos se encuentran los nutrientes, lo mismo en forma inorgánica que orgánica y en forma disuelta que particulada. El incremento desmesurado de las cantidades de materia orgánica y de fertilizantes orgánicos o artificiales que son descargados a la zona costera directamente, o a través de los ríos, ha hecho aparecer en los últimos decenios numerosos problemas ambientales (blooms algales, eutrofización, hipoxia, anoxia, sustancias exocelulares, etc.) en numerosas áreas costeras europeas y de otros continentes. Es bien conocida la frecuente aparición en diversas áreas costeras (mar Adriático, mar del Norte, mar Báltico, New York bight, etc.) de alguno o varios de estos fenómenos causados por el aporte excesivo de nutrientes a zonas con circulación restringida.

También las alteraciones producidas en los regímenes de los ríos europeos han ejercido un profundo impacto sobre los procesos biogeoquímicos de numerosas zonas estuarinas, costeras y de plataforma. La regulación de las cuencas fluviales, generalmente acompañada de una disminución de caudal debido a la creciente utilización de agua para fines domésticos, industriales y agrícolas, ha hecho disminuir las concentraciones de sedimentos inorgánicos arrastrados por las aguas mientras que el incremento de las aguas residuales vertidas en los cauces ha causado un aumento en sus aguas de la

concentración de partículas orgánicas. Las consecuencias son una creciente erosión costera que se produce en todas las zonas, salvo en aquellas que han recibido en épocas recientes el impacto de una deforestación acentuada, y un incremento del contenido de materia orgánica en los sedimentos costeros de graves efectos ecológicos ya que no acostumbra a ir acompañado por un mayor aporte de oxígeno disuelto necesario para su oxidación.

En 1985, inspirados por el difunto Prof. Egon Degens de la Universidad de Hamburgo, un grupo de científicos marinos concibió el proyecto **EROS 2000: European River Ocean Systems**, que pretendía llevar a término un estudio integral de los sistemas río-estuario-plataforma en ambientes tan contrastantes como el Mar Mediterráneo y el Mar del Norte donde se presentan muy distintos niveles de contaminación y de grado de eutrofización así como distintos comportamientos hidrográficos (corrientes, mareas, etc.). Uno de los aspectos más importantes del proyecto **EROS 2000** era la determinación de los flujos de nutrientes y de elementos traza desde los ríos, a través de la plataforma continental, hacia el mar abierto. Al mismo tiempo fué necesario estudiar el transporte atmosférico, hasta entonces muy poco o nada estudiado, así como los flujos internos generados por los procesos hidrodinámicos.

El proyecto **EROS 2000**, limitado a los ríos que desembocan en el Mediterráneo noroccidental (Ródano y Ebro) fué financiado por la Comisión de las Comunidades Europeas y los estados miembros entre 1988 y 1993. El trabajo de campo se centró en el río Ródano, uno de los más importantes de la vertiente meridional de Europa y en la región denominada Golfo de León donde desemboca aunque algunas de las campañas incluyeron en sus investigaciones el río Ebro. Unos treinta laboratorios pertenecientes a diez países miembros de la Unión Europea y de Suiza participaron en la segunda fase del proyecto y, al menos, ocho grandes campañas oceanográficas fueron llevadas a cabo en la región a bordo de los buques de investigación más grandes de la flotilla europea. Al término de la segunda fase, el equipo original se deshizo aunque un número reducido de laboratorios, retomando la iniciativa original y el anagrama, están llevando a cabo investigaciones similares en el Mar Negro.

Los resultados de todas estas investigaciones han sido publicados en diversos volúmenes que recogen las comunicaciones presentadas a cinco Seminarios, el último de los cuales se recoge en un número especial de la revista *Deep-Sea Research*.

La participación del **Centro de Estudios Avanzados de Blanes (C.E.A.B.)** en el proyecto **EROS 2000** estuvo centrada en la determinación de las distribuciones de nutrientes y de fitoplancton en las zonas estuarina, costera y de alta mar, la evaluación de la capacidad de movilización que poseen los distintos procesos y el establecimiento de un balance de los flujos que tienen lugar, mediante el desarrollo de modelos numéricos. Esta comunicación contiene un breve resumen de las actividades más destacadas que el Grupo del C.E.A.B. desarrolló en el marco del proyecto **EROS 2000** y que, en la actualidad, continúa desarrollando en las zonas próximas al delta del río Ebro (proyecto **FANS**) y al estuario conocido como ría de Huelva (proyecto **TOROS**).

El Mediterráneo, generalidades

El Mar Mediterráneo, sometido desde hace muchos años a una fuerte presión antropogénica (Cruzado y Kouyoumjian, 1985), es habitualmente considerado como parangón de mar cerrado y, en consecuencia, escasamente afectado por los procesos hidrodinámicos que se supone son privativos de los océanos. La misma razón lleva también a postular que las características físicas y químicas de las aguas mediterráneas sean diferentes de las del resto del océano e incluso a aceptar que los problemas que plantean las actividades humanas en el Mediterráneo tengan un efecto más evidente que en otras áreas marítimas de Europa o, por qué no, del mundo. Es cierto que todo cuanto ocurre en el Mediterráneo, como región geopolítica diferenciada, ha tenido siempre una gran resonancia a nivel

europeo y aun a nivel mundial (Cruzado, 1987). No en balde en sus orillas se desarrollaron las culturas más antiguas que se conocen y en ellas también se han generado algunos de los conflictos más sangrientos que se conocen.

Balance hídrico

El Mediterráneo, con una superficie de unos 2,5 millones de Km² y una profundidad media de unos 1500 m, contiene cerca de 3,5 millones de Km³ de agua con una salinidad media superior a las 38 psu (~g/Kg). Así pues contiene unos 133 billones (10¹²) de toneladas de material disuelto, además de 21 billones de metros cúbicos de oxígeno disuelto del cual la actividad biológica produce cerca de ½ billón de metros cúbicos por año. Como parte del sistema oceánico mundial, el mar Mediterráneo tiene una enorme importancia al contribuir, de modo notable, a la generación de las características de todas las masas de agua del océano mundial.

Por sus características climáticas, el mar Mediterráneo es una cubeta de evaporación y las pérdidas de agua causadas por dicho proceso son muy superiores a las ganancias por precipitación ya sea sobre la superficie del propio mar o en su cuenca hidrográfica a través de los diversos ríos importantes (Ródano, Po, Nilo, etc.) que desembocan en él. El balance negativo de agua (ver Tabla I) debe ser compensado por una entrada de agua, en su mayor parte, procedente del océano Atlántico. Sin embargo, dada la salinidad del agua que entra por el Estrecho de Gibraltar, es necesario que existan flujos de entrada y salida para que su balance permita compensar la pérdida de agua en el seno de la cubeta mediterránea manteniendo el equilibrio salino. Para ello un volumen algo inferior de agua Mediterránea con una mayor salinidad que la Atlántica sale hacia dicho océano por el estrecho de Gibraltar.

A pesar de la restricción existente, el Mediterráneo intercambia con el océano Atlántico en Gibraltar más de un millón de metros cúbicos de agua por segundo (0,1 billón (10¹²) de metros cúbicos por día y cerca de 40 billones de metros cúbicos por año). Esto confiere a las aguas del Mediterráneo un tiempo medio de renovación de unos 90 años. Si, además, tenemos en cuenta que, en el devenir de las aguas atlánticas que penetran por Gibraltar hay muchas oportunidades de entrar en contacto con la atmósfera (punto de partida por lo que respecta a lo que se considera *edad* de todas las aguas oceánicas), el agua profunda que sale por el estrecho de Gibraltar no tiene más allá de 30 o 40 años de edad (compárese con los 500-800 años que tiene el agua del Atlántico Norte con la que se mezcla el agua mediterránea) lo que le hace estar entre las más jóvenes de los océanos.

Tabla I. Balance hídrico del mar Mediterráneo (en m³/s)

Proceso	m ³ /s
Evaporación	95000
Precipitación	28000
Descargas fluviales	14000
Balance neto	53000
Entradas netas a través de:	
<i>Dardanelos (mar Negro)</i>	6000
<i>Gibraltar (océano Atlántico)</i>	54400
<i>Canal de Sicilia (Medit. oriental)</i>	42000
Entradas totales a través de:	
<i>Dardanelos (mar Negro)</i>	12500
<i>Gibraltar (océano Atlántico)</i>	1187500
<i>Canal de Sicilia (Medit. oriental)</i>	1000000

El agua que sale por Gibraltar es muy distinta de la que entra y no sólo por el contenido de sales disueltas (salinidad). Otras sustancias modifican sus concentraciones en el recorrido que hacen las aguas. Por un lado, el agua superficial del océano Atlántico entra en el mar Mediterráneo con bajas concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos y material particulado en suspensión mientras que el agua profunda del mar Mediterráneo sale al océano Atlántico con concentraciones relativamente altas de nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos, sobre todo, con una concentración superior a los 10 mmols/kg). Es decir que el Mediterráneo exporta cada año hacia el océano Atlántico unos 0.4 billones de moles de nitrato. Siguiendo el mismo razonamiento, el mar Mediterráneo actúa como una enorme ventana por la que el dióxido de carbono de la atmósfera penetra en la profundidad del Océano. El agua que entra en Gibraltar tiene una concentración relativamente baja de carbono inorgánico disuelto mientras que el agua profunda saliente tiene una concentración bien superior. Utilizando la relación C:N normalmente aceptada en la materia orgánica (relación de Redfield), se puede calcular en unos 2,5 billones (10¹²) de moles de carbono (unos 100 millones de toneladas de CO₂) la cantidad de carbono inorgánico que, año tras año, el Mediterráneo secuestra de la atmósfera y descarga en las profundidades del océano Atlántico oponiéndose al efecto invernadero.

Una de las paradojas que ofrece el mar Mediterráneo es cómo pueden mantenerse las relativamente elevadas concentraciones de nutrientes en sus aguas profundas a pesar de la gran pérdida que representa la salida de éstas hacia el océano. Todos los intentos de formular un balance equilibrado de los nutrientes para la cubeta mediterránea han fallado hasta ahora. Entre las dificultades encontradas están el desconocimiento de las entradas de nutrientes orgánicos con las aguas superficiales de origen atlántico (Costé *et al.*, 1988), las entradas de nitrógeno inorgánico a través de la atmósfera (Alarcón y Cruzado, 1988, 1989, 1990; Migon *et al.*, 1989), una deficiente evaluación de los flujos de agua en Gibraltar (Lacombe y Tchernia, 1974) y, sobre todo, un muy pobre conocimiento de los flujos de nutrientes en las zonas costeras. La tabla II muestra algunas estimaciones comparadas de las entradas de nitrógeno a distintas regiones oceánicas.

Tabla II. Flujos de nitrógeno de la atmósfera al océano
($\text{mmol m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

	Depos. Húmeda	Depos. Seca	Depos. Total	Referencia
Mar de los Sargazos	20-35	5-16	25-51	Duce (1984)
Mar de los Sargazos	23	-	-	MacCarthy & Carpenter (1984)
Océano Pacífico	5-16	2-7	7-23	Duce (1984)
Océano Pacífico	23	-	-	MacCarthy & Carpenter (1984)
Mediterráneo NO	120-144	0-167	120-311	Migon <i>et al.</i> (1988) Alarcón & Cruzado (1989)

Una parte de los nutrientes que llegan al Mediterráneo por la atmósfera provienen de procesos que tienen lugar en la propia masa de aire y afectan a toda la superficie de la cubeta mediterránea mientras que otra parte, posiblemente la más importante, proviene de fuentes terrestres y afecta, sobre todo, a las zonas costeras. Este efecto, junto con el de las aguas de los ríos que descargan en el Mediterráneo, ejercen una notable influencia sobre las zonas costeras siendo importante destacar el papel desempeñado por la gran extensión de costa en relación a la masa total de agua para el Mediterráneo comparada con el conjunto de los océanos (Alarcón y Cruzado, 1988, 1989, 1990; Migon *et al.*, 1988). Ello hace que algunas de las sustancias disueltas muestren, a pesar de la elevada salinidad de este mar, comportamientos más cercanos a los de las aguas dulces, por ejemplo la relación nitrógeno/fósforo (Bethoux *et al.*, 1988, 1992) o la concentración de aluminio disuelto.

Masas de agua y circulación general

El agua superficial atlántica que entra por el estrecho de Gibraltar y se extiende por una gran parte del Mediterráneo condiciona también la circulación general del mar Mediterráneo. El *chorro* de agua Atlántica superficial transcurre inicialmente a lo largo de la costa andaluza dando dos giros en el interior del mar de Alborán (Tintoré *et al.*, 1988). Posteriormente se divide en dos ramas, una de ellas, la más importante, bien establecida a lo largo de la costa norteafricana, se adentra en el Mediterráneo oriental superando el canal de Sicilia, de escasa profundidad (Millot, 1987). Otra rama de esta corriente se desplaza hacia el norte, atraviesa los canales entre las islas Baleares y el canal entre la isla de Córcega y la península italiana, para concentrarse en el mar Lígur donde, ante la presencia de una cuña de agua de elevada salinidad, se refuerza ciñéndose a la zona costera de la Liguria italiana y la Provenza francesa, dando lugar a la corriente Liguro-provenzal.

Los procesos antes citados, dan lugar a la existencia de distintas masas de agua en el mar Mediterráneo (Salat y Cruzado, 1984). El proceso de evaporación del agua superficial atlántica que genera el flujo en Gibraltar forma las aguas profundas e intermedias, con salinidad y por lo tanto densidad superior a aquella. La evaporación no se produce por igual en toda la cubeta sino que tiene zonas preferentes en las que se combinan el efecto de la insolación, la fuerza y humedad del viento y la facilidad para la generación de torbellinos ciclónicos. Las aguas profundas formadas en el giro que existe frente al Golfo de León, en el Mediterráneo occidental, y en el Adriático medio y el sur del mar Egeo, en el Mediterráneo oriental, dan lugar a las respectivas aguas profundas, confinadas cada una de ellas a su propia cubeta (oriental y occidental), por la existencia de un umbral poco profundo en el canal de Sicilia. Por otra parte, el agua intermedia levantina que se forma al este de la isla de Creta, en el mar Levantino, es la masa de agua con mayor salinidad y temperatura que efectúa el retorno de sal y energía hasta el océano Atlántico, arrastrando a su paso parte de ambas aguas profundas cuya

mezcla con el agua intermedia finalmente constituye el agua Mediterránea que se extiende por una gran parte del océano Atlántico y que imprime una huella permanente al agua profunda del Atlántico norte (su elevada salinidad).

Estos mismos procesos también condicionan el esquema circulatorio que se observa en el mar Mediterráneo. Por una parte, la rotación de la Tierra que empuja hacia el sur al agua atlántica entrante por Gibraltar y, por otra, la mayor salinidad del agua que ocupa las partes centrales en relación a las zonas costeras, determinan una circulación general ciclónica en el mar Mediterráneo occidental que genera importantes divergencias y giros que favorecen la fertilización de determinadas áreas (mar Lígur, mar de Alborán, golfo de León, etc.).

El Golfo de León

El Golfo de León que recibe las aguas del río Ródano y otros cursos de agua menores, tiene una plataforma continental muy amplia con un talud muy abrupto y surcado por numerosos cañones transversales que no son sino restos de antiguos cauces de los ríos que llegan a dicha zona. La corriente Liguro-provenzal constituye el fenómeno hidrodinámico más importante de esta región, transportando algo más de 0.5 Sv (millones de m^3/s) de agua a lo largo de las costas italianas, francesas y españolas hasta bien entrado el Golfo de Valencia donde se curva hacia el oriente para unirse al flujo de agua Atlántica que penetrando por los canales entre las islas Baleares cierra un circuito de signo ciclónico que confina en su interior agua de elevada salinidad. a partir de la cual se formará el agua profunda del Mediterráneo occidental.

Las cordilleras que limitan al este (Alpes) y al oeste (Pirineos) el Golfo de León, junto con el macizo central francés, dan lugar a un efecto de embudo que concentra las isobaras a lo largo del valle del Ródano y al norte de los Pirineos generando vientos (Mistral y Tramontana) que, con frecuencia, sobrepasan los 100 km/h. Ambos vientos confluyen en la zona exterior del Golfo de León, al norte de la isla de Menorca, donde se produce, en la época invernal (enero a marzo), una intensa mezcla vertical acompañada de una fuerte evaporación del agua superficial que da lugar a la formación del agua profunda del Mediterráneo occidental. De aquí que el Golfo de León sea conocido no sólo por su riqueza piscícola sino también por las circunstancias meteorológicas que en él se dan cita.

A su paso por el Golfo de León, la corriente Liguro-provenzal experimenta un desdoblamiento según la profundidad del agua que transporta. La parte más superficial sigue el trazado convexo de la costa, penetrando en el Golfo de León hasta las proximidades del delta del río Ródano mientras que la parte más profunda sigue el trazado menos curvo del talud dirigiéndose hacia la costa de Catalunya más allá del Cabo de Creus. Esta curvatura de la corriente Liguro-provenzal en la parte oriental del Golfo de León y la salinidad más alta de las aguas que se encuentran a su izquierda, genera un torbellino ciclónico que da lugar a movimientos ascendentes de aguas intermedias y profundas que, en buena parte, contribuyen a mantener la elevada salinidad de las aguas superficiales en una cuña que va desde el mar Lígur hasta el mar Catalán. Toda la zona de elevada salinidad es proclive a la formación de agua profunda (Salat *et al.*, 1990).

La parte superficial de la corriente Liguro-provenzal que se había desviado hacia el interior del Golfo de León confluye con las aguas continentales vertidas por el río Ródano y se desvía de nuevo hacia el suroeste dando lugar a un torbellino anticiclónico que tiende a estancar el agua del Ródano en la zona occidental del Golfo de León formando la corriente del Languedoc, bordeando la costa de esta región de Francia, y permitiendo la producción de pequeños núcleos de afloramiento costero (Millot, 1977, 1979) que contribuyen, sobre todo en invierno, a la formación de un agua invernal, la más fría de todo el Mediterráneo, pero que, por su baja salinidad, se sitúa por encima del agua intermedia levantina más caliente y salada.

Distribución de nutrientes

Son escasos los trabajos de investigación recientes que den una visión de conjunto de la distribución de nutrientes en el Mediterráneo occidental incluido el Golfo de León. El esquema mejor establecido presenta una importante fluctuación estacional como corresponde a su latitud (Cruzado y Velásquez, 1990). La fuerte termoclina, que se establece en la época estival debido a la fuerte insolación y a la larga duración del día, restringe el tránsito de la energía cinética turbulenta desde la capa de mezcla superficial al interior de la columna de agua (Varela *et al.*, 1992). Por el contrario, en el otoño (Septiembre a Diciembre) se establece un flujo neto de calor desde el mar hacia la atmósfera unido a una importante evaporación que enfría rápidamente la capa superficial, destruyendo la termoclina y permitiendo la penetración de la energía cinética turbulenta hacia el interior de la columna de agua. En invierno (Enero a Marzo), la columna de agua puede llegar a ser prácticamente homogénea debido al enfriamiento y a la evaporación del agua de superficie. Cualquier golpe de viento de una cierta intensidad consigue vencer la escasa estabilidad que aún puede quedar en la columna de agua estableciendo un movimiento convectivo vertical que transporta agua profunda hasta la superficie y viceversa. Estos movimientos convectivos pueden alcanzar velocidades importantes en las denominadas *chimeneas* que se forman en la zona próxima al Golfo de León y que conducen a la formación de agua profunda (Lacombe *et al.*, 1970). En primavera (Abril a Junio) se inicia el proceso de estabilización de la columna de agua que conlleva al establecimiento de la termoclina.

Por lo que respecta a los nutrientes (nitrato, fosfato, silicato), se observan, durante la época estival cuando se manifiesta la estratificación causada por la termoclina, concentraciones muy bajas en una capa de agua superficial con un grosor que varía entre 50 y más de 100 metros de profundidad según el lugar. Por debajo de tal profundidad, se observa una nutriclina o capa de agua en la que las concentraciones de los diversos nutrientes aumentan rápidamente mostrando, en el caso del nitrato y fosfato, un máximo que coincide con el agua intermedia levantina o más lentamente, en el caso del silicato, que muestra su máxima concentración en el fondo (entre los 2000 y los 3000 m fuera de la plataforma).

Durante la época invernal, las distribuciones de los nutrientes son muy variables de un lugar a otro y dependen también mucho de las condiciones meteorológicas reinantes. En las zonas más próximas al archipiélago Balear y en el centro del Mediterráneo occidental, donde predomina la presencia en superficie del agua atlántica, sigue existiendo una nutriclina durante buena parte del invierno, salvo en inviernos excepcionales en que se producen *chimeneas* de aguas ascendentes y descendentes que interesan un grosor de agua importante (Cruzado and Kelley, 1974). Por el contrario, en la zona correspondiente a la cuña de elevada salinidad existente frente al Golfo de León es frecuente en invierno observar una distribución vertical de nutrientes muy homogénea con concentraciones próximas a las máximas halladas a gran profundidad.

Durante el período primaveral, al iniciarse el proceso de estratificación, los nutrientes existentes en la zona eufótica dan lugar a la producción de un *bloom* primaveral de fitoplancton que paulatinamente se va extinguiendo por efecto del pastoreo (*grazing*) y de la sedimentación al tiempo que se va fortaleciendo la nutriclina a profundidades progresivamente mayores. Este proceso, sin embargo, es efímero (dos a tres semanas) y pocas veces ha podido ser observado durante las campañas oceanográficas en el curso del proyecto **EROS 2000** a excepción de la campaña CYBELE en Abril de 1990 (Cruzado y Velásquez, 1992).

En la zona más costera del Golfo de León se observa el mismo esquema aunque, en la zona de plataforma se observa, tanto en la época estival como en la invernal, el efecto, en superficie, de las descargas del río Ródano que incrementan de forma notable las concentraciones de todos los nutrientes (Cruzado y Velásquez, 1990). Existe, sin embargo, una importante diferencia estacional en

cuanto se refiere al grosor de la capa afectada por el agua del río Ródano que escasamente alcanza los 10 m en verano mientras que puede ser de más de 50 m en invierno.

Clasificación de los taxones de fitoplancton según las Clases

Cuando se estudia con mayor detalle la distribución de nutrientes en el Golfo de León y la zona adyacente se observa un marcado efecto de los procesos hidrodinámicos descritos anteriormente. El agua que baña la costa de Provenza, penetrando hasta las proximidades del río Ródano por el este, tiene concentraciones de nitrato inferiores a los 0.5 mmol/l hasta los 75 m de profundidad mientras que en el agua que se encuentra en el centro de la cuña de alta salinidad, tanto hacia el sureste como hacia el suroeste, las concentraciones son, a profundidades análogas, superiores a los 6 mmol/l. Ello muestra un importante ascenso de aguas intermedias y profundas en las zonas de circulación ciclónica y viceversa. En un estudio basado en la circulación geostrofica horizontal y en la distribución de nutrientes en el Golfo de León, Salat y Cruzado (1988) determinaron la velocidad vertical causante de la fertilización en el interior de los giros ciclónicos.

Distribución de fitoplancton

La distribución de biomasa fitoplanctónica, medida a través de los pigmentos clorofílicos, está fuertemente ligada a la de los nutrientes. Las observaciones efectuadas en el conjunto del Mediterráneo occidental, no muy distintas de las que se han hecho en otras zonas oceánicas tales como en la región subtropical del Atlántico norte, muestran un máximo profundo de clorofila que puede situarse entre 50 y 100 m de profundidad, variando de un lugar a otro. El conjunto de observaciones efectuado durante el proyecto **EROS 2000** muestra una relación inversa entre la profundidad a la que se halla el máximo de clorofila y el valor alcanzado por la concentración de clorofila en dicho máximo (Velasquez, 1996). También se observa una muy estrecha relación entre las profundidades del máximo de clorofila y de la nutriclina. Ambos extremos han sido confirmados por modelos numéricos de simulación (Varela *et al.*, 1991, 1992, 1995; Cruzado *et al.*, 1990).

La distribución de pigmentos clorofílicos en el Golfo de León muestra siempre una gran influencia de los procesos hidrodinámicos, es decir de la presencia de giros ciclónicos/anticiclónicos así como de las descargas efectuadas por el río Ródano. En cualquier transecto a través del giro ciclónico principal (correspondiente a la cuña de elevada salinidad) se observa un notable ascenso del máximo de clorofila y de la nutriclina acompañado de mayores concentraciones de clorofila en las estaciones centrales del giro. El máximo de clorofila se mantiene relativamente somero en la zona externa al talud hasta las proximidades del Cabo de Creus. Cuando el fondo se hace más somero que la nutriclina, sobre la plataforma continental, es frecuente observar un máximo de clorofila pegado al fondo.

Composición taxonómica

La composición taxonómica del fitoplancton del Golfo de León y zonas próximas ha sido estudiado abundantemente durante el proyecto **EROS 2000** (Velásquez, 1996). Estudios anteriores fueron siempre llevados a cabo en estaciones costeras y en aguas interiores. Muchos de los grandes taxónomos del fitoplancton que publicaron durante el siglo pasado y principios del presente contribuyeron al conocimiento del fitoplancton del Golfo de León. Todos estos estudios, junto con los más recientes, han sido compilados en un inventario informatizado (Velásquez y Cruzado, 1995, 1996) al cual podrá accederse en breve a través de Internet (<http://www.ceab.es/>). Este inventario cuenta con 12 de las 18 Clases de fitoplancton establecidas en la clasificación mundial de Chretiennot-Dinet *et al.* (1995). Entre todas las Clases observadas en esta región se cuentan 230 géneros (534 en la Clasificación Mundial), 1202 especies, 186 sinónimos y 213 variedades. Así pues una buena parte de los taxones del fitoplancton marino conocidos para el mundo entero han sido citados en la región estudiada lo que da una idea de la diversidad de condiciones oceanográficas encontradas en la región.

El grupo taxonómico más importante es la clase *Diatomophyceae* a la que pertenecen un 51 % de los taxones seguida de las *Dinophyceae* (38 %) y de las *Primnesiophyceae* (6 %). Las Clases restantes no abarcan en conjunto más que un 5 % de los taxones citados.

Aun cuando la teoría ecológica general del plancton marino atribuye a las Diatomeas una preferencia por las aguas invernales, frías y ricas en nutrientes y a los Dinoflagelados la preferencia por las aguas estivales, más cálidas y pobres en nutrientes, las observaciones efectuadas no están totalmente de acuerdo con esa tendencia general sino que es frecuente observar la dominancia de una u otra Clase

Tabla III. Número de taxones recogidos en el inventario

	Núm. Taxones
<i>Charophyceae</i>	1
<i>Chlorophyceae</i>	2
<i>Chrysophyceae</i>	9
<i>Cryptophyceae</i>	9
<i>Cyanophyceae</i>	5
<i>Diatomophyceae</i>	828
<i>Dichtyochophyceae</i>	17
<i>Dinophyceae</i>	611
<i>Euglenophyceae</i>	3
<i>Micromonadophyceae</i>	3
<i>Prasinophyceae</i>	20
<i>Prymnesiophyceae</i>	88
<i>Rhodophyceae</i>	3

en distintas muestras de una misma campaña con cierta preponderancia de las Diatomeas en las muestras más profundas y de los Dinoflagelados en las muestras más someras. También es notable la presencia en casi todas las muestras de organismos pertenecientes al grupo de los Silicoflagelados así como una importante presencia de Cocolitoforales. Muestras de gran profundidad (> 600 m) analizadas al microscopio por el método de Uttermöhl han mostrado la presencia de un número importante de organismos fitoplanctónicos en perfecto estado que pueden servir como testimonio de los movimientos verticales de agua en la época invernal.

Durante los estudios efectuados de modo repetido en el interior del Golfo de León siguiendo la estrategia habitual en otras campañas oceanográficas, muy pocas muestras presentaron concentraciones distintas de las habituales en el mar abierto. Solamente en muestras tomadas en una capa superficial relativamente fina fué posible observar concentraciones propias de la mezcla entre el agua de mar y la de río. Para ello fué preciso penetrar con embarcaciones neumáticas en la pluma del río y, aun a veces en el interior del cauce para poder observar salinidades inferiores a 35 psu. Estudios más detallados de la pluma del río Ródano (también del río Ebro) nos permitieron observar cómo son las características de los procesos de dilución y mezcla.

Aún con caudales del orden de 1500 a 2000 m³/s, la pluma del río muestra un grosor inferior a unos 2 m. Las concentraciones de nutrientes en las aguas de dilución muestran una buena relación lineal entre sí y con la salinidad indicando, sin duda a causa de la turbidez de la propia agua de mezcla, que la toma de nutrientes por el fitoplancton es prácticamente despreciable (Agustí y Cruzado, 1992). También las concentraciones de clorofila determinadas en las aguas de la pluma indican proporcionalidad con la salinidad σ_t , lo que es lo mismo, con el grado de mezcla entre las aguas del río y las del mar (Cruzado y Velásquez, 1992). Ello es debido al origen fluvial y detrítico de dichas clorofilas. Solamente en salinidades comprendidas entre 30 psu y las típicas del agua de mar se observan

Perfiles de Nitrato según el modelo de dilución

clorofilas generadas *in situ* por organismos fitoplanctónicos estuarinos con la consiguiente absorción de nutrientes.

Por otra parte, el gradiente horizontal en la concentración de nutrientes y de clorofilas (o de organismos) en los límites externos de la pluma de dilución se mostraron extraordinariamente elevados y lo mismo respecto a la biomasa fitoplanctónica. Estudios llevados a cabo en el mismo borde de la pluma indican la existencia de aguas (y de poblaciones) completamente distintas a una distancia de centímetros a lado y lado del borde. Lo mismo ocurre con la distribución vertical. Por otra parte, las distribuciones de los organismos fitoplanctónicos en la pluma del río Ródano pueden cambiar en cuestión de horas según los movimientos que la propia pluma puede tener a tenor de los vientos, mareas, etc.

Flujos de nutrientes y productividad

Aun un para un proyecto ambicioso como **EROS 2000** no fué fácil determinar con un cierto grado de precisión el flujo de nutrientes a una zona costera puesto que son numerosos los procesos involucrados: descargas fluviales, deposición atmosférica, advección otras zonas marinas, intercambios con los sedimentos, etc.. La tarea se atacó desde el ángulo de las observaciones y de los modelos numéricos.

En cuanto se refiere a las observaciones, hubo un hueco referente al campo de velocidades tanto en la zona próxima a la pluma del río como más hacia alta mar. El proyecto no concibió tales observaciones y, por lo tanto, los flujos no se pudieron basar en este tipo de observaciones. Por cuanto se refiere a los modelos numéricos la situación es distinta ya que se hicieron al menos dos intentos de simular numéricamente la circulación en la región y, por lo tanto, los flujos horizontales. En cuanto a los flujos verticales, los modelos numéricos de circulación no dieron hasta ahora dos variables preciosas para la determinación de tales flujos, la velocidad vertical y el coeficiente de difusión turbulenta en sentido vertical. En el CEAB diseñamos e hicimos correr un modelo ecológico del sistema planctónico basado en las dos variables citadas con el cual se simulan los perfiles verticales de los compartimentos más importantes, el nitrógeno inorgánico

(nitrato, nitrito, amonio) y el nitrógeno orgánico particulado, bien en forma de fitoplancton o de zooplancton (Varela *et al.*, 1992, 1994). En este momento se está trabajando en el cálculo de los flujos verticales de los cuales se han hecho algunas evaluaciones preliminares. El camino se muestra muy prometedor.

Conclusiones

El proyecto **EROS 2000** fué un ejercicio con grandes beneficios tanto para los participantes como para la comunidad científica en general. No sólo representó uno de los proyectos científicos más complejos que jamás se había ejecutado en Europa sino que abrió el camino para excelentes colaboraciones entre los participantes. Los resultados obtenidos tuvieron también una enorme resonancia apareciendo no sólo en revistas científicas de primer orden sino también en los medios de comunicación de toda Europa. Por otro lado, muchos de los tópicos relativos al impacto de las descargas fluviales en el medio costero tuvieron que ser revisados ya que determinaciones muy finas de algunos elementos y substancias contaminantes tanto en el agua como en los sedimentos mostraron importantes limitaciones en la extensión del área impactada. Por el contrario, el transporte atmosférico se reveló como una vía muy importante de transporte de contaminantes (también de nutrientes) al mar abierto. Este mismo transporte también mostró una enorme influencia en la *dilución* de

los contaminantes en los sedimentos de alta mar, particularmente cuando el material en suspensión procede del norte de Africa.

Finalmente, el modelo de investigación cooperativa que se desarrolló en el Mediterráneo noroccidental tiene todos los elementos para ser trasladado a otras partes del mundo. En particular, por las condiciones oceanográficas e hidrológicas, el Caribe sudoccidental, con aguas templadas como las del Mediterráneo y ríos de caudal igual o superior al del río Ródano, tiene unas características idóneas para trasladar las experiencias obtenidas durante el proyecto **EROS 2000**. En la actualidad y mediante una pequeña ayuda del gobierno de España estamos explorando la posibilidad de lanzar un proyecto similar en la región con la ayuda de las instituciones colombianas y una posible financiación de la Comisión de la Unión Europea y algunos gobiernos europeos en el marco de la cooperación entre la Unión Europea y la América Latina.

REFERENCIAS

Agustí,S; Cruzado,A (1992): Relationship between light absorption by pelagic particles and microplankton metabolic activity in the Gulf of Lions. *Mar.Ecol.Prog.Ser.* 85, 283-287.

Alarcón,M; Cruzado,A (1988): Monitoring of aerosol composition at a costal site of North Western Mediterranean. *CEC Air Pollution Research Report No. 14*, 101-118.

Alarcón,M; Cruzado,A (1989): Atmospheric dry deposition of nutrients at a Catalan costal site of North Western Mediterranean. *Proceedings de la XXII Reunión Bienal de la real Sociedad Española de Física. Universitat de les Iles Balears.*

Alarcón,M; Cruzado,A (1990): Particulate Aerosol Nutrient Inputs into the North-Western Mediterranean Basin. In: *CEC Water Pollution Research Reports. Vol. 20*, 635-644.

Perfiles de Nitrógeno fito-planctónico
según el modelo de simulación

Bethoux,JP; Morin,p; Madec,C; Gentili,B (1992): Phosphorus and nitrogen behaviour in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res.* 39(9), 1641-1654.

Chretiennot-Dinet *et al.* (1995).

Coste,B; LeCorre,P; Minas,J (1988): Re-evaluation on the nutrient exchanges in the Strait of Gibraltar. *Deep-Sea Res.* 35(5), 767-775.

Cruzado,A (1985): Chemistry of Mediterranean Waters. In: *Western Mediterranean*. 1st ed. (Ed: Margalef,R) Pergamon Press, Oxford, 126-147.

Cruzado,A (1987): El Mediterraneo: Ecosistema a Conservar. In: *Estudios Internacionales - 1987*. Sociedad de Estudios Internacionales, Madrid, 51-63.

Cruzado,A (1990): Quimica de las Aguas Mediterraneas. In: *El Mediterraneo Occidental*. (Ed: Margalef,R) Ediciones Omega S.A., Barcelona, 128-149.

Cruzado,A; Kouyoumjian,HH (1985): The state of Pollution of the Mediterranean Sea. UNEP. Athens.

Cruzado,A; Velasquez,ZR (1989): Nutrient distributions in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) in winter 1988-1989. *CEC Water Pollution Research Reports* 13, 67-78.

Cruzado,A; Velasquez,ZR (1990): Nutrients and phytoplankton and the Gulf of Lions, northwestern Mediterranean. *Continental Shelf Research* 10(9-11), 931-942.

Cruzado,A; Velasquez,ZR (1992): Nutrients and phytoplankton pigments in the NW Mediterranean during cruise CYBELE (12-29 April 1990). *CEC Water Pollution Research Reports* 28, 139-149.

Duce,RA (1986): The impact of atmospheric nitrogen, phosphorus and iron species on marine productivity. In: P. Buat-Menard (Ed.) *The Role of Air-Sea Exchange in Geochemical Cycles*. Reidel Dordrecht, pp. 497-529.

Font,J (1987): The path of the Levantine Intermediate water to the Alboran sea. *Deep-Sea Res.* 34(10), 1745-1755.

Lacombe,H; Tchernia,P (1974): Hydrography of the Mediterranean. Consultation on the protection of living resources and fisheries from pollution in the Mediterranean, FAO, Roma, 19-23 Febr. 1974. 12 pp.

Lacombe,H; Tehernia,P; Ribet,M; Bonnot,J; Frassetto,R; Swallow,JC; Swallow,JC; Miller,AR; Stommel,H (1970): Observation of formation of deep water in the mediterranean sea,1969. *Nature* 227(5), 1037-1040.

MacCarthy & Carpenter (1984)

Migon,C; Copin-Montégut,G; Elégant,L; Morelli,J (1989): Etude de l'apport atmosphérique en sels nutritifs au milieu côtier méditerranéen et implications biogéochimiques. *Oceanol. Acta* 12(2), 187-192.

Millot,C (1979): Wind induced upwellings in the Gulf of Lions. *Oceanol. Acta* 2, 261-274.

- Millot,C (1987): Circulation in the western Mediterranean Sea. *Oceanol. Acta* 10(2), 143-151.
- Millot,C (1990): The Gulf of Lions hydrodynamics. *Cont. Shelf Res.* 20(10), 1-10.
- Millot,C; Taupier-Letage,I; Benzohra,M (1989): The Algerian eddies. *Earth-Science Rev.* 27, 203-219.
- Salat,J; Cruzado,A (1984): Masses d'eau dans la Mediterranee Occidentale: Mer Catalane et eaux adjacentes. *Rapp.Comm.int.Mer Medit.* 27(6), 201-209.
- Salat,J; Cruzado,A (1988): Vertical motions in the Gulf of Lions Deduced from Nutrient Distribution and Geostrophic Velocity Field. ICM Barcelona.
- Salat,J; Cruzado,A; Panouse,J (1990): Contribution of the Rhone river water discharges to the dynamics of the Gulf of Lions in autumn 1986. *Rapp.Comm.int.Mer Medit.* 32(1).
- Tintore,J; Violette,PE; Blade,I; Cruzado,A (1988): A study of an intense density front in the eastern Alboran Sea: The Almeria-Oran front. *J. Phys. Oceanogr.* 18(10), 1384-1397.
- Varela,RA; Cruzado,A; Tintore,J (1994): A simulation analysis of various biological and physical factors influencing the deep-chlorophyll maximum structure in oligotrophic areas. *J. Mar. Systems* 5, 1-15.
- Varela,R; Cruzado,A; Tintoré,J; Garcia,E (1992): Modelling the deep-chlorophyll maximum: A coupled physical-biological approach. *J. Mar. Res.* 50, 441-463.
- Velásquez,ZR (1981): Summer phytoplankton in the Catalan Sea (Western Mediterranean). *Rapp.Comm.int.Mer Medit.* 27-7, 79-81.
- Velásquez,ZR; Cruzado,A (1990): Phytoplankton distribution in the NW Mediterranean Sea during the EROS 2000 - RRV DISCOVERY Cruise (December 1988). CEC Water Pollution Research Report 20, 93-129.

PESQUERÍAS DE INVERTEBRADOS EN EL PACÍFICO SUR ORIENTAL

IMARPE-PERÚ

Miguel Rabí

Se van a tomar solo tres casos de estudios en la costa Peruana y Chile, las pesquerías de invertebrados nos ubicarnos en la zona más productiva del área 87 la cual es la más productiva del mundo, las pesquerías de esta área representa el 25% de todo el mundo y en el caso de los invertebrados sería el 20%.

Observamos algunas clases de moluscos, equinodermos, crustáceos representan el 20% de los desembarques del área 87 siendo todo esto el 25% de la pesquería mundial. Es interesante ver que esta zona presenta dos grandes subsistemas dentro del gran sistema de corrientes, además se demostrara porque son importantes estos dos subsistemas, observamos el sistema de corrientes que influye en esta área y vemos la gran barrera de corrientes de aguas tropicales y una zona determinada por las aguas ecuatoriales la corriente de Humbolt que son aguas relativamente frías de muy alta productividad, influenciadas por el fenómeno del Niño y la Niña que la empujan hasta frente de la costa Peruana.

El Perú cuenta con una gran bondad que es tener una pequeña fracción de su costa influenciada también por las corrientes Ecuatoriales por lo tanto es el límite de lo que se han llamado las provincias para moluscos y crustáceos, puesto que no son especies que puedan migrar que puedan movilizarse grandemente estos invertebrados han tomado posesión del sustrato dependen mucho del área de disponibilidad que tengan a la influencia climática también, entonces estas líneas han marcado dos grandes provincias que serían la provincia Panameña debido que en esta zona en el grado 5° de latitud sur vendrían a aparecer manglares y la segunda la provincia Peruano-Chilena que es totalmente diferente la composición de especies y se presenta un cambio de biodiversidad.

Se presenta un análisis de Copepos, donde se ve que la zona tropical va a tener más número de Copepos mientras que nosotros estaríamos a la mitad de estos entre estar en un sistema tropicalizado de muy alta diversidad y un sistema templado con una muy alta diversidad pero a su vez también estamos en un punto medio que nos permite tener diversidad y densidad. Se puede observar también donde se separa la provincia Panameña esto solo dentro del Perú esto quiere decir solo tomando las posiciones del Perú y llendonos hacia el sur podríamos ver que la diversidad de especies aumenta con respecto a la provincia Panameña aumentan el número de especies descritas, pero este va decreciendo hacia el sur, si calculamos un índice de diversidad sólo para las especies que son explotables vemos que esto aumenta, lo que quiere decir un menor número de especies pero de mayor tamaño, mayor densidad, mayor disponibilidad que ocupan todo el sustrato por el contrato muchas especies pero de pequeño valor económico es una característica de este sistema.

Encontramos una pequeña lista de especies muy resumida que se encuentran en Perú muchas de estas también se extraen en Chile, también especies que abundan en Ecuador y Colombia. Solo para mencionar grupos de familias que puedan interesar.

Encontramos algunas estadísticas que nos presentan donde se hace alguna comparación de las capturas del Perú de invertebrados desde el año 53 donde no se podría asegurar la captura de 40

a 45 mil toneladas al año, en Chile oscila entre las 150 mil toneladas al año, se observa una pequeña porción que no es incluida en la estadística en la que se encuentra el Calamar Gigante y esto es una pesquería industrial todo el resto es una pesquería artesanal y una pequeña área en el Perú tiene un buen desembarque de pesquerías artesanales, donde se habla de pequeñas embarcaciones de 3 ó 4 metros hechas de madera donde se encuentra uno ó dos buzos con una compresora u otros artes artesanales por ejemplo el marisquero de orilla, tenemos el Pulmoneo, las atarrayas y otros artes manuales, que en conjunto forman un buen desembarque.

También encontramos un sistema de captura, de la cual se dice que no puede ir aumentando sino que nosotros hemos ido permitiendo mayor número de captura de Calamar Gigante que este se extiende frente a las costas de Colombia, Ecuador y esta llegando hasta el golfo de California.

También podemos observar como hay dominancia de los Moluscos, Crustáceos en menor cantidad, Chile no presenta pesca de Langostinos pero este país esta invirtiendo mucho dinero en investigaciones en acuicultura probablemente en los siguientes años nos darán sorpresas en cuanto a producción de camarones y Langostinos. Veremos un poco los artes pesqueros son verdaderamente artesanales, observando el traje de buceo es hecho de pedazos de llantas y por dentro con mucha lana el cual es hermético, la manguera conduce el aire directamente a la boca no existe regulador y esto conlleva a la poca norma de seguridad, de todas maneras estos buzos son entrenados y necesitan una licencia marina pero realmente no cumplen muchos requisitos, también existe la compresora el cual genera humo de motor más que aire no tiene, utiliza un pistón que debería usar aceite vegetal, ellos no creen en la tecnología, ellos no quieren cambiar pues los costos se elevan machismo, pues la infraestructura de las embarcaciones es muy barata y pueden transporta de 2 a 3 toneladas de productos lo que para ellos esta muy bien.

Hay otros artes, el cual esta empezando a aumentar la pesca de Cefalópodos como Pulpos ya no con buceo si no con trampas, especialmente el sistema japonés lo que esta aumentado la captura. Se va a entrar a explicar tres especies diferentes que son interesantes por la cantidad de estudios que hay sobre ellas, las tres especies son compartidas con Chile, igualmente una de ellas es compartida con Colombia :

Concholepas- Concholepas

Es un muricio de gran tamaño, singular para esta zona lo que quiere decir que no existe en otra zona del mundo aunque se han encontrado fósiles en Australia, Nueva Zelanda, pero este es el único representante del género y es característico por no tener casi espira presenta una forma golf, es de gran tamaño pueden llegar hasta los 180 mm de apertura peristomal, en el Perú alcanza 130, 140 mm, siendo un poco más grande en la parte sur de Chile. Sus cápsulas presentan problemas de manejo, el ciclo de vida da problemas pues estos presentan una larga vida planctónica, requiere agruparse para desovar el cual es el momento más formidable, estas cápsulas pueden duraran de uno a dos mese par encapsular, la larva planctónica sale al mar y puede estar de dos a tres meses en el plancton esto nos da problemas a la hora de poder predecir un asentamiento larvar o predecir donde va a ocurrir este larvamiento, la población de juveniles que se asientan en la zona de rompiente la cual es preferida por ellos, que es de difícil acceso lo que la mantenido libre de explotación, esta es una de las especies más importante de Chile y Perú se exporta casi totalmente a Japón, Corea como un verdadero reemplazo económico de los verdaderos abalones del género *Aliotis*, este reemplazo que ya se ha convertido en un vicio para los japoneses llega a alcanzar precios muy altos. Presenta diferentes estratos en los que vive a diferente edad o por estadía repentina generalmente se asume que se ocultan en el intermareal en que aparcan las larvas pero también hay un proceso de inmigración según va creciendo el animal va bajando a una zona submareal hasta los 40 metros de profundidad y es normal también encontrarlas en el submareal entre los 0 y 3 metros, esto ocasiona que exista tres tipos de

pesquerías, Saltamorcheros o ramoneadores de orilla o si no buzos a pulmón o buzos por compresora cada uno con rendimientos diferentes, cada uno con costos diferentes también, y cada uno con resultados independientes también de diferentes tamaños y resultados sexuales por que también hay una migración reproductiva.

Chile presenta una gran extensión de costa teniendo mayor sustrato para la especie, el inicio de la apertura de los mercados orientales Asiáticos de estos recursos generan una demanda altísima por el producto, al inicio de los 70 hasta el pico máximo que alcanzan los 80 de casi 25000 toneladas de este producto para esta época fue avaluado en 20 millones de dólares una característica de los invertebrados, los cuales tienen que ser estudiados, cultivados, regulados a mas no poder.

Luego viene un proceso de caída por la sobreexplotación, obviamente el acceso de esfuerzo dedicado, en Chile hay una regulación de tamaño que se respeta lo que ha permitido que se inicie una etapa de regulación hasta una etapa de cierre total de la pesquería, cierre total no por colapso si no por manejo. En Perú con una extensión de área menor y con mayor zonas de arena, este recurso requiere zonas rocosas expuestas entonces la disponibilidad del sustrato nos va a dar una diferente escala en captura, este año es la aparición de las compresoras y un inicio ligero del interés comercial pero en el Perú no había tanto esfuerzo dedicado a la pesca artesanal de buceo, el problema viene luego del fenómeno El Niño, reduce la población de larvas la afecta por calentamiento de la temperatura el cual requiere temperaturas más bajas, pero ocurre el incremento de otra especie Concha de Abanico justificado por el esfuerzo que incrementa sus colaciones de una forma como antes no se había visto de haber encontrado que por un metro cuadrado antes de El Niño 3 a 4 ejemplares a pasar 1830 ejemplares por metro cuadrado, lo que incita al esfuerzo por ser muy abundante y porque al mercado europeo lo atrajo (Francia España y otros países europeos) que tenía muy alto valor económico en esa zona y que para nosotros era algo nuevo porque sus pesquerías habían sido muy inconstantes. Al rededor de 3000 buzos sin conocimiento sin equipos adecuados, luego de agotar este recurso se dedicaron a buscar otros recursos que ya estaban en el agua, concholepas Concholepas fue una de las más afectadas por eso se nota incremento porque ahora si hay un esfuerzo dedicado.

Luego se presenta una etapa extraña, una etapa en la que tenemos un desembarque muchísimo más alto que luego del cierre de pesquerías en Chile en el Perú aumentan alrededor de 7000 toneladas, la demanda internacional del producto en frente a una DEA estricta en Chile se muda al Perú a comprar el producto lo que incrementa la búsqueda del recurso pero también existe una pesca ilegal en Chile lo que nos da a entender que ni los recursos ni los pescadores artesanales entienden de fronteras, entonces lo que se pescaba ilegalmente en Chile se traspasaba embarcaciones peruanas en la línea de frontera y luego ha sido llevado a un puerto como producto peruano, probablemente toda esta data esta corrupta y peor aun, suponemos que es el triple pues esta data es de animales procesados sin concha, sin valva, sin vísceras. Lo que nos demuestra que los recursos deben ser manejados en conjunto o sea cuando se ponen regulaciones en un lado de la frontera en el otro lado de la frontera debe existir por lo menos un diálogo o un entendimiento muchas veces por nacionalismo o por concepto de que no hay comunicaciones entre instituciones.

La Concha de Abanico

Se presentan los desembarques de las pesquerías Peruanas, lo que nos sorprendió que la capacidad de carga del sistema era mucho más alta que la que se estaba pensando, después del fenómeno el Niño las pesquerías pelágicas, marinas tuvo una disminución terrible hasta para el recurso de las Concholepas, pero sí se logra entender los principios con los que actúan sobre bahías o zonas muy protegidas las zonas costeras también vamos a entender los beneficios que

tiene que hasta cierto punto hay que saber aprovecharlas, como vemos el incremento no solo de las capturas sino del esfuerzo genera que luego tengamos niveles más altos, actualmente la pesca de la Concha de Abanico está subiendo de nuevo y la Concholepas, debido a un estricto control de tallas y de la misma captura.

En una pequeña población del Perú que antes no habían sido explotadas y se logro la captura de 10.000 toneladas, se observan los peladeros donde se procesa el producto para su exportación se produce el Cayo y la Gónada que es apreciada en Europa.

Bellet

Actualmente el invertebrado de pesquería de mayor escala en nuestra nación, debido a que no tiene nada que ver con la pesca artesanal, aunque hace muchos años se pescaba de manera artesanal por lo que era capturado de manera accidental durante los arrastres, con lo cual nosotros tuvimos convenios con una flora soviética la cual hizo arrastres y encontraba el recurso del calamar gigante.

Esta especie se extiende sobre la zona sur de Chile hasta el Golfo de California, se le considera altamente migratoria, también se considera ocasional que tiene pulsos de abundancia como la mayoría de Calamares, no da problemas en cuanto a su reproducción, no se ha podido determinar si tienen desoves parciales con crecimiento entredesove es importante pues así se puede regular el manejo reproductivo, el muestreo en este recurso es muy complicado pues tiene muchas partes en los aparatos reproductivos, por lo cual se toman diferentes relaciones, para lo cual se toma toda la información posible hasta 1991 que se inician las pesquerías hasta 1994 que se hizo el primer análisis de toda la data colectada solo para estudios reproductivos se tomaron casi 20.000 ejemplares y para estudios de crecimiento una muestra aproximada de unos 180.000, la data que se tiene sobre este recurso es más la que colectamos que la podemos procesar, será labor conjunta de todos los países que empiecen a explotar que empiecen a regular este recurso y empezar a entenderlo por completo, pues hay muchas teorías sobre que no hay grupos poblacionales, por ejemplo los que pertenecen al Golfo de California, los que pertenecen a Chile, los que están frente a Perú y los que se encuentran en Colombia no son el mismo grupo genéticamente y nos ha dado problema durante el año 92 al empezar a ver animales muy grandes pero que estaban inmaduros, eran juveniles pero de tamaños impresionantes, por lo que hay que afinar el proceso de selección de las muestras.

Actualmente La Niña nos ha producido un pequeño bache parece que empujando el recurso hacía el norte. Observamos las máquinas llamadas robots son programables en profundidad y velocidad de recogida del arte (anzuelos) lo bueno de esta pesquería es que es super específica, no va a capturar otra cosa que no sean Calamares, no tenemos problemas de tortugas, delfines por lo cual no requiere carnada el único atractor son las luces debido a que esta pesquería es en esencia nocturna se utilizan luces de mucha potencia (Cono de Penumbra), cuando la especie es muy grande la máquina no lo puede capturar, por lo cual se tuvo que modificar los jares se trajo unos pequeños pues no se imaginaba el tamaño del Calamar que iban a encontrar y por supuesto se doblaban las puas, y han creado el anzuelo Peruano de doble corona de espinas, de 2 cms más o menos.

Se observa cada lámpara cuya capacidad es de 1000 a 1200 Wats de potencia. El manejo de las capturas en el Perú, de arrastre estas embarcaciones están prohibidas por la ley para la pesca del Calamar porque ellos no tiene selectividad de tallas, tienen una muy alta captura incidental de otras especies.

La pesquería artesanal es libre de trabajar como pueda, usando pequeñas linternas, usando anzuelos de mano, tienen toda el área de pesca disponible, la zona principal es el Norte del Perú, para la flota calamarera se tienen varias regulaciones, cuotas que son calculadas por el IMARPE, esta cuota incluye también una prohibición de capturar cualquier otra especie, por lo cual se debe cancelar por anticipado, tienen que entrar a una licitación pública, tienen que pagar por tonelada que se vayan a llevar y se incluyen inspectores peruanos dentro de las embarcaciones, por lo cual se tiene el 100% de la flota muestreada, llegan a ser 70 barcos con 70 inspectores dentro, hay un sistema de computo que utiliza un satélite para transmitir la información diaria de cada barco, cuantos bloque produjo que temperatura superficial del agua automáticamente calcula la posición del barco y tiene otra limitación que es el área de protección del aledinajeo juveniles que sería una línea paralela a la costa de 30 millas a la cual no pueden acceder estas embarcaciones.

En el IMARPE se hacen los estudio de concentración y distribución, llevamos una cuenta de la captura por unidad de esfuerzo pero esta es complicadísima pues hasta ahora no se sabe cual de todas las unidades se van a usar. Se puede usar captura por anzuelos hora, la captura por máquina hora, captura por hombre hora, captura por barco día infinitas, optamos por tomar toda la data, por que la base de datos es lo más importante, los análisis son trabajos doctorales para cada investigador, el muestreo de alimentación, madurez sexual, crecimiento por edad por conteo de anillos diarios que pueden llegar a tener un máximo de 900 anillos por lo que hay equipos especializados que ayudaran a contar los anillos.

Las tareas del TCI (técnico científico del IMARPE) persona que es pagada por la misma empresa calamarera. Se tomo una muestra al azar de 10 machos y 10 hembras al día cada salida de pesca puede durar entre 15 a 70 días y 110 ejemplares para longitud al final de la travesía debe haber seleccionado un bloque de hielo de 10 machos 10 hembras para que se haga la verificación del laboratorio de lo que es muestreo abordó, en el muestreo biológico tenemos el muestreo de estómagos, gónadas , parásito, estatónito dentro del muestreo de gónadas tenemos glándulas mientales, tubos seminíferos, infinidad de pequeñas glándulas que son muy fácilmente aislables, que se están tomando todas. El resultado de recolectar toda esta información y para que servirá posteriormente, en un recurso como este que presenta tantas variables ambientales, es un recurso pelágico, oceánico que esta influenciado por muchas razones climáticas, por corrientes ya que se asume que fue El Niño de 1991 lo que lo acerco más a la costa y los hizo disponible tanto para Chile como para Perú muy cerca de la costa, pero no ha quedado clara la relación entre las temperaturas, puesto que ahora se esta pescando en aguas superficiales de temperaturas de 28° pero a profundidades de 150 metros donde pueden encontrar 17°, con este recurso se tiene 6 años de estudio que se esta observando y lo que se debe hacer ahora es compartir información y hacer estudios conjuntos para saber que esta pasando a nivel global, utilizamos modelos de producción tratando de ajustarlos un poco a saber si podemos definir si hemos tenido en algún momento una caída con respecto al incremento de esfuerzos pero no se encuentra ninguna relación de estos animales que tienen picos de abundancia, aparecen se juntan para reproducirse, se juntan para alimentarse o como en esta especie que son caníbales llegado aun tamaño determinado empiezan a encontrar el 90% de los estómagos llenos de Calamar , entonces se presenta problemas de saber cuando hay picos de abundancia y saber cuando hay efectos de esfuerzo, cuando es el efecto ambiental, cuando son efectos propios de la especie. hay espacios en blanco que son dedicados a preparar la cuota del año siguiente al inicio las cuotas se dieron en tiempos y capturas en este año se aprecio una cuota de 50.000 toneladas, para el año siguiente 100.000 toneladas y luego como la captura se realizó en muy poco tiempo porque la otra opción era dar una cuota de tiempo 6 meses de pesca, pero el costo de lo que se paga por este recurso ha presionado mucho al gobierno, puesto que se convirtió en uno de los ingresos económicos para el sector pesquero más importante, si bien en cierto la pesca de Ancholeta genera millones de dólares para los industriales esta generó para el sector pesquero, este dinero fue canalizado hacía la investigación. Encontramos el pico del 94 que se llevo a 40

toneldas bote día, en esta época llovía Calamar porque las máquinas lo tiraban con tanta fuerza dentro del barco que había que protegerse.

Actualmente la abundancia del Calamar se ha venido un poco abajo no por escasez del recurso sino porque estamos encontrando un poco alejados de la costa una gran cantidad de juveniles estamos encontrando reclutas lo que sucede es que se encuentra fuera de la costa.

Refiriéndonos a los invertebrados Bentónicos, que es lo que tenemos que hacer, cuales son los pasos a seguir para evitar la sobreexplotación.

1. Reconocer el área de estudio, cuales son las características del área, reconocer cual es la actividad antrópica la intervención del hombre en estos sistemas como contaminación, los usos recreacionales y la explotación de los recursos principalmente. El problema sigue siendo la pesquería artesanal por ser demasiado artesanal igual para infringir normas, para la utilización de métodos de pesca ilegales.

2. Reconocer perturbaciones ambientales en este caso el fenómeno El Niño o La Niña, terremotos y los ríos.

En estos momentos ya se tienen áreas reservadas a los que no se les permite la entrada a la pesca artesanal para observar el incremento de poblaciones en tamaño, el incremento en la producción de larvas, las Concholepas ponen cápsulas que fácilmente se puede saber cuantas cápsulas hay y cuantos huevos por cápsula y cuanto podría ser el aporte de una zona protegida de una zona desprotegida y como determinar el efecto dentro y fuera de estas áreas.

Un caso chileno interesante que es solo aplicado al Concholepas donde se hacen áreas de reservas, una estación marina en la costa central de Chile, una longitud de costa estudiada entre 500 y 350 metros para pruebas a través de censos, y se muestrea antes de que fuera una reserva, durante la reserva y luego un área explotada, el efecto de todo esto se puede observar en tamaños de recuperación de zonas, el manejo de estas áreas en Chile se lo han otorgado a las universidades, a los centros de investigaciones y ahora están pasando por una nueva ley a los pescadores artesanales ya que en el mar no es lotizable, pero se espera que cada área va a poder manejar sus recursos, prohibir la entrada de otras embarcaciones y manejar el recurso para ellos mismos.

ESTUDIOS SISMICOS DE LAS MARGENES CONTINENTALES

por

Jacques GAYET (1) y Georges VERNETTE (1)

(1) U.F.R. de Géologie et Océanographie, Université de Bordeaux 1, 33405 Talence, France

RESUMEN

Los métodos geofísicos que permiten un estudio de la cobertura sedimentaria y de las capas de sedimentos superficiales son numerosos. Entre ellos, los métodos sísmicos complementados por una batimetría precisa y un estudio de las principales formas y tamaños de las figuras sedimentarias permiten un conocimiento tanto teórico como práctico. Con base en unos ejemplos obtenidos en las plataformas continentales francesa del Atlántico y del Caribe colombiano se presentaran los principales métodos y equipos a utilizar y los temas de estudio que pueden ser abordados.

EQUIPOS Y METODOS SISMICOS DE ESTUDIOS DE LOS MARGENES

El Sonar Lateral (« Side Scan Sonar », « Sonar Latéral »)

El principio del Sonar Lateral corresponde a la emisión por dos transductores (conjunto emisor-receptor de cerámica piezo-eléctrica) de una señal de onda ultra-sonida (105 kHz) con tiempo de impulsión muy corta (0,1 ms). El cono de emisión es estrecho en el plan horizontal (1,2°) y ancho (20° o 50°) en el plan vertical (Berné *et al.*, 1986).

La señal, retrodifusada por el fondo del mar, con más o menos intensidad en función de la topografía del fondo y de la naturaleza del sustrato, está recepcionada por los mismos transductores y luego, dirigida hacia un amplificador y un registrador.

Los transductores son instalados dentro de un aparato alargado llamado "pez" jalado por el buque (Fig. 1). La emisión se hace con una cadencia rápida y sincronizada con la recepción. Se obtiene los registros sobre rollo de papel electroquímico (« sonogramas ») que se juntan como un montaje aerofotográfico.

Numerosas correcciones son necesarias para eliminar las deformaciones geométricas. Estas correcciones se realizan automáticamente en los equipos recientes. Los mejores registros sísmicos se obtienen con fondos comprendidos entre 10 y 150 metros y permiten obtener imágenes no deformadas del fondo.

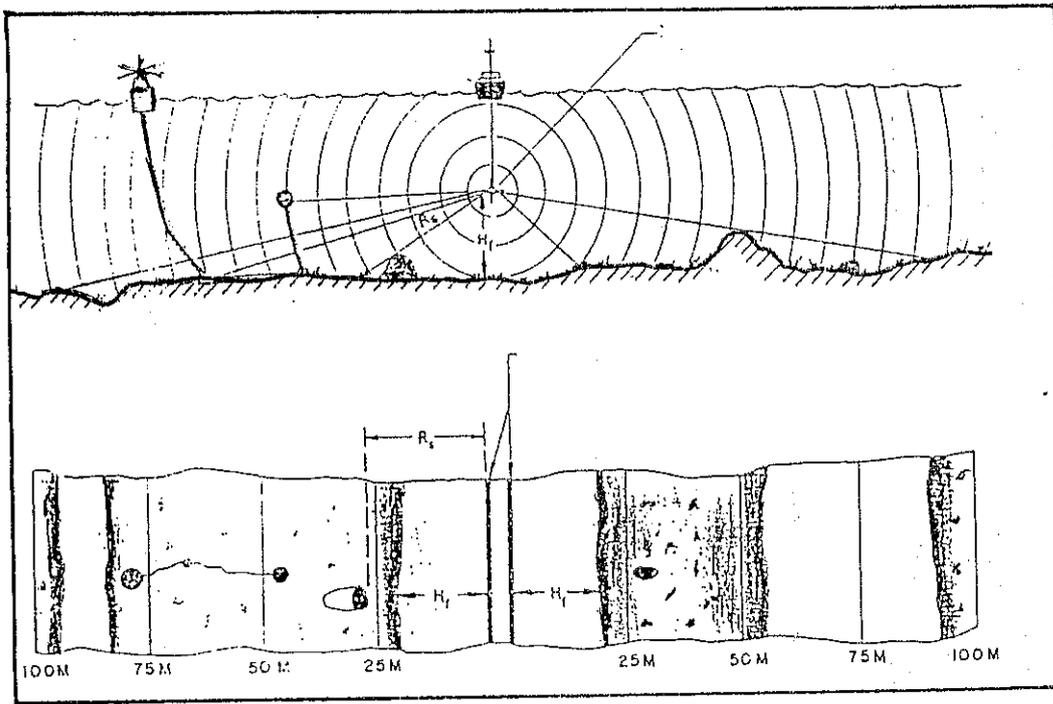


Fig. 1 : Principio del barido lateral.
 (según Berné *et al.*, 1986).

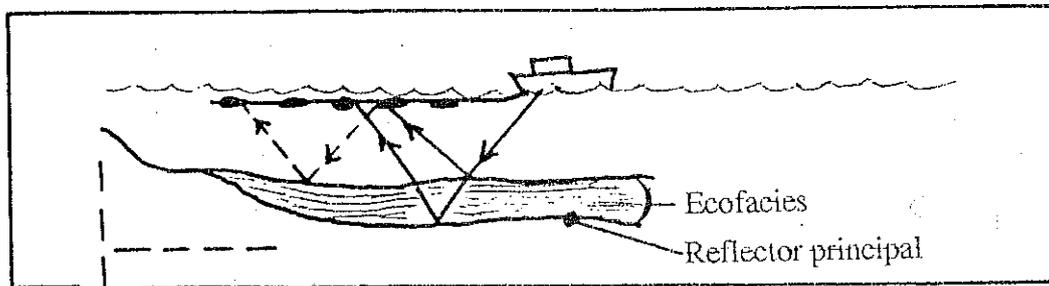


Fig. 2 : Principio de la sísmica alta resolución.

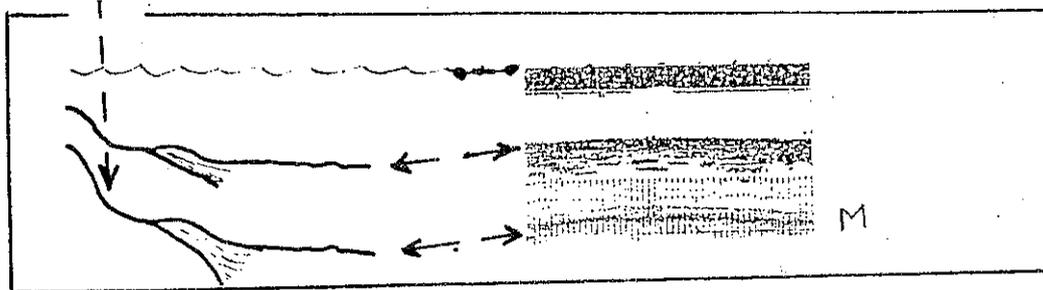


Fig. 3 : Sísmica alta resolución, eco múltiple M.

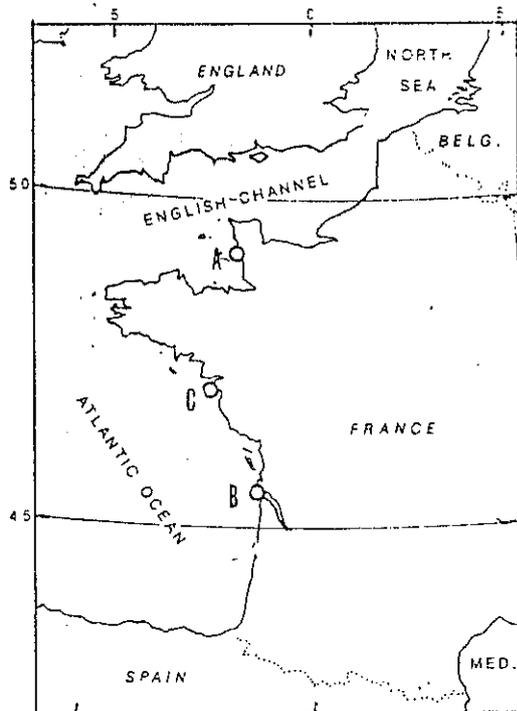


Fig. 4 : Mapa de localización de los estudios con el barido lateral y la sísmica alta resolución.

A - Fondos rocosos (Fig. 5).

B - Plataforma Atlántica del golfo de Biscaye (Fig. 6, 9, 11).

C- Plataforma Atlantica Bretagne (Fig. 7, 8, 10, 12).

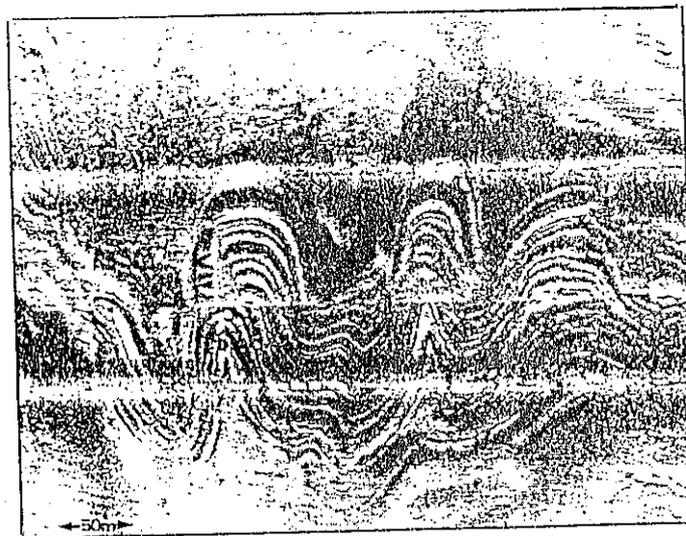


Fig. 5 : Ejemplo de fondos rocosos plegados (según Berné *et al.*, 1986).

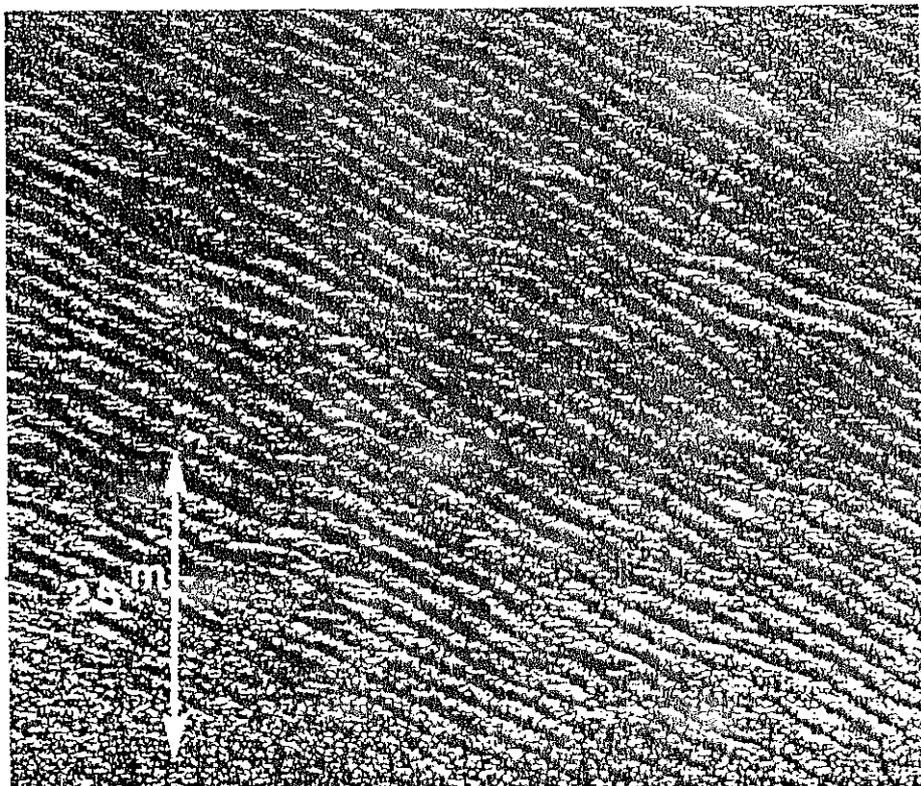


Fig. 6 : Dunas hidráulicas gigantes de olas
(según Turcq *et al.*, 1986).

Los principales resultados corresponden a la obtención de figuras sedimentarias de la superficie y de la litología del fondo en diferentes tonos de gris. Las grandes facies litológicas (lodos, arenas, gravas y guijarros) pueden ser reconocidas por sus respuestas acústicas. Por lo general, las zonas claras del registro corresponden a facies finas; pero, el límite de precisión se vuelve difícil de apreciar debido a la naturaleza monocromática de la señal. Un muestreo puntual del fondo, correspondiente a los diferentes tonos de gris obtenidos en los registros, es necesario al establecimiento preciso de los mapas litológicos. Por ejemplo, Berné *et al.*, (1986) pusieron en evidencia un tono de gris particular que atribuyeron a fenómenos de bioturbación. La geometría de los cuerpos sedimentarios en los registros permiten también la reconstitución de las condiciones hidrodinámicas de los depósitos. Así mismo, acciones antrópicas tales como huellas de arrastre por redes o por dragas pudieron ser identificadas por el sonar lateral.

Sísmica Reflexión

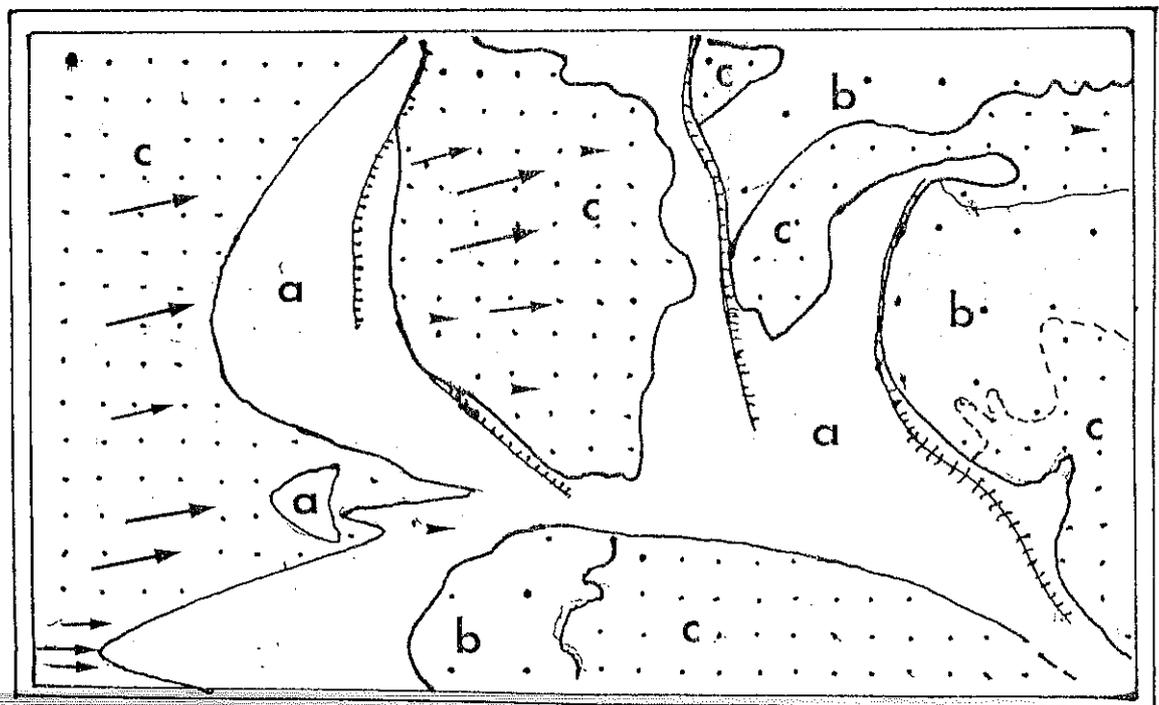
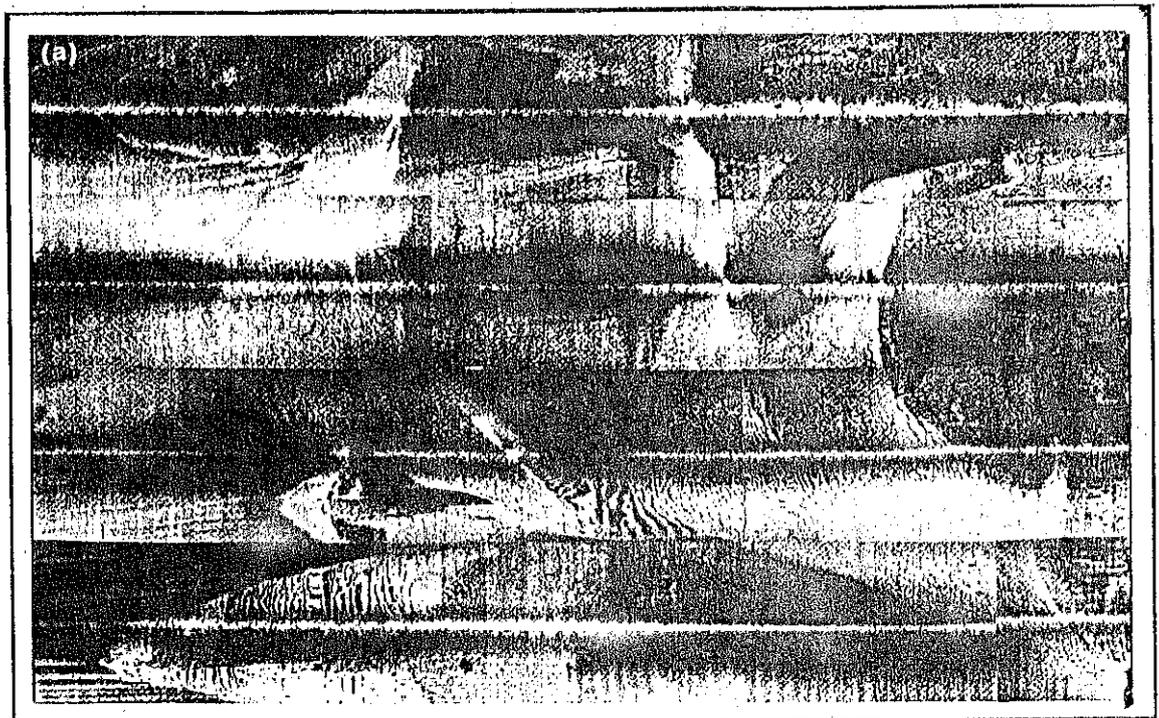
La sísmica reflexión se utiliza también mucho en oceanografía y en investigación petrolera. La técnica consiste en la propagación de ondas del sonido y su recepción después de su reflexión en el límite entre las capas geológicas (rocas o sedimentos). Estos límites, que corresponden a un cambio litológico de una capa a la otra, actúan como espejo-reflector de las ondas (fig. 2).

La penetración de las ondas en la materia depende de la intensidad así como de la frecuencia de la señal: para una misma energía, las bajas frecuencias penetran más que las altas pero, en cambio, no son tan directas (Leenhardt, 1972); de modo que, según la profundidad de penetración requerida y el objetivo del trabajo, se utilizarán equipos de frecuencias distintas:

- de 10 a 200 kHz para la sola topografía del fondo (batimetría),
- entre 1 y 5 kHz para poca penetración pero con detalle suficiente (Sísmica alta resolución),
- inferior a 1kHz para gran penetración (>1 km en sísmica multitraza).

Se presenta a continuación unos resultados obtenidos principalmente con los equipos de 2,5 y 3,5 kHz. Para tales equipos, los registros tienen escala directa de profundidad en metros y se supone que, en el registro obtenido, la distancia entre dos horizontes representa el espesor (en metros) de la capa correspondiente. La respuesta acústica del fondo y de las capas sedimentarias depende principalmente de la litología, pero también de la porosidad y la compacción; por lo tanto, se hace necesario una calibración y una correspondencia con muestras puntuales de sedimentos. Algunos problemas se presentan tanto en la emisión de la señal (presencia de burbujas que generan ruidos parásitos), como en la recepción (necesidad de diferenciar los horizontes sísmicos directos de los ecos múltiples (fig. 3). Las diferentes características de los aparatos mencionados en este trabajo se presentan a continuación.

	EMISION	FRECUENCIA (kHz)	PENETRACION (metros)	RECEPCION	REGISTRO
SONAR LATERAL	Transductor	105	0—	Transductor	Papel / Disk
ECO-SONDA	Transductor	12	0 - 20	Transductor	Papel / Digital
SIS.ALT.RESO	Transductor	3.5	0 - 50	Transductor	Papel
SIS.ALT.RESO	Transductor	2.5	0 - 100	Transductor	Papel
CAÑON DE AGUA	Cañon	80 - 200	hasta 2000	Hidrófono	Papel / Disk



a - Arenas medias
 b - Arenas bioturbadas (gusanos de tipo Lanicae)
 c - Arenas gruesas

→ "Sand ribbons"
 - - - "Comet marks"
 - - - Estructuras de flujo o reflujos
 - - - Estructuras simétricas

Fig.7 : Dunas hidráulicas de marea (según Berné *et al.*, 1989).

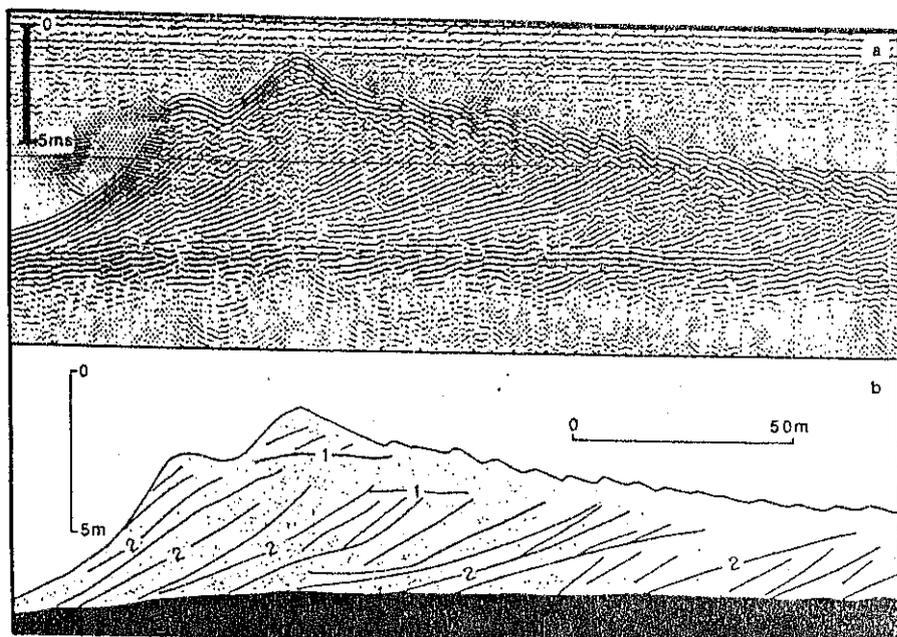


Fig. 8 : Estructura interna de una duna gigante de marea.

1 : Set boundary.

2 : Reactivation surface.

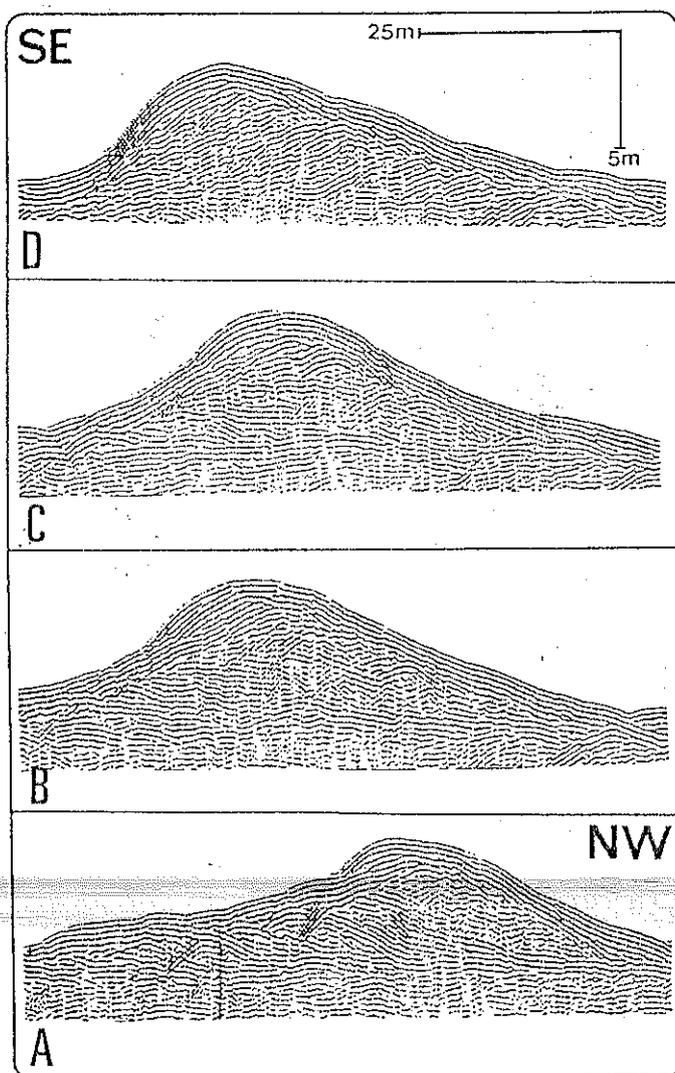


Fig. 9 : Evolución de la estructura interna de una duna gigante de marea. Pasaje de una parte con estructuras de reflujos (A) a una parte con estructuras de flujo (D). En B y C, estructuras simétricas, A y B muestran un "sombrero de flujo" ("flood cap").

(según Berné *et al.*, 1988).

EL SONAR LATERAL ASOCIADO CON LA SISMICA ALTA RESOLUCION

Los ejemplos presentados (fig. 4) corresponden a estudios realizados sobre la plataforma continental Francesa del Atlántico por investigadores, universitarios asociados a ingenieros petroleros o de Obras Publicas puesto que se tratan de objetivos tanto teóricos como prácticos.

Cartografía de los Fondos Rocosos

Este trabajo de cartografía solicitado por la sociedad "Electricité de France" tenía como objetivo la construcción de edificios pesados en una laguna de poca profundidad (Gresselin, 1984). En los registros del sonar lateral se pudo realizar una medición precisa de la pendiente, de la dirección de fracturación y de los pliegues en su superficie (fig. 5) o sea, permitió seguir en la plataforma las características estructurales de la zona costera.

Estudio de los Fondos no Consolidados

En fondos no consolidados, dos tipos de informaciones pueden obtenerse: el primero sobre la litología, el segundo sobre la geometría de las figuras sedimentarias. Además, el uso conjunto de la sísmica alta resolución, del sonar lateral y los datos de perforaciones permite reconocer el espesor y la geometría de las formaciones sedimentarias. Tres ejemplos relacionados con los procesos hidrosedimentarios serán presentados.

Dunas hidráulicas relacionadas con las olas

El registro del sonar lateral que muestra una serie de rayas alternativamente claras y oscuras (fig. 6) materializa un campo de dunas hidráulicas. Estas dunas o « megaridas » de longitud promedio de unos 3 m, están constituidas por arenas gruesas y gravas. Se encuentran a diferentes profundidades según el periodo de las olas. La realización de perfiles en la plataforma Nord Aquitaine (Francia) mostró que las dunas se encontraban a unos 20 m de profundidad en periodo calma en verano y, a unos 60 m de profundidad en periodo de tempesta en el invierno (Turcq, 1984; Turcq *et al.*, 1986).

Dunas hidráulicas relacionadas con la marea

Las grandes acumulaciones constituidas por arenas y/o gravas encontradas en la plataforma continental (fig. 7) fueron interpretadas como cuerpos sedimentarios de origen mareal. El estudio detallado permitió delimitar las facies sedimentarias: arenas medianas (a), gruesas (c) y bioturbadas (b). También se pudo ubicar las crestas de las dunas, así como la geometría y las estructuras de los cuerpos sedimentarias. La disimetría (o asimetría) de estas estructuras permite ciertas hipótesis sobre la dinámica del flujo y del refluo de la marea.

Estos tipos de sedimentación en plataforma continental habían sido inicialmente descritas en formaciones antiguas y sus estructuras internas establecidas a partir de modelos teóricos (Allen, 1980; Walker, 1984). La terminología correspondiente es compleja y varía según los autores. Dos grandes tipos de dunas fueron descritas (Berné *et al.*, 1988):

- « megaripples » entre 0,6 y 20 m de longitud y, entre 0,06 y 1,5 m de altura;
- « sand waves » con longitud superior a 20 m y, altura superior a 1,5m.

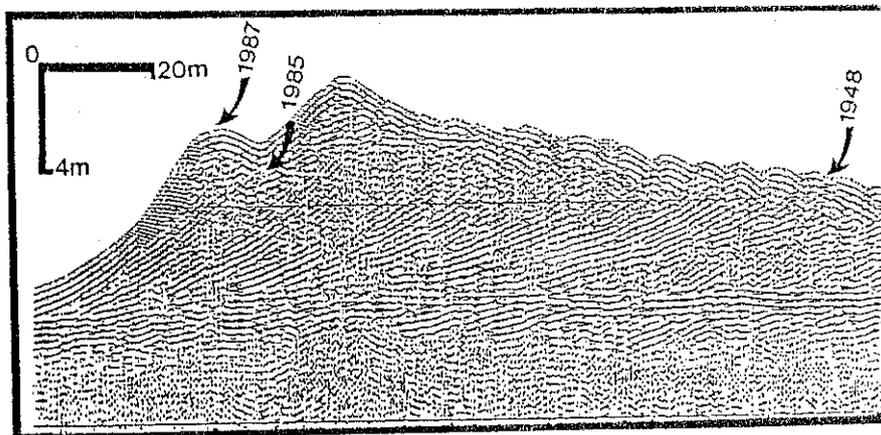


Fig. 10 : Evolución temporal de una duna de marea
(según Berné *et al.*, 1988).

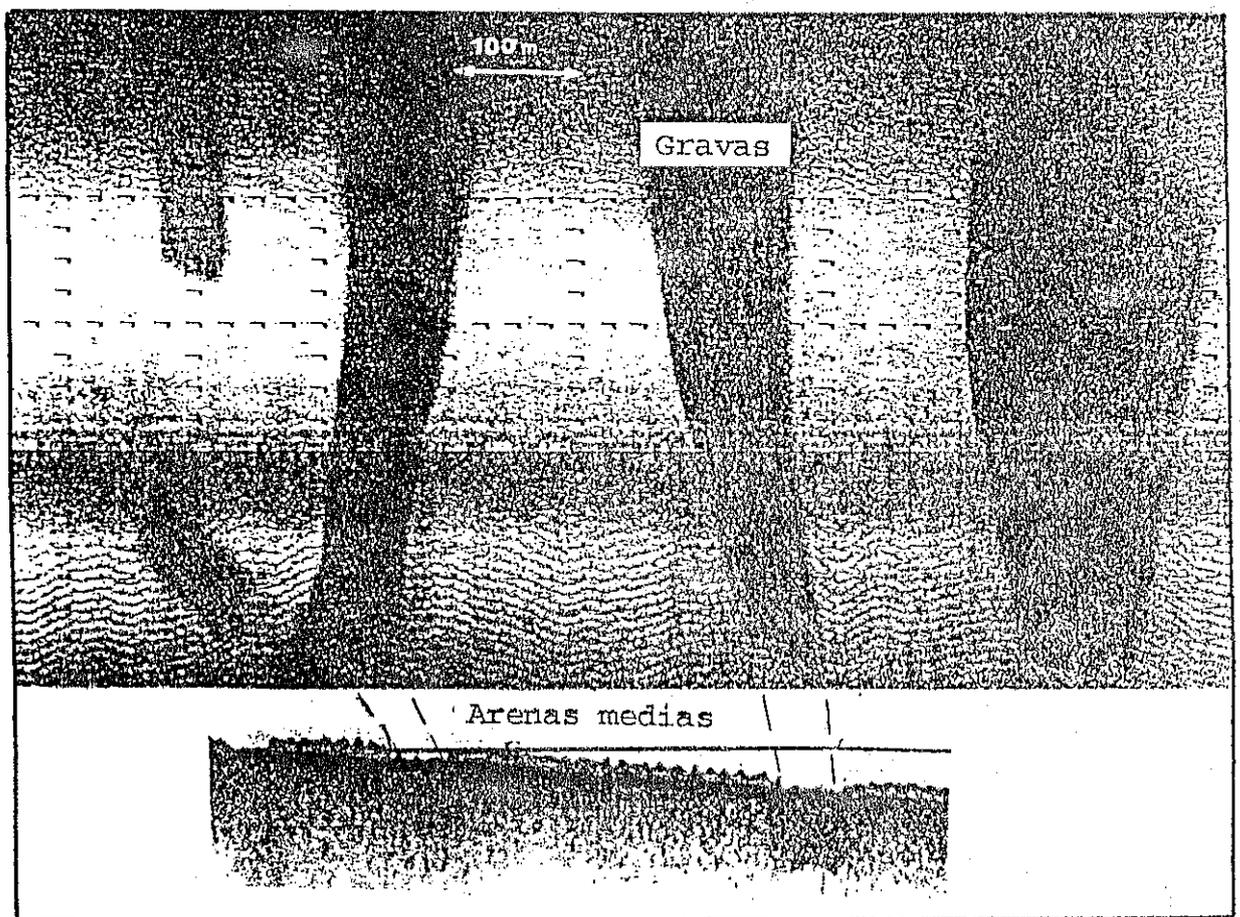
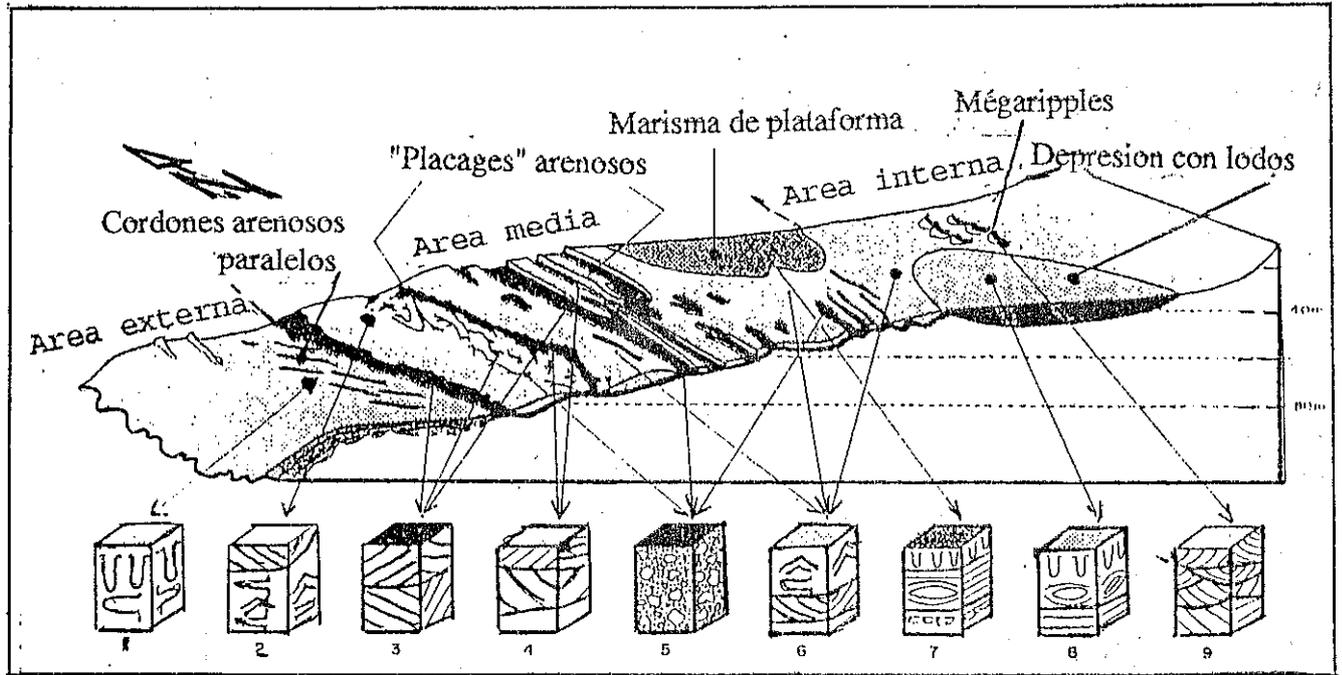


Fig. 11 : "Placages" arenosos ("sand patches") relacionados con las variaciones de las corrientes de marea (parte media de la Fig. 12).



1 - Arenas bioturbadas

2 - Arenas medias con ripples de olas

3 - Arenas gruesas con megaripples.

4 - Arenas medias con megaripples de marea.

5 - Gravas

6 - Arenas medias con ripples de olas

7 - Lodo

8 - Arenas finas con laminaciones horizontales.

9 - Arenas medias con ripples y megaripples de corriente de marea.

Fig. 12 : Bloque diagrama de la plataforma Norte del golfo de Biscaya con los datos de la batimetría, del barido lateral, de la sísmica alta resolución y de corazones

Según Turcq *et al.*, (1986).

Un perfil alta resolución 2,5 kHz (Lericolais *et al.*, 1988) de una duna gigante « megaripples » de marea (fig. 8) indica bien su forma general y su tamaño. La disimetría de la duna permite reconocer la dirección de la corriente: costado de pendiente suave bajo la corriente. Las rizaduras (« ripples », « rides ») que aparecen en este costado corresponden al desplazamiento progresivo de las arenas empujadas hacia arriba por la corriente. Los reflectores de diferentes pendientes permiten establecer la geometría interna de la duna y su construcción progresiva en diferentes etapas a partir de su base delimitada por los reflectores horizontales ("set boundary"); Las variaciones de intensidad de las corrientes se manifiestan por las variaciones de pendiente de los reflectores internos ("reactivation surface").

Los diferentes perfiles transversales (fig.9) realizados sobre una duna de más de 5 km de longitud en la parte norte de la desembocadura del estuario de la Gironde permitieron evidenciar la evolución de la estructura interna en una misma duna: la disimetría de A y D indica el pasaje de estructura construida durante el refluo (A) a una estructura construida durante el flujo (D). En cambio, la forma simétrica de (C) expresa la igualdad entre flujo y refluo. La presencia en la cima de los perfiles A y B de una pequeña duna de simetría y de reflectores inversos ("sombrero de flujo", "flood cap") resulta de corrientes episódicas opuestas a la corriente principal.

La realización de perfiles sísmicos durante varios años en la misma estructura (fig. 10) complementado con el registro batimétrico permite establecer la dirección y la velocidad de migración de la duna y de los cuerpos arenosos asociados.

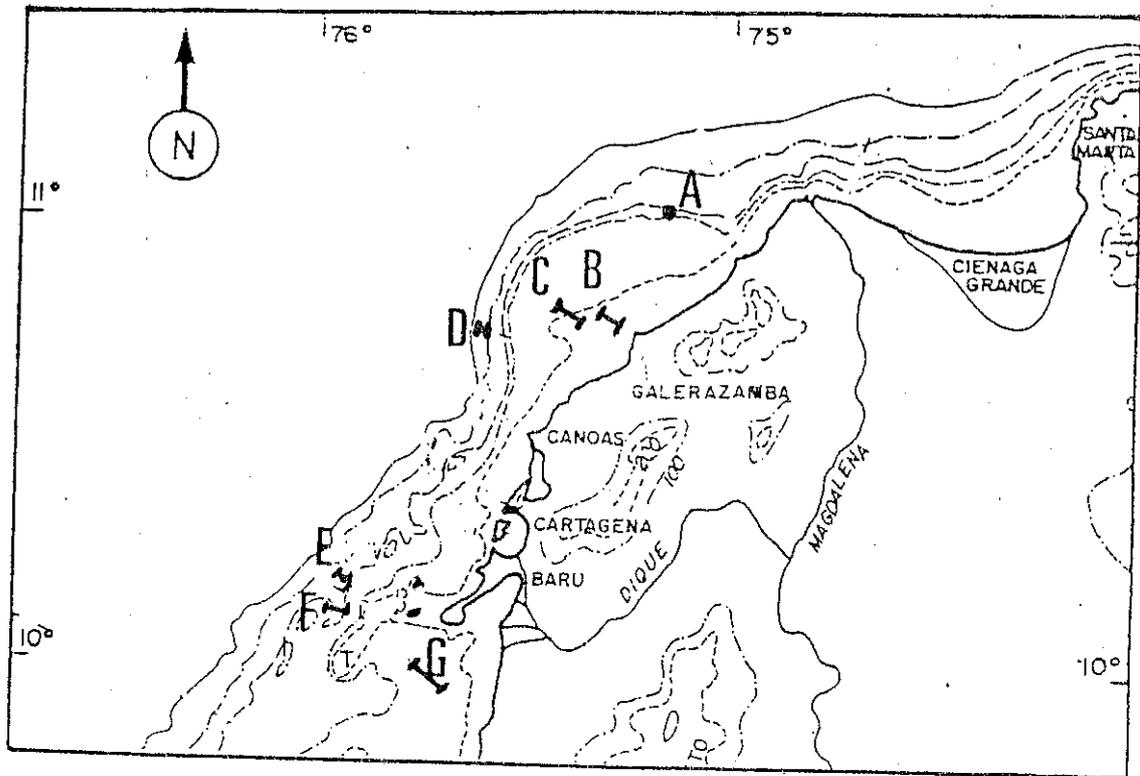
Ejemplos de parches arenosos.

Estas figuras son asociadas a la variación de la dirección de las corrientes de marea. La terminología agrupa los parches arenosos (« sand patches ») y las « cintas » arenosas (« sand ribbons »). Según Belderson *et al.* (1972), los primeros corresponden a manchas de arenas medianas y finas depositadas sobre arenas más gruesas; los segundos corresponden a depósitos alargados constituidos por arenas medianas y finas sobre arenas más gruesas.(fig. 11). Sobre la plataforma continental de Aquitaine, la repartición de estos parches coincide con la orientación del gran eje de la elipsoide de la marea (Turcq, 1984).

Estos documentos sísmicos complementados con un muestreo bien seleccionado de las principales facies permiten establecer los mapas sedimentológicos de las plataformas continentales (Braud y Weber, 1985; Braud, 1986) con sus diferentes marcos hidrodinámicos: arenas medias con ripples de olas y/o de mareas, arenas gruesas con megaripples, lodos, arenas finas con laminaciones horizontales, arenas bioturbadas gravas (fig. 12).

EJEMPLO DE UTILIZACION DE LA SISMICA ALTA RESOLUCION EN LA PLATAFORMA DEL CARIBE COLOMBIANO

Se presenta a continuación los principales resultados de los estudios de sismica obtenidos a raíz de cruceros oceanográficos realizados a bordo del buque francés « Le Noroit » en 1981 y 1987 entre la desembocadura del río Magdalena y el golfo de Morrosquillo (fig. 13). Durante



A = Fig. 17

B = Fig. 18

C = Fig. 15

D = Fig. 16

E = Fig. 20

F = Fig. 19

G = Fig. 14

Fig. 13 : Mapa de localización de los estudios sísmicos.

el crucero de 1987, se utilizó conjuntamente el equipo de 3.5 kHz (para obtener detalles de las primeras capas sedimentarias por debajo del fondo) y el cañón de agua, el cual con una frecuencia de emisión del orden de 200 Hz, permitía una penetración de hasta 2 segundos tiempo doble (aproximadamente 1500m) en las capas geológicas.

Eco-Facies con Base en el Equipo de 3.5 kHz

La tipología de los eco-facies con base en los registros del 3.5 kHz fue establecida en comparación con muestras puntuales de fondo y aplicada inicialmente para perfiles en aguas profundas (Damuth y Hayes 1977; Coumes y Caratini, 1979). Luego, se complementó con base en estudios realizados con equipos semejantes en plataformas continentales (Frappa *et al.* 1984; Vernet, 1985, Gayet *et al.* 1991). Esquemáticamente, se pudo establecer la relación directa entre un tipo de registro sísmico (« eco-facies ») y la facies sedimentaria correspondiente encontrada en el fondo. Por ejemplo, los diferentes depósitos de lodos resultando de la decantación de partículas finas que se manifiestan por múltiples reflectores delgados. En cambio, los fondos rocosos se manifiestan con un solo reflector espeso.

Eco-Facies Delgados y Continuos

El perfil G (fig. 13) realizado con el 3.5 kHz entre el bajo Tortuga y la desembocadura del canal del Dique permite diferenciar las principales unidades morfosedimentarias encontradas (fig. 14):

- (a) fondos cubiertos por lodos procedentes de los aportes sólidos de canal del Dique y materializados por reflectores delgados múltiples depositados sobre un sustrato consolidado expresado por un reflector espeso;
- (b) Domo de lodo constituyendo el bajo Tortuga cubierto por arrecifes de corales;
- (F) Falla interpretada como consecuencia de los fenómenos diapíricos afectando este sector.

Los muestreos puntuales efectuados en este sector permitieron comprobar la existencia de los lodos procedentes de los aportes del canal del Dique relleno la mayoría de la superficie de la plataforma. También se pudo precisar que los corales del bajo Tortuga están vivos; en cambio, los sedimentos gruesos y de tipo coralinos obtenidos en la parte superior de la falla hace suponer que esta última constituye un arrecife fósil (Vernet, 1985). La degradación del arrecife proviene muy probablemente del aumento demasiado fuerte de la turbidez y de la disminución de la salinidad de las aguas, resultado de la proximidad de las desembocaduras del canal del Dique construido hace unos 300 años por los españoles.

En el perfil C (fig. 13) realizado con 3.5 kHz frente a Galerazamba, los reflectores múltiples de espesor mediano (fig. 15) puede ser interpretados como depósitos arenosos recientes (R) de forma sigmoide, y con estructura en « onlap » (Vail *et al.*, 1977) hacia el sudeste y en « downlap » hacia el noroeste. Estos depósitos reposan sobre una terraza (S) de tipo erosivo probablemente elaborada durante el Pleistoceno (Gayet *et al.*, 1991).

Eco-Facies Hiperbólicos

Algunos depósitos se caracterizan por ecos de tipo hiperbólico (hipérbolas de 5 a 50 m de alturas, fig. 16) desarrollados en fondos de profundidades variables. Estos ecos fueron

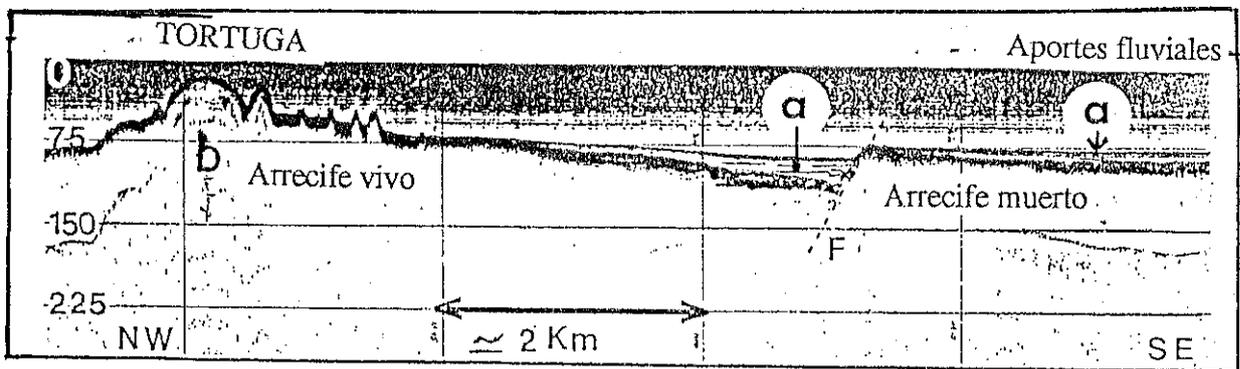


Fig.14 : Domo de lodo con el desarrollo de arrecifes y aportes fluviales relacionados con el Dique. (según Vernet, 1985).

a/ eco distinto continuo con reflectores subyacentes multiples.

b/ Domo de lodo con 1 reflector

F/ Falla

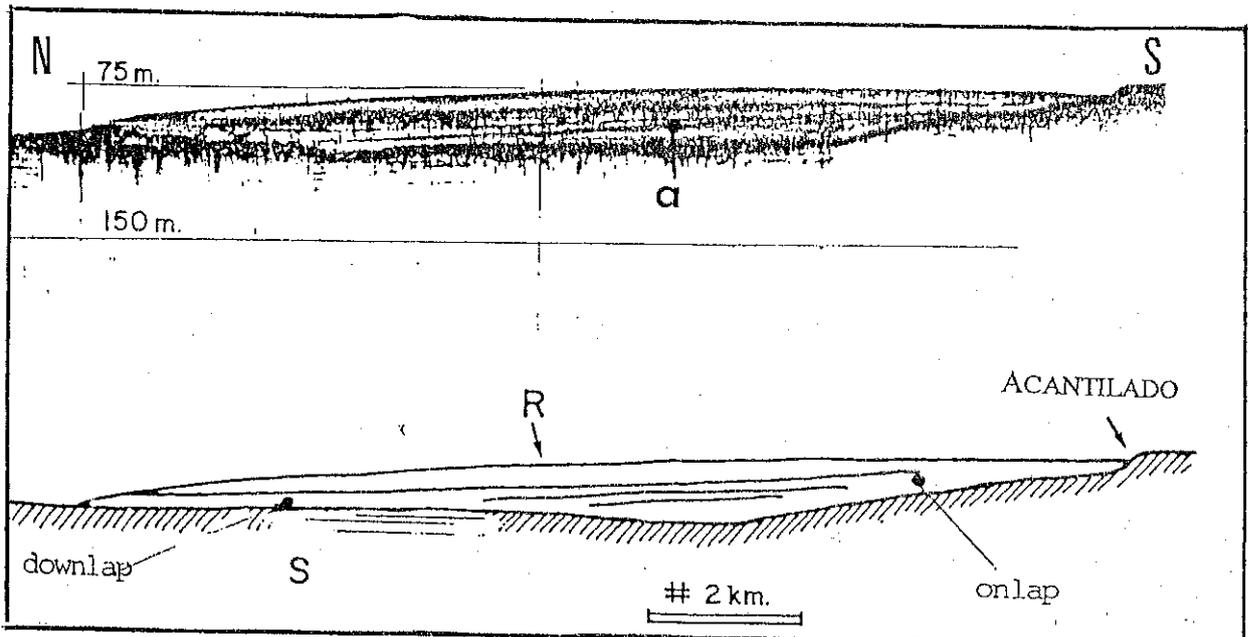


Fig. 15 : Terraza pleistocena (S) con depositos recientes (R) , dando una configuración de tipo sigmoide, y estructura en "onlap" al Sur y "downlap" al Norte. (según Gayet *et al.* 1991)

a/ eco distinto continuo con reflectores subyacentes multiples.

interpretados (Damuth y Hayes, 1977) como fondos sometidos a corrientes de tipo « contourites » encontrados en el talud continental especialmente en los sectores de fuertes pendientes.

Fenómenos Sinsedimentarios

Deslizamientos. Fenómenos de deslizamiento se encontraron en varios perfiles. Se manifiestan por el pliegamiento o hasta el quiebre completo de los eco-facies con reflectores múltiples (fig. 17) y, representan el desplazamiento brusco de un sector de capa sedimentaria con fuerte pendiente.

Escape de Gas. La plataforma continental frente a Galerazamba representa el principal delta fósil del río Magdalena elaborado durante el Plioceno (Bordine, 1974). Varios perfiles realizados en este sector mostraron eco-facies verticales atravesando la capa de agua (fig. 18); a raíz de buceo realizado en el sitio se pudo comprobar que provenían de burbujas escapándose del fondo. Los registros de sismica por cañon de agua utilizado conjuntamente con el 3.5 kHz permitieron identificar que estos escapes provienen de capas sedimentarias más profundas ubicadas a unos 500m de profundidad, y correspondiente a sedimentación deltaica probablemente muy rica en materia orgánica. Los escapes de gas atraviesan las capas sedimentarias suprayacentes, como lo harían el humo a través una chimenea (Verette, 1985). Figuras semejantes fueron encontradas en el delta del Ebro e interpretadas como escape de gas metano (Ballester *et al.*, 1981).

Fenómenos Tectónicos Recientes Relacionados con el Diapirismo Arcilloso.

Varios perfiles sísmicos mostraron fenómenos de diapirismo manifestándose con frecuencia bajo la forma de domos y volcanos. Estas formas muy espectaculares se encontraron tanto en la plataforma como en el talud continental. (Verette, 1985). El fenómeno diapírico había sido reconocido también en la zona costera por Ramirez (1970) quien describió en particular los volcanos de Totumo y Arbolete. Según Duque-Caro (1980) el diapirismo de este sector empezó durante el Mioceno y tiene su fuente en las capas arcillosas particularmente abundante durante este período. El fenómeno diapírico que continúa hasta hoy en día, genera localmente una tectónica activa que aparece claramente en algunos perfiles, en particular el plegamiento de las capas sedimentarias en la vecindad del diapiro, así como fallas resultante del desplazamiento del material (Fig. 19).

Instalación de Arrecifes sobre los Diapiros

Los dos perfiles (Fig. 20) obtenidos conjuntamente al Sur del archipiélago del Rosario muestran dos domos (perfil superior con el 3.5 kHz) con sus raíces diapíricas (perfil inferior con cañon de agua). El domo de mayor profundidad tiene una forma cónica y, está ubicado en el talud continental. El domo de forma aplastada está ubicado en la plataforma continental. El muestreo de cada domo permitió precisar que el más profundo tiene su cima constituida por arcilla; en cambio, la cima del más somero está compuesto por sedimentación carbonatada de tipo arrecifal. Esto fue interpretado (Verette, 1985) como la posibilidad de desarrollo de arrecife de corales en el tope de los diapiros cuando estos últimos se encuentran en la zona fólica en la plataforma continental. El uso conjunto del 3.5 kHz (detalle en la superficie) y del cañon de agua (información sobre las capas profundas) fue determinante para la comprensión del fenómeno: el desarrollo de los arrecifes de coral en los diapiros ubicados en la plataforma

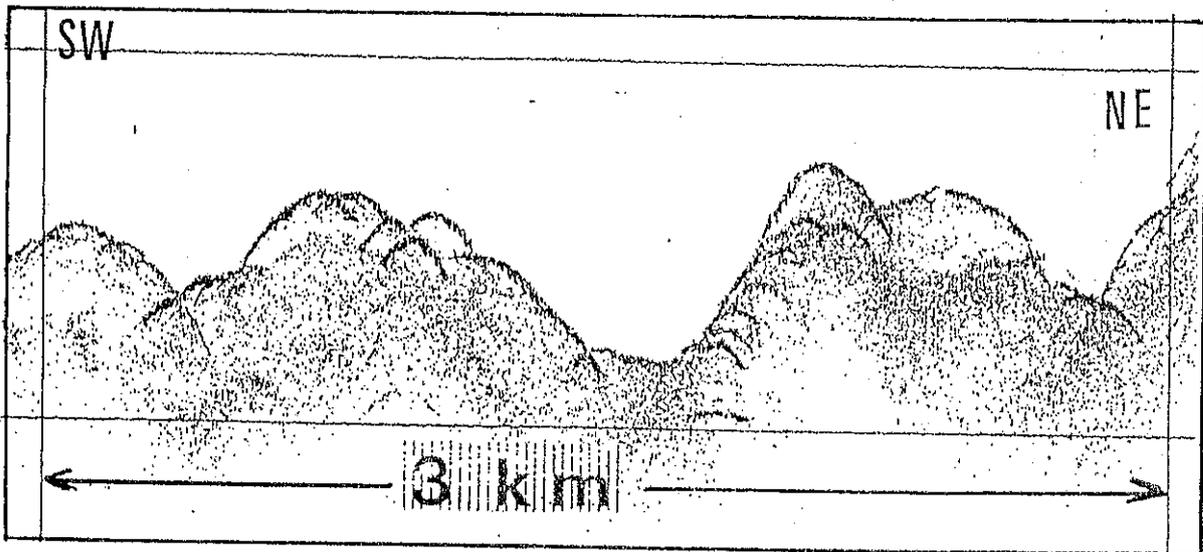


Fig. 16 : Eco de tipo hiperbólico (según Gayet *et al.*, 1991)

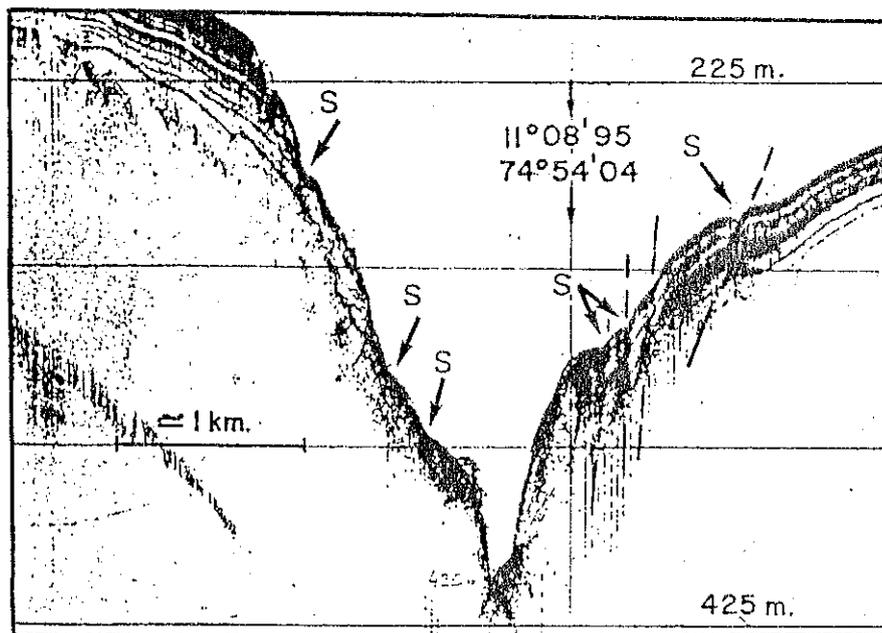


Fig. 17 : Detalle de un cañon del cono deltaico fosil del Magdalena con (S) numerosos fenómenos de "slumping" y lupa de deslizamiento. (según Gayet *et al.* , 1991)

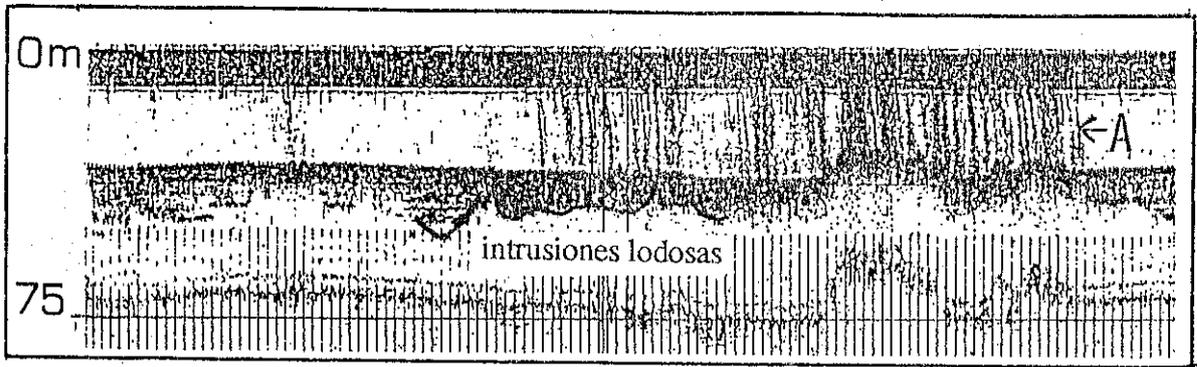


Fig 18 : Escape de gas (A). (según Gayet *et al.* ,1991)

representan una etapa en la construcción y la evolución del margen continental del Caribe colombiano; los domos ubicados en el talud corresponden a una fase más joven; en cambio, las formaciones carbonatadas pleistócenas encontradas en la zona costera (tope de la Popa, Albornoz) representan la fase más antigua (Vernette *et al.*, 1992).

CONCLUSIONES

El método de sísmica permite un conocimiento rápido de la geometría y de la sedimentación de los márgenes continentales. Tiene la gran ventaja de poder utilizar diferentes equipos según el objetivo de investigación. Por supuesto, el solo uso de la sísmica no es suficiente y, necesita obligatoriamente estudios complementarios, especialmente los resultantes de muestreo de sedimentos. Los estudios sísmicos permiten también ubicar con mayor eficiencia el sitio de muestreo.

Desde el punto de vista práctico, los datos sísmicos permiten:

- la elaboración de mapas litológicas y estratigráficas de los fondos marinos;
- evidenciar fenómenos hidrosedimentarios y tectónicos en los márgenes continentales.

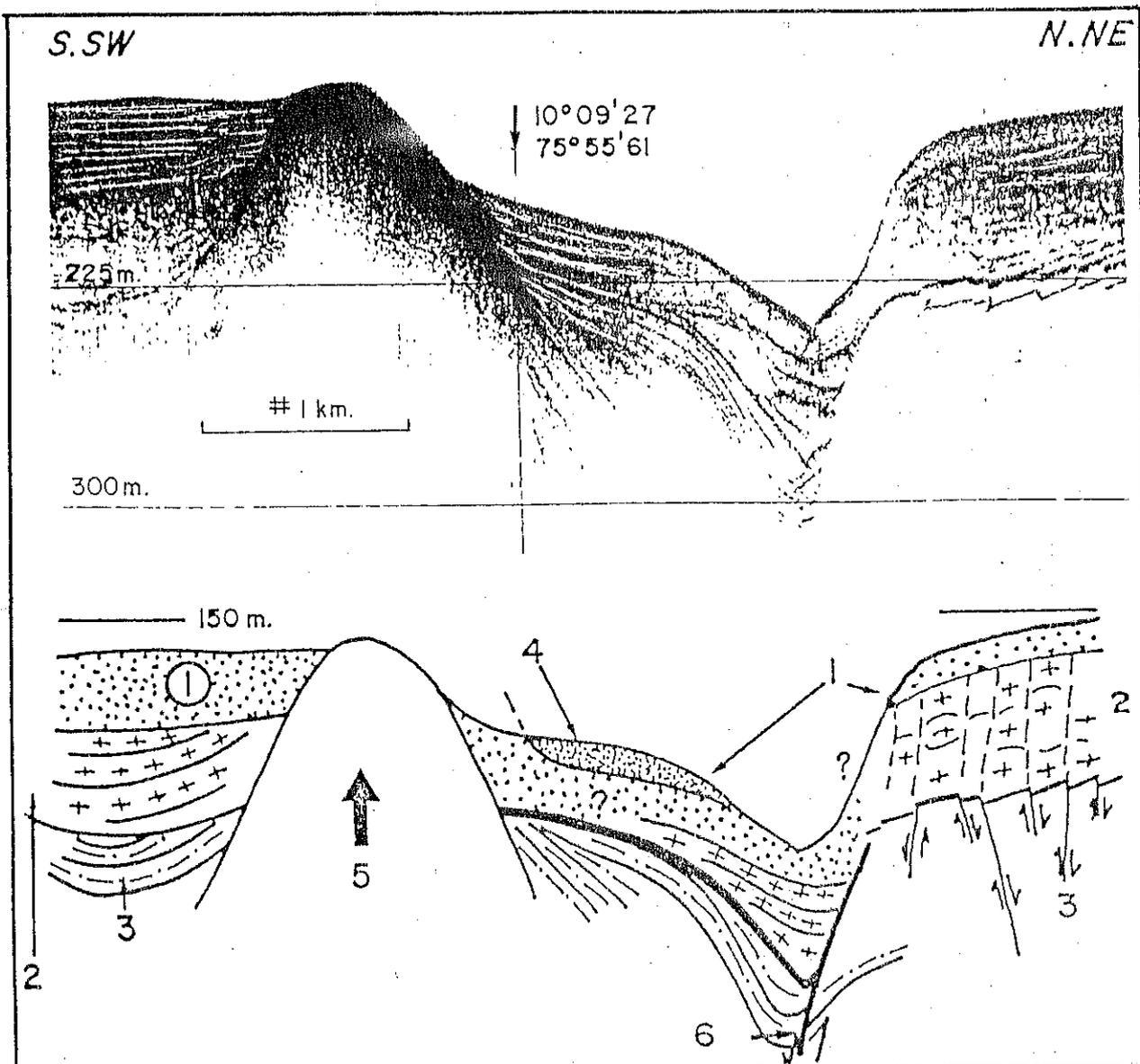
Desde el punto de vista teórico, los datos sísmicos permiten elaborar modelos facilitando la comparación y una mejor comprensión de los fenómenos geológicos actuales y antiguos.

La utilización conjunta de dos equipos sísmicos facilita además la obtención de informaciones complementarias, como es el caso del 3.5 kHz que permite detallar las primeras capas sedimentarias y el cañon de agua que dan informaciones sobre las capas más profundas.

Hay que subrayar también que la rapidez de obtención de los datos sísmicos constituye una economía sustancial respecto a un muestreo puntual sistemático.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN J. R. L.; 1980; Sand waves: a model of origin and internal structure. *Geol. Sedim.*, Amsterdam; 26; 281-328.
- BALLESTER A., CASTELVI J. & MALDONADO; 1981; Présence de gaz méthane dans les sédiments prodeltaïques récents de l'Ebre. *Congrès CIESM, Assemblée Plénière*, 27, 3p.
- BELDERSON R. H., KENYON N. H., STRIDE A. H. & STUBB A. R.; 1972; Sonographs of the sea floor. *Elsevier*, Amsterdam 185p.
- BERNE S., AUGUSTIN J-M., BRAUD F., CHENE G., & WALKER P.; 1986; Cartographie et interprétation de la dynamique sédimentaire des plate-formes continentales: amélioration de la technique d'observation par sonar latéral. *Bull. Soc. Géol. France*, t. 8, n°3, 437-446.



- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| 1 - Sedimentos actuales | 4 - Lupa de deslizamiento |
| 2 - Sedimentos cuaternarios plegados | 5 - Domo de lodo |
| 3 - Pleistógeno plegado y fallado. | 6 - Falla normal |

Fig. 19 : Cuenca relacionada con una falla y una cresta de origen diapírica.

(según Gayet *et al.* ,1991)

- BERNE S., AUFFRET J-P., & WALKER P.; 1988; Internal structure of subtidal sand waves revealed by high-resolution seismic reflection. *Sedimentology*, Oxford, 35, 5-20.
- BERNE S., ALLEN G., AUFFRET J-P., CHAMLEY H., DURAND J., & WEBER O.; 1989; Essai de synthèse sur les dunes hydrauliques géantes actuelles. *Bull. Soc. Géol. France*, V, (6), 1145-1160.
- BORDYNE B.; 1974; Neogene Biostratigraphy and Paleoenvironments Lower Magdalena Basin. *PhD Louisiana State University*, 265p.
- BRAUD F. & WEBER O.; 1985; Répartition des formes et des faciès sédimentaires du plateau interne vendéen (Sud de l'île d'Yeu). *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°38, 19-29.
- BRAUD F.; 1986; La dynamique sédimentaire à l'embouchure d'un estuaire. Intérêt du sonar latéral à l'étude de la passe sud gironde. *Thèse 3ème cycle Univ. Bordeaux I*, n° 2117, 278p.
- COUMES F. & CARATINI C.; 1979; Etude et interprétation des profils d'échogrammes relevés à l'échosondeur CFS (3,5 kHz). *Rev. Inst. française des Pétroles*, Paris, 883-892.
- DAMUTH J. E. & HAYES D.; 1977; Echo character of the Equatorial Atlantic floor and its relationship to sedimentary process. *Mar. Geol.*, 24, p. 73-95.
- DUQUE-CARO H.; 1980; Geotectonica y evolución de la región Noroccidental Colombiana. *Bol. Geol. Ingeominas*, V.3, (3), 4-37.
- FRAPPA M.; BRICEÑO L.; PUJOS M. & VERNETTE G.; 1984; Reconnaissance sismique du plateau continental colombien: sédiments récents (3,5 kHz) et structures. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°35, 103-123.
- GAYET J.; VERNETTE G.; BOBIER C. & PEREZ CERON R.; 1991; Morphologie de la marge caraïbe colombienne : relation avec la structure et la sédimentation. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°37, 23-37.
- GRESSELIN F.; 1984; Contribution du Sonar Latéral à l'étude de la partie submergée du synclinal de Siouville. *D.E.A. , Université de Caen*.
- LEBLANC F. ; 1985; Approche géomorphologique du delta du Dique, côte caraïbe de la Colombie.; Thèse 3ème cycle, *Univ. de Bordeaux I*, n° 2068, 244 p.
- LEENHARDT O. ; 1972; Le Sondage Sismique Continu, *Masson & Cie*, 164p.

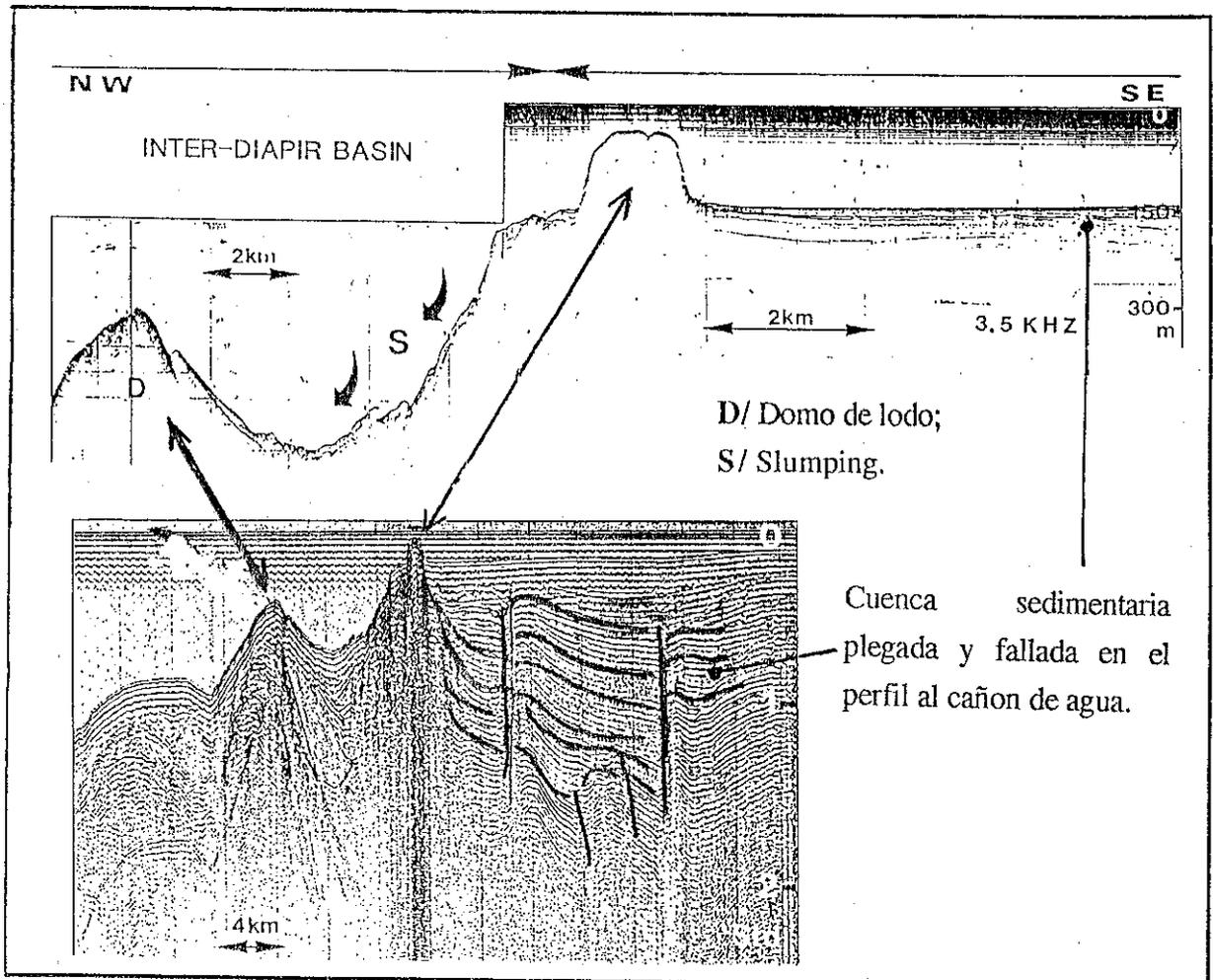


Fig. 20 : Datos de sísmica 3,5 kHz y del cañon de agua. (según Vernet, 1985)

- LERICOLAIS G., ALLENOU J.P., BERNE S. & HERVEOU J.; 1988; SINUP: a new equipment for acquisition and processing of very high-resolution seismic reflection. in : *20 th Ocean Technology*.
- RAMIREZ J. E.; 1970; Los diapiros del mar Caribe Colombiano. *Primer Congreso Colombiano de Geología*, Bogotá, 31-39.
- TURCQ B.; 1984; Les facies sédimentaires du plateau continental nord-aquitain: réponse aux processus hydrodynamiques actuels. *Thèse de 3^e cycle*, Université de Bordeaux I.
- TURCQ B., CIRAC P., BERNE S. & WEBER O.; 1986; Caractéristiques des environnements sédimentaires de la plate-forme continentale nord-aquitaine en relation avec les processus hydrodynamiques actuels. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°39, 149-164.
- VAIL P. R.; MITCHUM R. M. Jr.; TODD R. G.; WIDMERI J. W.; THOMPSON S.; SANGREE J. B.; BUBB J. N. & HATELID W.; 1977; Seismic stratigraphy and global change in sea level. *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Memoir 26, 49-212.
- VERNETTE G.; 1985; La plate-forme continentale Caraïbe de Colombie. Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sédimentation. *Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Bordeaux I*, n° 834, 387 p.
- VERNETTE G.; MAUFFRET A.; BOBIER C.; BRICENO L. Y GAYET J.; 1992; Mud diapirism, fan sedimentation and strike-slip faulting, Caribbean Colombian Margin. *Tectonophysics*, 202, 335-349; Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- WALKER R. G.; 1984; Facies models (second edition). *Geoscience Canada*, reprint series 1, Toronto, 317 p.

**MACROALGAS COMO ORGANISMOS BIOINDICADORES DE
CONTAMINACION EN AMBIENTES MARINOS COSTEROS**

Julio A. Vásquez
Departamento de Biología Marina
Facultad de Ciencias del Mar
Universidad Católica del Norte
Casilla 117 - Coquimbo (Chile)

Presentado en el X Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar
28 - 31 de Octubre 1996, Bogotá - Colombia.

RESUMEN

Chile es un país de un enorme potencial minero, con extraordinarios yacimientos ubicados principalmente entre los 24° y los 30° S. La extracción de estos recursos no-renovables produce severas modificaciones en los ecosistemas por: la remoción de materiales, el uso de aguas superficiales y subterráneas, la ocupación de terrenos y la descarga de residuos sólidos y líquidos directamente al mar.

La tendencia general en el análisis de los efectos de los desechos de la minería (principalmente de Cu y Fe) en el norte de Chile al igual que en otras partes del mundo, y que se vierten directamente al litoral, se refieren casi exclusivamente a la evaluación de metales pesados en organismos y sedimentos intermareales. Se desconoce el efecto que estas perturbaciones generan en comunidades submareales someras (0- 30 m de profundidad) y en un gradiente de distancia (latitudinal) desde la fuente que genera la perturbación.

Este revisión analiza los atributos de las algas marinas como organismos sensores de contaminación y los mecanismos de incorporación de metales. Además, mediante un caso de estudio en el norte de Chile, analiza el escenario en que ocurren este tipo de perturbaciones antrópicas. Algunos de los criterios que se consideran en la casuística son: (1) La caracterización química de los desechos de Cu y Fe en localidades del norte de Chile, (2) La concentración de metales pesados (Cu y Fe principalmente) en Lessonia trabeculata (en distintas estructuras morfológicas)) y en su entorno (agua), en áreas contaminadas y no-contaminadas, (3) El efecto de estas perturbaciones en la estructura

de comunidades submareales (0 - 30 m profundidad) y (4) La evaluación de cambios inducidos por contaminación de Cu y Fe, en plantas de Lessonia trabeculata, el organismo de mayor importancia en cobertura y biomasa en ambientes submareales, mediante el análisis de la fauna asociada a los discos de adhesión. Los efectos de las perturbaciones por contaminación minera se analizan en varios niveles de organización biológica.

FORMULACION GENERAL.

La contaminación de ambientes marinos se ha evaluado generalmente mediante el análisis de sedimentos y/o aguas circundantes. Ultimamente, y como una aproximación más biológica, se ha generalizado el uso de bioindicadores de contaminación como peces (Beder, 1989; Weis & Weis, 1989; Gray et al., 1992; Otway, 1992) e invertebrados filtradores (Zauke et.al, 1992; Gerhardt, 1993). Así, se determina el nivel de acumulación de metales pesados en distintas partes del cuerpo de los organismos sensores.

Las macroalgas marinas, a pesar de presentar ventajas comparativas como bioindicadores, han sido escasamente utilizadas como indicadores de contaminación. Se ha sugerido que estos organismos, principalmente el grupo de las algas pardas, no presentan mecanismos reguladores en la concentración de metales, lo cual las hace aptas para ser utilizadas como biosensores de metales pesados (Bryan, 1969; Fuge & Janes, 1974; Hagerhall, 1973; Haug et al., 1974; Morris & Bale, 1975). Además,

Estos organismos son sésiles por lo que pueden ser útiles en la caracterización de determinados ambientes. Generalmente son gran abundancia por lo que su colecta es fácil. Son organismos que presentan una amplia distribución batimétrica y latitudinal por lo que son extremadamente útiles para estudios climáticos. Las macroalgas son también organismos altamente sensibles y a veces también de amplia tolerancia, lo que les hace excelentes organismos sensores de perturbaciones como las analizadas en esta revisión. Finalmente, muchas de ellas especialmente algas pardas, constituyen hábitat, refugio, áreas de reclutamiento y alimento de muchas especies de macroinvertebrados y peces.

PRINCIPALES METALES PESADOS LIBERADOS AL AMBIENTE, PRODUCTO DE ACTIVIDAD MINERA.

Los metales son componentes naturales del agua de mar y muchos de ellos como Cu, Fe, Mn, Ni, Se, V y Zn participan en procesos esenciales de los organismos marinos. Los metales son requeridos como micronutrientes en muchas enzimas y en sistemas de transporte de electrones en muchos sistemas vivos (Coale, 1991). Por ejemplo proteínas cuyas matrices incorporan Cu se encuentran en bacterias, plantas y animales (Abdel-Mageed & Oehme, 1990). Los organismos han desarrollado mecanismos evolutivos para la captación, transporte, utilización y tolerancia de estos iones metálicos. Una vez que la capacidad de asimilación es excedida, ya sea por un exceso del ión o por presencia inusual de altos niveles de metales no esenciales como Ag, Cd, Hg y Pb, pueden ocurrir numerosos y deletéreos efectos en los organismos expuestos.

La mayoría de los metales anteriormente mencionados son componentes frecuentes de los desechos mineros en el norte de Chile. Sin embargo, en la literatura especializada no existen antecedentes que permitan caracterizar químicamente su composición. Recientemente, 17 elementos químicos derivados de los procesos de reducción de Cu y Fe han sido reportados en 14 especies de macroalgas en el norte de Chile (Vásquez et al 1995 a,b; Vásquez & Guerra, 1996). Sin embargo, la mayoría de estos metales son también resultante de procesos orogénéticos, de actividad volcánica y de eventos climáticos locales.

ORGANISMOS INDICADORES DE PERTURBACIONES QUIMICAS Y EFECTO SOBRE LOS INDIVIDUOS.

El análisis de sedimentos y/o aguas circundante ha sido comunmente usado en la detección y evaluación de procesos contaminantes. Durante los últimos años, se ha demostrado que organismos marinos como peces (Beder, 1989; Weis & Weis, 1989; Gray et al., 1992; Otway, 1992) e invertebrados filtradores (Zauke et.al, 1992; Gerhardt, 1993) son excelentes indicadores de los niveles de concentración de metales y han sido usados en la detección y evaluación de focos de contaminación en ambientes marinos. En general, estos trabajos evalúan el nivel de acumulación de metales pesados en distintas partes del cuerpo de los organismos indicadores.

Las algas, a pesar de presentar ventajas comparativas como indicadores naturales, han sido escasamente utilizadas como indicadores de contaminación. Estos organismos, tienen una gran

capacidad para acumular metales pesados del medio circundante (Munda & Hudnik, 1991; Güven et al., 1992; Prude de Lacerda et al., 1985; Foster, 1976). Así, Fucales como Fucus serratus, F. spiralis, F. vesiculosus y Ascophyllum nodosum y algunas especies de Laminariales, pueden ser considerados en general buenos bioindicadores de contaminación (Foster, 1976; Prude de Lacerda et al., 1985; Seeliger & Edwards, 1976; van Der Ben et al., 1990). Entre las Chlorophytas Enteromorpha spp y Ulva lactuca, presentan correlaciones positivas entre las concentraciones de metales en el agua y en el tejido algal (Seeliger & Edwards; Foster, 1967; Prude de Lacerda et al., 1985; Strórngrém, 1980; Ho, 1990).

La acumulación de metales pesados en las algas, afecta su composición química y la producción de ficocoloides. En Laminaria, los metales pesados remueven cantidades considerables de minerales disueltos desde sus células vegetativas. Sin embargo, no remueven los elementos traza insolubles, posiblemente ligados a coloides o combinados con polisacáridos como ácido algínico o fucoidanos (Black & Mitchell, 1952). Específicamente para Laminariales, se ha señalado que los alginatos tienen propiedades selectivas en el intercambio iónico, siendo los alginatos ricos en ácido gulurónico los de mayor afinidad por los iones metálicos divalentes.

Exposiciones a altas concentraciones de metales, afectan de diferente forma el desarrollo normal de las algas. La tolerancia y resistencia a altas concentraciones depende de las especies y de las condiciones ambientales locales (Takamura et al., 1989). Así la tasa de acumulación de Zn, Mn y Co en Sytosiphon lomentaria y Enteromorpha intestinalis aumentan significativamente con el aumento de la salinidad media (Munda, 1984). Forsberg et. al. (1988) han demostrado que los niveles de metales

pesados en Fucus vesiculosus varían: en una escala temporal de pocos días, con la edad de las plantas, en los distintos tejidos, con la presencia de epifitos, con la exposición al oleaje, con la profundidad, la salinidad y la temperatura del agua.

Algunos estudios señalan que el Cu, afecta el fotosistema II, inhibiendo la formación de pigmentos, la división celular y la respiración (Munda y Hudnik, 1986). El crecimiento es alterado diferencialmente, dependiendo del metal y de la concentración en que este se encuentre. El Cu, Cd y Ni en la mayoría de los casos, inhiben el crecimiento, sin embargo al combinarlos con Mn, Co y Zn su efecto se minimiza (Munda & Hudnik, 1986).

El efecto tóxico en macroalgas, producto de exposición a altas concentración de metales pesados es altamente variable. Lobban *et al.* (1985), señalan que bajas concentraciones de Zn, Mg, Fe y Cu limitan el crecimiento de macroalgas marinas. En particular, altas concentraciones de Hg, Pb y Cd disminuyen significativamente la tasa de crecimiento en Fucales (Stronngren, 1980).

En general metales pesados como Cu, Ag y Hg, son más tóxicos que los inhibidores del metabolismo intermedio (Munda & Hudnik, 1991) y el mercurio orgánico es más tóxico que el mercurio inorgánico. Los efectos subletales son los mejores indicadores de la contaminación crónica de aguas costeras y hay una necesidad urgente de estudiar estas perturbaciones crónica en organismos marinos. La utilización repetida de dosis con compuestos de Hg orgánico e inorgánico quizás no mate

a las plantas juveniles, pero si puede alterar el crecimiento, y la formación y maduración de estructuras reproductivas (Boney, 1971).

INCORPORACION DE LOS METALES A LOS TEJIDOS DE LAS MACROALGAS.

El mecanismo de incorporación de metales a los tejidos algales, está dividido en dos etapas, (Skipnes *et al.*, 1975; Eide *et al.*, 1980 y Manley, 1984). La primera, corresponde a la transferencia pasiva de metales pesados al espacio intercelular (AFS) y paredes celulares. Esta etapa depende de la concentración de los metales en el agua circundante, de la cantidad y forma de los polimeros en las paredes y en el espacio intercelular (AFS). Una segunda etapa, regulada metabólicamente, comprende la transferencia de metales pesados a través de la membrana.

Concentración en el medio y las condiciones ecológicas ambientales, determinan la capacidad y el comportamiento del alga en la acumulación metales pesados (Tusnik *et al.*, 1989). La temperatura, la salinidad y el movimiento de agua influyen significativamente en la dilución de metales pesados en ambientes marinos (Rise & Laponte, 1981; Levine, 1984; Phillips & Segar, 1986; Forsbeng *et al.*, 1988,, y Guven *et al.*, 1992). Además, afectan la tasa metabólica de las algas, induciendo una captación diferencial de los iones metálicos (Levine, 1984 y Seeliger & Edwards, 1976). El aumento de los niveles de luz, disminuye el contenido de Hierro y Mg en los tejidos de algas intermareales (Rice y Laponte, 1981). Se ha encontrado que los niveles de Zn, Mg y Fe aumentan con la disponibilidad de nitrogeno (Hunt y Kelly, 1988).

La acumulación de metales pesados varía en las diferentes partes de las plantas. Altas concentraciones de Zn han sido reportados por Cullinane *et al.* (1987) en estipes de Laminaria. Concentraciones comparativamente mayores de Cu, Fe y Zn en fronda y estipes han sido reportados por Young y Langille (1985) en plantas de Laminaria digitata y Laminaria longicruris. Resultados similares han sido reportados por Wort (1955) en frondas Macrocystis intergrifolia y Nereocystis leutkeana. La edad de las plantas parece ser otro factor determinante de la variabilidad en la captación de metales pesados (Bruan & Humerstone, 1973; Försberg *et al.*, 1988).

La estacionalidad es otro factor que incide en la captación de metales pesados por las macroalgas. Esta variación estacional, probablemente esté ligada a la variabilidad metabólica temporal del alga. La tendencia general parece ser que la concentración de metales pesados aumenta durante los meses de invierno, y se diluyen progresivamente durante los meses de verano (Fuge & Janes, 1973). Factores como baja circulación y movimiento de agua, mayor tiempo de residencia y altas concentraciones de áreas de relave o descarga maximizan los niveles de incorporación de metales pesados en macroalgas.

Como se ha mencionado anteriormente el Fe y el Cu son considerados micronutrientes esenciales para el metabolismo normal en algas marinas (Lobban *et al.*, 1985). El primero forma parte de los grupos activos en las moléculas de porfirinas y enzimas. El Cu participa principalmente en el

transporte de electrones durante el proceso de fotosíntesis. A pesar de sus funciones vitales en el metabolismo vegetal, aumentos en la concentración de metales pesados pueden tener efectos letales sobre dichos organismos. El cobre es considerado extremadamente tóxico, luego del Hg (Rice et al., 1973) y es de fácil incorporación para las algas (Wood, 1974). El efecto dañino depende de las concentraciones del ion Cu^{+2} y no de la concentración total de Cu (Sunda & Guillard, 1976). Su efecto se caracteriza por afectar inicialmente la permeabilidad de la membrana plasmática, luego de lo cual se ubica en los plastidios, inhibiendo la fotosíntesis. Posteriormente se une a proteínas plastidiales, causando degradación de la clorofila y daño irreversible a las lamelas. Eventualmente, este cuadro lleva a la muerte del organismo afectado.

Los cambios fisiológicos causados por Cu podrían, en sus etapas iniciales, favorecer el desarrollo de una variedad de enfermedades infecciosas secundarias, resultado de una disminución en la capacidad de respuesta del individuo afectado ante agentes infecciosos. Así, un determinado grado de infección podría ser indicativo del "estado de salud" del organismo en estudio y servir de aviso a situaciones de daño irreversible.

CHILE, UN CASO DE ESTUDIO.

La topografía de la costa del norte de Chile entre Arica (c.a. 18°) y Coquimbo (c.a. 30°) es entera con pocos accidentes geográficos, formando casi una línea recta a macroescala, expuesta a vientos predominantes del suroeste e intenso oleaje. Esta macroregión se caracteriza por poseer pocas playa de

arena, las que generalmente están expuestas a los vientos predominantes y escasas bahías protegidas (Guiler, 1959; Viviani, 1979; Santelices, 1980, 1989). En este sector del litoral, y especialmente en el comprendido entre Tocopilla (c.a. 22° S) y Coquimbo (c.a.30°S) se concentra la mayor actividad minera relacionada con la elaboración, tratamiento, transformación y embarque del producto de la actividad industrial minera (Gallardo, 1984).

Chile es un país de un enorme potencial minero, en la que el cobre constituye su principal rubro de exportación constituyendo mas del 60 % del PGB. Entre las I y la IV Región, existen extraordinarios yacimientos que concentran más del 25% de las reservas mundiales de Cobre, el 40% de las reservas mundiales de Molibdeno, y el 30 % de las reservas mundiales de Litio. Además en esta zona se encuentran importantes yacimientos de Au, Fe, Ag, Mn, Co, Hg, Tu, Pb y Zn (Corvalán, 1985).

La extracción de estos recursos no-renovables produce severas modificaciones en los ecosistemas por: la remoción de materiales, el uso de aguas superficiales y subterráneas, la ocupación de terrenos y la descarga de residuos sólidos y líquidos. Estos residuos, cuando no son depositados en tranques, son vertidos directamente a cursos de aguas o al mar, produciendo perturbaciones catastróficas en la biota marina (Boré, 1992). En un análisis sistematizado de los problemas ambientales en las diferentes Regiones de Chile, Hajek *et al.* (1990) sostienen que la contaminación costera producto de la actividad industrial minera y la reducción de la diversidad orgánica de comunidades marinas litorales (como

consecuencia de estas actividades productivas) son los problemas de mayor relevancia en la zona norte de Chile.

En el norte de Chile, y especialmente en el litoral comprendido entre Tocopilla (c.a. 22° S) y Coquimbo (c.a.30° S) se concentra la mayor actividad minera relacionada con la elaboración, tratamiento, transformación y embarque del producto de la actividad industrial minera (Gallardo, 1984).

La tendencia general en el análisis de los efectos de los relaves de la minería en las comunidades marinas litorales del norte de Chile, se refiere casi exclusivamente a la evaluación cuantitativa de metales pesados en distintos tipos de organismos y sedimentos marinos. Así existen algunos antecedentes de niveles de metales pesados en invertebrados (Boré et al, 1989; Vásquez, 1995a), vertebrados (Boré et al, 1989), algas (Vásquez, 1995) y sedimentos (Trucco et al, 1990; Salamanca & Caamaño, 1994; Vásquez, 1995 b). La mayoría de estos trabajos son difíciles de contrastar por las metodologías utilizadas, y por la falta de antecedentes en áreas no contaminadas. Esto es especialmente importante en Chile, donde procesos orogénicos, actividad volcánica y condiciones climáticas, naturalmente aumentan la concentración de metales pesados en organismos y sedimentos marinos (Sillitoe, 1976; Vila & Sillitoe, 1991).

La extracción de estos recursos no-renovables produce severas modificaciones en los ecosistemas (PERTURBACIONES) por: la remoción de materiales, el uso de aguas superficiales y

subterráneas, la ocupación de terrenos y la descarga de residuos sólidos y líquidos. Estos residuos, cuando no son depositados en tranques, son vertidos directamente a cursos de aguas o al mar, produciendo perturbaciones catastróficas en la biota marina (Boré, 1992). En un análisis sistematizado de los problemas ambientales en las diferentes Regiones de Chile, Hajek *et al.* (1990) sostienen que la contaminación costera producto de la actividad industrial minera y la reducción de la diversidad orgánica de comunidades marinas litorales, es uno de los problemas de mayor relevancia en el norte del país.

A pesar del evidente daño que estas actividades han generado en las comunidades costeras litorales del norte de Chile, existe escasa información relacionada con el efecto de estas perturbaciones sobre las comunidades intermareales y submareales someras aledañas. Sin embargo, algunas áreas del mundo como la costa del Pacífico Sur Oriental, presenta altos **niveles naturales** de metales pesados. Esta región, posee en su conformación geológica, ambientes altamente adecuados para la metalogénesis. Así, en el norte de Chile es común la presencia de cinturones metalogénicos de Fe en la costa, de Cu-Mo y Ag-Pb-Zn en la zona central y de cinturones de Sn-Sb-Bi-W en los Andes (Frutus, 1987). Si aceptamos que el proceso de metalogénesis no es un fenómeno reciente en la escala geológica, podemos inferir que los organismos debieran estar adaptados a este tipo de ambientes. Así, en la costa norte de Chile los valores de Cu y Ni en el agua de mar son inusualmente altos, en comparación con otros lugares del mundo y comparativamente mayores que en el resto del país (Edding & Miranda, datos no publicados).

La tendencia general en el análisis de los efectos de los relaves de la minería en las comunidades marinas litorales del norte de Chile, como en otras costas del mundo, se refiere casi exclusivamente a la evaluación cuantitativa de metales pesados en invertebrados (Boré et al, 1989; Vásquez, 1995a), vertebrados (Boré et al, 1989), algas (Vásquez, 1995) y sedimentos (Trucco et al, 1990; Salamanca & Caamaño, 1994; Vásquez, 1995b). En contraste, con la excepción de los pioneros trabajos de Castilla y Nealler (1978) y Castilla (1983), y de estudios recientes en la costa de Antofagasta (Carrasco, 1994; Castilla, 1994) Chañaral (Miethke et al, 1992), no existen antecedentes que documenten el efecto de contaminación por actividad minera sobre los patrones de diversidad y abundancia específica en los ecosistemas marinos litorales del norte de Chile. Más aun, la mayoría de estos estudios carece de líneas base comparativas o de áreas controles biológicamente válidas, que permitan evaluar la magnitud de las perturbaciones en las comunidades marinas costeras.

Los trabajos mencionados anteriormente se refieren exclusivamente a organismos y sedimentos intermareales. No existen antecedentes que documenten los niveles de contaminación en organismos marinos submareales ni el efecto sobre la estructura de comunidades submareales entre los 0 y los 30 m de profundidad. Así, se ha caracterizado para diferentes localidades los efectos biológicos que produce la contaminación por vertidos sólidos y líquidos de la minería, para los que se han considerado los siguientes objetivos:

- (1) Caracterizar químicamente los desechos de la minería del Cu y del Fe en las áreas de estudio.
- (2) Determinar la estructura de comunidades submareales de fondos duros y asociada a los discos de adhesión de Lessonia trabeculata. Esta macroalga es el organismo de mayor biomasa y cobertura en

fondos duros submareales (0 - 30 m de profundidad) entre los 18° y los 42° S. Esta macroalga, contiene numerosas especies de peces y macroinvertebrados en sus discos de adhesión, por lo que puede ser estudiada en función del efecto que la perturbación produce sobre la estructura y organización de esta comunidad asociada. Esta característica particular de las algas pardas, constituye uno de los pocos ejemplos en la naturaleza, donde la comunidad (sujeto de estudio) está biológicamente delimitada. Esto permite una fácil replicabilidad, obteniendo estimadores poblacionales y comunitarios representativos y estadísticamente confiables.

(3) Evaluar los metales pesados en las diferentes estructuras morfológicas de Lessonia (disco, estipe y fronda) y en agua de mar circundante (en lugares contaminados y no-contaminados o de Control)

UNIDADES DE ESTUDIO - UNIDADES DE MUESTREO

En comunidades de fondos duros (submareales), Lessonia trabeculata Villouta & Santelices es el organismo de mayor densidad y cobertura (Villouta & Santelices, 1984, 1986; Vásquez, 1989, 1991, 1992; Santelices, 1989; Vásquez & Santelices, 1990) entre Arica y Puerto Montt (Santelices, 1989).

Los discos de adhesión de esta Laminaria, constituyen áreas de asentamiento larval, refugio mecánico y a la depredación de organismos juveniles y adultos, muchos de los cuales son residentes permanente (Cancino & Santelices, 1984; Vásquez & Santelices, 1984; Villouta & Santelices, 1984). Los discos de adhesión de algas pardas, comunidades naturalmente delimitadas y replicables (Gelardi, 1970; Snider, 1985), han sido utilizados para modelar el funcionamiento comunitario (Vásquez &

Santelices, 1984; Cancino & Santelices, 1984; Snider, 1985; Vásquez, 1993), y como unidades de estudio para evaluar el impacto de perturbaciones antrópicas deletereas (Jones, 1972, 1973; Moore, 1972, 1973a, 1973b, 1978).

Dado los límites físicos que impone el disco de adhesión de Lessonia trabeculata estas comunidades están "naturalmente" delimitadas. Así, estas comunidades, o unidades de estudio o muestreo, pueden ser escogidas en tamaño, en distribución (latitudinal y batimétrica), son replicables, en consecuencia pueden ser utilizados en estudios comparativos.

PROYECCIONES

La presente revisión permite resaltar las siguientes proyecciones en el uso de sensores biológicos en la detección y evaluación de contaminación antrópica o natural en ambientes marinos costeros:

1. Utilización de organismos marinos como sensores biológicos de procesos de industriales derivados de la actividad industrial (e.g. actividad minera en el norte de Chile).
2. Generar un marco de referencia para futuros estudios de impacto ambiental producto de mineralización y contaminación minera industrial o de contaminación de cualquier origen. El uso de bioindicadores permite además valorar (económicamente) los deterioros ambientales productos de la contaminación.

3. Propone el uso de comunidades naturalmente delimitadas como unidades de estudio en la evaluación de impacto ambiental. Estas unidades son replicables, con un amplio rango de distribución y pueden ser analizadas en términos comparativos.
4. Genera bases biológicas que deberán ser consideradas en la PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, RECUPERACIÓN de áreas con altos niveles de perturbación (e.g. química, metales pesados).
5. Uso de una aproximación interdisciplinaria en uno de los problemas de mayor relevancia en las comunidades marinas litorales de las costas de todo el mundo.
6. Caracterización de los desechos sólidos y líquidos de mayor importancia y que se vierten directamente al mar sin un tratamiento previo.

PROYECTO FONDECYT 1960202

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la invitación y el financiamiento del Comité Organizador del X SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL MAR. Este trabajo es financiado a través del proyecto FONDECYT (Chile) 1960202.

LITERATURA CITADA

Abdel-Magee, A.B and F. W. Oehme. 1990. A review of the biochemical roles, Toxicity and interactions of Zinc, Copper and Iron: II. Copper. *Ver. Hum. Toxicol.* 32: 230-234.

Beder, S. 1989. *Toxic fish and sewer surfing*. Allen & Unwin, Sydney.

Black, A.P and R.L. Mitchell. 1952. Trace elements in the common Brown algae and in sea water. 575-584.

Boney, A.D. 1971. Sub-lethal effects of Mercury on marine algae. *Marine Pollution Bulletin* 2: 69-77.

Bore, D, H. Robothan, R. Trucco, J. Inda y M. L. Fernandez. 1989. Evaluacion Preliminar de la presencia de metales pesados en recursos pesqueros de importancia comercial de la III Región de Chile. *Rev. Pacífico Sur*.(numero especial).

Bryan, G. W. 1969. The absorption of Zinc and other metals by the brown seaweed Laminaria digitata. *Journal of the Marine Biological Association UK.* 49: 225-243.

Bryan, G.W and L.G. Hummerstone. 1973. Brown seaweed as an indicator of Heavy Metals in estuaries in Southwest England. *J. mar biol.Ass.UK.* 53: 705-720.

Cancino, J and B. Santelices. 1984. Inportancia ecológica de los discos adhesivos de Lessonia nigrescens Bory (Phaeophyta) en Chile central. *Rev. Chilena de Historia Natural.* 57: 23-33.

Carrasco, F.D. 1994. Compocisión y estructura del sublitoral frente a Punta Coloso, Antofagasta, Chile. Resumen de XIV Jornadas de Ciencias del Mar, Puerto Montt. Chile.

Castilla, J. C and E. Nealler. 1978. Marine environmental impact due to mining activities of El Salvador Copper Mine, Chile. *Marine Pollution Bulletin.* 9:67-70.

Castilla, J. C. 1983. Environmental Impact in Sandy Beaches of Copper Mine Tailings at Chañaral, Chile. *Marine Pollution Bulletin.* 14:459-464.

Castilla, J. C. 1994. Seguimiento de largo plazo (1989-1993) en comunidades intermariales de sustratos rocosos en Punta Coloso, Antofagasta, II Region: Programa ambiental de Minería Escondida. Resumen XIV Jornadas de Ciencias del Mar. Puerto Montt, Chile.

Coale, K. H. 1991. Effects of iron, manganese, copper and zinc enrichments on productivity and biomass in the subarctic Pacific. *Limnol. Oceanogr.* 36: 1851-1864.

Correa, J, E. Martinez and A. Müller. 1994. Especificidad de infeccion por Sporocladopsis sp.(Chlorophyta) en Lessonia spp. (Phaeophyta). Resumen XIV Jornadas de Ciencias del Mar, Puerto Montt. Chile.

- Corvalan, J. 1985. Recursos no renovables, En: Medio Ambiente en Chile. Soler, F. (Ed), Ediciones Universidad Catolica de Chile: 165-181.
- Cullinane, I.P, T.M. Doyle and P.M. Whelan. 1987. Uses of seaweeds as biomonitor of Zinc levels in Cork Harbow Ireland. *Hydrobiologia*. 151/152:285-290.
- Drude de Lacerda, L, V. L. Teixeira and R. Cuinaraes. 1985. Seasonal variation of Heavy Metals in Seaweeds from Conceicoa de Jacarei (R.J),Brazil. *Botanica Marina*. 28:339-343.
- Eide, L, S. Myklestad and S. Melsom. 1980. Long-term uptake and release of heavy metals by Ascophyllum nodosum (L) Le Jol. (Phaeophyceae) in situ. *Environ.Poll.Ser.A.Ecol.Biol.* 23: 205-208.
- Forsberg, A.S., Söderlund, A. Peterson and M. Pedersen. 1988. Studies on metal content in the brown seaweed, Fucus verlosus from the Archipelago of Stockholm. *Environ Pollut.* 49: 263pp.
- Foster, P. 1976. Concentrations and concentration Factors of Heavy Metals in Brown algae. *Environ.Pollut.* 10: 45-52.
- Frutos, J. 1987. Andean Metallogeny related to the tectonic and petrologic evolution of the Cordillera. Some remarkable Points. In: Amstof, G.C.et. al. (Eds) *Ore Genesis The State of the Art.* 493-507.
- Fuge, R and K. J. James. 1973. Trace Metal concentrations in brown seaweeds in Cardigal Bay, Wales. *Marine Chemistry*. 1: 281-293.
- Fuge, R and K.J.James. 1974. Trace metal concentrations in Fucus from the Bristol Channel. *Mar.Pollut.Bull.* 5:9-15.
- Gallardo, V. A. 1984. Revisión actualizada a 1993 de la contaminación marina proveniente de fuentes terrestres en la región del Pacífico Sud-Este (Colombia, Chile, Ecuador y Perú). *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur.* 14: 19-174.
- Gerhard, A. 1993. Review of Impact of Heavy Metals on Stream Invertebrates with special emphasis on acid conditions. *Water, Air and Soil Pollution.* 66: 289-314.
- Ghelardi, R. J. 1970. Species structure of the holdfast community. In W. J. North, (ed). *The biology of giant kelp beds (Macrosystis pyrifera) in California.* *Nova Hedwigia.* 32: 381-420.
- Gray, C. A, N.M. Otway, F.A. Laurenson, A.G. Miskiewicz and R.L. Pethebridge. 1992. Distribution and abundance of marine fish larvae in relation to effluent plumes from sewage outfalls and depth of water. *Marine Biology.* 113: 549-559.
- Güven, K, S. Topcuoglu, D. Kut, N. Esen, N. Erentürk, N. Saygi, E. Cevher, B. Güvener and B. Öztürk. 1992. Metal Uptake by Black Sea Algae. *Botanica Marina.* 35: 337-340.

- Haug, A, S. Melsom and S. Omang. 1974. Estimation of heavy metal pollution in two Norwegian fjord areas by analysis of the brown alga Ascophyllum nodosum. Environ. Poll. 7: 179-192.
- Hágerháll, B. 1973. Marine botanical-hydrographical trace element studies in the Öresund Area. Botanica Marina. 16: 53-64.
- Hajek, E.R, P. Gross and G.A. Espinosa. 1990. Problemas Ambientales de Chile. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile. 205pp.
- Herrera, C. & J.A. Vásquez. 1995. Análisis de metales pesados en Perumytilus purpuratus y Littorina peruviana en el norte de Chile. Libro de Resúmenes de las XV Jornadas de Ciencias del Mar, Coquimbo, Chile.
- Ho, Y. B. 1990. Ulva lactuca as bioindicator of metal contamination in intertidal waters in Hong Kong. Hydrobiologia. 203: 73-81.
- Hunt, C. D and J. R. Kelly. 1988. Manganese cycling in coastal regions. Response to eutrofication. Estuarine coastal and shelf science. 26: 527-559.
- Jones, D. J. 1971. Ecological studies on macroinvertebrate populations associated with polluted kelp forests in the North sea. Helgolander wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. 22:417-441.
- Jones, D. J. 1972. Changes in the ecological balance of invertebrate communities in kelp holdfast habitat of some polluted North sea Waters. Helgolander wissenschaftliche Meeresuntersuchungen 23: 248-260.
- Jones, D.J. 1973. Variation in the trophic structure and species composition of some invertebrate communities in polluted kelp forests in the North Sea. Marine Biology 20: 351-365.
- Levine, H. G. 1984. The use of seawater for monitoring contaminated waters. In: Algae as Ecological indicators L.E. Schubert (ed.): 182-210.
- Lobban, C, P. Harrinson and M. Duncan. 1985. The physiological ecology of seaweeds. Cambridge University Press. 242 pp.
- Manley, S. L. 1984. Micronutrient uptake and translocation by Macrocystis pyrifera (Phaeophyta). J. Phycol. 20: 192-201.
- Matsuhiro, B. and D.M. Zambrano. 1989. La relación ácido manurónico a ácido gulurónico en ácido alginico de Lessonia tarbeculata. Bol. Soc. Chil. Quím. 34: 21-25.
- Miethke, S, J. C. Castilla, C. Espoz and D. Oliva. 1992. Impacto ambiental por relaves de cobre en comunidades intermareales rocosas de la III region. En: Resúmenes de XII Jornadas de Ciencias del Mar.

Moore, P. G. 1972. Particulate matter in the sublittoral zone of an exposed coast and its ecological significance with special reference to the fauna inhabiting kelp holdfasts. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 10: 59-80.

Moore, P. G. 1973a. The Kelp fauna of North-East Britain I. Introduction and the physical environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 13: 97-125.

Moore, P. G. 1973b. The kelp fauna of North-East Britain.II. Multivariate classification; turbidity as an ecological factor. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.13: 127-163.

Moore, P. G. 1978. Turbidity and kelp holdfasts amphipoda. I. Wales and S.W. England. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 32: 53-96.

Morris, I and A.J. Bale. 1975. The accumulation of Cadmium, Copper, Manganese and Zinc by Fucus vesiculosus in the Bristol Channel. *Estuarine and Coastal Marine Science*. 3: 153-163.

Munda, I. M. 1984. Salinity dependent accumulation of Zn, Co and Mn in Scytosiphon lomentaria (Lyngb.) Link. and Enteromorpha intestinalis (L.) Link. from the Adriatic Sea. *Botanica Marina* 27: 371-376.

Munda, I. M and V. Hudnik. 1991. Growth Response of Fucus vesiculosus to Heavy Metals, single and in dual Combinations, as related to accumulation. *Botanica Marina* 29: 401-412.

Núñez, N. C. 1993. Efectos de los relaves de Hierro en la estructura de comunidades intermareales rocosas en Bahía Chapaco, Huasco (III Region) Chile. Tesis de Biólogo Marino. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte.
111 pp.

Otway, N.M. 1992. Bioaccumulation studies on fish: choice of species, sampling designs, problems and implications for environmental management. Water Board and Australian Marine Sciences Association Inc., Sydney. 103-113.

Phillips, J and A. Segar. 1986. Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants: programme design imperatives. *Mar.Pollut.Bull.* 17: 10-17.

Salamanca, M & A. Camaño. 1994. Historia de los procesos de contaminación en dos áreas costeras en el Norte y Centro-Sur de Chile. Resumen XIV Jornadas de Ciencias del Mar.

Seeliger, U and P. Edwards. 1976. Correlation coefficients and concentration factors of Copper and Lead in Seawater and Benthic Algae. *Mar. Pollut. Bull* :16-19.

Snider, L.J. 1985. Demersal zooplankton of the giant kelp Macrocystis pyrifera: patterns of emergence and the population structure of three gammarid amphipod species. Ph.D. Diss., University of California, San Diego, Scripps Institution of Oceanography.

- Rice, D. L and B. E. Lapointe. 1981. Experimental and outdoor studies with Ulva fasciata Delile. II. Trace metal chemistry. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 54: 1-11.
- Santelices, B. 1989. Algas Marinas de Chile. Distribución, Ecología, Utilización, Diversidad Ediciones Universidad Católica de Chile. 399pp.
- Skipnes, D, T. Roland and A. Haug. 1975. Uptake of Zinc and Strontion by brown algae. Physiol. Plant. 34: 314-320.
- Stromgren, T. 1980. The effect of dissolved Copper and the increase in length of four species of intertidal Fucoid algae. Marine Environmental Research 3: 5-13.
- Sunda, W. G and R. R. Guillard. 1976. The relationship between copper ion activity and the toxicity of copper to phytoplankton. J. Mar. Res. 34: 511-529.
- Takamura, N, F. Kasai and M. M. Watanabe. 1989. Effects of Cu, Cd and Zn on photosynthesis of freshwater bentic algae. Journal of Applied Phycology 1: 39-52.
- Trucco, R. G, J. Inda and M.I. Fernandez. 1990. Heavy metal concentration in sediments from Tongoy and Herradura Bays, Coquimbo, Chile. Mar. Pollut. Bull. 21: 229-232.
- Tusnik, P, V. Turk and R. Planinc. 1989. Assessment of the level of pollution of the coastal sea in the eastern part of the Gulf of Trieste. Biol. Vestnik. 37: 47-64.
- Van Der Ber, M. Cogneau, V. Robbrecht, G. Muyts, A. Bossus, C. Hurtgen and S. Bonotto. 1990. Factors influencing the uptake of technetium by the brown alga Fucus serratus. Mar. Pollut. Bull. 21: 84-86.
- Vásquez, J A and B. Santelices. 1984. Comunidades de macroinvertebrados en discos adhesivos de Lessonia nigrescens Bory (Phaeophyta) en Chile central. Rev. Chile. Historia. Natural 57: 131-154.
- Vásquez, J.A. 1989. Evaluación biológica de comunidades intermariales y submariales someras del litoral del Huasco. En: J.C. Valle informe solicitado por Compañía Minera del Pacifico.
- Vásquez, J.A and B. Santelices. 1990. Ecological effects of harvesting Lessonia (Laminariales, Phaeophyta) in central Chile. Hydrobiologia. 204-205: 41-47.
- Vásquez, J.A. 1991. Variables morfométricas y relaciones morfológicas de Lessonia trabeculata Villouta & Santelices, 1986, en una población submareal del norte de Chile. Rev. Chilena Historia Natural. 64: 271-279.
- Vásquez, J.A. 1992. Lessonia trabeculata a subtidal bottom kelp in northern Chile: a case study for a structural and geographical comparison. In Coastal Plant Communities of Latin America U. Seeliger (ed). Academic Press, San Diego: 77-89.

Vásquez, J.A. 1993. Effects on the animal community of dislodgment of holdfasts of Macrocystis pyrifera. Pacific Science. 47: 180-184.

Vásquez, J.A. & N. Guerra. 1996. The use of seaweeds as bioindicators of natural and anthropogenic contaminants in northern Chile. Hydrobiologia (**in press**).

Vásquez, J.A. & C. Herrera. 1995. Análisis de metales pesados en macroalgas: Punta Michilla a Bahía Mejillones del Sur (Antofagasta, II Región). Libro de Resúmenes XV Jornadas de Ciencias del Mar, Coquimbo. Chile.

Vásquez, J.A. & C. Herrera. 1995. Análisis de metales pesados en sedimentos: Punta Michilla a Bahía Mejillones del Sur (Antofagasta, II Región). Libro de Resúmenes XV Jornadas de Ciencias del Mar, Coquimbo. Chile.

Villouta, E and B. Santelices. 1984. Estructura de la comunidad submareal de Lessonia (Phaeophyta, Laminariales) en Chile norte y central. Rev. Chilena Historia Natural 57: 111-122.

Villouta, E and B. Santelices. 1986. Lessonia trabeculata sp. nov. (Laminariales, Phaeophyta), a new kelp from Chile. Phycologia 25: 81-86.

Weis, J. S and P. Weis. 1989. Effects of environmental pollutants on early fish development. Rev. Aquat. Sc. 1: 45-73.

Wood, J. M. 1974. Biological cycles for toxic elements in the environment. Science 183: 1049-1052.

Wort, D. J. 1955. The seasonal variation in chemical composition of Macrocystis integrifolia and Nereocystis luetkana in British Columbia coastal waters. Can. J. Botany. 33: 323-340.

Young, E. G and W. M. Langille. 1958. The occurrence of inorganic elements in marine algae of the atlantic provinces of Canada. Nova Scotia Agricultural College. Truro Nova Scotia: 301-310.

Zauke, G. P and J. Harms. 1992. Cadmium, lead, copper and zinc in Elminius modestus Darwin (Crustacea, Cirripedia) from Waitemata and Manukau Harbours, Auckland, New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 26: 405-415.

**CONTABILIDAD DE LA DEPRECIACIÓN
DE LOS ACTIVOS MARINO-COSTEROS**

Un país podría estar consumiendo y degradando sus recursos marino - costeros más allá de su capacidad máxima sostenible, sin embargo, la medición del ingreso nacional no se ve afectado con la desaparición de activos, ecosistemas y servicios del medio natural. Este empobrecimiento se considera progreso

Preparado por:

Sandra León
Laboratorio de Química Marina
Instituto Internacional del Océano (IOI)
Universidad Nacional
Apartado Postal 86-3000
Heredia, Costa Rica
sleon@irazu.una.ac.cr

Edmundo Castro
Centro Internacional en Política Económica
para el Desarrollo Sostenible (CINTERPEDS)
Universidad Nacional
Apartado Postal 555-3000
Heredia, Costa Rica
ecastro@irazu.una.ac.cr

X SEMINARIO NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR

Colombia, Octubre 1996

Un país podría estar consumiendo y degradando sus recursos marino - costeros más allá de su capacidad máxima sostenible, sin embargo, la medición del ingreso nacional no se ve afectado con la desaparición de activos, ecosistemas y servicios del medio natural. Este empobrecimiento se considera progreso

Resumen

Los efectos de depreciación del capital natural en la zona económica exclusiva de los países son el resultado de una actividad humana que refleja un modelo de crecimiento económico sin consideración alguna de los impactos adversos sobre el medio marino costero. Desde la perspectiva de contabilidad de la depreciación de los activos de un estuario, con especial énfasis en la calidad de agua, se propone desarrollar una estrategia para valorar y contabilizar la depreciación del agua y de los activos de uso económico y no económico para la toma de decisiones de uso sostenible de los recursos marino-costeros.

Abstract

Depreciation of the natural capital in the exclusive economic zone of the countries is the result of a human activity that highlights an economic model without any consideration of the negative impacts in the coastal marine ecosystem. Since an accounting perspective for the depreciation of the estuary with special emphasis in water degradation, it is proposed to develop a strategy to value and account the depreciation of ocean water and its economic and non economic assets in order to favour decisionmaking for sustainable use of coastal marine resources.

Introducción

El Capítulo 17 de la Agenda 21 (Río de Janeiro, 1992), en el programa "Ordenación integrada y desarrollo sostenible de las zonas costeras y las zonas marinas, entre ellas las zonas económicas exclusivas" plantea entre sus objetivos:

"Promover el desarrollo y la aplicación de métodos, tales como la contabilidad del ambiente y de los recursos naturales en el plano nacional, de tal forma que se reflejen los cambios de valor resultantes de los distintos usos de las zonas costeras y las zonas marinas, teniendo en cuenta la contaminación, la erosión marina, la pérdida de recursos y la destrucción de hábitats".

Sobrada razón tiene la definición de este objetivo puesto que el capital natural de los países ha sido consumido y destruido debido fundamentalmente a la carencia de información contable, confiable que sirva como base para la toma de decisiones de política económica y para dirigir el uso de los recursos naturales.

El sistema de cuentas nacionales utilizado por los países miembros de las Naciones Unidas, obedece a la estructura contable desarrollada en 1968. Esta estructura se caracteriza por no tener ninguna consideración de tipo ambiental. El descuido de no contabilizar la depreciación del capital natural, demuestra el grado de ignorancia de los tomadores de decisión al no considerar en sus políticas el rol crucial que tienen los recursos naturales en el proceso económico (Naciones Unidas, 1994).

Los modelos de crecimiento económico actuales son insostenibles en la forma en que se realiza la contabilidad. El sistema actual de contabilidad de los países es el reflejo de un modelo de crecimiento económico a corto plazo con fines de maximización económica. Los recursos naturales participan en la mayoría de los casos como insumos de la producción y simplemente se consideran sin valor en los sistemas contables actuales.

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) se encuentra en revisión por las Naciones Unidas y otros organismos. Existe amplio consenso de impulsar la integración de la contabilidad del capital natural al Sistema de Cuentas Nacionales en forma satélite (*Naciones Unidas, 1994*). De esta manera, la información económica se obtiene a través del SCN, y la información sobre la situación del capital natural aparece en la cuenta satélite. Este sistema integrado es capaz de ofrecer información más realista sobre la situación del país, al sustraer el consumo del capital natural y la degradación ambiental del producto interno bruto (PIB).

Cada vez más personas se asientan en las costas del mundo, en 1980 más de 600 millones de habitantes vivían en aglomeraciones urbanas costeras. Se pronostica que esta cifra aumentará a cerca de 1 mil millones de habitantes para el fin de siglo, con lo que se multiplicarán los efectos adversos sobre los ecosistemas costeros productivos y no conocemos el costo de esa degradación.

Por supuesto que las interacciones humanas con el medio ambiente son muy complejas. La capacidad de la zona marino-costera para soportar seres humanos, la determina no sólo las necesidades básicas de alimentos, sino también los niveles de consumo de toda gama de otros recursos, la cantidad de residuos que se generan y las tecnologías que se eligen.

La actividad económica terrestre termina por depositar los productos contaminantes en las zonas marinas mediante el arrastre de los ríos y la atmósfera y por actividades económicas y no económicas desarrolladas en la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Ningún tipo de consideración contable hacia la valorización de estos efectos se reporta hasta el momento. Los tomadores de decisión de los países se ven alarmados por los aumentos en la contaminación y la degradación costera, pero al no conocer en forma cuantitativa los efectos directos e indirectos productos de la contaminación, ignoran la magnitud del problema y las decisiones que toman carecen de criterios de sostenibilidad.

En este documento se plantea el desarrollo de una estrategia para contabilizar el costo de la depreciación de los activos marino costeros ubicados en un estuario con énfasis en degradación de agua y que puede ajustarse para aproximar costos de depreciación de la ZEE, a fin de dotar a los tomadores de decisión de información que les permita generar política económica para la sostenibilidad de la zona marino-costera.

I. La Capacidad de Carga y las Fuerzas Impulsoras de la Degradación

La capacidad de carga puede definirse como el mayor número de seres vivos de toda especie que un hábitat puede soportar de manera indefinida. Después de mediados de siglo se considera que tres tendencias han contribuido directamente a la presión degradante de los ecosistemas naturales de la Tierra: la población mundial se ha doblado, la producción económica global se ha quintuplicado y se ha incrementado la desigualdad de la distribución de riqueza (*Postel, 1994*).

De las tres principales fuerzas impulsoras de la degradación, la que va cobrando mayor relieve es la creciente desigualdad en la distribución del ingreso. En 1989 los habitantes de mayor ingreso absorbían el 83% de la renta global, y el 20% de los menos favorecidos por el ingreso, vieron menguar su participación a un 1.4%. Este abismo de inequidad es una de las principales causas de deterioro ambiental: los grupos de elevado ingreso, debido a su elevado consumo de energía, materias primas y productos manufacturados; los pobres porque con frecuencia se ven obligados a cortar zonas de manglar, sobreexplotar los recursos vivos, explotar los recursos minerales por necesidad de sobrevivir al corto plazo.

La supervivencia humana depende de una multitud de servicios ecológicos suministrados por sistemas naturales que incluyen desde la regulación del ciclo hidrológico por los bosques, hasta

el filtrado de sustancias contaminantes por los humedales. Estas funciones y servicios ambientales se ven cada vez más amenazados por la actividad humana desarrollado sobre ellos.

La destrucción de los hábitats costero se han incrementado en las últimas décadas, al desarrollar los países sus litorales para usos urbanos, comerciales, turísticos e industriales. Por ejemplo, las cifras disponibles señalan que la mayoría de los países tropicales han perdido más de la mitad de sus manglares. La contaminación y destrucción de los fondos costeros de reproducción y cría, junto con la pesca excesiva, han reducido la captura de muchas especies de peces comercialmente importantes. (*Instituto de Recursos Mundiales, 1992-1994*).

El estilo de desarrollo, los hábitos de consumo han determinado el tipo de tecnología que usamos orientada a garantizar altos rendimientos e intensiva en el consumo de recursos naturales. Ahora se requiere la sustitución o adaptación que haga posible un mejor aprovechamiento de los recursos de que disponemos. A condición de que las ganancias que se logren se encaucen hacia la mejora del medio ambiente y de la calidad de vida de los más desfavorecidos.

II. Contaminación y Efectos a Largo Plazo

Durante la segunda mitad de este siglo las empresas químicas han desarrollado sustancias de gran importancia para el hombre: antibióticos, fibras sintéticas, productos para limpieza, alimentos de larga duración, plaguicidas, anticonceptivos, lentes de contacto, etc. Pero junto con todos sus beneficios, estas nuevas creaciones han generado una larga lista de problemas, incluidas graves consecuencias para la salud. Nuestro entusiasmo por estas nuevas sustancias ha sido mayor que la preocupación por sus efectos a largo plazo, se han dedicado pocos esfuerzos a observar las interacciones de las sustancias químicas con los seres vivos y el medio ambiente (*Misch, 1994*).

Existe una relación incuestionable entre la exposición a ciertas sustancias y determinadas enfermedades graves, especialmente el cáncer. Sin embargo, la proporción del total de enfermedades crónicas que se deben a la contaminación ambiental continúa siendo objeto de intenso debate. Científicos comienzan a mirar más allá de lo evidente, el cáncer y otros problemas fácilmente diagnosticables, hacia otras consecuencias de la era química para la salud.

En 1991 se presentaron nuevos datos que indicaban que una amplia gama de contaminantes tenían capacidad para minar el funcionamiento biológico. Muchas de las sustancias habían causado daños considerables aunque sutiles al alterar sistemas fisiológicos vitales, como el sistema nervioso, el sistema endocrino y el sistema inmunológico. La continúa aparición de efectos tóxicos en niveles de exposición cada vez más bajos es especialmente inquietante, pues un nivel bajo de exposición a algunos productos químicos es prácticamente universal.

Los metales pesados y compuestos orgánicos sintéticos son absorbidos por los organismos marinos mediante la cadena alimentaria, una mayor cantidad de productos químicos se acumulan en los peces depredadores. Estos productos causan tumores y lesiones en los peces y se acumulan en los humanos que los ingieren. Existe así mismo, una asociación clara entre peces enfermos y sitios contaminados (cerca de áreas de situación precaria, zonas urbanas e industrializadas), y se detectan compuestos orgánicos sintéticos (DDT, bifenilos policlorados) en el agua de los océanos (*Instituto de Recursos Mundiales, 1992*).

Es difícil demostrar que un contaminante (s) es la causa de un determinado problema de salud de las personas. Para ello se requiere una mezcla de pruebas toxicológicas y epidemiológicas. Trasladar estas realidades a políticas que protejan la salud pública, no es tarea fácil. La solución

deseable y a largo plazo consiste en primer lugar, en evitar la exposición, reducir la dependencia de las sustancias químicas sintéticas y que las industrias químicas busquen sustitutos. Proteger la salud pública es un objeto secundario de los organismos reguladores. Adoptar uno de los principios fundamentales del campo de la salud pública -prevención de la enfermedad- equivaldría a una resolución en la manera en que la mayoría de los gobiernos, regulan actualmente las sustancias químicas (Misch, 1994).

III. Degradación de las Areas Marino-Costeras

Las aguas costeras son las que soportan la mayor degradación por ser las costas las vías naturales de cruce entre la actividad humana y el mar. A ellas van a parar los desechos agrícolas y urbanos, las nubes de gases contaminantes, los vertidos resultantes de la limpieza de buques cisterna y las ampliaciones de terrenos urbanísticos a costa del sacrificio de humedales. Como los procesos vitales de los mares se concentran en su mayoría en aguas litorales, los trastornos adquieren en ellas efectos de proporciones exponenciales para todo el ecosistema marino (Weber, 1994).

Alrededor de las tres cuartas partes de la contaminación que acaba en los mares de todo el mundo proviene de actividades humanas en tierra. Resulta curioso que sean precisamente los mismos ríos que hacen productivas las aguas litorales los que con sus vertidos industriales y de comunidades humanas infestan los océanos. La mayor parte de los desechos orgánicos, sedimentos, agentes patógenos, productos tóxicos persistentes y polución térmica proviene de fuentes de base terrestre. Incluso la contaminación por el petróleo y sus derivados que habitualmente se asocia a catástrofes marítimas como la del Exxon Valdez, en realidad tiene su origen tanto en tierra como en el mar. De todos los tipos más significativos de contaminación, sólo la introducción de especies extrañas (polución genética) proviene casi en exclusiva de fuentes marinas.

El flujo de nutrientes hacia los océanos por lo menos se ha doblado desde los tiempos prehistóricos y los sedimentos se han triplicado como consecuencia de la actividad humana. En conjunto, estos productos contaminantes degradan estuarios y aguas litorales al hacer que se formen aglomeraciones de algas, al impedir el paso de la luz solar, al ahogar hábitats marinos y litorales y al servir de vehículo o agentes patógenos y tóxicos. Los nutrientes y sedimentos han contribuido, a escala global, a la degeneración de estuarios, marismas, arrecifes coralinos, lechos de plantas marinas y otros ecosistemas litorales. Han contribuido también a la mayor frecuencia de "mareas rojas", que son concentraciones de algas que liberan tóxicos mortíferos a las aguas circundantes.

Una gran parte de los nutrientes que ingresan en las aguas litorales provienen de los vertidos de aguas negras urbanas. En los núcleos urbanos también suelen mezclarse las aguas residuales de pequeñas industrias con las de alcantarillado y las sobrantes que fluyen por las calles, contaminando así las aguas limpias con petróleo, metales pesados y otros elementos tóxicos peligrosos para la salud y para el medio. La contaminación de costas y la destrucción de hábitats van de la mano. Al construir urbanizaciones a lo largo del litoral, por ejemplo, sus promotores desecan tierras húmedas y pavimentan encima de hábitats. Los impactos contaminantes de la construcción, trazado de vías urbanas, plantas de tratamiento de aguas residuales e instalaciones industriales se agravan por la destrucción de humedales que con anterioridad cumplían la función de absorber nutrientes, sedimentos y productos tóxicos.

Una sorprendente cantidad de los contaminantes que ingresan en las aguas litorales no tienen su origen en comunidades cercanas, sino en lugares más alejados. De los nutrientes, por lo menos

la mitad proceden del interior. En un estudio de 42 de los mayores ríos del mundo, Jonathan J. Cole y sus colegas del Institute of Ecosystem Studies del Jardín Botánico de Nueva York demostraron que el nivel de contaminación se relaciona con la intensidad de las actividades humanas en las cuencas. El Rhin tiene 10 veces la densidad de población del Mississippi y vierte 10 veces más de nutrientes al mar, a pesar de que el Mississippi riega un área 14 veces mayor.

Aproximadamente un tercio de las sustancias contaminantes que acaban en el medio marino proviene de emisiones aéreas, gran parte de las cuales se deposita en aguas costeras. Para muchos metales pesados y sustancias orgánicas volátiles, el aire es la ruta principal hacia el mar. Alrededor del 10% del petróleo que alcanza los mares en todo el mundo lo transporta el aire.

La pérdida de hábitats litorales es un problema de dimensiones globales, que afecta a muchos de los medios marinos más productivos y ricos en biodiversidad. Casi la mitad de las marismas y manglares del mundo han sido despejados, desecados, tapiados o terraplenados. De un 5% a un 10% de los arrecifes coralinos del mundo han sido prácticamente eliminados por contaminación o destrucción directa y otro 60% corre el riesgo de desaparecer en los próximos 20-40 años. Incluso las playas están en peligro, pues un 70% de las playas de todo el mundo sufren un proceso de erosión.

Gran parte de la destrucción tiene lugar a causa de la elevada densidad de población cerca del litoral. Se calcula que por lo menos la mitad de la población mundial vive en una franja costera de 100 km. El número de habitantes que viven cerca de la costa es elevado en Asia meridional y oriental, Europa, sureste de África y partes de ambas Américas. Y el crecimiento de estas poblaciones parece más rápido que el del total mundial. Se estima que las poblaciones litorales - que ya constituyen 8 de las 10 mayores concentraciones urbanas y dos tercios de las 50 ciudades más pobladas- van a crecer a consecuencia del incremento de la expansión de urbanizaciones.

Según las Naciones Unidas, de 20 a 30 millones de la población más pobre del mundo emigran cada año desde áreas rurales a las urbanas, en especial a las megápolis del Tercer Mundo, angustiadas por esperanzas de empleo. Los promotores urbanos están siempre a la busca de estuarios (bahías y desembocaduras de ríos) que forman excelentes puertos naturales. Los barcos entran en ellos y fondean al abrigo de las olas. Estas urbanizaciones representan un peligro muy especial para el medio marino a causa del cúmulo de contaminantes que van a parar a las aguas desde calles, redes de alcantarillado, instalaciones industriales y embarcaciones ancladas, mientras que las demandas de suelo suponen un incentivo para la edificación y pavimentación sobre hábitats costeros.

Las poblaciones rurales del litoral también van en aumento, este grupo demográfico está creciendo muy rápido, en parte a causa del abandono de la agricultura y el traslado a la actividad pesquera. A pesar de que escasea el recurso, el acceso fácil a los bancos pesqueros proporciona alguna esperanza de ganarse el sustento. La fuente más abundante de destrucción directa de hábitats a lo largo de las costas se sitúa ahora en áreas rurales. Los camaroneros de los trópicos, e.g, han arrasado extensos tramos de manglar para habilitar estanques. En respuesta a la demanda internacional, estos acuicultores satisfacen el 20% de la misma y constituyen una de las causas primarias de la desaparición de manglares.

De persistir las insostenibles prácticas actuales de "desarrollo", la salud del medio ecológico marino seguirá deteriorándose bajo los ataques de la contaminación, desarrollo urbano e industrial, destrucción de hábitats e incremento de nuestra propia demografía. Si bien en apariencia menos generalizadas que en zonas litorales, la contaminación y degradación de hábitats alcanzan también las aguas de alta mar y sus profundidades. Se estima que un 80-90%

de los vertidos al mar procede del dragado de costas. Por lo menos un 10% de los mismos está contaminado con sustancias tóxicas procedentes de ciudades, industrias y barcos.

Sustancias químicas persistentes como el DDT, los PCBs y otras, se esparcen por los mares desde las aguas litorales y desde el aire, y los muelles de los puertos importantes del mundo se ven flanqueados de basuras y grasa. Los países han utilizado asimismo el mar para eliminar sus residuos militares y submarinos nucleares. Aunque un tratado internacional prohíbe verter al mar residuos nucleares y otros, de elevada toxicidad, los gobernantes siguen pensando que tienen los océanos a su disposición para librarse de desperdicios peligrosos.

Debido a la ausencia de estudios ecológicos de los mares abiertos, los efectos de esta contaminación son desconocidos. Pero hay razones para pensar que el impacto de los agentes contaminantes puede resultar muy desproporcionado a su concentración. Los contaminantes químicos tienden a masificarse en aguas superficiales que son también donde se concentran larvas, huevos y microorganismos. Los metales pesados pueden llegar a concentrarse en proporciones de 10 a 100 veces superiores (o incluso más) cerca de la superficie que en aguas profundas y los residuos de plaguicidas pueden ser millones de veces más abundantes. Estos compuestos químicos son propensos a abrirse camino a través de la cadena trófica acumulándose en la grasa de mamíferos marinos y de otros grandes predadores (Weber, 1994).

Entre los riesgos que se ciernen sobre los mares en un futuro previsible, y a pesar de la incertidumbre que los rodea, destacan los cambios atmosféricos globales. Con el enrarecimiento de la capa estratosférica de ozono a causa de las emisiones a la atmósfera de clorofluorocarbonos y otros compuestos químicos destructores de ozono, son cada vez mayores las cantidades de rayos ultravioleta, perjudiciales para los tejidos orgánicos, que alcanzan la superficie del mar. Su incremento está ya mermando la productividad del fitoplancton en el océano Antártico. La capa de ozono situada encima del Polo Sur empieza a deteriorarse en septiembre de cada año, provocando un adelgazamiento de dicha capa de hasta un 50% de su espesor normal, al mismo tiempo que los días de más horas luz del verano austral atacan a extensas formaciones de fitoplancton. Otras especies marinas, como las larvas de aguas superficiales y los corales, pueden también resentirse para niveles mayores de rayos ultravioleta y el deterioro podría multiplicarse si continúa el empobrecimiento en ozono.

Los efectos en potencia del calentamiento global en los mares son menos conocidos y más complejos. El aumento de la formación de anhídrido carbónico y de otros gases de invernadero en la atmósfera es casi seguro que eleve las temperaturas y probable que altere otros fenómenos climáticos como los regímenes de viento, lluvia y grandes tempestades. Un calentamiento rápido podría trastornar ecosistemas sensibles a la temperatura como los arrecifes coralinos. Son ya muchos los arrecifes que han padecido extinciones de corales, asociadas con temperaturas más altas del agua. La elevación del nivel del mar se aceleraría con el calentamiento global y podría inundar hábitats costeros. Los cambios de corrientes marinas podrían alterar climas locales y modificar el bombeo biológico.

IV. Una Estrategia para Contabilizar La Depreciación de los recurso marino-costeros

La protección del medio marino costero y la promoción del desarrollo económico no son desafíos independientes. El desarrollo no puede subsistir a costa de los recursos naturales y no se puede proteger el ambiente cuando los planes de crecimiento constante hacen caso omiso de los costos de la destrucción ambiental. (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo).

Desde la perspectiva del análisis que nos ocupa, es importante identificar los problemas de consumo o degradación del capital natural no percibidos en el SCN de los países y por tanto no considerados en las decisiones de política económica (PNUD, 1995). Cobra importancia identificar la presión continua del sistema económico sobre el uso de los recursos naturales de la ZEE.

Para América del Norte, Central y Sur América el manejo de la costa es importante por la longitud de la línea costera, sus áreas marítimas, el volumen de la población costera, y por la importancia de sus puertos. En el Cuadro 1 se muestran algunas cifras al respecto.

CUADRO 1

**AREAS COSTERAS Y POBLACION.
AMERICA DEL NORTE Y CENTRAL, AMERICA DEL SUR**

América del Norte y Central			Area Marítima (Miles Km ²)	
Población (miles)		Longitud de la línea de costa (Km)	Plataforma continental a 200 m de profundidad	Zona Económica Exclusiva
1980	2000			
88.895	121.410	183.950	5.632.2	18.759.1
América del Sur				
59.553	104.628	30.663	1.984.3	10.124.8
Totales				
148.448	226.038	214.613	7.617.1	28.883.9

Fuente: Oficina de Estadística de las Naciones Unidas de Asuntos Marítimos y de Derecho del Mar.

Estas cifras cobran más importancia cuando el Nuevo Régimen de los Océanos establece el derecho de las naciones sobre la ZEE, pero también la obligación de velar por su uso, calidad, biodiversidad y productividad.

La falta de una base de datos sólida y consistente con respecto a las existencias activos de la ZEE, los flujos de estos hacia la economía y la depreciación que incluye tanto el agotamiento (cuantitativo) como la degradación (cualitativo), son indicadores de que el inicio de una contabilidad de los activos marino-costeros no puede iniciarse, sin antes limitar las zonas de investigación hacia donde existe más información, y donde los problemas de degradación y agotamiento se perciben más intensamente. Los **estuarios** representan ecosistemas donde los efectos de la actividad humana desarrollada tanto interna como externa al estuario, se reúnen para concentrar los niveles de depreciación. Los estuarios representan uno de los ecosistemas más productivos, y en términos generales más deteriorados. Como punto de partida metodológico para la contabilidad del recurso marino costero se emplea un escenario constituido por un estuario, al

cual convergen aguas de cuencas lejanas, transportando el resultado de la actividad humana aguas arriba.

Dos componentes son indispensables para contabilizar la depreciación de un estuario de interés:

- a- Deterioro y recuperación
- b- Contabilidad y depreciación

El desarrollo de etapas intermedias de los componentes deben al final permitir que los usuarios del estuario conozcan el nivel de deterioro y los costos de recuperación del ecosistema, para que se organicen en el seguimiento y el control de los componentes anteriores. Por su parte, los tomadores de decisión podrán proponer la implementación de medidas de políticas económicas que contribuyan al saneamiento del estuario y a cuantificar la tasa de cambio del capital (activos) del estuario en cuanto a existencias, flujos de uso, degradación, agotamiento, y en algunos casos acumulación neta de capital natural.

4.1 Deterioro y Recuperación

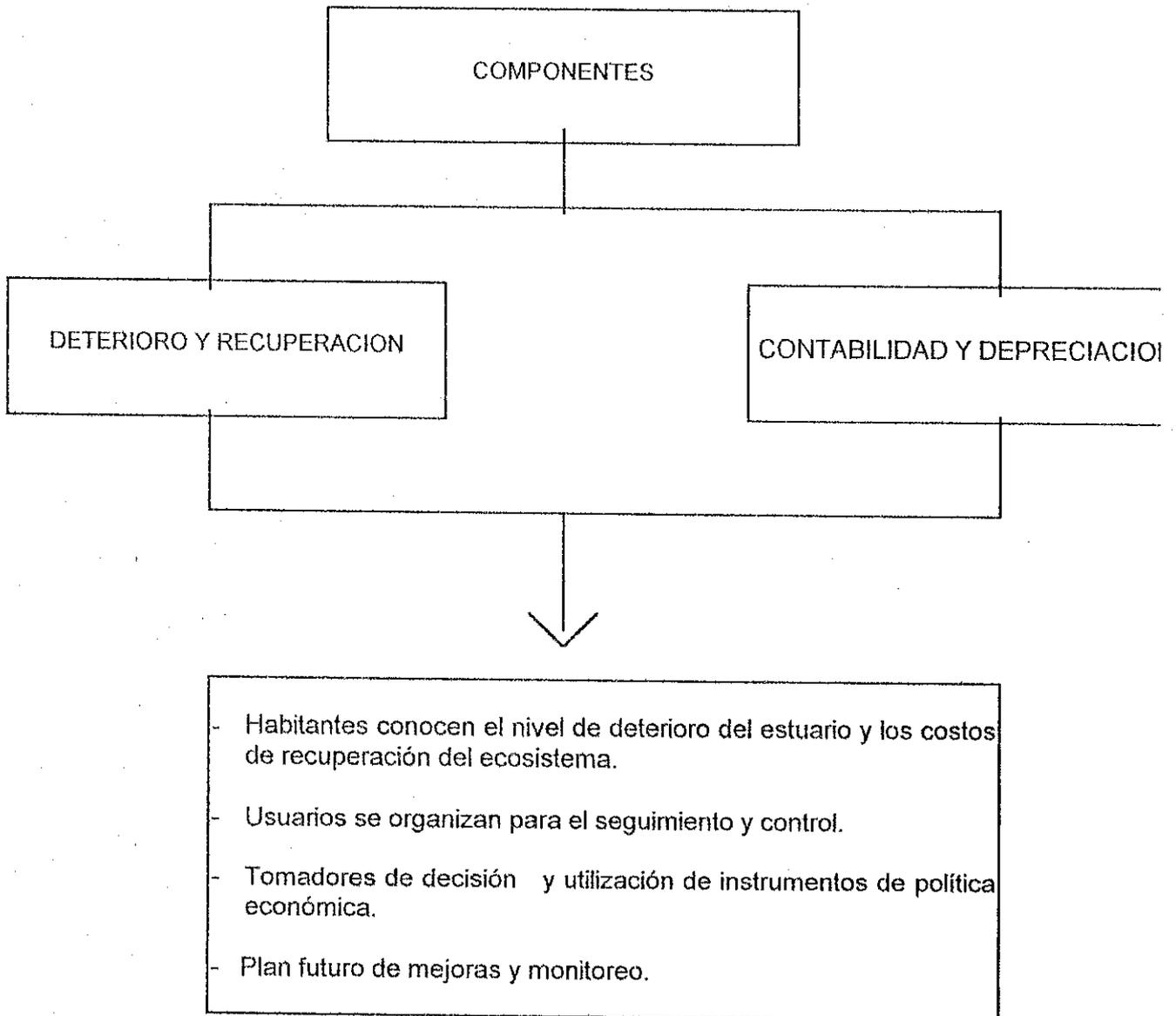
El deterioro marino se entiende como la introducción por parte del hombre, directa o indirectamente de sustancias o energía al ambiente marino-costero, afectando los recursos vivos, la salud humana, impidiendo las actividades marinas, incluyendo la pesca, ocasionando pérdida de calidad del agua de mar y de las actividades de esparcimiento (*Murthy*).

Este componente considera las siguientes etapas intermedias:

- a. Identificar ,caracterizar y ubicar las principales fuentes de deterioro de los activos del estuario con especial énfasis en degradación del agua
- b. Identificar y describir los impactos ambientales (Deterioro de activos de uso económico y no económico) por efecto de las repercusiones de agua contaminada sobre el estuario.
- c. Identificar metodologías de mitigación (químicas, biológicas, físicas) para la recuperación del ecosistema.

FIGURA 1

COMPONENTES DE UNA ESTRATEGIA
PARA LA CONTABILIDAD DE LA DEPRECIACION
DE LOS ACTIVOS MARINO-COSTEROS



4.1.1 Fuentes de Deterioro

Por la complejidad de los procesos y la extensión de la ZEE, este tipo de estudios se conduce sobre un ecosistema, **estuario** concebido lo más completo posible, la zona de estudio debe representar las interacciones más importantes del ecosistema.

Se realiza un estudio del estuario que establezca con claridad cuáles son las fuentes y las formas de deterioro más relevantes (*para el agua: metales pesados, nutrientes, hidrocarburos halogenados y fosforados, sólidos suspendidos, sustancias radioactivas, desechos térmicos, petróleo y derivados y otros químicos orgánicos; para los activos de uso económico y no económico, la calidad y los cambios de existencias*). Esta etapa permite clasificar las fuentes y formas principales de deterioro.

Se requiere además ubicar y caracterizar, a nivel particular, los contaminadores, y su nivel de participación en la definición global del proceso de deterioro que provoca la actividad humana en el estuario. En esta etapa se incluyen industrias, instituciones encargadas del manejo de aguas negras, proyectos de silvicultura, proyectos turísticos, cultivos, pescadores y otros usuarios para conocer sus interrelaciones con el medio natural.

4.1.2 Descripción de los Impactos Ambientales

La descripción de los impactos ambientales se hace considerando los efectos del agua contaminada sobre actividades productivas (pesca), turismo, recreación, salud pública, biodiversidad (de uso económico y no económico) y sobre el ecosistema en general.

4.1.3 Recuperación

Conocidos los impactos en el ecosistema por degradación se establecen las formas de recuperación para devolver su condiciones cualitativas. La recuperación de la calidad del agua del estuario permitirá la apreciación indirecta de los otros componentes del ecosistema (*manglares, arrecifes, playas, pesca, biodiversidad de uso económico y no económico, y otros*).

Esto puede, a este nivel, constituir un escenario que defina cuál es el método, procedimiento, insumos y cantidad requerida para recuperar la calidad del agua contaminada por metales pesados, hidrocarburos, sólidos nutrientes, y otros., según sea el caso.

Esta es una etapa donde se establecen los tratamientos para minimizar la presencia de tóxicos, hasta alcanzar normas de calidad, e.g de contenidos mínimos de metales en productos de exportación, calidad de agua, y calidad de los otros componentes del ecosistema de acuerdo a estándares ambientales.

4.2 Contabilidad y Depreciación

4.2.1 El Sistema de Cuentas Nacionales y la Contabilidad de la depreciación del Capital Natural.

La contabilidad de la depreciación del capital natural requiere un monitoreo consistente de la calidad y cantidad de los activos del ecosistema en forma permanente para poder dar cuenta de las variaciones en el período contable. En este caso es muy importante contar con indicadores de agotamiento - degradación y metodologías sistematizadas que garanticen la actualización de la base de datos que en definitiva alimenta la base contable.

El SCN fue propuesto por las Naciones Unidas en 1968, y se caracteriza por carecer de consideraciones de tipo ambiental. Así, por ejemplo, se podrían agotar los recursos marinos por sobreexplotación, o por degradación del océano, y eso contribuiría a aumentar el PIB. Lo ideal sería que el PIB contabilizara esos costos ambientales, y que en vez de aumentar se reduzca por los efectos de la actividad económica que ha generado "depreciación" del capital natural durante el período contable. Las Naciones Unidas, después de mucho esfuerzo han llegado al acuerdo de desarrollar un sistema de contabilidad de recursos naturales que sea integrado en forma satélite al SCN. De esta forma se puede conocer no sólo la estructura y la evolución de la economía sino también la depreciación, existencias o acumulación del capital natural.

La necesidad de la implementación de un Sistema de cuentas Ambientales Económicas Integradas (SCAEI), obedece a las recomendaciones de las Naciones Unidas (1994), en reconocimiento de las deficiencias del SCN convencional. La implementación de este nuevo sistema, sin embargo, sólo pretende una extensión del SCN pero no su sustitución (*Naciones Unidas, 1994*).

En la concepción de un SCAEI, es recomendable que la economía no se considere únicamente como parte del medio ambiente, ni que el medio ambiente se considere en función de su utilidad económica. Esto implica, que el marco contable en el que se basen las decisiones políticas del país deben contribuir a determinar estrategias de desarrollo que establezcan un equilibrio entre la satisfacción de las necesidades humanas y el mantenimiento a largo plazo del capital natural y de sus funciones ambientales (*Costanza y otros, 1991; Ahmad y otros, 1989; Naciones Unidas, 1994*).

Una contabilidad económico ecológico integrada que considere aspectos relacionados con los recursos existentes y sus usos (costeros y marinos) apoyará las políticas integradas de ámbito social, económico y ecológico y, a la vez, ofrece información relacionada con los cambios en la estructura económica y la evolución de la economía y, también, sirve para vigilar los cambios ambientales causados por las actividades económicas. Indirectamente, se pretende vincular sistemas económicos y ecológicos, estableciendo modelos que abarquen variables económicas y ambientales con el fin apoyar la toma de decisiones políticas.

La Contabilidad y la Depreciación requiere:

- a. Asignar medición física y monetaria de las existencias de activos en el estuario así como de costos para la mitigación (recuperar la calidad del recurso agua) y o prevención de la degradación del agua.
- b. Contabilizar existencias, flujos de activo natural hacia la economía, degradación del agua y de los activos y hábitats
- c. Analizar la reacción de respuesta de los usuarios y los contaminadores para identificar y validar posibles instrumentos de política económica tendientes a evitar la degradación del estuario.

4.2.2 Datos Físicos y Monetarios

Para contabilizar datos físicos y monetarios del estuario se requiere:

Datos físicos en km³ de agua del estuario, de los ríos que lo alimentan (caudal), de los contaminantes (concentración por m³), cantidad de activos de uso económico (capturas) y no económico (áreas intactas), así como de la clasificación física del ecosistema dada por su nivel de degradación.

Los datos físicos son requisito vital para la valoración monetaria. Métodos de valoración de mercado y no mercado se pueden utilizar. La valoración de mercado es sencilla, solo se deben contabilizar el costo de los insumos para devolver el agua a su condición deseada, para el caso de hábitat dañados u otros servicios y funciones del océano difíciles de medir físicamente, se deben utilizar técnicas de valoración de no mercado como la valoración contingente, o valoración de costos por prevención de contaminación.

Las formas y los insumos requeridos para la recuperación permiten calcular los costos de la degradación del recurso agua para poder registrar su depreciación. Este cálculo de depreciación del activo fijo (agua, en este caso), según el cual el valor asignado como gasto de depreciación es el necesario para mantener el activo cercano a sus características originales.

4.2.3 Cuentas Económicas y Cuenta Satélite

En el siguiente cuadro se presenta un caso hipotético de contabilidad de activos adaptado a condiciones de estuario, por separado se contabiliza la degradación del agua al considerarla como un activo ambiental separado de los activos de uso económico y no económico. La utilización del capital fijo se considera depreciación. Al existir límite claro del estuario, esta cantidad y su condición cualitativa se considera la existencia y parte del capital del país. Los activos del estuario pueden ser: a.) de tipo económico no producidos, como es el caso de la pesca comercial y la utilización turística de arrecifes coralinos y otros. B.) de tipo no económico, áreas de manglares que valen por su existencia como hábitat único de especies en vías de extinción, reproducción y alimentación.

Cuadro 2

El SCN incluyendo los balances de activos económicos producidos y no producidos, Ejemplo hipotético

199x	Actividades económicas						Medio ambiente	
	Producción	Resto del mundo	Consumo final	Activos del Estuario			Activos	Medida unidad Física
				Producido	No producido		no producidos	
					Econ	No econ		
Activos de apertura				Existencia	Existencia	Existencia	Existencia	
Activos producidos				*				
Activos comerciales y no comerciales					*	*		
Agua del estuario							*	
Oferta económica total	P	M						

Usos económicos total	Ci	X	C	I					
Producto Interno Bruto	PIB	(X-M)	C	I					
Utilización de capital	Deprecia cio			Depreci ac In					
Producto Interno Neto	PIN	(X-M)	C						
Usos ambientales	C.agot				Agota mient o	Agota m			
Producto interno Ecológico PIE1	PIE1	(X-M)	C						
Degradación de recursos	C.degr				Degra dació n	Degra dació n	Degradaci ón		
PIE2	PIE2	(X-M)	C						
Revalorización									
Activos producidos									
Activos econ. no produ									
Activos comerciales y no comerciales									
Agua del estuario									
Otros cambios de volumen									
Activos económicos comerciales y no comerciales									
Otros									
Activos de cierre					Cierre	Cierr		Cierre	
Activos producidos									
Activos comerciales y no comerciales									
Agua estuario									
Otros									

SIMBOLOGIA: P = PRODUCCION X = EXPORTACION
 C = CONSUMO M = IMPORTACION
 I = INVERSION PIB = PRO. INT. BRUTO
 PIE= POD. INT. ECOLOGICO

4.2.3 Política Económica

La generación de política económica (*Económico Ecológica*) orientada hacia la reducción de la degradación y la sostenibilidad de los activos del estuario, sólo se podría generar cuando se conozcan los impactos de la actividad humana sobre los recursos. La mejor manera de entender las interrelaciones entre economía y ecología es mediante la utilización de metodologías de insumo producto. El (SCAEI) propuesto por las Naciones Unidas, provee este instrumental, así se puede proveer información de tipo económico ecológico a los tomadores de decisión.

La política económica hace uso de incentivos (subsidios) y desincentivos (sanciones) económicos y no económicos (infraestructura, mercado, crédito) para provocar reacciones de respuesta en usuarios, consumidores, proveedores y contaminadores de los activos, funciones y servicios del estuario. De acuerdo con las reacciones de respuesta, los tomadores de decisión pueden orientar un desarrollo económico ambientalmente racional (*Naciones Unidas, 1994*).

Para la generación de política económica es importante tener presente que:

- Los estrés a los que se somete el medio marino-costero están interrelacionados, e.g la deforestación no sólo destruye bosques, incrementa la escorrentía, acelera la erosión de los suelos y llega a las zonas litorales, y a los arrecifes.
- Las preocupaciones ecológicas y económicas son interdependientes, por tanto ambos deben incorporarse a la toma de decisiones.
- Los problemas ambientales y económicos están vinculados a muchos factores políticos y sociales. El rápido crecimiento de la población costera repercute en forma drástica sobre los sistemas naturales de la costa, y las presiones sobre el medio y el desarrollo desigual causan tensiones sociales.
- Las repercusiones ecológicas no respetan fronteras políticas. La contaminación de las aguas avanza por ríos, lagos y mares compartidos. La atmósfera transporta sustancias contaminantes a distancias enormes. Las escorrentías agrícolas, los efluentes de las industrias, las aguas calientes trascienden las fronteras marino-costeras nacionales (*Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*).
- Nuevos estudios indican que más del 50% de la contaminación causada por el nitrógeno, fósforo y sedimento proviene de la escorrentía de núcleos urbanos, fincas, operaciones de tala y minería (*Instituto de Recursos Mundiales, 1994*).
- Existe una larga tradición de libertad de navegación y el concepto de que los recursos marinos son ilimitados es altamente difundido (*Instituto de Recursos Mundiales, 1992*).
- Con frecuencia no se reconoce la relación entre las actividades contaminantes aguas arriba (cuencas) con la contaminación de las costas.
- Aunque el océano parece estar relativamente limpio, los contaminantes tienden a concentrarse en la capa superior, zona decisiva para la reproducción y alimentación de muchas especies de importancia comercial. Los mares con mucho tráfico, cerca de regiones industrializadas, son especialmente vulnerables (*Weber, 1994*).

- A medida que las amenazas químicas aumentan, los hábitats marinos (arrecifes de coral, los maglares y las plantas submarinas), considerados graneros y campos de nutrición en el mar, desaparecen (*Lenssen, 1991*).
- Es poco conocida la capacidad de regeneración y los procesos de degradación de los ecosistemas marino-costeros.
- Los pobladores de la costa que viven de sus recursos y servicios desconocen los costos de la pérdida del capital natural por degradación que muchas veces tienen su origen muy lejos de su jurisdicción.
- Para asuntos de contabilidad se debe tener presente aspectos migratorios de algunas especies marinas.

Detener la contaminación de origen terrestre, especialmente los agentes contaminadores que provienen de la escorrentía, requiere entrar a un nuevo terreno político, luchando contra intereses agrícolas e industriales poderosos y enfrentarse a un sistema económico, prácticamente mundial, que permite que las fuentes de contaminantes procedentes de la tierra eliminen sus desperdicios en las vías acuáticas o aéreas sin costo alguno (*Instituto de Recursos Mundiales, 1992*).

4.2.4 Validación de los Instrumentos de Política

La participación comprometida de los agentes que actúan como contaminadores (industrias, instituciones estatales, semiautónomas, agricultores, mineras, madereros, y otros.) es fundamental en el proceso de incorporación de esta estrategia a una región, y para la consideración del manejo ambientalmente racional de la ZEE mediante la utilización de políticas nacionales.

Elegir entre los beneficios económicos y sociales y los costos ambientales requiere con frecuencia de criterios subjetivos y un buen conocimiento local. Ni los gobiernos, ni los organismos de asistencia están dotados para enjuiciar el modo en que los habitantes de una localidad valoran su entorno.

Tanto los contaminadores como los habitantes de la región conocerán mediante talleres, los resultados intermedios y al final del proceso los instrumentos de política. Conjuntamente con ellos se validan los instrumentos de política a fin de contar al final con políticas que internalicen costos ambientales y que permiten establecer el Plan de Mejoras y Seguimiento, como garantía de la sostenibilidad del proyecto que se incorpora a una región.

4.2.5 Plan de Mejoras y Seguimiento

El Plan de Mejoras y Seguimiento, culminación de una estrategia como la propuesta, es planteado básicamente por los habitantes de la región, las instituciones encargadas de velar por la degradación de los activos marino-costeros y los contaminadores.

Esta etapa permite acentuar en la región, con el apoyo de los entes nacionales responsables, el control, con información oportuna y adecuada, y responsabilidad de la calidad del entorno marino-costero.

La conformación generada de esta forma podrá dar cuenta del cambio -degradación o recuperación- del activo agua en el tiempo, lo que a la vez debe permitir ir adecuando las políticas económicas a la situación imperante.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agenda 21, (1992) Rio de Janeiro, Brasil
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. El Desarrollo Sostenible. Una Guía sobre Nuestro Futuro Común. IICA, CATIE.
- Instituto de Recursos Mundiales. 1992. Recursos Mundiales. 1992-1993. IPGH.
- Johnston, George. y Hilary Lorraine (1994). El Libro Verde. Tomo 1. Development Strategies for Fragile Lands (DESFIL) & Regional Environmental and Natural Resources Management Project (RENARM).
- Lenssen, M. 1991. El Lamento de los Océanos. Un Mundo Sustentable. The Worldwatch Institute.
- Leonard, J. (1987). Natural Resource and Economic Development in Central America: A Regional Environmental Profile. New York-
- MIRENEM, (1990). Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible de Costa Rica (ECODES) San José Costa Rica.
- Misch A, 1994. Riesgos Ambientales para la Salud: Una Evaluación. La Situación 1994 del Mundo. Informe Anual del Worldwatch Institute sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. CIP/FUHEM.
- Murthy, D.V.S. Coastal Pollution Zone Management as a Sustainable Process. International Ocean Institute. Operational Centre. (India).
- NACIONES UNIDAS (1994). Manual de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada: Versión provisional. Serie F. No. 61.
- OEA, (1994). Cuentas Ambientales y Recursos Naturales para Políticas de Desarrollo. Informe final del seminario realizado por la Comisión del Medio Ambiente del Consejo Permanente de la OEA.
- PNUD, 1994. Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Costa Rica.
- Postel S. 1994. Capacidad de Carga: Los Mínimos de la Tierra. La Situación 1994 del Mundo. Informe Anual del Worldwatch Institute sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. CID/FUHEM.
- Rayo y otros, (1995). Diagnóstico y Análisis de las Potencialidades en la Aplicación de Instrumentos Económicos para la Gestión Ambiental y el Desarrollo Sostenible en la Región Centroamericana: Caso de Costa Rica
- Ramirez, S.A y Maldonado, 1988, Desarrollo Socioeconómico y el Ambiente Natural de Costa Rica: Situación Actual y Perspectivas. Fundación Neutrópica, Editorial Heliconia, San José, Costa Rica.
- Répetto, Robert (1992), Accounting for Natural Assets in: Scientific American June (93-100).

Solórzano, Raúl y otros (1993). Las Cuentas de Recursos Naturales en Costa Rica y su relación con el Sistema de Cuentas Nacionales, San José, Costa Rica, Washington D.C. Centro Científico Tropical- World Resource Institute.

Taller: Proyecto de Contabilidad Económica-Ecológica Integrada, Reserva Biológica Monte Verde: CCT-CINTERPEDS, Julio 1995. Equipo multidisciplinario de Investigación, Participación de CCT-CINTERPEDS-BCCR-ICE-AyA-FMC y otros.

WRI/CCT, (1992). La Depreciación del Capital Natural en Costa Rica y su su relación con el Sistema de Cuentas Nacionales. Centro Científico Tropical/ Instituto de Recursos Mundiales. San José, Costa Rica- Washington, D.C.

Weber, P. 1994. La Defensa de los Océanos. 1994.

World Bank (1994). Costa Rica Forest Sector Review. Document of the World Bank. Report No. 11516-CR.

ANEXO A

POLITICAS ECONOMICAS: EXPERIENCIA DE COSTA RICA

Las políticas económicas para incentivar la actividad pesquera en Costa Rica han estado orientadas hacia la utilización de exoneración de impuestos para suministros de pesca (1970), precio preferencial para el combustible, y los certificados de abono tributario (CAT, 1984). Estas políticas se consideran contraproducentes en el sentido que han incentivado la pesca a niveles superiores que la capacidad regenerativa de las especies (sobrepesca) superando la capacidad máxima sostenible. La sardina en la segunda mitad de los años 70, superó el nivel máximo sostenible de esfuerzo, cuando los rendimientos declinaron, también lo hizo la ganancia económica de la flota y del esfuerzo, y como resultado la producción declinó dramáticamente. Estas medidas han repercutido en la destrucción de la biodiversidad y sus efectos secundarios (*World Bank, 1994; Johnston, 1994; WRI-CCT, 1992*). Más recientemente, el gobierno ha introducido algunas medidas para proteger la biodiversidad, mediante programas de protección de áreas frágiles, ecosistemas marinos y terrestres, y estímulo de actividades de producción que no ocasionen degradación ambiental (*World Bank, 1994*). En 1991, se crea el Sistema de Áreas de Conservación (SINAC) con el cual MIRENEM reestructura el manejo de los activos naturales bajo un sólo sistema administrativo para evitar conflictos entre diferentes instituciones administrando el recurso de distintas maneras (*Rayo y otros, 1995*).

Los recursos pesqueros de Costa Rica se caracterizan por una variada diversidad de especies y ecosistemas de utilidad comerciales y no comercial como peces, moluscos, crustáceos, mamíferos, arrecifes coralinos, manglares, playas ecoturísticas y otros. Las industrias pesqueras y de enlatado son de poca importancia económica a nivel nacional, pero a niveles locales y regionales son fuentes primarias de empleo (*CCT-WRI, 1991*).

La exportación de productos marinos, como porcentaje de total nacional, ha oscilado entre 0.6% y 1.2% del total. Un 78% de esta exportación es pescado fresco hacia los Estados Unidos.

Depreciación del Recurso

Entre los años 50 y 60 el aumento en la actividad pesquera en Costa Rica fue lenta, en los 70 aumentó la pesca desconsideradamente subiendo de 7000 ton. métricas a 21000 en 1978. En 1983 se reporta una reducción de más de un 50%. Entre el año 75 y 78 la captura de camarones blancos y fideles cayó en un 90%. La sardina cayó del año 75 al 87 de 7500 a 507 toneladas. El pescado de primer grado ha sido reducido en sus capturas de 360000 ton en el año 1982 a 236000 en el año 1987 (*CCT-WRI, 1991*).

CUADRO A
FUENTES DE CONTAMINACION MARINA

Fuente	Porcentaje del total (%)
Vertidos y descargas desde Tierra	44
Emisiones por aire desde tierra	33
Derrames accidentales y de barcos	12
Vertidos directos al mar	10
Minería, prospección de petróleo y gas en las costas	1
Total	100

Fuente: PNUMA, Nairobi, 1990

CUADRO B

CAUSAS PRIMARIAS Y EFECTOS DE LA CONTAMINACION MARINA

TIPO	ORIGEN/CAUSA PRIMARIA	EFECTOS
Nutrientes	Procedencia: aproximadamente la mitad, de aguas residuales; la otra mitad, de actividades forestales, agricultura y otros usos del suelo; también óxidos de nitrógeno de centrales eléctricas, automóviles, etc.	Formación de aglomeraciones de algas en aguas litorales. Las algas en descomposición empobrecen el agua de oxígeno, con lo que perecen otras especies vivas, pueden producirse formaciones de algas tóxicas (mareas rojas) que liberan productos tóxicos al agua capaces de causar mortandad de peces y envenenamiento de personas.
Sedimentos	Erosión por actividades mineras forestales, agrícolas, otros usos del suelo; actividades mineras y dragado de costas.	Enturbian el agua; impiden la fotosíntesis bajo la superficie acuática; estorban el libre movimiento de peces al dificultar su aleteo; asfixian y sepultan ecosistemas costeros; acarrear productos tóxicos y exceso de nutrientes.
Patógenos	Aguas residuales; ganadería	Contaminan zonas de natación en costas y pescado comestible propagando el cólera y la fiebre tifoidea y otras enfermedades.
Prod. quím. persist. (PCBs, DDT, met. pes.)	Vertidos industriales; aguas residuales de centros urbanos; plaguicidas agrícolas forestales y de uso casero, etc; escapes de tierras removidas	Envenenan o provocan enfermedades a la fauna y flora del litoral. Contamina el pescado comestible. Productos tóxicos solubles en grasas que se bioacumulan en predadores.
Petróleo	El 46% son fugas de automóviles, maquinaria pesada, industrias y otras fuentes de base terrestre; el 32% de buques cisterna y otro transporte marítimo; el 13% de accidentes en el mar; también prospecciones petrolíferas cerca de costas y filtraciones naturales	La contaminación de bajo nivel puede dar lugar a mortandad de larvas y enfermedades de flora y fauna marinas. Los escapes de petróleo matan a la vida marina, específicamente en hábitats costeros. Los coágulos de alquitrán ensucian playas y hábitats costeros
Especies intrusas	Son varios miles de especies las que pululan en las aguas de los tanques de lastre; también en canales de comunicación entre masas acuáticas; proyectos de modernización de pesquerías	Competen por el espacio vital con especies autóctonas y reducen la biodiversidad marina. Introducen nuevas enfermedades marinas. Influyen en la mayor incidencia de mareas rojas y otras acumulaciones de algas

Plásticos	Redes de pesca; bosques de carga y pasaje; desechos de fábricas de plásticos y movimientos de tierras	Los aparejos de pesca desechados continúan atrapando peces. Otros desechos de plástico se enredan en animales y plantas marinas o se confunden con pescado comestible. Ensucian playas y costas. Pueden persistir de 200 a 400 años
-----------	---	---

Fuente: Worldwatch Institute

FORZAMIENTO LOCAL DE LA SURGENCIA EN LA COSTA OCCIDENTAL DE SURAMERICA

*José Rutllant C.
Departamento de Geofísica.
Universidad de Chile
Casilla 2777
Santiago, CHILE*

INTRODUCCION

La importancia socio-económica de esta región del continente comprende aspectos que van desde la alta proporción de habitantes en la faja costera respecto del interior a la abundante pesca y acuicultura. Otros recursos con un alto potencial de desarrollo en relación al clima de esta zona, particularmente en su parte árida y semiárida, incluyen al turismo, el agua de las nubes costeras y la energía solar y eólica.

La escasez de datos meteorológicos y oceanográficos en gran parte de esta zona no ha permitido aún dilucidar aspectos científicos de fundamental importancia, como las aparentes diferencias de la eficiencia biológica en la conversión de la producción primaria en biomasa de peces. En efecto, a pesar de que estudios mediante imágenes satelitales muestran que la faja del sistema de surgencia es más estrecha en América del Sur que en la del Norte, los volúmenes de pesca en nuestra región superan a cualquier otro ecosistema de surgencia de costa occidental (California, Benguela, NW de Africa).

Uno de los aspectos particularmente relevantes en relación a este problema se refiere al tiempo de retención del fitoplancton y de las larvas. Aparentemente, más que las características medias de la surgencia, influyen aquí la amplitud y frecuencia de los ciclos de surgencia activa-relajación que caracterizan a una amplia sección de la faja costera donde interactúan ondas atmosféricas y oceánicas atrapadas en la costa.

La importancia de conocer y cuantificar el forzamiento de la surgencia (local y remoto) reside en la necesidad de prever la respuesta de los ecosistemas costeros a escenarios de cambio climático global, condición necesaria para planificar un desarrollo sostenible de nuestros recursos marinos.

INTERACCION LOCAL ENTRE LA ATMOSFERA Y EL OCEANO EN LA ZONA COSTERA

El proceso de surgencia requiere en primer lugar de un mecanismo físico por el cual aguas subsuperficiales puedan ser bombeadas hacia la zona eufótica. El mecanismo físico consiste en el arrastre de aguas superficiales costa afuera, el que por continuidad fuerza el ascenso cerca de la costa. Este arrastre puede ocurrir en forma directa, cuando los vientos soplan persistentemente costa afuera (istmo de Panamá en el verano austral) o indirectamente por el proceso conocido como arrastre o deriva de Ekman.

El flujo de cantidad de movimiento (masa por velocidad) desde la atmósfera hacia el mar producido por el viento se traduce en un esfuerzo superficial (fuerza por unidad de aérea) que genera olas, mezcla mecánica de las capas superficiales y corrientes superficiales. La componente del viento paralela a la costa en dirección hacia el ecuador geográfico, en conjunto con la fricción y la acción de la rotación terrestre, produce una deriva (Ekman) costa afuera que por continuidad fuerza el ascenso de aguas subsuperficiales, produciendo el fenómeno llamado surgencia o afloramiento costero.

Un efecto similar se puede producir por un rotor ciclónico (tendencia a una rotación del agua en el sentido horario en el hemisferio sur y antihorario en el norte) del esfuerzo superficial del viento.

Además del esfuerzo que el viento ejerce en la superficie del mar, la eficacia del bombeo depende inversamente de la latitud geográfica y de la estabilidad de la columna de agua involucrada en el efecto de bombeo.

Para que el bombeo de aguas subsuperficiales sea productivo, se requiere además que esas aguas sean ricas en nutrientes. Estos y la luz en la zona eufótica permiten el incremento de la biomasa fitoplanctónica por fotosíntesis y con él los eslabones siguientes de la cadena trófica.

Un segundo tipo de interacción desde la atmósfera hacia el océano, conocido como flujo de boyantez, tiene relación con la estabilidad de la columna de agua. Se trata de la precipitación sobre el mar (directa) y de la indirecta que alcanza al océano costero a través de la descarga los cursos de agua. Ambos fenómenos estabilizan la columna ya que a igual temperatura el agua dulce es mas liviana que el agua salina. Por el contrario si hay sólo evaporación, las aguas superficiales concentran la sal tornándose más densas por lo que desestabilizan la columna de agua.

Por otra parte el océano actúa sobre la atmósfera entregándole calor sensible cuando la temperatura superficial (TSM) es mayor que la del aire adyacente. También puede entregarle calor latente cuando la evaporación desde la superficie del mar se condensa en la atmósfera formando nubes. Ambos procesos tienden a desestabilizar la columna atmosférica, generándose una convergencia superficial húmeda que refuerza la convección inicial. En particular cuando la TSM alcanza los 28 C se produce generalmente convección profunda con nubes de máximo desarrollo vertical y precipitación (convergencia intertropical).

FORZAMIENTO ATMOSFERICO LOCAL DE LA SURGENCIA COSTERA: GRAN ESCALA

El factor de gran escala por excelencia en la generación de vientos persistentes en la dirección requerida es el centro de alta presión semipermanente del Pacífico suroriental. Como su nombre lo indica este anticiclón ocupa la porción oriental del Pacífico sur con un centro que fluctúa entre los 27 °S en el invierno austral (mayor intensidad) y los 32 °S en la estación opuesta (menor intensidad).

El cambio en la posición e intensidad del anticiclón subtropical en varias escalas de tiempo, que comprenden al menos desde la intraestacional a la interanual, condiciona la posición de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) que oscila en promedio entre los 10 °N (invierno austral) y el ecuador. Esta zona de convergencia, caracterizada por vientos variables y débiles, se observa en las imágenes satelitales como una banda nubosa convectiva que separa los persistentes alisios del NE (hemisferio norte) de los del SE (hemisferio sur), los que cerca de la costa se ven modificados por la influencia del continente.

El extremo sur del anticiclón subtropical forma parte del llamado régimen de los oestes en el seno del cual se concentra la diferencia de calentamiento entre los trópicos y los polos (frente polar). A consecuencia de este contraste térmico, el cinturón de los oestes es altamente inestable generándose allí perturbaciones ondulatorias que, cerca de la superficie, toman la forma de ciclones y anticiclones migratorios que deforman y amplifican localmente la convergencia de aire hacia el frente polar.

SURGENCIA FORZADA LOCALMENTE A LO LARGO DE LA COSTA

Entre los 10° N y el ecuador geográfico los vientos son variables debido a la proximidad de la ZCIT. Durante el invierno austral la ZCIT se encuentra en el límite norte de este sector, por lo cual los vientos y corrientes favorecerán el hundimiento (proceso inverso al de surgencia) de las aguas costeras (flujo hacia el polo). Durante el verano austral, en cambio, se puede esperar surgencia al norte de 4° N (flujo hacia el ecuador).

Siguiendo hacia el sur hay un primer sector costero sometido a una débil influencia del anticiclón subtropical. En este sector, que comprende el sur del Ecuador y norte del Perú la generación de los vientos favorables a la surgencia está asociado con el refuerzo diario del contraste de temperatura mar-tierra, acentuado por la presencia de cadenas montañosas paralelas a la costa, especialmente entre 0 y 5 °S. Los vientos son aquí favorables a la surgencia durante todo el año, aunque al sur de 5 °S esto ocurre especialmente en invierno y otoño. Los focos importantes de surgencia (afloramiento) están ubicados entre Talara y Chimbote. Asociados con el intenso afloramiento costero aparecen rasgos climáticos como aridez extrema, una mayor fracción de días despejados y vientos particularmente intensos después de mediodía. En esta zona parece notarse también la influencia, en la cobertura espacial de las bajas temperaturas, del rotor del viento y de las ondas atrapadas de origen ecuatorial, especialmente durante El Niño.

Continuando hacia el sur la influencia del anticiclón subtropical comienza a sentirse cada vez más, particularmente durante el invierno y primavera austral. El área de surgencia alrededor de San Juan, Perú (15° S), al sur de la Península de Paracas, estaría asociada con este régimen, cuyos rasgos climáticos son similares a los descritos para el área costera más al norte.

El norte de Chile se encuentra en general bajo la influencia permanente del anticiclón subtropical. Las condiciones de aridez se ven aquí reforzadas por los mecanismos regionales asociados con el contraste térmico mar-tierra. El foco de surgencia al oeste de la Península de Mejillones (23 °S) representaría esta combinación de mecanismos forzantes.

A medida que nos desplazamos hacia el sur, el área de influencia de las perturbaciones del frente polar durante el invierno austral se hace sentir con intensidad creciente. En la misma medida que esta influencia aumenta, decrece la importancia de los factores regionales y del anticiclón subtropical en el forzamiento de los vientos.

En esta zona los vientos costeros del sur están sometidos a un régimen pulsante asociado con la propagación de norte a sur de depresiones costeras que ocurren entre incursiones de aire ligeramente más frío asociadas con perturbaciones del frente polar que se desplazan de sur a norte a lo largo de la costa. En el sector norte de esta zona (28-32° S), estas pulsaciones se presentan durante todo el año, produciendo ciclos de reforzamiento-relajación de los vientos con una periodicidad cuasi-semanal. Un sector típico dentro de este régimen se puede identificar en relación al foco de surgencia de Punta Lengua de Vaca (30° S).

Más al sur, adyacente al Golfo de Arauco (38° S), los vientos favorables a la surgencia se presentan sólo durante la primavera y el verano austral, con un alto grado de variabilidad temporal.

Al sur de 42 °S los vientos son desfavorables a la surgencia la mayor parte del año ya que las mayores velocidades y persistencia se concentran en la dirección de norte a sur.

VARIABILIDAD INTRAESTACIONAL A INTERDECADAL

La variabilidad interanual del clima se manifiesta en la región a través de cambios de periodicidad irregular en la temperatura superficial del mar, la precipitación, la nubosidad y los vientos. Esta variabilidad está asociada, a su vez, con cambios en la posición e intensidad de la ZCIT, del anticiclón subtropical y de las trayectorias de las perturbaciones del frente polar.

En la etapa madura de la fase cálida de la Oscilación del Sur (El Niño), que coincide con el máximo debilitamiento del anticiclón subtropical en el verano austral, el sector norte de la faja costera presenta cambios en los mecanismos forzantes de la surgencia que se relacionan directamente con la presencia de aguas más cálidas, el desplazamiento al sur de la ZCIT (aumento de la surgencia al norte de 4 °N), el refuerzo y acercamiento a la superficie de la contracorriente de Perú-Chile y la profundización de la termoclina.

Durante la fase de desarrollo de El Niño en el invierno austral la parte subtropical de la faja costera árida y semiárida presenta una mayor frecuencia en la desviación hacia el ecuador de las trayectorias ciclónicas de latitudes medias y altas, resultando un aumento de la precipitación en Chile central.

Como consecuencia de lo anterior, los cambios más importantes en los mecanismos forzantes de la surgencia costera durante los eventos cálidos serían:

- a) el reforzamiento de la surgencia al norte de 4° N y el hundimiento de las aguas costeras y la inversión ocasional del gradiente térmico medio mar-tierra en Ecuador y norte del Perú, asociados con el desplazamiento al sur de la ZCIT.
- b) supresión del efecto de retroalimentación positiva del proceso de surgencia en los

- vientos costeros debido a la profundización de la termoclina;
- c) el desplazamiento al norte del área afectada por las depresiones costeras, con el consiguiente aumento en la intensidad y frecuencia de los eventos de surgencia en sectores donde esta tiene normalmente un carácter más permanente.

CAMBIOS POTENCIALES EN EL FORZAMIENTO DE LA SURGENCIA DEBIDOS AL CALENTAMIENTO GLOBAL

Cambios potenciales en el forzamiento meteorológico de los regímenes de surgencia costera a lo largo de la costa occidental de América del Sur derivados del aumento antropogénico en la concentración de gases con efecto invernadero, pueden ser estimados a través de los cambios previstos en la circulación atmosférica y oceánica que resultan de corridas de modelos de circulación general acoplados. Por ejemplo, cambios en la intensidad y posición del anticiclón subtropical, de la ZCIT y del cinturón de los oestes podrían ser previstos de esta manera.

Sin embargo, una estimación de posibles cambios en la magnitud, duración y frecuencia de los eventos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) parece ser más relevante en términos de la importancia que esta señal climática tiene en el clima de la región.

En esta línea de acción parece posible analizar resultados consensuales del modelamiento del impacto climático derivados del aumento del CO₂ en la atmósfera mediante modelos menos sofisticados. Por ejemplo, se ha sugerido una tendencia hacia anomalías climáticas de mayor amplitud en las regiones tropicales con temperaturas superficiales del mar (TSM) más altas en el Pacífico ecuatorial-tropical durante los eventos ENOS. En este caso aumentaría el área en que se alcanza el umbral térmico (TSM > 28 °C) para el desarrollo de la convección profunda, lo que implicaría una intensificación de las anomalías de precipitación en los trópicos.

En el contexto anterior, aguas costeras más cálidas durante los eventos de El Niño y el consiguiente aumento de la precipitación que se observaría en las costas del Ecuador y norte del Perú, favorecerían un desplazamiento hacia el sur del área de hundimiento anómalo de las aguas, confinando la región de surgencia y la aridez asociada a latitudes más altas.

En latitudes medias, los cambios previstos en el estado básico de la atmósfera incluyen un aumento en la intensidad de los oestes generado por un mayor contraste térmico entre las regiones tropicales y las latitudes altas en el hemisferio sur, producto de la mezcla profunda en el océano circumpolar. Esto implicaría, entre otras cosas, un desplazamiento al sur de la banda de acción de las depresiones costeras.

Cambios en los factores regionales, como el contraste de temperatura entre la tierra y el mar, podrían en una primera aproximación estimarse a través de modelos de balance de energía superficial. En efecto, el aumento de la contrarradiación atmosférica resultante del aumento en la concentración de CO₂ podría producir una disminución en el enfriamiento nocturno y una intensificación del calentamiento diurno, resultando un aumento del contraste térmico medio en áreas favorables a la surgencia. Esto sería sólo posible si el calentamiento del océano se retrasa respecto del de la tierra, como lo muestran algunos modelos.

PERTURBACIONES NATURALES Y ANTROPOGENICOS

EN ARRECIFES CORALINOS

Jorge Cortés

ABSTRACT

Natural and anthropogenic disturbances cause profound changes in coral reefs. In this paper, I will focus on some natural and human induced disturbances that have been studied in the eastern Pacific and southern Caribbean; these include, sea level change, temperature alterations, and water quality changes due to natural phenomena; eutrophication, fishing, and sedimentation as a result of human activity. These impacts will probably be enhanced, in most cases, by predicted global climate changes. The detail study and monitoring of these natural and anthropogenic disturbances will shed light on the way coral communities are structured and how they function.

INTRODUCCION

El cambio es lo único constante en los ecosistemas. Estos cambios tienen muchas escalas temporales y espaciales, desde la muerte de un individuo en unos segundos, hasta transformaciones que toman millones de años. Una de las principales fuentes de cambio en especies, comunidades, y ecosistemas son las perturbaciones naturales. Su magnitud, su impacto y las consecuencias que derivan de ellas son, en la mayoría de los casos, difíciles de determinar, pero su estudio es fundamental para entender el funcionamiento de los ecosistemas y para poder separar esos impactos de los causados por la actividad humana (Hughes 1993).

Endean (1976) enumera una serie de perturbaciones naturales y antropogénicas que afectan a los arrecifes coralinos. En el presente trabajo solo analizaré algunas de ellas. Primero, trataré impactos naturales de corta duración, i.e., cambios repentinos en el nivel del mar, alteraciones de temperatura de varios meses de duración, y deterioro en la calidad del agua, en escalas de unos cuantos años. No trataré cambios climáticos mayores, o del nivel del mar a lo largo de miles de años. Segundo, comentaré sobre los impactos antropogénicos más importantes a nivel mundial, identificados en una reunión reciente (Ginsburg & Glynn 1994): eutroficación, pesca, y sedimentación.

En la segunda sección de este trabajo analizaré las perturbaciones naturales y antropogénicas previamente mencionadas dentro del contexto del cambio climático global.

Finalmente, comentaré sobre la importancia de estudiar las perturbaciones naturales y antropogénicas como medio para entender la estructura, función, y recuperación de los arrecifes coralinos.

IMPACTOS NATURALES

Los cambios en el nivel del mar tienen consecuencias profundas en los arrecifes coralinos. Estos eventos pueden ser reversibles o irreversibles. Mareas bajas extremas durante los períodos de máxima insolación causan la muerte de corales, como se ha podido estudiar en Panamá (Eakin & Glynn 1996). Sin embargo, una vez que sube la marea se inicia el proceso de recuperación de las zonas someras. Hay otros cambios que no son reversibles, por ejemplo el cambio repentino en el nivel del mar como el ocurrido en la costa Caribe de Costa Rica durante el Terremoto de Limón de 1991.

Este sismo, de magnitud 7.5, provocó el levantamiento de la costa dejando permanentemente expuesto algunos arrecifes y causando la muerte de gran cantidad de organismos (Cortés *et al.* 1992, 1994a).

Los temperaturas extremas también son perjudiciales para los corales. Aguas frías causan desde una reducción en las tasas de crecimiento de los corales (Glynn & Stewart 1973), hasta su muerte (Glynn *et al.* 1983). Pero, parece ser que las temperaturas altas tienen efectos más severos (Glynn & D'Croz 1990). Durante El Niño de 1982-1983 las temperaturas del Pacífico Oriental superaron los niveles de tolerancia de los corales de la región, provocando su muerte masiva (Glynn *et al.* 1988; Glynn 1990, 1992).

Los arrecifes coralinos se desarrollan dentro de condiciones ambientales restringidas, por ello son especialmente sensibles al deterioro en la calidad del agua. La entrada de agua dulce y especialmente, si esta viene cargada de sedimentos causan la muerte de corales y una reducción en las tasas de crecimiento de las estructuras arrecifales (Cortés *et al.* 1994b).

IMPACTOS ANTROPOGENICOS

Tres impactos inducidos por el Hombre han sido identificados como los principales responsables del deterioro mundial de los arrecifes coralinos (Ginsburg & Glynn 1994): eutroficación, pesca, y sedimentación.

El desmedido crecimiento de la población humana en las zonas costeras y el uso indiscriminado de fertilizantes han resultado en la eutroficación de las aguas costeras. Este aumento en la cantidad de nutrimentos, generalmente desemboca en un cambio en los grupos predominantes: donde antes predominaban los corales ahora predominan las algas (Done 1992).

La pesca, entendida aquí no solo como la actividad en sí, sino como la actividad más todos sus impactos asociados, es otra de las causas importantes de deterioro de arrecifes. Prácticas de pesca destructivas, como el uso de explosivos y venenos causan alteraciones obvias (Munro *et al.* 1987). En otros casos, el impacto no es tan obvio; por ejemplo, la extracción de peces de arrecifes para acuarios, debe estar causando cambios importantes, sin embargo, esto no ha sido evaluado estrictamente.

Si bien los impactos mencionados anteriormente son determinantes en el deterioro de los arrecifes, ninguno está causando tanto daño como la sedimentación. La sedimentación está destruyendo los arrecifes coralinos del mundo (Rogers 1990; Ginsburg & Glynn 1994). Este aumento en la cantidad de sedimentos que bajan al mar se debe, sobre todo, a los siguientes factores: malas prácticas agrícolas, construcción de marinas, dragados, alteración de la zona costera (construcciones) y deforestación (Rogers 1990). La presencia de sedimentos en el agua reduce las tasas de crecimiento de los corales, su capacidad reproductiva, y en algunos casos les provoca la muerte (Cortés & Risk 1985).

CAMBIO CLIMATICO GLOBAL

Por cambio climático global se entienden todos aquellos cambios en el clima que tienen repercusiones en todo el planeta y que están afectando a los sistemas naturales (Wilkinson & Buddmeier 1994). Estos cambios, de alguna u otra forma, van a afectar a los arrecifes coralinos. Aquí voy a concentrarme en dos problemas: el calentamiento global y el cambio en el nivel del mar.

El planeta se ha venido calentando conforme han aumentado las concentraciones de gases de invernadero en la atmósfera (Houghton *et al.* 1990). Los corales ya se encuentran viviendo a temperaturas cercanas a su límite de tolerancia, así que aumentos de solo 1 o 2°C pueden resultar letales (Glynn 1992). Al yuxtaponer el calentamiento global con el calentamiento de las aguas ocurrido durante El Niño, se obtiene un impacto cada vez más seguido y de mayor magnitud sobre los arrecifes coralinos (Glynn 1991).

Asociado al calentamiento global está el aumento en el nivel del mar (Wigley & Raper 1992). Por un lado, la tasa de aumento en el nivel del mar es parecida a la tasa de crecimiento de los arrecifes. Por esta razón, es posible que un aumento en el nivel del mar favorezca el crecimiento arrecifal en aguas someras (Wilkinson & Buddemeier 1994). Por otro lado, un nivel del mar más alto produciría una mayor erosión costera y, consecuentemente, una mayor sedimentación en los arrecifes, que afectará su crecimiento (Neumann & Macintyre 1985).

La combinación de cambios climáticos globales con impactos antropogénicos probablemente se traducirá en un deterioro progresivo de los arrecifes coralinos.

ESTRUCTURA Y FUNCION DE LOS ARRECIFES CORALINOS

Los arrecifes coralinos son los ecosistemas marinos más complejos que existen. Las investigaciones llevadas a cabo en muchos arrecifes han arrojado datos sobre la diversidad, distribución y abundancia de las especies de corales que los construyen. En algunos arrecifes se ha estudiado la dinámica de los corales a través del tiempo (Hughes & Jackson 1985). Pero, ningún arrecife ha sido estudiado en forma holística, desde la reproducción y el reclutamiento hasta el crecimiento a largo plazo. Igualmente, sabemos algo sobre la función que cumplen algunas especies en el sistema, pero no tenemos idea exacta de qué pasaría si alguna de esas especies desapareciera.

Las perturbaciones naturales y antropogénicas son una oportunidad única para dilucidar la dinámica de las poblaciones, y la estructura de comunidades y ecosistemas (e.g., Glynn 1988; Karlson & Hurd 1993; Rogers 1993). Impactos como el de El Niño de 1982-1983 fué de una magnitud y extensión tan grande que jamás se podría repetir artificialmente. Este fenómeno ha permitido entender aspectos fundamentales sobre los arrecifes coralinos del Pacífico Oriental (Glynn 1988, 1992; Guzmán & Cortés 1993). En la mayoría de los arrecifes coralinos se da una gran redundancia de especies, i.e., hay varias especies cumpliendo la misma función. En el Pacífico Oriental, se ha reducido el número de especies de corales sin afectarse el funcionamiento del sistema. Pero, se ha podido comprobar también, que una diversidad baja de corales en un arrecife, resulta en una baja capacidad de recuperación. Esto se puede apreciar en los arrecifes del Pacífico Oriental, donde 13 años después de El Niño 1982-1983, la recuperación ha sido limitada (Glynn & Colgan 1992; Guzmán & Cortés 1992, Glynn 1994, Cortés en prensa).

ACCIONES

Las perturbaciones naturales son parte del funcionamiento de los ecosistemas. Ante ellas es poco lo que podemos hacer. La actividad humana, por su parte, está interfiriendo o potenciando los impactos naturales. Ante esta, tenemos más posibilidades de actuar: sus impactos podrían detenerse o, por lo menos mitigarse. Un manejo sostenible de las cuencas reduciría los problemas de eutroficación y sedimentación; la eliminación de formas destructivas y la pesca excesiva, contribuirían a la recuperación de los arrecifes coralinos.

Es importante, por lo tanto, brindar todo el apoyo posible a los programas de monitoreo e investigación de arrecifes coralinos. Solo así se podrá entender mejor el funcionamiento de estos sistemas, y solo así, se podrán manejar en forma sostenible.

AGRADECIMIENTO

Quiero hacer patente mi agradecimiento a la Comisión Colombiana de Oceanografía por su cordial invitación a participar en el X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar en Bogotá. A la Universidad de Costa Rica y al CONICIT (Costa Rica), les agradezco el apoyo económico que me han brindado. Gracias a él he podido dedicarme al estudio de los arrecifes coralinos. Le agradezco a María Marta Kandler la revisión del manuscrito.

RESUMEN

Las perturbaciones naturales y antropogénicas causan cambios profundos en los arrecifes coralinos. En este trabajo me centraré en algunas de estas perturbaciones, cuyos efectos han sido estudiados en el Pacífico oriental y en el sur del Caribe. Ellos son: cambios en el nivel del mar, alteraciones en la temperatura, y cambios en la calidad del agua debido a fenómenos naturales; eutroficación, pesca y sedimentación como resultado de la actividad humana. En algunos casos, estos impactos probablemente van a aumentar debido a los cambios climáticos globales que se están experimentando. El estudio detallado y el monitoreo de estas perturbaciones, naturales y antropogénicas, alumbrarán el camino para entender la forma en que los arrecifes coralinos están estructurados, cómo funcionan, y cómo se recuperan.

REFERENCIAS

- Cortés, J. En prensa. Biology and geology of coral reefs of the eastern Pacific. Proc. 8th Int. Coral Reef Symp., Panamá
- Cortés, J. & M.J. Risk. 1985. A reef under siltation stress: Cahuita, Costa Rica. *Bull. Mar. Sci.*, 36: 339-356.
- Cortés, J., R. Soto & C. Jiménez. 1994a. Efectos ecológicos del Terremoto de Limón. *Rev. Geol. Amér. Central*, vol. esp. Terremoto de Limón: 187-192.
- Cortés, J., I.G. Macintyre & P.W. Glynn. 1994b. Holocene growth history of an eastern Pacific fringing reef, Punta Islotes, Costa Rica. *Coral Reefs*, 13: 65-73.
- Cortés, J., R. Soto, C. Jiménez & A. Astorga. 1992. Death of intertidal and coral reef organisms as a result of a 7.5 earthquake. Proc. 7th Int. Coral Reef Symp., Guam, 1: 235-240.
- Done, T.J. 1992. Phase shift in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiol.*, 247: 121-132.
- Eakin, C.M. & P.W. Glynn. 1996. Low tidal exposures and reef mortalities in the eastern Pacific. *Coral Reefs*, 15: 120.
- Endean, E.R. 1976. Destruction and recovery of coral reef communities. In: O.A. Jones and R.E. Endean (Eds.), *Biology and Geology of Coral Reefs*, Vol. III, Biology 2: 215-255.
- Ginsburg, R.N. & P.W. Glynn. 1994. Summary of the Colloquium and Forum. Colloquium and Forum on Global Aspects of Coral Reefs: Health, Hazards and History. RSMAS, Univ. Miami, Florida: i-ix.
- Glynn, P.W. 1988. El Niño-Southern Oscillation 1982-1983: nearshore population, community, and ecosystem responses. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 19: 309-345.
- Glynn, P.W. 1990. Coral mortality and disturbance to coral reefs in the tropical eastern Pacific: 55-126. In: P.W. Glynn (ed.), *Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation*. Elsevier, Amsterdam.
- Glynn, P.W. 1991. Coral reef bleaching in the 1980s and possible connections with global warming. *Trends Ecol. Evol.*, 6: 175-179.
- Glynn, P.W. 1992. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs*, 12: 1-17.
- Glynn, P.W. 1994. State of coral reefs in the Galápagos Islands: natural versus anthropogenic impacts. *Mar. Poll. Bull.*, 29: 131-140.
- Glynn, P.W. & M.W. Colgan. 1992. Sporadic disturbances in fluctuating coral reef environments: El Niño and coral-reef development in the eastern Pacific. *Amer. Zool.*, 32: 707-718.

- Glynn, P.W. & L. D'Croz. 1990. Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Niño-coincident coral mortality. *Coral Reefs*, 8: 181-191.
- Glynn, P.W. & R.H. Stewart. 1973. Distribution of coral reefs in the Pearl Islands (Gulf of Panamá) in relation to thermal conditions. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 367-379.
- Glynn, P.W., E.M. Druffel & R.B. Dunbar. 1983. A dead Central American coral reef tract: possible link with the Little Ice Age. *J. Mar. Res.*, 41: 605-637.
- Glynn, P.W., J. Cortés, H.M. Guzmán & R.H. Richmond. 1988. El Niño (1982-83) associated coral mortality and relationship to sea surface temperature deviations in the tropical eastern Pacific. *Proc. 6th Int. Coral Reef Symp.*, Australia, 3: 237-243.
- Guzmán, H. M. & J. Cortés. 1992. Cocos Island (Pacific of Costa Rica) coral reefs after the 1982-83 El Niño disturbance. *Rev. Biol. Trop.*, 40: 309-324.
- Guzmán, H. M. & J. Cortés. 1993. Los arrecifes coralinos del Pacífico Oriental Ecuatorial: Revisión y perspectivas. *Rev. Biol. Trop.*, 41: 535-557.
- Houghton, J.T., G.J. Jenkins & J.J. Ephraums (eds.). 1990. *Climate change: the IPCC assessment*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Hughes, T. 1993. Disturbance: effects on coral reef dynamics. Special Issue. *Coral Reefs*, 12: 115-233.
- Hughes, T. & J.B.C. Jackson. 1985. Populations dynamics and life histories of foliaceous corals. *Ecol. Monogr.*, 55: 141-166.
- Karlson, R.H. & L.E. Hurd. 1993. Disturbance, coral reef communities, and changing ecological paradigms. *Coral Reefs*, 12: 117-125.
- Munro, J.L., J.D. Parrish & F.H. Talbot. 1987. The biological effects of intensive fishing upon coral reef communities: 41-49. In: B. Salvat (ed.), *Human Impacts on Coral Reefs: Facts and Recommendations*. Antenne Museum E.P.H.E., Moorea, French Polinesia.
- Neumann, A.C. & I.G. Macintyre. 1985. Reef response to sea level rise: keep up, catch up or give up. *Proc. 5th Int. Coral Reef Symp.*, Tahiti, 3: 105-110.
- Rogers, C.S. 1990. Responce of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 62: 185-202.
- Rogers, C.S. 1993. Hurricanes and coral reefs: the intermediate disturbance hypothesis revisited. *Coral Reefs*, 12: 127-137.
- Wigley, T.M.L. & S.C.B. Raper. 1992. Implications of climate and sea level of revised IPSS emission scenarios. *Nature*, 357: 293-300.
- Wilkinson, C.R. & R.W. Buddemeier. 1994. Global climate change and coral reefs: implications for people and reefs. Report of the UNEP-IOC-ASPEI-IUCN Global Task Team on the implications of Climate Change on Coral Reefs. IUCN, Gland, Switzerland, 124 pp.

ECOSISTEMAS COSTEROS E INTERACCION TIERRA-OCEANO EN EL PACIFICO DE SUR AMERICA. PLANTEAMIENTOS PARA UNA ESTRATEGIA REGIONAL.

José R. Stuardo, Ph.D. Depto de Oceanografía, Universidad de Concepción, Casilla 2407.
CONCEPCION CHILE.

Introducción.

La problemática actual y objetivos de la Oceanografía en el contexto de su importancia frente al estudio de los procesos y causas ligados a los cambios globales, implica poner en práctica compromisos y participar en objetivos de investigación que por ser multidisciplinarios e interdisciplinarios, y sobrepasar las escalas geográficas nacionales, requieren la participación deseable de un número cada vez mayor de investigadores calificados de todos los países ribereños en los distintos océanos del mundo. La planificación de proyectos ya en desarrollo como los programas JGOFS Y LOICZ de ICSU (ICSU, 1990), y diversos otros que se han iniciado con anterioridad así lo prueban. Tal interacción se ve más y más favorecida por la regionalización natural y las obligaciones y/o conveniencias de los nexos de tipo económico, político y cultural introducidas por la nueva realidad internacional, como ocurre con los países que bordean el Pacífico, el océano del futuro.

Desgraciadamente, la relativa capacidad y escaso número de investigadores de la mayoría de los países en desarrollo (a lo cual América Latina no escapa) es su mayor limitante para participar en tales proyectos, de modo que los mismos programas internacionales han buscado en el tiempo la manera de resolverlo, sin mucho éxito, a través de alguna forma de entrenamiento y promoviendo la colaboración entre países. Por otra parte, las tendencias profesionalizantes de la mayoría de los países latinoamericanos, muchos con economías fuertemente dirigidas a la explotación de los recursos marinos, si bien han logrado éxitos con especializaciones profesionales (no siempre comparables) tales como la de Biólogo Marino, Oceanólogo y otras modalidades en Pesquerías y Acuicultura, pueden desarrollar sólo algún grado de investigación aplicada, pero no han podido desarrollarla en el campo de la Oceanografía en general. Sólo la formación científica de postgrado en Oceanografía ha demostrado ser la condición indispensable para formar investigadores de buen nivel, y requiere con urgencia ser igualmente desarrollada a nivel universitario local, nacional y a lo menos subregional, reforzando las capacidades académicas con una cooperación Sur-Sur de países y de instituciones que persiguen intereses de investigación comunes; incorporando el complemento indispensable de algunas especializaciones a través de la asistencia técnica bilateral y del apoyo de las organizaciones internacionales; y, participando en todas aquellas acciones internacionales que promueven activamente el estudio de los océanos.

La realidad que enfrentan los países latinoamericanos del Pacífico respecto de estos desafíos inmediatos, se presenta objetivamente en la tabla 1, y demuestra que a menos que los distintos países se incorporen a las organizaciones que promueven la investigación internacional y que en el corto plazo se concreten las posibles estrategias que permitan el desarrollo de la investigación nacional e internacional participativa y trascendente, la brecha del conocimiento científico y tecnológico entre países continuará aumentando, con todas las desventajas que implica para sus propios desarrollos.

Tabla 1. Educación superior en Oceanografía y afiliación a organizaciones internacionales de investigación n como indicadores del desarrollo de la Oceanografía en los países de América Latina. (Datos de ICSU Year Book, 1996; SCOR Handbook, 1995 y otras fuentes). ICSU= International Council of Scientific Unions; SCOR= Scientific Committee on Oceanic Research; ICBP= International Geosphere-Biosphere Program; JGOFS= Joint Global Ocean Flux Study; LOICZ= Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone; PORSEC= Pacific Ocean Remote Sensing Conference.

País	SCOR	Afiliación a		Carreras y programas	
		JGOFS/LOICZ (del IGBP)	PORSEC	Pregrado Biol.Mar./ Pesqu.	Postgrado Oceanogr./ Pesqu.
México	x	x	x	x	x
Guatemala	-	-	-	-	-
Honduras	-	-	-	-	-
El Salvador	-	-	-	-	-
Nicaragua	-	-	-	-	-
Costa Rica	-	-	-	?	-
Panamá	-	-	-	-	-
Colombia	-	x (LOICZ)	x	x	-
Venezuela	-	x (?)	-	-	- (?)
Ecuador	-	-	-	x	-
Perú	-	x (?)	-	x	-
Chile	x	x	x	x	x
Argentina	x	x (?)	-	x (Oceanogr.)	-
Brasil	x	x	-	x	x

Zona costera y ambientes costeros.

Sin duda, los intereses de investigación de los distintos países están centrados en la actualidad tanto en la explotación y conservación de sus recursos costeros y sus ambientes, como en los cambios que afectan a la supervivencia del hombre y los ambientes que interviene. Afortunadamente, estos grandes objetivos han sido y son preocupación de diversos grandes programas internacionales de investigación cuya contribución y trascendencia, y sus modificaciones en el tiempo, es necesario conocer y evaluar como complemento de las acciones que promuevan las estrategias de desarrollo nacional y regional. Desde estos puntos de vista, se ha acuñado un concepto de zona costera que ha cambiado desde un objetivo descriptivo de estructura ecológica a uno de función global que considera tanto la interacción de los ecosistemas con el ambiente, como su variación por efectos naturales y por la acción del hombre.

Este concepto fue ya adelantado por Ketchum (1972) quien definió Zona Costera como:

“ la franja de tierra firme y espacio oceánico adyacente (agua y tierra sumergida), en la cual la ecología terrestre y el uso del suelo afectan directamente la ecología del espacio oceánico, y viceversa. La zona costera es una franja de ancho variable que bordea los continentes, los mares interiores y los Grandes Lagos. Funcionalmente es la amplia interfaces entre tierra y agua donde los procesos de producción, consumo e intercambio ocurren a altas tasas de intensidad. Ecológicamente, es un área de dinámica actividad biogeoquímica, pero con limitada capacidad para sostener varias formas de uso humano.

Geográficamente, la frontera terrestre de la zona costera es necesariamente vaga. Los océanos pueden afectar el clima hasta muy adentro de la tierra . La sal del océano penetra en los estuarios a distancias variables dependiendo fundamentalmente de la geometría del estuario y el flujo del río, las mareas oceánicas pueden extenderse aun mas lejos río arriba que la penetración de la sal. Los contaminantes que se añaden a la parte dulce del río finalmente alcanzan el mar a través del estuario (Ketchum, 1972; Sorensen et al. 1990).

En la actualidad la necesidad de predecir los impactos del cambio global sobre la zona costera, llevó al proyecto LOICZ (Interacción tierra-océano en la zona costera) del Programa de la Biosfera y la Geosfera (IGBP) ha enfatizar en una primera definición esa interacción en su dimensión reciente: **Espacio en que los ambientes terrestres influyen a los ambientes marinos (o lacustrinos) y vice versa (Carter, 1989; IGBP, 1990)**

Posteriormente, proyectando esa interacción a escalas de tiempo geológico, ha preferido definirla como: **Espacio que se extiende desde las llanuras costeras al borde externo de las plataformas continentales, coincidiendo aproximadamente con la región que ha sido alternativamente inundada y expuesta durante las fluctuaciones del nivel del mar durante el período Cuaternario tardío. (LOICZ, 1994)**

Indudablemente, mas allá del concepto de “espacio costero” que estas definiciones aclaran, se hace necesario proyectar las interrelaciones a las diferentes zonas geográficas y biogeográficas que caracterizan a las distribución latitudinal natural de los ecosistemas naturales y de los sistemas sociales del hombre que dependen de ellos, para los que la naturaleza del cambio global variará. En consecuencia, una primera aproximación para un análisis de las interrelaciones posibles en distintas

zonas costeras deberá definirse en una matriz basada en factores tales como circulación oceánica y costera, características climáticas de latitud, de fisiografía y de la biota que las habita.

Algunas de las generalizaciones planteadas por diversos documentos y en particular por LOICZ (ICSU, 1993), reconocen a lo menos cinco categorías, de las cuales las tres primeras corresponden a zonas climáticas y las dos últimas a ecosistemas costeros: , diferenciables en las costas del Pacífico Latinoamericano por

- **Áreas costeras tropicales y subtropicales** afectadas por incrementos rápidos en población, contaminación urbana y explotación severa de los recursos vivos así como por los efectos de deforestación. Muchas islas de bajo relieve y arrecifes serán amenazados por un aumento del nivel del mar acelerado.
- **Áreas costeras templadas** caracterizadas por contaminación industrial y agrícola, ingeniería costera extensiva y prácticas pesqueras (incluyendo acuicultura) muy eficientes.
- **Áreas polares y subpolares** que son vulnerables a una combinación de fuerte erosión costera por elevación del nivel del mar, degradación del permafrost por el calentamiento global y aumento de la exposición a la luz ultravioleta.
- **Sistemas deltaicos** que son los mayores centros de población y muy susceptibles a los efectos del aumento del nivel del mar y subsidencia, debido a la disminución de los sedimentos riverinos (fluviales) y a fuertes hundimientos locales de la superficie del terreno por causas locales inducidas por el hombre.
- **Sistemas de surgencia** representando las mayores entradas de nutrientes oceánicos a la zona costera que son controlados por variaciones del clima oceánico (e.g. Eventos ENSO).

La diferenciación de las tres zonas climáticas en las costas del Pacífico Oriental Latinoamericano, es coincidente con las características de la circulación oceánica y las masas de agua tropicales reconocidas en el Pacífico Oriental Ecuatorial; con los efectos frío-templados en el Pacífico Sudoriental de la Corriente de Humboldt en las costas de Perú y en el norte y centro de Chile y de la Corriente del Cabo de Hornos en Chile Austral; y el efecto frío de la Corriente Circumpolar Antártica en las islas del extremo sur de Sudamérica y la Antártica. Sin embargo, se hace necesario identificar cuales son los ecosistemas costeros existentes.

Identificación de los ecosistemas costeros y proyecciones de su investigación.

Tan importante como desarrollar el concepto de zona costera ha sido el de reconocer a los ecosistemas costeros que caracterizan a las costas latinoamericanas. Con tal objeto la UNESCO propuso a comienzos de los años 80 desarrollar un componente regional del Proyecto COMAR (con componentes complementarios en Asia y Africa) denominado "Proyecto Regional de Formación e Investigación sobre Ecosistemas Costeros de América Latina (UNESCO, 1983). Si bien nunca contó

con el financiamiento para poder desarrollarlo integralmente , una primera reunión regional permitió definir los ecosistemas mas importantes, sus problemas y procesos mas característicos y estableció las prioridades de estudio.

Se diferenciaron los siguientes:

1. De manglares y humedales.
2. De Lagunas Costeras.
3. De arrecifes de coral.
4. De playa arenosas.
5. De litoral rocoso.
6. Estuarios y deltas, diferenciables en:
 - ecosistemas estuarinos de tipo fluvial
 - ecosistema estuarino de tipo fiordos australes
7. De surgencias costeras.

El diagnóstico general identificó problemas y procesos similares en todos ellos con gradaciones diferentes, pero como un aspecto importante de las características geográficas subregionales se reconocían diferencias en el estudio de estos sistemas según se tratara de "islas pequeñas", "islas grandes" y "márgenes continentales. Los problemas identificados fueron: erosión, contaminación, eutroficación, sedimentación, sobreexplotación de recursos vivos y sobreexplotación de recursos no renovables, con distintos grados de prioridad para los distintos ecosistemas y su localización en islas y márgenes continentales. Similares diferencias se plantearon para el análisis de los procesos siguientes: desagote de agua (tiempo de desagote), adsorción/desorción de sedimentos (interacción entre sólidos), dinámica costera, surgencias, procesos de mezcla, régimen hídrico, disipación de energía, ciclos de nutrientes, degradación de materia orgánica, dispersión de sedimentos y tasas de deposición, producción, estrategias de reclutamiento e interacción entre ecosistemas (UNESCO, *op.cit.*)

En reuniones posteriores se propondría reagrupar los ecosistemas de las costas cálido-templadas y del Pacífico Latinoamericano de la siguiente manera (Stuardo, 1986,1991) .

Ecosistemas costeros episódicos (transitorios o estacionales).

1. De florecimiento.
 - mareas rojas
2. Climáticos
 - El Niño
 - La Niña

Ecosistemas costeros permanentes.

3. De litoral rocoso.
4. De playas arenosas.
5. De fondos sublitorales.
6. De surgencias costeras y neríticos.
7. Deltaicos .
8. De estuarios y lagunas costeras.
9. De marismas y humedales.
 - (- de pastos marinos)
10. De bahías cerradas, canales y fiordos de tipo estuarino austral.

Después de 10 años de desarrollo del Proyecto en distintas partes del mundo, una Conferencia Regional realizada en París (UNESCO, 1992) llamaba la atención a que la aproximación de la investigación global podría considerarse como una manera y no como el medio para los esfuerzos de investigación hechos por los programas regionales, estableció un conjunto de recomendaciones que es muy importante considerar en estudios ya sea de tipo nacional, subregional y regionales futuros,

- 1.- Continuar los estudios científicos locales, regionales y globales relevantes a los ecosistemas costeros. A los niveles local y regional la investigación científica debería aportar el conocimiento para el manejo, uso sostenible y conservación de los diversos ecosistemas, apuntando a la preservación de la diversidad biológica y al balance de la línea costera.
- 2.- Dar prioridad a proyectos específicos para la rehabilitación de áreas degradadas y de aquellas consideradas para el desarrollo.
- 3.- Reconocer la urgente necesidad de estimular investigación básica y aplicada sobre la relación entre la oceanografía física y biológica de la costa cercana (near-shore) y oceánica (off-shore).
- 4.- Estimular el monitoreo a largo plazo de los parámetros generalmente invocados en las discusiones de cambios climáticos, e.g. temperatura, cambios del nivel del mar, en particular en aquellos casos donde las variaciones de estos parámetros son amplias o mayores que lo que se espera globalmente por algunas o muchas décadas.
- 5.- Iniciar programas de investigación científica y socioeconómica sobre ecosistemas costeros, dirigidos a formular políticas y estrategias de zonas costeras sobre tópicos ambientales y de desarrollo; y estimular la distribución de los resultados del proyecto dentro de la red del programa, incluyendo el suministro de información a administradores de recursos y la comunidad en general.
- 6.- Evaluar el problema de la distribución de literatura entre los diferentes programas regionales, siguiendo al menos los dos caminos siguientes: (a) asegurar que la información publicada por los diferentes programas regionales alcance a los subprogramas intra-regionales y/o a grupos de investigación afines de fuera de la región; y (b) que se haga un esfuerzo para responder a las necesidades bibliográficas de los programas, por ejemplo, traduciendo artículos claves luego de una cuidadosa selección.
- 7.- Reforzar la cooperación y coordinación entre los programas y aquellos de las organizaciones internacionales, incluyendo ONGs.
- 8.- Considerar la aplicación de medidas preventivas y correctivas a la pérdida de biodiversidad y al desbalance entre sistemas vivos y no vivos debido a las actividades antropogénicas o eventos naturales episódicos o catastróficos, provenientes de estudios en sitios específicos.

- 9.- En futuros programas sobre manglares, estimular nuevas estrategias de investigación dirigidas a comprender mejor las interacciones complejas que ocurren entre ecosistemas costeros de manglares y pesquerías de mar abierto (off-shore).
- 10.- Estimular el establecimiento de programas de investigación que evalúen el rol de los ríos en los ecosistemas, particularmente en lugares donde este tipo de investigación no se haya realizado.
- 11.- Proponer y llevar a cabo estudios sobre erosión de playas y publicitar casos de estudio e información dirigida a legisladores, administradores y comunidades, para permitirles tomar decisiones informadas frente a actividades desarrolladas sobre o detrás del cordón de playas. Donde sea posible, deberían usarse medidas de manejo basadas en la dinámica natural de los ecosistemas que tienden a estabilizar la zona costera.
- 12.- Estimular el desarrollo de nuevos programas y/o conexiones entre programas regionales en marcha con el objeto de formular nuevas propuestas de investigación dirigidas al estudio de ecosistemas similares entre diferentes regiones del mundo. Se identificaron dos atractivos ecosistemas: (a) los ecosistemas de fiordos del sur de Chile, Nueva Zelanda y Canadá; y (b) las corrientes de Humboldt y de Benguela.

La incorporación del desarrollo y el Proyecto CSI de UNESCO.

La aplicación de los acuerdos de la AGENDA 21 DE UNCED harían necesario elegir algunos de los objetivos de COMAR, replanteándolos recientemente en un nuevo proyecto denominado de "Ambiente y Desarrollo en Regiones Costeras e Islas Pequeñas" (CSI) que en sus objetivos actuales, envuelve a 4 proyectos pilotos que se desarrollan a un nivel sub-regional en los países de las islas del Pacífico, Africa Oriental (prioritaria), Asia Sud-Oriental y región del Caribe. Los proyectos tienen relación con:

- 1) Desarrollo sostenido de pequeñas islas por medio del manejo integrado de los recursos de agua dulce incorporando a las comunidades locales. (Agotamiento de los recursos naturales renovables y no-renovables.)
- 2) Desarrollo sostenido de la zona costera por medio del planeamiento integrado y manejo dirigido a mitigar los impactos de la inestabilidad de la línea costera. (Reducción de los desastres naturales.)
- 3) Manejo integrado de la diversidad biológica para el desarrollo sostenido costero. (Pérdida de la biodiversidad.)
- 4) Mantenimiento y manejo de la productividad del ecosistema costero para el desarrollo sostenido de las comunidades humanas. (Contaminación y degradación ambiental.)

Se ha establecido que cada proyecto apoye actividades en tres áreas:

- a) dimensiones cultural y socio-económica , incluyendo las prácticas de manejo tradicionales;
- b) análisis técnico y científico; y,
- c) entrenamiento, educación comunitaria y conciencia pública.

Este programa está en su desarrollo inicial y se espera que la información y experiencia que emane de estas actividades catalice las soluciones para problemas similares en otras áreas geográficas.

Los efectos del cambio global y el Proyecto LOICZ.

A comienzos de esta década y como parte del programa de investigación sobre el cambio global iniciado por el IGBP (ICSU, 1990), se propusieron diversos proyectos para abordar la problemática de los impactos a estudiarse en los continentes, en los océanos y en la zona costera o de contacto entre estos grandes ambientes en el marco del objetivo general de IGBP que es:

“Describir y comprender la interacción de los procesos físicos, químicos y biológicos que regulan el sistema terrestre total - el único ambiente que sustenta a la vida -, a los cambios que ocurren en este sistema y la manera en la que ellos son influenciados por las acciones humanas”

Uno de los proyectos específicos propuesto para el estudio de las interrelaciones o efectos de la interacción y la formulación de estrategias de manejo integrado para el uso sostenido de los recursos y ambientes costeros, se denominó LOICZ (Land- Ocean Interactions in the Coastal Zone).

Sin duda, un estudio tan complejo exige un grado de conocimiento de las posibles causas y efectos del cambio global y de sus posibles impactos sobre la zona costera que aún no se ha alcanzado y muchas de las generalizaciones propuestas durante las dos últimas décadas son estimaciones a menudo inexactas, lo que se ha demostrado en el análisis de la información que ya existe como respaldo al proyecto y que se entrega periódicamente como aporte a su desarrollo (IGBP 1990, 1993, 1995 ; Paoli, 1995) .

Por ejemplo, se ha exagerado la posible alza del nivel eustático del mar que es de apenas 1-2 mm a⁻¹ , comparativamente a la subsidencia y recesión de algunas líneas de costa causados por procesos naturales o antropogénicos.. Efectivamente, el incremento de la minería del petróleo y del gas natural, del uso del agua de los deltas, y la reducción del transporte sedimento de los ríos a nivel mundial por el aumento de represas, junto a la gran escala de los proyectos de irrigación y uso del agua, causa cambios regionales relativos del nivel del mar que son de un orden de magnitud mayor que el aumento eustático del nivel del mar. Muchas tierras bajas costeras altamente productivas y densamente pobladas son amenazadas por tales cambios.

Por otra parte, el estudio de la estructura y función de los ecosistemas costeros y de los procesos que ocurren en los mares someros que cubren las plataformas continentales (por la elevación del nivel del mar al final de la última Edad Glacial) ha demostrado que sirven como un recipiente de reacción para todo el material de origen natural o antropogénico, incluyendo nutrientes, los que pueden ser reciclados allí muchas veces antes de ser finalmente fijados en los sedimentos o exportados al océano abierto, determinando una mucho mayor productividad con efectos positivos para la cosecha de peces e invertebrados marinos. En el hecho, se calcula que anualmente alrededor de 0,4 gigatonnes de C orgánico en forma disuelta y particulada alcanzan el océano via la descarga de los ríos, cantidad que puede ser parcial o totalmente respirada, formando así una fuente potencial natural de CO₂ para la atmósfera. Cuanto es lo que se respira en realidad se desconoce, ya que aparentemente mucho del carbón riverino (específicamente el carbono orgánico disuelto) es altamente inerte y se mezcla conservativamente con el agua de l océano. Además, el aporte antropogénico de los nutrientes (nitrato y fosfato) a los mares costeros vía los ríos y a través de la descarga directa de los desechos puede producir ahora mas biomasa y, en consecuencia, puede constituir un nuevo sumidero adicional para el carbono atmosférico del orden de 0,07-0,12 Gt C a⁻¹.

Los aportes de Carbono, nutrientes, agua dulce y sedimentos de origen terrestre entran a la zona costera por las bocas de los ríos. Cambios en estos aportes tienen consecuencias mayores no sólo para la zona de mezcla entre agua dulce y agua de mar que identifican a los estuarios en el sentido mas amplio, sino también para todo el balance de sedimento, carbono y nutrientes de la zona costera, mas allá de la corriente de la boca de los ríos. De allí que el estudio del desagote de las grandes cuencas sea una labor fundamental para poder relacionar la descarga del agua continental con el transporte de materiales y los aportes de agua dulce sea uno de los temas de investigación que requiere un mayor aporte de los países en desarrollo ya que las compilaciones existentes muestran aún grandes vacíos, principalmente en los ríos de la vertiente del Pacífico latinoamericano.

En consecuencia, los mares costeros son de interés primario a la humanidad ya que no solo juegan un rol importante en el ciclo global del carbono (disturbado y no disturbado), sino que también su comportamiento interno afecta sus altas productividades. Las amplitudes de los procesos cíclicos naturales no puede ser aumentado mas allá los umbrales críticos, donde los sistemas cambian repentinamente a algún otro modo de funcionamiento, como ocurre cuando la oxidación de la materia orgánica consume todo el oxígeno y el sistema cambia de respiración óxica a anóxica, usando sulfato como donante de oxígeno y generando H₂S que mata a toda vida superior dentro y sobre el sedimento y también sobre el agua suprayacente. Así ocurre también en otro umbral cuando una fotosíntesis rápida usa el anhídrido carbónico del agua aumentando la concentración del ión carbonato y el pH, lo que algunas partes de la biota marina no pueden tolerar, desapareciendo de la columna de agua y originando florecimientos masivos de unas pocas especies oportunistas como son los dinoflagelados.

Si los cambios en el ambiente abiótico afectan a diferentes especies de manera diferente, alterando por lo tanto el balance entre las diversas especies de la comunidad biótica como un todo, y el rol del subsistema biológico en los ciclos biogeoquímicos; y si la capacidad buffer de los sistemas biológicos en términos de la lentitud de sus respuestas a los niveles crónicos o bajos del forzamiento externo, demora y puede aun enmascarar la respuesta total del sistema y las respuestas no-lineares son a menudo características de los subsistemas biológicos, las dificultades para modelar los procesos en los sistemas costeros y las posibilidades de predecir el impacto de los cambios aún debido sólo al

uso humano de ellos es todavía muy difícil. En último término se espera agrupar a r las zonas costeras en clases de mayor similitud, para poder posteriormente sumar los resultados de presupuestos de carbono total, o construir cajas o modelos dinámicos de los procesos de la zona costera a todos los niveles. Esto implica, desde modelos de procesos que investigan las reacciones del forzamiento físico y químico, y modelos de presupuesto (budget) que traten de elucidar los balances de masa en regiones geográficas específicas y marcos de tiempo, a modelos de sistemas que ajusten los modelos de circulación general regional con modelos de procesos biogeoquímicos, sedimentológicos o meteorológicos tomando como base el Carbono y los macronutrientes nitrato, fosfato y silicato.

Debido a la importancia central de la zona costera para la humanidad, esta información se usará para investigar posibles feedbacks sobre las poblaciones costeras y el ambiente y contribuirá a la formulación de estrategias de manejo integrado para el uso sostenido de los ambientes y recursos costeros (IGBP, *op.cit.*).

Un resumen de los objetivos de este importante proyecto internacional es el siguiente:

Los objetivos de LOICZ. (IGBP, 1993)

1. Determinar a escala global y regional:
 - a) Los flujos de materiales entre la tierra, el mar y la atmósfera a través de la zona costera.
 - b) La capacidad de los sistemas costeros para transformar y acumular MOD y MOP.
 - c) Los efectos de los cambios en las condiciones de forzamiento externo sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas costeros.
2. Determinar como los cambios en el uso de la tierra, del clima, del nivel del mar y las actividades humanas alteran los flujos y la retención de materia particulada en la zona costera y afectan la morfodinámica costera.
3. Determinar como los cambios en los sistemas costeros, incluyendo respuestas a entradas variables terrestres y oceánicas de materia orgánica y nutrientes, afectarán el ciclo global de carbono y la composición de gases traza de la atmósfera.
4. Evaluar como afectarán las respuestas de los sistemas costeros al cambio global a la habitación y uso por humanos de los ambientes costeros, y a desarrollar mejor las bases científicas y socio-económicas para el manejo integrado del ambiente costero.

Se ha propuesto responder a estos objetivos concentrando la investigación en los siguientes focos y actividades de investigación:

Foco 1. Los efectos de los cambios en el forzamiento externo de las condiciones límite de los flujos costeros.

Actividad 1.1. Dinámica del desagote de la cuenca y entrega.

Actividad 1.2 Aportes atmosféricos a la zona costera.

Actividad 1.3 Intercambios de materia y energía en el borde de la plataforma.

Actividad 1.4 Desarrollo de modelos pareados para los sistemas costeros.

Foco 2. Biogeomorfología costera y cambio global.

Actividad 2.1 El rol de los ecosistemas para determinar la morfodinámica costera bajo condiciones ambientales variables.

Actividad 2.2 Respuestas biogeomorfológicas costeras a actividades antropogénicas.

Actividad 2.3 Reconstrucción y predicción de la evolución de la zona costera como una consecuencia del cambio global.

Foco 3. Flujos de carbono y emisiones de gases traza.

Actividad 3.1 Ciclamiento de materia orgánica dentro de los sistemas costeros

Actividad 3.2 Estimación de flujos netos de N₂O y CH₄ en la zona costera.

Actividad 3.3 Estimación de emisiones costeras globales de Dimetilsulfuro.

Foco 4. Impactos económicos y sociales del cambio global en los sistemas costeros.

Actividad 4.1 Evolución de los sistemas costeros bajo diferentes escenarios de cambio global

Actividad 4.2 Efectos de los cambios a sistemas costeros sobre actividades sociales y económicas

Actividad 4.3 Desarrollo de estrategias mejoradas para el manejo de recursos costeros.

Relaciones entre las actividades humanas y la zona costera.

La preocupación del hombre por los cambios que produce en la zona costera y en la explotación de sus recursos viene ya de varias décadas atrás y se ha analizado en diversas monografías en los distintos contextos de ordenación, desarrollo y manejo costero y manejo integrado de la zona costera. (Snedaker y Getter, 1985; Carter, 1989 ; Sorensen et al., 1990; Paskoff, 1993; Clark, 1996) Existe especial interés por los diagnósticos en zonas tropicales, incluyendo las costas de Centro América (Foer y Olsen, 1992) y por el uso de los denominados espacios marítimos en general (e.g. Della Croce et al., 1993). Las relaciones generales y los efectos de las actividades humanas sobre la zona costera agrupadas en urbanización y transporte; agricultura (algunas pautas de manejo incluyen bosques); turismo, recreación y caza; pesquerías y acuicultura; e industrias incluyendo producción de energía, se resumen en la tabla 2. Los efectos degradantes o tipos de problemas producido por los distintos agentes son a menudo convergentes, resultando en eutroficación, polución del agua, pérdida de habitats y diversidad biológica, riesgos a la salud humana, etc.

De interés es también considerar que la escala de tiempo en que se manifiestan las disturbancias originadas en estos cambios y los causados por alteraciones ambientales de origen natural con efecto local, regional o global puede variar desde años a décadas y siglos (tabla 3).

Tabla 2. Relaciones entre actividades humanas y problemas de la zona costera.

Actividad humana	Agentes /consecuencias	Problemas de degradación
Urbanización y transporte	Cambios de uso de la tierra; congestión de caminos, vías férreas y aéreas; dragados y depósitos de sedimentos en puertos; derrames en el mar; sustracción de agua; agua de desecho; vertimiento de desechos; puertos.	Eutroficación; pérdida de habitats y diversidad biológica; intrusión intrusión visual; disminución de la tabla de agua subterránea; intrusión de agua salada; polución del agua; riesgos a la salud humana.
Agricultura	Reclamo de tierras; uso de fertilizantes y pesticidas; densidad de ganado y otros; sustracción de agua; canalización de ríos.	Eutroficación; pérdida de habitats y diversidad biológica; polución del agua; reducción de las entradas de agua dulce a aguas costeras
Turismo, recreación y caza.	Cambios en el uso de tierra; congestión aérea, caminos y vías férreas; puertos y marinas; sustracción de agua; vertimientos de desechos y agua de desecho.	Eutroficación; intrusión visual; disminución de la tabla de agua subterránea; intrusión de agua salada en acuíferos; polución del agua; riesgos a la salud humana; pérdida de habitats y diversidad biológica.
Pesquerías y acuicultura	Construcción de puertos; facilidades para procesamiento de la pesca; artes de pesca; efluentes de acuaculturas.	Sobrepesca; impactos sobre especies acompañantes; basura y petróleo en playas; disturbancia de sedimentos; polución del agua; eutroficación.
Industrias, incluyendo producción de energía	Cambios en el uso de la tierra; plantas térmicas; extracción de recursos naturales; efluentes de plantas; agua de enfriamiento; molinos de viento; papeleras; embalses de ríos y mareas.	Polución del agua; disminución en aportes aguas dulces y sedimentos a la zona costera; contaminación termal; eutroficación; intrusión visual; pérdida de habitats y diversidad biológica; erosión costera.

**Tabla 3. Naturaleza, escalas de espacio y tiempo del cambio en el límite tierra-océano .
(de LOICZ, 1993)**

Tipo de cambio	Escala del impacto	Tiempo de recuperación ambiental
Variabilidad climática natural; tormentas	Local / Regional	Semanas / Años
Monzones; variabilidad de los tipos de circulación costera y de la plataforma	Regional	Meses
Eventos ENSO	Regional	Años
Disturbancia física (e.g. ingeniería costera)	Local / Regional	Años / Décadas
Disturbancia química (eutroficación; contaminación)	Local / Regional	Años / Décadas
Disturbancia biológica (uso de recursos vivos)	Regional / Global	Años / Décadas
Uso de tierra y ríos a escala continental	Regional / Global	Décadas / Siglos
Aumento del nivel del mar	Global	Décadas / Siglos
Clima global	Global	Décadas / Siglos

Concepto de Unidad Ambiental: el caso de una hoya hidrográfica de Chile central.

Los intentos de aplicar un orden territorial a las estrategias de desarrollo sectorial o multisectorial, requieren a menudo de nuevos conceptos englobadores que expresen mejor la relación entre los componentes ambientales, la planificación y el desarrollo. Tal es el concepto de "Unidad ambiental" definido como el: **Conjunto de componentes ecosistémicos cuya estructura y función responden a una caracterización socioeconómica regional** (Della Croce, Parra, Stuardo, et al. 1992). Este concepto fue introducido y derivado a la vez de un Proyecto Internacional de la Cooperación Italiana, apoyado por el Consejo de Europa denominado "Proyecto EULA" (por Europa-América Latina), dirigido al estudio del desarrollo de una región completa de la zona central de Chile, de más de 24.000 km², cuyos espacios territoriales dependen del uso del agua proveniente de la gran hoya hidrográfica del Río Biobío y que, a su vez, siguiendo el principio del "continuum del río", influyen funcional y estructuralmente a una de las zonas costeras más productivas del Pacífico adyacente, y la primera en producción pesquera actual en Chile.

Los estudios realizados entre 1990 y 1993, con la participación de investigadores de cinco universidades chilenas y de quince italianas ha significado la publicación de más de 20 volúmenes de resultados, de los cuales la mitad corresponde a investigaciones realizadas en la zona costera y océano costero incluyendo tópicos básicos de oceanografía física, química, geológica y biológica, ecosistemas estuarinos y bentónicos, algas, pesquerías, contaminación y gestión de la zona costera y oceánica (Faranda et al., 1994). Estos estudios fueron complementados por otros similares realizados en los ambientes terrestre y dulceacuícola.

Sin embargo, una contribución igualmente muy importante y necesaria propia de este tipo de cooperación internacional fué el desarrollo simultáneo de un programa formativo de técnicos diplomados y de un postgrado en Ciencias Ambientales, junto a la creación de un Centro ad hoc en la Universidad de Concepción, con la infraestructura y equipamiento de punta necesario para todo tipo de análisis ambiental. Basado en la experiencia de algunos programas similares en Estados Unidos y Europa, el plan formativo de postgrado se desarrolla con la metodología de aprendizaje por investigación (on the job training), con proyección nacional e internacional. Las tesis doctorales realizadas hasta ahora en el marco multidisciplinario propio de las Ciencias Ambientales, representan aportes importantes a la investigación y planificación del desarrollo local y nacional.

En general, el proyecto inicial y su proyección continuada al estudio de otros problemas ambientales nacionales, representa un ejemplo único de cooperación internacional y de interacción institucional en Chile factible de ampliarse o repetirse en otros países de la región como fuera planificado inicialmente, y si el interés de los distintos países así lo determina. Por ahora, se estudia en el marco de los proyectos ALFA un programa internacional de educación ambiental de postgrado con diversos países europeos y latinoamericanos. Tal ejemplo, debería ser seguido por otros países de la costa Pacífica latinoamericana.

El desarrollo de fortalezas en Oceanografía con la cooperación regional e internacional.

La necesidad de alcanzar las fortalezas necesarias para el desarrollo y la práctica de las investigaciones nacionales, subregionales y regionales en la Zona Costera y Océano Costero, expresada vehementemente por todas las organizaciones y programas internacionales en las últimas décadas es ya ineludible, y requiere de la búsqueda de las estrategias que permitan realizarlo. De la misma manera, durante ese período la experiencia ha mostrado que las instituciones aisladas y aún cada país individualmente, no pueden alcanzar en el corto plazo las masas críticas necesarias para lograrlo, aunque hayan desarrollado una infraestructura parcialmente adecuada; de modo que la cooperación interinstitucional e internacional a través de los mecanismos de cooperación académica y de asistencia técnica entre instituciones y países, debe buscarse y ponerse en práctica al más corto plazo posible.

Coincidentemente y con el mismo objetivo de apoyar la cooperación a nivel regional (Sur-Sur), la UNESCO creó el programa UNITWIN ("tejer juntos") de Cátedras en Ciencia y Tecnología, una de las cuales fue solicitada en el año 1992 para el desarrollo de la Oceanografía Costera en los países e instituciones que integraban la parte sur (ecosistemas costeros templados) del Proyecto COMAR-COSALC antes mencionado.

La Cátedra está centrada inicialmente en el programa de postgrado en Oceanografía de la Universidad de Concepción, Chile y consiste de un pequeño grant anual para ofrecer cursos avanzados, cortos e intensivos de dos a tres semanas de duración dictados por algunos connotados especialistas de las universidades participantes y de países desarrollados y becas de pasajes y matrícula para jóvenes especialistas y estudiantes graduados de la red y de la región. Tal gestión, ha permitido, sin embargo, obtener ayuda complementaria de organizaciones de asistencia técnica de distintos países y el apoyo solidario de destacados científicos de distintas universidades indicadas en la Tabla 5. Muy significativamente ha obtenido, además, el apoyo de becas otorgadas por el DAAD de Alemania para estudiantes latinoamericanos (no chilenos) interesados en realizar para realizar estudios de postgrado en Oceanografía en Chile.

El desarrollo de la Cátedra desde 1993 en adelante y el apoyo de la Asistencia Técnica binacional ha significado constituir una verdadera Facultad Internacional, siguiendo los lineamientos de UNESCO, y la dictación de 18 cursos internacionales a la fecha, en distintos campos de la Oceanografía. Algunos de ellos se repiten año por medio para ventaja de las nuevas generaciones de estudiantes regulares del programa, y de los graduados y profesionales de la región que asisten a uno o mas cursos cada año, con el apoyo de UNESCO o de sus propias instituciones.

Este es indudablemente otro ejemplo de una estrategia que puede extenderse regionalmente a un mayor número de países y de instituciones, si entre ellas y con UNESCO, se oficializan los mecanismos de apoyo, intercambio y cooperación mutua. Como proyección inmediata de la formación de postgrado, se inician actividades de investigación avanzada, algunas de las cuales ya se

extienden a los países de los Profesores Visitantes. El flujo de experiencia enriquecedora de la participación Sur - Sur y Norte - Sur entre científicos y estudiantes, es el mayor estímulo y el extraordinario y valioso apoyo de la asistencia técnica binacional e internacional, está contribuyendo rápidamente al desarrollo y complementación de las fortalezas requeridas para un promisorio avance de la Oceanografía.

En aras del desarrollo y la cooperación latinoamericana en Oceanografía, no deberían descartarse otras acciones, como por ejemplo, repetir la experiencia europea de organizar un proyecto LOICZ en el marco de la Comisión Europea, propuesto en 1994 bajo el nombre de ELOISE (European Land-Ocean Interaction Studies). ¿Porqué no organizar un proyecto similar para Sudamérica o para la costa del Pacífico, complementando las redes de organización regional existentes?

Finalmente, es igualmente necesario integrarse a asociaciones internacionales como la Conferencia de Presidentes de Universidades Pan-Pacíficas y Asiáticas, que buscan el esfuerzo común para enfrentar los problemas de la Protección Ambiental del Pacífico, por medio de la cooperación y la investigación. En esa gestión las universidades del Pacífico Latinoamericano deberían también participar activamente (Shaw, 1995).

Tabla 4. Países y universidades envueltos en la Cátedra UNESCO-UNITWIN en Oceanografía Costera.

PERU.

Universidad Agraria La Molina
Carrera de pregrado en Pesquerías

CHILE.

Universidad de Concepción
Programa de postgrado en Oceanografía (Maestría y Doctorado)
Programa de postgrado en Pesquerías (Maestría)

ARGENTINA.

Universidad de La Plata
Licenciatura en Ciencias Naturales

URUGUAY.

Universidad de La República.
Licenciatura en Ciencias Naturales

BRASIL.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
Programa de postgrado en Geología Marina (Maestría y Doctorado)
Universidade de Sao Paulo.
Programa de postgrado en Oceanografía (Maestría y Doctorado)

Tabla 5. Asistencia técnica bilateral, científicos e instituciones académicas envueltas.

SUDAFRICA.

FOUNDATION FOR RESEARCH DEVELOPMENT
University of Cape Town. (Profs. J.Lutjeharms y J. Field)

ALEMANIA.

DEUTSCHER AKADEMISCHER AUSTAUSCHDIENST (DAAD)
Universität Greiswald. (Profs. L.Meyer-Reil, M.Kostner y H.Black)
Universität Kiel. (Prof. G.Siedler)
Alfred Wegener Institut. (Prof.W.Arnzt)

CANADA.

EMBAJADA DE CANADA, Santiago
University of British Columbia (Profs. T. Pitcher, P.LeBlond, T.Parsons)

FRANCIA.

EMBAJADA DE FRANCIA, Santiago
Université de Limiere, Lyon (Prof. R.Paskoff)

ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA

University of Alaska, Fairbanks. (Profs. D.Shaw, D.Musgrave)
University of Washington. (Prof. R. Brown)

JAPON.

Tokai University (Prof. Y.Sugimori)

UNESCO.

IOC/CSI-ROSTLAC

REFERENCIAS.

- CARTER, R.W.G. 1989. Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Academic Press. 617 pp.
- CLARK, J.R., 1996. Coastal Zone Management Handbook. CRC Press Inc., Lewis Publishers. 694 pp.
- DELLA CROCE, O. PARRA, J.STUARDO, A.ARRIZAGA, R.AHUMADA, J.CHONG y C.OYARZUN. 1992. El Río Biobío y el mar adyacente como unidad ambiental. Monografía Científica EULA. 1. 61 pp.
- DELLA CROCE, N., S. CONNELL y R. ABEL (eds.). 1993. Coastal Ocean Space Utilization III. E.& Fñ Spon (Chapman & Hall) London, 639 pp.
- FARANDA, F., R.FRACHE, O.PARRA y P.POVERO (eds.) 1994. Application of the EULA model in Chile on the Biobío River Basin-Gulfo of Arauco-San Vicente Bay System. Synthesis. Italian Ministry of Foreign Affairs/UNESCO/CICS EULA,Italia/Centro EULA, Chile. 224 pp.
- FOER, G. y S. OLSEN. 1992. La costas de Centro América. Diagnósticos y agenda para la acción. The University of Rhode Island Coastal Resources Center. 290 pp.
- ICSU 1996. International council of Scientific Unions. Yearbook 1996. Publi-Offset, France.
- IGBP. 1990. The International Geosphere-Biosphere Programme: A study of Global Change. The Initial Core Projects. IGBP Report No. 12. Stockholm.
- IGBP. 1993. Land - Ocean Interactions in the Coastal Zone. Science Plan. Report No. 25. Stockholm. 50 pp.
- KETCHUM, B.H. (ed.) 1972. The Water's Edge. MIT Press. Boston
- LOICZ 1996. Coastal zone resources assesment guidlines (R.K.Turner, W.N.Adger *et al.*) LOICZ Reports & Studies No. 4. 101 pp.
- PAOLI, G. (ed.) 1994. Climate Change, Uncertainty and Decision Making. BAHC Report No.3. Germany 164 pp
- PASKOFF, R. 1993. Côtes en Danger. Pratiques de la Géographie. Masson, Paris. 250 pp.
- SCOR 1995. Scientific Committee on Oceanic Research. Handbook. Baltimore, Maryland.

- SHAW, D. (ed.) 1993. Our Common Shores & Our Common Challenge. Environmental Protection of the Pacific. Proceedings of the Fourth Symposium of the Conference of Asian and Pan-Pacific University Presidents. Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska. 136 pp.
- SNEDAKER, S.C. y C.D.GETTER. 1985. Coastal Resources Management Guidelines. Coastal Management Publication No. 2. NPS/AID Series. Research Planning Institute, Columbia, S.C. 205 pp (también en Español como : Costas. Pauta para el manejo de los recursos costeros)
- SORENSEN, J.C., S.T. MCCREARY y BRANDANI. 1990. COSTAS.USAID/CRC, Universidad de Rhode Island. 183 pp. (también en Inglés como: Institutional Arrangements for Managing Coastal Resources and Environments).
- STUARDO, J. 1988. Características ambientales y aspectos biológicos y distribucionales de los principales recursos marinos de la plataforma austral sudamericana. Inf.Unesco Cienc. Mar, 47: 44-62
- STUARDO, J. 1992. The temperate coastal systems of Latin America. Unesco Techn. Papers Mar. Sci., 64: 157-170.
- UNESCO. 1983. Los ecosistemas costeros de América Latina y el Caribe. Los objetivos, prioridades y actividades del Proyecto UNESCO-COMAR para la región de América Latina y el Caribe. Informes de la Unesco en Ciencias del Mar. 24. 54 pp.
- UNESCO. 1988. Sistemas costeros templados de América Latina. Proyecto COMAR/COSALC VII. Informes de la Unesco en ciencias del mar. 47. 190 pp.
- UNESCO. 1992. Coastal systems studies and sustainable development. Proceedings of the COMAR Interregional Scientific Conference. Unesco technical papers in marine science. 64. 276 pp.

DINAMICA DE LAS POBLACIONES DE LANGOSTA ESPINOSA EN LA CUENCA DEL GRAN CARIBE.

Raúl Cruz

Director División de Pesquerías Marinas.
Centro de Investigaciones Pesqueras.

5ta Ave. y Calle 248, Barlovento, Santa Fé Ciudad de la Habana,
Cuba. FAX: (537)33-1534; Telef: (537)21-6633
E-mail: mipinter@get.tur.cu

RESUMEN

La Cuenca del Gran Caribe, es la principal productora de langosta espinosa a nivel mundial, representando el 17 % (33 095 ton) de la producción total de langosta (200 000 ton) entre 1978-1991. La especie *Panulirus argus* es la más abundante y la más importante comercialmente. La actividad pesquera de la langosta se realiza en una superficie aproximada de 472 926 km² estimándose un rendimiento potencial entre los 41 002 y 46 748 ton, la pesquería de langosta en las principales áreas de pesca de la región están siendo explotadas al máximo o están sobreexplotadas. El recurso en la Bermudas está subexplotado y se desconoce el nivel de explotación en Centro América. En las plataformas continentales de Colombia y Venezuela las capturas en algunas zonas pudieran ser aumentadas. Las medidas regulatorias en la mayoría de los países no se controlan rigurosamente y en algunos casos no existen en la práctica. En Cuba, las experiencias acumuladas en el ordenamiento y manejo de este valioso recurso ha podido garantizar un estricto control administrativo con el objetivo estratégico de aumentar la obtención de divisas; en este sentido se han logrado establecer eficientes medidas de conservación que están relacionadas con el ciclo de vida de la especie y con la utilización extensiva de los refugios artificiales (pesqueros) para la langosta. Cuba reevalúa periódicamente la pesquería y los objetivos y metas establecidos en su plan de manejo; en la actualidad su pesca se orienta hacia el pronóstico de sus capturas. Brasil, Florida y el Caribe Mexicano han propuesto diferentes alternativas para el manejo y control de sus pesquerías. Belice inició un programa para lograr un manejo eficiente de su pesquería y establecer un pronóstico de las capturas a partir del monitoreo de las diferentes fases del ciclo de vida de la langosta. Costa Rica organiza un plan de ordenamiento e investigación sobre el recurso langosta en la costa Atlántica. El resto de los países no han implementado un ordenamiento coherente en el manejo de sus pesquerías.

Las pesquerías cubanas de langosta (*Panulirus. argus*) combinan rasgos tanto de las pesquerías industriales como de las artesanales, alcanzando las últimas un alto nivel de desarrollo en las técnicas de captura. Poseen una organización muy completa de todo el sistema de producción, el cual incluye un registro de las estadísticas de captura y esfuerzo por arte y región, un sistema de centros de almacenamiento de langosta viva en el mar (Centros de Acopio) y facilidades para la recepción, procesamiento, transportación y distribución hacia sus principales mercados extranjeros, reportando sus exportaciones valores por unos 100 millones de dólares anuales.

La falta de viabilidad administrativa y aceptabilidad política para organizar programas de ordenamiento pesquero de langosta en la mayoría de los países del área de la COPACO, representa un obstáculo para un manejo eficiente del recurso económico más valioso del Caribe y limita la asimilación de técnicas de capturas de altos rendimientos, como son los refugios artificiales que se utilizan en las pesquerías cubanas de langosta.

Cuba continua desarrollando el manejo y evaluación de su pesquería y en la actualidad su pesca se orienta hacia el pronóstico de sus capturas. Brasil, Florida y el Caribe Mexicano han propuesto diferentes alternativas para el manejo y control de sus pesquerías. Belice inició un programa para lograr un manejo eficiente de su pesquería y establecer un pronóstico de las capturas a partir del monitoreo de las diferentes fases del ciclo de vida de la langosta. Costa Rica organiza un plan de ordenamiento e investigación sobre el recurso langosta en la costa Atlántica. El resto de los países no han implementado un ordenamiento coherente en el manejo de sus pesquerías.

El objetivo de la conferencia es sensibilizar a los participantes en torno a las implicaciones que tienen los conceptos de ordenamiento y manejo para la implementación de acciones dirigidas a manejar el recurso langosta en forma sostenible.

PESQUERIA DE LANGOSTA EN CUBA.

Efectúan la extracción de la especie un total de nueve empresas con 285 embarcaciones. La duración de cada campaña de pesca es de 10 días por 5 de descanso. Los barcos operan, como promedio en los últimos 5 años, un total de 300 000 artes de pesca, de los cuales el 70 % son refugios artificiales o pesqueros. Este dispositivo artificial se utiliza durante todo el año y aporta el 50% de la captura total. Su introducción data desde la 2da. Guerra Mundial, especialmente en el Golfo de Batabanó, aunque su adopción en la totalidad de la zonas no ocurre hasta los primeros años de la década del 70.

Uno de los eventos más importante en la pesquería de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) en Cuba fue la introducción de los arrecifes artificiales denominados "pesqueros", que

un aumento del largo medio de selección y de las capturas a partir del año 1978.

Las observaciones experimentales realizadas con diferentes dispositivos artificiales (pesqueros, bloques de hormigón y colectores flotantes), en las diferentes etapas del ciclo de vida de esta especie, han permitido elaborar un grupo de medidas de conservación y realizar un pronóstico de la captura de langosta.

1- Refugio artificial o pesquero.

Este tipo de refugio o dispositivo artificial (Fig. 1) fue concebido por los pescadores cubanos con el objetivo de favorecer la concentración de langostas y su ulterior captura, en áreas desprovistas de refugios naturales. Concentra mayor cantidad de langostas por unidad de área que cualquier tipo de sustrato natural, pudiendo alcanzar valores máximos entre 150 y 200 ejemplares por dispositivo artificial, aumentando significativamente el número de ejemplares por unidad de área.

1.1- Construcción.

En sus inicios se construían con los troncos de la palma de costa denominada yuraguana, miraguano o guano (*Coccothrinax miraguana*) como también se le conoce. La armazón de los troncos del refugio se unía entre sí con puntillas y los extremos se reforzaban con alambre galvanizado. Las dimensiones y el número de troncos eran variables, aunque por lo general cada pesquero constaba de 28 troncos aproximadamente y tenían un tamaño de 1,8 m de largo, por 1,6 m de ancho y 0,35 m de altura, abarcando una superficie aproximada de 4 m².

A partir del año 1980, como resultado de una política nacional de protección a la vegetación costera y con el objetivo de industrializar la construcción de estos refugios, se inicia la fabricación a partir de planchas de fibrocemento y de ferrocemento en menor escala. Más recientemente, se ha iniciado la construcción de estructuras artificiales, denominado "pesquero levable", que pueden ser levadas desde una embarcación con un winche.

El chinchorro langostero sólo puede ser utilizado en combinación con el pesquero, y su ventaja principal es la de capturar en poco tiempo todas las langostas que se concentran en él. La red es de kaprón con mallas de 24 mm, tiene aproximadamente 8 m de largo por banda, un peralito de 1,4 m con un copo de 7 m de longitud. El rendimiento promedio de un pesquero es de 6 Kg/pesquero que contrasta notablemente con los obtenidos en las pesquerías australianas (0.93 Kg/nasa), lo cual permite aseverar que este dispositivo permite obtener los mayores rendimientos (CPUE) a nivel mundial.

1.2- Técnica de pesca.

La operación de pesca se inicia cuando el capitán de la

y el resto de la tripulación se orientándose por las señalizaciones naturales de la costa y cayos o por un rumbo predeterminado con el compás y que sólo él domina. Simultáneamente, el pescador de la proa va marcando los pesqueros con una boya que tiene atado un cordel con una plomada en el otro extremo.

La pesca se efectúa desde un bote, en el cual van dos pescadores que se alternan en la faena de pesca. Mientras uno boga y mantiene el bote encima del pesquero, el otro utiliza el "mirafondo" o "cristal", que consiste en un balde de madera con un vidrio plano en su sección menor; este vidrio sirve para observar el fondo y detectar las langostas en el pesquero. Posteriormente, se utiliza el pincho (vara de madera de longitud variable con un pedazo de alambre grueso en forma de L en uno de sus extremos) para ahuyentar las langostas del refugio y capturarlas con el chapingorro o el chinchorro langostero en dependencia del número de ejemplares que se observen en el refugio.

Para calar el chinchorro, el bote se posiciona a favor de la corriente, y a unos metros del pesquero se deja caer el copo de la red, el pescador boga en sentido contrario de tal manera que el pesquero quede en el centro del círculo que forman las bandas del chinchorro, al extremo de una de las bandas atan un cabo que pende de la popa del bote. A continuación, se ahuyentan las langostas con el pincho y se orientan hacia el copo, se hala el cabo que está unido a uno de los calones de la red, se leva la banda y seguidamente el copo. Esta operación de pesca descrita demora un promedio de 10 a 15 minutos, durante los cuales se capturan todas las langostas que tenía el pesquero. Existe una variante con este sistema de pesca que consiste en levantar el refugio por uno de sus lados, desde el bote, con un gancho o grampín de metal, fijado en el extremo de una vara de madera, para apoyarlo en un segundo gancho situado a 1,5 m, con el objetivo de colocar al pesquero en una posición inclinada y facilitar la expulsión de las langostas más rápidamente (Fig.2).

2- Distribución de los pesqueros.

Los principales caladeros de langostas se localizan en áreas someras, de una elevada transparencia, de aguas tranquilas y con una abundante vegetación marina donde predominan los lechos de *Thalassia testudinum*, comúnmente denominada ceiba. Esta fanerógama marina en fondos arenosos es poco frecuente; sin embargo, en los fondos arano-fangosos y fango arenosos, se encuentran distribuidas formando parches que por lo general aparecen en regiones cercanas a la costa y bordeando los cayos que componen el archipiélago cubano, donde los pescadores calan sus arrecifes artificiales en grupos de 15 a 20, en fila o en zig-zag con una separación entre pesqueros de 25 a 30 m.

3- Comportamiento de adultos, juveniles y postlarvales de langosta en diferentes habitat artificiales.

3.1-Refugios artificiales o pesqueros.

La utilización de estos arrecifes ha permitido estimar el período máximo de reclutamiento (marzo-mayo) al área de pesca. Durante

inferiores a la talla mínima legal (69 mm Largo del cefalotórax, Lc). Se ha observado que los pesqueros pueden albergar ejemplares desde los 20 mm Lc hasta tallas superiores a los 170 mm Lc, aunque en ocasiones se han encontrado juveniles entre 12 y 15 mm Lc.

En el periodo marzo-junio la talla media oscila entre 72 y 76 mm LC, y a partir de julio comienza a incrementarse, en la medida que disminuye la entrada de reclutas y los ejemplares crecen, siendo significativamente diferentes (Fig. 3).

Por otro lado, un análisis mensual de la presencia de juveniles en las cuatro regiones de pesca en Cuba demuestra que ocurre un máximo de representatividad de estos en los meses de marzo, abril y mayo, manteniéndose con valores relativamente estables en el resto del año, confirmando que el reclutamiento a la pesquería ocurre durante estos meses.

La información disponible demuestra que el número de langostas en los pesqueros es muy variable y esto probablemente refleje la densidad poblacional en cada área, la estructura por edad y el tipo de refugio artificial utilizado.

Con la información de los muestreos mensuales realizados en los pesqueros durante varios años, se pudo caracterizar diferentes aspectos de la dinámica reproductiva de las langostas en el medio natural. La época principal de reproducción se desarrolla en toda la plataforma cubana al inicio de la primavera (Fig. 4).

A través de las inmersiones realizadas, se ha podido precisar que el comportamiento gregario de preadultos y adultos no se ve afectado por la presencia de machos y/o hembras en diferentes estadios reproductivos. En localidades con una alta actividad reproductiva, que por lo general se localizan en áreas cercanas al borde de la plataforma, las hembras ovígeras pueden llegar a constituir el 80% del total de las hembras colectadas en los pesqueros, variando su composición por talla entre los 70 y 139 mm Lc.

3.2-Habitat de bloques de hormigón

Los estudios realizados en el área de cría de juveniles en la región de Bocas de Alonso, SE de la Isla de la Juventud (Golfo de Batabanó), permitieron conocer la conducta y los procesos de colonización de juveniles y post-larvas en diferentes tipos de estructuras artificiales, los principales depredadores y comunidades asociadas a arrecifes artificiales.

El refugio de bloques de hormigón (Fig.5) es el más adecuado para lograr un asentamiento seguro de la fase juvenil de la langosta. El tipo de material proporciona una superficie irregular y porosa que facilita el crecimiento de organismos incrustantes y algas, que conjuntamente con la fauna asociada (gasterópodos, pelecípodos, poliquetos y otros invertebrados) constituyen una fuente alimentaria para los juveniles. Además de presentar la

aprovechados al máximo, no estimulan la concentración de peces adultos, protegen a los juveniles de los depredadores y les permite concentrarse, lo cual es un hábito específico, defensivo y natural de las langostas en esta fase del ciclo de vida. El tiempo de permanencia del arrecife artificial en el medio natural influye notablemente en el proceso de colonización.

Se dispone de un índice de la abundancia de juveniles desde 1982, a partir del muestreo mensual en 60 estructuras de hormigón de las descritas anteriormente. Estacionalmente se halló una mayor abundancia en los meses de julio a septiembre con ejemplares de talla media de 38 mm Lc, por lo que se infiere que el máximo asentamiento de juveniles en el área de cría ocurre 10 meses después de la entrada de puerulus a la plataforma (o sea cuando los ejemplares tienen 17 meses de vida). También se detectó que ocurre un mínimo de la abundancia y de la talla de juveniles en el periodo marzo-abril, producido por una emigración de los ejemplares de mayor talla, lo que coincide con un aumento en esa etapa del número de reclutas al área de pesca, que se encuentra protegida, en ese momento, por el periodo de veda (marzo-mayo) y arriban a esta zona con 25 meses de vida aproximadamente.

Entre los años 1982-1984 se marcaron 12 062 langostas de las cuales el 15% fueron capturas en pesqueros y el 85% en refugios de hormigón localizados en el SE de la Isla de la Juventud (Golfo de Batabanó). El total recapturado del 15% permitió conocer que los movimientos de la langosta se caracterizan por ser nomádicos, aunque las direcciones resultantes de los juveniles marcados y recapturados muestran una tendencia hacia el sur donde precisamente las zonas de pesca tienen una alta tasa de explotación. Además, se pudo comprobar el carácter residente de los juveniles en diferentes áreas de cría con una talla media igual a los 52 mm Lc, que es significativamente diferente a la de los emigrantes (76 mm Lc) cuando se reclutan a la pesquería.

La emigración de los preadultos parece estar asociada a un cambio de habitat donde el tipo de refugio, de acuerdo con su talla, es más apropiado para garantizar su supervivencia y donde las condiciones son más propicias para el apareamiento y la reproducción.

3.3-Habitat flotante

La metamorfosis de la última larva filosoma de la langosta *Panulirus argus* al estadio de puerulus ocurre tras un periodo de 6-8 meses de vida larval en aguas oceánicas. Una vez que penetran en las aguas costeras los puerulus se han colectado "agarrados" a objetos flotantes como las sogas de las nasas del alto y a la vegetación que crece sobre las raíces del mangle rojo (R. mangle). Este comportamiento del puerulus ha determinado el desarrollo de colectores artificiales flotantes como sistema de muestreo para evaluar el reclutamiento.

Desde 1988 se obtiene mensualmente un índice de reclutamiento de la fase puerulus a través de un colector artificial construido en Cuba. Este consta de una estructura triangular y acanalada de

presenta una boya G-8 de PVC, dos boyas G-8 (con una flotabilidad de 4,1 kg cada una) en el interior, que sustentan al dispositivo en la superficie del agua, y un anclaje en el inferior que sujeta, por una cadena de hierro galvanizado de eslabón de 8 mm, el colector al peso muerto de hormigón (50 kg). Estos dispositivos se deben ubicar en los parches de arena de la barrera coralina (Fig. 6).

Se colocan en cada lámina de PVC, 20 motas o borlas de fibra sintética no elaborada de "Tanikalon" (Sumitomo corporation, Osaka, Japón) de 0,23 m de largo. La fibra de cada borla está amarrada con alambre de acero inoxidable de 3.0 mm y a su vez cogida con la lámina de PVC con una tira plástica (venoclisis) con un doble nudo. Las láminas ya completas, se hacen pasar por los canales de la estructura de aluminio y se aseguran con una venoclisis a la parte superior del colector. Los colectores después de sumergidos toman el aspecto de un conglomerado de algas a los pocos días. Los muestreos se realizan en cada período de luna nueva. Cada lámina de PVC se saca sobre un tamiz (que impide la pérdida de los animales) las que son sacudidas un total de 30 veces sobre una bandeja colectora. Los ejemplares capturados en cada colector son contados y clasificados.

ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA PESQUERIA.

El ordenamiento es un elemento indispensable para el desarrollo sostenido y responsable de la pesca y las necesidades de ordenación deben integrarse plenamente en los planes de desarrollo pesquero. Si se quiere que los recursos pesqueros proporcionen los beneficios nutricionales, económicos y sociales de que son capaces, la pesca debe ser ordenada debidamente.

El manejo de un recurso pesquero es un proceso complejo que requiere la integración de su biología y ecología con los factores socioeconómicos que afectan el comportamiento de los usuarios (pescadores) y a los responsables de su administración.

En la figura 7 se muestran las diferentes Direcciones del MIP que conjuntamente con el Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP) participan en el manejo de la pesquería, así como la estructura del ordenamiento pesquero por regiones. La Comisión Consultiva de Pesca es el máximo órgano consultivo del Ministerio de la Industria Pesquera en materia de ordenamiento y administración de los recursos acuáticos de las aguas marítimas y terrestres (Decreto-Ley 164, Reglamento de Pesca).

En la práctica este sistema coordinado se ha ido perfeccionando con los criterios de los pescadores, especialistas, administradores y biólogos pesqueros. Los mismos se pueden resumir en los siguientes aspectos:

1- División territorial

La actividad pesquera cubana se realiza en cuatro plataformas submarinas, relativamente independientes, con una superficie aproximada de 53 713 km² y en las cuales sus recursos pes-

pesquerías de langostas en un área de 34 618 km², donde operan 10 empresas con 250 embarcaciones y 1250 pescadores (Fig.8).

El área de pesca de cada empresa se subdivide en un número de zonas, operando en cada una de ellas un número de embarcaciones con sus artes y técnica de pesca. A su vez, los pescadores en cada zona tienen delimitadas sus subzonas de pesca donde tienen ubicados sus refugios artificiales y sus trampas o jaulones. Por lo general los barcos de una zona se encuentran vinculados a un centro de almacenamiento de langosta viva (Centro de Acopio) desembarcando su captura cada 1 ó 2 días, para su posterior traslado a la industria.

Esta organización territorial de la pesquería ha propiciado un acceso limitado a la misma no solamente por el número de empresas que participan, sino que también existe una división de las áreas de pesca que evita que en una misma zona concurren barcos de otras zonas o empresas.

2- Recopilación de datos

La recolección de las estadísticas es un requisito indispensable para el manejo de los recursos vivos, que por su propia naturaleza no son directamente observables por el hombre ni éste puede ejercer prácticamente ninguna influencia importante sobre el medio que en estos habitan.

El registro primario de la información estadística se realiza en los Centros de Acopio. La captura desembarcada por cada embarcación es pesada (kg) y clasificada industrialmente, de forma adicional el pescador brinda información sobre la subzona de pesca y el número de pesqueros revisados o trampas levadas en cada zona de pesca. La información posteriormente es compilada por la empresa a través de un modelo estadístico, donde se anotan la captura y el esfuerzo empleado por tipo de arte y técnica de pesca de cada embarcación en las diferentes zonas de pesca con una frecuencia diaria y mensual.

Con el objetivo de implementar un sistema de muestreos periódicos y de control estadístico de las poblaciones de la langosta y que a su vez sirviera de ayuda en la gestión pesquera de las empresas, fueron creados los Buróes de Captura en el año 1981. Mensualmente se ejecutan los muestreos a bordo de los barcos langosteros que abarcan las principales subzonas de pesca en cada empresa; en esa red de estaciones se muestrean 250 ejemplares por localidad, de un total de 44, a los que se les efectúa la medición del largo del cefalotórax, peso y se registra la condición reproductiva y de muda por sexo. Además, se anotan otros datos de interés pesquero.

Los datos estadísticos y biológicos son enviados por el Buró de Captura al Centro de Investigaciones Pesqueras para su compilación, procesamiento e interpretación de la información por zona, empresa y regiones de pesca, mediante la utilización de un sistema automatizado de dirección para la investigación y el manejo de la pesquería de langosta en Cuba.

La pesquería de langosta se encuentra regulada desde hace más de 70 años. En la figura 9 se muestran las estrategias de manejo utilizadas en la regulación del esfuerzo por métodos directos (control del esfuerzo) e indirectos (talla de captura y veda).

Las medidas regulatorias de mayor importancia son la talla mínima legal (69 mm del largo del cefalotórax, Lc o 210 mm de largo total, Lt), el período de veda (marzo-mayo) y la prohibición de capturar hembras ovígeras y/o enchapadas.

Un estricto control se ejerce sobre el número de embarcaciones, su reemplazamiento y los artes de pesca.

No obstante a las numerosas medidas regulatorias adoptadas, se ha visto la necesidad de estudiar la aplicación de otras dirigidas a disminuir y controlar el número de artes y la estrategia de pesca respectivamente, el incremento del período de veda, la apertura de la temporada de pesca escalonadamente por empresa y la utilización de dispositivos selectores de tallas entre otros.

4- Industria de procesamiento y mercado

La creación de los Centros de Acopio, para el almacenamiento y traslado de langostas vivas a la industria, data desde los primeros años de la década del sesenta. La retirada de Cuba del mercado norteamericano que absorbía grandes cantidades de colas congeladas, determinó un cambio en el procesamiento industrial de este crustáceo, al exigir el mercado europeo y japonés la producción de langostas enteras precocinadas e iniciándose una nueva actividad en la pesca y la industrialización de la langosta, al requerir la misma el procesamiento de ejemplares vivos.

Los barcos langosteros cuentan con un vivero para mantener vivas las langostas desde el momento de la captura hasta la entrega en los centros de acopio ubicados en las diferentes regiones de pesca. Existen un total de 30 de estas instalaciones, las cuales tienen una importancia fundamental para regular los desembarques en tierra y por lo tanto el flujo durante el procesamiento industrial. Las capturas son trasladadas desde los centros de acopio en embarcaciones denominadas "enviadas".

Durante los últimos cinco años, la industria de procesamiento ha presentado cinco líneas productivas fundamentales. El 77% del total procesado le corresponde a la langosta entera precocinada con cifras relativamente estables alrededor de las 5800 t. El segundo lugar lo ocupa la producción de colas crudas con carapacho (19%), a la cual están destinadas principalmente las tallas grandes, y en un menor por ciento la producción de cola cruda sin carapacho (1.0 %), cola precocinada sin carapacho (0.3 %) y la entera cruda (2.3 %).

PRONOSTICO DE LA CAPTURA.

1- Importancia.

El desarrollo alcanzado en el manejo de la pesquería de la

empresas. Además, se ha logrado establecer eficientes medidas regulatorias que se relacionan con los estudios más recientes sobre el ciclo de vida de este valioso recurso

Las exportaciones de la langosta en Cuba reportan valores por unos 100 millones de dólares. Las gestiones de venta a sus principales mercados (Japón, Francia, España, Italia y Canadá) se realizan a partir de los planes de producción que el Ministerio de la Industria Pesquera le sitúa a las empresas; éstos se confeccionan a partir de los volúmenes de captura históricos. Sin embargo, con ésta nueva tecnología (pronóstico) se confeccionan estos planes de captura más precisos y con un año de antelación, teniendo en cuenta el estado de la población explotada.

2- Componentes esenciales para desarrollar un sistema de pronóstico de las capturas de langosta.

2.1- Fase puerulus.

Se ha demostrado que la fase natatoria de la langosta (puerulus) cuando penetran a la plataforma pueden ser capturadas con un dispositivo artificial o colector flotante que permite cuantificar el reclutamiento (larval) de esta fase de vida.

Se estableció un índice de reclutamiento denominado índice de puerulos (Ip) para cada colector en cada localidad. El índice de asentamiento (reclutamiento) es calculado como el número medio de puerulus, mensual por colector y estación.

Según los resultados obtenidos después de algo más de cuatro años de muestreos mensuales, puede afirmarse que los datos son extremadamente satisfactorios, con consistentes niveles de captura entre colectores en cada área. La máxima entrada de puerulus de langosta se produce en los meses de septiembre-diciembre con un máximo en el mes de octubre, disminuyendo la abundancia de reclutas a partir de diciembre y alcanza los valores mínimos de enero- marzo.

2.2- Juveniles.

La utilización de datos sobre la densidad de juveniles de langosta (en áreas de cría) ha demostrado ser una herramienta muy útil para realizar evaluaciones del reclutamiento y predicciones de las capturas con un año de antelación.

Los datos de los juveniles se obtuvieron a partir del monitoreo mensual de 60 estructuras de bloques de hormigón, ubicados en un área de cría de langosta. Dos buzos realizan el conteo de las langostas que colonizan las estructuras de hormigón, los muestreos se efectúan a una profundidad entre 1.5 a 2.5 m. El índice anual de juveniles, tallas entre 14-50 mm Lc, se calcula como la media del número capturado por estructura de hormigón por mes.

La variación de la abundancia de juveniles en los distintos años permitió encontrar una relación entre el reclutamiento al área

pudo estimar, mediante el monitoreo mensual de los refugios o pesqueros a bordo de las embarcaciones comerciales en diferentes localidades.

2.3- Datos de captura y esfuerzo.

Desde el punto de vista pesquero, para evaluar los potenciales de captura, realizar pronósticos de pesca como para trazar políticas de manejo, resulta más que evidente la necesidad de la recolección de las estadísticas de captura y esfuerzo.

En pesquerías de acceso abierto, la libre competencia sin restricciones conduce a un ineficiente control de la captura y el esfuerzo.

En Cuba, la organización de la pesquería de la langosta propicia un acceso limitado a la misma no solamente por el número de empresas que participan, un total de nueve, sino que también existe una división de las áreas de pesca por subzonas (pescador), zonas (barco), empresas (área empresarial) y regiones (plataformas) que evita que en una misma zona concurren barcos de otras zonas, empresas y regiones. Esta entrada limitada garantiza la compilación de los datos de captura y esfuerzo, en un modelo estadístico, por arte de pesca, embarcación, zona, empresa pesquera y regiones de pesca; permitiendo evaluar la variación geográfica de las capturas, los cambios en el esfuerzo y el pronóstico de la captura.

2.4- Crecimiento.

El estudio del crecimiento básicamente significa la determinación del tamaño corporal como una función de la talla y la edad.

Es muy importante realizar estimados precisos del crecimiento desde el asentamiento larval hasta el reclutamiento a la pesquería, con el objetivo de integrarlos al modelo predictivo.

Las observaciones experimentales realizadas con diferentes dispositivos artificiales, en las diferentes etapas del ciclo de vida de la langosta, avalados con estudios de crecimiento han permitido elaborar una hipótesis sobre el patrón de reclutamiento de la langosta al archiélago cubano.

3- Método de pronóstico

Lo novedoso del método es que permite relacionar la abundancia de las primeras etapas de vida y la captura de la especie en años posteriores, lo cual sienta las bases para un pronóstico de las capturas a corto plazo (juveniles) y/o a largo plazo (puerulus). Hasta el presente el pronóstico se realiza a partir de los juveniles.

El pronóstico de la captura anual se realiza a través de una regresión matemática que relaciona la abundancia anual de los juveniles y la captura al año siguiente ($x+1$) (Fig.10).

administradores pesqueros y a los pescadores sobre los cambios que se producirán en los niveles de reclutamiento y la captura con un año de antelación, el esfuerzo que se necesita aplicar en cada región y zona de pesca, con el objetivo de obtener las mayores ganancias económicas sin sobrepasar los niveles permisibles de explotación.

En los estudios más recientes, se ha observado que la abundancia de los juveniles, colectados en Cuba, muestran una tendencia o relación con el comportamiento de las capturas anuales del Caribe Mexicano, Belice, Honduras-Nicaragua y el Caribe, sugiriendo además un probable sincronismo entre las variaciones del reclutamiento en el área. De ser así, sería conveniente realizar un pronóstico de la captura si contáramos con los datos de estos países en las últimas temporadas de pesca.

SITUACION ACTUAL DE LOS PLANES DE ORDENAMIENTO EN LA REGION DEL GRAN CARIBE.

A pesar de que la langosta es el recurso más importante en la región Caribeña y la especie de mayor valor comercial en las exportaciones de los recursos marinos, son pocos los trabajos que abordan el estudio comparativo o integral de las pesquerías de langosta espinosa en la región.

Cuba reevalua periódicamente la pesquería y los objetivos y metas establecidos en su plan de manejo; en la actualidad su pesca se orienta hacia el pronóstico de sus capturas. Brasil, Florida y el Caribe Mexicano han propuesto diferentes alternativas para el manejo y control de sus pesquerías. Belice inició un programa para lograr un manejo eficiente de su pesquería y establecer un pronóstico de las capturas a partir del monitoreo de las diferentes fases del ciclo de vida de la langosta. Costa Rica, organiza un plan de ordenamiento e investigación sobre el recurso langosta en la costa Atlántica.

El resto de los países no han implementado un ordenamiento coherente en el manejo de sus pesquerías. Además, la falta de coordinación, financiamiento, control y la ausencia de un programa integrado en la región obstaculiza sensiblemente su desarrollo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Entre los resultados más relevantes obtenidos por la implementación y perfeccionamiento del plan de ordenamiento y manejo de la pesquería de langosta en Cuba, merecen citarse los siguientes:

* Se ha podido garantizar un estricto control administrativo por región, zonas y subzonas de pesca con el objetivo estratégico de maximizar la obtención de divisas; en este sentido se han logrado establecer eficientes medidas de ordenamiento y conservación que están relacionadas con el ciclo de vida de la langosta y con la utilización extensiva de los refugios artificiales.

* Se ha organizado más eficientemente la explotación de las diferentes regiones y zonas de pesca, el cual incluye una distribución de las embarcaciones y el esfuerzo (número de pesqueros y jaulones principalmente) en dependencia de los volúmenes históricos de captura en cada zona de pesca.

* Las innovaciones tecnológicas sobre el mantenimiento, transporte y manipulación de las langostas vivas, lo que conjuntamente con una adecuada ubicación de los Centros de Acopio ha posibilitado la reducción de la mortalidad desde la pesca hasta la recepción en la industria.

* El incremento de la calidad de los principales productos de la langosta ha permitido incrementar su valor comercial en el mercado exterior, con un valor de la producción entre los 90 y 100 millones de dólares.

La pesquería de langosta (*P. argus*) en las principales áreas de pesca del Gran Caribe está siendo explotada al máximo o está sobreexplotada. El recurso en las Bermudas está subexplotado y se desconoce el nivel de explotación en Centro América. En las plataformas continentales de Colombia y Venezuela las capturas en algunas zonas pudieran ser aumentadas.

Las medidas regulatorias más comunes son las destinadas a proteger los ejemplares de pequeño tamaño, la prohibición de capturar hembras ovígeras y el establecimiento de períodos de veda. La observancia de éstas medidas, así como la de los reglamentos que limitan el número de embarcaciones, artes de pesca y los pescadores deportivos no son controlados rigurosamente y en algunos casos no existen en la práctica.

La comercialización de langostas sublegales en la mayoría de los países es uno de los principales factores que originan la sobre pesca por crecimiento. Un aumento y/o un estricto control de la talla mínima legal incrementaría el rendimiento por recluta y las capturas, como se demostró en la pesquería de langosta en Cuba.

El ordenamiento de las pesquerías de langosta en la región enfrenta serios problemas que tienen relación con el ciclo de vida de la especie y las capacidades técnicas y financieras que poseen la mayoría de los países para organizar y ejecutar un programa integral de desarrollo.

Estudios genéticos más recientes sobre la langosta han generado evidencias más concluyentes sobre la hipótesis del origen Pan-Caribeño de la langosta espinosa (*Panulirus argus*); que probablemente necesite enfocar la investigación y el manejo en forma regional.

A pesar de lo anterior todas las pesquerías de esta especie se manejan independientemente. En este sentido se recomienda iniciar el desarrollo de un programa de colaboración de las poblaciones 200

puerulus y juveniles. Estandarizar las metodologías de muestreo.

* Establecer un sistema de pronóstico de la captura de langosta por países y regiones de pesca. Comprobación del sistema de pronóstico utilizando la abundancia de juveniles calculado en la costa Sur de Cuba con las capturas de los principales productores del Caribe Sur.

* Creación de una base de datos regional sobre los datos de captura de langosta por especies, para el análisis de las tendencias entre los diferentes países y regiones.

* Perfeccionar las estimaciones sobre las áreas de pesca de langosta. Determinar la productividad y el rendimiento potencial.

* Desarrollar un programa de monitoreo de la pesca comercial de la langosta, con el propósito de conocer la composición por talla, sexo, especie, así como el estado reproductivo y de muda, esfuerzo de pesca por arte y técnica de pesca y cantidad de langostas capturadas.

* Organizar un plan para la introducción de los refugios artificiales o pesqueros en otros países de la región.

Alfonso, I., M.P. Frias, J.A. Baisre, y A. Campos, (1991). Distribución y abundancia de larvas de la langosta *Panulirus argus* en aguas alrededor de Cuba. Rev. Inv. Mar. 12 (1-3):5-19.

Báez M., E. Díaz, R. Brito y R. Cruz (1991). Edad y crecimiento de la langosta *Panulirus argus*. Rev. Inv. Mar. 12(1-3). 193-201

Baisre, J.A (1993). Marine fishery resources of the Antilles: Part4. Cuba. FAO Fisheries Technical Paper No 236, Rome, 181-235.

Baisre J. A. and R. Cruz. The Cuban spiny lobster fishery (1994). In B.F. Phillips, J.S. Cobb, J. Kittaka, (eds). Spiny Lobster Management, Chapter 8, Fishing News Books, Oxford

Baisre, J.A and I. Alfonso (1994). Later stage larvae of *Panulirus guttatus* (Latreille, 1804) (Decapoda, Palinuridae) with notes on the identification of Phyllosomata of *Panulirus* in the Caribbean Sea. Crustaceana 66(1): 32-44.

Baisre, J.A. y R.Cruz (1985). The Cuban Spiny lobster fishery: Improvements due to changes in the managements system. Paper presented at the International Workshop on lobster Recruitment, ST. Andrews, Canada, July 1985.

CAIRM, (1980). Informe del Grupo de Trabajo del CAIRM sobre la base científica para la determinación de medidas de ordenamiento. Hong Kong, 10-15 Diciembre, 1979. FAO, Inf. Pesca, (236):45 p.

Cruz, R. (1982) Los recursos langosteros en el archipiélago cubana. En memorias del grupo de trabajo sobre la langosta. WECAF. Rep. 36: 125-150, Cont. 6.

Cruz, R., Ma. E. de León y R. Puga (1993) Desarrollo, utilización y manejo de los refugios artificiales en las pesquerías cubanas de langosta. En: J.M González y R. Cruz (eds), Memorias del Taller Binacional México-Cuba sobre la utilización de refugios artificiales en las pesquerías de langosta: sus implicaciones en la dinámica y manejo del recurso, 17-21 mayo de 1993 Isla Mujeres, Q.R., México.

Cruz, R., R. Puga y Ma, E. de León (1993). Fluctuaciones de las capturas de langosta (*Panulirus argus*) en los refugios artificiales. Region del Golfo de Batabanó, Cuba. En: J.M González y R. Cruz (eds), Memorias del Taller Binacional México-Cuba. La utilización de refugios artificiales en las pesquerías de langosta: sus implicaciones en la dinámica y manejo del recurso, 17-21 mayo de 1993 Isla Mujeres, Q.R., México.

Cruz, R., M.E de León & R. Puga (1995). Prediction of comercial catches of the spiny lobster *Panulirus argus* in the Gulf of Batabanó. Fourth International Workshop on Lobster Biology and Management, 1993. Crustaceana Vol 68 (2): 238-244. 202

- Cruz, R., R. Brito, E. Díaz y R. Lalana (1986c). Ecología de la langosta (*Panulirus argus*) al SE de la Isla de la Juventud. II Patrones de movimiento. Rev. Inv. Mar. (Cuba) VII, (3):19-35.
- Cruz, R., R. Brito, E. Díaz y R. Lalana (1986). Ecología de la langosta (*Panulirus argus*) al SE de la Isla de la Juventud. I. Colonización de arrecifes artificiales. Rev. Inv. Mar. VII, (3):3-17.
- Cruz R., M.E. de León y R. Puga (1992). La utilización de los refugios artificiales, como alternativa para el mejoramiento de las pesquerías cubanas de langosta. Memorias. I Reunión Internacional sobre mejoramiento de hábitats acuáticos para pesquerías. 29-30 Octubre 1992. Manzanillo, Colima. México.
- Cruz, R., M.E. de León y R. Puga (1992). The Cuban Spiny Lobster Fishery The Lobster Newsletter. Vol. 5(1)1992.
- Cruz R., R., J.A. Baisre, E. Díaz, R. Brito, C. García y C. Carrodegua (1990). Atlas Biológico-Pesquero de la Langosta en el archipiélago Cubano. Pub. Esp. Rev. Cuba. Inv. Pesq. y Rev. Mar y Pesca. 125 pp.
- Cruz, R., M.E. de León y R. Puga (1995). Las pesquerías cubanas. Una visión general. Mar y Pesca No 300 :35-36.
- Cruz R. y M.E. de León (1991). Dinámica reproductiva de la langosta (*Panulirus argus*) en el archipiélago cubano. Rev. Inv. Mar. 12(1-3). 234-245
- Cruz R., M.E. de León, E. Díaz, R. Brito y R. Puga (1991). Reclutamiento de puerulus de langosta (*Panulirus argus*) a la plataforma cubana. Rev. Inv. Mar. 12(1-3). 66-75
- Cruz R., R. Sotomayor, M.E. de León y R. Puga (1991). Impacto en el manejo de la pesquería de langosta (*Panulirus argus*) en el archipiélago cubano. Rev. Inv. Mar. 12(1-3). 246-253
- Cruz., R and B.F Phillips (1994). The artificial shelters-pesqueros-for the spiny lobster (*Panulirus argus*) fisheries in Cuba. In B.F. Phillips, J.S. Cobb y J. Kitataka, (eds). Spiny Lobster Management, Chapter 21, Fishing News Books, Oxford.
- Dalmendray, J. and A. González (1995). Traditional and lifting artificial shelters (pesqueros) used for lobsters (*Panulirus argus*) fisheries in Cuba. Preliminary results about their fishing efficiency and selectivity. Proceedings ECOSET'95 International Conference. Vol II, pag 774, Tokyo Japon.
- García, C., B. Hernández, J. Baisre y R. Cruz (1991). Factores climáticos en las pesquerías cubanas de langosta (*Panulirus argus*): su relación con las migraciones masivas. Rev. Inv. Mar. 12(1-3) 131-139

León Ma. E., R. Puga y R. Cruz (1991). Panorama de la pesquería cubana de langosta durante 1989. Rev. Inv. Pesq. 16(3-4).21

León Ma., E., R. Cruz y R. Puga (1993). Intensidad de pesca sobre el recurso langosta en el Golfo de Batabanó, Cuba. En: J.M González y R. Cruz (eds), Memorias del Taller Binacional México Cuba. La utilización de refugios artificiales en las pesquerías de langosta: sus implicaciones en la dinámica y manejo del recurso, 17-21 mayo de 1993 Isla Mujeres, Q.R., México.

León, M.E., R. Cruz, E. Díaz, R. Brito, R. Puga y J. del Castillo (1991). Distribución y estacionalidad de los juveniles de *Panulirus argus* en la plataforma cubana. Rev. Inv. Mar. 12(1-3). 117-124

Paéz, J., N. Revilla, J. A. Baisre (1991) Relación entre la captura por unidad de área de la langosta (*Panulirus argus*) y los diferentes biotopos en el Golfo de Batabanó. Rev. Inv. Mar. 12(1-3). 269-279.

Phillips B. F., M.J. Palmer, R. Cruz and J.T. Trendall (1992). Estimating growth of the spiny lobsters *Panulirus cygnus*, *Panulirus argus*, and *Panulirus ornatus*. Aust. J. Scient. Res. 45(5).

Phillips B. F., R. Cruz, R. Brown and N. Caputi (1994). Predicting the catch of spiny lobster fisheries. In B.F. Phillips, J.S. Cobb, J. Kittaka, (eds). Spiny Lobster Management, Chapter 18, Fishing News Books, Oxford

Puga, R., Ma, E. de León y R. Cruz (1993). Estacionalidad de la mortalidad por pesca asociada con las técnicas de captura de langosta en el Golfo de Batabanó, Cuba. En: J.M González y R. Cruz (eds), Memorias del Taller Binacional México-Cuba. La utilización de refugios artificiales en las pesquerías de langosta: sus implicaciones en la dinámica y manejo del recurso, 17-21 mayo de 1993 Isla Mujeres, Q.R., México.

Puga R., M.E. de León y R. Cruz (1991). Evaluación de la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en Cuba. Rev. Inv. Mar. 12 (1-3): 286-292

Puga R., I. Cortés, M. E. de León, R. Cruz y R. Otero (1992) Evaluación de la pesquería de langosta (*P. argus*) de la Región Noroccidental de Cuba. Rev. Cub. Inv. Pesq. 17(1): 1-8.

PIES DE GRABADOS

Figura 1.- Refugios artificiales o pesqueros utilizados en la pesquería de la langosta en Cuba (tomado de Cruz y Phillips, 1994).

b) Pesquero de fibrocemento, construido con láminas de fibrocemento y troncos de la palma costera o palos de mangle.

c) Pesquero levable, construido con láminas de fibrocemento y una armazón de cabillas.

Figura 2.- Diferentes técnicas de pesca utilizadas para capturar las langostas en los refugios artificiales o pesqueros

Figura 3.- Distribución mensual de la composición por talla y el largo medio del cefalotórax de la langosta *Panulirus argus* en el Golfo de Batabanó. La región oscura del histrograma representa las langostas sublegales (tomado de Cruz y Phillips, 1994).

Figura 4.- Ciclo de reproducción de la langosta *Panulirus argus* en Cuba (tomado de Cruz y León, 1991).

Figura 5.- Arrecife artificial de bloques de hormigón. Está conformado por 16 bloques formando una estructura cuadrangular (tomado de Cruz et. al., 1986).

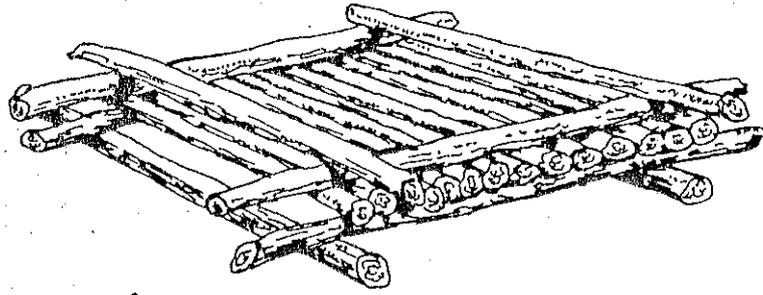
Figura 6.- Colector flotante de puerulus (tomado de Cruz et. al., 1991).

Figura 7.- Representación esquemática del plan de manejo de la pesquería cubana de langosta.

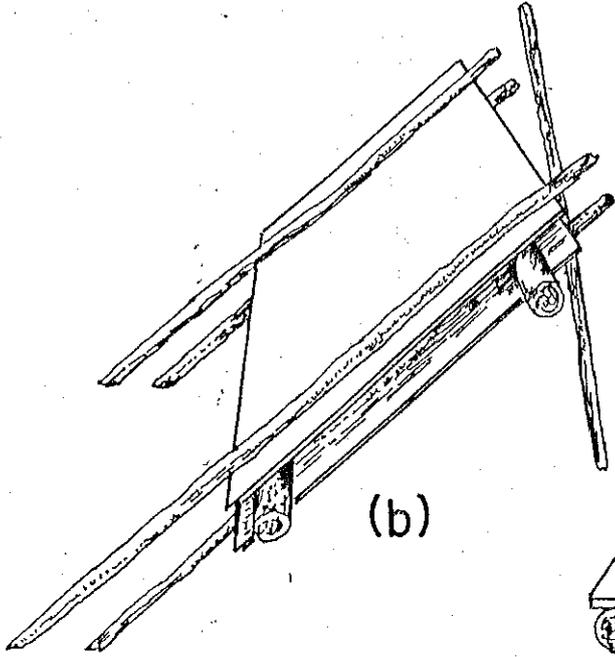
Figura 8.- Mapa mostrando las diferentes regiones de pesca de langosta (GB= Golfo Batabanó, SE= Suroriental, NE= Nororiental y NO= Noroccidental) conjuntamente con las áreas de pesca de cada Empresa y las zonas de pesca de las Empresas que operan en el Golfo de Batabanó.

Figura 9.- Esquema de la estrategia de manejo utilizada en la pesquería de langosta en el archipiélago cubano.

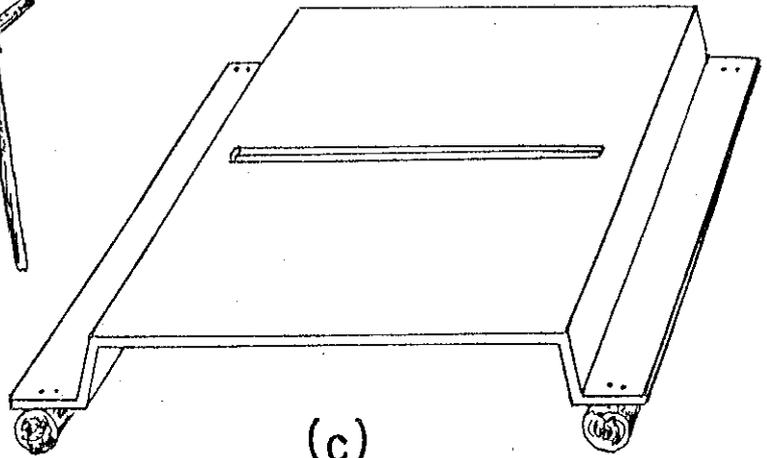
Figura 10.- Pronóstico de la captura de langosta en el Golfo de Batabanó y para diferentes áreas de pesca de las empresas de Batabanó, Pinar del Río e Isla de la Juventud (tomado de Cruz et. al., 1995).



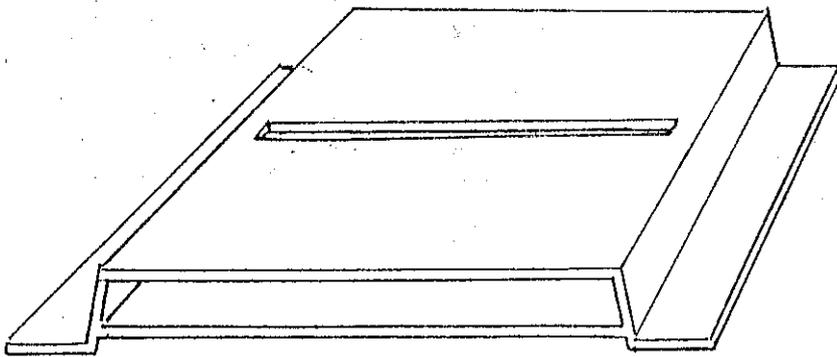
(a)



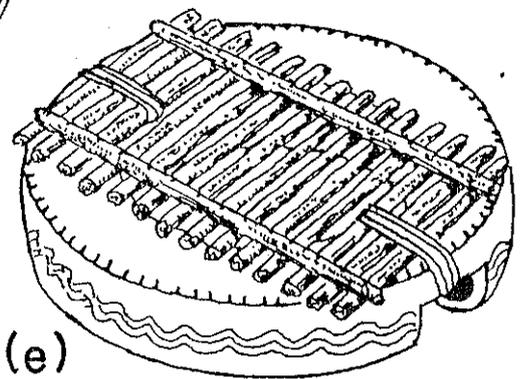
(b)



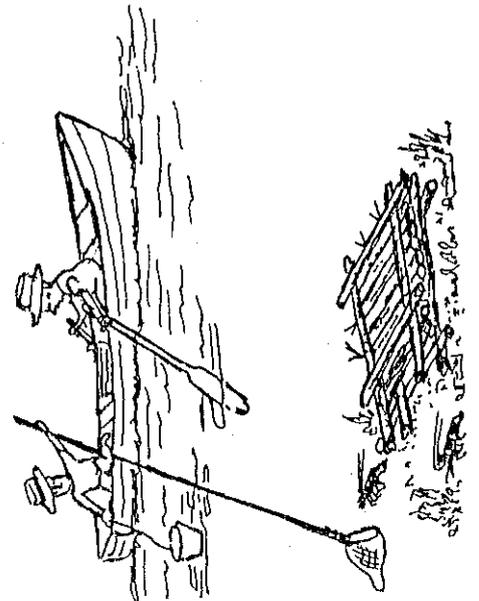
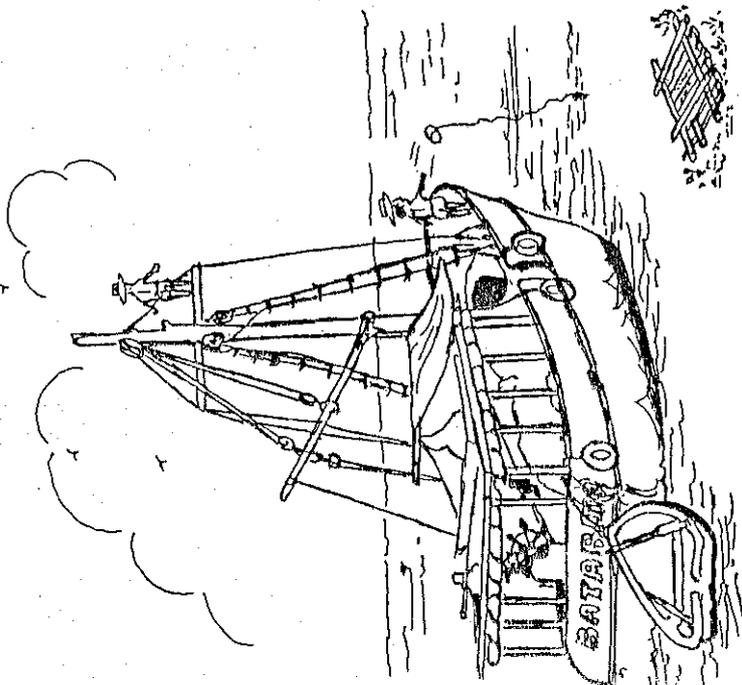
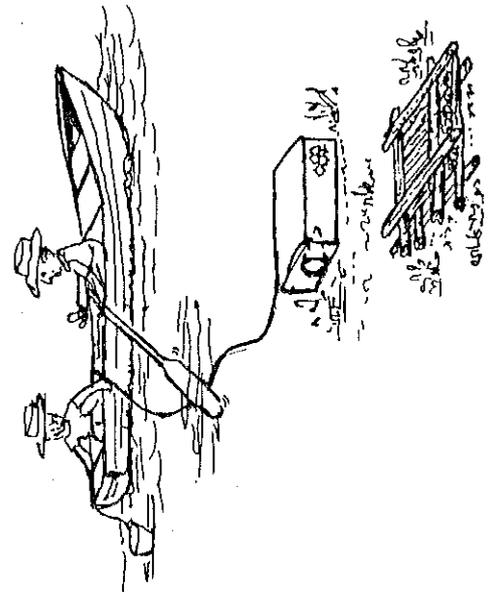
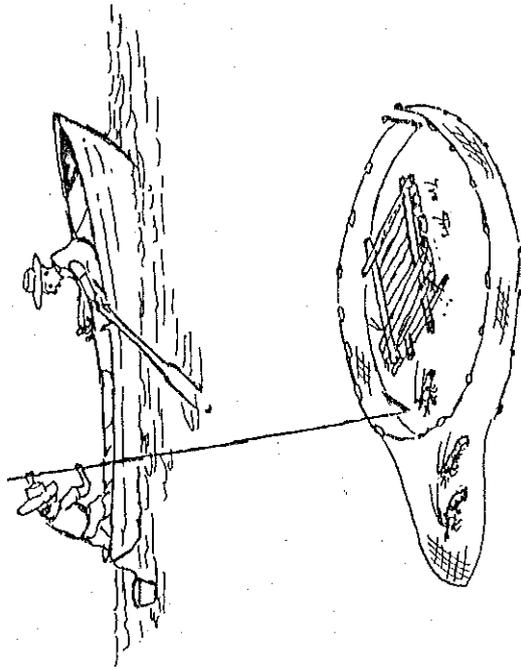
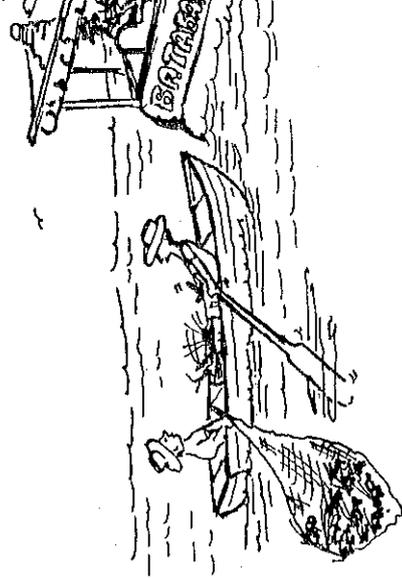
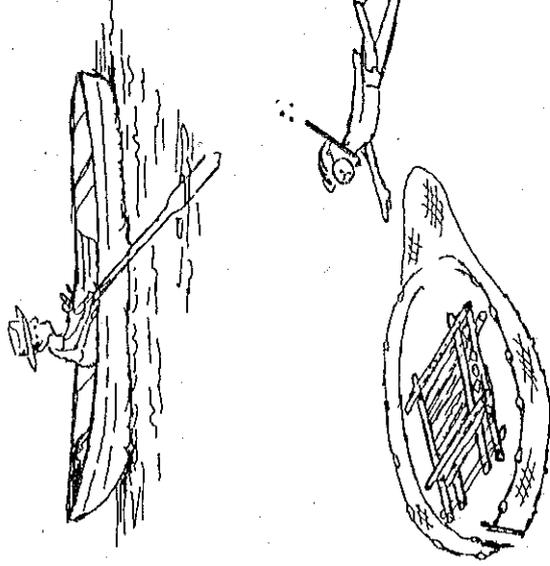
(c)

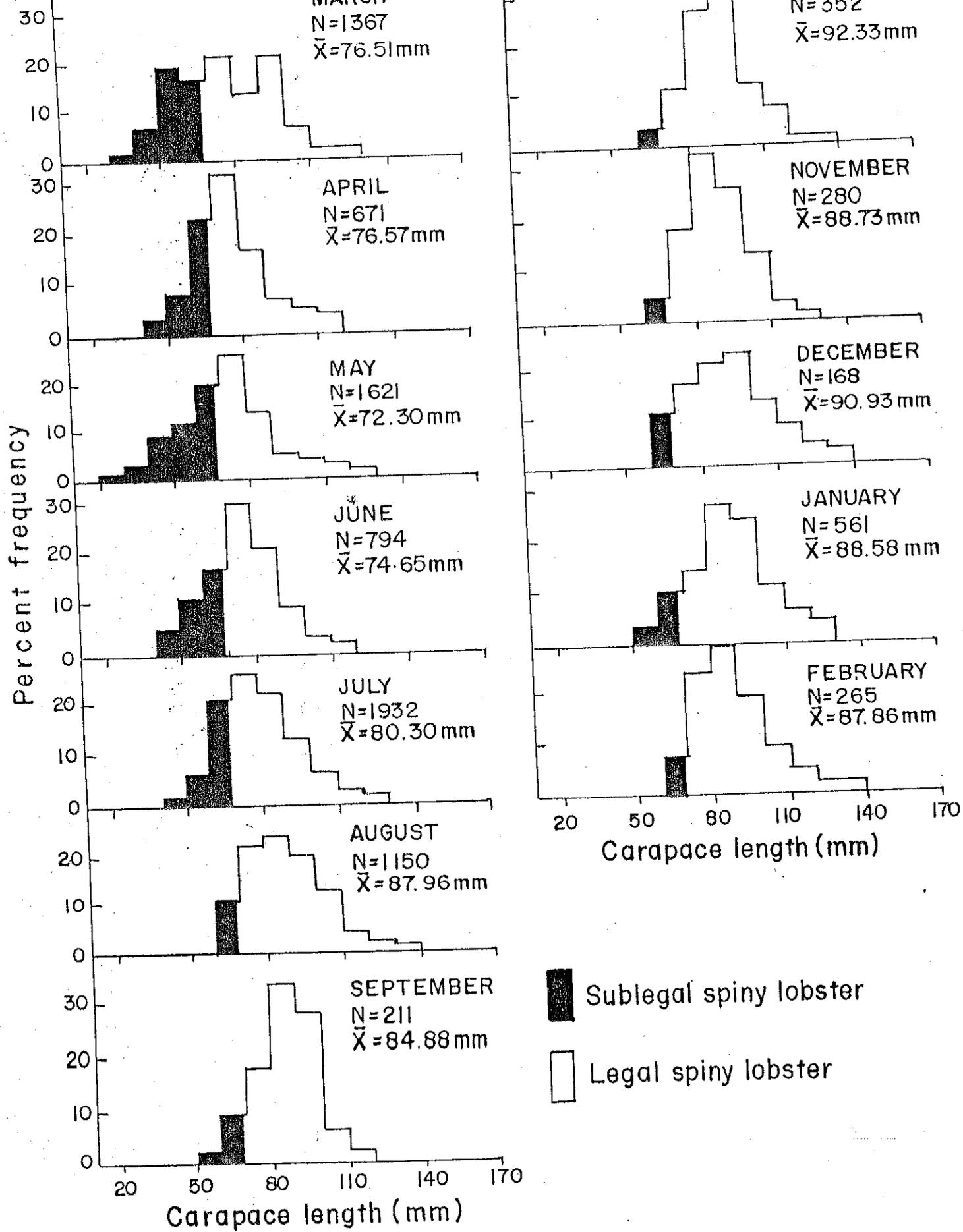


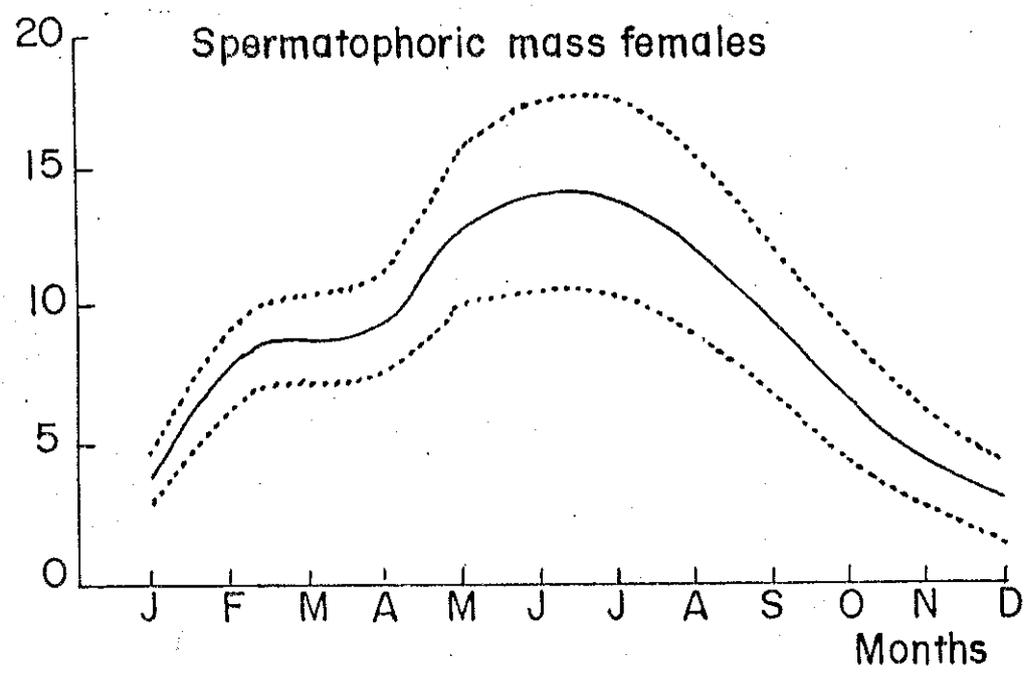
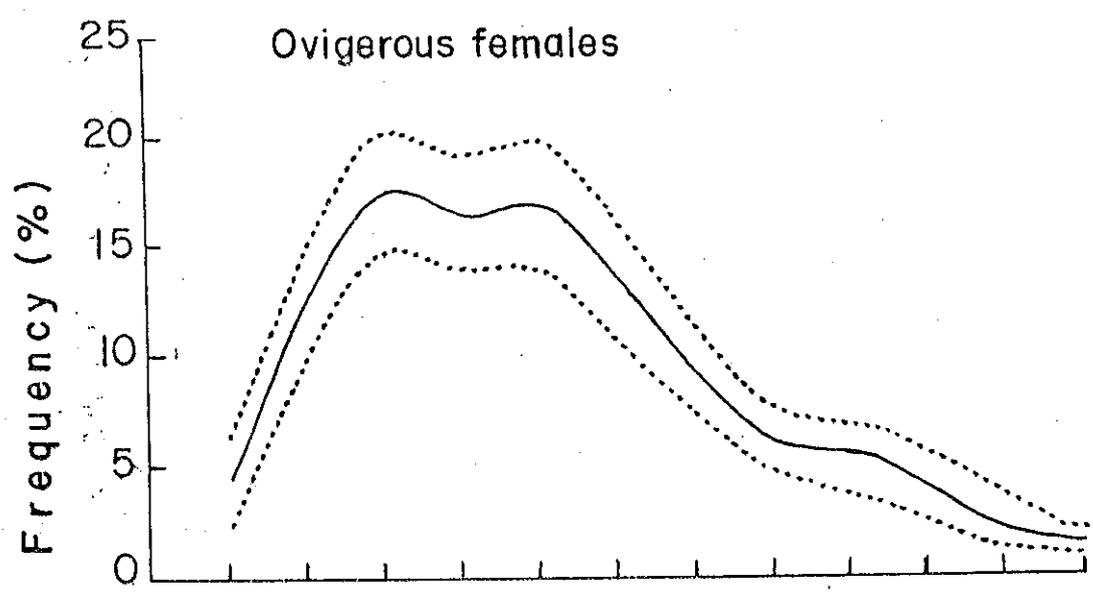
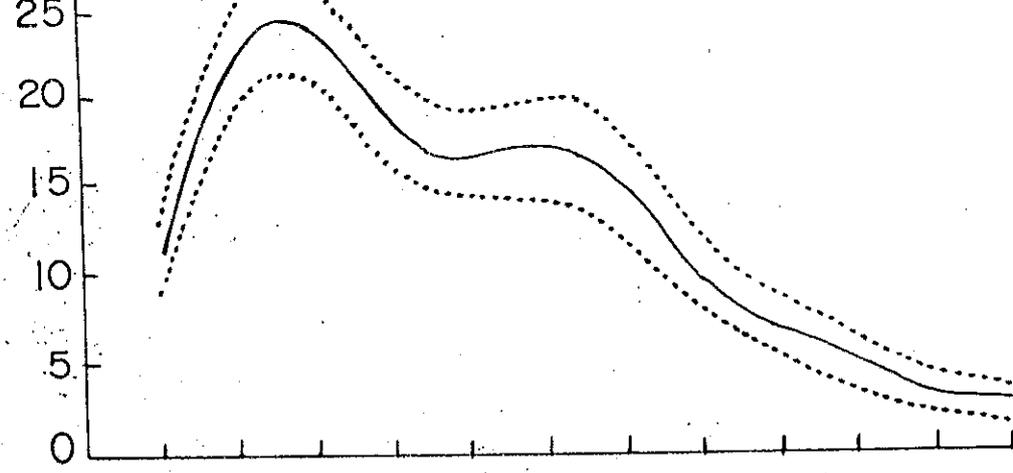
(d)

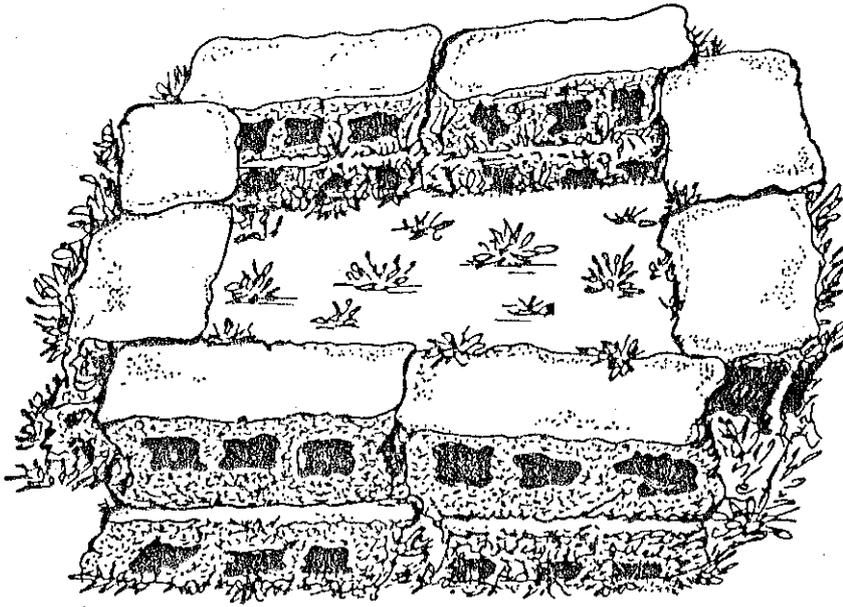
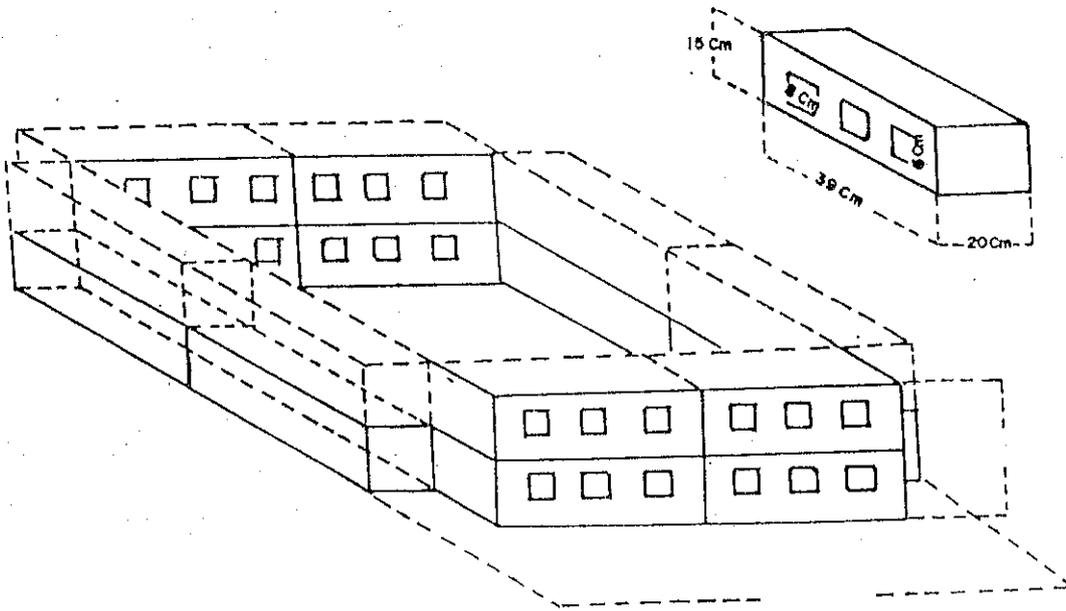


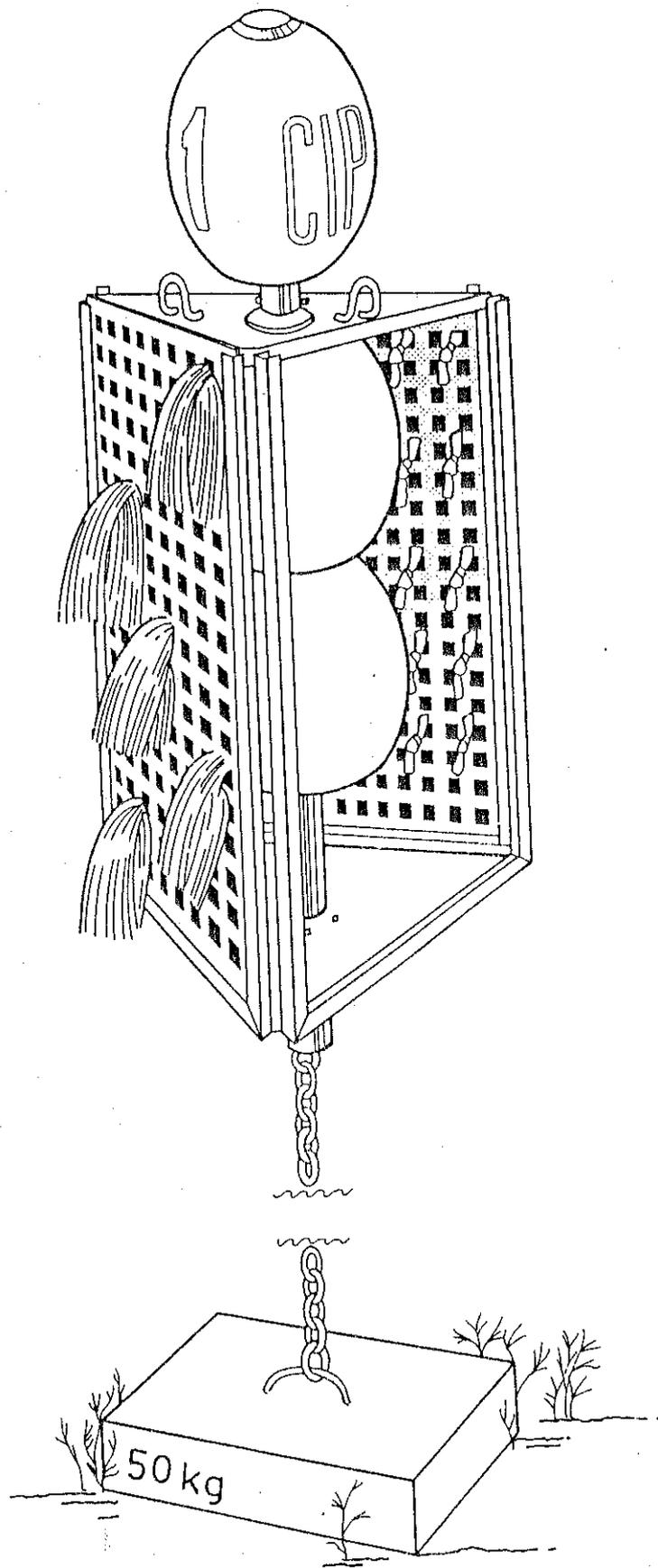
(e)

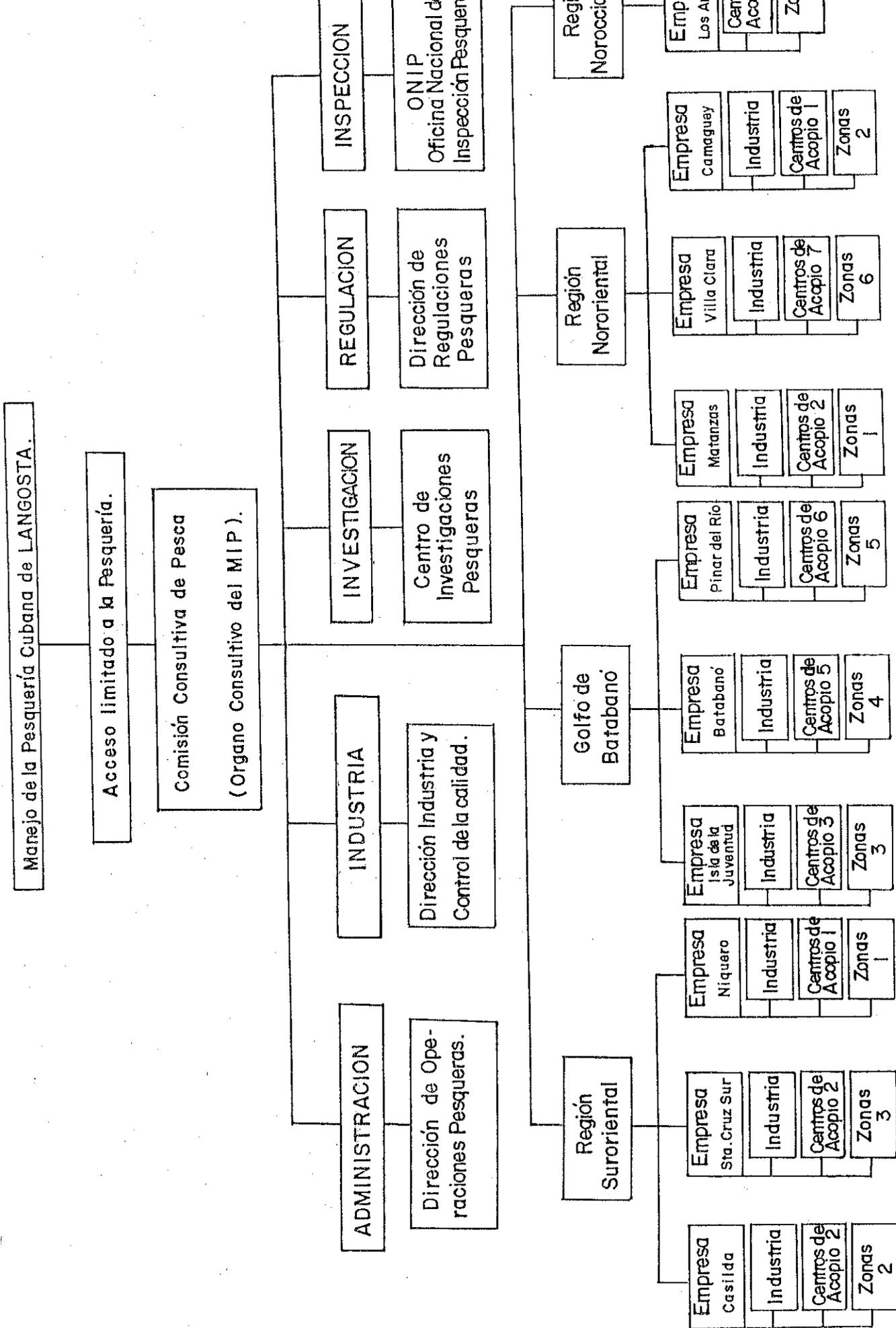




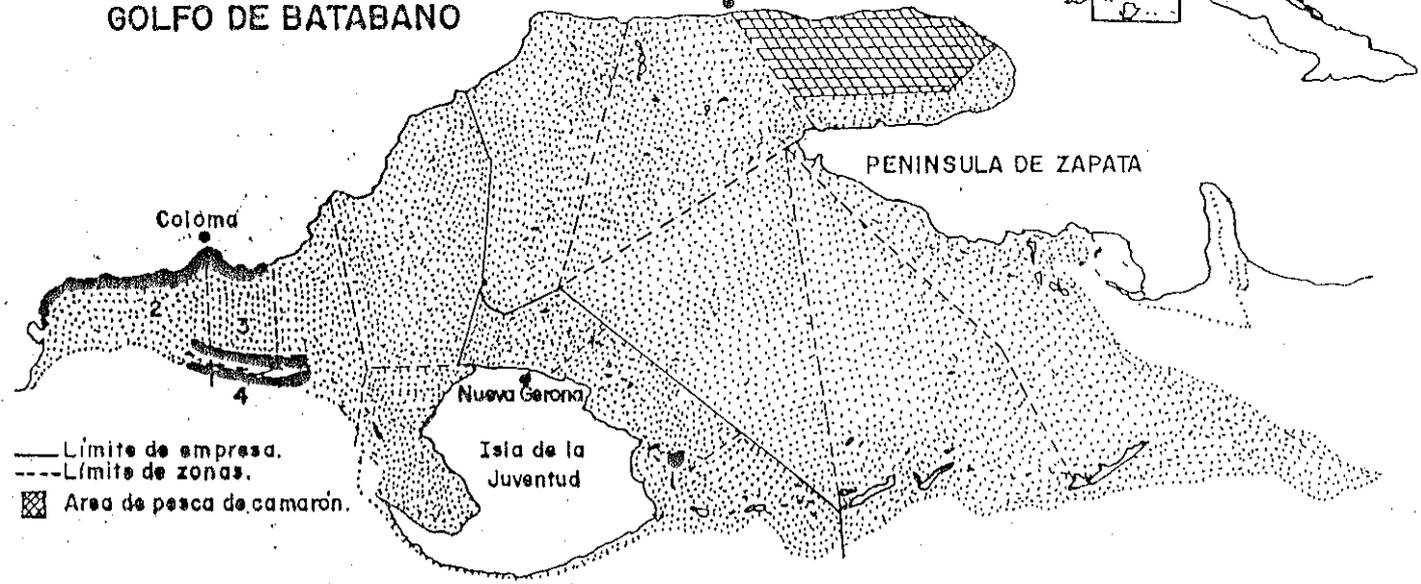






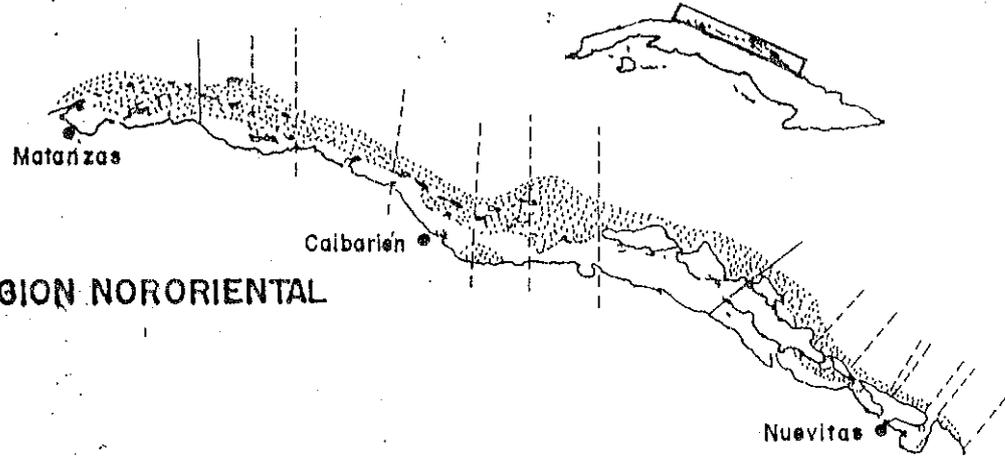


GOLFO DE BATABANO

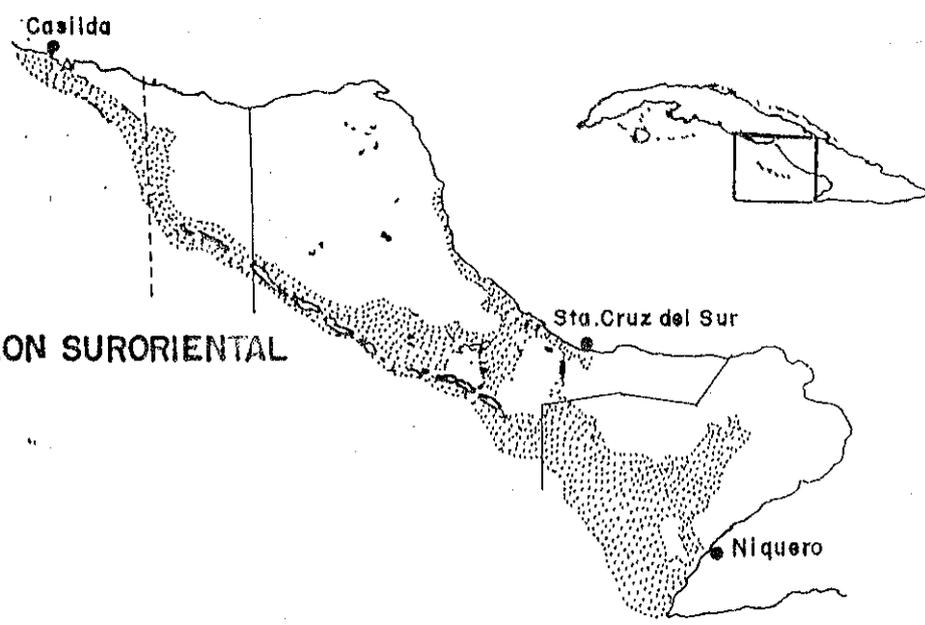


— Límite de empresa.
- - - Límite de zonas.
▣ Área de pesca de camarón.

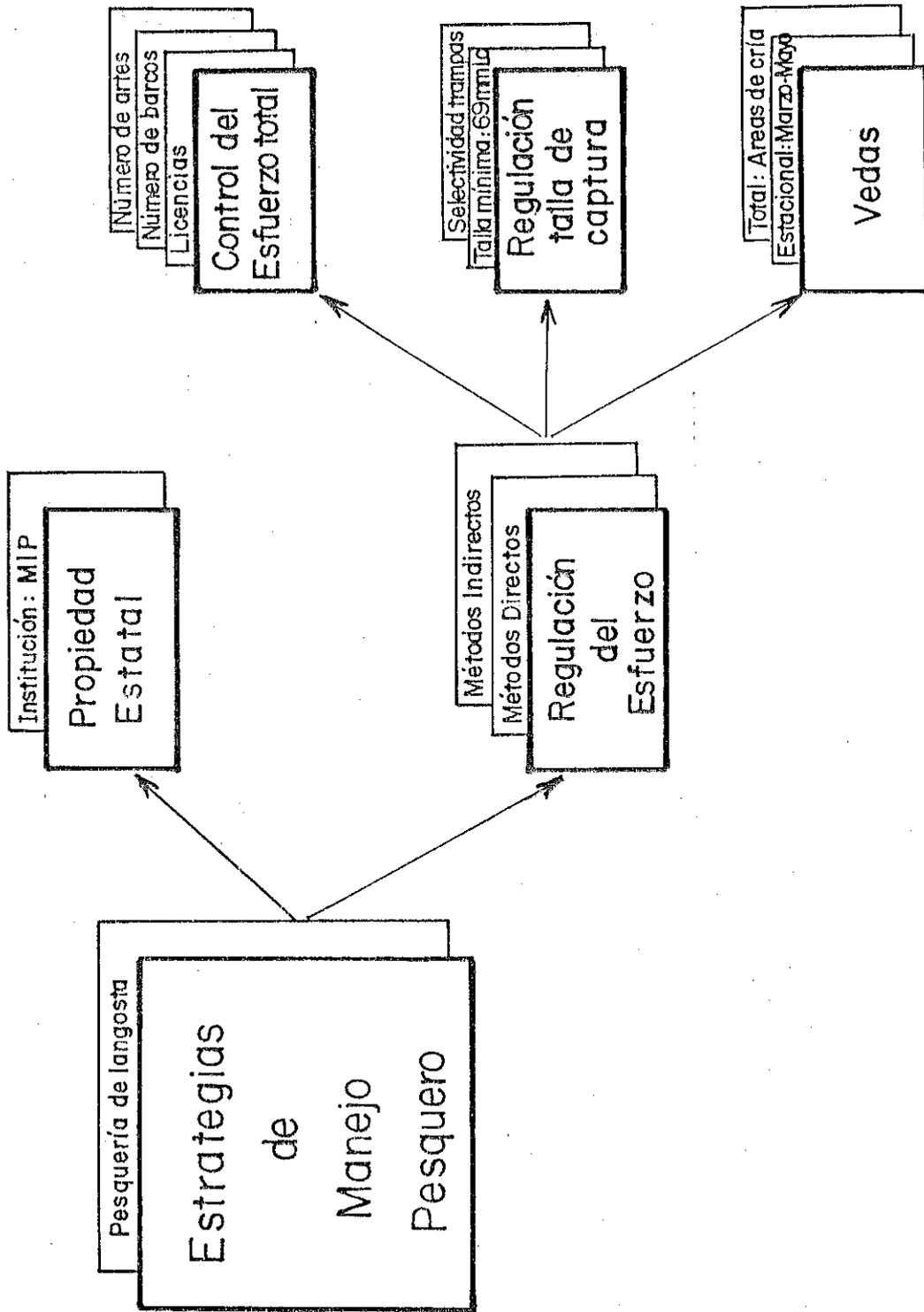
REGION NORORIENTAL

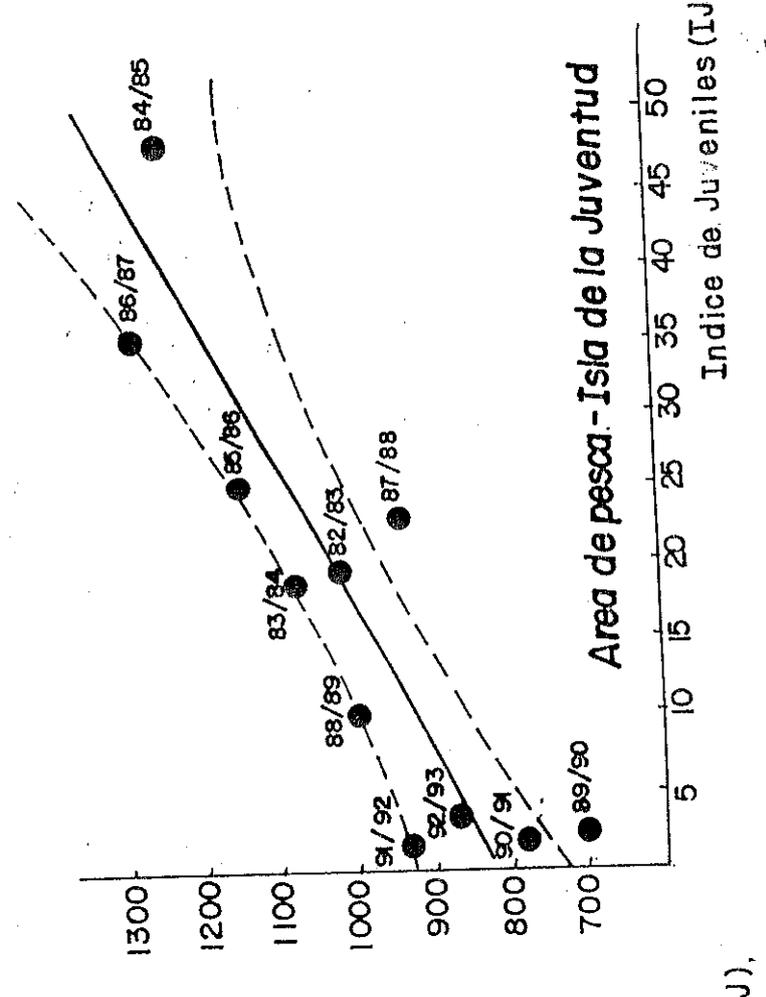
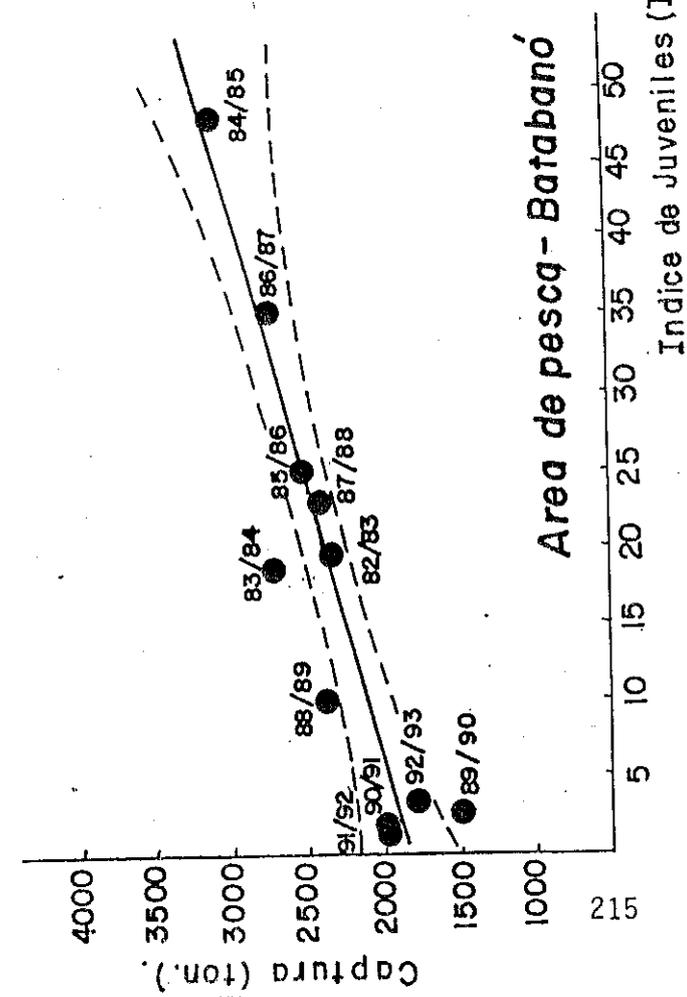
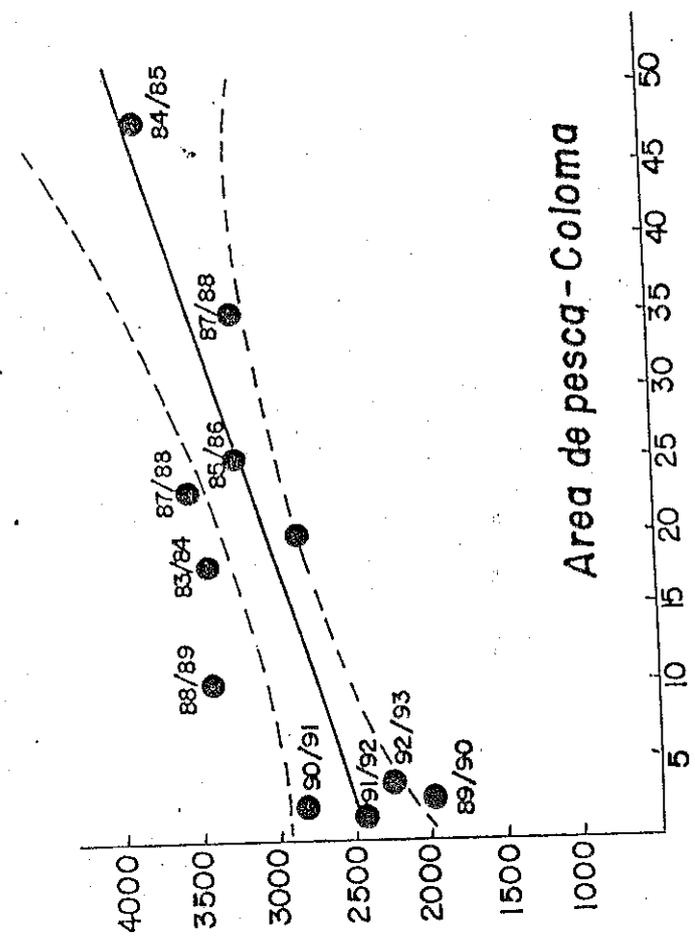
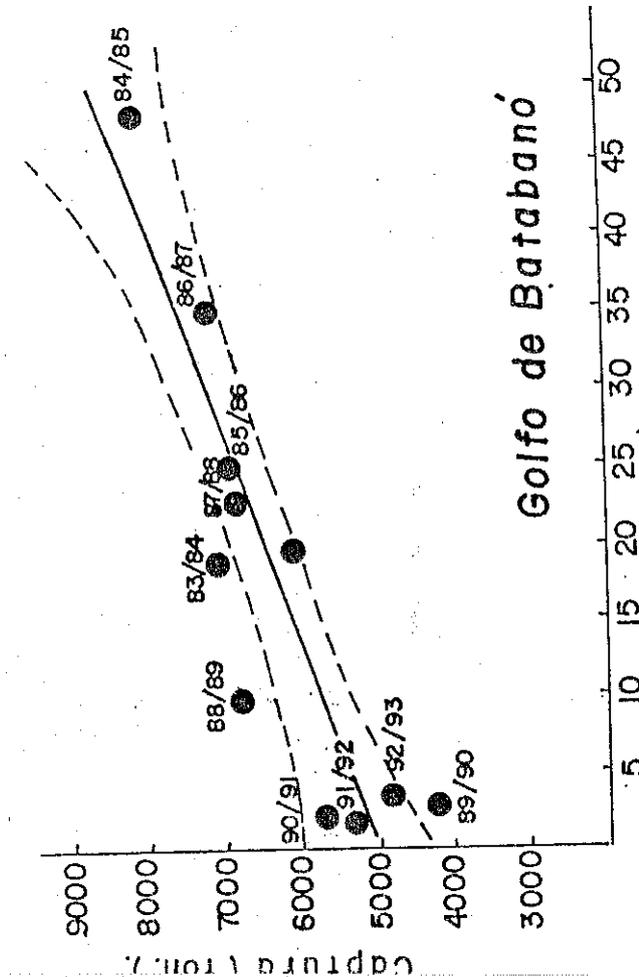


REGION SURORIENTAL



Plan de manejo





AMBIENTES COSTEROS Y NIVEL MEDIO DEL MAR

por

Georges Vernet(1)

RESUMEN

La zona costera, sitio de encuentro entre tierra, mar y atmósfera, constituye una franja estrecha a escala del globo terrestre pero caracterizada a la vez por su alto hidrodinamismo (olas, marea y corrientes) y su capacidad de recepción de aportes fluviales (agua dulce, nutrientes y sedimentos), así como por su gran diversidad (playa, delta, estuario, laguna manglar, arrecife); además, es el sitio de asentamiento de más de la mitad de la población mundial: la zona costera es un sistema biogeomorfológico activo.

El nivel marino, que sirve como referencia para la medición de las altitudes de los relieves en el continente como en los océanos, no es realmente inmutable. Varios tipos de fluctuaciones fueron evidenciadas tanto a nivel local y global como a diferentes escalas de tiempo. Fueron atribuidas esencialmente a:

- parametros climáticos con impacto directo (vientos, variación de presión atmosférica) o indirecto (variación de temperatura, glacio-eustatismo),
- deformación de la corteza terrestre (movimiento de las placas tectónicas, isostasía y subsidencia regional).

Pero el nivel marino se ve también afectado por las actividades humanas, tanto a escala local y relacionado especialmente con la disminución de las fuentes de sedimentos que alimentan la zona costera, como a escala global por el aumento general de la temperatura que favorece el ascenso del nivel medio del mar.

Todas estas variaciones del nivel marino afectan de manera distinta los ambientes costeros. Si se contempla los procesos naturales a gran escala de tiempo y espacio, los cambios de nivel del mar participan, con otros parametros, a la elaboración de las formaciones geológicas:

- en los deltas, los ciclos de regresión y transgresión del mar son, en parte, responsable de las secuencias deltaicas que permiten grandes acumulaciones sedimentarias, sitios privilegiados para la formación de petróleo;
- la subsidencia de las islas volcánicas en regiones tropicales que genera ascenso del nivel marino favoreciendo el desarrollo de los arrecifes de coral, fuentes principales de las formaciones carbonatadas.

Actualmente, los fenómenos naturales y/o antrópicos que generan cambios rápidos del nivel del mar producen trastornos en los asentamientos humanos de la costa, especialmente el ascenso del mar que provoca:

- erosión general del litoral, con riesgos de sumersión y destrucción;
 - intrusiones salinas en tierras costeras agrícolas;
- La zona costera es un sistema biogeomorfológico fragil.

(1) - UFR Géologie et Océanographie, Université de Bordeaux 1, 33405 Talence, France

ABSTRACT

The coastal zone, place where land, sea and atmosphere meet, represent a tiny fringe on earth scale. However this is characterized on one hand by the high hydrodynamic (waves, tide and currents), and on the other hand by the ability to receive river contributions (freshwater, nutrient and sediment), and also by the large landscape diversity (beach, delta, estuary, lagoon, reef). Moreover it's the place where more than half of the population have settled down: hence we can say that the coastal zone is an active biogeomorphological system.

The sea level, which is used as reference to measure continental and submarine relief, is not immutable. Several kinds of fluctuations were brought out either on a local and a global level, or on different time scale. These fluctuations are issued from different factors:

- climate with direct impact (wind, atmosphere pressure fluctuations), or indirect one (temperature fluctuation, glacio-eustatism);
- earth crust deformation (plate motion, isostatism, regional subsidence)

However sea level is also affected by human activities, as well on local scale and thus related specially to the decreasing source sediment which feed the coastal zone, as on global scale by the general increase of temperature which favour the rising of the sea level.

All those sea level fluctuations affect in different ways the coastal environments. If we observe the natural processes on a large time and space scale, the sea-level changes (with other factors) play a role in the elaboration of the geologic formations:

- in deltas, the cycles of transgression and regression of the sea are one of the responsible for the deltaic sequences which allow huge sediment accumulation, privileged place for oil formation;
- the subsidence of volcanic island in tropical regions that provide a sea-level rise favour coral reef development and carbonate formations.

At the present time, natural and/or anthropic phenomenon that provide rapid changes in sea level produce stress on the human coast settlement, especially the sea-level rise that involve:

- general erosion of the coast, with submersion and destruction risk;
- salt intrusion in agricultural land.

The coastal zone is a fragile biogeomorphological system.

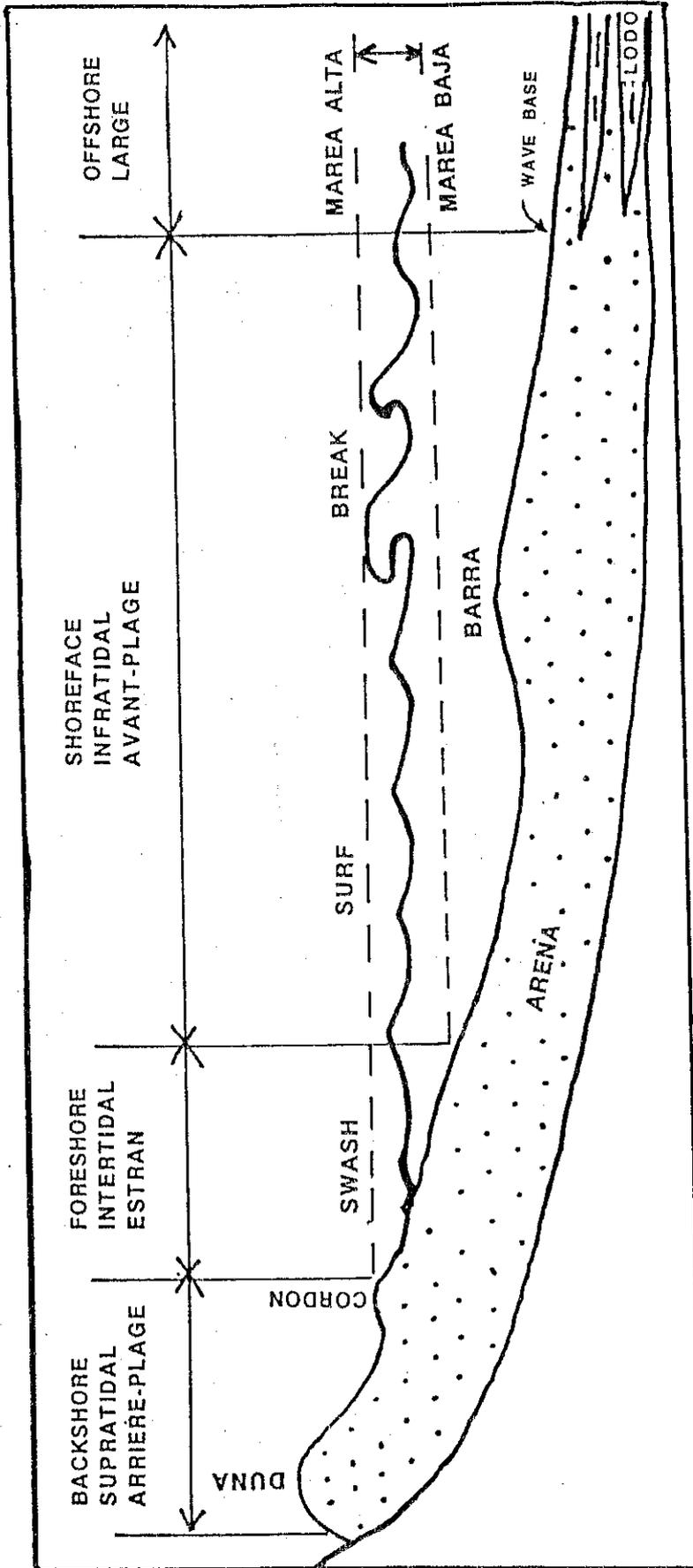


Figura 1. El Litoral: Divisiones morfológicas e hidrodinámicas

INTRODUCCION

La zona costera, sitio de encuentro entre tierra, mar y atmósfera, constituye una franja estrecha a escala del globo terrestre pero caracterizada a la vez por su alto hidrodinamismo (olas, marea y corrientes) y su capacidad de recepción de aportes fluviales (agua dulce, nutrientes y sedimentos), así como por su gran diversidad biológica; además, es el sitio de asentamiento de más de la mitad de la población mundial y se estima que el 75% de la población estará viviendo a menos de 60km del litoral en el año 2000 (Linden, 1990).

La multiplicidad de los factores actuando sobre la zona costera resulta de este contacto triple entre atmósfera, tierra y mar. Esta multiplicidad de factores genera una variedad de paisajes costeros muy ricos desde el punto de vista morfológico, biológico, geológico y ambiental.

Además, si bien existe muchos ambientes de deposición tanto en tierra (cuencas, lagunas) como en los fondos abisales (abánicos profundos al pie del talud continental), la zona costera es el sitio privilegiado de la sedimentación de todas las partículas erosionadas al continente. La gravedad juega un papel preponderante en los procesos de transporte y de sedimentación. Las partículas, vehiculadas por los ríos, transitan poco a poco desde las partes altas hacia los sectores más bajos. La zona costera (litoral y plataforma continental) corresponde con frecuencia al camino final de las partículas procedentes del continente.

Con el agua, la luz, la oxigenación por la resaca, los nutrientes procedentes del continente, la zona costera es también un sitio favorable a la vida. La variedad de los ambientes permite una biodiversidad mayor.

LA COSTA

En su sentido común, la costa corresponde al sector de transición entre tierra y mar (fig. 1). En su aceptación amplia se habla de zona costera que abarca la franja del continente frente al mar y la plataforma continental; en su sentido restringido se habla de la línea de costa. El término de Litoral corresponde generalmente a la parte continental de la costa alcanzada por el mar, o sea bajo las influencias conjuntas de las olas, mareas y corrientes correspondientes. Pero, los criterios de definición dependen también de los temas contemplados y de los usuarios:

- criterios bio-ecológicos caracterizando los sectores "supra, medio e infra-litoral", los cuales se prolongan en la plataforma continental dividida en parte "interna" y "externa", esto permite ubicar las diferentes poblaciones en función de los parámetros batimétricos;
- criterios hidrodinámicos y sedimentológicos expresando el impacto del mar en la zona costera ("washover"; "Swash", "surf" y "Break zone"; "wave base");
- criterios jurídicos, políticos y de seguridad militar que establecen las "Aguas Territoriales", la "Zona Económica Exclusiva" (ZEE);
- criterios morfológicos basados en los diferentes ambientes costeros (playas, acantilados, delta y estuarios, bahías y lagunas, marismas y manglares, arrecifes...);
- criterios económicos y demográficos relacionados con las actividades urbanas y portuarias, industriales y de pesquería, así como el turismo terrestre y marino.

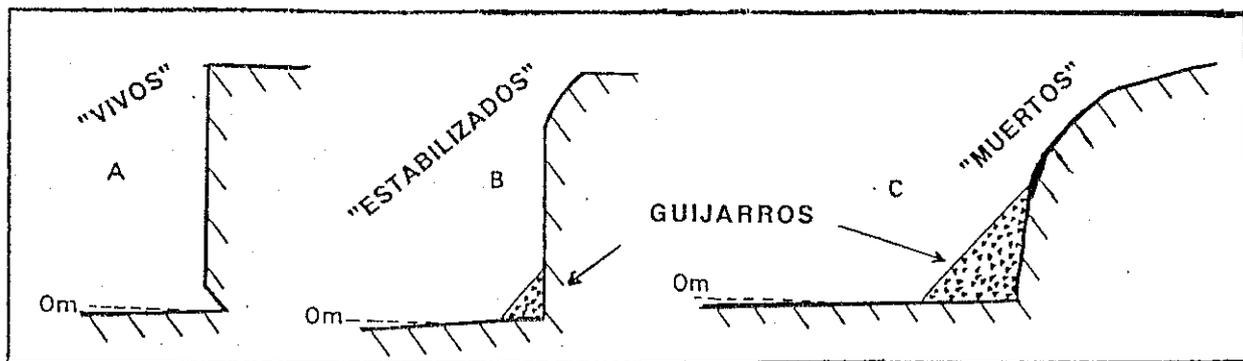


Figura 2. Tipos de acantilados

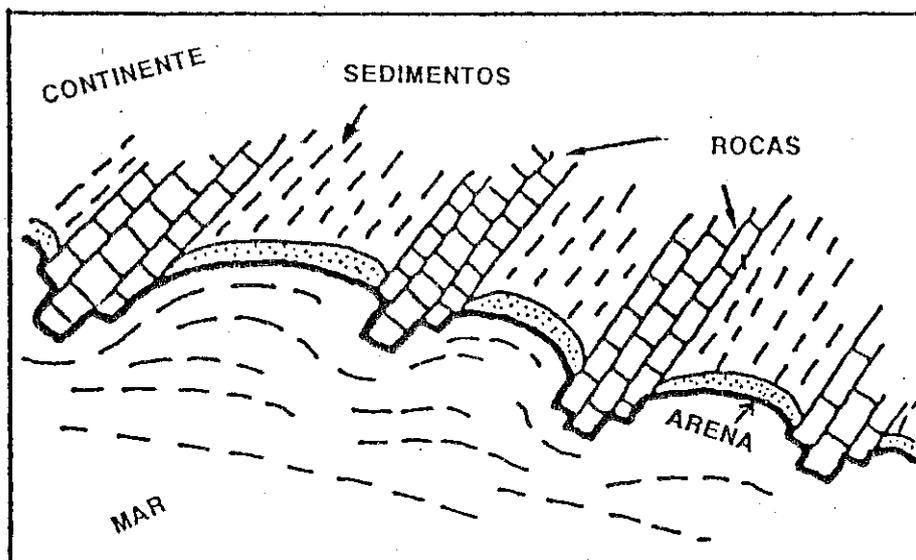


Figura 3. Influencia de la litología en la morfología costera

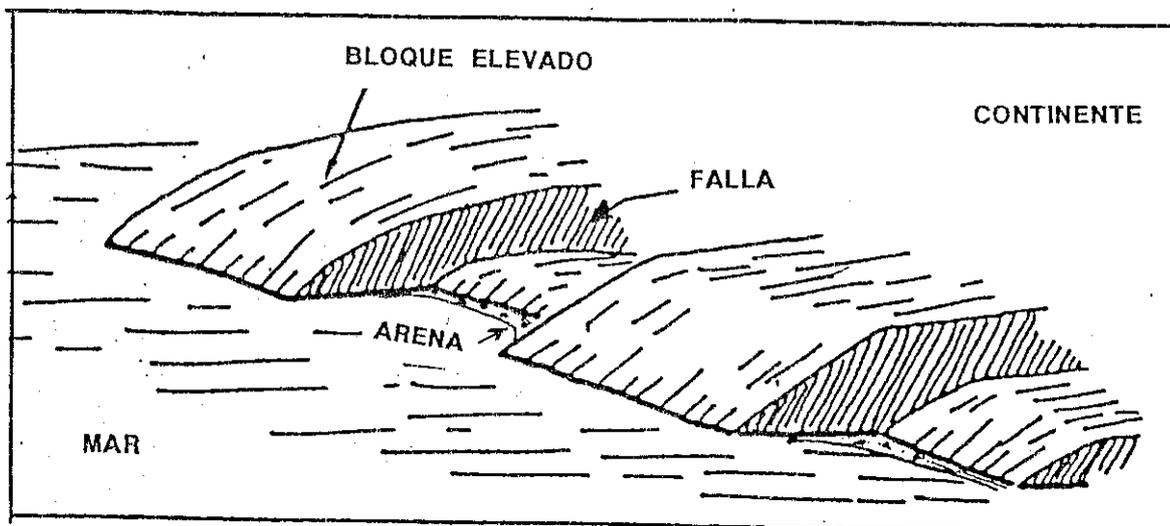


Figura 4. Influencia de la tectónica en la morfología costera

LOS PRINCIPALES AMBIENTES COSTEROS

Costas de Acantilados

En la zona costera, los acantilados corresponden a litoral rocoso de pendiente abrupto que resultan del ataque de los relieves costeros por el mar. Son los ejemplos típicos de costas en erosión. Los acantilados se encuentran en todas las latitudes principalmente en los márgenes activos sometidos a fenómenos tectónicos y/o volcánicos ubicados en frontera de placas tectónicas: muchas costas del océano Pacífico (Chile y Perú, Japón, Filipinas, Indonesia, Nueva Guinea), parte de la costa Oeste de Estados Unidos, en el Atlántico (Marruecos, sur de África), en el Caribe (Cuba, Puerto Rico, Venezuela), parte de Australia y Nueva Zelanda y, muchas costas del mar Mediterráneo. Numerosas costas de acantilados se encuentran también en las regiones árticas en relación con los movimientos isostáticos (Canadá, Groenlandia, Noruega). En Colombia, la mayor parte de la costa del Pacífico es de tipo rocoso.

Un acantilado es "vivo" cuando el mar lo erosiona directamente (fig. 2A). Se vuelve "muerto" cuando el mar ya no lo alcanza (fig. 2C); puede ser debido a una acumulación de productos de erosión a su pie o por descenso del nivel del mar. La altura de un acantilado depende del relieve costero del mar. Hay en Chile acantilados de más de 1000m de altura bordeando el océano (Paskoff, 1985).

En un acantilado, el mar actúa a diferentes niveles:

- acción mecánica de las olas que producen poco a poco una huella en la base del acantilado favoreciendo la destrucción de la parte superior y, creando a su pie una acumulación de materiales que constituye una plataforma de abrasión erosionada a su vez por la deriva y las corrientes litorales;
- erosión y/o construcción ("vasque", "trottoir", Guilcher, 1953) biológica por los organismos marinos;
- corrosión físico-química por alternancia de fenómenos de hidratación y desecación debido a la marea en la base del acantilado y por hidrólisis de los minerales frágiles en toda la superficie del acantilado (Guilcher, 1966), así como erosión subterránea (Viles y Spencer, 1995).

La naturaleza de las rocas juega un papel importante en la morfología de las costas de acantilados: la erosión es más rápida y la pendiente no tan fuerte en material no consolidado (arena, arcilla...) que en material consolidado (granito, rocas metamórficas, carbonatadas...). Esta variedad litológica se refleja en la alternancia de cabos y pequeñas bahías ("pocket beach") que se encuentran en los litorales rocosos (Fig. 3). La presencia de fallas o fenómenos tectónicos pueden manifestarse también en las características morfológicas (Fig. 4) del litoral rocoso (Froidefond, 1989).

Playas y dunas

Las playas corresponden a litorales sometidos principalmente a las olas (Chamley, 1988) y, donde se depositan o transitan partículas sueltas, sobre todo las arenas (entre 63µm y 2mm); por lo tanto, los sedimentos de una playa se caracterizan por su movilidad y, las playas son ambientes costeros particularmente frágiles frente a los procesos erosivos del mar. Bird (1985) considera que el 20% de las costas en el mundo es de tipo playa arenosa con su duna supralitoral. Este ambiente se ubica esencialmente en los sectores llaneros de los márgenes pasivos.

Los materiales de las playas. Las características mineralógicas de los materiales de playas dependen de las fuentes de sedimentos. Cuando los materiales resultan de la erosión del continente, el cuarzo es el mineral preponderante y se habla de sedimentación detrítica terrígena o clástica. En las regiones volcánicas, las partículas corresponden a fragmentos de rocas eruptivas y los sedimentos de playa son de color oscuro. Al contrario, en las orillas de los mares tropicales colonizadas por los arrecifes de corales, las arenas de playas, de tipo carbonatado, son

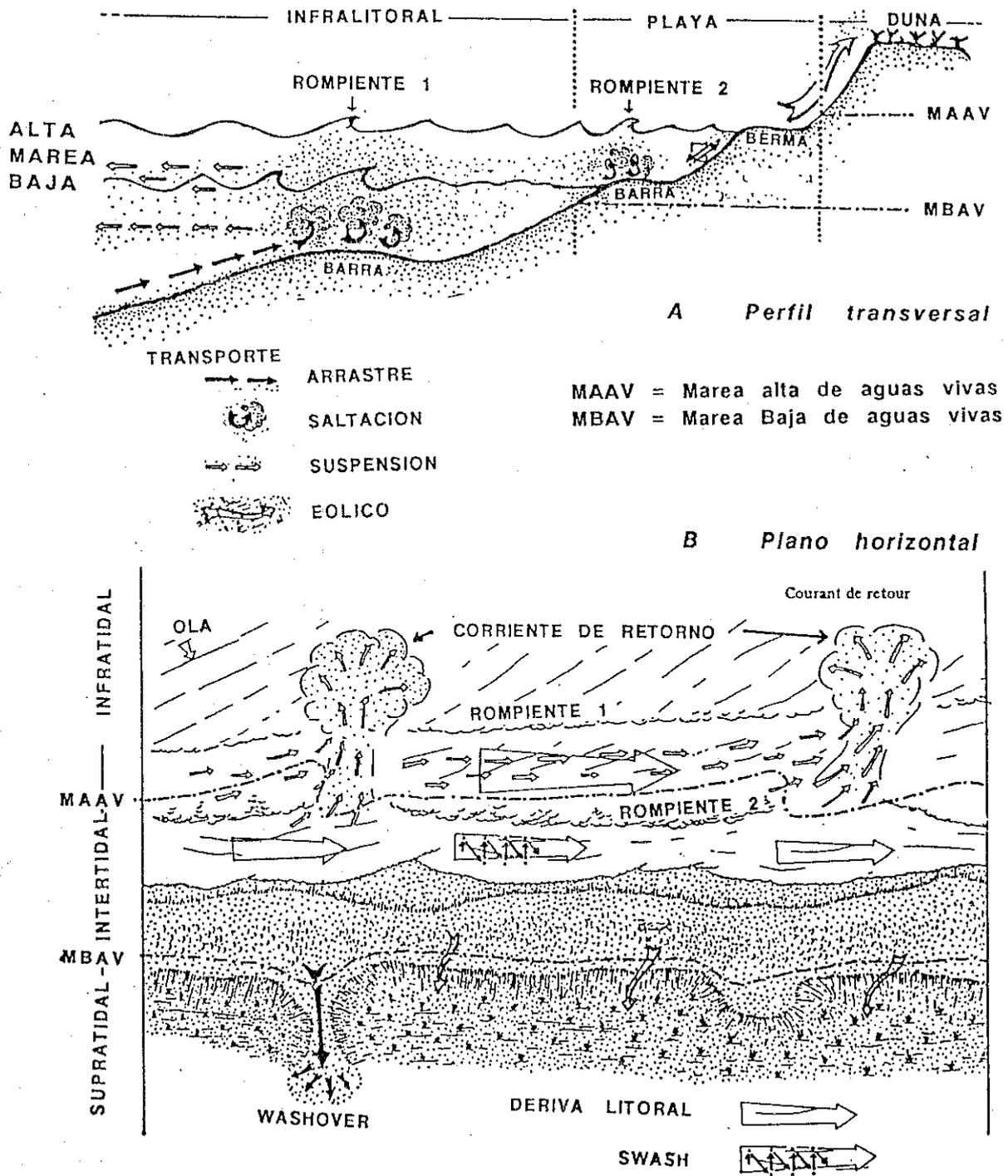


Figura 5. Procesos hidrosedimentarios en el sistema playa - duna

más claras. Se encuentra también playas de partículas más gruesas (grava, > 2mm), generalmente relacionada con la cercanía de relieves continentales. En las costas bajas, sometidas a un amplio rango de marea y a una sedimentación muy fina, el litoral está cubierto por lodos de color marrón y no se habla de playa sino más bien de marismas ("tidal flats", "marais maritimes").

Morfología de las playas. Desde la tierra hacia el mar, el perfil general de las playas comprende (ver Fig. 1):

- la franja supratidal ocupada generalmente por la duna y/o el cordón litoral que corresponde a la parte más alta de la playa ("backshore", "arrière-plage");
- La playa en sí mismo o dominio intertidal (mediolitoral, "foreshore", "estran") ubicada entre alta mar y baja mar; corresponde al sitio donde se expanden las aguas de la rompiente;
- La franja infratidal (dominio infralitoral, "shore face", "avant-plage") descubierta únicamente en marea baja de aguas vivas y donde el fondo está todavía sometido al roce de las olas ("wave base");
- Más allá viene un sector de transición donde los fondos son sometidos únicamente a las olas de tempestad y donde la sedimentación arenosa en el fondo se vuelve poco a poco lodosa, es el dominio cercalitoral ("offshore", "large").

Mecanismo hidrosedimentario. La ola, inducida por el viento, es el factor principal de los procesos hidrosedimentarios en las playas. De la oblicuidad de las olas respecto a la dirección de la costa resulta la deriva litoral, corriente paralela a la costa y manifestándose principalmente en el sector de rompiente de las olas (Fig. 5). A la deriva se adjuntan corrientes perpendiculares (corrientes de retorno) que permiten la evacuación del agua que había invadido la playa. La rompiente y la deriva litoral juegan un papel preponderante en el desplazamiento de las arenas a lo largo de las costas y en el balance sedimentario de las playas (Weber, 1989).

La marea, inducida por la atracción de los astros (la luna y el sol principalmente), produce una oscilación periódica del nivel del mar con periodo de 24 (marea diurna) o 12 (semi-diurna) horas, y de amplitud variable (micro, meso y macrotidal, Hayes, 1979); su acción sobre la playa es directamente proporcional al rango de la marea ("tidal range", "marnage") que genera las corrientes de marea. La marea se junta con la ola para los procesos hidrosedimentarios costeros. Por ejemplo, es la acción conjunta de la marea y de las olas que provoca la apertura del cordón de playa en la Boquilla, abriendo un canal de comunicación entre el mar y la laguna de Tesca (Verrette, 1985).

Balance sedimentario. Una playa puede elaborarse cada vez que la cantidad de material arenoso disponible sobre el litoral supera la cantidad de material que la dinámica litoral (olas y corrientes) puede dispersar. Un equilibrio temporal puede establecerse si el flujo de material que viene es igual al que se va. Cuando el material es insuficiente o si algunas fuentes se agotan, las olas y la deriva litoral tienen una acción erosiva sobre el litoral.

Deltas y Estuarios

Deltas y estuarios corresponden a la parte final de un río desembocando en el mar. Son ambientes hidrosedimentarios costeros y transitorios, sometidos tanto a influencias fluviales (aportes líquidos y sólidos, nutrientes del río), como marinas (agua salada, olas y marea).

En los deltas, las influencias fluviales predominan y determinan una progresión de la costa hacia el mar: las construcciones sedimentarias son exedentarias sobre las acciones erosivas del mar, hay regresión local del mar. En los estuarios, las influencias marinas son importantes en particular las relacionadas con la marea. Un estuario es la parte final de un río donde penetra el mar por impulso de la marea.

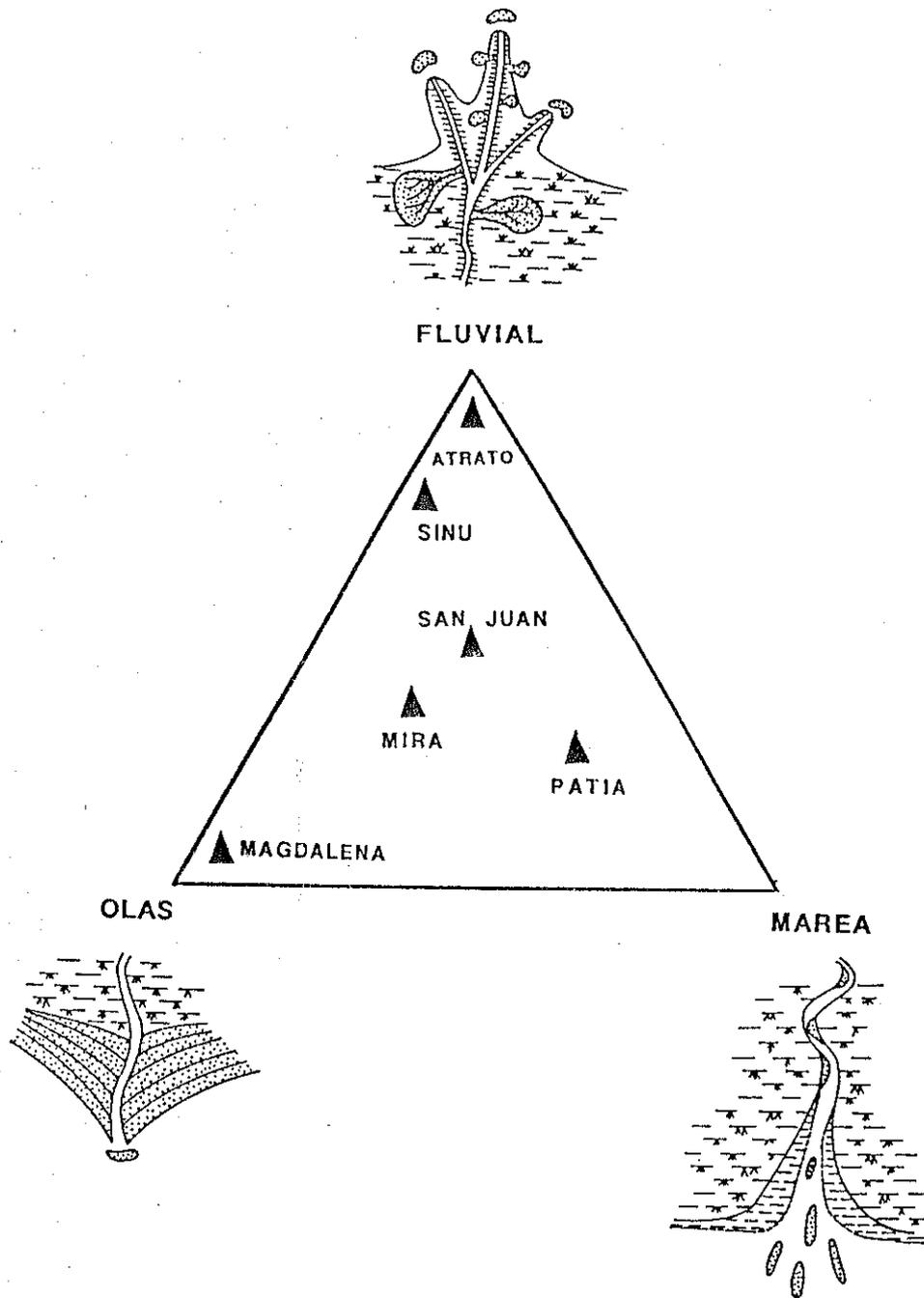


Figura 6. Clasificación de los principales deltas colombianos

Las características morfosedimentarias de estos ambientes costeros resultan de los tres principales factores hidrodinámicos siguientes: aporte fluvial, olas y marea. Galloway (1975) propuso una clasificación basada en la influencia relativa entre estos tres factores, muy representativos de la morfología de los deltas. Un estudio preliminar de los principales deltas en Colombia (Vermette *et al.*, 1995) permitió así ubicarlos respecto a estos factores y sus morfologías (Fig. 6).

Delta Fluvial. Cuando un río desemboca en el mar, las corrientes fluviales disminuyen rápidamente debido al aumento brusco de la sección del río. Esta disminución de la velocidad del flujo tiene como resultante directa y rápida, la sedimentación de las partículas transportadas por el río. Con los aportes sólidos del río, el delta se construye hacia el mar según un esquema morfológico común a todos los deltas. Esta morfología puede dividirse de la tierra hacia el mar en tres partes distintas (Fig. 7A):

La llanura deltaica. Es la parte superior del edificio deltaico, todavía en el continente. Su límite externa corresponde a la línea de costa. Es una llanura de muy poca altura (inferior a 10m). El tamaño de la llanura deltaica depende principalmente de la cantidad de sedimento arrojado por el río. Si la marea invade parte de la llanura deltaica, se hace la diferencia entre llanura fluvial y llanura mareal. Esta llanura está recortada por una red de canales (distributarios) que transportan el agua dulce, los nutrientes y los sedimentos del río hasta el mar por las diferentes desembocaduras del delta.

Los distributarios son estrechos y con menos curvas que el río en su valle fluvial. Están bordeados por las « levées » que corresponden a una acumulación de sedimentos limo-arenosos a lo largo de los distributarios. Los sectores interdistributarios son más bajos y corresponden a ciénagas y lagunas deltaicas rellenas por sedimentos limo-arcillosos depositados durante los desbordamientos (Allen *et al.*, 1979). A veces estos depósitos finos alternan con sedimentos arenosos procedentes de las demoliciones de las levées durante fuertes crecidas del río.

La sedimentación deltaica depende de la cantidad y del tamaño de las partículas arrojadas al mar, de las características de los canales distributarios y de la pendiente de la llanura aluvial, así como de las condiciones dinámicas del mar en las desembocaduras (Orton & Reading, 1992). En un delta de tipo fluvial, la influencia de los aportes líquidos y sólidos del río es preponderante sobre los parámetros dinámicos (olas y marea) actuando en la zona costera donde desemboca el río. En Colombia, los deltas del río Sinú (golfo de Morrosquillo) y del río Atrato (golfo de Urabá) son de tipo fluvial, especialmente el Atrato que se arroja en un sector muy tranquilo que permite un desarrollo en forma digitada de sus múltiples distributarios.

El frente del delta. Es el sitio donde se realizan la mayor parte de los intercambios río-mar (Fig. 7B), corresponde a una plataforma submarina de poca profundidad (0 a 10m) ubicada generalmente en la plataforma continental. Es el sector externo de las desembocaduras, en donde la rápida disminución de velocidad del flujo permite la sedimentación arenosa en forma de barras infralitorales ("mouth-bars"). Estas barras tienen 10 a 15m de espesor con varios km² de extensión y se acumulan sobre las arcillas del prodelta (Fig. 7C).

El prodelta. Es la base del edificio deltaico, sentado en la plataforma continental o, a veces, en el talud continental para los grandes deltas que ya rellenan la plataforma continental. Es el sitio de la sedimentación fina (arcillosa), organizándose en forma de abanico deltaico.

Delta con predominio de la ola. En estos deltas, la acción de la ola es preponderante y, se hace sentir sobre todo en la parte externa de la llanura deltaica y en el frente del delta. En este sector, la turbulencia de la resaca impide el depósito de los sedimentos finos (limos y arcillas), los cuales se dispersan hacia mar adentro. En cuanto a las arenas fluviales, la deriva litoral generada por

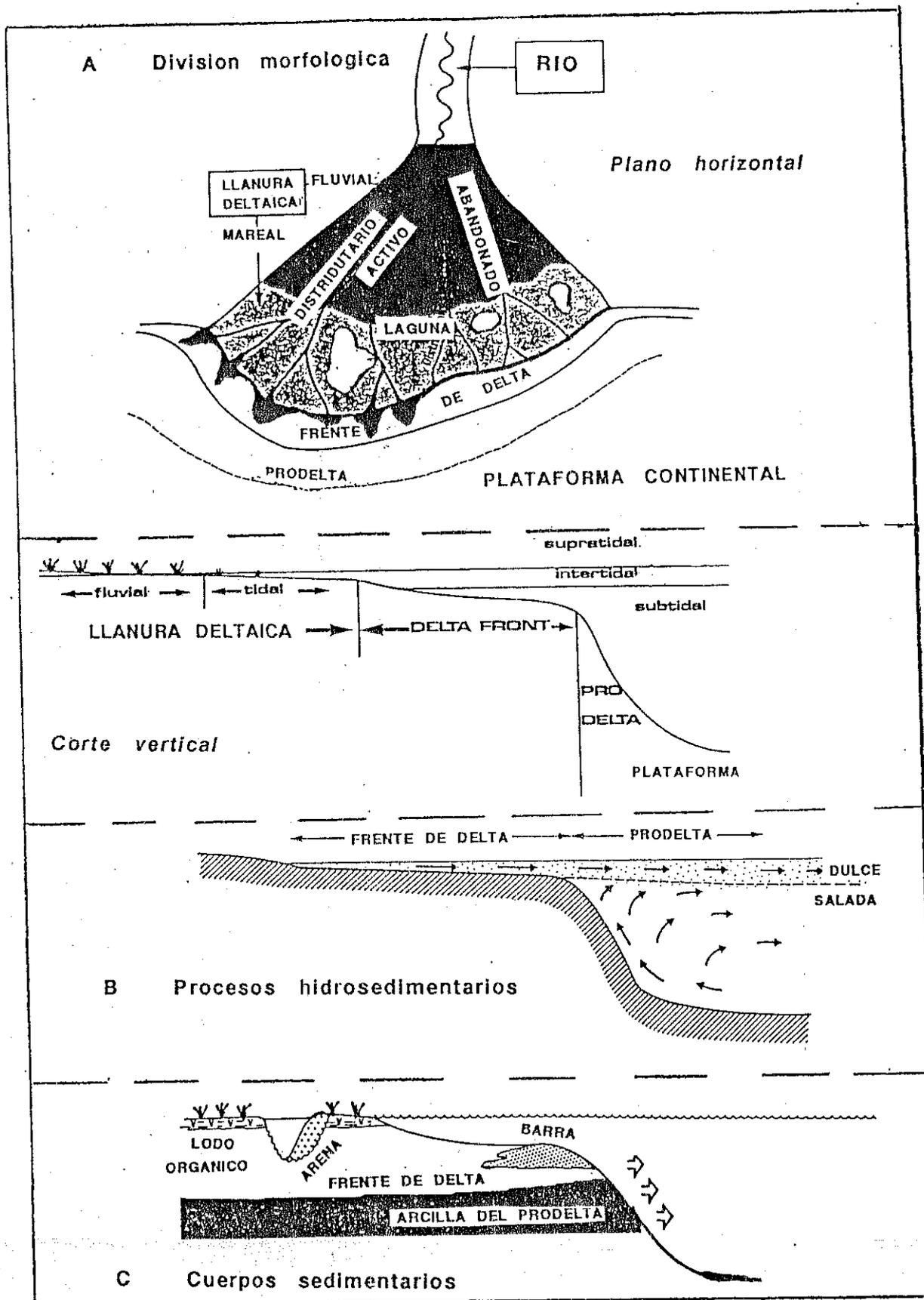


Figura 7. Esquematzación del medioambiente deltaico

las olas se encarga de distribuir las de cada lado de la desembocadura, en forma de cordones litorales y playas. Entre más fuerte son las olas menos desembocaduras tendrá el delta, puesto que la deriva litoral y los depósitos arenosos que construyen los cordones litorales tendrán como efecto tapar las salidas a los distributarios secundarios. Orton y Reading (1992) hacen la diferencia entre litoral "disipativo" (pendiente suave y sedimentación arenosa) y litoral "reflectivo" (pendiente fuerte y sedimentación gruesa). Estos tipos de deltas tienen forma triangular (ver fig 6). El río Magdalena, que desemboca en un sector donde la ola está considerada como la más intensa en los deltas (Coleman & Wright, 1975), tiene un delta de ola típico, con una sola salida al mar.

Delta de Marea o Estuarios. Los deltas con predominio de la marea corresponden a tipos estuarinos: tienen desembocaduras anchas (Fig. 8A) por donde entra y sale la marea y están bordeadas por riberas intermareales ("tidal flat", "marais maritime").

En el estuario, el encuentro de las aguas saladas del mar y dulces del río determinan gradientes horizontales y verticales de salinidad (Fig. 8B) y de densidad cuyas características dependen: del caudal del río y de su evolución estacional, del rango de la marea y de la morfología del estuario.

La marea oceánica produce un alto (Flujo) y bajo (Reflujo) en la superficie del agua, asimilable a una onda sinusoidal propagándose en el interior del estuario y rechazando las corrientes fluviales (Fig. 8C). Esta dinámica se junta a los gradientes de densidad y salinidad, y tiene como resultante:

- una estratificación de las aguas del estuario
- una acumulación de materia en suspensión responsables de la sedimentación en el estuario.

La sedimentación ocurre durante los periodos de estacionamientos de la marea (marea alta y marea baja), y especialmente en las orillas que se rellenan de lodos durante la marea alta. Los movimientos antagónicos de las aguas continentales y marinas influyen directamente sobre el transporte y la sedimentación de las partículas presentes en el estuario. Así, la turbidez de las aguas estuarinas es con frecuencia superior a la de las aguas fluviales. Las masas de aguas más turbias (> 1 g/l) favorecen la deposición temporal de un tapon lodoso que resulta tanto de las acciones mecánicas (marea dinámica, caudal del río) como del gradiente de salinidad (intrusión salina). Este tapon lodoso (Fig. 8D) que se desplaza hacia adentro del estuario durante el flujo de la marea y hacia el mar durante el reflujo puede ser expulsado al mar por mareas de aguas vivas o durante las crecidas del río y, alimentar la plataforma continental frente a la desembocadura del estuario (Castaing, 1981).

La distribución de los sedimentos y el conjunto de facies en el estuario corresponde a limos y lodos en los canales, arenas en los bajos longitudinales y, arena lodosa en los sectores intermareales de los bancos. Esta sedimentación tiene cambios estacionales, especialmente en los sectores de los canales más adentro del estuario. Los bajos arenosos presentan también figuras de "ripple marks" y dunas hidráulicas cuyas amplitudes están directamente relacionadas con las corrientes residuales. Cordones arenosos de flujo y de reflujo acompañan las extremidades de los bajos. Las zonas intermareales ("tidal flats") están compuestas de capas de lodos con laminación de arenas y limo. En las orillas, las capas lodosas son más oscuras y entrecortadas por raíces. Acercándose a la desembocadura, aparecen los restos de organismos marinos que confirman la influencia del mar en la sedimentación del estuario (Allen, 1972).

En la costa colombiana del Pacífico, el predominio de la marea genera desembocaduras anchas de tipo estuarino, es el caso en particular del sector Norte del delta del río Patía (Correa, 1996)

Marismas y Manglares

Marismas y manglares ("coastal wetlands", "marais maritimes") son litorales bajos, abrigados y sometidos a sedimentación fina (lodo y limo). En las regiones templadas, las marismas están

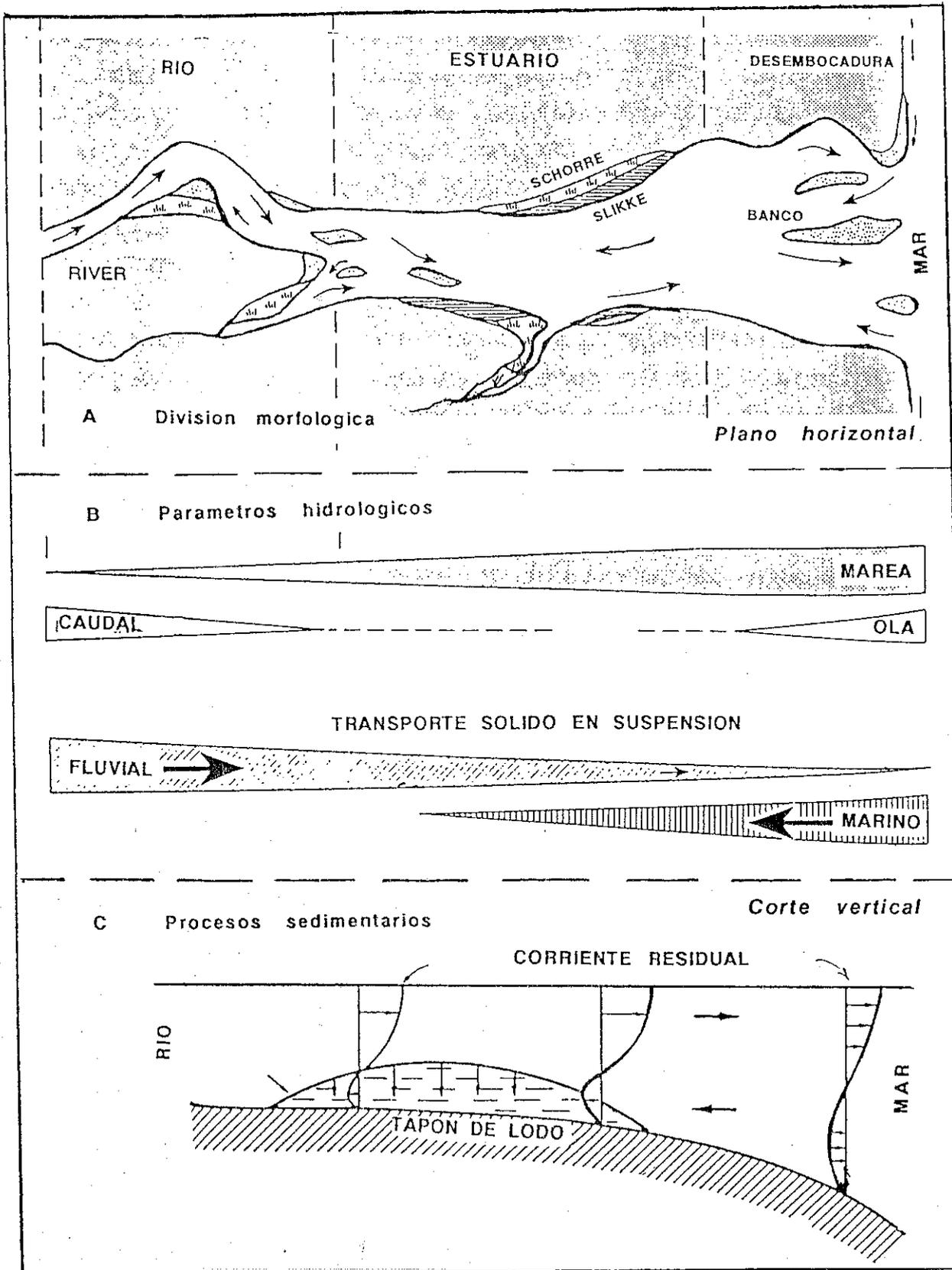


Figura 8. Esquematzación del medioambiente estuarino

parcialmente cubiertas por vegetación de tipo herbacea, en cambio en las regiones tropicales y ecuatoriales están cubiertos por bosques de manglar.

La existencia y el desarrollo de marismos y manglares están sujetos principalmente al balance entre la marea, los aportes de sedimentos, el tipo de vegetación y el nivel relativo del mar (Reed, 1990). En general, estos ambientes son más desarrollados en los sectores costeros macromareales, y de poca energía de ola. Esto puede explicar la diferencia en extensión entre los manglares del caribe colombiano (marea microtidal y menor extensión del manglar) y los manglares del pacifico colombiano (mesotidal y mayor extensión). Stevenson *et al.*, (1986) surgieren además que la tasa de sedimentación de las marismas tiene relación directa con el rango de marea puesto que el flujo de la marea favorece la acumulación de la sedimentación orgánica. Parece ser el caso de muchas marismas en el mundo.

Marismas y manglares se encuentran en las orillas de las rías, de los estuarios, de las lagunas, detras de las islas barreras, o sea en muchos sitios costeros abrigados por las olas pero sometidos a la marea. En regiones desérticas donde la evaporación es intensa, estos ambientes son sitios favorables a la deposición de minerales de tipo evaporitas (Purser, 1980).

Marismas de Regiones Templadas. En región templada, las marismas están divididas en dos partes bien distintas (Fig. 9):

- *La Slikke* ("mudflat"). Es la parte inferior (intertidal) constituida por sedimentación a predominancia lodosa. La slikke, alcanzada en cada marea por el mar, no tiene vegetación, pero es un sitio rico en organismos tales como los diatomeas (Guilcher, 1979a). La slikke tiene cierto pendiente y está entrecortada por multiples canales utilizados por el flujo y el reflujo de la marea. El sector más alto de la slikke es el más propicio a la sedimentación de las particulas finas (lodos) que se decantan cuando las corrientes de marea se anulan durante el periodo de marea alta (unos 30minutas a cada ciclo mareal).

- *El Schorre.* Es la parte superior (supratidal), alcanzada unicamente durante marea de aguas vivas. De muy poco pendiente, está cubierto por vegetación herbacea capaz de vivir en un sustrato lodoso y salobre.

Manglares de Regiones Tropicales. En latitudes tropicales y ecuatoriales las marismas son colonizadas por los mangles, especies que constituyen inmensos bosques (manglar) que prefieren sustrato de sedimento fino, con agua caliente, salada y/o salobre. En general, la biomasa del manglar y el tamaño de los árboles disminuyen cuando la latitud aumenta (Twilley *et al.*, 1992). El desarrollo máximo del manglar ocurre en las regiones lluviosas con fuertes aportes de agua dulce por escorrentía (Snedaker, 1993) puesto que disminuye la salinidad y libera los nutrientes del sedimento. Los manglares se extienden desde Bermuda (32°23'N) en el Hemisferio Norte hasta Australia (38°45'S) en el Hemisferio Sur (Woodroffe, 1990). Las especies son más numerosas (unas sesenta) en las orillas del continente asiatico que en el continente americano (una decena solamente).

La repartición de las especies en el litoral es variable y depende de las características medioambientales: fuente de sedimentos y nutrientes, penetración de la marea, oleaje, composición del sustrato (Prah *et al.*, 1990). El aporte de sedimento y nutrientes al manglar puede ser autóctono en sustrato carbonatado como es el caso de los manglares en ambientes arrecifales, o alóctono (aportes de los ríos) cuando crece en las orillas de los deltas y estuarios.

En el litoral del Caribe colombiano se encuentra generalmente *Rhizophora* en la orilla, detras viene *Avicennia* y despues *Conocarpus* que marca el limite con la tierra firme y la vegetación continental. En el pacifico colombiano el rango de la marea multiplica los ambientes litorales que tienen cada uno su tipo de manglar: manglares ribereños, de barras, de islotes (Prah, *et al.*,

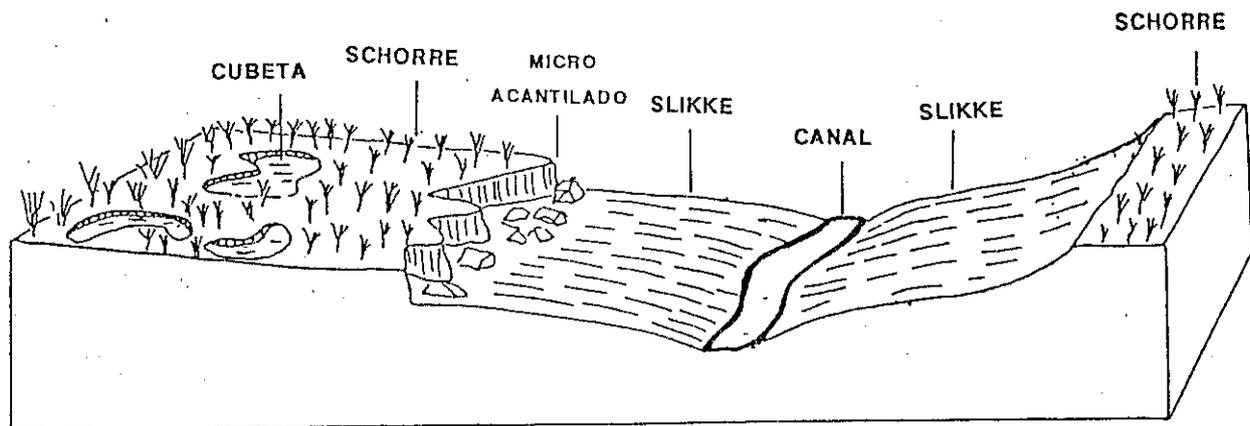


Figura 9. Divisiones morfológicas de una marisma

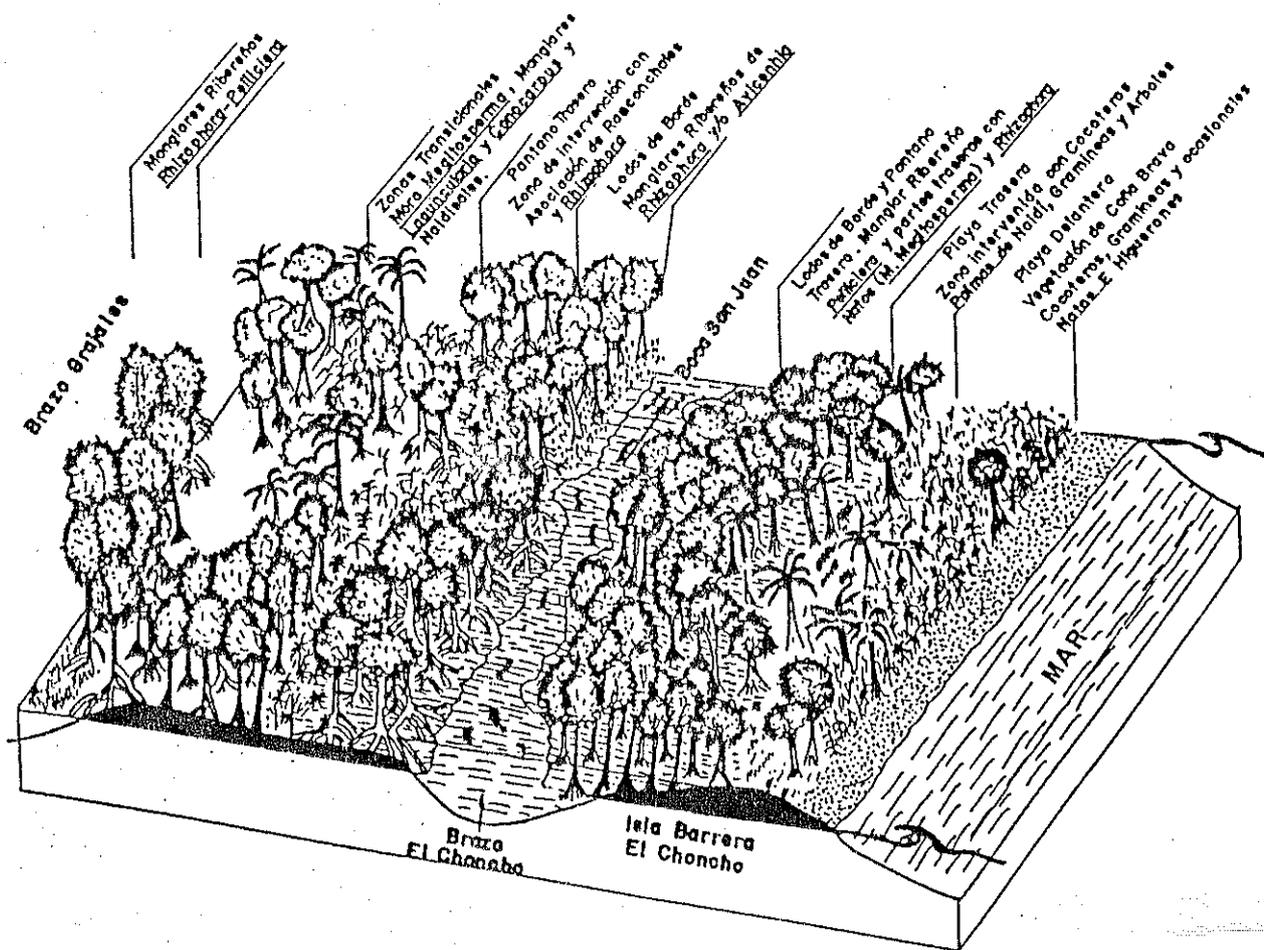


Figura 10. Distribución del manglar en la llanura mareal, delta del río San Juan (Restrepo et al., 1992)

1990). Restrepo *et al.* (1992) describan las diferentes sucesiones que presentan los manglares en la llanura mareal externa (Isla Chonco) en el delta del río San Juan (Fig. 10).

Con base en estudios de polen y dataciones con carbono 14 en los manglares del estuario South Alligator (Australia), Twilley (1992) surgiere que la cronología del desarrollo del manglar sigue de cerca la de los deltas y lagunas: estos ambientes, actualmente en la zona costera, son recientes a escala de tiempo geológico y su crecimiento corresponde al final de la última fase transgresiva del mar (Holoceno).

Lagunas e Islas Barreras

Una laguna costera puede definirse según Lankford (1977) como "un sector de costa en depresión por debajo del nivel de baja mar, con una comunicación temporal o permanente con el mar, pero protegida del mar por cualquier tipo de barrera" (Fig. 11).

El contexto geológico (zona costera y plataforma continental), las características hidrodinámicas del mar (olas y marea) y las propiedades litológicas de esta barrera constituyen los elementos claves de la morfología, de los procesos hidrosedimentarios y de la evolución del sistema lagunar. Los flujos de sedimentos provienen de dos fuentes principales, una externa, la otra interna al sistema lagunar.

La fuente de tipo externo abarca:

- los productos procedentes del continente y arrojados principalmente por los ríos desembocando en el sistema lagunar, así como por los fenómenos de escurrimiento en la hoya adyacente a la laguna;
- los productos marinos procedente esencialmente de la plataforma continental y desplazados por las corrientes de marea (delta de flujo en la boca de comunicación mar-laguna) o durante las tempestades ("washover").

La fuente de tipo interno abarca esencialmente los productos elaborados en el seno mismo del sistema lagunar, tales como:

- residuos de los organismos bentónicos,
- productos erodados en las orillas de la laguna.

En cuanto al balance sedimentario, se puede considerar que los fenómenos de deposición en la laguna predominan sobre los de expulsión hacia el medio marino, puesto que las lagunas corresponden a depresiones abrigadas y son favorables a la sedimentación. Esto tiene como resultante el relleno progresivo con sedimentos finos de cualquier tipo de laguna y explica que la mayoría de ellas son ambientes geologicamente muy joven. De hecho, la evolución de las lagunas resulta tanto del arreglo y del balance hidrosedimentario en la costa como del cambio del nivel del mar durante el Cuaternario, y especialmente durante la última transgresión (Holoceno). La mayoría de las lagunas actualmente en la zona costera no tienen 10,000 años (Gayet y Vernet, 1989). Solo las lagunas y bahías de origen tectónicas pueden ser más antiguas.

Estos diferentes parámetros permiten el establecimiento de una clasificación de las lagunas basada en los marcos geológico, hidrosedimentario y en el tipo de barrera separando la laguna del mar. Se considera generalmente los principales tipos de lagunas siguientes.

Laguna de llanura deltaica. Olas y corrientes costeras en competición con el flujo (líquido y sólido) del río organizan la distribución de los materiales arrojados por el río hacia el mar. En la llanura deltaica, la progradación de los aportes fluviales permite la construcción de cordones y barreras arenosas encerrando lagunas. Estas lagunas, que se distribuyen entre los brazos del delta, son generalmente pequeñas, numerosas y de poca profundidad.

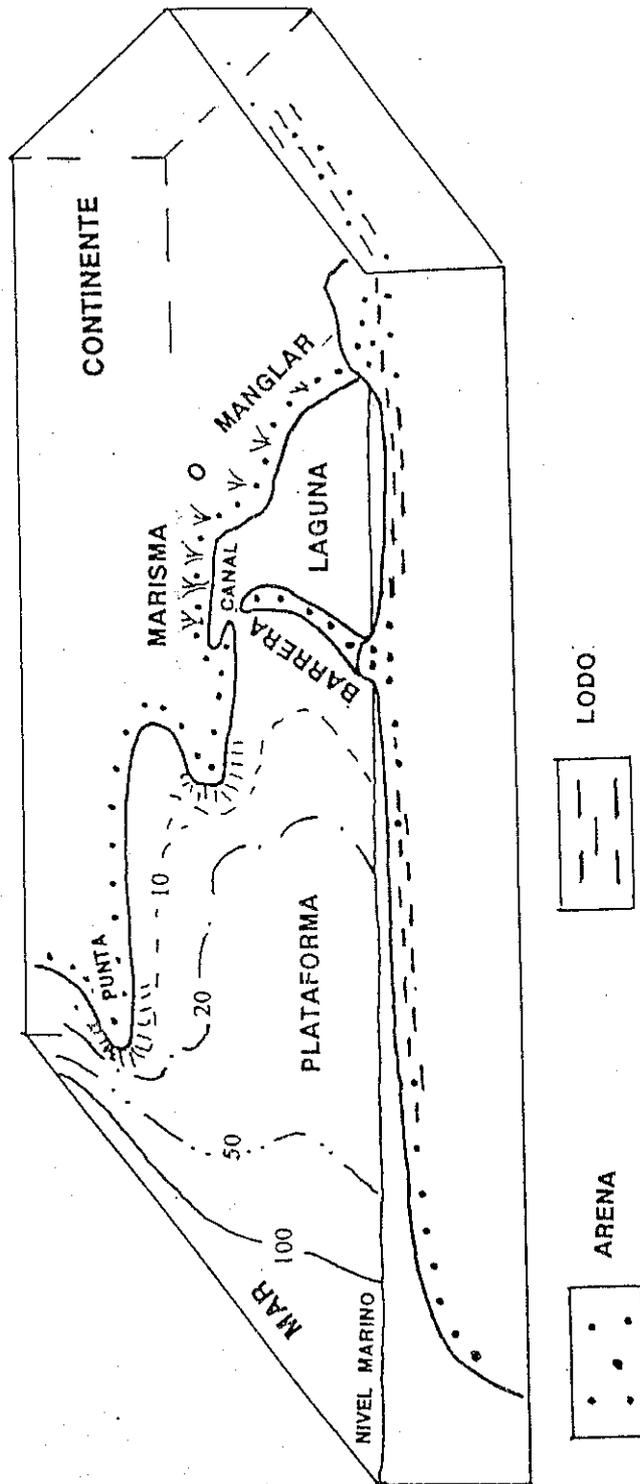


Figura 11. Esquemmatización del medioambiente de laguna costera

Tales lagunas sirven de vasos de expansión para las variaciones de caudal del río: durante la crecida, el río y/o los distributarios arrojan una parte de sus aguas en las lagunas. Al contrario, en época de bajo caudal, una parte de las aguas de las lagunas pueden devolverse en el río o en los brazos del delta.

En el transcurso de desarrollo del delta, varias lagunas pueden elaborarse y conectarse entre ellas por la red de canales distributarios. Los aportes sólidos del río, que permiten el avance del delta, rellenan progresivamente las lagunas pero también las alejan poco a poco del mar. Estas lagunas, consecuencia de la progradación de los deltas, son generalmente de formación reciente (inferior a 6000 años), y tienen un tiempo de vida corta a escala geológica.

Lagunas de llanura costera. Estos tipos de lagunas costeras son las más comunes. Resultan de la construcción de las islas barreras y cordones arenosos litorales por acción del mar en la costa y en la plataforma continental. Están ubicadas en llanuras costeras con sustrato geológico constituido esencialmente por formaciones detríticas.

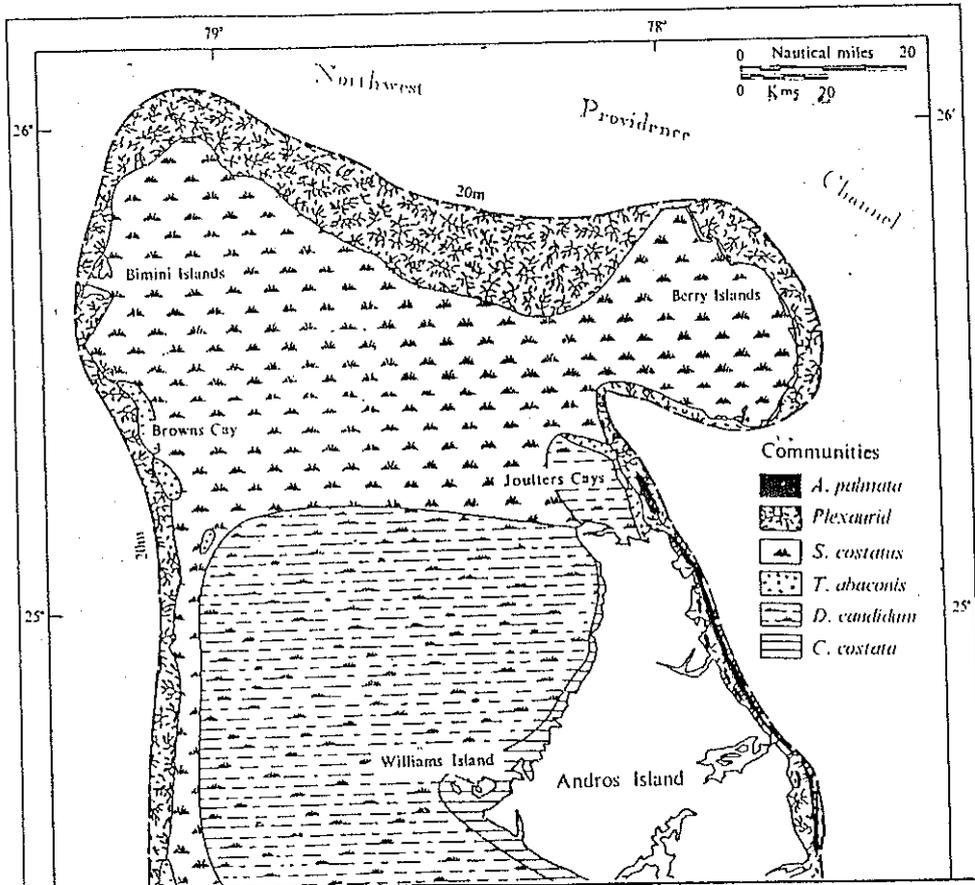
La ola representa el principal factor para la elaboración de la barrera arenosa separando la laguna del mar. Esta barrera constituida esencialmente por arena procedente de los fenómenos de deriva litoral se organiza en un cordón de uno a 5 m de altura y unos 100m o más de ancho. Puede tener muchos kilómetros de longitud, como en el caso de Isla Padre que separa la Laguna Madre del golfo de Méjico. Estas barreras, típicas de llanuras costeras, encierran lagunas de poca profundidad alargadas paralelamente a la costa. La ola tiene poco efecto en la laguna misma, tanto en las características hidrodinámicas como en los intercambios de masas de agua entre mar y laguna, y menos aún si la barrera está completamente cerrada. Solo en las épocas de tempestad pueden ocurrir fenómenos de desbordamiento ("washover"), los cuales permitirán una invasión momentánea del agua del mar en la laguna.

La marea tiene un efecto un poco contrario al de la ola puesto que favorece más bien la creación y el mantenimiento de los canales de comunicación laguna-mar que permiten la mezcla entre masas de agua del mar y de la laguna. La marea es también responsable de la elaboración de los deltas de marea que se encuentran en las bocas del canal de comunicación mar-laguna. Según el balance sedimentario se construye un delta de flujo (hacia adentro la laguna) o un delta de reflujos (hacia afuera). En régimen mesotidal la laguna tendrá más comunicación con el mar que en régimen microtidal. Como para estuarios y deltas, la morfología costera en ambiente lagunar depende fuertemente de las condiciones hidrodinámicas en la costa.

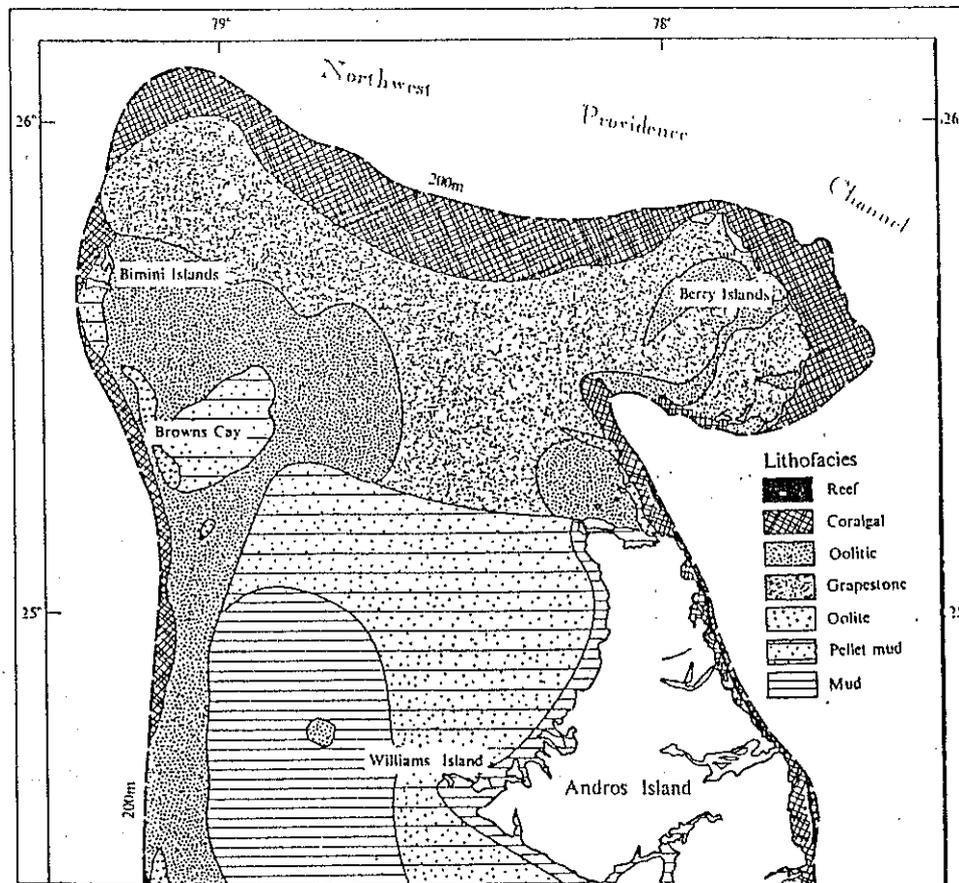
lagunas profundas o bahías en contexto tectónico activo. La elaboración de una topografía positiva y depresiones en la zona costera puede facilitar la creación de laguna o bahía abrigadas detrás de un relieve constituyendo la barrera. Las depresiones pueden ubicarse en los sectores de fallas o en la parte baja de un pliegue tectónico o diapírico. El sistema lagunar resultante tiene mayor profundidad que los demás tipos de laguna.

Al contrario de los demás lagunas, la construcción de estas lagunas son más lentas, puesto que resultan de los movimientos geológicos verticales, y no dependen tanto de los procesos hidrodinámicos costeros. La Bahía de Cartagena con sus dos bocas separadas por la isla de Tierra Bomba, puede considerarse como una laguna en contexto tectónico.

Lagunas y lagones de arrecifes. La mayoría de los arrecifes de corales presentan lagunas (lagones para los atolones) separadas parcialmente del mar por la barrera arrecifal. Esta barrera se construye como consecuencia del desarrollo del sistema arrecifal. Resultando del crecimiento de los corales en aguas limpias y saladas, estas lagunas son las únicas que no se rellenan por los aportes sedimentarios del continente; son sitios de sedimentación esencialmente carbonatada.



A DISTRIBUCION DE LOS PRINCIPALES ORGANISMOS



B SEDIMENTACION CORRESPONDIENTE

Figura 12. Ejemplo de ambientes coralinos constructores de arrecifes: Los Bahamas (Newell et al., 1959)

Arrecifes de corales

Los corales hermatípicos son organismos coloniales constituidos por un polipo hospedaje y un alga simbiote (zooxantelas) que se benefician mutuamente para desarrollar un exoesqueleto calcáreo (aragonita), el cual adopta diferentes formas de acuerdo a las especies y a las presiones medioambientales. Estas masas esqueléticas calcáreas pueden formar, en condiciones apropiadas, arrecifes de varios kilómetros de extensión y, en millones de años, espesas formaciones carbonatadas que remontan a la era Primaria (Dunham, 1972).

Como los organismos sesiles, los corales hermatípicos se ven influenciados en sus diferentes procesos vitales por factores bióticos y abióticos, los cuales pueden tener una marcada incidencia en la estructura y composición específica de los arrecifes: los corales tienen exigencias ecológicas (temperatura, luz, salinidad, turbidez) bastante estrictas indispensable para su desarrollo y la construcción del arrecife. Las formaciones carbonatadas de origen arrecifal están constituidas tanto por esqueletos coralinos como por organismos acompañantes, en particular las algas calcáreas del tipo *Halimeda* cuyo ciclo vegetativo rápido son fuentes importantes de productos calcáreos. El transporte del sedimento por los agentes marinos (olas, marea) siendo restringido al arrecife, la sedimentación se realiza generalmente en el sitio mismo del arrecife, y su distribución se relaciona con la distribución de los organismos como lo subraya Newell et al., (1959) en un estudio comparativo entre la distribución de los organismos y las facies sedimentario en los Bahamas (Fig. 12).

La distribución geográfica de los arrecifes de corales depende principalmente de estas condiciones ecológicas. La repartición se hace en dos sectores de importancia inequal (Porcher, 1993):

- el Dominio Indo-Pacífico tropical (menos las costas de California, de Perú y norte de Chile por sus aguas frías y, las costas del sur de Asia por la magnitud de los aportes terrígenos).
- el Dominio Atlántico, el cual corresponde esencialmente al mar Caribe (desde Bermuda hasta Tobago), y al Brasil (al sur del cabo Sao Roque).

En Colombia, los arrecifes de corales se encuentran esencialmente en el mar Caribe, tanto en el sector costero (Santa Marta, Cartagena, Morrosquillo y Golfo de Urabá) como en las islas (San Andrés y Providencia) y los Bancos (Serranilla, Roncador y Quitasueno). Existen también tres sectores pequeños en el Pacífico: Utria, Malpelo y Gorgona.

De acuerdo con su forma, origen y situación en la costa, se hace una diferencia entre arrecifes costeros, arrecifes de barreras y atolones.

Los arrecifes costeros. Los arrecifes costeros se caracterizan por desarrollarse en aguas someras, directamente desde la orilla. Es el tipo de arrecife el más común en el mundo.

Los arrecifes de barreras. Los arrecifes de barreras se caracterizan por estar separados de la costa por una laguna profunda. Presentan generalmente una amplia cresta arrecifal expuesta al oleaje y abierta por una serie de canales que permiten la comunicación entre el mar abierto y la laguna. La presencia de un arrecife de barrera no excluye la presencia de arrecifes costeros. Las lagunas pueden tener varios kilómetros de ancho y más de 10 metros de profundidad. El arrecife de barrera el más grande del mundo se desarrolla al Este de Australia sobre más de 600 km de longitud.

Los atolones. Los atolones son arrecifes en mar abierto, lejos del continente que tienen una forma anular. El centro de un atolón está constituido por una laguna de tamaño y profundidad variable (generalmente entre 50 y 70 m). El arrecife anular puede ser completamente cerrado; con más frecuencia, está recortado, como los arrecifes de barreras, por canales que permiten el intercambio de aguas entre el océano y la laguna. Estos canales se ubican generalmente del lado

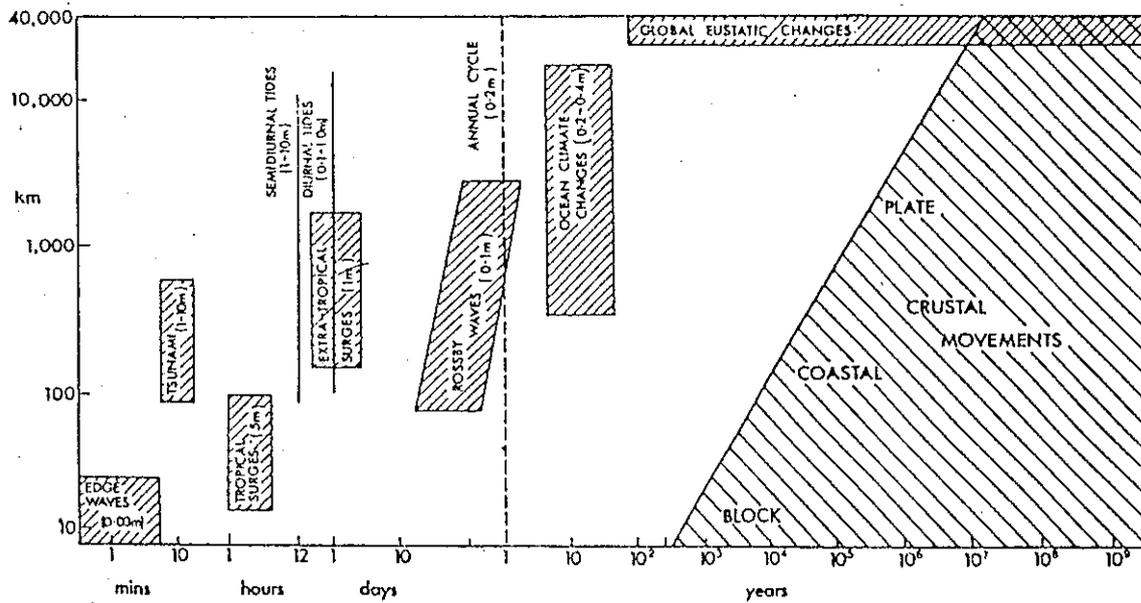


Figura 13. Estimación del rango de acción espacio-temporal para los factores del cambio de nivel del mar (Pugh, 1993)

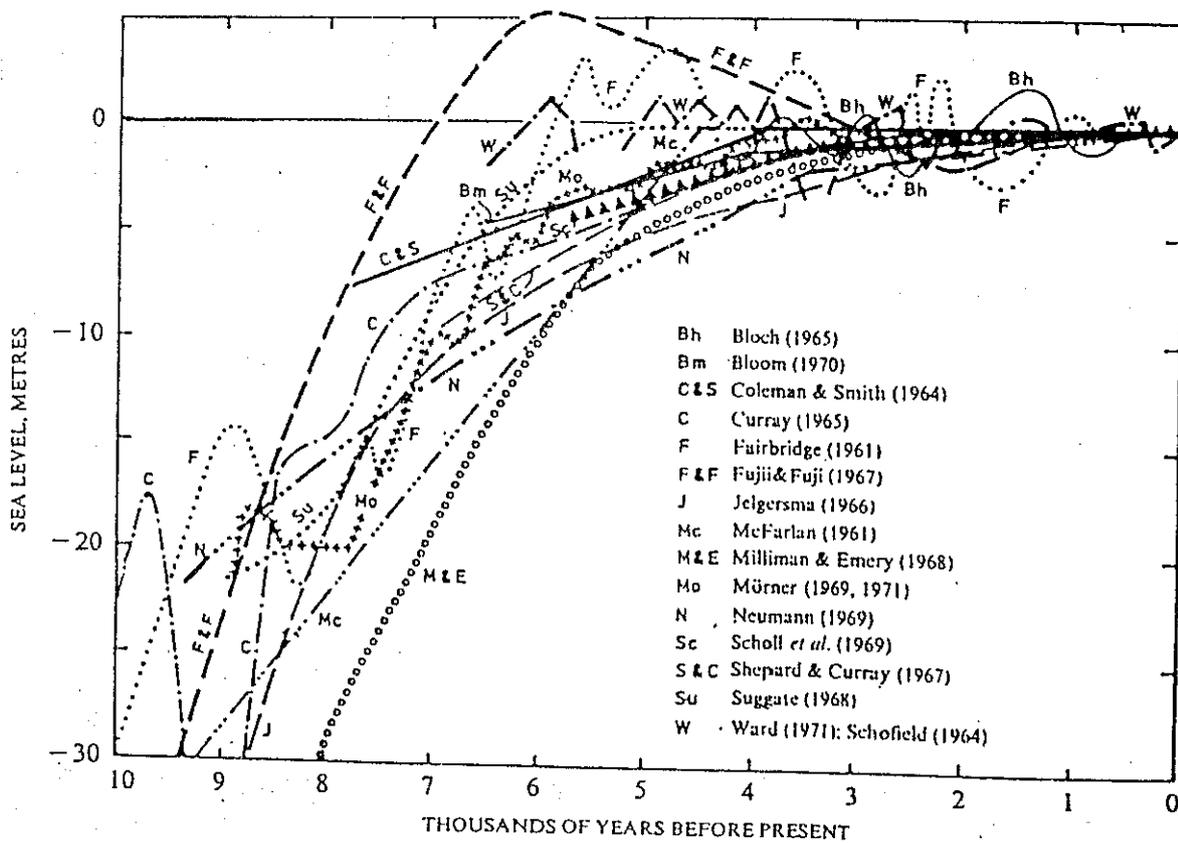


Figura 14. Curvas del ascenso holoceno del nivel medio del mar

barlovento, en donde el crecimiento coralino es más pequeño (Porcher, 1993). Tienen islotes (cayos o "motu" con sustrato coralino) utilizados por los nativos o ahora por los centros turísticos. Algunos de estos islotes son consolidados por los fenómenos alternativos de disolución y precipitación del calcareo debido a la marea, y constituyen los "beach rock" (Purser, 1980). Existen unos 425 atolones en el mundo, la mayoría en el océano Pacífico, se encuentran también en el océano Índico, pero son pocos en el Caribe (atolón Bolívar en los cayos colombianos).

EL NIVEL DEL MAR Y SUS VARIACIONES

El nivel marino sirve como referencia para la medición de las alturas de los relieves tanto en tierra como en el mar: es el zero que se utiliza para el establecimiento de la línea de costa en los mapas topográficos y batimétricos. Pero, este zero no es inmutable; así que, abstracción hecha de las olas, mareas y otras ondas de diversos periodos (tsunamis), varios tipos de fluctuaciones del nivel marino fueron evidenciadas (Fig. 13): a escala anual, milenio y también a escala de tiempo geológico (Pugh, 1993). Además, la línea de ribera materializando el zero marino puede ser desplazada localmente por elevación o hundimiento (subsistencia) de la zona costera. Todas estas variaciones influyen directamente sobre la posición de esta línea, la cual avanza (transgresión) hacia la tierra o retrocede (regresión) y por lo tanto afecta la zona costera.

Factores de Variaciones del Nivel del Mar

De hecho, la tierra es un sistema dinámico interrelacionado entre los diferentes procesos geológicos, hidrológicos, climáticos y biológicos que afectan de manera directa o indirectamente el nivel marino (Warrick, 1993)

Variaciones climáticas locales. Fluctuaciones del nivel del mar fueron reconocidas en algunos sectores costeros como consecuencias de perturbaciones climáticas locales o regionales: variación de presión atmosféricas, presión por vientos locales, evaporación, corrientes oceánicas.

En las latitudes tropicales del océano Pacífico Austral, las aguas se acumulan en su borde occidental, dando una elevación de unos 40cm cuando el anticiclono está ubicado en el sector de Isla Pascua y las bajas presiones en Indonesia: Los alisios que soplan del Este empujan las aguas (canalizadas por la corriente ecuatorial) hacia el Oeste en dirección de las costas del Archipiélago de Indonesia (Cadet, 1986). Estas fluctuaciones son de tipo anual y de poca amplitud (inferior al metro) y pueden ser ocultadas por las variaciones de tipo diario como la marea. En las costas francesas del Mediterráneo, el nivel medio del mar es más alto en otoño (máximo en noviembre) que en la primavera (Paskoff, 1993).

El Glacio-eustatismo. Variaciones más espectaculares por ser de gran amplitud y rápidas a escala de tiempo geológico fueron reconocidas durante el Cuaternario. Toman en cuenta enormes volúmenes de agua y resultan del Glacio-eustatismo, es decir la alternancia de enfriamiento (periodo glacial) y calentamiento (periodo interglacial) de la tierra: en periodo glacial, parte del agua de los océanos y de las lluvias se almacena en forma de hielo en los glaciares, ésta agua vuelve a los océanos en periodo interglacial. Oerlemans (1993) estima que el deshielo de los glaciares en Antártica y Groenlandia generaría una subida de unos 70 m del nivel medio de los océanos. Estas fluctuaciones del nivel del mar dejan huellas y vestigios en la zona costera que permiten reconocer la historia de tales fluctuaciones (Fairbridge, 1961; Baltzer, 1970). Con velocidad del orden del metro por siglo, el glacio-eustatismo es el factor más importante de las variaciones del nivel del mar. Numerosos estudios (Fairbridge, 1961; Ters, 1973; Morner, 1976; Clark & Linge, 1979) permitieron establecer que a los 15.000 años BP el nivel del mar se encontraba a unos 120 m por debajo del nivel actual; después, la subida fue rápida (1cm/año) hasta los 6.000 años BP para luego subir lentamente hasta su nivel actual (Fig. 14).

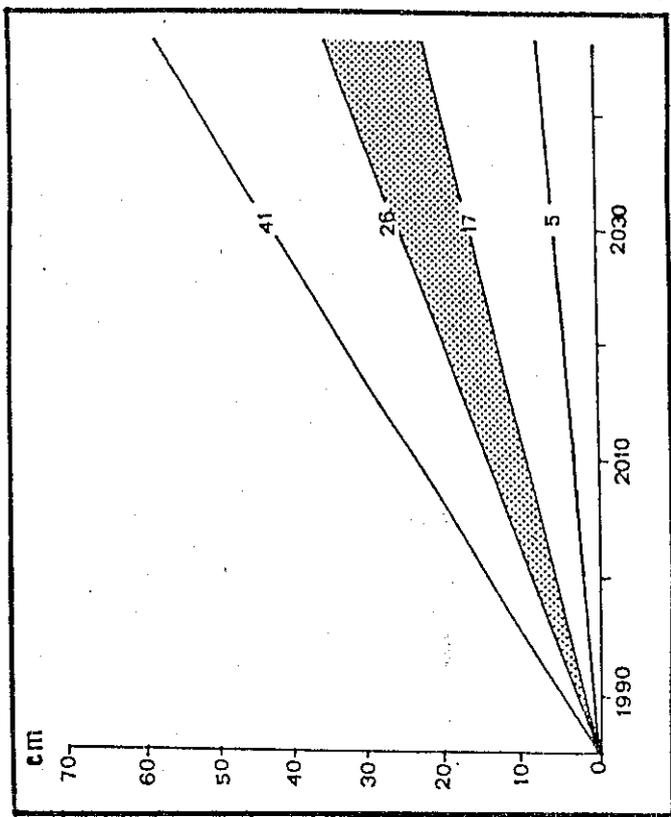


Figura 16.

Previsión para el próximo siglo del ascenso del nivel medio del mar (Pugh, 1990)

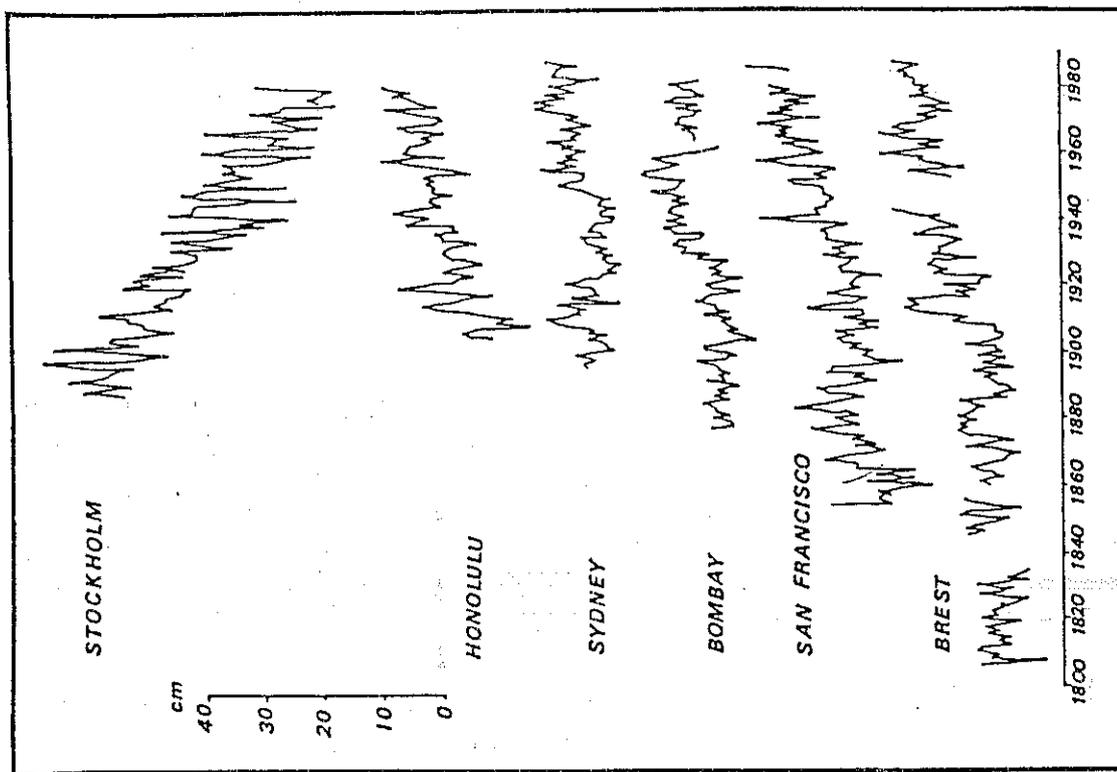


Figura 15.

Variaciones del nivel del mar desde el siglo pasado en 6 estaciones mareográficas distintas (Woodworth, 1991)

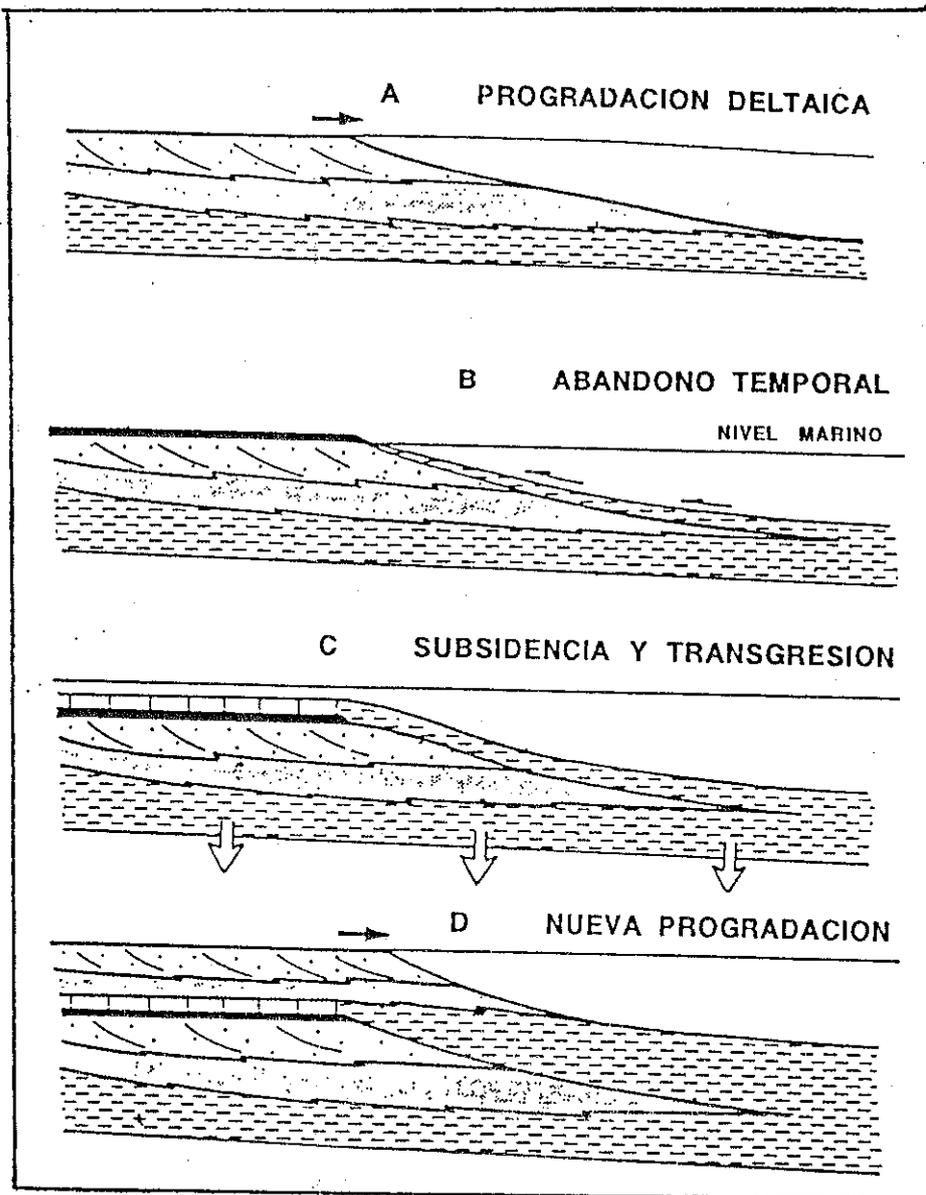
Deformación global de la corteza terrestre. La tectónica de placas (Le Pichon, 1968) permitió evidenciar que los océanos nacen y aumentan de volumen por expansión de los fondos en las dorsales, y también aumentan de profundidad a medida que el piso, alejándose de la dorsal, se enfría. Esto tiene como consecuencia, a largo tiempo, un cambio de nivel en los océanos. Según Clark y Lingle (1979), las variaciones de forma en el geoide terrestre pueden producir fluctuaciones lentas del nivel marino. La altimetría por satélite permite ahora verificar la existencia de varios tipos de ondulaciones del geoide que reflejan los contrastes de densidades del interior de la tierra (Cazenave y Dominh, 1985). Estas ondulaciones se manifiestan por fluctuaciones del nivel marino. Todos estos cambios son lentos, insensibles a escala humana, pero tienen sus huellas en los grandes ciclos de transgresión y regresión reconocidas en las capas geológicas: los dos más importantes se sitúan en la era Primaria (entre 500 y 350MA) y durante el Cretáceo superior (80MA), también hubo una serie de oscilaciones menores representadas en la curva de Vail *et al.*, (1977).

Isostasia y subsidencia regional. Al lado de estos cambios de nivel del mar a escala planetaria, existen otros de extensión menor producidos por la inestabilidad regional de la tierra. Se habla en este caso de variación relativa del nivel del mar. Por ejemplo, la constitución de una capa de hielo durante una época glacial provoca la subsidencia de la porción de corteza que la sustenta; si el clima se calienta, la capa de hielo disminuye y el proceso inverso opera: la porción de corteza terrestre que se había hundido se vuelve a levantar, hasta el retorno hacia un nuevo equilibrio. Es el fenómeno de isostasia. De la misma manera, la subsidencia debida a la sobrecarga sedimentaria ha sido evidenciada en ciertos sectores costeros en particular los deltas (DeLaune *et al.*, 1983). La subsidencia puede ocurrir también en los sectores sometidos a fuertes acumulaciones de productos volcánicos.

Seismos y variaciones rápidas del nivel relativo del mar. Un fuerte temblor en los márgenes activos puede contribuir a un brusco cambio en el nivel del litoral afectado. Es el caso por ejemplo que ocurrió en la costa pacífica colombiana a raíz del terremoto del 12 de diciembre de 1979 en la región de Tumaco. Se pudo comprobar una subsidencia entre 15cm y 160cm en la zona costera (Herd *et al.*, 1981).

Causas antrópicas. Las actividades humanas también pueden afectar el nivel del mar de manera directa o indirecta, a nivel local o global (Giresse, 1987). Las intervenciones directas a escala local son generalmente relacionadas con las actividades realizadas en la zona costera. Las modificaciones globales resultan más bien de perturbaciones del clima inducidas por las actividades industriales del hombre las cuales producen contaminación y modificación de la composición (aumento del CO², Schlesinger, 1993), y de la temperatura del atmósfera y por consecuencia de los océanos. De hecho, los registros de temperatura promedio de la tierra indican un aumento de 0,5°C entre 1880 y 1940; la temperatura bajó después de 0,2°C hasta 1960, para volver a subir hasta hoy en día (Gribbin, 1988). Se piensa que esta última subida proviene en parte de las actividades antrópicas (Pugh, 1990; French *et al.*, 1994a).

Estimación del ascenso del nivel del mar para la época actual. Las estimaciones se establecen esencialmente con base en los registros mareográficos instalados en múltiples sitios del mundo, pero particularmente en el hemisferio Norte donde los datos remontan a más de un siglo. Durante este periodo, las variaciones aparecen de manera distintas según las regiones del mundo (Fig. 15); el descenso que caracteriza los datos en Estocolmo proviene, por ejemplo, del fenómeno de compensación glacio-eustática que afecta esta región. Por lo tanto, algunos autores como Pirazzoli (1986) contestan el hecho de utilizar los datos locales para estimaciones a escala global. Otro dato tomado por Fairbridge (1990) en el atolón Truk (Pacífico Central) reconocido por su estabilidad, no indica variaciones significativas del nivel medio del mar entre 1950 y 1980. No obstante, la mayoría de los autores trabajando en este campo surgieron un ligero ascenso del nivel medio del mar estimado a unos 10cm entre 1880 y 1980 (Gornitz *et al.*, 1982), con una posible aceleración a partir de 1960.



-  ARENA DE LLANURA Y DE FRENTE DE DELTA
-  ARCILLA DEL PRODELTA
-  ARCILLA DE PLATAFORMA
-  (CARBONATOS MARINOS
CARBON

Figura 17. Secuencias deltaicas y ciclos de cambios del nivel marino
 Adaptado de Allen et al., (1979)

En cuanto al futuro, las numerosas estimaciones y sus múltiples revisiones (French *et al.*, 1994a) presentadas desde hace unos 10 años confirman la dificultad de las previsiones; dificultades que provienen tanto del establecimiento de un nivel de referencia inmutable en cualquier parte del mundo como de la multiplicidad de los fenómenos que intervienen en las fluctuaciones del mar. Actualmente y después de previsiones pesimistas, el esquema previsional propone una alza de solo unos 17 a 26cm (Pugh, 1990) para el año 2030 (Fig. 16). Los estudios previsionales se hacen con el patrón de una subida de 1 m para el año 2100 (IPCC, 1991; Leatherman y Nicholls, 1995).

IMPACTOS DEL CAMBIO DE NIVEL DEL MAR SOBRE LOS AMBIENTES COSTEROS

Todas estas variaciones del nivel marino afectan de manera distinta los ambientes costeros. Si se contempla los procesos naturales a gran escala de tiempo y espacio, los cambios de nivel del mar participan, con otros parámetros, a la elaboración de las formaciones geológicas:

Secuencias Deltaicas y Ciclos de Variaciones Relativas del Mar

La construcción de un delta corresponde a la sedimentación y a la progradación de los aportes sólidos del río hacia el mar. Los depósitos en los tres sectores del delta (llanura deltaica, frente de delta y prodelta) se superponen verticalmente, a medida que avanza el delta (Fig. 17A): sedimentos finos del prodelta en la base, suprayacidos por limo-arenoso y arenas del frente de delta; estos últimos a su vez cubiertos por los sedimentos de la llanura deltaica (arena de los « levées » y lodos orgánicos de las lagunas interdistributarias). El tope de la secuencia corresponde con frecuencia a extensos depósitos de carbón, especialmente cuando un brazo interdistributivo está abandonado (Fig. 17B). Esta superposición vertical corresponde a una secuencia elemental en la sedimentación deltaica (Allen *et al.*, 1979). Si el nivel marino sube (generalmente por subsidencia, o por eustatismo), el mar invade la secuencia sedimentaria que puede ser cubierta por sedimentación carbonatada de origen marino (Fig. 17C), hasta que los aportes del río vuelven a rellenar de nuevo, empezando así otra secuencia deltaica (Fig. 17D).

En el Actual, el espesor de una secuencia elemental sobrepasa escazamente 100 m, incluso para los grandes deltas como el Mississippi. Así mismo, el espesor de las secuencias deltaicas antiguas varían entre 10 y 70m mientras que el espesor total de los sedimentos en las cuencas deltaicas superan generalmente 1000 m de espesor; esto significa que las formaciones deltaicas se obtienen por superposición y acumulación de numerosas secuencias deltaicas individuales en relación directa con los ciclos de cambios relativos del mar.

Evolución de los Arrecifes

Caso de los Atolones. La formación de un atolón resulta tanto de los fenómenos geológicos que actuaron en la isla sobre la cual se desarrolla el arrecife como de los procesos biológicos del crecimiento de los corales.

Según la teoría de Darwin publicada en 1842, la mayoría de los atolones se desarrolla sobre una isla volcánica, posteriormente a su actividad volcánico-magmática. La clave de la formación y de la evolución del atolón es el fenómeno de subsidencia, es decir el descenso lento del sustrato volcánico una vez terminado el fenómeno volcánico. En compensación al descenso, el crecimiento del coral (que sigue el ascenso relativo del mar) permite evitar la submersión profunda y la muerte del coral, según las secuencias siguientes (Fig. 18):

- A - construcción del arrecife costero en la isla volcánica al final de su actividad magmática;
- B - fase del arrecife de barrera;
- C - fase de atolones;
- D - fase terminal de Guyot si el descenso es más rápido que el crecimiento del coral.

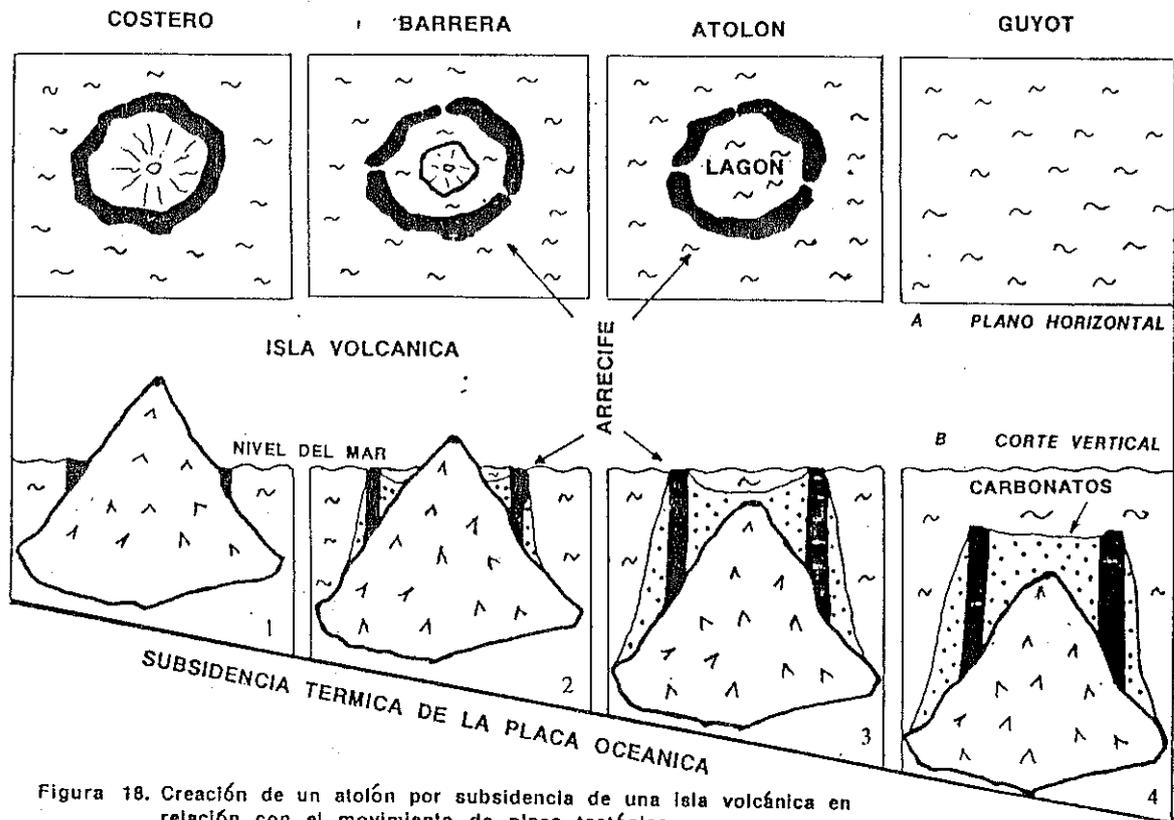


Figura 18. Creación de un atolón por subsidencia de una isla volcánica en relación con el movimiento de placa tectónica

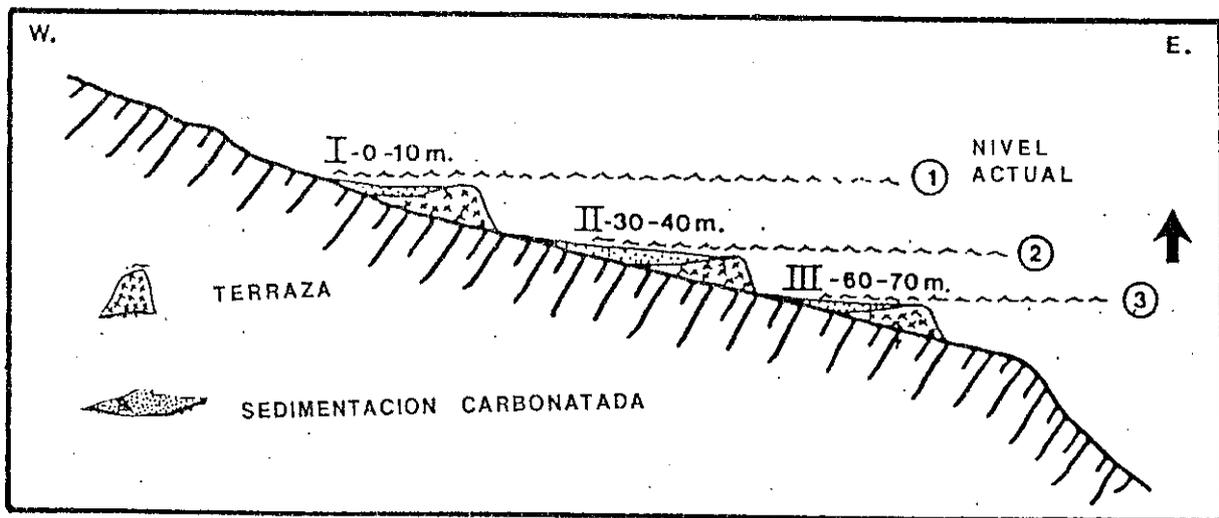


Figura 19. Desarrollo de terrazas arrecifales en el último ascenso (Holoceno) del mar en la plataforma continental de Martinica (Froidefond et al., 1985)

Con frecuencia, ésta secuencia se complica por la existencia de una o varias fases de destrucción y de karstificación del arrecife resultando de su emersión por descenso del nivel del mar durante los periodos de glaciación, aquí el fenómeno de glacio-eustatismo (propuesto por Dali en 1910) se superpone a la subsidencia pero corresponde también a un cambio relativo del nivel marino. El final del volcanismo y la subsidencia resultan del alejamiento del volcán de su fuente magmática que puede ser un rift o un "hot spot" como es el caso de las islas Hawai. La teoría de Darwin fue confirmada por perforaciones que indicaron por ejemplo:

- en Mururoa (Polinesia), el sustrato volcánico se encontró entre 269 y 455 m de profundidad y, los primeros corales fueron datados del final del Mioceno (10 MA).

- en Enewetak (Isla Marshall), el sustrato basáltico está ubicado a 128 m. de profundidad por debajo de la capa de corales. La base de los corales fueron datados del Eoceno (50 MA);

Las fluctuaciones glacio-eustáticas actúan también de manera importante en otros tipos de arrecifes; especialmente en los arrecifes de barreras desarrollándose en las plataformas continentales. En este caso, la última subida del nivel del mar en el Holoceno se manifiesta con frecuencia por la creación, a diversas profundidades, de terrazas coralinas sobre la plataforma a medida que el nivel sube, como por ejemplo en la plataforma continental de Martinica donde Froidefond *et al.* (1985) encontraron 3 terrazas entre 70 m de profundidad y el nivel marino actual (Fig. 19). En la plataforma continental del Caribe colombiano, este modelo de formaciones arrecifales construidas a diferentes profundidades durante la subida del mar en el Holoceno se complica por la presencia de fenómenos diapiricos (Vernette, 1985), pero siempre resultan de variaciones relativas del mar.

Evolución Cuaternaria de las Islas Barreras

En cuanto al impacto del ascenso del nivel del mar sobre las islas barreras encerrando lagunas litorales, se conoce que los cordones y barreras arenosas ubicados en el litoral se desplazan hacia tierra cuando el nivel del mar sube. Según Dolan *et al.* (1982) el desplazamiento se realiza a través de una combinación de fenómenos de transbordamiento ("washover") y de formación de bocas de comunicación ("inlet", "passe") entre el mar y la laguna nuevamente creada. Estos procesos representan el esquema general (Fig. 20) de formaciones de lagunas costeras durante el ascenso del mar en la fase final del Holoceno. En caso de erosiones fuertes y rápidas producidas por los ciclones, el fenómeno parece un poco distinto: una vez el ciclón terminado y el litoral erosionado, se pudo verificar que la playa o el cordón litoral recupera parcial y lentamente su estado inicial. El tiempo de recuperación fue estimado por ejemplo a 30 años para Isla Padre, Texas (Mathewson y Cole, 1982). Un ciclo similar ha sido identificado en la costa Sur de la Louisiana donde los ciclones ocurren con periodo de 10 a 12 años (Ritchie y Penland, 1990).

Caso del las Marismas

Estudios recientes (French, 1994) trataron de medir la capacidad del desarrollo de estos ambientes comparando sus tasas de acreción vertical con el ascenso del nivel del mar (en mm por año). Si el ratio es >1 , se habla de acreción positiva, si el ratio es <1 , se habla de déficit. Los tres parámetros principales parecen ser el nivel del mar, el rango de marea y la sedimentación. Si una relación bastante directa aparece entre la extensión de las marismas con el rango de marea, una elevación del nivel medio del mar parece tener impacto diferente. Un estudio de Reed (1988) en Inglaterra sobre el impacto del cambio del mar sobre marismas muestra que si el ascenso del nivel del mar ocasiona una erosión general de la parte externa de la marisma, sus partes mediana e interna resultan más bien en deposición (fig 21).

De la misma manera Oueslati (1992) muestra que una erosión promedia de 1 mm/año entre 1983 y 1988 en las orillas externas de las marismas saladas del golfo de Gabes (Tunisia) se compensa parcialmente por la extensión de la parte interna de la misma marisma, extensión a una tasa de crecimiento comprendido entre 0,42 y 3,28mm durante el mismo periodo. En estos dos ejemplos,



Figura 20. Esquema de creación de un sistema laguna—Isla barrera por ascenso del nivel del mar

el fenómeno resultante principal parece ser el reciclaje hacia la parte interna del material erodado en la parte externa de la marisma. El esquema simplificado del impacto del ascenso del mar en una marisma puede así expresarse de la manera siguiente (Fig. 22):

- A - submersión y destrucción de la marisma si la velocidad de ascenso del mar es más rápida que la tasa de sedimentación;
- B - retrogradación (hacia tierra) de la marisma si la sedimentación compensa el ascenso del nivel marino;
- C - progradación de la marisma si la sedimentación supera el ascenso.

Erosión de las playas

En las playas se habla de perfil de equilibrio en relación con el balance sedimentario y el nivel medio del mar. Para estimar y expresar el impacto del ascenso del nivel del mar sobre una playa, se puede utilizar la "regla" de Bruun (1962, 1983). Es un modelo simple que supone una relación directa entre el perfil de la playa y el espesor de la capa de agua que la cubre. Teóricamente, si el nivel sube, una sedimentación se produce en la parte infralitoral para mantener el espesor del agua. El material para ésta sedimentación proviene de la erosión de la parte supralitoral, generando así el retroceso del litoral. Esta relación no corresponde siempre con la realidad. Tanto éste como otros modelos de impacto del ascenso del nivel del mar en una playa son lejos de ser satisfactorios (SCOR Working Group'89, 1991) de modo que las estimaciones para el futuro del retroceso de las playas quedan inciertas. De hecho, la regla de Bruun no toma en cuenta los fenómenos tales como la deriva litoral y los movimientos de sedimentos por el viento; su aplicación se complica aún más para las playas sujetas a construcciones antrópicas.

No obstante, el ascenso del nivel del mar genera con certeza procesos de submersión, de erosión y de salinización de los acuíferos (Leatherman & Nicholls, 1995), especialmente en las costas bajas arenosas y en los atolones, los cuales por esencia mismas se encuentran muy cerca del nivel del mar. El escenario estandar del ascenso del nivel del mar para el año 2100 es de 1 m respecto al nivel actual (IPCC, 1991). Con esta base, se estima que la subida de 1 m del nivel medio del mar inundaría 17% de la superficie del Bengladesh (Huq *et al.*; 1995); asimismo, 12% de la superficie dedicada a la agricultura en el delta del Nilo sería perdido (El-Raey *et al.*, 1995). En los estuarios, el ascenso del nivel del mar facilita la penetración de la cuna salada: en el estuario Delaware (Estados Unidos), se estima que una subida de 0,70 m del nivel del mar se traduce, en periodo de bajo caudal del río, por una progresión de 20 km de la cuna salada más adentro del estuario. Ya, en 1985 Bird estimaba que más del 70% de las playas presenta huellas de erosión. En Francia, la mayoría de las costas presenta una erosión, estimada a más de 1 m/año en algunos sectores (Viguié, 1989).

CONCLUSION

Fluctuaciones del nivel del mar y erosión de la costa son fenómenos naturales. La multiplicidad de los factores actuando tanto sobre la zona costera como en el nivel medio del mar resulta de la situación de las costas en contacto triple entre atmósfera, tierra y mar. La variedad de los impactos en la costas de las fluctuaciones del nivel marino tiene relación con la multiplicidad de los ambientes costeros.

Para Nicholls & Leatherman (1995), los ambientes costeros los más frágiles desde el punto de vista del ascenso del nivel del mar corresponde a los ambientes deltaicos y, luego, a las marismas y manglares. Pero actualmente el impacto del ascenso del mar se agudiza por acciones antrópicas. En el caso de las marismas por ejemplo, se estima que pueden ser destruidas directamente por el hombre antes de ser perdidas por solo el ascenso del nivel del mar. De hecho, la zona costera es un sistema biogeomorfológico frágil necesitando cuidado y manejo apropiado.

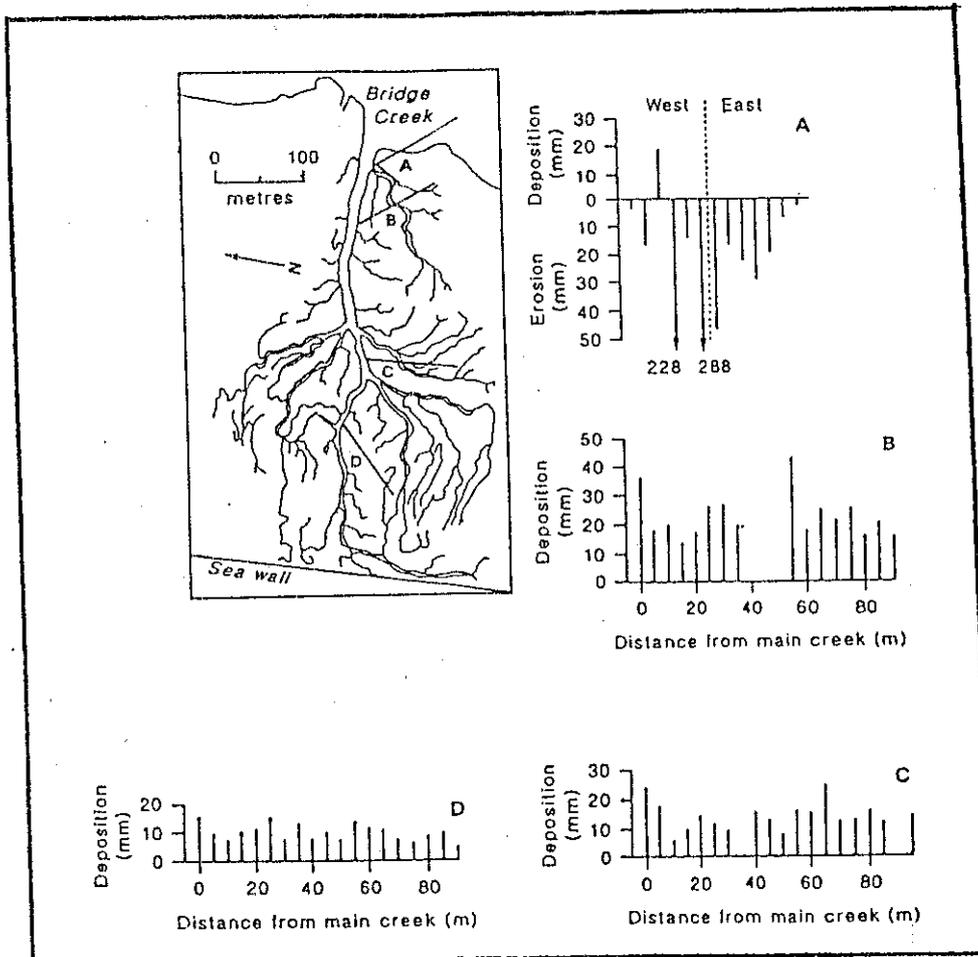


Figura 21. Evolución del impacto del ascenso del mar a lo largo de la marisma bordeando un estuario (Reed, 1988)

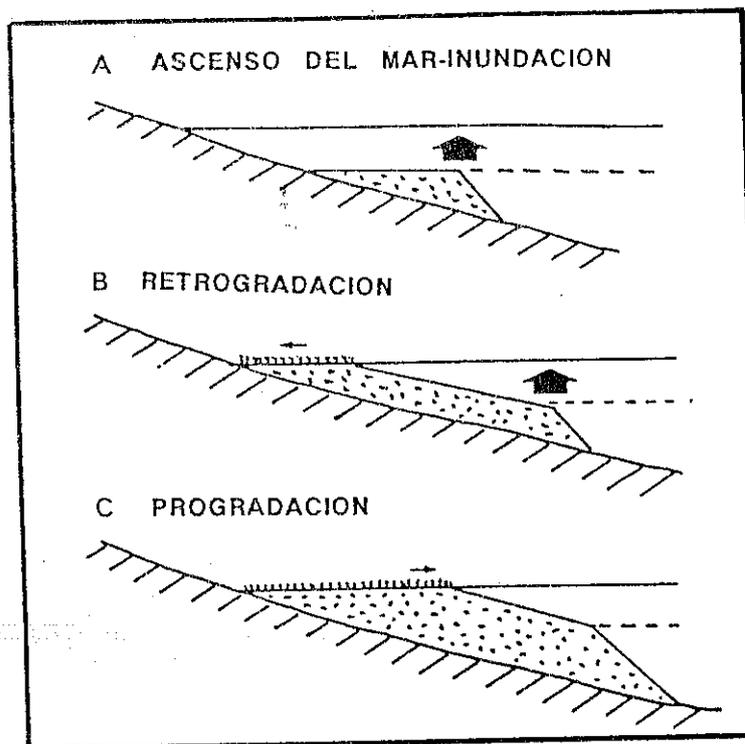


Figura 22. Esquema del impacto del ascenso del mar en una marisma

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN G.P. 1972: Etude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde. *Thèse Doctorat d'Etat*, Univ. Bordeaux 1, 314p.
- ALLEN G.P., LAURIER D. & THOUVENIN J. 1979: Etude sédimentologique du delta de la Mahakam. *Notes et Mémoires, Total CFP, Paris*, n° 15, 156p.
- BALTZER F. 1970: Datation absolue de la transgression holocène sur la côte Ouest de la Nouvelle Calédonie sur des échantillons de tourbe à palétuviers. Interprétation néotectonique. *C.R. Acad. Sc., Paris*, t. 271, 2251-2254
- BIRD E.C.F. 1985: Coastal Changes: A Global Review. *John Wiley & Sons*, New York, 219p.
- BRUUN P. 1962: Sea-level rise as a cause of shore erosion. *Proceedings, American Society of Civil Engineers. Journal of Waterways and Harbour Division*. 88, 117-130.
- BRUUN P. 1983: Review of conditions for use of the Bruun rule of erosion, *Coastal Engineering*, 7, 77-89.
- CADET D. 1986: El Nino, un enfant naturel qui cache ses origines. *La Recherche*, 180, 1108-1111.
- CASTAING P. 1981: Le transfert à l'océan des suspensions estuariennes: cas de la Gironde. *Thèse Doctorat d'Etat*, Univ. Bordeaux 1, 530p.
- CAZENAVE A. & DOMINH K. 1985. Le Geoïde marin: altimétrie par satellite et structure des océans. *Géochronique*, n° 14, 14-17.
- CHAMLEY H. 1988: Les milieux de sédimentation. *Ed. CNRS*, 173p.
- CLARK J.A. & LINGE C.S. 1979: Predicted sea level change(18000 to Present) caused by late glacial retreat of the Antarctic ice-sheet. *Quaternary Research* 11, 279-298.
- COLEMAN J.M. & WRIGHT L.D. 1975: Modern river delta: variability of processes and sand bodies. *In: Broussard M.L., Ed., Deltas*, 99-149.
- CORREA I.D. 1996: Le littoral pacifique colombien: interdépendance des agents morphostructuraux et hydrodynamiques. *Thèse*. Univ. Bordeaux 1, 2T, 178p.
- DELAUNE R.D., BAUMANN R.H. & GOSSELINK J.G. 1983: Relationships among vertical accretion, coastal submergence and erosion in Louisiana gulf coast marsh. *J. Sed. Petrol.* 53, 147-157.
- DOLAN R., HAYDEN B., MAY S.K. & MAY P. 1982: Erosion hazards along the Mid-Atlantic coast, *In* Craig R.G. & Craft J.L. (eds.), *Applied geomorphology*, London: Allen and Unwin, 165-180.
- DUNHAM R.J. 1972: Capitan Reef, New Mexico and Texas: Facts and questions to aid interpretation and group discussions-Permian Basin. *SEPM Publ.* 72, 14, 291p.
- EL-RAEY M., NASR R., FRIHY O., DESOUKI S. & DEWIDAR K. 1995: Potential Impacts of Accelerated Sea-Level Rise on Alexandria Governorate, Egypt. *Journal of Coastal Research*, 11, 14, 190-204.

- FAIRBRIDGE R.W. 1961: Eustatic changes in sea level. In *Physic and Chemistry of the Earth*, Pergamon Press, London, 4, 99-185.
- FRENCH J.R. 1994: Tide-dominated coastal wetlands and accelerated sea-level rise: a NW European perspective. *Journal of Coastal Research, Special Issue*.
- FRENCH J. R., SPENCER T. & REED D. J. (eds.) 1994a: Geomorphic response to sea level range: existing evidence and future impact. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- FROIDEFOND J. M., BERTHOIS L., GRIBOULARD R., JULIUS C. & PONS J. C. 1985: Terrasses submergées d'origine récifale. Variation du niveau marin et activité néotectonique sur le plateau Sud et Est de la Martinique. *Géodynamique des Caraïbes, Symposium, Paris*; Edt. Technip, 143-154.
- FROIDEFOND J.M., 1989: Introduction à la géomorphologie côtière. *Cours International d'Océanographie Côtière en Région Caraïbe.*, Bull. IGBA, Bordeaux, 45, 13-22.
- GALLOWAY W.E. 1975: Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: *Broussard M.L., Ed., Deltas*, 87-98.
- GAYET J. & VERNETTE G. 1989: Les lagunes côtières. *Cours International d'Océanographie Côtière en Région Caraïbe.*, Bull. IGBA, Bordeaux, 45, 63-106.
- GIRESSE P. 1987: Les changements du niveau des océans vers la fin du Quaternaire. Causes et conditions: essai de synthèse. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°41, 7-18.
- GORNITZ V. LEBEDEFF S. & HANSEN J. 1982: Global sea level trend in the past century. *Science*, 215, 1611-1614.
- GUILCHER A. 1953: Essai sur la zonation et la distribution des formes littorales de dissolution du calcaire. *Annales de Géographie*, 62, 161-179.
- GUILCHER A. 1966: Les grandes falaises et mégafalaises des côtes sud-ouest et ouest de l'Irlande. *Ann. Géogr.*, 407, 26-38.
- HAYES M.O. 1979: Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. In Leatherman S.P. (ed.), *Recent Marine Sediments, A Symposium*. Soc. Econ. Paleont. Mineral Spec. 4, 5-31.
- HERD D.G., YOUNG L., MEYER H., ARANGO J.L., PERSON W.J. & MENDOZA C. 1981: The Great Tumaco, Colombia Earthquake of 12 December 1979. *Science*, 211, n° 4481, 440-445.
- HUQ S., ALI S.I. & RAHMAN A.A. 1995: Sea level rise and Bangladesh: A preliminary analysis. *Journal of Coastal Research*, SI, 14, 44-53.
- IPCC 1991: The Seven Steps to the Vulnerability Assessment of Coastal Areas to Sea-Level Rise-A Common Methodology. *Intergovernmental Panel on Climate Change, Response Strategies Working Group*, n°1, 27p.
- LANKFORD R. 1977: Coastal lagoons of Mexico: Their Origin and Classification. *Estuarine Processes*, V2, 182-216

- LEATHERMAN S.P. & NICHOLLS R.J. 1995: Accelerated Sea-Level Rise and Developing Countries: An Overview. *Journal of Coastal Research*, 11, 14, 1-14.
- LE PICHON X. 1968: Sea Floor Spreading and Continental Drift. *Tectonophysics*, 7, 3661-3697
- LINDEN O. 1990: Human impact on tropical coastal zones. *Nature and Resources* 26, 3-11.
- MATHEWSON C.C. & COLE W.L. 1982: Geomorphic processes and land use planning, South Texas barrier islands. In Craig R.G. & Craft J.L. (eds.), *Applied geomorphology*, London: Allen and Unwin, 131-147.
- MORNER N.A. 1976: Eustatic and geoid changes *J. Geol.* 84, 123-151.
- NEWELL N.D., IMBRIE J., PURDY E.G. & THURBERD L. 1959: Organism communities and bottom facies, Great Bahamas Bank. *Bull. Am. Museum Nat. Hist.*, 117 (4): 177-228.
- NICHOLLS R.J., LEATHERMAN S.P., DENNIS K.C. & VOLONTE C.R. 1995: Impacts and Responses to Sea-Level Rise: Qualitative and Quantitative Assessments. *Journal of Coastal Research*, 11, 14, 26-43.
- OERLEMANS J. 1993 Possible changes in the mass balance of the Greenland and Antarctic ice sheets and their effects on sea level. In Warrick C.K., Barrow E.M & Wigley M.L. (eds.), *Climate and sea level change: observations, projections and implications*, 145-161.
- ORTON G.J. & READING H.G., 1992: Variability of deltaic processes in term of sediment supply, with particular emphasis on grain size. *Sedimentology*, 40, 475-512.
- QUESLATI A. 1992: Salt marshes in the Gulf of Gabes (south eastern Tunisia): Their morphology and recent dynamics. *Journal of Coastal Research*, 8, 727-733.
- PASKOFF R. 1985: Les littoraux. *Masson*, 186p.
- PASKOFF R. 1987: Les variations du niveau marin. *La Recherche*, n° 191, 1010-1019.
- PASKOFF R. 1993: Côtes en danger. *Masson*, 250p.
- PIRAZZOLI P.A. 1986: Secular trends of relative sea level changes indicated by tide-gauges records. *J. Coastal Res.*, 11, 1-26.
- PORCHER M. 1993: Milieu littoral et récifal intertropical et aménagement. *Ed. Ministère de l'Environnement Français*, 238p.
- PRAHL H.VON & ERHADT H., 1985: Colombia - Corales y arrecifes coralinos. *FEN - Colombia*, 294p.
- PRAHL H.VON, CANTERAS J. R. & CONTRERAS R., 1990: Manglares y Hombres del Pacífico Colombiano. *FEN - COLCIENCIAS*, 193p.
- PUGH D. 1990: Le niveau de la mer: changement et enjeu. *Nature et Ressources*, 26, 36-46.
- PUGH D. 1993: Improving sea level data. In Warrick C.K., Barrow E.M & Wigley M.L. (eds.), *Climate and sea level change: observations, projections and implications*, 57-71.

- PURSER B.H. 1980: Sédimentation et diagenèse des carbonates néotécéniques récents. *Edit. Technip*, 365p.
- REED D.J. 1988: Sediment dynamics and deposition on a retreating coastal salt marsh. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 26, 67-79.
- REED D.J. 1990: The impact of sea level on coastal salt marshes. *Progress in Physical Geography*, 14, 65-81.
- RESTREPO J. D., CORREA I. D. & GONIMA L. 1992: Resultados preliminares biológicos y geomorfológicos del delta del río San Juan, Pacífico Colombiano. *Memorias VIII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar*, Octubre 26-30 de 1992, 426-445.
- RITCHIE W. & PENLAND S. 1990: Aeolian sand bodies of the South Louisiana coast. In Nordstrom K.F., Putsy N.P. & Carter R.W.G. (eds), *Coastal dunes*, Chichester, John Wiley, 105-127.
- SCHLESINGER M.E. 1993: Model projections of CO²-induced equilibrium climate change. In Warrick C.K., Barrow E.M & Wigley M.L. (eds.), *Climate and sea level change: observations, projections and implications*, 169-191.
- SCOR WORKING GROUP'89 1991: The response of beach to sea level changes: A review of prediction models, *Journal of Coastal Research*, 7, 895-921.
- SNEDAKER S. C. 1993: Impact on Mangroves. In Maul G. A. (ed.), *Climatic change in the inter-Americas Sea*, London: Edward Arnold, 283-305.
- STEVENSON J. C., WARD L. G. & KEARNEY M. S. 1986: Vertical accretion in marshes with varying rates of sea level rise. In Wolfe D. A. (ed.) *Estuarine variability*, Orlando Academic Press, 241-260.
- TERS M. 1973: Les variations du niveau marin depuis 10 000 ans le long du littoral atlantique français. *9ième Congrès International INQUA*, In: *Le Quaternaire Géodynamique Stratigraphique et Environnement*, 114-135.
- TWILLEY R.R., CHEN R.H. & HARGIS T. 1992: Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. *Water, Air and Soil Pollution* 64, 265-288.
- VAIL P.R., MITCHUM R.M.Jr. & THOMSON S. 1977: Seismic stratigraphy and global change of sea level. *A.A.P.G., Memoir*, 26, 49-213.
- VERNETTE G. 1985: La plate-forme continentale caraïbe de Colombie. Importance du diapirisme argileux sur la morphologie et la sédimentation. *Thèse de Doctorat, d'Etat, Univ. Bordeaux I*, n° 834, 387p.
- VERNETTE G. 1989: Les variations du niveau marin. *Cours International d'Océanographie Côtière en Région Caraïbe.*, *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, 45, 81-96.
- VERNETTE G., GAYET J., LOPEZ G. & ARISTIZABAL O. 1995: Delta del río San Juan: comparación con otros deltas colombianos. Interés de su estudio. In: *Delta del río San Juan, bahías de Malaga y Buenaventura, Pacífico Colombiano*, J. Canteras & J.D. Restrepo (Ed.), T2, 321-347.

VILES H. & SPENCER T. 1995: Coastal Problems. *Edward Arnold Edt.*, 350p.

VIGUIER J., 1989

Evolution du littoral Français, Importance de l'érosion contemporaine. *C. I. E.:
Connaissance et gestion de la frange littorale et du proche plateau continental*, 485-
510.

WARRICK R.A. 1993: Climate and sea level change: a synthesis. In Warrick C.K., Barrow E.M &
Wigley M.L., *Climate and sea level change: observations, and implications*, 4-21

WEBER O. 1989: Les agents dynamiques et le transport sédimentaire dans la zone côtière.
Cours International d'Océanographie Côtière en Région Caraïbe., *Bull. Inst. Geol.
Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, 45, 23-36.

WOODROFFE C. D. 1990: The impact of sea level rise on mangrove shorelines. *Progress in
Physical Geography* 14, 483-520.

VII. CONFERENCIAS TÉCNICAS

**PLAN DE DESARROLLO EN CIENCIAS Y
TECNOLOGÍAS DEL MAR**

PROGRAMAS NACIONALES DE INVESTIGACIÓN

1. ÁREA DE ECOSISTEMAS MARINOS

1.1. ARRECIFES

ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD MACROALGAL EN EL SISTEMA ARRECIFAL CORALINO DEL ARCHIPIÉLAGO DE SAN BERNARDO, CARIBE COLOMBIANO

1.3

Ana María González D.¹ y Janneth Rojas Ortega¹

RESUMEN

Se realizó una evaluación de la comunidad macroalgal del sistema arrecifal coralino (grupos dominantes y abundancias (%)), desde agosto de 1994 a mayo de 1995 en 7 islas del archipiélago de San Bernardo, Caribe colombiano. La comunidad fue registrada por medio del método de línea "transecto" para los dos costados (sotavento y barlovento) a tres profundidades diferentes (3, 6, y 10 m). Adicionalmente se determinaron variables fisicoquímicas del agua y las tasas de sedimentación para los cuatro periodos climáticos incidentes en el área. La estructura de la comunidad macroalgal asociada al sistema arrecifal coralino presentó diferencias de acuerdo a su ubicación, a nivel biológico a pesar de no ser significativas a nivel estadístico. Se presentaron especies estenotípicas como *Caulerpa racemosa var racemosa* y *Galaxaura oblongata* únicamente para sotavento. Para barlovento *Caulerpa racemosa var peltata*, *Lithothamnion sp*, *Lobophora varlogata*, *Amphiroa rígida* y *Porolithon sp*. En el gradiente vertical las especies estenotípicas *Caulerpa racemosa var peltata*, *Caulerpa racemosa var racemosa* y *Lithothamnion sp* a los 3 metros de profundidad y a los 10 metros *Lobophora variegata*. El grupo característico de la comunidad macroalgal estuvo conformado por *Halimeda opuntia*, *Halimeda discoidea*, *Dictyota sp1* y *Jania adhaerens*, las cuales presentaron una distribución homogénea, constituyéndose en especies euritípicas de la comunidad. El valor total de cobertura para el área fue de 37,9%. El grupo algal dominante fue el CHLOROPHYTA con un 24,60% de cobertura y con *Halimeda opuntia* como especie dominante; el grupo PHAEOPHYTA tuvo una cobertura de 6,30% con *Dictyota sp 1* como la especie más importante y el grupo RHODOPHYTA alcanzó el 4,5% siendo *Jania adhaerens* la especie mejor representada. Como grupo independiente se evaluaron los géneros de algas filamentosas *Bryopsis sp* y *Polysiphonia sp*, con 2,50%.

Los análisis de nutrientes, temperatura y salinidad mostraron que las condiciones para la zona son homogéneas durante el ciclo estudiado. Las tasas de sedimentación presentaron elevadas fracciones de lodo y bajos porcentajes de CaCO₃, con fluctuaciones entre los periodos climáticos, indicando aportes de aguas continentales sobre los sistemas arrecifales, condiciones que favorecen el establecimiento y desarrollo de la comunidad algal foliosa.

¹ U. Jorge Tadeo Lozano, Museo del Mar, Calle 22 3-30 Piso 7, Tel 3426581, Santafé de Bogotá. Email: museomar@colcig3.colciencias.gov.co

EFFECTOS DEL CORAL DE FUEGO Millepora spp. SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE
ESPECIES EN UN TAPETE DE ALGAS DEL CARIBE COLOMBIANO

Julia María Vergara¹ y Fernando Parra¹

RESUMEN

Se registraron un total de 21 especies y se determinó que Lobophora variegata, Lejolisia mediterranea y Anotrichum sp. tienen al coral de fuego como refugio; Corallina sp. parece obtener protección mecánica del coral y de las grietas, mientras que Gelidiella lubrica fue la única especie que presentó una asociación negativa para ambos sitios. Sin embargo, se necesita aumentar la potencia de la prueba para poder determinar las relaciones de las especies que presentan una baja frecuencia. El sitio que soporta la menor presión de los herbívoros son las grietas de las rocas, lo que se demuestra por el predominio de las macroalgas y una menor riqueza de especies. Los lugares cercanos a Millepora presentan una presión intermedia y "afuera" se presenta la mayor presión, con predominio de las algas filamentosas, una mayor riqueza de especies y una menor altura del dosel.

Palabras claves: herbivoría, Millepora, tapete, algas, refugio, asociación, Caribe colombiano.

ABSTRACT

A number of 21 species were recorded and it was determined that Lobophora variegata, Lejolisia mediterranea and Anotrichum sp. use Millepora spp. as a refuge; Corallina sp. seemed to get a mechanical shelter from the coral and rock crevices, while Gelidiella lubrica was the only species which showed a negative association for both sites. Nevertheless, the power of the tests used need to be increased in order to determine the relations between species showing low frequency. Rock crevices are the sites tolerating the lower herbivorous pressure, shown by the macroalgae predominance and a higher species richness. Sites close to Millepora showed an intermediate pressure and those "off" the highest, being filamentous algae predominant, higher species richness and a lower canopy high.

Keywords: herbivory, Millepora, turf, algae, refuge, associations, colombian Caribbean

¹ UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO
Carrera 2a. # 11-68 Ed. Mundo Marino, El Rodadero, Santa Marta
Tel 229334 - 227928 Fax 227673

INTRODUCCIÓN

Las macroalgas marinas presentan una serie de mecanismos de defensa que les permiten persistir en sus comunidades a pesar de la presión ejercida por los herbívoros (Littler *et al.* 1987; Steneck, 1988). Estos mecanismos son muy importantes en el desarrollo y la organización de las comunidades de macroalgas ya que pueden influir sobre la presencia o la abundancia de una especie en un determinado lugar (Bakus, 1966; Odum, 1982).

Entre los mecanismos de defensa empleados por estos productores primarios para evitar ser removidos por los herbívoros se encuentran el repeler, escapar o tolerar a estos organismos (Hay & Fenical, 1988).

Los mecanismos de escape de la alga que aminoran el daño causado por los herbívoros se puede definir como la habilidad del alga presa para ubicarse en lugares de no ocurrencia de sus depredadores (Littler *et al.*, 1987). Diversos rasgos físicos abióticos vinculados a diferentes escalas pueden limitar el acceso de los herbívoros a sus presas (Hay *et al.* 1983; Littler *et al.*, 1987). Otra forma de colocarse lejos del alcance de sus pastoreadores es obteniendo protección al estar cerca de otra alga no palatable, o de algún tipo de animal que aleje con su presencia a los herbívoros, formando una asociación de defensa (Littler *et al.* 1987).

Al tratar un sistema con muchas poblaciones de algas, cada una de éstas puede estar utilizando una red de interacciones y de adaptaciones que, aunque generalmente son fáciles de identificar (Odum, 1982), se pueden enmascarar al coexistir especies que utilizan un tipo de interacción similar, como es el caso del refugio físico y el refugio biológico.

En esta investigación se pretende determinar qué tan heterogéneo, en cuanto a ensamblajes y riqueza de especies, puede ser un tapete de algas debido a la interacción con el coral de fuego *Millepora* spp..

ÁREA DE ESTUDIO

El Morro de Gaira se encuentra ubicado en la Bahía de El Rodadero, departamento del Magdalena aproximadamente entre los 74°13'54" y 74°14'56" longitud oeste y entre los 11°12'30" y 11°13'12" latitud norte. Esta bahía se ve influida por los dos tipos de corrientes marinas estacionales que afectan el Caribe colombiano: las ascensionales y las superficiales. Entre las primeras se encuentra la corriente Caribe que bordea la costa con una dirección noroeste durante la época seca, que se extiende principalmente de diciembre a abril, obedeciendo al empuje de los vientos alisios; en ausencia de estos vientos aparece la contra corriente de Colombia en la época de lluvias, con una dirección sureste, fenómeno que se presenta principalmente entre los meses de septiembre a noviembre.

En la época de lluvias, debido a la corriente predominante, el Morro de Gaira ve influido por los aportes de agua dulce provenientes del río Gaira, el cual vierte sus aguas en la bahía de El Rodadero cerca a Punta Gloria, produciendo una menor salinidad y una menor visibilidad.

Las mareas son mixtas, y presentan una altura máxima de 40 cm y un promedio de 25 cm (Rodríguez, 1982; IDEAM, 1995).

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo entre los meses de septiembre y octubre (época de lluvias) en la parte suroccidental del Morro de Gaira.

La presencia de las algas en uno u otro sitio está determinada por muchos factores entre los cuales se encuentran el tipo de sustrato, la protección o exposición al oleaje, a las corrientes y a los herbívoros (Dahl, 1974), por esta razón, previamente se realizó un reconocimiento y se escogió un lugar homogéneo, en un sitio plano entre 3 y 5 m de profundidad donde existieran suficientes corales de fuego. Se escogieron 8 colonias de Millepora spp. y en cada una de ellas, limitando con uno de sus bordes, se colocó el lado mayor de un cuadrante de 4*6cm. Por raspado se recolectaron las macroalgas que se guardaron en bolsas de tela para su posterior identificación.

En algunos parches de algas que se encontraron rodeados por el coral y en las grietas de las rocas en los cuales el área del cuadrante no era llenada totalmente por las algas, se completó el área total en un sitio adyacente. Este mismo procedimiento se llevó a cabo en sitios localizados a una distancia mínima de 30cm de cualquier coral (Littler et al. 1987) y en grietas de las rocas con aberturas entre 3 y 4 cm y aproximadamente 2 cm de profundidad. En estos lugares se midió además la altura del tapete de algas con una regla delgada colocada verticalmente al sustrato.

Para medir la efectividad de Millepora spp. en disuadir los herbívoros, se realizó un bioensayo con Laurencia papillosa, que ha demostrado ser un alga muy palatable entre los peces arrecifales. Esta alga se tomó de la Bahía de Neguange un día antes del bioensayo y se mantuvo en un acuario debidamente aireado y con agua de mar. Se pesaron aproximadamente diez gramos y se ataron con bandas de caucho a escombros de coral numerados de aproximadamente 10cm de largo y éste a una boya de icopor para facilidad su posterior recolección; estas algas se colocaron de forma preferencial sobre 4 colonias de coral de fuego y en 4 puntos en ausencia de éstas. Pasadas 4 horas se recogieron y se llevaron al laboratorio para su pesaje y obtención de la diferencia.

Las algas recolectadas en campo se preservaron en agua saturada de sal (Taylor, 1960) y se identificaron mediante la utilización de las claves para algas de Schnetter (1976, 1978), Taylor (1960) y Joly (1967) entre otros. Las algas de referencia fueron almacenadas en el algario de la Universidad Jorge Tadeo Lozano en la ciudad de Santa Marta.

Para cada lugar se realizó un listado sistemático de las especies encontradas y se agruparon las especies en ensamblajes, refiriéndose este término a asociaciones heterogéneas de varios grupos funcionales, como son los céspedes de algas, las macroalgas y las algas costosas (Littler, et al., 1983; Steneck, 1988; Steneck & Dethier, 1994). Los grupos funcionales se utilizan para expresar información sobre la anatomía, talla y otros parámetros relevantes de las algas con más alto nivel que los ensamblajes (Steneck, 1988) y mediante su utilización es posible predecir la composición de la comunidad de un nivel de disturbancia conocido en un ambiente dado (Littler, 1984 en: Steneck & Dethier, 1994). Se realizó una prueba de análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis para evaluar los resultados de las alturas de las algas (Siegel, 1994) con el programa "Primer of Biostatistics" y se realizó la prueba U de Mann-Whitney para evaluar la prueba del herbivorismo sobre el alga Laurencia papillosa.

Para determinar si el número de muestras evaluadas fue suficiente para conocer las algas asociadas a cada uno de los sitios se graficó el número de especies acumulada en función del número de unidades muestrales

utilizadas. Luego de graficar estos valores se evaluó si el número de ocho unidades muestrales fue suficiente para los tres lugares. El número de cuadrantes apropiado se eligió en el punto donde las diferentes curvas han minimizado su amplitud de oscilación (Mateucci & Colma, 1982).

A los datos de la frecuencia de las algas que se encontraron en cada uno de los lugares, se les aplicó la prueba de diferencia de proporciones para determinar si varía la presencia de las especies entre los tres lugares predeterminados (Sokal & Rohlf, 1969).

RESULTADOS

Según las curvas obtenidas del gráfico del número acumulado de especies en función de las unidades muestrales utilizadas, el mínimo número de cuadrantes necesario para evaluar las algas presentes en cercanías al coral y en las grietas de las rocas fue de cinco (120 cm^2) y en el sitio alejado del coral, de seis (144 cm^2) (Fig. 1). En los tres sitios se recolectaron ocho unidades muestrales (192 cm^2).

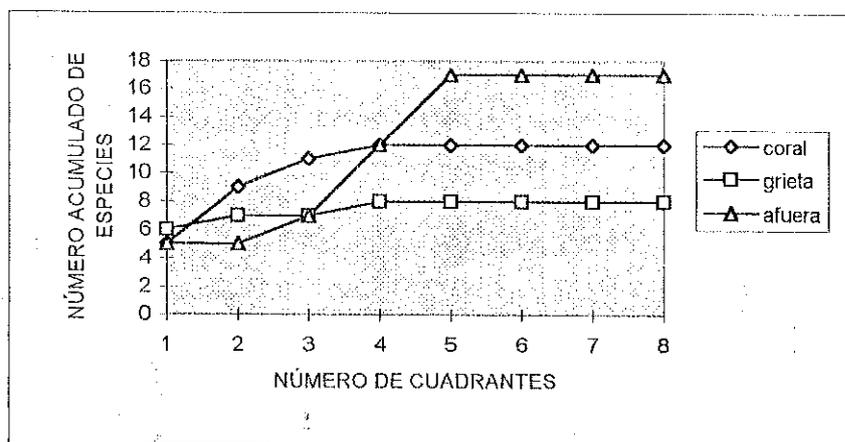


Fig 1. Número acumulado de especies en función de los cuadrantes evaluados.

Entre los tres lugares, la mayor riqueza de especies se registró en la asociación de algas localizada en los sitios alejados al menos 30 cm de cualquier coral, con presencia de 16 especies, 7 de ellas exclusivas para este sitio; en segundo lugar se encuentra la asociación de algas que están en cercanías al coral con 12 especies y 2 de ellas exclusivas. Por último, el sitio con menor riqueza fue el de la asociación de algas presentes en las grietas de las rocas con solo ocho especies y ninguna de ellas exclusiva. En total se encontraron 21 especies de algas (Tabla 1).

Con base en los ensamblajes y sus grupos funcionales, se observa que en sitios alejados del coral de fuego predominan las algas filamentosas (11 de 16), mientras que en las grietas predominan las macroalgas (6 de 8); en cercanías al coral hay un mayor equilibrio entre algas filamentosas y macroalgas (7 de 5) (Tabla 1).

Tabla 1. Algas encontradas agrupadas en los ensamblajes y grupos funcionales correspondientes, para el costado suroccidental del Morro Gaira, Caribe colombiano.

ALGA	GRUPO FUNCIONAL	ENSAMBLAJE	LUGAR *
<i>Amelichium</i> sp.	FILAMENTOSA SIMPLE	CESPED ALGAL	C
<i>Arthrohamonella</i> sp.			A
<i>Arthrohamonion bulleriac</i>			A
<i>Herposiphonia</i> sp.			A
<i>Lejosira mediterranea</i>			C,A
<i>Polysiphonia</i> sp.			C,A
<i>Rhizopsis hypnoides</i>			C,A
<i>Gelidium pusillum</i>			C,G,A
<i>Ceramium</i> sp.			C
<i>Gelidium lubricum</i>			A
<i>Gelidium coulteri</i>	FILAMENTOSA CORTICADA	CESPED ALGAL	A
<i>Champia</i> sp.			A
<i>Amphiroa</i> sp.	ARTICULADA CALCÁREA	MACROALGA	C,G,A
<i>Jania</i> sp.			C,G,A
<i>Corallina</i> sp.			C,G
<i>Acanthophora spicifera</i>			A
<i>Codium verticillata</i>	RAMIFICADA	MACROALGA	A
<i>Lobophora variegata</i>			C,G
<i>Diclyota</i> sp.	CORTICADA FOLIOSA	MACROALGA	C,G
<i>Diclyoptera</i> sp.			G,A
<i>Peyssonnelia</i> sp.	COSTROSA	COSTROSA	C,G,A

* C: CORAL, G: GRIETA, A: AFUERA.

Los promedios de las alturas en los diferentes lugares fue 2.22 cm en el coral, 1.01 cm en la grieta y 0.7 cm afuera (Fig.2). El análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis mostró diferencias entre las alturas de los tapetes, con dos grados de libertad y un nivel de significancia del 0.05.

Los porcentajes de pérdida de peso de *Laurencia papillosa* después del bioensayo fueron sobre el coral y afuera del 10.92% y sobre el tapete algal del 12.95% (Fig.3). Sin embargo, por el valor U obtenido de la prueba de

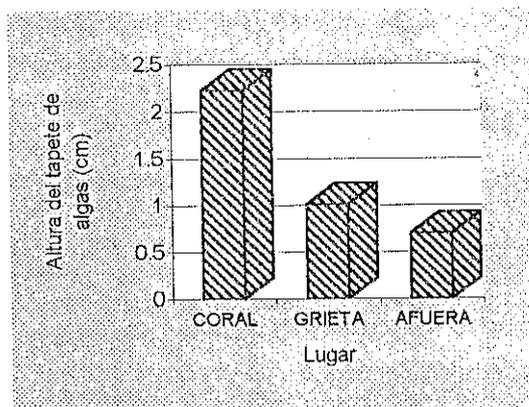


Fig.2. Promedio de las alturas del tapete de algas en los lugares muestreados.

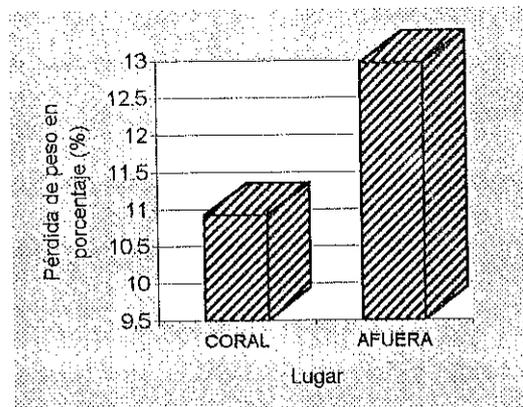


Fig.3. Pérdida de peso porcentual del alga *Laurencia papillosa*.

Mann-Whitney, se aceptó la hipótesis nula de igualdad en la pérdida de peso en los dos lugares y se rechazó la hipótesis alterna de diferencia en la pérdida de peso entre los dos lugares.

Tabla 2. Frecuencia de las algas en los tres lugares de muestreo y resultados de la prueba de diferencia de proporciones.

ALGA	FRECUENCIA			DIFERENCIA DE PROPORCIONES *			
	LUGAR	CORAL	GRIETA	AFUERA	CORAL-AFUERA	CORAL-GRIETA	GRIETA-AFUERA
<i>Codium bursa</i>		0.62	0.75	0.87			
<i>Amphiroa</i> sp.		0.37	0.62	0.37			
<i>Jania</i> sp.		0.62	0.5	0.5			
<i>Peyssonella</i> sp.		0.37	0.25	0.37			
<i>Dictyota</i> sp.		0.12	0.25				
<i>Corallina</i> sp.		0.37	0.5		C>A		G>A
<i>Leptothoria variegata</i>		0.62	0.25		C>A		
<i>Lejoleia mediterranea</i>		0.62		0.12	C>A	C>G	
<i>Polysiphonia</i> sp.		0.25		0.25			
<i>Bryopsis hypnoides</i>		0.12		0.12			
<i>Anthothamnionella</i> sp.			0.12	0.12			
<i>Dictyota</i> sp.			0.5	0.25		C<G	
<i>Ceramium</i> sp.		0.25					
<i>Anelidium</i> sp.		0.5			C>A	C>G	
<i>Gelidium lubrica</i>				0.37	C<A		G<A
<i>Gelidium lemane</i>				0.12			
<i>Champia</i> sp.				0.25			
<i>Acrothamnion bulbosum</i>				0.12			
<i>Acanthophora spicifera</i>				0.25			
<i>Herposiphonia</i> sp.				0.25			
<i>Coelentera verticillata</i>				0.12			

* >, <: diferencia significativa de proporciones en este sentido

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El área evaluada (192 cm²) por medio de cuadrantes como unidades muestrales para determinar las diferentes asociaciones de algas fue adecuada.

Las biomasa algal baja, la abundancia de macroalgas baja y la dominancia de las algas filamentosas en este submareal rocoso, son características muy parecidas a las asociaciones de algas descritas para los arrecifes coralinos. Se diferencia por la presencia de ocasionales parches de algas coralináceas en los arrecifes, característicos de lugares donde hay un intenso herbivorismo de peces o erizos (Hay, 1984; Littler & Littler, 1985; Steneck, 1988), mientras que en el sitio de estudio estos parches no se presentan por la menor presión de organismos herbívoros.

Entre los principales herbívoros de la zona, tenemos los pastoreadores raspadores, como los escáridos: *Sparisoma viride*, *Sparisoma chrysopterum*, *Sparisoma aurofrenctum*, y los erizos *Diadema antillarum*, *Tripneustes ventricosus* y *Echinometra lucunter* (Arias & Ramirez, 1996) los cuales tienen un gran impacto sobre la abundancia algal y pastorean dentro de un rango amplio de grupos algales. Los herbívoros desnudantes como los acantúridos *Acanthurus bahianus*, *Acanthurus chirurgos* y *Acanthurus coeruleus*, los pomacéntridos *Stegastes planifrons* y los blénidos *Ophioblennius atlanticus* reducen la biomasa algal filamentosas, cuando se encuentran en suficientes densidades, sin embargo, este grupo no come coralináceas costrosas y tienen una habilidad limitada para consumir algas articuladas y macroalgas corticadas (Steneck, 1988). En general,

los peces herbívoros presentes en la zona tienen un porcentaje de abundancia baja, del 11.8% (Steneck, 1988; Arias & Ramírez, 1996). Dado que las disturbancias inducidas por los herbívoros tienen, funcionalmente un impacto similar sobre la mayoría de las algas semejantes morfológica y anatómicamente, el examen de las asociaciones de algas realizado a nivel de grupos funcionales "parecen ser mucho más estables y predecibles temporalmente que cuando se examinan a nivel de especie" y, aunque los grupos funcionales tienen limitaciones en la demarcación de las fronteras, sirven para resolver preguntas a nivel de comunidad (Steneck & Dethier, 1994); por esta razón, se puede decir que, la menor presión de los herbívoros parece encontrarse en las grietas de las rocas, lo que se demuestra por una menor riqueza de especies, mayor altura del dosel que en sus alrededores y el predominio de las macroalgas en estos lugares.

La mayor riqueza de especies en el lugar denominado como "afuera", así como su alto número de especies exclusivas, menor altura del dosel y la predominancia de las especies filamentosas sugieren que las algas de este lugar son las que soportan la mayor presión de los herbívoros aunque ésta no llega a extremos catastróficos, por lo que se mantiene una alta riqueza de especies que es lo que predice la hipótesis de la disturbancia intermedia (Chapman, 1992; Tauner et al., 1994). Las algas asociadas al coral presentan una presión (o una protección) intermedia entre los tres lugares analizados, siendo refugio para algunas especies de algas, hecho ya reportado para Millepora por Littler et al. (1987) y por Kerr & Paul (1995) para el coral blando Sinularia sp..

La prueba de diferencia de proporciones nos indica que hay tres especies que tienen el coral de fuego como refugio: Lobophora variegata, Lejolisia mediterranea y Anotrichum sp.; Corallina sp. parece obtener una protección mecánica a su fragilidad cerca al coral y en las grietas, mientras que Gelidiella lubrica fue la única especie que presentó una asociación negativa para ambos sitios, sin embargo, se necesita aumentar la potencia de la prueba para poder determinar las relaciones de las especies que presentan una baja frecuencia y que aparecieron como exclusivas en este trabajo, principalmente las algas encontradas "afuera" que parece se ven favorecidas por la mayor disponibilidad de sustrato y por la acción de los herbívoros, para su asentamiento en este lugar.

En el bioensayo con Laurencia papillosa no se obtuvieron diferencias significativas entre la pérdida de peso del alga, lo más probable es que se haya debido al bajo número de réplicas o al poco tiempo de exposición del alga a los herbívoros comparando los resultados con los obtenidos en trabajos como el de Littler et al. (1987) en el cual dejaban el alga expuesta un tiempo mucho mayor, sin embargo, no se pueden descartar otros factores.

Las algas por su parte, independientemente de la asociación que puedan presentar con este tipo de organismos, también han desarrollado estructuras, toxinas y defensas temporales, mientras los herbívoros emplean estrategias que involucran adaptaciones fisiológicas, anatómicas y etológicas, lo cual se convierte en un sistema de defensa y contradefensa (Ogden & Lobel, 1978), que es importante tener en cuenta, ya que la distribución de las algas no sólo está influenciado por el factor "asociación" sino por otros factores intrínsecos de las algas.

BIBLIOGRAFIA

- ARIAS, P.F. y RAMIREZ, M. del P. Evaluación de la distribución espacial, densidad ecológica y tamaño del erizo de mar Tripneustes ventricosus en el Morro de Gaira, Santa Marta, Caribe colombiano, en el primer periodo de 1996. Seminario de investigación Universidad Jorge Tadeo Lozano. Santa Marta. Mimeógrafo. Santa Marta, 1996.
- BAKUS, G.J. Some relationship of fishes to benthic organisms on coral reefs. En: Nature. Vol.210. 1966; p. 280-284.
- CHAPMAN, A.R.O. Vegetation ecology of rocky shores. En: Coastal plant communities of Latin America. U.S.A.: Academic press, inc., (1992). p.3-31.
- DAHL, A. The structure and dynamics of benthic algae in the coral reef ecosystem. Proceedings of the Second International Coral Reef Symposium. Great Barrier Reef Committee, Brisbane, 1974.
- HAY, M. Patterns of fish and urchin grazing on Caribbean coral reefs: are previous results typical?. En: Ecology. Vol.65, N°2. 1984; p. 446-454.
- HAY, M.E., COBURN, T. and DOWNING, D. Spatial and temporal patterns in herbivory on a Caribbean fringing reef: The effects on plant distribution. En: Oecología. Vol.68. 1983; p. 1567-1580.
- HAY, M.E. and FENICAL, W. Annu. Rev. Ecol. Syst. Vol.19. 1988; p. 111-145.
- IDEAM. Pronóstico de pleamares y bajamares, costa Caribe colombiana 1996. Ministerio del medio ambiente, República de Colombia, 1995. p. 72-83
- JOLY, A. Generos de algas marinhas da costa atlantica latino-americana. Brazil: Editora da universidade de Sao Paulo, 1967. 461 p.
- KERR, J.N.Q. and PAUL, V.J. Animal-plant defense association: the soft coral Sinularia sp. (Cnidaria, Alcyonacea) protects Halimeda spp. From herbivory. En: J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Vol. 186, N°2. 1995. p. 183-205.
- LITTLER, M. and LITTLER, D. Factors controlling relative dominance of primary producers on biotic reefs. Proceedings of the Fifth International Coral Reefs Congress. Tahiti. Vol.4. 1985; p. 35-39.
- LITTLER, M., LITTLER, D. and TAYLOR, P. Animal-plant defense associations: effects on the distribution and abundance of tropical reef macrophytes. En: J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Vol. 105. 1987; p. 107-121.
- LUDWING, J. and REYNOLDS, J. Statistical Ecology. A primer on methods and computing. New York.: Wiley-Interscience Publication, 1988. 337 p.
- MATEUCCI, S. y COLMA, A. Metodología para el estudio de la vegetación. Serie de Biología. Monografía N°22. OEA. Washington, D.C., 1982. 169 p.
- ODUM, E.P. Ecología. México, D.F.: Nueva ed. Interamericana S.A., 1983. 640 p.

OGDEN, J and LOBEL, S. The role of herbivorous fishes and urchins in coral reef communities. En: Env. Biol. Fish. Vol. 3, No. 1. 1978; p. 49-63.

RODRIGUEZ, B. Zonación y estructura de la comunidad macrofaunística en algunas playas arenosas de la región de Santa Marta Caribe colombiano. Bogotá. 1982, 150 p. Tesis (M.Sc). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias exactas.

SCHNETTER, R. Algas marinas de la Costa Atlántica de Colombia I. Phaeophyceae. Strauss & Cramer. Hirschberg, 1976. 124 p.

SCHNETTER, R. Algas marinas de la Costa Atlántica de Colombia II Chlorophyceae. Strauss & Cramer. Hirschberg, 1978. 198 p.

SIEGEL, S. Estadística no paramétrica. Aplicada a las ciencias de la conducta. México, D.F.: Ed. Trillas., 1994. 344 p.

SOKAL, R.R. and ROHLF, F.J. Biometry. San Francisco: W.H. Freeman & Co., 1969. 608 p.

STENECK, R. Herbivory on coral reefs: a synthesis. Proceedings of the 6th International Coral Reefs Symposium. Australia. Vol. 1. 1988; p. 37-49.

STENECK, R. and DETHIER, M. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. En: Oikos, Vol. 69, 1994; p. 476-498.

TANNER, J.E., HUGHES, T.P and Connell, J.H. Species coexistence, keystone species, and succession: A sensitivity analysis. En: Ecology. Vol. 75, N° 8. 1994; p. 2204-2219

TAYLOR, W. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts. Michigan: Ann Harbor. University of Michigan Press, 1960. 870 p.

WYNE, M. A checklist of Benthic Marine Algae of the tropical and subtropical western Atlantic. En : Canadian Journal of Botany. Vol. 64, No. 10 1986; p. 2239-2281.

EVALUACION DE SALUD CORALINA EN CUATRO ATOLONES DEL CARIBE OCCIDENTAL

1.20

Jaime Garzón¹, Juan Manuel Díaz¹ y Sven Zea¹

RESUMEN

Durante 1994-95 se visitaron los atolones Albuquerque, Courtown, Serrana y Roncador, territorios insulares colombianos en el Caribe occidental, para evaluar el estado actual de sus arrecifes de coral. Se estudió la condición de salud de las colonias de corales pétreos (Cnidaria: Scleractinia y Milleporina), para lo cual se cubrieron 62 estaciones SCUBA, en diferentes ambientes arrecifales y hasta 20 m de profundidad. Más de 2100 colonias de 30 especies fueron examinadas superficialmente en detalle, a partir de transectos lineales colocados al azar. El 78.9% (Error Estándar 2.5%) de las colonias en promedio presentó porciones muertas recientemente, pero solo en el 23.7% (E.E. 2.0%) se encontró mortalidad actual. Un número alto tenía tejido vivo siendo invadido por algas (prom. 54.1%, E.E. 2.8%) y cerca del 12% contaba con territorios del pomacéntrido *Stegastes planifrons*, un pequeño pez que remueve tejido coralino dentro de su territorio para favorecer el crecimiento de algas filamentosas que usa como alimento. Las demás condiciones evaluadas (incluyendo depredación, enfermedades, otras invasiones y daños físicos) tuvieron todas frecuencias menores de 9%. La proporción promedio de superficie afectada resultó menor al 4% para cada condición, excepto para la mortalidad reciente que ocupó aprox. un tercio de la superficie de las colonias (prom. 33.2%, E.E. 1.5%). Diferencias importantes se encontraron al comparar los datos entre ambientes y especies, pero no entre atolones. La mortalidad fue mayor en los arrecifes de ambientes protegidos del oleaje, particularmente en los de la laguna, lo cual parece estar relacionado con una mayor incidencia de depredación por peces y la menor circulación del agua que puede haber favorecido el impacto de enfermedades y eventos de blanqueamiento. *Porites astreoides* y *Montastraea cavernosa* podrían catalogarse como especies, resistentes, pues presentaron los niveles más bajos de mortalidad tanto reciente como actual.

¹ INVEMAR. A. A 1016, Santa Marta. Tel. 211380-214774; Fax 211377. E-mail: garzon@santamarta.cetcol.net.co

RELACIÓN ENTRE LA GEOMORFOLOGÍA ARRECIFAL Y LA ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES ICTICAS EN ATOLONES DEL CARIBE OCCIDENTAL

1.21

Luz Stella Mejía¹, Oscar David Solano¹ y Jaime Garzón¹

RESUMEN

En junio de 1994 se realizó un crucero a los atolones Albuquerque y Courtown, situados al sur y sur oriente de la Isla de San Andrés. Un año más tarde se realizó un segundo crucero a Roncador y Serrana, dos atolones localizados al oriente y nororiente de la isla de Providencia, respectivamente. En cada atolón se determinó la composición y abundancia íctica y su relación con la estructura arrecifal en cuatro zonas: laguna, barrera, terraza de barlovento y terraza de sotavento. Se realizaron 131 censos visuales, utilizando el método de muestreo estacionario. La cobertura coralina y algal, así como la rugosidad del sustrato se determinó por medio de transectos. La densidad íctica promedio por zona varió de 7.5 individuos/m² en las barreras a 47.8 individuos/m² en las lagunas. En total se censaron 111 especies en los cuatro atolones, de las cuales las más abundantes fueron *Chromis cyaneus* (14.92%), *Clepticus parræ* (14.11%) y *Stegastes partitus* (9.95%). El análisis de similaridad entre las zonas arrecifales (ANOSIM) indica que son significativamente diferentes en su abundancia y composición íctica ($p < 0.01$), resultados claramente confinados por los análisis de clasificación y ordenación. El Análisis de varianza (ANOVA) entre las zonas muestra que existen diferencias significativas en términos de diversidad de Shannon ($p < 0.05$). La correlación entre los datos de abundancia íctica y la composición y estructura coralina se efectuó con el análisis de BIOENV. Los resultados indican que el grupo de variables que mejor explican la estructura de la comunidad íctica está conformado por la profundidad, cobertura de algas costrosas, cantidad relativa de coral muerto y rugosidad. Esto sugiere que la composición y disponibilidad del recurso alimenticio cambia de acuerdo con la profundidad, causando una distribución diferencial de las categorías tróficas dominantes en cada zona, lo que efectivamente se observó con un análisis detallado de dicha categorización; en las zonas someras (barrera) predominaron los herbívoros, mientras que en las profundas (terrazas) los más abundantes fueron los planctófagos.

¹ INVEMAR, A.A. 1016, Santa Marta. Tel., (954) 211380-214774, Fax: 211377, Email: pbiomar@santamarta.cetcol.net.co

DESARROLLO DE ARRECIFES LAGUNARES EN COMPLEJOS ARRECIFALES OCEÁNICOS DEL CARIBE SUROCCIDENTAL: GEOMORFOLOGÍA, ESTRUCTURA Y DISTRIBUCIÓN

1.22

Juan Manuel Díaz¹, Juan Armando Sánchez¹ y Jörn Geister¹

RESUMEN

La mayoría de los complejos arrecifales oceánicos del Archipiélago de San Andrés y Providencia (Colombia) presentan una serie de características geomorfológicas comunes, como lo es la presencia de lagunas arrecifales semi-cerradas o abiertas, que permiten el flujo casi permanente de aguas y un amplio espectro de regímenes locales de oleaje. Algunas áreas del fondo de las lagunas están densamente ocupadas por arrecifes coralinos. Las características geomorfológicas y ecológicas de los arrecifes desarrollados dentro de las cuencas lagunares de cuatro de esos complejos arrecifales (Cayos de Albuquerque, Courtown Keys o de Bolívar, Banco Roncador y Banco Serrana) fueron determinadas, y sus esquemas de distribución interpretados a partir de los factores físicos predominantes. Se realizaron minuciosas observaciones en el campo a fin de corroborar la cartografía de los arrecifes restituida con base en fotografías aéreas. De acuerdo a la composición y estructura de la comunidad coralina, pudieron reconocerse cinco tipos ecológicos de arrecifes. Geomorfológicamente, estos arrecifes corresponden a una de las siguientes categorías: arrecifes de parche, pináculos, miniatolones, arrecifes de cinta, arrecifes anastomosados y "barreras" secundarias internas. Como resultado se obtuvo que los tipos de arrecifes, tanto ecológicos como geomorfológicos, muestran patrones definidos de desarrollo y distribución dentro de las lagunas, y que ello está principalmente controlado por factores hidrodinámicos y geomorfológicos particulares de cada atolón.

¹ INVEMAR, A.A. 1016, Santa Marta. Tel: (954)-211380-214774; Fax: (954)211377. Email: Jmdiaz@santamarta.cetcol.net.co

ENSAMBLAJES ALGALES EN ARRECIFES LAGUNARES DE ATOLONES OCEÁNICOS CARIBEÑOS

1.31

Guillermo Díaz-Pulido¹ y Juan M. Díaz¹

RESUMEN

Los atolones oceánicos del Caribe suroccidental presentan lagunas mas bien abiertas ocupadas en considerable proporción por arrecifes con exuberantes comunidades algales. Con el objeto de determinar patrones de distribución algal entre los arrecifes lagunares de dichos atolones (Cayos Albuquerque, Cayos Courtown, Banco Serrana y Banco Roncador), se realizaron evaluaciones de cobertura relativa en el campo. Los análisis de clasificación y ordenación permitieron identificar seis ensamblajes, tres en zonas someras (-0.4 a -3.5 m) y tres a mayores profundidades (-4 a -12 m). Dos de los ensambles someros están dominados por céspedes algales y coralináceas costrosas (principalmente *Porolithon pachydermum*) mientras que en los ensambles restantes las formas dominantes son macroalgas pardas frondosas de los géneros *Lobophora* y *Dictyota*. La mayoría de las algas ocupan actualmente áreas que hasta tiempos recientes se encontraban cubiertas por tejido coralino vivo. La profundidad fue la variable con el mejor ajuste en la ordenación biológica; sin embargo por su propia cuenta, este parámetro no parece explicar la estructura algal, pero si actúa de manera interrelacionada con la exposición al oleaje y con la presión de pastoreo por parte de peces cirujanos. La complejidad espacial (p.e. rugosidad del fondo) mostró poca relación con el arreglo espacial de las algas y de los peces herbívoros dentro y entre tipos de arrecifes, pero la disponibilidad de refugios es importante para los herbívoros cuando pastorean en los hábitats circundantes con baja complejidad espacial (p.e. fondos plano-arenosos lagunares). La ocurrencia de halos desnudos de algas alrededor de los arrecifes lagunares soporta la presunción de que la actividad pastoreadora de los peces en dichos hábitats es notable.

¹ INVEMAR, A.A. 1016, Santa Marta. Tel: (954) 211380-214774, Fax: 211377
E-mail: gdiaz@santamarta.cetcol.net.co

REPRODUCCION DE LA ESPECIE *Acropora palmata* (Lamerck, 1886) EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL CORALES DEL ROSARIO, CARIBE COLOMBIANO

1.39

Rocio del Pilar García U¹, Elvira María Alvarado Ch.¹ y Alberto Acosta M.²

RESUMEN

De junio de 1992 a julio de 1993, se determinó la época de reproducción sexual de la especie *Acropora palmata* en la cresta arrecifal de Isla Grande (Parque Nacional Natural Corales del Rosario). Mensualmente se colectaron 3 fragmentos de 3 colonias, se analizaron por disección de pólipos con el fin de establecer y corroborar la presencia o ausencia de gónadas y finalmente las muestras se analizaron mediante técnica histológica (Heildenhain's aniline blue). Para calcular el patrón, modo y esfuerzo reproductivo se estimó el número de pólipos por centímetro cuadrado y en cada placa ($n = 96$), se cuantificó el número de mesenterios por pólipo, el número de gónadas por pólipo, el número de oocitos o paquetes espermáticos por gónada y el diámetro promedio de oocitos o paquetes espermáticos por gónada. Los huevos presentaron una forma irregular, desde casi redondos hasta totalmente alargados; la coloración y la organización celular fueron las características distintivas que permitieron su clasificación como oocitos o paquetes espermáticos. Cada filamento mesentérico dio origen a una sola gónada y cada gónada a un solo huevo o un paquete espermático. Internamente se presentaron de 6 a 10 filamentos mesentéricos por pólipo, pero solo se observó un máximo de 5 gónadas por pólipo. En el mes de Junio se observó el inicio de la gametogénesis con la presencia de una gónada con un diámetro de 10.14 micras. El diámetro de las gónadas para los oocitos osciló entre 16,03 y 913.2 micras y para los paquetes espermáticos entre 10.40 y 1.622 micras. Así, se pudo establecer: a) por la presencia de gónadas tanto de oocitos como paquetes espermáticos en un mismo pólipo, se reafirma su patrón hermafrodita, b) por el aumento gradual en el tamaño de las gónadas, se confirma que esta especie se reproduce sexualmente entre los meses de junio a septiembre y c), que liberación de gametos al agua, se presenta entre los meses de agosto a octubre, lo cual se verificó a través de la estimación del esfuerzo reproductivo (índice gonadal en junio 0.366, julio 20.08, agosto 17.56 y septiembre 13.71).

¹ Calle 22 No. 3-30, Piso 7. Tel: 3426381 Fax: 2826197. Bogotá. E-mail: museomar@mutis.colciencias.gov.co.

² Pontificia Universidad Javeriana. Santafé de Bogotá

ECOLOGIA DE LA ASOCIACION DE *HAPALOCARCINUS MARSUPIALIS* CON CORALES DEL GENERO *POCILLOPORA*

RAUL NAVAS CAMACHO

RESUMEN

Hapalocarcinus marsupialis (STIMPSON) se asocia con los corales del género *Pocillopora* en el Pacífico colombiano causando en ellos uno de los mayores y más especializados cambios morfológicos. Localizándose inicialmente en la zona apical de la rama, la hembra del crustáceo excava una trinchera donde cubrirse en tanto desarrolla el resto del proceso, el cual aparentemente dirigido por el movimiento continuo del tercer maxilipodo y por un incremento en la tasa de crecimiento del coral, comienza con la generación de un pequeño par de valvas. Posteriormente y de forma continua estas valvas se van extendiendo perpendicularmente a la base de la rama adoptando una disposición cóncava. El proceso continua hasta que ambas valvas se unen por sus extremos apicales, cerrándose completamente excepto por una serie de poros que la hembra mantiene abiertos para continuar con la generación de corriente, conservando de esta manera sus requerimientos de oxígeno y alimento. A lo largo del proceso la hembra mantiene contacto con machos hasta antes de cerrarse la pústula, momento en el cual conserva la carga espermática y luego se dedica a crecer y liberar más larvas al medio sin temor a predadores. Adicionalmente se observa una mayor frecuencia de aparición de pústulas de *Hapalocarcinus* en corales de la especie *Pocillopora capitata* explicable por la mejor oferta de espacio en las ramas de esta especie que en las de cualesquiera otras especies de *Pocillopora* presentes en la zona lo cual contradice la teoría de una mayor asociación con *P. damicornis*. Se observa la presencia simultánea de varias hembras de *Hapalocarcinus* en colonias con varias pústulas, apoyando así la hipótesis de existencia de un mecanismo de atracción que hace que la distribución espacial de pústulas sea agregada. Un análisis de la posición de las pústulas en las colonias coralinas muestra un patrón bastante claro. Según la zona arrecifal en la que se encuentren las colonias, las pústulas se hallarán distribuidas en diferentes partes de la rama, bien sea la zona apical, la zona media o en la base de la misma.

ABSTRACT

Hapalocarcinus marsupialis (Stimpson) is associated with Colombian Pacific corals of the genus *Pocillopora* producing one of the highest and most specialized morphological changes. Initially located at the apical zone of the branch. The crab female dig a trench covering herself while finishes the process, which conducted apparently by continuous movements of the third maxilliped and by an increased coral growth rate, begins with a little pair of valves. Later and by a continuous manner this valves extends perpendicularly to the branch base taking a concave form. It continues until the join of valves by the apical extremity, closing completely except by some pores holds opened by female to preserved oxygen and food requirements. During the process the female keep contact with males just before wholly closed gill, when preserves spermatoc load. Then grows and leave free larvae to environmental without risk of predators.

A highest frequency of gall apparition of *H. marsupialis* in *P. capitata* corals is observed, it is because of the space offer between the branches of these species. This contradict the theory of the major presence in *P. damicornis*. The simultaned presence of some *Hapalocarcinus* females in colonies with several galls was observed, supported the theory of an aggregate spacial distribution.

An analise of the gall possition in coral colonies shows a clear patron: According with reef zone where the colonies are depends the galls position (tip, half and basal zone).

INTRODUCCION

Dos organismos de especies diferentes pueden actuar recíprocamente ejerciendo sobre la otra, efectos positivos o negativos. Sin embargo, la clase de acción puede variar bajo condiciones diferentes o en etapas sucesivas de sus ciclos vitales (Odum, 1985).

La composición de la fauna asociada a corales ha sido relativamente bien estudiada (Grassle, 1973; Garth, 1974a; Abele y Patton, 1976; Castro, 1976). La mayoría de los organismos asociados al coral obtienen protección contra depredadores (Knudsen, 1967; Glynn, 1972, 1983) y alimento a partir del mucus producido por los pólipos (Castro, 1971, 1976; Abele, 1976).

Los corales poseen estructuras que facilitan la ocurrencia de asociaciones con una gran variedad de otros organismos (Glynn et al., 1971; Lassing, 1977). Diferentes especies coralinas pueden cobijar diferente fauna asociada (Patton, 1976; Grassle, 1973), hasta convertirse en interacciones muy específicas como la de la fauna acompañante del género *Pocillopora* (Venberg, 1974; PrahI et al., 1979; Coles, 1980; Rios, 1986).

Una de estas interacciones es la presentada por el crustáceo brachyuro *Hapalocarcinus marsupialis* STIMPSON y los corales de los géneros *Seriatopora*, *Sideropora*, *Stylophora*, *Pocillopora* y *Millepora* (Potts, 1915; PrahI, 1982, 1983).

La hembra del cangrejo se fija en la terminación de una rama coralina y provoca una serie de modificaciones en esta, para formar una pústula que la rodea y protege (Semper, citado por PrahI, 1983). *Hapalocarcinus marsupialis* presenta una clara relación con los corales del género *Pocillopora* en los arrecifes coralinos de Gorgonia y en la ensenada de Utría (PrahI, 1983)

METODOLOGIA

Organismo Estudiado

Hapalocarcinus marsupialis STIMPSON. Descrito por Stimpson en 1859 para la isla de Hilo, Hawaii, se reportó por vez primera en la ensenada de Utría, Colombia por W.L. Smihtt en 1934 (Garth, 1974b).

Son cangrejos profundamente modificados pues las hembras pasan gran parte de sus vidas confinadas en pequeñas cavidades de coral. Poseen un caparazón membranoso de forma oval, con superficies totalmente lisas y pedúnculos oculares grandes.

El máximo tamaño reportado para las hembras es de nueve (9) milímetros y en los machos no pasa de 2 o 3. El abdomen presenta siete segmentos, tres dorsalmente observables; los cuatro restantes forman una marsupia ventral para proteger la hueva, adoptando el tamaño de la totalidad del animal.

El tercer maxilipedo y el aparato bucal están modificados para mejorar la función respiratoria, mediante la creación de corrientes y del mismo modo, asegurar su alimentación consistente en nanoplancton (Potts, 1915; Schmit, 1936).

Los corales del género *Pocillopora* (PrahI, 1985; Cantera et al., 1989; Estupiñan, 1989) sufre deformación de sus ramas cuando el crustáceo se asocia con ellos. Son los corales predominantes en los arrecifes del Pacífico americano.

Area de Estudio

La isla de Gorgona está ubicada a 2° 59' de latitud norte y 78° 11' de longitud oeste, situada hacia el sur de la ensenada de Panamá (Figura 1). Se caracteriza por sus aguas de altas temperaturas, 27-28°C (PrahI et al., 1979), hallándose fuera del sistema de surgencias del golfo de Panamá. En su extremo sur Gorgona limita con el frente ecuatorial, el cual presenta aguas frías y de alta salinidad (Borrero, 1987).

Las mareas que afectan a Gorgona son de tipo semidiurno y presentan un rango máximo de 5,64 metros. Las precipitaciones, que dependen de la penetración del cinturón de convergencia intertropical, son altas, con registros superiores a 7000 mm/año (IDEAM, 1995)

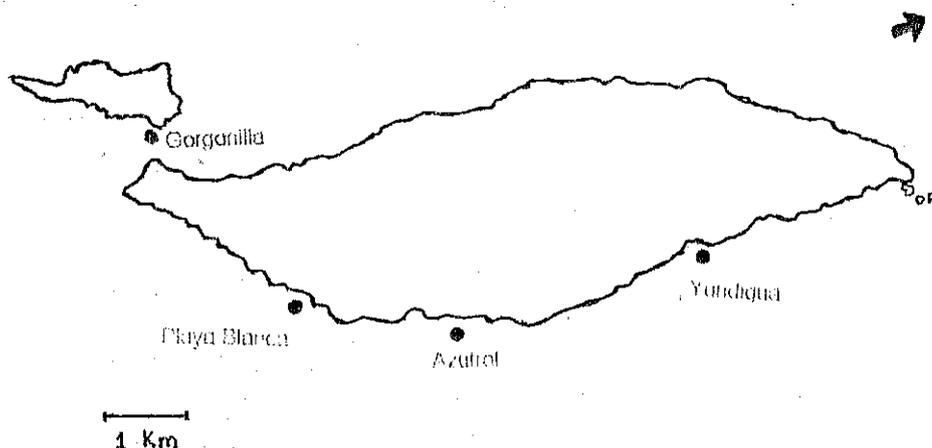


Figura 1. Gorgona. Sitios de estudio

Sitios Específicos de Estudio

El Azufral. Es el arrecife más extenso de la isla, con más de 1000 m de longitud y aproximadamente 160 m de anchura. Todo el tapete arrecifal está dominado por el género *Pocillopora* alternando en zonas del frente, con *Psammocora stellata*. El talud es compartido con colonias masivas de *Pavona varians*, *P. gigantea*, *P. clavus*, *Gardineroseris planulata* y *Porites sp.*

Playa Blanca. Situado más al sur que el Azufral, es de menor tamaño con aproximadamente 1000 m de longitud y 140 m de ancho. Aunque presenta semejanzas de estructura y zonación con el anterior, se distingue por presentar un canal de navegación verdadero. El género *Pocillopora* domina ampliamente la plataforma y cresta en tanto que el talud vuelve a presentar colonias de tipo masivo de las anteriormente mencionadas.

Yundiqua. Playa rocosa con talud cercano a la costa y una inclinación de talud bastante pronunciada; por estas razones no presenta un arrecife verdadero y tan solo se encuentran colonias aisladas del género *Pocillopora* entre las rocas. Presenta igualmente colonias de corales masivos de los géneros *Pavona*, *Porites* y *Gardineroseris*.

Gorgonilla. Los Farallones son rocas resultado de la erosión marina en el islote de Gorgonilla, frente al estrecho de Tasca. Presenta gran cantidad de colonias aisladas y un pequeño tapete de corales del género *Pocillopora* y algunas colonias de *Pavona*. Las paredes sostienen individuos del coral ahermatípico *Tubastrea coccinea* junto con colonias de octocorales de los géneros *Pacificorgia*, *Lophogorgia* y *Muricea*.

Metodología

Para tener el mejor registro posible sobre el proceso de formación de las pústulas se buscaron diferentes estadios que comprendieran desde las primeras deformaciones hasta la pústula totalmente formada. Se hizo registro fotográfico.

Sobre los tapetes coralinos se extendieron radiales que tenían por longitud el ancho del tapete y con 1 m hacia cada lado de la línea. A lo largo de estas radiales se contaron entre 100 y 300 colonias siguiendo el criterio de número aleatorio-par o impar (derecha o izquierda), anotando la especie y si tenía o no pústula. Para Yundiqua y Gorgonilla se tomaron randómicamente un mínimo de 200 colonias y se realizó el mismo seguimiento de presencia o ausencia por especie presentada.

Para estudiar el patrón de posición de las pústulas dentro de las colonias se observaron colonias en las zonas del frente arrecifal, el tapete (plataforma y cresta) y el talud en los dos arrecifes y colonias aisladas en los otros dos sectores. Se anotó el número y posición de las pústulas y se hizo registro fotográfico de algunas colonias típicas.

A fin de establecer si se presenta una distribución espacial agregada, dada la baja densidad de colonias con pústulas y el alto número de pústulas por colonia, se plantearon dos hipótesis: 1) existe algún mecanismo de atracción entre hembras de *Hapalocarcinus*, así cuando una llega a una colonia otras se ven atraídas a ésta. Se asume que las hembras no pueden abandonar la pústula, por tanto una colonia con varias pústulas deberá contener varias hembras simultáneamente; 2) una sola hembra será hallada en el caso que ésta pueda escapar, copular nuevamente y formar nuevas pústulas llenando de esta manera, solamente ella, una colonia con muchas pústulas. Con el fin de comprobar estas hipótesis se seleccionó un número representativo de colonias con una cantidad adecuada de pústulas cerradas totalmente. Se arrancaron algunas ramas con sus pústulas para revisión de laboratorio y colección. Posteriormente tan solo se observaba la presencia de la cangreja por entre los orificios de modo que no se alterara la colonia.

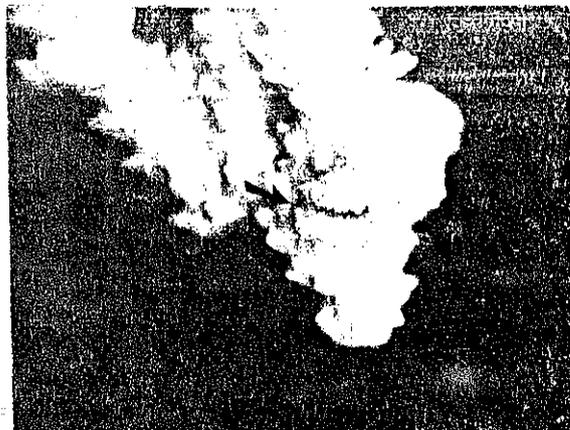
Las pústulas colectadas se revisaron estando frescas y vivos los pólipos y ya blanqueadas. Se buscaba encontrar algún daño, deformación o muerte producida por la presencia de la cangreja o la formación de la pústula en sí. Paralelamente se observó si la presencia de *Hapalocarcinus* pudiera incidir en el crecimiento y expansión normal de las colonias.

RESULTADOS

Proceso de Formación

La fase inicial de la formación es la excavación de una trinchera, realizada por la pequeña cangreja con desplazamientos laterales al abrirse paso; esta trinchera se amplía hasta que pueda cobijar cómodamente al crustáceo. El orificio se hace evidente dado que presenta una coloración rosacea en sus gruesos bordes. A continuación la hembra induce la formación de un ángulo entre los labios de la pústula y el eje de la rama que la contiene insinuando su dirección. Desde este momento comienza la proyección simultánea de las valvas hacia adelante y afuera de la rama, mostrando diferentes pasos en tanto va alcanzando un tamaño y curvatura óptimos que en ocasiones puede vislumbrarse por el tamaño que ya ha alcanzado al hembra. Finalmente la pústula se cierra dejando tan solo orificios por los cuales se garantiza la entrada de agua que provee de oxígeno y alimento tanto a la cangreja como a los pólipos. El flujo de corriente responde a la posición tomada por el crustáceo quien pierde ya toda posibilidad de vida libre (Figura 2)

(1546)



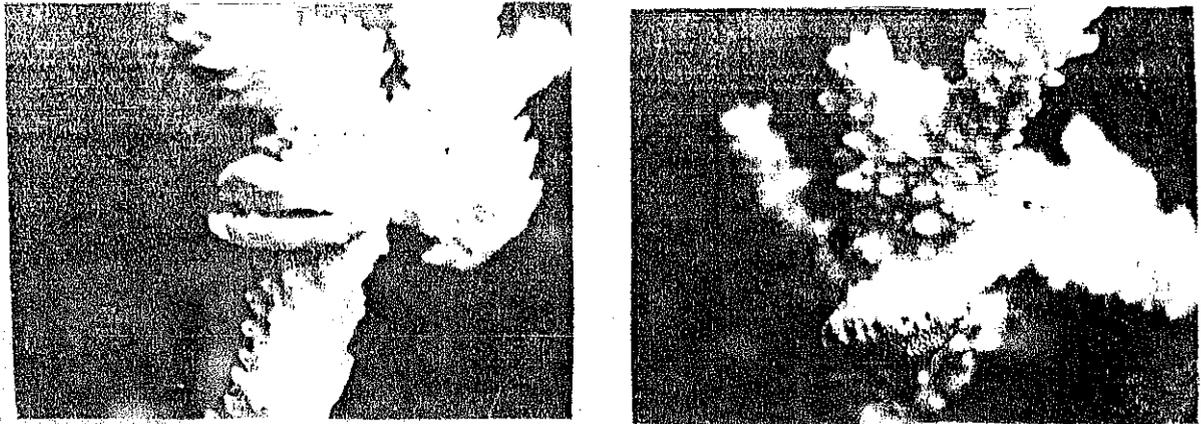


Figura 2. Proceso de formación

Frecuencia de Aparición por Especie Coralina

La tendencia observada de *Haplocarcinus* a posarse sobre colonias de *P. capitata* es evidente aún cuando *P. damicornis* presenta mayor cobertura en el tapete arrecifal, lo que puede observarse en la tabla 1.

Tabla 1. Número de colonias con pústulas por especie del género *Pocillopora*. Primer dato: número de colonias de cada especie. Dato enmarcado, (): colonias con pústulas.
 $\chi^2 = 0.05$, $1 = 3.841$ * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

	LUGAR	Colonias observadas	Colonias <i>P. capitata</i>	Colonias <i>P. damicornis</i>	Otras spp de <i>Pocillopora</i>	Chi ²
YUNDIGUA		120	96 (15)	17 (0)	7	3.84
AZUFRAL	Trasarrecife	223	150 (60)	68 (2)	5	33.61
	Talud	374	252 (70)	122 (2)	0	36.83
	Tapete radial 1	325	120 (45)	105 (3)	0	46.86
	radial 2	220	95 (20)	125 (1)	0	33.84
	radial 3	215	105 (25)	100 (4)	10	22.65
MUELLE		152	90 (20)	62 (0)	0	18.58
AEROPUERTO	Talud	280	136 (77)	137 (4)	7	97.00
	Tapete radial 1	195	87 (32)	108 (6)	0	37.91
	radial 2	202	110 (49)	89 (4)	3	44.95
	radial 3	220	115 (50)	105 (50)	0	50.26
PLAYA BLANCA	Talud	300	227 (69)	73 (3)	0	24.71
	Tapete radial 1	110	70 (20)	37 (6)	3	4.71
	radial 2	130	92 (25)	37 (5)	1	5.02
	radial 3	250	155 (43)	83 (8)	12	15.69
GORGONILLA		202	190 (85)	8 (0)	4	5.05

Posición de las Pústulas en las Ramas Coralinas

Existe una dependencia entre la posición de las pústulas en la colonia y la zona arrecifal que ocupan

dichas colonias. La tabla 2 muestra las posiciones predominantes.

Tabla 2. Frecuencias observadas y esperadas (), en la posición predominante de las pústulas (B:basal; M:medial; T:terminal; MT: mezcla medial-terminal; MBT: mezcla medial-basal-terminal) en colonias de *P. capitata* en tres zonas arrecifales (Trasarrecife, tapete y talud) para dos localidades (Azufral y Playa Blanca). Los valores de χ^2 para tablas de contingencia son: Azufrada: χ^2_{obs} : 185.93; $\chi^2_{0.05}$: 6 = 12.59; Playa Blanca: χ^2_{obs} : 1.36; $\chi^2_{0.05}$: 4 = 9.48

	Posición de la pústula	M	T	M.B.T.	M.T	TOTAL
AZUFRAL	Trasarrecife	0 (5.73)	0 (33.54)	53 (14.45)	7 (6.27)	60
	Tapete	16 (8.59)	67 (50.32)	0 (21.68)	7 (9.41)	90
	Talud	5 (6.68)	56 (39.14)	0 (16.86)	9 (7.32)	70
	TOTAL	21	123	53	23	220
PLAYA BLANCA	Tapete	7 (8.90)	79 (71.74)		2 (7.28)	88
	Talud	9 (7.03)	49 (56.25)		11 (5.71)	69
	TOTAL	16	128		13	157

Distribución Espacial Agregada

La observación de las pústulas coralinas muestra que su alto número corresponde a la presencia de varias hembras del crustáceo. Cada pústula observada contenía una hembra de *H. marsupialis* lo que demuestra que algunas colonias son colonizadas por un número desproporcionadamente alto de cangrejos, causando un patrón de distribución espacial agregada. Al alto número de pústulas para Yundigua, el trasarrecife de La Azufrada y Gorgonilla corresponde un rango de presencia entre 25 % y 84 %. Así mismo, al bajo número de pústulas (una a dos) en las colonias de los arrecifes de Azufrada y Playa Blanca corresponde un rango de aparición entre 0 % y 100 % tanto para *P. capitata* como para *P. damicornis*.

No se encontró ningún macho en pústulas cerradas pero si una serie de hembras viva sin huevos, con tamaños comprendidos entre 3 y 10 mm. Esto sumado al alto número de hembras ovadas dentro del mismo rango, insinúa la posesión de espermatecas y fecundaciones selectivas.

Efectos sobre el Hospedero

Al observar los cálices de dentro y fuera de las pústulas se encontró que los pólipos no mueren, en estado normal, con producción de mucus y presencia de zooxanthelas endosimbiontes. El color y la textura son normales. En pústulas tanto frescas como blanqueadas hay ligeras malformaciones en el contorno de los cálices internos debido al cambio de su convexidad, los externos continúan normales. Se observa una ligera pérdida de hexagonalidad en el número de septas por fusión de algunas de ellas. Las pústulas de *H. marsupialis* no alteran la capacidad de crecimiento de la colonia. Colonias con una o muchas pústulas poseen aproximadamente el mismo tamaño, incluso en *P. damicornis* de ramas delgadas se da un crecimiento a partir de la forma pústular.

DISCUSION

La asociación de *Hapalocarcinus marsupialis*, al crear su pústula, es altamente especializada para corales ramificados. La condición de dicotomía no es definitiva para que el proceso se inicie. Algunas ecoformas de *P. capitata* (i.e. *P. capitata robusta*) carecen de terminaciones dicotómicas y sin embargo su frecuencia de asociación es alta. La hembra del crustáceo presenta cambios morfológicos: dobla y aumenta el tamaño de su abdomen para retener la huevo y aumenta su tamaño en general. Es posible que energéticamente para el coral sea mas rentable permitir y colaborar con el proceso que

modifique su morfología, sin causarle daño, que oponer resistencia que pueda desgastar considerablemente al hospedero.

De las especies coralinas del género *Pocillopora* presentes en Gorgona, tan solo *P. capitata* y *P. damicornis* son usadas como hospederos por *H. marsupialis*. Este no se asocia con *P. eydouxi* pues sus ramas palmeadas de tamaño considerablemente mayor hacen imposible cualquier intento de formar una pústula. Al considerar el ancho de la rama coralina y el mecanismo creador de corrientes como medio inductor de la pústula, físicamente es improbable que un ser de 3 mm pueda alterar la forma de *P. eydouxi*. Incluso colonias de *P. elegans* de tamaño intermedio entre *P. robusta* y *P. eydouxi*, no presentan asociación. En Yundigua, Gorgonilla y el Trasarrecife de la Azufrada al haber un número tan reducido de colonias de *P. damicornis* solo se presenta asociación con *P. capitata*. En la plataforma arrecifal de Azufrada y Playa Blanca existe una mayor cobertura de *P. damicornis*, sin embargo es mayor la frecuencia de asociación con *P. capitata*. Esto puede explicarse por el menor espacio disponible existente entre ramas y colonias de *P. damicornis* en las zonas en que éste presenta bloques compactos y en buen estado. Por el contrario aún presentando una cobertura compacta, *P. capitata* ofrece un espacio mayor entre sus ramas y un grosor óptimo para la fijación del crustáceo y posterior creación de la pústula. *P. damicornis* presenta un mejor índice de asociación en lugares del arrecife donde por devastación pueden aumentar su tamaño, proveyendo al crustáceo de mejores condiciones para fijarse.

La posición de las pústulas en las colonias coralinas depende de la ubicación de las colonias en el arrecife. En los arrecifes de Azufrada y Playa Blanca se escogió al coral *P. capitata* por tener continuidad en su distribución y frecuencia de aparición. La disposición de las pústulas se explica por que *H. marsupialis* es un filtrador de nanoplancton y precisa la existencia de corrientes, y por el espacio disponible, ya que al estar las colonias dispersas en el sector pueden abrir mas sus ramas, permitiéndole a la hembra joven poseer la totalidad de la rama para fijarse con éxito, como sucede en Yundigua, Gorgonilla, Trasarrecife e incluso talud y zonas muertas en estado de recolonización. Por el contrario sobre los densos tapetes en buen estado, el andamiaje y la organización colonial generan una distribución diferente. Los bloques globosos y compactos con poca separación entre rama y rama, ofrecen a *Hapalocarcinus* un extenso campo coralino con solo la zona apical disponible. Es improbable que un filtrador especializado se fije dentro del andamiaje donde la corriente es por demás incipiente.

La presencia simultánea de varias hembras de *Hapalocarcinus* apoya la hipótesis de un sistema de atracción y de una distribución espacial agregada. Trabajando con solo los dos últimos estadios se asegura que ninguna hembra haya escapado o sido predada, aún así se presentaron algunos casos de ausencia. Sin embargo con los promedios de ubicuidad se puede aseverar la acción conjunta de varias hembras en cada colonia. Hay tantas cangrejas como pústulas tenga la colonia. Adicionalmente el rango de tamaños encontrados para las cangrejas, 3.0 - 10.2 mm, indica una posible sucesión de generaciones de *Hapalocarcinus marsupialis* sobre una misma colonia, así como un proceso de desarrollo completo por parte de varias cangrejas. Cabe anotar que el tamaño máximo encontrado supera al reportado por Prah (1983), 4.7 mm; y similar al de Potts (1915), 10 mm. Que varias hembras se posen en una misma colonia y sin embargo el número de colonias con pústulas sea tan bajo se puede explicar mediante el uso de algún sistema de atracción hormonal que induce la presencia de más hembras sobre la misma colonia o las inmediatamente vecinas, esto limita la zona colonizada. Puede pensarse además en un amplio desarrollo en el huevo y un corto estadio larval, incluso con larvas dotadas de una capacidad de adherirse rápidamente al sustrato; esto porque de ser totalmente planctónicas serían transportadas fuera del sistema coralino en muy corto tiempo. Entre los 118 ejemplares tratados y dado el rango de talla encontrado (3-10 mm), con hembras ovadas o no, vivas y muertas hace pensar en varias ovoposiciones durante su vida, por almacenamiento del esperma dado por el macho en el último contacto antes de cerrarse totalmente la pústula y quedar aislada de sus conespecíficos. Finalmente se contradice lo propuesto por Barnes (1990), de encontrar machos dentro de las pústulas cerradas dado que los orificios de la pústula son muy pequeños incluso para el diminuto macho y que una hembra de mas de 5 mm limita el espacio aun para sus propios movimientos.

Dado que los mecanismos activos o pasivos con que se da el involucramiento de *Haplocarcinus* no altera los pólipos coralinos en su producción de mucus, coloración normal e incluso conservando vivas las zooxantelas y su capacidad fotosintetizadora, se sugiere el carácter de esta asociación como un comensalismo, descartando la propuesta de parasitismo planteada por Verrill en 1867 (citado por Potts, 1915). Es más claro aún este comensalismo dado que el crecimiento de la colonia no se detiene. Pueden variarse los ángulos de proyección de las ramas pero estas seguirán creciendo y dejando las pústulas con orientación perpendicular al eje de crecimiento del coral. *P. capitata* se ve imposibilitada para proyectarse a partir de la forma pústular en tanto que *P. damicornis* en zonas no tan compactas del tapete puede proyectar sus delgadas ramas desde la pústula. Quizá una colonia con número excesivamente alto de pústulas vería su forma modificada hasta el punto de convertirse en un bloque.

CONCLUSIONES

Haplocarcinus marsupialis es el crustáceo que mayor modificación morfológica produce al asociarse a corales sin generar daño a su hospedero, por esta razón se le considera comensal; pues su estrategia de formación de pústulas asegura la reproducción de la hembra y no causa daño al coral.

De las especies del género *Pocillopora* presentes en Colombia, *P. capitata* es la que más frecuentemente presenta asociación con *Haplocarcinus*. En un segundo lugar se encuentra *P. damicornis* y no se encontró evidencia de asociación con *P. eydouxi*.

Las pústulas coralinas proveen de adecuada protección al crustáceo, quien pierde su libertad en beneficio de sus crías, siendo esto una ventaja evolutiva y de gran adaptación al medio coralino.

Se presenta un patrón claro en la ubicación de las pústulas dentro de la colonia. Según esté la colonia en el trasarrecife, plataforma o talud, las pústulas se hallarán en posición medial, terminal o basal.

La formación de las pústulas no detiene el crecimiento de las colonias coralinas. Colonias con un alto número de pústulas poseen aproximadamente el mismo tamaño que colonias vecinas sin presencia de ellas.

BIBLIOGRAFIA

- ABELE, L.G. 1976. Comparative species composition and relative abundance of decapod crustaceans in marine habitats of Panama. *Mar. Biol.*, 38: 263-278.
- _____ & W.K. PATTON. 1976. The size of coral heads and the community biology of associated decapod crustacean. *J. Biogeog.*, 3: 1-13.
- BARNES, R.D. 1990. Zoología de los invertebrados. Nueva editorial Interamericana. S.A. México. 5:656-658.
- BORRERO, J.I. 1987. Gorgona. Fund. Mejor Ambiente. Cali, Valle. Colombia
- CANTERA, J.R., H. Von PRAHL, J.C. ESCOBAR & E.J. PEÑA. 1989. Sistemática de los corales del género *Pocillopora* del Pacífico colombiano utilizando taxonomía numérica. *Rev. Biol. Trop.*, 37(9): 23-28.
- CASTRO, P. 1971. The natantia shrimps (crustacea-decapoda) associated with invertebrates in Hawaii. *Pac. Sci.*, 25: 395-403.
- _____. 1976. Brachyuran crabs symbiotic with scleraclinian corals: A review of their biology. *Micronesica*, 2: 99-110.
- COLES, S.L. 1980. Species diversity of decapods associated with living and dead reef coral *Pocillopora maendrina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2: 281-291.
- ESTUPIÑAN, F. 1989. Estudios sobre las ecoformas coralinas del género *Pocillopora* en la ensenada de Utria, Pacífico colombiano. Tesis, Biología. U. del Valle.

- GARTH, J.S. 1974a. Decapod crustaceans inhabiting reef-building corals of Ceylan and Maldive islands. *J. Mar. Biol. Ass. India*, 15: 195-212.
- _____. 1974b. On the occurrence in the eastern tropical pacific on the indo west pacific. Decapod crustaceans commensals with reef-building corals. Proceeding of the Second International Coral Reef symposium, Brisbane. June 22- July 2, 1973. 1: 397-404.
- GLYNN, P.W., R.H. STEWART & J.E. McCOSKER. 1971. Pacific coral reefs of Panama. Structure, distribution and predator. *Geol. Rdsch.* 61: 483-519.
- _____. 1972. Observations on the ecology of the caribbean and Pacific coasts of Panama. En: *The Panama Biota. Some observations prior to sea level canal.* M.L. Jones. Edit. Bull. Biol. Soc. Wash. 2: 13-30.
- _____. 1983. Increased survivorship in corals harboring crustacean symbiont. *Mar. Biol. Lett.*, 4: 105-111.
- GRASSLE, J.F. 1973. Variety in coral reef communities. En: *Biol. and Geol. of coral reef.* Vol. 2. Biol. 1. 95-123. Edit. E.O. Jones & R. Endeans. Academic Press. N.Y.
- KNUDSEN, J.W. 1967. *Trapezia* and *Tetralia* (Decapoda, Brachyura, Xanthidae) as obligated ectoparasites of Pocilloporid and Acroporid corals. *Pacific. Sci.* 21: 50-57.
- LASSING, B.R. 1977. Communication and coexistence in a coral community. *Mar. Biol.*, 42: 85-92.
- ODUM, E.P. 1985. *Ecología.* Nueva Editorial Interamericana, S.A. México. 5 edición
- PATTON, W.K. 1976. Animal associated of living coral reefs. En: *Biol. and Geol. of coral reefs.* Vol. 3, Biol. 2. Jones, O.A. & R. Endeau. Acad. Press. N.Y.
- POTTS, F.A. 1915. *Hapalocarcinus* the gall forming crab with some notes on the related genus *Cryptochyrus*. *Papers. Dept. Mar. Biol. Carneg. Inst. Washington*, 81: 33-69.
- PRHAL, H. von., F. GUHL & M. GROGL. 1979. Gorgona. Futura. Bogotá, Colombia.
- _____. 1979. Crustáceos comensales asociados al coral *Pocillopora damicornis* L. en la isla Gorgona. Colombia. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín*, 10: 81-93.
- _____. 1982. Las formaciones de pústulas coralinas por el cangrejo *Hapalocarcinus marsupialis* Stimpson en Gorgona Colombia. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín*, 12: 97-103.
- _____. 1983. Formaciones de pústulas y cavernas en corales del Pacífico colombiano por crustáceos comensales Brachyuros. *Act. Biol.* 12: 118-123.
- _____, ERHARDT. 1985. Colombia, corales y arrecifes coralinos. Editorial Presencia. Bogotá. Colombia.
- _____, G.E. RAMOS & R. RIOS. 1990. The crabs (Crustacea, Decapoda, Brachyura) on the Pacific coast of Colombia. *Rev. Cienc.*, 2: 23-35.
- RIOS, R. 1986. Algunos aspectos en la ecología de la comunidad asociada a los corales del género *Pocillopora* en la isla de Gorgona, Pacífico colombiano. Tesis. Biología. U. del Valle.
- SCHMITT, W.L. 1936. Hancock pacific expedition. 1935. in: *Explorations and field-work of the Smithsonian Institution in 1935.*, 29-36.
- VERMBERG, W.B. 1974. *Symbiosis in the sea.* Baruch coastal research institute by the university of South Caroline Press. Columbia. South Caroline.

FRECUENCIA E IMPACTO DE EVENTOS DE EXPOSICION AEREA DURANTE MAREAS BAJAS EXTREMAS EN UN ARRECIFE CORALINO DE GORGONA

1.72

Fernando A. Zapata¹, Juan M. Jiménez¹, Carlos E. Barceñas¹ y Raul Neira¹

RESUMEN

La exposición aérea de corales durante mareas bajas extremas es un factor abiótico potencialmente importante para la regulación de poblaciones y organización de comunidades en los arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical. Nosotros analizamos la frecuencia de ocurrencia y duración de posibles exposiciones aéreas diurnas para los arrecifes de la Isla de Gorgona, Colombia, mediante el examen de las predicciones mareales entre 1966 - 1994. Un evento de exposición aérea se definió como las mareas bajas ≤ -0.4 m que ocurrieron durante uno o más días consecutivos. La exposición aérea de los arrecifes ocurrió en promedio cada 90 d, aunque los intervalos de tiempo entre estos eventos fueron muy variables (rango entre 2 y 441 d). La duración media de cada evento fue de 2.4 d con un rango entre 1 y 5 d. La magnitud de los eventos de exposición estuvo positivamente correlacionada con su duración. Los eventos ocurrieron solo entre Enero y Abril, y entre Agosto y Diciembre.

El efecto de la exposición aérea sobre la comunidad coralina fue analizado para la cresta del arrecife de La Azufrada. Nosotros comparamos la cobertura y diversidad de corales entre dos muestreos previos (Abril de 1992 y Agosto de 1995) y dos posteriores (Abril de 1993 y Abril de 1996) a eventos de exposición aérea que ocurrieron en Marzo y Abril de 1993, Diciembre de 1995, y Enero y Febrero de 1996. Después de exposiciones aéreas prolongadas durante varios días los corales afectados se blanquearon y el tejido expuesto murió. Las porciones muertas fueron rápidamente colonizadas por algas Phaeophytas filamentosas, particularmente *Fieldmannia indica*. El principal efecto a nivel de la comunidad fue consecuentemente un aumento del porcentaje de corales cubiertos por algas filamentosas desde casi 0% en tiempos previos hasta un 24% en tiempos posteriores a un evento de exposición aérea. Ni la riqueza ni la diversidad de especies de coral difirieron entre 1992 y 1993, mientras que ambas disminuyeron de 1995 a 1996. El número de tipos de sustratos aumentó significativamente de 1992 a 1993, y de 1995 a 1996 debido a la aparición de coral cubierto por algas filamentosas. Por otro lado, la diversidad de sustratos no varió entre 1992 y 1993, pero aumentó de 1995 a 1996. Las diferencias entre los dos pares de periodos comparados fueron resultado de el mayor número de eventos ocurridos entre Diciembre de 1995 y Febrero de 1996 ($n = 5$) en contraste con los de 1993 ($n = 2$). Estos resultados sugieren que la exposición aérea juega un papel importante en la determinación y variación de la estructura de la comunidad coralina de los arrecifes de Gorgona.

¹ Universidad del Valle. Departamento de Biología. A.A. 25360, Cali. Tel. 339 2440. Fax: 92 889 8477

"FILOGENIA DE TRES GENEROS ANFIAAMERICANOS DE GORGONACEOS (*Octocorallia, Coelenterata*): UN ANALISIS PRELIMINAR DE BIOGEOGRAFIA CLADISTICA"

1.74

Lizzette Vargas Q.¹ y Juan Armando Sánchez M.²

RESUMEN

Los gorgonáceos son especialmente abundantes en aguas tropicales de América. Pese a las actuales diferencias en la composición de la fauna anfiamericana algunos géneros persisten actualmente en los dos mares sugiriendo que existían poblaciones ancestrales comunes. Los diferentes eventos geológicos catastróficos ocurridos desde finales del Terciario provocaron extinciones en la biota ancestral. No obstante, los géneros que persistieron recapitulan en su filogenia los eventos que generaron especiación. Para reconstruir este pasado evolutivo se escogieron tres géneros anfiamericanos de gorgonáceos, *Leptogorgia* (Gorgoniidae), *Heterogorgia* y *Muricea* (Plexauridae), los cuales se distribuyen ampliamente en el Pacífico y Caribe colombiano. Además se estudiaron especímenes de los mismos géneros de Brasil y Florida-Golfo de México. Con base en diversos caracteres morfológicos tanto espiculares como externos, se realizó para cada género, mediante biología comparada, un cladograma de especies. Los estados de los caracteres fueron transformados a binarios y polarizados mediante algoritmos parsimoniosos sustentados en un grupo externo (6 especies). Luego con la información de los tres géneros se realizó una aproximación mediante biogeografía cladística para obtener un cladograma de áreas. Se observaron tres marcados eventos vicariantes respectivos a las principales provincias biogeográficas de corales, Florida-Golfo de México, Caribe, Brasil y Pacífico oriental, regiones que se separan por grandes distancias, macro-estructuras geológicas o deriva continental. Sin embargo, existe evidencia dentro de los cladogramas de eventos de especiación más antiguos correspondientes a trazos que separaban poblaciones del Norte y Sur cuyas poblaciones ancestrales se fueron dividiendo por eventos vicariantes relacionados con el pasado geológico. Además de la valiosa información sobre la evolución de estos géneros, los linajes de especies obtenidos por cladística son una evidencia científica para reevaluar la taxonomía tradicional de estos organismos.

¹ Estudiante de Biología, Pontificia Universidad Javeriana., A.A. 120212, Santafe de Bogota DC, Colombia. (America del Sur). Tel / Fax: 2582088

² Estudiante de postgrado Biología, Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural Universidad Nacional de Colombia. AA 7495 Santafe de Bogota DC. Colombia (America del Sur)

PATRONES ESTRUCTURALES Y FISIONOMICOS EN COMUNIDADES DE GORGONACEOS DE CUATRO ATOLONES DEL CARIBE COLOMBIANO: EL PAPEL DE LA HISTORIA Y LA CONTINUIDAD AMBIENTAL EN LA ESTRUCTURA DE COMUNIDADES

1.83

Juan Armando Sánchez M.¹, Sven Zea², Juan M. Díaz³

RESUMEN

Los atolones del Caribe colombiano exhiben tanto ambientes expuestos al oleaje como muy protegidos y lagunares. Para determinar los patrones estructurales y fisionómicos de las comunidades de gorgonáceos (Coelenterata: Octocorallia) en estos ambientes se realizó durante 1994 y 1995 un detallado muestreo que comprendía conteos, anotaciones y medidas de 1810 colonias sobre 58 estaciones (30 m lineales c/u) repartidas entre los Cayos de Albuquerque y Bolívar, y los Bancos de Roncador y Serrana. Un análisis de ordenamiento (correspondencia canónica) presentó una clara separación entre estaciones de ambientes expuestos y protegidos, aunque es evidente una progresiva continuidad entre estaciones de hábitats con diferentes niveles de exposición (i.e. Parches lagunares < Parches lagunares someros < Margen de sotavento < Terraza prearrecifal de barlovento < Terraza prearrecifal somera). La distribución de frecuencias de tallas, un adecuado indicador de su edad, reveló como existe una gran constancia en las especies lagunares y protegidas de los cuatro atolones. De otra parte en zonas expuestas, aunque fueron mayores las tallas, variaron significativamente entre un atolón y otro, inclusive en las especies dominantes. Estas importantes variaciones sobre zonas expuestas de un atolón y otro se atribuyeron a pasadas perturbaciones físicas y biológicas tales como huracanes y enfermedades masivas, las cuales se han presentado irregularmente en el curso de la historia de cada atolón. Clara evidencia de esto son las densas poblaciones de *Gorgonia ventalina* presentes en la terraza prearrecifal somera de los bancos del Norte (Roncador y Serrana) las cuales están completamente extintas en los cayos del Sur (Albuquerque y Bolívar) a causa de una mortalidad masiva infecciosa de mediados de los 80s. Así mismo los bancos del Norte presentan densas poblaciones de plexauridos en parches lagunares someros las cuales son muy escasas en los cayos del Sur. En efecto los cayos del Sur soportaron el paso del huracán Joan en 1987 cuyos daños son visibles en los corales pétricos. De ahí se puede considerar que una distancia de 200 km entre los atolones del sur y norte son suficientes para que se impriman diferentes efectos históricos en sus comunidades en especial hacia áreas expuestas donde generalmente ocurren las diversas perturbaciones. De otro lado, diferentes especies dominantes de la laguna presentaron uniformemente una coloración púrpura las cuales cambiaban progresivamente a tonalidades claras hacia hábitats expuestos, sugiriendo un posible papel fisiológico de estos pigmentos (porfirinas) como transporte de oxígeno en ambientes calmados con menos flujo y movimiento del agua.

¹ Estudiante de postgrado Biología, Inst. Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia. A.A 7495. Santafé de Bogotá

² Universidad Nacional de Colombia, INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta.

³ Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta

PATRONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE DIVERSIDAD DE PECES EN UN ARRECIFE CORALINO EN ISLA GORGONA, COLOMBIA

1.84

Fernando A. Zapata¹ y Yaneth A. Morales¹

RESUMEN

En contraste con el Indo-Pacífico y el Caribe, no existen estudios que describan los patrones básicos de estructura de la comunidad de peces en arrecifes coralinos del Pacífico oriental tropical. Para documentar los patrones de riqueza, diversidad y equidad, la comunidad de peces de la Azufrada, un arrecife coralino de borde en Isla Gorgona, Pacífico Colombiano, fue censada visualmente a intervalos mensuales durante 1993 a lo largo de tres transectos. Un total de 71 especies fué registrado durante el año. *Chromis atrilobata*, *Thalassoma lucasanum*, y *Lutjanus viridis* fueron las tres especies más abundantes con densidades medias anuales entre 6.5 y > 50 individuos/10 m². Las densidades medias anuales para todo el arrecife presentaron un patrón de distribución logaritmico-normal, el cual predice la ocurrencia de un total de 100 especies para el arrecife de La Azufrada.

Mientras la riqueza de especies aumentó desde el trasarrecife (N_0 de Hill = 18) hacia el talud ($N_0 = 27$), la diversidad (N_1 y N_2) y la equidad (E_5) no mostraron diferencias entre las zonas, excepto por el talud donde fueron más bajas. Así, la Azufrada mostró dos zonas con patrones contrastantes de diversidad de peces: una zona de baja riqueza y alta equidad en la porción más somera dominada por corales pocillopóridos, y una zona de alta riqueza y baja equidad en el talud superior, caracterizado por una mayor diversidad de corales y complejidad topográfica debido a la presencia de corales masivos N_0 , N_1 y N_2 (pero no E_5) fueron más altos entre Abril-Junio en todas las zonas excepto el talud, donde fueron más bajos durante este intervalo. La Azufrada mostró dos estaciones: un período de baja diversidad entre Septiembre y Marzo, debido probablemente a temperaturas bajas, y un período de alta diversidad entre Abril y Agosto, debido a un incremento del reclutamiento de juveniles.

Los resultados sugieren que la comunidad de peces de La Azufrada presenta una baja diversidad α (dentro del hábitat) y una baja diversidad β (entre hábitats). Estas, junto con un pequeño pool de especies debido al relativamente alto grado de aislamiento geográfico y las condiciones relativamente poco adecuadas del ambiente físico para el desarrollo de arrecifes coralinos, parecen actuar en conjunción para producir la baja diversidad de peces coralinos típica del Pacífico oriental tropical.

¹ Universidad del Valle, Departamento de Biología. A. A. 25360, Cali, Tel. 92 339-3243, Fax. 92 339 2440

VARIACION TEMPORAL EN LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD CORALINA DE UN ARRECIFE EN ISLA GORGONA, COLOMBIA

1.86

C. E. Barcenás¹, A. C. Bejarano¹ y J. M. Jiménez¹

RESUMEN

Cambios en la estructura del arrecife La Azufrada, Isla Gorgona, entre las décadas de los 70's y los 90's indican que ciertos fenómenos pudieron incidir sobre el arrecife. En 1995 y 1996 se empleó un transecto perpendicular a la línea de costa, donde por medio de transectos de 10 metros perpendiculares al transecto principal, se estimó la cobertura por especie y tipo de sustrato. A partir de los datos colectados y de la comparación de porcentajes de cobertura e índices comunitarios (diversidad, equitabilidad y riqueza) en diferentes publicaciones, se evaluó en la escala temporal los cambios en la estructura del arrecife. No se encontraron diferencias significativas entre los datos de 1992 a 1996 pero sí con respecto a 1979. A pesar de la ocurrencia de fenómenos importantes como EL NIÑO 82/83 y mareas extremas (1995 y 1996), el arrecife no muestra cambios significativos en su estructura, contrario a las consecuencias de la hipersedimentación en el arrecife en 1979, mostrando diferencias con respecto a la cobertura de coral vivo con los demás años. Este arrecife coralino, mostró una alta cobertura de coral vivo con un número reducido de especies en la planicie, una alta cobertura de pocilloporidos en el frente y un aumento relativo de especies masivas en aguas de mayor profundidad (talud).

¹ Calle 1C No. 66B-100 Apto. 502B. U. R. Los Cedros. Cali. Tel. 3302612, 8898477

UBICACIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS CORALINOS EN LA BAHIA DE TAGANGA, CARIBE COLOMBIANO

Claudia Castellanos, María Isabel Criales, Adriana Valero y Fernando Parra

RESUMEN

Entre agosto y noviembre de 1994 se realizó un estudio sobre la distribución y estado actual de los sistemas coralinos en la Bahía de Taganga mediante observaciones directas con equipo de buceo SCUBA a partir de desplazamientos en zig-zag desde 0 hasta 15 metros de profundidad a lo largo de la línea de costa, desde Punta Colorada hasta Punta Venados. Se determinó la presencia de corales escleractinios, milleporidos y gorgonaceos, los cuales presentaron una distribución diferente a lo largo de la Bahía. Se describió la estructura de la comunidad coralina mediante la técnica de línea intercepto, registrándose 33 especies, siendo las más importantes para corales escleractinios *Montastraea cavernosa*, *M. annularis*, *Diploria clivosa*, *D. strigosa* y *P. astreoides*; entre los milleporidos se encontraron las especies *Millepora complanata*, *M. alcicornis* y *M. squarrosa* y dentro de los gorgonaceos se destacaron *Plexaura homomalla*, *P. flexuosa*, *Pseudopterogorgia spp* y *Pseudoplexaura spp*. La muerte del coral, principalmente de las especies *Porites porites*, *Acropora cervicornis* y blanqueamiento de algunos géneros como *Meandrina*, *Colpophyllia* y *Siderastrea* fue observado durante el estudio en algunas zonas muestreadas

INTRODUCCION

La Bahía de Taganga, siendo un área netamente pesquera, se encuentra influenciada continuamente por la acción antrópica, contribuyendo a un continuo deterioro de los ecosistemas que allí se encuentran. Uno de estos son los sistemas coralinos, los cuales forman parches aislados, presentándose en mayor cantidad en algunas zonas de la Bahía.

Para emprender un estudio acerca de estos importantes sistemas es primordial conocer su localización, estado y composición. Es por esto que los objetivos propuestos en este estudio fueron determinar la localización y el estado actual de los sistemas coralinos en la Bahía de Taganga hasta los 15 metros de profundidad, reconocer su distribución a lo largo de la línea costera, identificar y cuantificar las especies más dominantes y describir la estructura de la comunidad coralina.

Los resultados obtenidos en este trabajo sobre la distribución y estado actual de los corales en la Bahía servirán de base a posteriores estudios en la zona, centrados en el conocimiento y manejo de este importante ecosistema.

AREA DE ESTUDIO

La Bahía de Taganga se encuentra localizada al norte de la ciudad de Santa Marta en las coordenadas 74 12 LW y 11 5 LN, a 3.5 Km de la zona urbana, con un área total de 15 Km². Esta localizada en una pequeña ensenada con ligeras pendientes y rodeada por dos grandes cerros de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (fig. 1) (Granados y Campo, 1981). El sector se caracteriza por no tener plataforma continental sino un quebrado talud que se profundiza rápidamente (CORPES, 1992). El clima del área, en general, es cálido seco, con una temperatura promedio anual de 28 °C (Granados y Campo, 1981). La zona presenta una serie de condiciones climáticas especiales (períodos de lluvia, sequía y fuertes vientos) debido a su ubicación y a la influencia de la Sierra (Silva, 1988). En el año se presentan dos períodos climáticos: un período seco que se presenta desde diciembre hasta finales de abril, en el cual ocurre la influencia de los vientos Alisios, que generan una corriente hacia el noroeste, ocasionando la formación de pequeños núcleos de surgencia costeros (Lozano, 1986; En Silva, 1988) un período de lluvias que va desde mayo hasta noviembre, presentando un nivel pluviométrico de aproximadamente 500 mm por año, durante el cual la contracorriente de Panamá se traslada hacia el noreste, arrastrando aguas ricas en nutrientes provenientes de la Ciénaga Grande de Santa Marta y ríos locales (Acosta, 1987).

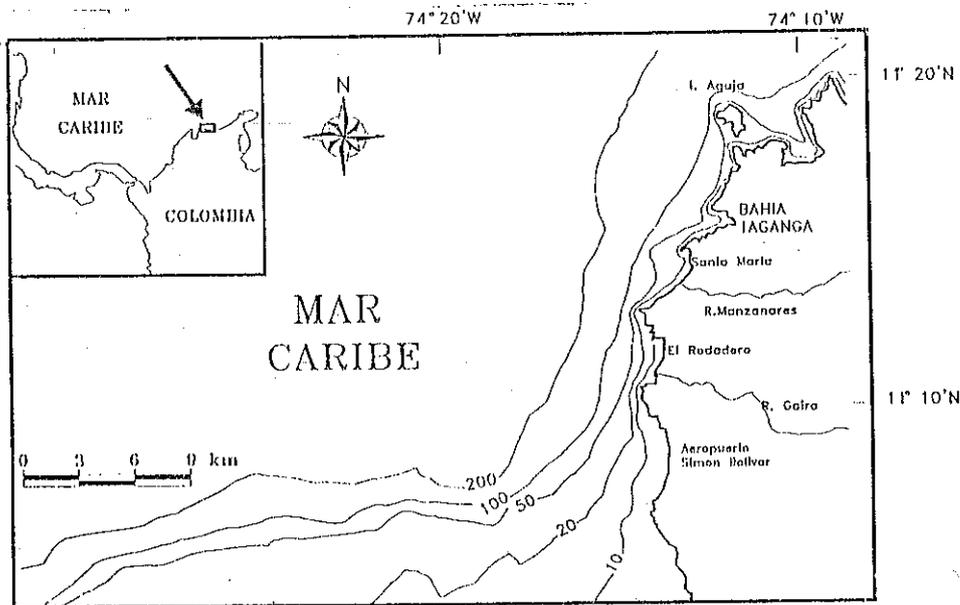


Figura 1. Ubicación del área de estudio

MATERIALES Y METODOS

Utilizando como información básica una carta batimétrica a una escala 1:10000, una fotografía aérea (Foto No. 161) del vuelo C- 2228-22-85 sobre 33210 pies con una escala aproximada de 1: 22100 del IGAC, facilitada por el INVEMAR y ampliada posteriormente a una escala 1: 12258, se elaboró finalmente un mapa donde se ubicaron los sitios con presencia de coral en la Bahía de Taganga. El reconocimiento general del área de estudio consistió en un barrido a lo largo de la línea costera desde Punta Colorada (costado suroccidental) hasta Punta Venados (costado nororiental) (fig. 2), exceptuando los sitios con chinchorros (arte de arrastre usado por los pescadores). La metodología que se siguió fue desarrollada por Garzón y Cano en 1991, con algunas modificaciones. Mediante buceos a pulmón libre y con equipo de aire comprimido (SCUBA) se hicieron desplazamientos en zig-zag en franjas de 0 a 5, 5 a 10 y 10 a 15, ayudados con una brújula. En un mapa elaborado previamente en una tabla acrílica se anotaron las observaciones realizadas cubriendo los siguientes aspectos:

Ubicación geográfica del sitio muestreado: Se marcaron los puntos en la línea de costa dibujada en la tabla donde comenzaba y terminaba cada parche coralino para determinar su ubicación.

Se agruparon los corales de la siguiente forma:

AGRUPACION	FORMA	EJEMPLO
Hidrocorales		<i>Millepora complanata</i> <i>M. squarrosa</i> , <i>M. alcicornis</i>
Gorgonáceos		<i>Gorgonia ventalina</i> , <i>E. fusca</i> , <i>Pseudoplexaura</i> , <i>P. homomalla</i> , etc.
Escleractinios	Masivos	<i>M. cavernosa</i> , <i>S. radians</i> , <i>M. meandrites</i> , <i>D. clivosa</i> , <i>P. astreoides</i> , <i>Colpophyllia</i> , etc.
	Ramificados	<i>A. cervicornis</i> , <i>A. palmata</i>
	Dedo	<i>P. porites</i> , <i>Madracis sp.</i>
	Laminares	<i>Mycetophyllia</i> , <i>M. angulosa</i> , <i>Agaricia sp.</i>

Generos dominantes: Se registraron los géneros más conspicuos de acuerdo a su presencia y abundancia en orden de importancia a partir de una escala cualitativa (muy abundante, abundante y poco abundante) (fig. 3).

Estado del coral: Se realizó una estimación visual de los sitios donde se presenta coral vivo, muerto y blanqueamiento.

La segunda etapa del trabajo consistió en la determinación de la estructura de la comunidad coralina, para la cual se eligieron tres sitios representativos del lugar (Punta colorada, Punta Venados y frente a Jenemaca (centro de la Bahía)) (fig 4). Se utilizó la técnica de línea intercepto, que permitió muestrear una amplia zona en corto tiempo. En cada estación se realizaron seis transecciones, formadas cada una por 100 puntos (este número mínimo de puntos fue determinado antes de realizar las transecciones) marcados cada 50 cm, colocándose paralela a la línea de costa. Se colocó sobre el sustrato siguiendo su contorno y se anotaron las especies de coral u otros organismos que quedaran sobre cada punto. La información obtenida se analizó por medio del programa Cluster, determinando las especies dominantes y para la estructura de la comunidad coralina se realizó un dendrograma aglomerativo de disimilaridad con linaje promedio UPGMA mediante el índice de Bray- Curtis.

RESULTADOS

Los grupos de corales encontrados en la bahía de Taganga durante el recorrido hecho a lo largo de esta se dividieron en escleractinios, millepóridos y gorgonaceos, siendo las especies y los lugares donde se presentaron, las que se describen en la tabla 1.

Al realizar los perfiles de fondo en las tres estaciones muestreadas, Punta Venados (costado nororiental) presentó una mayor inclinación del sustrato, a diferencia de Punta Colorada (costado suroccidental) que presentó una pendiente menos inclinada, siendo aproximadamente plana a una profundidad de 8 a 10 m; en el centro de la bahía el perfil fué totalmente plano y predominantemente arenoso. Se pudo determinar además que Punta Venados es la zona que presentó la mayor cobertura coralina viva y Punta Colorada la zona de mayor cobertura de coral muerto (Tabla 2), esto puede ser debido a la influencia directa de las aguas negras del Boquerón las cuales son vertidas al mar en un sector aledaño a esta última zona.

Tabla 2. Porcentaje de cobertura de las diferentes categorías encontradas en las estaciones de muestreo en la bahía de Taganga.

Categoría	Punta Venados	Punta Colorada	Centro de la bahía
Coral vivo	41.66	17	25.66
Coral muerto	1	7.66	1
Otros organismos	1.5	6.16	17.16
Arena	54.16	69.16	56.66

Se registraron 34 especies de coral a partir de las transecciones realizadas en el área, anotando el porcentaje de abundancia de cada una de ellas (Tabla 3).

El dendrograma de afinidad obtenido a partir de la disimilaridad de Bray-Curtis (Fig. 6), permitió reunir los transectos estudiados en tres grupos de acuerdo a la profundidad, siendo el promedio de profundidad para el primer grupo de 4.8 m, el segundo de 10 m y el tercero de 15 m. A partir de cada grupo formado se determinaron las especies más dominantes, presentándose en la parte somera *Plexaura homomalla* (23%), seguida de *Millepora complanata* (14%), *Diploria clivosa* (11%), *Pseudoplexaura spp* (11%) y *Montastraea cavernosa* (6%) como las más representativas; a los 10 m de profundidad dominaron las especies *Acropora cervicornis* muerto (26%) seguida de *Montastraea cavernosa* (19%), *Meandrina*

meandrites (9%), *M. Annularis* (6%) y *Diploria clivosa* (6%); en la parte profunda se presentaron las especies *Porites astreoides* (21%), *Colpophyllia sp* (17%), *Stephanochoenia michellini* (15%), *Montastraea cavernosa* (9%) y *Mycethophyllia sp* (6%). De lo anterior se destaca que la especie *Montastraea cavernosa* se presentó desde la parte somera hasta la parte más profunda de la bahía.

DISCUSION

Los corales de la bahía de Taganga no presentan una zonación morfológica definida como crestas, lagunas y talud arrecifal sino que forman agrupaciones aisladas, este tipo de formaciones es típico para el área de Santa Marta y especialmente de las bahías del parque Tayrona. Los factores limitantes más importantes para su desarrollo son la influencia de aguas dulces cargadas de sedimento, la escasez de fondos amplios y la temperatura adecuada para el desarrollo de formaciones arrecifales (Werding y Sánchez, 1989).

Se observó una alta presencia de corales de tipo masivo como *M. cavernosa*, *M. annularis*, *Diploria sp*, *P. astreoides*, etc los cuales tienen mecanismos eficientes de limpieza que les permiten ser tolerantes a las tasas de sedimentación que además de ser proporcionadas por aportes naturales, se ven aumentadas por el aporte de materia orgánica de las aguas del Boqueron que ejercen influencia la mayor parte del tiempo en la bahía; este factor puede ser el causante de la muerte de coral especialmente *Acropora cervicornis* y *Madracis sp*. Los cuales no poseen mecanismos de limpieza y donde la depositación directa del sedimento sobre los pólipos causa asfixia y por lo tanto su muerte (Johannes, 1975 En: Moreno y Navas, 1993; Werding y Sánchez, 1989).

Otro aspecto observado durante nuestro recorrido alrededor de la bahía fué el blanqueamiento de algunos géneros coralinos como *Meandrina*, *Colpophyllia* y *Siderastrea*, fenómeno al cual no se ha podido establecer la causa, aunque se cree que es causado por altas temperaturas inusuales, o por agentes secundarios luego de un stress físico (Williams y Williams, 1990; Goreau y Hayes, 1994).

Las características específicas de la bahía de Taganga muestran una exposición del oleaje hacia sus costados, el cual es fuerte hacia la región suroccidental y moderada hacia la nororiental, esta condición favorece el desarrollo de comunidades de gorgonáceos que pueden llegar a ser densos y desarrollados como se presenta en Punta Colorada y Punta Venados, presentándose en mayor proporción en esta última desde 2 hasta 10 metros. Estos resultados son similares a los reportados por Botero (1987). El centro de la bahía por ser una zona menos expuesta y por no presentar sustrato duro y una menor turbulencia, así como una disminución en la iluminación no favorecen el desarrollo de comunidades de gorgonáceos y milleporidos, pero si el de otro tipo de organismos como esponjas (Zea, 1993), muy evidentes y de gran abundancia es esta parte de la bahía.

CONCLUSIONES

La bahía de Taganga no presenta una estructura arrecifal como tal, sino pequeñas agrupaciones aisladas de coral. Se reportan 33 especies coralinas, datos similares a los obtenidos durante el recorrido visual de la bahía en los sitios donde se presentaban corales, de las cuales las más dominantes fueron: *Plexaura homomalla*, *Montastraea cavernosa*, *Porites astreoides* y *Diploria clivosa*. Factores externos como lo es el aporte de materia orgánica por parte del Boquerón y vertimientos domésticos de la población de Taganga, condicionan el desarrollo óptimo de la comunidad coralina. La estimación visual directa permitió la obtención de datos como presencia, abundancia, distribución y estado actual de la comunidad en la bahía de forma bastante representativa.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, L. 1987. Composicion y estructura de la comunidad de corales hermatipicos en tres zonas representativas de la region de Santa Marta (Punta betin, Isla Morro Grande y ensenada Granate, Mar Caribe Colombiano). Tesis (Postgrado Biologo Marino). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biologia. Bogota. 242 p.
- BOTERO, L. 1987. Zonacion de octocorales gorgonaceos en el area de Santa Marta y PNNT, Costa Caribe Colombiana. Santa Marta.. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betin. 17: 61-80.
- CORPES. 1993. El plan de accion del CORPES como base para la constitucion del sistema de informacion regional. Santa Marta..
- GARZON, J & M, CANO. 1991. Tipos de distribucion extension y estado de conservacion de los ecosistemas marinos costeros del PNNT. Septimo concurso nacional ecologico FEN/INVEMAR. 82 p + il.
- GOREAU, T & R, HAYES. 1994. Coral bleaching and ocean "Hot spots". Ambio. 23(3): 176-181.
- GRANADOS, F & J, CAMPO. 1981. Factibilidad de una planta pesquera productora de enlatados, semiconservas y enlatados (Taganga). Tesis Ingenieria pesquera). Tomo Y. Universidad tecnologica del Magdalena. Facultad de Ingenieria Pesquera. Santa Marta. 115 p.
- NAVAS, G & S, MORENO. 1993. Caracterizacion estructural de la comunidad bentica asociada a *Acropora palmata* (Lamarck, 1816) muerto, Isla Grande, Islas del Rosario, Caribe Colombiano. Tesis de grado. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Biologia Marina. Santafe de Bogota. 181 p.
- RUTZLER, K & L.G, MACINTYRE. 1982. The Atlantic Barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize I.Smithsonian institution press. Washington. 539 p.
- SILVA, L. 1988. Aspectos biologicos del Titi (Pisces: Gobidae *Sicydium punctatum*, Perugia, 1896) en la region de Santa Marta. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biologia. Bogota. 120 p.
- WERDING, B & H, SANCHEZ. 1989. The coral formations and the distribution pattern along a wave exposure gradient in the area of Santa Marta, Colombia. Medio Ambiente. 10(2): 61-68.
- WILLIAMS, L & Z, WILLIAMS. 1990. Coral reef bleaching peril reported. OCEANUS. 30(4).
- ZEA, S. 1993. Cover of sponges and other sessile in rocky and coral reef habitats of Santa Marta, Colombian Caribbean Journal of science. 29 (1-2): 75-88.

Tabla 1. Abundancia de especies coralinas encontradas durante el recorrido a lo largo de la Bahía de Taganga.

ZONA DE ESTUDIO Recorrido en zig-zag	PROF.	ESCLERACTINIOS				HIDROCORALES	GORGONACEOS	Especies representativas
		Mas	Ran	Ded	Lam			
Hoyo Murciélago a Punta Playa Vaca	5 a 10 (a)	1	No	No	No	No	No	<i>M.cavernosa</i> ^{a,b} , <i>M. annularis</i> ^{a,b}
	10 a 15 (b)	1	2+	1	1	No	No	<i>P. astreoides</i> ^b , <i>D. clivosa</i> ^{a,b} , <i>D. stokesii</i> ^b , <i>Mycetophyllia</i> ^b , <i>Madracts</i> sp ^b , <i>A. cervicornis</i> ^b
Punta Playa Vaca a Playa Linda	0 a 5 (a)	1	3+	No	No	2	2	<i>M. cavernosa</i> ^{a,b,c} , <i>M. complanata</i> ^a <i>Pseudoplexaura</i> spp ^a , <i>S. radians</i> ^c
	5 a 10 (b)	2	No	No	No	No	No	<i>M. meandrites</i> ^{a,b,e} , <i>P. porites</i> ^a
	10 a 15 (c)	2	No	3+	3	No	No	<i>P. astreoides</i> ^c , <i>D. clivosa</i> ^{a,c} <i>D. strigosa</i> ^{a,b} , <i>Agaricia</i> sp ^c
Punta Playa Linda a Punta Colorada	0 a 5 (a)	1	3	No	3	3	1	<i>A. cervicornis</i> + ^c , <i>D. strigosa</i> ^c , <i>Agaricia</i> sp ^{a,b,c} , <i>E. fastigiata</i> ^c , <i>P. porites</i> ^c <i>D. clivosa</i> ^{a,b} , <i>P. astreoides</i> ^{a,b} , <i>Pterogorgia</i> ^b
	5 a 10 (b)	1	No	No	2	3	1	<i>M.cavernosa</i> ^{a,b,c} , <i>P. flexuosa</i> ^{a,b} , <i>Plexaurella</i> ^b <i>Pseudoplexaura</i> spp ^{a,b,c} , <i>S. radians</i> ^{a,b,c} , <i>Madracts</i> ^c <i>G. ventalina</i> ^{a,b,c} , <i>B. asbestinum</i> ^{a,b} , <i>D. stokesii</i> ^c
	10 a 15 (c)	1	1+	3	No	No	3	<i>Mannularis</i> ^{b,c} , <i>M. meandrites</i> ^{a,b,c} , <i>M. compla</i> ^a <i>M. squarrosa</i> ^a , <i>Colpophyllia</i> sp ^{b,c} , <i>Scudopter</i> ^b
Punta Los Venados	0 a 5 (a)	2	No	3	No	No	1	<i>M. squarrosa</i> ^b , <i>M. alcornis</i> ^b , <i>D. clivosa</i> ^b <i>D. strigos</i> ^{a,b,c} , <i>Colpophyllia</i> sp ^b , <i>D. stokesii</i> ^{b,c} <i>T. coccolinea</i> , <i>Pterogorgia</i> sp ^a , <i>P. astreoides</i> ^a
	5 a 10 (b)	1	No	3	3	3	1	<i>P. homomalla</i> ^{a,b} , <i>Pseudopterogorgia</i> ^{a,b,c} <i>S. sidera</i> ^a , <i>Madracts</i> sp ^{a,b} , <i>P. flexuosa</i> ^{a,b} <i>Pseudoplexaura</i> ^{a,c} , <i>S. radians</i> ^a , <i>A. palmata</i> ^a <i>F. tourneforti</i> ^a , <i>Erythropodium</i> sp ^{a,b} ,
	10 a 15 (c)	1	No	No	No	No	2	<i>M. annularis</i> ^{a,b,c} , <i>M. flavida</i> ^b , <i>M. meandrites</i> ^a <i>Plexaurella</i> sp ^a , <i>E. fusca</i> ^a , <i>Agaricia</i> sp ^b
Centro de la Bahía	13 a 15	3	No	No	No	No	No	<i>M. angulosa</i> , <i>S. michellini</i> , <i>S. radians</i> [*] <i>P. astreoides</i> , <i>D. clivosa</i> , <i>Colpophyllia</i> <i>Madracts</i> , <i>M. cavernosa</i> , <i>Mannularis</i> [*] <i>M. meandrites</i> , <i>D. stokesii</i> , <i>H. cuculata</i> <i>Agaricia</i> sp [*] , <i>S. lacera</i> , <i>Mycetophyllia</i>

Muy abundante 1 Muerto + Abundante 2 Blanqueado * Poco abundante 3

Tabla 3. Porcentaje de abundancia de las especies coralinas en las estaciones de muestreo.

Especie		P. Venados	P. Colorada	C. Bahía
<i>M. cavernosa</i>	1	16	7.35	8.55
<i>E. tourneforti</i>	2	2.1	1.12	
<i>P. flexuosa</i>	2	2.2	1.22	
<i>M. meandrites</i>	1	7.97	3.27	4.38
<i>A. cervicornis</i> +	1	2.1	29.23	1.75
<i>Pterogorgia sp</i>	2	4.63	0.52	
<i>D. stokesii</i>	1	2.75	0.52	0.55
<i>D. clivosa</i>	1	6.87	9.3	1.42
<i>D. strigosa</i>	1		1.12	3.03
<i>D. labyrinthiformis</i>	1	3.38		
<i>M. alcicornis</i>	3	4.97	1.57	
<i>M. complanata</i>	3	2.97	11.47	
<i>M. annularis</i>	1	5.2	3.3	2.28
<i>S. radians</i>	1	0.53	2.25	
<i>P. homomalla</i>	2	17.97	1.85	
<i>P. astreoides</i>	1	0.88	4.13	20.87
<i>Pseudoplexaura spp</i>	2	7.05	5.53	
<i>E. caribearum</i>	2	4.18	1.72	
<i>Madracis sp</i>	1	0.98	0.55	4.2
<i>Pseudopterogorgia spp</i>	2	3.33		
<i>P. porites</i>	1	0.4		
<i>Muriceopsis sp</i>	2	0.4		
<i>Plexaurella sp</i>	2	0.37		
<i>E. fusca</i>	2	0.37		
<i>S. michellini</i> '	1	0.48	2.15	14.2
<i>Antipathes sp</i>			1.12	
<i>Agaricia sp</i>	1		2.53	2.08
<i>S. siderea</i>	1		0.7	4.42
<i>G. ventalina</i>	2		0.7	
<i>Colpophyllia sp</i>	1			17.12
<i>Mycetophyllia sp</i>	1			4.83
<i>S. lacera</i>	1			2.27
<i>H. cuculata</i>	1	0		1.28

Escleractinios 1 Gorgonaceos 2 Milleporidos 3

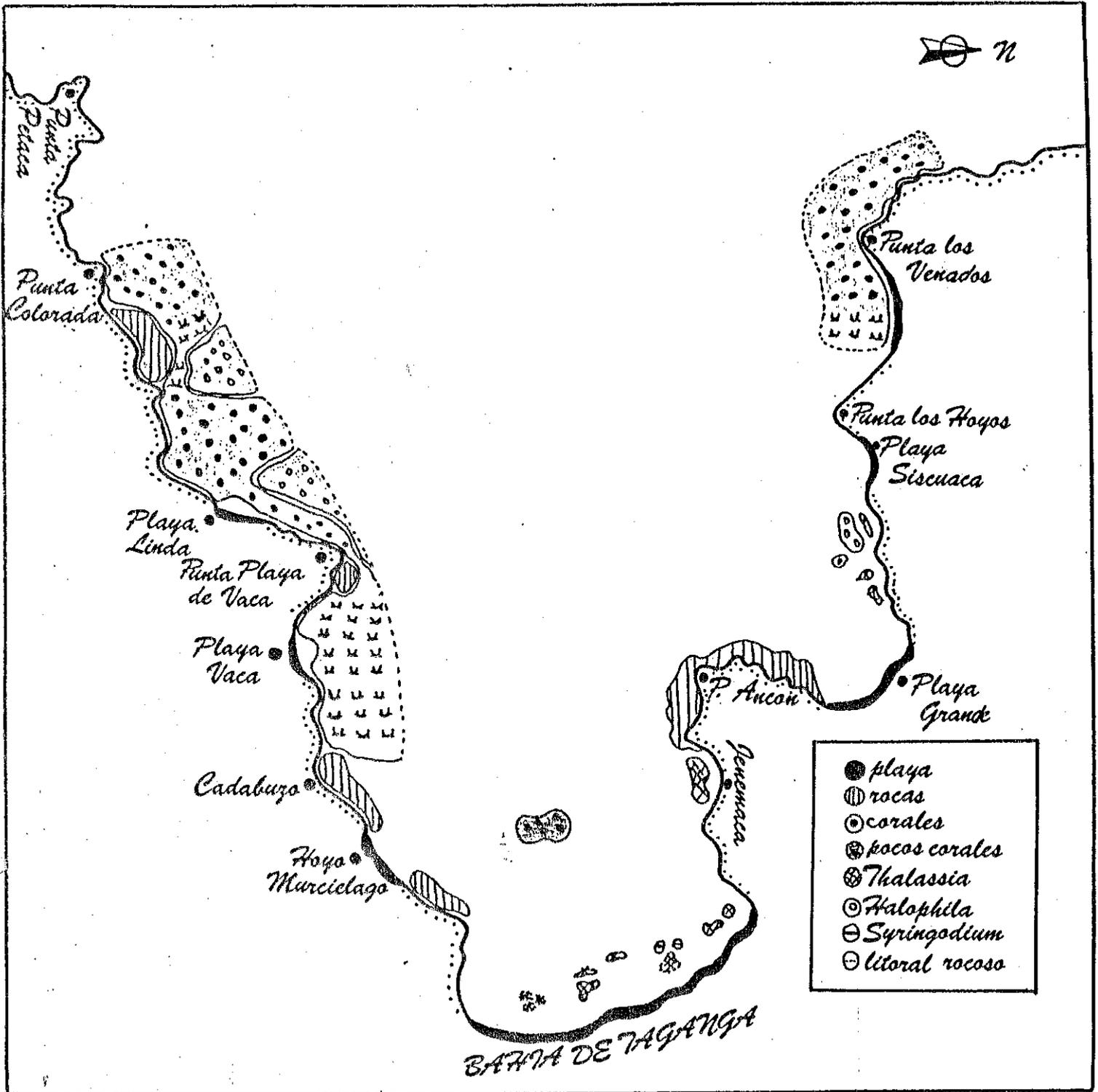
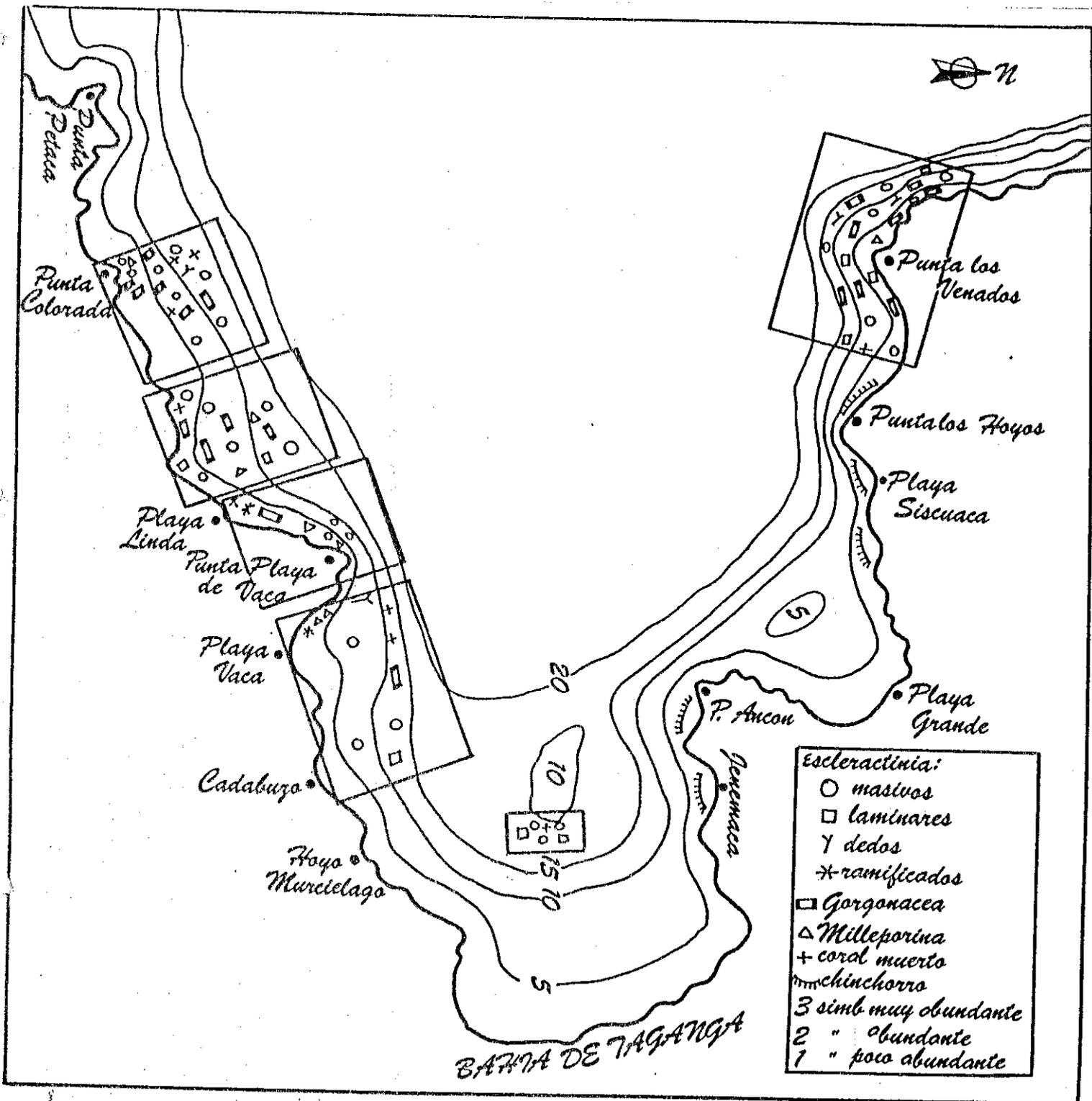


Fig. 2. Mapa aproximado de de los ambientes costeros de la Bahía de Taganga.



ESCALA 1:10.000
0 — 1 Km

Fig. 3. Mapa aproximado de la distribución de las formas coralinas de la Bahía de Taganga.

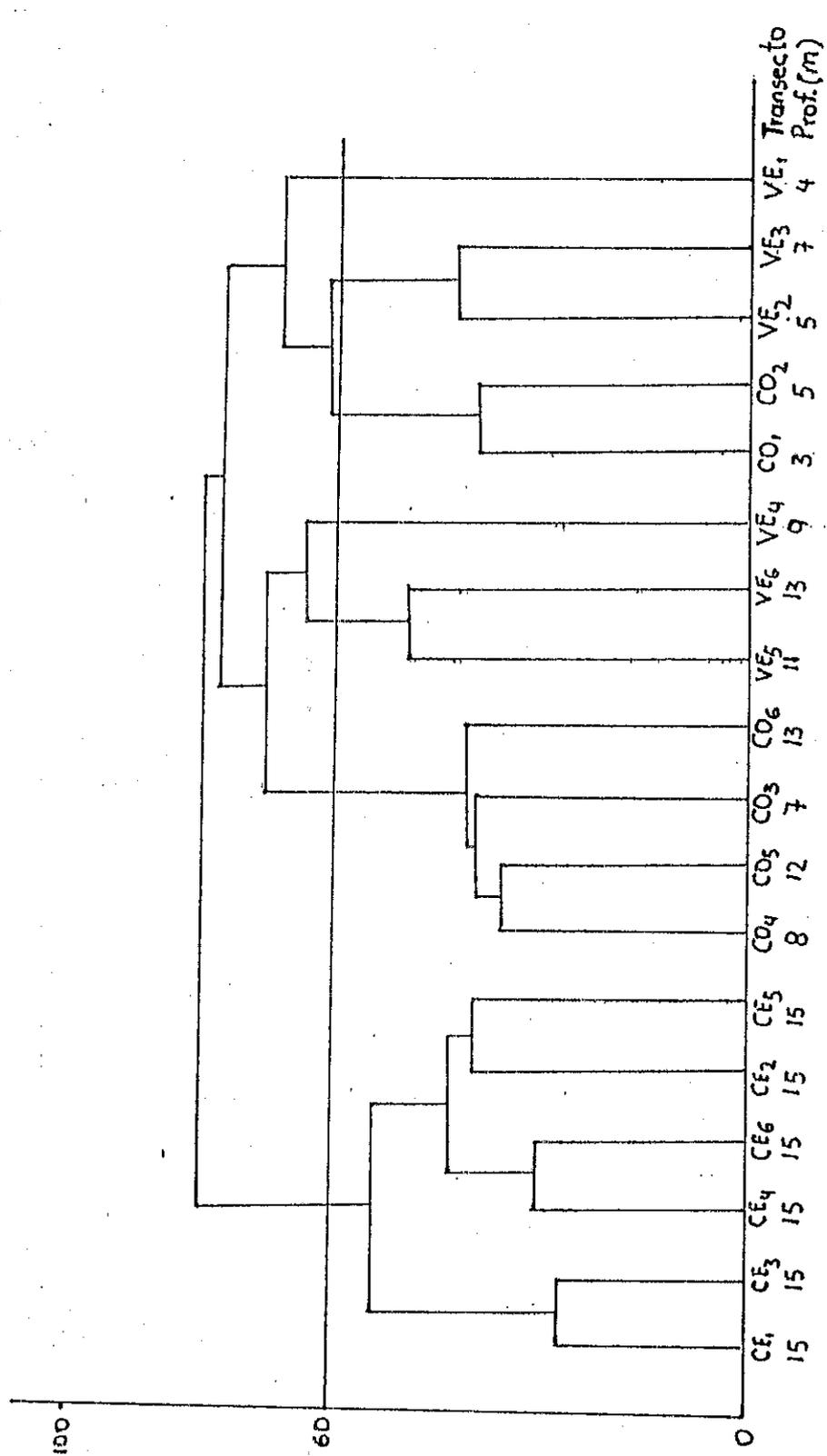


Fig. 6. Dendrograma de afinidad entre transectos a partir de la disimilaridad de Bray-Curtis con datos de abundancia relativa.

1.2. LAGUNAS COSTERAS, ESTUARIOS Y DELTAS

SELECCIÓN DE MICROHABITAT Y DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD DE MOLUSCOS EPIBENTONICOS DE UN ACANTILADO ROCOSO EN LA ISLA PALMA, PACÍFICO COLOMBIANO

1.6

Adriana C. Bejarano¹ y José Martín Riascos¹

RESUMEN

Interacciones bióticas y condiciones físicas particulares existentes en el ecosistema rocoso intermareal, promueven complejos patrones de distribución, diversidad y selección de microhábitats de las comunidades presentes. En ese contexto se estudió la comunidad de moluscos epibentónicos asociados al acantilado rocoso de la Isla Palma, Pacífico colombiano.

Se establecieron tres transectos perpendiculares a la línea de marea baja, los cuales se dividieron en seis alturas. En cada transecto y para cada altura, se emplearon cuadrantes de 25x25 cm con los que se cuantificó el número de individuos por especie presentes, en tres tipos de microhábitats: superficies expuestas, superficies protegidas y charcos intermareales. La diversidad (N1 y N2) para las superficies expuestas y protegidas, tiende a disminuir con el incremento de la altura mareal, en tanto que para los charcos intermareales no existe una tendencia claramente definida.

Algunas de las especies presentes en el acantilado seleccionan los microhábitats y/o las alturas, las especies *Scurria mesoleuca*, *Nerita funiculata* y *Littorina aspera*, presentaron un tipo de distribución contagiosa y seleccionan tanto el hábitat como la altura mareal, parece existir una tendencia al gregarismo en las zonas más altas del acantilado, *Fissurella virescens* a pesar de presentar este tipo de distribución muestra solo selección de microhábitat; las especies con un tipo de distribución al azar (*Thais melones* y *Acanthina brevidentata*), parecen tener preferencia por ciertas alturas, más no por algún tipo de microhábitat. *Notoacmea sp*, *Pholas esmeraldensis*, *Litophaga aristata* y *Cardita affinis*, no poseen algún tipo de distribución definido y tampoco preferencia por alguna altura mareal o microhábitat. La diversidad y distribución espacial de los Moluscos epibentónicos estarían determinadas por un lado, por la heterogeneidad espacial en relación con la disponibilidad de microambientes y por otro lado, por la existencia de gradientes ambientales como la exposición al oleaje. Bajo estas dos condiciones y dependiendo de las características ecofisiológicas de las especies, podría haber una selección de las condiciones más óptimas para la persistencia de dichas especies en este ambiente.

¹ Universidad del Valle, Facultad de Biología Marina, Carrera 53 13E- 31 Apto 401-C, A.A 25817, Czi-Valle. Tel 3335510.

ANÁLISIS DE TENDENCIAS EN SERIES DE TIEMPO CORTAS DE MATERIAL PARTICULADO DE CIÉNAGAS ASOCIADAS A FINCAS CAMARONERAS DEL CARIBE COLOMBIANO

1.7

Nixon Bahamón R¹., Luis Alfredo Torres G¹ y Federico Newmark U.¹

RESUMEN

Con el propósito de determinar la influencia de cultivos semi-intensivos de camarón sobre la tendencia natural de las concentraciones de material particulado total (MPT), orgánico (MPO), inorgánico (MPI), clorofila a (Chl a) y valores del índice de pigmentos (IP, D_{430}/D_{663}), se analizaron series de tiempo cortas de estas variables a partir de muestreos semanales durante el período comprendido entre junio de 1994 y julio de 1995, en tres sectores de cultivo aledaños a las ciénagas Soledad, Arroyo de Plata y La Redonda, ubicadas respectivamente en las bahías de Cispatá, Barbacoas y Amansaguapos en el litoral Caribe Colombiano. Los muestreos se realizaron en dos estaciones por cada sector, en puntos de alimentación y drenaje de la finca camaronera asociada. Las tendencias se evaluaron mediante regresiones lineales a partir del estudio de los residuales, haciendo corrección por autorregresión para las series cuyos residuales presentaron estructura de autocorrelación. Se encontró que en el sector de Arroyo de Plata, la camaronicultura cambió la estabilidad natural (tendencia no significativa) de las variables MPO, Chl a e IP haciendo negativa las dos primeras y positiva la última. En el sector de la ciénaga Soledad, las tendencias originales no se vieron afectadas por los cultivos: estas fueron negativas para MPO y Chl a, positiva para IP y no significativa para MPT y MPI. En el sector asociado a la ciénaga La Redonda no se vieron afectadas las tendencias negativas originales de MPT, MPI y Chl a. MPO no presentó tendencia significativa en las dos estaciones y el IP, al igual que en los dos sectores anteriores presentó tendencia al aumento en los drenajes, lo cual se explica por la tendencia negativa de Chl a que incrementó el cociente del índice de pigmentos. Mediante análisis de varianza en bloques completamente aleatorios se encontró excepto para IP en los sectores de las ciénagas La Redonda y Arroyo de Plata, que las variables analizadas presentaron diferencias estadísticas significativas entre las dos estaciones, siendo mayores las concentraciones en las estaciones de drenaje. Se concluyó que el efecto potencial de los sistemas semi-intensivos de cultivo de camarón en las zonas de estudio no repercuten drásticamente sobre el comportamiento original de las variables a nivel de tendencias, pero sí a nivel de la carga de material particulado, debido al aumento significativo de los valores medios encontrado en las estaciones de drenaje. Se recomienda para posteriores estudios hacer énfasis en el balance del material particulado de estos sistemas ligado con cálculos de la capacidad de carga de los estuarios que reciben los afluentes.

¹ INVEMAR. A.A 1016, Tel. 954-211380/ 214774/ Fax 211377, Santa Marta-Magdalena.

EPIFAUNA DE FONDOS BLANDOS EN LA REGION DE SANTA MARTA (CARIBE- COLOMBIANO): PATRONES DE DISTRIBUCION ESPACIO - TEMPORAL

1.8

Oscar D. Solano¹ y Claudia P. Arango C¹

RESUMEN

Entre diciembre de 1994 y septiembre de 1995 se estudio la estructura de las comunidades epifaunísticas de fondos blandos en la región de Santa Marta. Con tal fin fue muestreada trimestralmente una red de 10 estaciones localizadas entre la bahía del Rodadero y el sur del aeropuerto Simón Bolívar. Los muestreos se realizaron utilizando una changa tipo Agassiz; tuvieron 7 minutos de duración y abarcaron isóbatas entre los 5 m y los 60 m de profundidad. Los individuos colectados fueron identificados, contados y pesados (biomasa húmeda) a nivel de especie. Con base en estos datos se obtuvieron matrices básicas de abundancia y biomasa por especie, estación y época muestral, las que fueron estandarizadas por área barrida. Para los análisis de comunidades las matrices básicas fueron reducidas excluyendo las especies raras y transformando los datos mediante raíz cuarta. En la clasificación se utilizó el índice de disimilaridad de Bray-Curtis y el ligamento promedio no ponderado. Los agrupamientos conformados fueron confirmados mediante el uso del escalamiento multidimensional no métrico. Durante el período de estudio se colectaron 11203 individuos, identificándose 267 especies. En diversidad y abundancia dominaron los crustáceos, en biomasa los peces. Los moluscos representaron un grupo rico en especies pero poco importante numéricamente, caso inverso al de los equinodermos. Las especies dominantes a lo largo del estudio fueron : *Ophiura sp.*, *Scyadium cf gunteri*, *Trachypenaeus similis*, *Portunus spinocarpus* y *Lupella forceps*, que corresponden a un ofiuro, un pez y tres decápodos respectivamente. La abundancia total promedio por estación varió en forma importante de un muestreo a otro, coincidiendo el máximo con la época de influencia de los alisios. Las fluctuaciones en biomasa son aún más marcadas, pero estan influenciadas por la captura aleatoria de individuos y/o especies de gran tamaño. El análisis multivariado muestra la existencia de dos ensamblajes diferentes, conformados esencialmente por las estaciones "someras", menos de 20 m y por las "profundas", 30 a 60 de profundidad. No se observaron en el análisis de clasificación tendencias estacionales que indiquen la existencia de "comunidades temporales". A lo largo del año parece existir una misma comunidad cuya abundancia y biomasa oscilan. En contraste, el ordenamiento multidimensional no métrico muestra la posible existencia de cambios estacionales; sin embargo, estos requieren de una base de datos multianual para su confinación. Dentro de las variables ambientales consideradas que incluyeron factores fisicoquímicos del agua y los sedimentos y variables biológicas como la abundancia y biomasa de la infauna, no se identificaron combinaciones de variables que tuvieran un gran poder explicativo de los ensamblajes arriba descritos. El mayor coeficiente de correlación armónica de Spennan encontrado, fue de tan solo 0.367 para la combinación de profundidad, materia orgánica, nitrógeno orgánico, fósforo orgánico, porcentaje de cienos y abundancia de la infauna. No se identificaron efectos negativos o perturbaciones sobre la estructura de las comunidades, que pudieran atribuirse a la construcción y/u operación de las instalaciones submarinas y monoboja, utilizadas para la importación de gasolina, en el Terminal de Pozos Colorados de ECOPETROL.

¹ INVEMAR- ECOPETROL. A.A 1016, Santa Marta, Magdalena. Tel. 954-211380, 214774, Fax 211377

LA COMUNIDAD DE FONDOS BLANDOS DE LA ENSENADA DE POZOS COLORADOS Y AREAS ALEDAÑAS (CARIBE, COLOMBIANO)

1.10

Angela Inés Guzmán- Alvis¹ y Marlon Cordoba Tejada¹

RESUMEN

Se estudió la distribución en el espacio y tiempo de la infauna de fondos blandos en la plataforma continental del departamento del Magdalena. La información fue colectada de una red de 14 estaciones, ubicadas entre los 7 y 60 m de profundidad, muestreadas trimestralmente a lo largo de un año. En cada estación se hicieron tres lances con una draga Van Veen, obteniendo un área de 0.15m². Los organismos fueron identificados hasta el nivel de género, contados y pesados en húmedo. La definición de las comunidades y los patrones de distribución espacial y temporal fueron establecidos con base en técnicas de clasificación y ordenamiento multidimensional no métrico. Una vez definidas, se recalcularon los parámetros comunitarios como la diversidad para caracterizar las asociaciones.

Fueron analizados los niveles de perturbación de las asociaciones usando las curvas ABC. Finalmente, con el propósito de relacionar la distribución de las asociaciones con variables ambientales como, profundidad, turbidez, materia orgánica (MO), carbono orgánico (C), nitrógeno orgánico (N), fósforo orgánico (Po) y diámetro medio del sedimento (DMS) se aplicó la técnica BIOENV. Se obtuvo un total de 13161 individuos que aportaron una biomasa de 94,64 g. De las seis taxa principales encontrados: poliquetos, crustáceos, sipuncúlidos, moluscos, briozoos y equinodermos, el primero fue el más importante tanto en abundancia como en biomasa. Los resultados mostraron cinco asociaciones, que se distribuyeron siguiendo un gradiente de profundidad, pero no se obtuvo un claro patrón temporal. Existe un gran número de géneros generalistas al común de los grupos, por lo que se habla de una comunidad constituida por asociaciones o zonas en donde los límites son tenues. A excepción de una de las asociaciones, no se detectaron niveles de perturbación natural o antropogénica; hasta la fecha no se ha podido esclarecer si el nivel de perturbación moderado mostrado por éste ensamblaje es de tipo natural o antropogénico.

La distribución de las asociaciones presentó el máximo coeficiente de correlación armónica con la profundidad y la turbidez; este valor comparado con otros estudios demacrozoobentos realizados en el Caribe es alto, sin embargo, cotejado con zonas templadas muestra que tiene un poder explicativo medio. En la mayoría de éstos estudios, la profundidad sola o junto con otras variables, muestra la mejor relación con los patrones estructurales biológicos.

¹ INVEMAR-ECOPETROL. A.A 1016, Santa Marta, Magdalena. Tel 954-211380, 214774, Fax 211377

IMPLEMENTACION DE UNA METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL FLUJO DE NITRÓGENO Y FÓSFORO EN LA INTERFASE AGUA-SEDIMENTO EN LAGUNAS COSTERAS TROPICALES (CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA)

1.13

Gabriel R. Navas¹, Sven Zea¹ y Nestor H. Campos¹

RESUMEN

En este trabajo se describen dos métodos para determinar el flujo neto de nitrógeno y fósforo disueltos totales y en forma de amonio, nitrito, nitrato y ortofosfato, entre el sedimento blando y el agua suprayacente, en la Ciénaga Grande de Santa Marta. El primer método consistió en la ubicación en el fondo de cámaras transparentes de acrílico de 50 cm de largo y ancho y 20 cm de alto, provistas con bombas magnéticas de recirculación de agua. Estas se dejaron incubar por 6 horas *in situ*, extrayéndose muestras cada hora, a las cuales se les determinó el contenido de oxígeno disuelto y la temperatura, se filtraron y preservaron congeladas. El segundo método consistió en la toma de núcleos de sedimento por medio de un corazonador de PVC, de 10 cm de diámetro interno y de 32 cm de altura el cual penetraba 20 cm en el sedimento y alojaba una columna de agua de 12 cm. Los corazones cerrados herméticamente fueron transportados al laboratorio. Se incubaron en un acuario por 24 h, en oscuridad y con una temperatura aproximada de 29° C. El agua suprayacente a cada núcleo fue cuidadosamente sifoneada y reemplazada con agua del mismo sitio filtrada, manteniéndose oxigenada durante el período de incubación. Durante la incubación se monitoreó la concentración de oxígeno, y se tomaron muestras del agua a intervalos regulares de 6 h. Los resultados muestran que las cámaras de incubación aíslan efectivamente el sedimento del agua adyacente, y que el fondo consume oxígeno a una tasa en la cual al cabo de las seis horas los valores alcanzan niveles lo suficientemente bajos como para afectar los flujos que ocurren naturalmente. En este tiempo de incubación no se alcanzaron variaciones en las especies químicas analizadas lo suficientemente grandes como para ser detectadas por los métodos empleados (Gocke 1984, Kremiling y Wenk 1986 y MERCK Spectroquant). Además las cámaras son difíciles de manipular, requiriendo un gran número y un largo proceso de toma, transporte, almacenaje y procesamiento de las muestras. También durante el proceso de incubación están sometidas a factores de difícil control como la estabilidad sobre el fondo según las características del sedimento y las condiciones climáticas, o el control de flujo de las bombas. Las incubaciones por medio de los corazones permitieron solucionar estos problemas y obtener una cuantificación de los flujos de las especies químicas consideradas; sin embargo, debe tenerse en cuenta que los valores obtenidos están referidos a las condiciones experimentales, las cuales difieren en grado incierto de las naturales.

¹ Universidad Nacional de Colombia, INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta. Tel.: (954)214774, 214775. Fax.: 211377.

ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTONICA DE DOS SISTEMAS LAGUNARES ESTUARINOS, DEL CARIBE COLOMBIANO

1.24

Martha Mogollón-Arismendy¹ y Luis Alfonso Vidal¹

RESUMEN

Como parte del diagnóstico ecológico del delta exterior del Río Magdalena, y con el objeto de establecer las diferencias y/o similitudes a nivel estructural y funcional de la comunidad fitoplanctónica, se evaluó su distribución espacial y temporal en el Complejo Pajarales (CP) y Salamanca Occidental (CSO) (sistemas lagunares estuarinos tropicales) y su relación con algunos factores abióticos tales como salinidad, temperatura, transparencia, profundidad y la concentración de nutrientes (nitratos, nitritos, fosfatos, silicatos y amonio) desde marzo de 1995 hasta febrero de 1996, para lo cual se ubicaron 6 estaciones de trabajo, donde se tomaron muestras quincenalmente a nivel superficial con ayuda de una botella Ruttner y una red de arrastre para análisis cuantitativo y cualitativo respectivamente. Se ha registrado un total de 85 especies, pertenecientes a 6 grupos, 20 familias y 42 géneros. En el Complejo Pajarales, se presentó la mayor abundancia (93%) y el mayor número de especies donde dominaron las Cianofitas, seguido de las Diatomeas, Chlorofitas y Dinoflagelados, en Salamanca Occidental dominaron las Chlorofitas y Diatomeas céntricas. En general las especies mejor representadas corresponden a *Paralia sulcata*, *Actinocyclus normanii*, *Cyclotella glomerata* y *C. meneguiniiana* (Diatomeas centricas), *Nitzschia closterium* y *Navicula sp.* (Diatomeas pennadas), *Cianofita filamentosa*, *Merismopedia sp* (Cianofitas), *Scrippsiella trochoidea*, *Prorocentrum lima* y *Protoperidinium aspidiotum* (Dinoflagelados). Durante agosto y septiembre, coincidiendo con la época de lluvias y un incremento en la concentración de los nutrientes, se notó un aumento en la biomasa y diversidad, sobresaliendo el grupo de las Chlorofitas, destacándose entre ellas los géneros Ankistrodesmus y Scenedesmus. Mediante análisis de agrupamiento se estableció la distribución espacial de la comunidad fitoplanctónica, notándose diferencias considerables en cuanto a cantidad y especies presentes. La diversidad se determinó mediante el uso del índice de Shannonweaver y curvas de K-dominancia, las cuales muestran que la mayor diversidad se encuentra en el Complejo Pajarales, especialmente en la estación Caño Grande. Para la relación entre las variables abióticas y los valores de abundancia del fitoplancton se utilizó el método de correspondencia simple, los resultados muestran que las poblaciones del fitoplancton consideradas, están definidas más por los procesos físicos que por los biogeoquímicos. La comunidad fitoplanctónica del CP, está constituida por un número regular de especies, que alcanzan grandes densidades poblacionales, lo que hace presumir una baja eficiencia, típica de sistemas altamente eutrofizados, hecho en que radica la principal diferencia con CSO.

¹ INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta, Tel: (954) 211380-214774, Fax:(954) 211377. E-mail: lagunas@santamarta.cetcol.net.co

UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE CORRELACIÓN CANÓNICA EN EL DISEÑO DE UNA RED ÓPTIMA DE MONITOREO PARA LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA Y EL COMPLEJO PAJARALES

1.26

Ramón Giraldo¹, Hernando Hurtado¹, Sven Zea¹ y Rosario Madera¹

RESUMEN

Para los propósitos de ordenamiento y manejo sustentable de los ecosistemas costeros, resulta de suma importancia el diseño e implementación de sistemas adecuados de muestreo, de forma tal que se obtenga información eficiente minimizando costos. En el presente trabajo se muestra una aplicación de la técnica estadística multivariada conocida como análisis de correlación canónica, en la obtención de un conjunto mínimo de estaciones de muestreo que permita realizar el seguimiento de las principales variables que rigen los procesos de productividad del ecosistema Ciénaga Grande de Santa Marta - Complejo Pajarales. Para realizar el estudio se utilizó información de las variables salinidad, temperatura, transparencia del agua, pH, clorofila a y nitrógeno inorgánico total en 21 estaciones de muestreo del sistema mencionado. El método empleado consistió en primer lugar, en determinar para cada una de las variables consideradas, el conjunto compuesto por las tres estaciones de muestreo que más información aportan sobre cada una de ellas. Posteriormente mediante la reunión de estos conjuntos de estaciones, se formó una red combinada, considerada óptima para el estudio de todas las variables en conjunto. El criterio utilizado para hallar cada circuito parcialmente óptimo, fue el de maximización del índice de información de Shannon expresado en función del coeficiente de correlación canónica entre diferentes conjuntos de estaciones. El resultado obtenido fue un conjunto formado por nueve estaciones representativas de las diferentes zonas en que con anterioridad ha sido subdividido el ecosistema.

¹ INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta. Tel: (954) 211380-214774, Fax:(954) 211377
E-mail:rgiraldo@santamarta.cetcol.net.co

COMPARACIÓN ENTRE LA ESTRUCTURA DEL FITOPLANCTON DE LOS AÑOS 1995 Y 1987 EN LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, COSTA CARIBE COLOMBIA

1.29

Luis Alfonso Vidal¹

RESUMEN

Se hace una comparación entre la variación cuali-cuantitativa del fitoplancton durante el año 1995 con aquella del año 1987, con el fin de determinar si ha habido cambios en la estructura del fitoplancton y si esos cambios reflejan un aumento del grado de eutroficación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. De marzo de 1995 hasta febrero de 1996 se muestreo quincenalmente en seis sitios de la ciénaga. Se obtuvieron muestras para análisis cuali-cuantitativo con red de 55 μm y con botella de un litro respectivamente. Para el análisis se tuvieron en cuenta las mediciones de 15 variables físico-químicas y biológicas. Se hizo una determinación taxonómica a nivel específico y se cuantificó el material, usando un microscopio invertido mediante el uso de las cámaras de Utermohl. Se compararon estos resultados con los obtenidos para un estudio semejante realizado durante el año 1987. Se determinaron 180 taxa; las concentraciones oscilaron entre pocos millones de individuos por litro hasta cerca de 100 millones de individuos por litro. La comparación con el estudio anterior mostró que hubo una disminución del número de taxa, una escalada muy marcada en las concentraciones de las poblaciones. Las cianófitas se extendieron en el tiempo e incrementaron considerablemente sus concentraciones. Los factores mencionados manifiestan un aumento en el grado de eutroficación del sistema. Elementos como condiciones meteorológicas anuales, proceso natural de envejecimiento del sistema e ingerencia antropogénica, deben ser tenidos en cuenta al discutir el grado de eutroficación a la fecha.

¹ INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta, Magdalena. Tel: (954) 211380-214774, Fax:(954) 211377
E-m-ail: avidal@santamarta.cetcol.net.co

IMAGENES DE SATELITE VS. FOTOGRAFIA AEREA: UN ANALISIS COMIPARATIVO PARA LA CARTOGRAFIA DE HABITATS BENTONICOS EN EL BANCO RONCADOR, CARIBE COLOMBIANO

1.30

Juan Armando Sánchez¹, Ives F. Thomas¹, Juan Manuel Díaz¹ y F. Parra¹

RESUMEN

La cartografía de habitats de fondo en arrecifes coralinos ha sido tradicionalmente basada en interpretación fotografías aéreas. Con el fin de comparar las bondades y limitaciones en el uso de fotografías aéreas e imágenes de satélite para la cartografía de fondos arrecifales, se utilizó una imagen multiespectral del satélite SPOT 1 (01/10/88) del Banco Roncador, que se contrastó con un mapa previamente obtenido por fotointerpretación (30 fotografías en blanco y negro a escala 1:10000), con control en campo mediante buceo, G.P.S. y digitalizado-analizado en un SIG. Las claras aguas oceánicas permitieron discernir detalles del fondo en la imagen y las fotografías hasta profundidades de hasta 30 a 40 m. La imagen procesada permitió discriminar la misma cantidad de hábitats (12) que en las fotografías. A pesar de las diferencias en resolución de los dos métodos, detalles morfológicos, como arrecifes de parche y praderas de algas pudieron ser discriminadas claramente con la imagen. Los límites entre los habitats fueron menos drásticos con la imagen, facilitando la observación de gradaciones. La imagen multiespectral ahorró tiempo en comparación con la conversión del foto-mapa a un SIG.

¹ INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta. Tel.: (954) 211380 214774, Fax: (954) 211377
E-mail: jmdiaz@santamarta.cetcol.net.co

MODULACIÓN DE VARIABLES ECOLÓGICAS EN AMBIENTES ESTUARINOS, MEDIANTE EL USO DEL ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO.

1.33

Juan Guillermo Salazar¹

RESUMEN

Con el propósito de caracterizar y evaluar el estado de salud de un ecosistema estuarino como la Ciénaga Grande de Santa Marta, desde hace tres años se viene realizando un seguimiento de las principales variables físicas y biológicas que rigen sus principales procesos. Las variables son medidas bajo dos esquemas de muestreo. El primero se lleva a cabo mensualmente en siete estaciones localizadas en puntos estratégicos del sistema y el segundo corresponde a jornadas de muestreo intensivo, las cuales se realizan cada tres meses sobre los picos de cada una de las épocas climáticas que se presentan en la región. Este muestreo se lleva a cabo sobre una red imaginaria compuesta por 114 celdas, cubriendo así la totalidad del cuerpo de agua de la Ciénaga. Como resultado de estos procedimientos se obtiene información que presenta estructura de correlación espacial, es decir, los datos están correlacionados en función de la distancia que existe entre ellos. Debido a que la mayoría de las técnicas estadísticas clásicas están basadas en el supuesto de que las observaciones son tomadas en circunstancias idénticas y que ellas son independientes, esta estructura simple, intenta explicar una realidad compleja y no sirve para describir fenómenos en el espacio donde no tiene sentido hablar de independencia entre las observaciones. Por tal motivo se hace necesario acudir al análisis geoestadístico, en el cual los datos son sometidos en primera instancia, a un análisis de variografía con el fin de conocer su estructura de autocorrelación espacial (semivariograma), posteriormente se procede a elaborar los mapas de contornos mediante la técnica de estimación conocida como kriging. De esta manera se modela la distribución espacial de cada una de las variables de interés para el ecosistema. Como un ejemplo del empleo de las técnicas geoestadísticas se presenta y discute la metodología para la modelación de la distribución espacial de la clorofila *a* en la Ciénaga Grande.

¹ INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta. Tel: (954) 211380-214774, Fax:(954) 211377
E-mail: jsalazar@santamarta.cetcol.net.co

DINÁMICA ESTRUCTURAL DE LA COMUNIDAD ICTIOPLANCTONICA EN LA ENSENADA DE UTRIA, CHOCO, PACIFICO COLOMBIANO"

1.40

Christian Saretziki¹

RESUMEN

El conocimiento de la estructura y función de las comunidades faunísticas asociadas a ambientes de estuario y de manglar ha sido objeto de intensa investigación científica, debido al papel que estas áreas juegan como fuente de energía para los procesos productivos y como zonas de crianza y refugio de numerosas especies marinas.

Con el propósito de mejorar el conocimiento sobre el papel de los manglares en la producción pesquera costera, se realiza un estudio sobre el ictioplancton de la ensenada de Utria, accidente costero localizado en el Parque del mismo nombre, en la costa Chocoana, sobre el Pacífico Colombiano.

Para entender las variaciones espacio-temporales en la distribución y abundancia de la comunidad ictioplanctónica, se llevaron a cabo arrastres superficiales a intervalos de 6 horas, durante períodos de 24 horas. Este procedimiento se repitió para las cuatro estaciones seleccionadas a lo largo de la ensenada y en áreas adyacentes. Para observar el efecto de las variaciones estacionales, se analizaron las distribuciones y abundancias ictioplanctónicas durante las tres épocas climáticas definidas para la zona, "verano", "transición" e "invierno", correspondientes a enero, junio y octubre respectivamente.

Así mismo y en forma simultánea se registraron parámetros hidrográficos superficiales como temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, con el fin de inferir cómo estos parámetros pueden estar determinando la distribución del ictioplancton.

El análisis de las muestras arrojó una composición rica en huevos y larvas de peces, pertenecientes a más de 11 familias. Sobresalieron por su abundancia y dominancia las familias *Engraulidae* con una especie *Cetengraulis mysticetus*, *Gobiidae* con un sólo género *Astrave sp.*, *Clupeidae* con el género *Opisthonema sp.* y la familia Polinemidae con el género *Polydactilus sp.* Otras familias menos abundantes fueron *Gerreidae*, *Lutjanidae*, *Scianidae*, *Carangidae*, *Serranidae* *Haemulidae* y *Chaenopoidae*.

Se encontraron diferencias en la abundancia y distribución entre momentos y zonas de muestreo. Los valores máximos fueron observados alrededor de las 6 pm, en la transición día - noche y hacia las 12 am se registró el promedio más alto de la biomasa volumétrica zooplanctónica.

¹ Fundación Natura. Calle 31 No. 17-49, Santafé de Bogotá, Tel: 2321779 A.A 55402 Fax: 2320138

CARTOGRAFÍA DE TIPOS DE VEGETACIÓN USANDO DATOS DEL SATÉLITE SPOT PARA LA ISLA DE SOLDADO (BAHÍA DE BUENAVENTURA)

1.42

Efraín Rodríguez Rubio¹, Jaime Ricardo Cantera K¹, Gabriel E Ramos¹ y Raúl Neira¹

RESUMEN

Para poder estudiar las diferencias y límites de los tipos de vegetación que se encuentran en Isla de Soldado (Bahía de Buenaventura) se utilizó una imagen del satélite (SPOT), (HRV, modo multiespectral, nivel de corrección geométrica 1B y resolución espacial de 20 m), del 17 de noviembre de 1991 (condiciones de marea alta), al igual que fotografías áreas verticales (escala 1:7727; 1:8333) y oblicuas en color, tomadas en 1993 y fotografías verticales (escala 1:29583) en blanco y negro (IGAC), tomadas el 19 de febrero de 1966.

Para poder determinar los tipos de vegetación existentes en la isla se procedió a la utilización de los siguientes métodos de análisis y estudios espectrales computarizados:

(a) cálculo del Índice Normalizado de Vegetación (INV); (b) clasificación supervisada (Makesing); (c) análisis de componentes principales (ACP); (d) clasificación no supervisada (Clusters).

El cálculo del Índice Normalizado de Vegetación para la imagen SPOT presentó la discriminación de seis entidades radiométricas correspondiendo 4 de ellas a vegetación y se discriminaron de la siguiente forma:

- (1) dominio oceánico
- (2) playas y bajos de arena
- (3) plano intermareal de manglar ribereño
- (4) manglar transicional
- (5) bosque húmedo tropical
- (6) vegetación de playa trasera y zonas intervenidas (vegetación corta).

Los métodos anteriores permitieron la clasificación de seis entidades de vegetación en el área de estudio así:

- (1) Zonas de suelos desnudos cubiertos por vegetación muy baja, (2) vegetación herbácea descubierta y cultivos, (3) Bosque húmedo tropical, (4) Manglar de baja altura, (5) Manglar de altura media y ribertino con parches de helechos y (6). Manglar transicional y árboles de copas frondosas.

La mejor clasificación se obtuvo aplicando el Índice Normalizado de Vegetación (INV) y se corroboró con el Análisis de Componentes Principales (ACP), la foto interpretación y la visita al campo.

¹ Universidad del Valle, Sección de Biología Marina. A.A 25360, Cali-Valle

BIOEROSION EN ACANTILADOS TERCIARIOS EN LAS BAHÍAS DE BUENAVENTURA MÁLAGA: CUANTIFICACION DEL PROCESO

1.43

Jaime Ricardo Cantera K.¹ Raúl Neira O.¹ y Constanza Ricaurte¹

RESUMEN

Los procesos de bioabrasión y bioerosión en formaciones terciarias de la costa Pacifica colombiana han sido investigados durante un período de cinco años. El proceso empieza por la corrosión química que microorganismos endolíticos (cianobacterias, algas, líquenes, esponjas) causan en las paredes rocosas, posteriormente algunos crustáceos y gastrópodos se alimentan de ellos produciendo pérdida de las partículas finas superficiales. Finalmente, los organismos perforadores (moluscos, crustáceos sipunculidos y poliquetos) horadan cavidades que son aumentadas por la acción del mar, produciendo la caída de toda la pared del acantilado.

En este trabajo se presentan los resultados de la cuantificación del proceso de erosión, durante un período de dos años, estimando la densidad de perforaciones y de los organismos perforadores, el volumen y área de las cavidades y la tasa de caída de la pared rocosa en 3 localidades de la bahía de Buenaventura y 2 de la bahía de Málaga y en 3 diferentes niveles de zonación del acantilado.

La densidad de organismos perforadores, cuantificada en cuadrantes sobre la pared de los acantilados, mostró diferencias significativas entre las especies de perforadoras, dependiendo principalmente de la naturaleza del acantilado y de la altura de la zona de aspersión de la ola sobre la pared rocosa. En los acantilados del interior de la bahía de Buenaventura la especie dominante fue *Cyrtopleura crucigera*, mientras que en la bahía de Málaga fue *Petricola denticulata*. En los acantilados exteriores fueron *Lithophaga aristata* y *Upogebia tenuipollex*. Los volúmenes perforados, medidos usando desplazamiento de agua, radiografías (rayos x), tratamiento digital de imágenes y paquetes especializados de computador, mostraron que existen diferencias importantes en los volúmenes que perforan las especies, en relación con la zona y la altura intermareal que ocupan. Las correlaciones fueron significativas entre el volumen erosionado y el número total de individuos, mientras que en relación con el número de especies presentes fueron mucho mas bajas. La determinación de la tasa de erosión mostró que el proceso es relativamente rápido comparado con otras regiones del mundo, alcanzando valores promedios entre 0,65 y 1,8 cm/mes, dependiendo de la naturaleza del acantilado, su localización, la fuerza y altura del impacto de las olas y la densidad de los organismos perforadores. La bioerosión puede ser afectada por procesos oceanográficos de carácter global como las anomalías térmicas que se presentan al principio de algunos años o la intensidad de las corrientes de marea del Pacífico colombiano.

¹ Universidad del Valle, Departamento de Biología. A.A. 25360, Cali-Valle. Teléfono (92) 3393 243; Fax (92)3392440. Email jcantera@biomarina.univalle.edu.co

CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA DEL SECTOR SUROCCIDENTAL DEL MAR CARIBE

Natasha Tabares Gaviria, Geóloga
TN. Juan Manuel Soltau, Ingeniero Hidrógrafo
SJ Jesús Díaz, Cartógrafo Náutico

RESUMEN

El estudio hace parte del proyecto denominado IBCCA (Carta Batimétrica Internacional del Mar Caribe y el Golfo de México) cuyo objetivo es definir y caracterizar el relieve submarino de las áreas asignadas a Colombia para su estudio por la COI (Comisión Oceanográfica Intergubernamental) en el Mar Caribe entre las latitudes 07°30' N y 16°30' N y los meridianos 71°00' W y 83°00' W.

Se presenta la descripción morfológica del Caribe sur-occidental, incluyendo la caracterización de cada rasgo, su nombre y algunas dimensiones así como las profundidades mínimas y máximas, hasta ubicarlo dentro del marco regional con respecto a los accidentes morfológicos mayores reconocidos a nivel mundial.

La región ha sido dividida en seis sectores principales de acuerdo a sus características morfológicas y localización, siendo éstas la plataforma de Panamá y Colombia, dos zonas de talud continental adyacente a las mismas (taludes Zenú y Caribaná), la Cuenca Colombiana y el sector centro-sur de la Elevación Occánica Nicaragua.

ABSTRACT

This study is part of the IBCCA project (International Bathymetric Chart of the Caribbean sea and the Gulf of Mexico) which main purpose is to define and characterize the submarine relief in the area assigned by the IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission) in the Caribbean Sea between 07°30'-16°30' lat N and 71°00'-83°00' long W.

It shows the morphological description of the SW Caribbean, including the characteristics of each feature, its name and some dimensions as well as minimum and maximum depths. This information permits its location in to a regional context and relate the feature with the majors ones.

Region has been divided in six sectors according to its morphological characteristics and location. These sectors are the Panamá and Colombia Shelves, the Zenú and Caribaná Continental Slopes, the Colombian Basin and the south-central Nicaraguan Rise.

INTRODUCCION

La Armada Nacional, a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas viene desarrollando desde 1986 el proyecto IBCCA (Carta Batimétrica Internacional del Mar Caribe y el Golfo de México) y a partir de 1995 se vinculó Colciencias. IBCCA hace parte de un proyecto a nivel global denominado GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans) de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI - UNESCO), cuyo objetivo general es definir y caracterizar el relieve submarino de los océanos y mares. A Colombia se le asignó para su estudio la zona comprendida entre las latitudes 3°00' S y 16°30' N y los meridianos 71°00' W y 83°00' W.

La preparación y publicación de esta carta se está llevando a cabo a través de la cooperación de oficinas hidrográficas y cartográficas de Méjico, Estados Unidos, Venezuela, Cuba, Costa Rica y Colombia. Consiste en realizar tres mapas batimétricos en escala 1:1'000.000 mediante la compilación de 44 planchas en escala 1:250.000 con curvas batimétricas cada 100 m. Los primeros resultados se presentaron en 1993 con la elaboración de los mapas del área donde se encuentra el archipiélago de San Andrés y Providencia, los bancos Rosalinda, Quitasueño, Serranilla, Serrana y Bajo Alicia; además de otros cayos y bajos (Soltau, J. et al 1993). Como segunda etapa se presenta cada una de las 27 planchas con su correspondiente análisis

geomorfológico y la reunión de éstas en un mosaico que conforma el Caribe suroccidental. Se proponen 60 nombres nuevos para formas de relieve descubiertas en el Caribe; además de los 38 nombres que ya fueron aprobados y que pertenecen al área de San Andrés y Providencia (Tabares, N, 1996).

LOCALIZACION DEL AREA

La región hace parte del Caribe sur-occidental y se encuentra comprendida entre las latitudes 7°30' N y 16°30' N y los meridianos 71°00' W y 83°00' W. Está dividida en 27 planchas de las cuales 26 pertenecen al Caribe y una de ellas; localizada en el límite entre Colombia y Panamá incluye parte del Océano Pacífico (figura 1).

El área de estudio hace parte de la placa Caribe la cual está limitada por las placas de Norte América, Suramérica, Nazca y Cocos, conformando un sistema tectónico complejo donde se generan movimientos y esfuerzos de compresión y extensión los cuales han actuado a través del tiempo (no antes del período Triásico según Bullard et al, así como otros autores en Vernet, 1985). Particularmente en este caso, la parte más afectada es el talud continental, tanto en Panamá como en Colombia, ya que es el lugar donde hay subducción y desplazamiento hacia el NE de la placa Caribe con respecto al continente. En este sitio resulta entonces un "frente de deformación" generado como consecuencia del enfrentamiento entre las placas Caribe y Suramérica.

METODOLOGIA PARA LA ELABORACION DE LOS MAPAS

Para elaborar los mapas, se utilizaron registros de profundidad y posicionamiento nacionales e internacionales tales como el National Geophysical Data Center, las cartas náuticas publicadas por la "Defense Mapping Agency" de los Estados Unidos y el Centro de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas además de los registros de sondeo de Navocéano, ECOPETROL y los efectuados por el buque oceanográfico ARC Providencia. Los sondeos se plotearon sobre planchas a escala 1:250.000 trazando las curvas batimétricas cada 100m. Una vez finalizado este proceso se inició el análisis geomorfológico detallado teniendo como base las curvas batimétricas y considerando la extensión de cada rasgo, su posición dentro del marco general, la profundidad a la que se encuentra y su relación con geoformas adyacentes. Para la caracterización de los accidentes se utilizó la Normalización de Formas de Relieve Submarino (1993), la cual presenta definiciones descriptivas para todos los rasgos submarinos aceptados a nivel mundial (algunas formas de relieve en el área ya han sido identificadas y aceptadas con su nombre a nivel mundial y sus coordenadas de punto medio se obtuvieron del "Gazetteer of Undersea Features, 1990 y de la gaceta "Standardization of Undersea Feature Names", 1988). Posteriormente se elaboraron las respectivas hojas de sobrepuestas para cada plancha, las cuales incluyen los nombres, fuentes y topografía (cuando el área presenta parte continental).

La asignación de nombres para las formas de relieve se hizo con base en dos criterios principales; para las áreas cercanas a la costa se propusieron nombres de accidentes costeros o poblaciones cercanas y para las zonas localizadas en mar abierto se utilizaron nombres de culturas indígenas colombianas, en memoria de nuestros orígenes.

Una vez finalizado el trabajo de las sobrepuestas se elaboró un mosaico con las 27 planchas que conforman el Caribe suroccidental a escala 1:838.000 con curvas cada 200 m y un informe final donde se presenta una relación entre el marco tectónico regional y la geomorfología (Tabares, N. 1996). Posteriormente las propuestas de los nuevos accidentes submarinos son enviadas para ser sometidas a confrontación con otros bancos de datos de la OHI y a través del análisis del subcomité de nombres, recibir la incorporación de los accidentes y nombres de una manera oficial a la Gazeta. A nivel del presente artículo la caracterización y los nombres del relieve submarino se constituyen en una propuesta más que en un resultado.

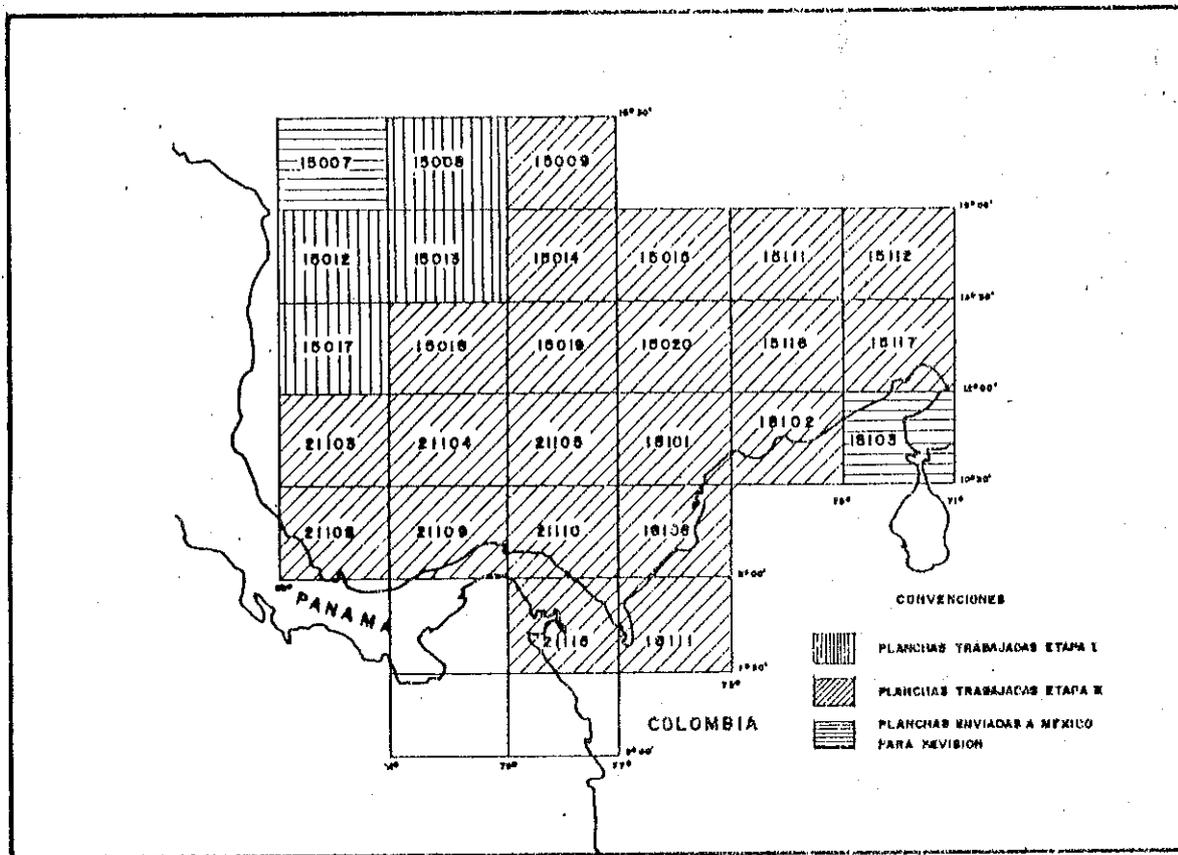


FIGURA N° 1

LOCALIZACION GENERAL

f1462

DESCRIPCION GEOMORFOLOGICA DEL CARIBE SUR-OCCIDENTAL

La amplitud del área así como las diferencias morfológicas que ésta presenta, permiten realizar una división en seis sectores siguiendo un patrón de morfología determinado. Los rasgos de mayor magnitud son aquellos que enmarcan el relieve general de la placa Caribe, los cuales son reconocidos en términos generales geomorfológica y geológicamente a nivel mundial. Aquí aparecen todo tipo de geoformas, desde cordilleras y amplios abanicos hasta montes submarinos, y pequeñas colinas, pasando por valles y cañones. El accidente de mayores dimensiones lo constituye la cuenca Colombiana, la cual es una gran receptora de sedimentos y que a su vez contiene algunos de los rasgos mencionados.

A continuación se presenta la división morfológica de cada zona en que fue dividido el Caribe suroccidental (figura 2), las geoformas que son reconocidas a nivel mundial aparecen con asterisco (*) y las coordenadas de punto medio para todos los rasgos nuevos así como las características particulares de cada accidente se encuentran en disponibles en el CIOH.

Plataforma de Panamá (Panama shelf - planchas 21108, 21109, 21110, 21115)

Se extiende por más de 680 km entre los límites este y oeste, con una amplitud variable desde la línea de costa hasta la isóbata de los 200 m, donde se presenta un aumento en la pendiente para dar paso al talud continental. El extremo este de la plataforma se estableció en el límite marítimo entre Colombia y Panamá y el límite oeste no está determinado ya que morfológicamente el rasgo continúa pero este sobrepasa el límite asignado a Colombia para su estudio por la COI en los 83°00' de longitud W.

En general la plataforma panameña puede considerarse como una zona regular, de 15 km de amplitud promedio con un mínimo de 9 km en el sector sur del Golfo de Mosquitos, y un máximo de 22 km hacia el sector oeste del mismo golfo. Hacia el este las amplitudes varían entre los 10, 15 y 17 km y en general no presenta rasgos de importancia que den a la plataforma una característica más compleja.

Plataforma Colombiana (Colombian shelf planchas 18111, 18106, 18101, 18102, 18103, 15117)

Se extiende por más de 900 km bordeando la costa Caribe colombiana entre sus límites este y oeste, con amplitudes variables entre la línea de costa y los 200 m de profundidad aproximadamente, donde el ángulo de la pendiente aumenta para dar paso al talud continental Caribán. Su límite oeste corresponde al límite marítimo entre Panamá y Colombia (al oeste del Golfo de Urabá); el este se encuentra hacia el oriente de la península de la Guajira y no ha sido establecido ya que el rasgo continúa pero sobrepasa el límite asignado a Colombia por la COI en los $71^{\circ}00'$ de longitud W.

La plataforma colombiana es altamente variable y los puntos de amplitud máxima y mínima aparecen distribuidos sobre toda el área. En la Península de la Guajira, al norte de Punta Gallinas la amplitud registrada es de 10 km; y hacia el este y oeste la plataforma aumenta progresivamente hasta alcanzar un máximo de 40 km hacia el SW de la península (área colombiana). En el sector de la Sierra Nevada de Santa Marta, la plataforma está prácticamente ausente y el talud descende bruscamente desde la costa. A partir de éste punto la plataforma comienza a ampliarse hacia los lados este y oeste.

Frente a la desembocadura del río Magdalena no aparece una transición marcada entre la plataforma y el talud, ya que se presenta un descenso gradual a partir de los 20 m de profundidad, mostrando una plataforma de 1.2 km de amplitud. Otro punto a resaltar se encuentra frente al Golfo de Morrosquillo donde se encuentra la máxima amplitud de la plataforma registrada para el Caribe Colombiano, con 75 km tomados desde el sector central del golfo.

Otra de las características de la plataforma Colombiana corresponde a los numerosos grupos de islas, bancos y bajos, localizados hacia norte y sur del golfo de Morrosquillo, la mayoría de los cuales son reconocidos por su nombre y sólo algunos de ellos fueron bautizados en este trabajo. Como aparecen en la plataforma en sentido norte-sur son: Banco Punta Grande*, Bancos de Salmedina*, Isla de Tierra Bomba*, Bancos del Tesoro*, Isla del Tesoro*, Isla Barú*, Isla Grande*, Islas del Rosario*, Bajo tortuguilla*, Banco Rosario y Bajo Barú, Bajos Barbacoas, Islas de San Bernardo*, Roca Morrosquillo*, Isla Fuerte*, Bajo Bushnell*, Bajo los Venados*, Bajos Broqueles e Isla tortuguilla*.

Talud Continental Zenú (Zenú slope - planchas 21105, 21108, 21109, 21110, 21115)

El talud continental Zenú se encuentra adyacente a la plataforma de Panamá y se manifiesta como un aumento en el ángulo de la pendiente a partir de los 200 m de profundidad aproximadamente. El extremo este del talud Zenú se encuentra en el límite de la zona marítima entre Panamá y Colombia y el oeste aún no se ha determinado ya que el rasgo continúa pero sobrepasa el área asignada a Colombia por la COI en los $83^{\circ}00'W$.

Morfológicamente, ésta es una zona compleja ya que se encuentra afectada por los fenómenos de compresión y cizallamiento generados por la subducción de la placa caribe bajo el continente y que constituye el frente de deformación denominado como cinturón deformado de Panamá en esta área (Case y Holcombe, 1980). Las diferentes características que presenta el talud permiten dividirlo en tres regiones. La más occidental entre los meridianos 83° y $81^{\circ}45' W$ presenta una morfología regular con una pendiente promedio de 10%. Su límite en profundidad se encuentra entre los 1100 y 2700 m y se manifiesta como una fuerte disminución en la pendiente al entrar en contacto con el abanico de Costa Rica*. En esta región el talud es cortado por los cañones Bastimentos y Chiriquí, los cuales muestran continuidad con cursos de agua en la parte continental.

La región central (entre los meridianos 81°45' y 80° W) presenta una morfología compleja; aquí no existe un quiebre pronunciado entre la plataforma y el talud, y tampoco hay una diferencia marcada entre el extremo norte del frente deformado y el talud propiamente dicho, a diferencia del límite en profundidad, el cual se encuentra entre los 3100 y 3400 m. Este se manifiesta como un cambio de pendientes fuertes e irregulares (talud Zenú) a una muy baja en la planicie de Panamá*. Los rasgos presentes en el área corresponden al valle y al espolón denominados Veraguas, la colina Mosquitos, el valle Cocle y el banco Volcán*, la depresión Chagres y el monte submarino Gatún.

La región comprendida entre el meridiano 80°00'W y el límite entre Colombia y Panamá, presenta un cambio marcado con el límite de la plataforma y descendiendo con una pendiente promedio de 8.7% hasta los 1700 m de profundidad aproximadamente, donde la pendiente disminuye bruscamente y aparece la depresión Darién. El talud solo es cortado por el cañón Portobelo (hacia el oeste). La depresión se extiende por 286 km aproximadamente con una amplitud promedio de 18 km y profundidades entre 1500 y 2100 m. Esta separa el talud del sector norte del frente de deformación, el cual alcanza una profundidad máxima de 3300 m en el límite con la planicie de Panamá* y está constituido por numerosos accidentes de tendencia NW y E-W, entre los cuales se encuentran elevaciones, hondonadas y escarpes.

Talud Continental Caribaná (Caribaná slope - planchas 18111, 18106, 18101, 18102, 18103, 15117)

Comienza aproximadamente a los 200 m de profundidad y al igual que el talud Zenú, se manifiesta como un aumento marcado en la pendiente que lo diferencia de la plataforma. Su límite este no ha sido establecido ya que el rasgo continúa en ese sentido pero sobrepasa el límite del área asignada a Colombia por la COI en los 71°00' de longitud W, y el límite oeste corresponde al límite marítimo entre Panamá y Colombia, al oeste del Golfo de Urabá.

Debido a las características morfológicas del talud Caribaná, éste se ha dividido en dos regiones. Una de relieve irregular que descende desde la plataforma adyacente al sur de la Guajira, Santa Marta y Barranquilla, entre los meridianos 73°00'W y 75°15'W. El talud es cortado por cuatro cañones principales, y un valle además de otros rasgos que le confieren las características de irregular y que no permiten establecer un rango de pendiente excepto entre el espolón de Santa Marta y el valle Guajira, donde la pendiente promedio es de 3,2%. Los dos primeros cañones se encuentran cercanos a la desembocadura del río Magdalena y aunque son evidentes ninguno de ellos se presenta bien definido. El primero, denominado Turipaná aparece al oeste del río y se extiende en forma irregular, pero con una tendencia general N-S, por 75 km. El cañón del Magdalena localizado frente a la desembocadura del río se presenta como una prolongación submarina del mismo con 88 km de longitud aproximada y 2 km de amplitud promedio. Este se extiende en forma irregular con una tendencia inicial NW hasta los 1300 m donde gira para orientarse en sentido NE. A esta profundidad ambos cañones parecen encontrarse y sus trayectos continúan en forma divergente. Hacia el NE aparecen el valle Taganga y el cañón Aguja*.

Al NE del cañón Aguja* se encuentran las colinas Neguange y el espolón Santa Marta, cuya longitud son 46 km y presenta profundidades entre los 1000 y 1500 m. En el mismo sentido se encuentran el valle Guajira de tendencia N-W y el cañón Ranchería que se extiende por 30 km en dirección NW y tiene una amplitud promedio de 2 km. Ambos desembocan en la cuenca Ranchería* y según Krausse, 1971, tanto el valle Guajira como el cañón Ranchería tienen su origen asociado con el Río del mismo nombre. La cuenca presenta una orientación NE y una profundidad máxima de 2700m. Hacia el lado NW la cuenca está limitada por una elevación cuyo flanco NW descende gradualmente hasta los 2500m donde la pendiente aumenta fuertemente dando lugar al escarpe Manaure, el cual se extiende por 105 km en dirección NE con una pendiente promedio de 12,1%, entre los 2500 y 3200m de profundidad. El otro sector irregular del talud Caribaná aparece entre Cartagena y el Golfo de Morrosquillo entre las latitudes 10°30'N y 09°20'N. Se caracteriza por presentar numerosas colinas que no sobrepasan los 200 m de altura sobre la ladera, siguiendo la tendencia general N30°E del frente de deformación hasta una profundidad de 3000 m aproximadamente donde entra en contacto con el abanico del Magdalena*.

La otra región del talud presenta una morfología poco accidentada y se encuentra en los extremos norte y sur y en la parte central. En el sector norte la pendiente es de 3.8% en promedio y el talud descende en forma regular hasta donde la pendiente disminuye bruscamente y aparecen el paso Aruba*, la cuenca Colombiana* y un poco más al sur la cuenca Ranchería*. En el extremo NE el talud es cortado por el cañón Macuira, el cual se extiende por 48 km en dirección NNW y tiene una amplitud de 2 km aproximadamente con una pendiente promedio de 8.2%. El sector regular localizado hacia el centro (al oeste del cañón Turipaná) presenta una pendiente constante de 4.2% y descende hasta donde empieza el abanico del Magdalena*, lo cual morfológicamente no es evidente ya que el talud descende gradualmente. El extremo sur del talud Caribaná también es regular y descende con una pendiente promedio de 6.5% hasta donde la pendiente disminuye en forma drástica para dar paso a la cuenca Colombiana*.

Cuenca Colombiana* (Colombian Basin - planchas 15014, 15015, 15111, 15018, 15019, 15020, 15116, 18101, 21103, 21104, 21105, 21108, 21109, 21110)

Este sector se caracteriza por tener rasgos morfológicos de dimensión considerable, que no presentan un patrón de orientación dominante y cuyo relieve es variable; desde zonas planas hasta alturas de cientos de metros. La cuenca Colombiana* está localizada en el sector oeste de la placa Caribe y está limitada al norte por el escarpe Hess, al este por la cordillera Beata*, al sur por el frente de deformación del Caribe, descrito como los taludes Zenú y Caribaná y al oeste por el talud continental que descende desde Costa Rica y Panamá. La morfología de la cuenca está constituida por cuerpos de grandes dimensiones como son el abanico del Magdalena* y la planicie Colombiana* en el sector central, el abanico de Costa Rica* y la planicie de Panamá*, en el extremo SW. Las mayores profundidades se encuentran en el centro (4100 m), en el área limitante con el flanco oeste de la cordillera Beata (4200m) y en el extremo este del paso Aruba con 4500 m de profundidad. La cuenca se caracteriza por tener un relieve suave con elevaciones hasta de 800m en la Elevación Mono* y menores en las áreas correspondientes a los abanicos y las planicies.

El escarpe Hess da la cara a la cuenca y está alineado en dirección NE. Este se presenta como un fuerte cambio de pendiente entre la cuenca (al sur) y la elevación oceánica Nicaragua* (al norte). La continuidad del escarpe se interrumpe en dos sectores; el primero (al este del abanico de Costa Rica*) es una región donde aparecen el monte submarino Zipa, el valle Carex, la elevación Mono*, las colinas Arjona y Chima, además de los montes submarinos Saury* y Coyaima. Hacia el occidente de dicho sector se encuentra el escarpe Zipa, el cual se extiende por 99.2 km entre los 200 y 1200 m de profundidad con una pendiente promedio de 15%. Merecen destacarse por su tamaño el monte Zipa y el valle Carex. El primero se prolonga por 59 km en dirección SE desde el escarpe del mismo nombre y presenta profundidades entre los 800 y 3100 m. El segundo aparece como la continuación del flanco este del monte Zipa. Dicho valle tiene forma arqueada (vista en planta) con los extremos orientados hacia el sur y se extiende por 95.8 km entre los 1200 y 3400 m de profundidad. La pendiente promedio es de 4% (mayor en los extremos y menor en el centro). El otro sector donde se interrumpe el escarpe se encuentra hacia el NE y corresponde a un sitio donde una prolongación del escarpe se orienta hacia el norte dando lugar al valle Togorama. El valle es amplio (34 km) y se extiende por 62 km en dirección NW entre los 3700 y 4000 m de profundidad.

La cordillera Beata* es una elevación cuya base es triangular y está localizada en el área más estrecha del Caribe entre la Península de la Guajira (Colombia) y La Española (Haití y República Dominicana). En general presenta profundidades entre 1000 y 3000 m y un relieve muy variable con pequeños valles y geoformas que varían en altura desde unos cientos de metros hasta los 2.000m (Holcombe et al, en "The Geology of North America, 1990"). Hacia el oeste de la cordillera aparecen dos grupos de colinas denominados Tenza y Sía y sobre la porción oriental de la cordillera se encuentran la meseta Pipintá y la colina Pipintá (plancha 15112). Bordeando el sector más afectado estructuralmente de la cordillera aparece la depresión Kogui, que se extiende por cerca de 142.2 km en dirección N-S y presenta una profundidad máxima de 3700 m (su extremo norte no aparece en el área de trabajo). Limitando el sur de la cordillera Beata* aparece el paso Aruba* el cual constituye un puente de unión entre las cuencas de Colombia* y Venezuela* y presenta una profundidad máxima de 4500 m.

Sector centro-sur, Elevación Océánica Nicaragua* (Nicaraguan Rise - planchas 15007, 15008, 15009, 15012, 15013, 15014, 15017)

La elevación oceánica Nicaragua se prolonga en dirección NE desde la costa Caribe de Honduras y Nicaragua, hasta la Española (Haití y República Dominicana). Sus bordes norte y sur están limitados por la depresión Caimán* (fuera del área) y el escarpe Hess* respectivamente; el área de estudio solo incluye el sector centro sur de la elevación. Los principales rasgos comienzan con una plataforma amplia que se extiende hasta los 200 m de profundidad donde se presenta un marcado cambio en la pendiente para dar paso al talud continental. La plataforma tiene una amplitud de 149,67 km aproximadamente en el sector norte y 69,20 km en el sur (CIOH, 1996). Los principales accidentes morfológicos corresponden a los bancos de Perlas* y a los cayos de Miskitos. Además de los rasgos anteriores, sobre la plataforma aparecen arrecifes y cerca de siete cayos además de los bancos Gorda y Turquesa.

Hacia el extremo SE de la elevación Nicaragua y adyacente a la plataforma aparece el talud continental Nicaragua, el cual se prolonga hasta profundidades mayores de 1000 m hacia el sur, donde se encuentra con las depresiones de San Andrés, Providencia y Huitoto. Estas depresiones orientadas en dirección NNE constituyen la división natural de carácter geomorfológico que separa el talud de la cordillera submarina en la que se encuentra el archipiélago de San Andrés y Providencia, la cual es paralela a las depresiones y se convierte en la meseta Katios hacia el norte. La depresión de Providencia se extiende por 92 km con una profundidad y amplitud máxima de 2400 m y 13 km respectivamente, y se prolonga hacia el norte como cañón de Providencia cuya cabecera se encuentra a los 1200 m de profundidad. La de San Andrés se extiende por 31 km, alcanza un máximo de 1900 m de profundidad y su amplitud mayor en el fondo es de 7 km. La depresión Huitoto se extiende por 14 km en dirección N-S y presenta una profundidad máxima de 2200 m. Hacia el norte dicha depresión se prolonga hasta convertirse en el valle Bachué, el cual se extiende en dirección N-S por 38 km con una amplitud promedio de 12 km y una pendiente del 5%. Este se encuentra entre los 900 y 1400 m de profundidad. En el área también se destacan en superficie el cayo Roncador la isla de Santa Catalina y los cayos de Bolívar y Albuquerque (C.I.O.H. 1996 y Molina C, 1993). Al sur de las depresiones San Andrés y Providencia se presentan geoformas de diversas dimensiones, destacándose por su tamaño el valle Carex.

Hacia el NNE del archipiélago de San Andrés y Providencia y las depresiones mencionadas y, aparece un área de morfología compleja donde los rasgos presentan una tendencia de orientación variable. Allí se destacan el banco Quitasueño* de orientación NNE, el cual está limitado al W por la depresión Bochica y las terrazas Tuncbos y Motiloncs, el flanco este del banco desciende hasta conformar el valle Ambalema que se extiende por 181 km entre los 1200 y 3300 m de profundidad. Al sur del valle aparece la cordillera Tayrona, la cual se prolonga por 124 km en dirección NNE, el banco Serrana*, la depresión Cunas y el valle San Agustín con una dirección NW y una extensión de 83 km, entre los 1800 y 2300 m de profundidad.

El sector norte de la elevación Nicaragua* se caracteriza por presentar formas más amplias y de contornos semicirculares, sobresale la cuenca Chibcha con una orientación NNE y profundidades entre 1200 y 1400 m. Rodeando la cuenca aparecen la cordillera Suc y los bancos Serranilla*, Rosalinda* y Pijao. Los dos primeros están separados por el paso Serranilla y los dos últimos por el paso tipo silla Rosalinda. Al este del banco Serranilla* aparece el paso Alicia, y adyacente a éste se encuentra el bajo del mismo nombre. Hacia el este de Bajo Alicia aparece el guyot Macondo y entre ellos el valle Curumaní. Al sureste del guyot se encuentra bajo Nuevo* cuyo flanco sur recibe el nombre de escarpe Pedro*.

El extremo oriental de la elevación, está separado de los accidentes descritos anteriormente por una gran cuenca denominada Kuiva la cual se extiende por cerca de 343 km en dirección NE y presenta una profundidad máxima de 2200 m. Al SE de dicha cuenca aparece la cadena de montes submarinos Simiti, que está constituida por montes alineados hacia el NE y que se extiende por cerca de 97 km. Su base está localizada a 2100 m de profundidad y alcanza una profundidad mínima de 672 m en una de sus cimas. Al SE de Simiti se forman los valles Quillasinga y Togorama y la colina Timba. Al occidente del valle Togorama aparece un área de geoformas variadas que incluyen desde colinas y depresiones, hasta montes, valles y un escarpe.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La prioridad e importancia del proyecto es de talla internacional y radica en el conocimiento del relieve submarino integrado en una escala de 1:1'000.000, convirtiéndose en la primera publicación de su género en nuestro país. En la actualidad los resultados obtenidos permiten afirmar que el trabajo de elaborar las curvas es dinámico debido a que es necesario tomar más datos de profundidad en algunas zonas del Caribe donde las líneas de contorno batimétrico aparecen discontinuas. Esta labor será realizada por los buques oceanográficos de la Armada Nacional.

Dentro del contexto tectónico regional, el relieve submarino del área, localizado sobre la placa Caribe, es el resultado de la interacción de diferentes procesos que han actuado a través del tiempo, modelando la morfología costera y submarina. Esta última ha sido afectada por los movimientos de la placa, los cambios del nivel del mar y por fenómenos tanto erosivos como depositacionales. El área de estudio presenta rasgos morfológicos que no se conocían o que se habían reportado pero que hasta ahora no tenían un nombre asignado y/o oficialmente aceptado. En este trabajo se proponen 60 nombres nuevos para los rasgos que hacen parte del relieve submarino del Mar Caribe; además de los 38 nombres aceptados para las tres planchas elaboradas en la primera etapa y los 18 que están en proceso de aprobación. Esto constituye un gran avance en el conocimiento de la morfología submarina, no solo para Colombia sino a nivel mundial.

Los límites de la cuenca colombiana son claros y se manifiestan por el marcado cambio de pendiente entre ésta (de morfología suave) y la fuerte pendiente de la elevación Nicaragua, los taludes (frente de deformación) y la cordillera Beata, excepto al norte de la elevación Mono y en el abanico del Magdalena, donde el descenso se presenta en forma gradual.

El área de la Plataforma frente a Panamá y Colombia presenta diferencias marcadas. La primera muestra una amplitud poco variable con un promedio de 15 km, mientras que la segunda muestra contrastes drásticos extendiéndose por más de 70 km en el sector del Golfo de Morrosquillo y desapareciendo casi por completo frente a la Sierra Nevada de Santa Marta, donde el descenso del talud aparece casi desde la línea de costa. Otra diferencia corresponde a los pocos accidentes que afectan la plataforma panameña; a diferencia de la colombiana, la cual presenta numerosos grupos de islas, bancos y bajos, generados como consecuencia de los cambios de nivel del mar en el pleistoceno; dando a la plataforma un carácter complejo.

Los taludes denominados Zenú y Caribaná (adyacentes a la plataforma de Panamá y Colombia, respectivamente), son los sectores donde se encuentran la mayoría de las geoformas reportadas, en la segunda etapa. Esta es una zona muy accidentada, por encontrarse haciendo parte del frente de deformación que constituye el límite sur de la placa Caribe con el continente suramericano; por lo cual el área está afectada por fenómenos de compresión y cizallamiento como consecuencia de la subducción de la placa bajo el continente.

El sector centro-sur de la elevación oceánica Nicaragua donde se encuentra el Archipiélago de San Andrés y Providencia, representa el sector más afectado estructuralmente, lo cual se manifiesta en la morfología diversa que constituye toda la zona; comenzando por una plataforma muy accidentada y un talud que desciende hasta encontrar un área deprimida que la separa de las numerosas formaciones de bancos, bajos, valles y cañones.

Algunos de los cañones submarinos están asociados con ríos y/o canales en la parte continental, lo cual indica una relación en cuanto a su origen; de otro lado, los cañones que no tienen una continuidad en tierra, pueden corresponder a antiguos ríos pleistocénicos que quedaron sumergidos con el ascenso del nivel del mar.

Las tendencias de orientación predominante para los accidentes submarinos en el SW del Mar Caribe son NNE para la Elevación Nicaragua, E-W y NW en el talud Zenú y NE en el talud Caribaná y la plataforma colombiana.

Los cañones Magdalena, Turipaná y Aguja representan los de mayor longitud en toda la zona, extendiéndose por más de 70 km.

La mayor depresión registrada en el área corresponde a la cuenca Kuiva, con 343 km de longitud y una profundidad máxima de 2200 m. Las máximas profundidades registradas para todo el sector del Caribe colombiano y los sectores aldeaños son 4100m en la Cuenca Colombiana y 4500 m en el Paso Aruba.

BIBLIOGRAFIA

CASE & HOLCOMBE. 1980. Geologic Tectonic Map of the Caribbean Region. J. E., Scale 1:2'500.000, The Geological Society of America.

C.I.O.H, 1996. Evolución Tectónica del Caribe y Características Geomorfológicas de los Accidentes Ubicados al Suroeste de la Placa; Informe Presentado a la Presidencia de la República, Cartagena de Indias, 4 p.

GAZETTEER OF UNDERSEA FEATURES, 1990. Named Approved by United States Board on Geographic Names, Published by the Defense Mapping Agency, Washington, D.C. 4 th Ed, 23 p.

KRAUSSE, D. 1971. Bathymetry, Geomagnetism, and Tectonics of the Caribbean Sea North of Colombia, The Geological Society of America, Inc, Memoir, 130 35-54 p.

MOLINA C., 1993. Formularios de justificación de Toponimia para las planchas 15008, 15012, 15013 y 15017, Proyecto IBCCA. CIOH, Cartagena de Indias.

NORMALIZACIÓN DE LOS NOMBRES DE LAS FORMAS DEL RELIEVE SUBMARINO, 1993. Organización Hidrográfica Internacional (OHI) - Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), Directrices-Formulario de Propuesta-Terminología, Versión Inglesa - Española, 2a. ed, Mónaco, 63 p.

SOLTAU JUAN; DIAZ J; MOLINA C, 1993. Descripción del Proyecto Carta Batimétrica de las Aguas Económicas Exclusivas de Colombia en la Zona de San Andrés, Providencia y los Cayos. Boletín Científico #14 C.I.O.H, Cartagena, p 146-157.

STANDARDIZATION OF UNDERSEA FEATURES NAMES, 1988. Gazetteer, Part II, International Hydrographic Organization (IHO) - Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC), Part I, Published by the International Hydrographic Bureau, Mónaco, 125 p.

TABARES, N, 1996. Geomorfología Submarina del Sector Suroccidental del Mar Caribe y su Relación con la Tectónica Regional, Informe Final - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, Noviembre 30, Cartagena de Indias, 114 p.

THE GEOLOGY OF NORTH AMERICA - THE CARIBBEAN REGION, 1990. Vol H, Published by Dengo, G y Case, J, The Geological Society of America, p .231 - 457

VERNETTE, 1985. La Plate-forme Continentale Caraibe de Colombic (du débuché du Magdalena au Golfe de Morrosquillo): Importance du diapirisme argileaux sur la morphologie et la sedimentation, Université de Bordeaux, Francia 275 p.