

COMISION COLOMBIANA DE OCEANOGRAFIA

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

MEMORIAS

TOMO III

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

2.2. RECURSOS ACUICOLAS

CULTIVO EXPERIMENTAL DE ESPECIES NO TRADICIONALES DE MOLUSCOS BIVALVOS EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA, CARIBE COLOMBIANO

2.21

Francisco J. Borrero¹, Juan P. De La Roche¹, Francisco M. Ablanque¹, Hernando J. Castellanos¹, Carolina García¹,
Claudia Castellanos¹, Adriana Valero¹ y Alonso J. Cordoba¹

RESUMEN

El grupo de investigación de "Cultivo de Moluscos" del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis", Invemar, fue creado en 1993 con el fin de realizar estudios acerca de la biología y ecología de varias especies de bivalvos de valor comercial en el Caribe colombiano encaminados a desarrollar técnicas apropiadas de cultivo que permitan aprovechar el potencial económico que éstas presentan. Desde entonces se trabaja en la identificación de especies reconocidas como no tradicionales y que poseen importancia comercial, como las ostras perlíferas (*Pinctada imbricata* y *Pteria colymbus*), las hachas (*Pinna carnea* y *Atrina seminuda*) y las vieiras (*Nodipecten nodosus* y *Euvola ziczac*). Estas especies ofrecen como recursos explotables: perlas, carne del cuerpo y músculo aductor. La investigación se realiza en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT), con una estación permanente de cultivo en la bahía de Gayraca y estaciones de monitoreo en otras tres bahías. El análisis reproductivo, el estudio de biomasa, el seguimiento del crecimiento y mortalidad, tanto en cultivo como en el medio natural, la estimación de la abundancia larval mediante arrastres a dos profundidades y de la fijación de colectores artificiales, la experimentación en laboratorio y la implantación de núcleos, conforman la rutina metodológica utilizada por el grupo. *Pinctada*, *Pteria*, *Pinna* y *Atrina* se catalogan como organismos hermafroditas, protándricas las dos primeras, con mayor abundancia larval hacia finales del año (diciembre-febrero) y mayor fijación de postlarvas en abril, para *Pinctada*, *Pteria* y *Nodipecten* y noviembre-diciembre para *Pinna*. La mayor abundancia de juveniles fijados en los colectores la han presentado *Pinctada* y *Pinna*, con 45 y 30 individuos por colector respectivamente. Los experimentos en cultivo suspendido han permitido obtener tasas de crecimiento de 0,16 mm/día para *Pinctada*, 0,171 mm/día para *Pteria* y de 0,42mm/día para *Pinna*. Los que se han realizado con *Pinctada imbricata* han permitido establecer que en la fase intermedia las "redes bolsillo" presentan una alta eficiencia (buen crecimiento, alta capacidad de carga expresada como No. de individuos/arte de cultivo) con una densidad del 20% en cobertura. En la fase de engorda tanto "redes bolsillo" como "redes perleras" resultan igualmente eficientes con densidades hasta del 40% en cobertura. Para *Pinna*, los experimentos en cultivo suspendido han demostrado que es posible utilizar eficientemente densidades hasta del 40% de cobertura en "redes perleras" y en cultivo de fondo las jaulas son mas convenientes. Los ensayos en perlicultura, en primera instancia, revelan que la talla óptima para realizar implantación de núcleos se encuentra entre 60 y 70 mm de longitud, haciéndolo en la valva más plana con un núcleo ubicado en la región central del nácar. En laboratorio se han realizado diferentes ensayos exitosos con *Pinctada*, utilizando harina de maíz y de yuca como dieta artificial, dietas mixtas de microalgas para acondicionamiento y el uso choque térmico o de extractos gonadales para inducción al desove.

¹ INVEMAR. A. A. 1016, Santa Marta. Tel: 954-211380, 214774. Fax: 211377

CULTIVO EXPERIMENTAL DE ESPECIES NO TRADICIONALES DE MOLUSCOS BIVALVOS EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL TAYRONA, CARIBE COLOMBIANO

2.21

Francisco J. Borrero¹, Juan P. De La Roche¹, Francisco M. Ablanque¹, Hernando J. Castellanos¹, Carolina García¹,
Claudia Castellanos¹, Adriana Valero¹ y Alonso J. Córdoba¹

RESUMEN

El grupo de investigación de "Cultivo de Moluscos" del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis", Invemar, fue creado en 1993 con el fin de realizar estudios acerca de la biología y ecología de varias especies de bivalvos de valor comercial en el Caribe colombiano encaminados a desarrollar técnicas apropiadas de cultivo que permitan aprovechar el potencial económico que éstas presentan. Desde entonces se trabaja en la identificación de especies reconocidas como no tradicionales y que poseen importancia comercial, como las ostras perlíferas (*Pinctada imbricata* y *Pteria colymbus*), las hachas (*Pinna carnea* y *Atrina seminuda*) y las viciras (*Nodipecten nodosus* y *Euvola ziczac*). Estas especies ofrecen como recursos explotables: perlas, carne del cuerpo y músculo aductor. La investigación se realiza en el Parque Nacional Natural Tayrona (PNNT), con una estación permanente de cultivo en la bahía de Gayraca y estaciones de monitoreo en otras tres bahías. El análisis reproductivo, el estudio de biomasa, el seguimiento del crecimiento y mortalidad, tanto en cultivo como en el medio natural, la estimación de la abundancia larval mediante arrastres a dos profundidades y de la fijación de colectores artificiales, la experimentación en laboratorio y la implantación de núcleos, conforman la rutina metodológica utilizada por el grupo. *Pinctada*, *Pteria*, *Pinna* y *Atrina* se catalogan como organismos hermafroditas, protándricas las dos primeras, con mayor abundancia larval hacia finales del año (diciembre-febrero) y mayor fijación de postlarvas en abril, para *Pinctada*, *Pteria* y *Nodipecten* y noviembre-diciembre para *Pinna*. La mayor abundancia de juveniles fijados en los colectores la han presentado *Pinctada* y *Pinna*, con 45 y 30 individuos por colector respectivamente. Los experimentos en cultivo suspendido han permitido obtener tasas de crecimiento de 0,16 mm/día para *Pinctada*, 0,171 mm/día para *Pteria* y de 0,42mm/día para *Pinna*. Los que se han realizado con *Pinctada imbricata* han permitido establecer que en la fase intermedia las "redes bolsillo" presentan una alta eficiencia (buen crecimiento, alta capacidad de carga expresada como No. de individuos/arte de cultivo) con una densidad del 20% en cobertura. En la fase de engorda tanto "redes bolsillo" como "redes perleras" resultan igualmente eficientes con densidades hasta del 40% en cobertura. Para *Pinna*, los experimentos en cultivo suspendido han demostrado que es posible utilizar eficientemente densidades hasta del 40% de cobertura en "redes perleras" y en cultivo de fondo las jaulas son mas convenientes. Los ensayos en perlicultura, en primera instancia, revelan que la talla óptima para realizar implantación de núcleos se encuentra entre 60 y 70 mm de longitud, haciéndolo en la valva más plana con un núcleo ubicado en la región central del nácar. En laboratorio se han realizado diferentes ensayos exitosos con *Pinctada*, utilizando harina de maíz y de yuca como dieta artificial, dietas mixtas de microalgas para acondicionamiento y el uso choque térmico o de extractos gonadales para inducción al desove.

¹ INVEMAR. A. A. 1016, Santa Marta. Tel: 954-211380, 214774. Fax: 211377

CULTIVO EN JAULAS FLOTANTES EN AGUAS SALOBRES DE LA BAHÍA DE BUENAVENTURA DE *Oreochromis niloticus* ALIMENTADAS CON CARDUMA Y ARROZ

2.30

Jairo Humberto Loaiza Cadavid¹ y Efraín A. Rubio Rincón

RESUMEN

Este estudio se realizó en un período de 120 días (febrero-mayo 1994) y evaluó el crecimiento, la conversión alimenticia y la supervivencia de la tilapia nilótica cultivada en jaulas flotantes en aguas salobres de la Bahía de Buenaventura, bajo dos regímenes alimenticios: una dieta consistente en 75% de harina de arroz y 25% de pescado molido, (*Carduma*, *Cetengraulis* sp.) y la otra dieta concentrado comercial para peces (*Mojarra* 32%).

Con una densidad de siembra en las jaulas flotantes de 50 peces/m³ (sexados todos machos); en total 300 tilapias nilóticas fueron colocadas en un estanque piscícola con agua salobre, en seis (6) jaulas de un metro cúbico (1 m³) c/u en el estero El Aguacate, Bahía de Buenaventura.

Alimentadas con dos tipos de dietas; cada tratamiento se hizo por triplicado; a tres jaulas se les suministró concentrado comercial para peces (*mojarra* 32%) y a las otras jaulas con la dieta fresca *carduma* molida 25% más harina de arroz 75%.

Los datos promedios obtenidos para las tilapias alimentadas con concentrado de 32% de nivel proteínico y las tratadas con la dieta fresca, *Carduma* molida 25% y harina de arroz 75%, fueron respectivamente: el peso final promedio 227.8g y 208.4g; el rango de la biomasa final por jaula 1.139 a 11.272. kg/m³ y 10.142 a 10.494 kg/m³; la supervivencia promedio 99% y 98%; la tasa específica (G) 2%/día y 1.8%/día; el peso medio diario ganado 1.71g/día y 1.54g/día para las tratadas con la dieta fresca. El factor de condición fue de tres (3) para ambos tratamientos.

Los resultados fueron comparados mediante análisis de varianza (ANOVA), de un modelo de bloques completamente aleatorio, declarándose diferencia significativa por nivel alpha 0.05. La comparación de promedios se hizo mediante la prueba de DUNCAN.

¹ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Biología Marina. A.A. 25360, Cali

ENSAYO DE NUTRICIÓN EN TILAPIA ROJA HÍBRIDA CULTIVADA EN JAULAS FLOTANTES EN AGUAS SALOBRES DE LA BAHÍA DE BUENAVENTURA

2.40

Jairo Humberto Loaiza C¹, Efraín A. Rubio Rincón¹

RESUMEN

Este experimento evaluó el crecimiento, conversión alimenticia y supervivencia de la tilapia roja híbrida cultivada en jaulas flotantes en aguas salobres de la bahía de Buenaventura, bajo dos regímenes alimenticios : una dieta fresca, consistente en 75% de harina de arroz y 25% de pescado molido (*Carduma*, *Cetengraulis mysticetus* (Gunther, 1866) y la otra consistente en concentrado para peces (mojarra 32%).

En un período de 180 días (diciembre a mayo de 1994); distribuido en: 60 días (diciembre-enero) en la aclimatación y la fase inicial de crecimiento en el laboratorio de estación de Biología Marina de la Universidad del Valle, Buenaventura y 120 días (febrero a mayo, 1994) en las jaulas flotantes a una densidad de siembra de 50 peces/m³; en total 300 tilapias rojas híbridas, todos machos por reversión sexual y posterior sexaje manual, fueron colocadas en un estanque piscícola, con agua salobre por flujo mareal, en seis jaulas de un metro cúbico (1 m³) c/u (tres por tratamiento) en el estero El Aguacate, Bahía de Buenaventura.

Los datos promedio obtenidos para las tilapias alimentadas con mojarra 32% y con la dieta fresca, *Carduma* 25% más harina de arroz 75% fueron respectivamente. El peso final promedio 386.8g y 361.5g; el rango de la biomasa final por jaula fue 18.194 a 19.210 kg/m³ y 15.738 a 17,436 kg/m³; la supervivencia promedio 96.7% y 92.9% la tasa específica de crecimiento (G) 1.8% día y 1.75%/día; el peso medio diario ganado 2.85g/día y 2.64g/día; el factor de condición fue 2.8 y 2.9 respectivamente. Los resultados fueron comparados mediante análisis de varianza (ANOVA), de un modelo de bloques completamente aleatorio, declarándose diferencia significativa por nivel alpha 0,05. La comparación de promedios se realizó mediante la prueba de TURKEY.

¹ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Sección Biología Marina: A.A.25360 Cali.

**CARACTERIZACION BIOECOLOGICA DE LA OSTRA DE MANGLE *Crassostrea rhizophorae* Y
EVALUACION PRELIMINAR DE SU CULTIVO EN COLECTORES DE LLANTA Y DE ALUMINIO
EN LA CIENAGA DE MESTIZO, BAHIA DE CISPATA (CORDOBA-COLOMBIA).**

Luz Marina Arias Reyes (1), Alba Lucía Lagos Bayona (2) y Horacio Rodríguez Gómez (3)

RESUMEN

En la ciénaga de Mestizo, durante 1994 y 1995 se determinaron los mejores periodos desove, abundancia larval y fijación de semilla de la ostra *Crassostrea rhizophorae*, principalmente durante el segundo semestre del año, estos procesos parecen estar principalmente influenciados por cambios de salinidad, presentados por periodos cortos de lluvia. Se calcula el potencial de la población natural de las ostras en la zona, presentando una densidad 86 a 910 ostras/m², una biomasa de 1.3 a 7.2 kg/m², con tallas que variaron de 25.3 a 56.9 mm y con una mortalidad natural de 2.2 a 35 %. Se aplican y evalúan dos técnicas de cultivo de ostras: la primera consistió en la instalación de 436 colectores de llantas de caucho para la captación y fijación de larvas, que luego de dos meses fueron desprendidas las semillas y puestas a crecer en canastas ostrofilas. Y se hace un ensayo preliminar de la técnica de cultivo cubana, con 134 colectores de alambre de aluminio en forma de raíz de mangle, donde ocurre la fijación y el crecimiento de las ostras hasta su cosecha. Observando es éstos, que la fijación y mortalidad de semilla es menor y el crecimiento de las ostras hasta la cosecha realizada a los siete meses, es mayor y comercialmente aceptable, presentando baja mortalidad por predación

ABSTRACT

(1) Ingeniero Pesquera, Jefe INPA sector Montería.

(2) Bióloga Marina, Investigadora INPA sector Montería.

(3) Biólogo Marino, División investigaciones INPA Bogotá.

INTRODUCCIÓN

En el Caribe colombiano la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* es un recurso objetivo de la pesca artesanal y de subsistencia, se encuentra generalmente adherida a las raíces de mangle rojo *Rhizophora mangle*, ocupando el nivel de las mareas y asociada a diferentes organismos sesiles. Para su aprovechamiento los pescadores cortan las raíces de mangle (fianga), desprendiendo indiscriminadamente racimos de ostras de diferentes lallas, ejerciendo gran presión sobre el ecosistema. Para reducir esta práctica nociva, varios países ya han implementado el cultivo de esta especie, la cual tiene la ventaja de ser consumidora primaria, tener un ciclo reproductivo corto, rápido crecimiento, ser sedentaria, gregaria y resistir altas densidades de siembra.

El Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA) con el fin de desarrollar un sistema de cultivo que evite los procedimientos inadecuados de recolección, desde 1993 inició en la Ciénaga de Mestizo - Bahía de Cispatá, Córdoba, la evaluación de diferentes tipos de colectores (collares de ostras, sacos de polipropileno, raíces de mangle, cartón plast y lantitas de caucho), para la captación y fijación de semilla del medio natural en sistemas de cultivo suspendido, obteniendo los mejores resultados con los colectores de lantitas de caucho, siguiendo en su orden los collares de ostras y las raíces de mangle. En 1994 se determinaron los mejores períodos de fijación de semilla, utilizando solamente los colectores de lantitas y realizando el crecimiento en canastas ostrófilas (cultivo de semilla suelta) a diferentes densidades.

En 1995 con el fin de adaptar una técnica viable y económica para el cultivo de ostra en Colombia, se realizó una experiencia preliminar aplicando la técnica cubana que consiste en utilizar colectores de aluminio que simulan una raíz de mangle, en la cual se evita la mortalidad de semillas por desprendimiento al poderse realizar la fijación de semillas y el crecimiento de la ostra hasta la etapa de cosecha en el mismo colector.

OBJETIVOS

- Determinar la influencia de los parámetros físico-químicos en la maduración gonadal, densidad larval y fijación de la ostra de mangle en los diferentes períodos en la ciénaga de Mestizo.
- Calcular el potencial de la población natural de ostras *C. rhizophorae* en la ciénaga de Mestizo mediante los parámetros de biomasa, densidad poblacional, morfometría y mortalidad.
- Evaluar la fijación y mortalidad de semillas de ostra en los colectores de lantitas de caucho y de aluminio.
- Evaluar el crecimiento de las ostras en las cajas ostrófilas y en los colectores de aluminio.

ÁREA DE ESTUDIO

La Ciénaga de Mestizo está ubicada al sur oriente del golfo de Morrosquillo, en el estuario de la Bahía de Cispatá - municipio de San Antero, departamento de Córdoba. La bahía posee una superficie aproximada de 130 km², se encuentra localizada entre los municipios de San Antero, San Bernardo del Viento y Loricá. Comprende el área correspondiente al Antiguo Delta del río Sinú. La Ciénaga de Mestizo está ubicada geográficamente a 90° 23' de latitud norte y 75° 23' de longitud oeste (Olaya et al, 1987) (Figura 1).

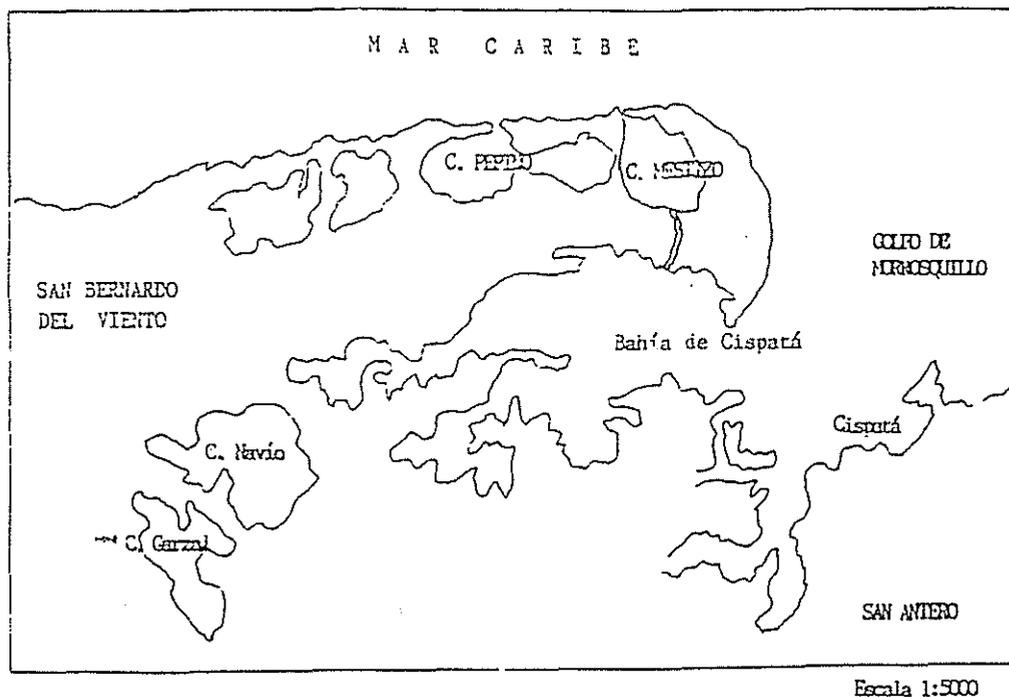


FIGURA 1. Ubicación de la ciénaga de Mezizo

DESCRIPCION DE LAS TÉCNICAS DE CULTIVO

Fijación en colectores de llantas y Crecimiento en Canastas Ostrófilas

Los colectores de llanta fueron instalados durante la fase de fijación por dos meses en una troja cerca al manglar, realizando una limpieza semanal de cada colector. Al cabo de este tiempo, las semillas fueron separadas de las llantas, individualizadas y seleccionadas por tallas, las sobrevivientes fueron puestas a crecer a diferentes densidades de acuerdo a la talla en las canastas ostrófilas por 5 meses hasta la cosecha, durante está fase de crecimiento, se realizó la limpieza diariamente con cepillo en cada canasta. Las instalaciones utilizadas para el desarrollo de está técnica fueron:

Colectores de llantas de caucho. Cada uno consta de cuatro laminas de llantas de caucho de 20 x 25 cm, suspendidas con una cuerda plástica y separadas mediante nudos a una distancia de cm. Revestidos con una mezcla de cemento, arena y cal. (Figura 2A). Se trabajó con 436 colectores, desde marzo de 1994.

Canastas Ostrófilas. Formadas en marcos de madera y mallas plásticas de diferentes diámetros según las tallas de las ostras depositadas.

Troja. Similar a un muelle de 14.5 m de longitud por 3 m de ancho, ubicada cerca al manglar permite en la parte inferior la instalación de colectores en la etapa de fijación. Sobre este se pueden realizar los trabajos operacionales de cosecha y vigilancia

Fijación y Crecimiento en Colectores de Alambre de Aluminio

Esta técnica de origen cubano consiste en utilizar colectores de aluminio simulando una raíz de mangle, revestidos con una mezcla de cemento y arena suspendidos con una cuerda de nylon tanto para la fase de fijación como de crecimiento. La fase de fijación, se realiza sobre el perímetro de la ciénaga cerca al manglar donde ocurre el desove, allí se ubican los tendales de fijación y los colectores son instalados formando una cortina para captar semillas, se realiza la primera limpieza al mes (mediante leves movimientos del colector dentro del agua, para remover el sedimento) y al cabo de dos meses se limpian de la misma forma que la anterior y los que presentan fijación son seleccionados y trasladados a las líneas de crecimiento colocándolos de tal forma que los colectores permanezcan totalmente sumergidos, favoreciendo una alimentación continua. La limpieza de los colectores o control fouling se realiza sometiendo los colectores en la línea de crecimiento a una exposición de sol y aire cada ocho días por 24 horas, levantando cada vara y apoyándola en los travesaños con el fin de evitar la adherencia de organismos competidores por espacio y alimento, los cuales no permiten un buen crecimiento de la ostra. La cosecha se realiza hasta alcanzar la talla comercial a los siete meses de instalados, retirando los colectores de las líneas de crecimiento y trasladándolos a la troja, donde se desprenden las ostras y se lavan con agua de la misma ciénaga. Las instalaciones utilizadas para el desarrollo de ésta técnica son:

Colectores de Alambre de Aluminio. Construidos con alambre de alta tensión de calibre # 1/0, que viene entrelazado en seis filamentos, se cortan en segmentos de 130 cm de largo, se unen dos pedazos y se doblan formando cuatro ramas y luego cada rama se destrenza obteniendo finalmente 24 filamentos por colector. Estos se preparan abriendo los filamentos y cubriéndolos con una mezcla de arena y cemento en una proporción 2:1, formando una capa que es atractiva por su textura a las larvas en su proceso de fijación; se dejan secar al aire libre durante 24 horas (Fig. 2B). Como experiencia preliminar se instalaron 134 colectores en mayo de 1995.

Tendales de Fijación. Son estructuras hechas con postes de mangle de 4 pulgadas y 1.5 m de altura, que se instalan fijas al fondo sobre el perímetro de la ciénaga, bordeando al manglar. Estos postes están dispuestos unos de otros a 3 m, atando con cuerdas plásticas en la parte superior varas de mangle de 5 m en forma horizontal, donde se suspenden los colectores para la captación de semilla.

Líneas de Crecimiento. Ubicadas lejos del áreas de desove o fijación para prevenir posibles incorporaciones de reclutas. Una línea de crecimiento consta de 11 postes de mangle de 5 pulgadas dispuestos en línea recta con una separación de 2.5 m. Cada poste en su extremo superior lleva fija una cruceta de 1.5 m, sujeta a cada extremo por pies de amigos de 1 y 0.8 m clavados al poste. Los postes van unidos entre si por ambos extremos de las crucetas mediante varas de 3 metros de longitud dispuestas horizontalmente, donde son instalados los colectores de aluminio en fase de crecimiento. Las varas son atadas con cuerdas plásticas a los extremos de las crucetas, las cuerdas además permiten ajustar la posición de los colectores en inmersión total o arriba de la superficie del agua para la limpieza. Cada línea consta de 10 secciones de 15 colectores cada una (8 por un lado y 7 por otro). La distancia entre líneas es de 5 m, para dar capacidad de trabajo a una embarcación por ambas bandas.

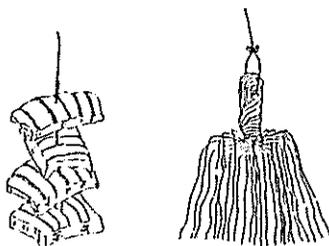


FIGURA 2. A. Colectores de llanta - B. Colectores de aluminio

METODOLOGIA

Parámetros físico-químicos, maduración gonadal y densidad larval

En la ciénaga de Mestizo durante 1994 y 1995, quincenalmente se registró la salinidad, la temperatura, el pH, el color de agua, el nivel de las mareas y estado del tiempo. Periódicamente se clasificaron 120 ostras adultas del medio natural, en los diferentes estadios de maduración, utilizando la escala establecida por Nikolic y Soroa (1971) observando la coloración y proporción de cobertura de la gónada con respecto a la masa visceral. Para determinar los periodos con mayor densidad larval se seleccionaron tres subestaciones ubicadas cerca al manglar en la ciénaga y quincenalmente en cada una se realizaron arrastres de plancton superficiales en línea recta, por una distancia de 100 m a una velocidad mínima y constatare, con una red de 80 micras en 1994 y de 100 micras en 1995. Las muestras se fijaron en formol al 4% y se dejaron en reposo por 24 horas hasta la decantación de estas, el sobrenadante fue eliminado y las larvas cuantificadas al estereoscopio en una cámara de zooplancton. Los valores obtenidos son extrapolados a un metro cúbico, de acuerdo a Quayle (1981).

Potencial de la población natural

Para conocer el potencial de ciénaga como proveedora de semilla, es necesario conocer la abundancia y estado de salud de los bancos naturales. De acuerdo a Frías (1995) inicialmente se determinó el perímetro de la Ciénaga de Mestizo y luego se distribuyeron aleatoriamente 40 estaciones, donde se midió la biomasa, densidad poblacional, morfometría y mortalidad presentada por metro cuadrado en cada una de las estaciones que dieron la cobertura total del área. El Perímetro de la Ciénaga de Mestizo fue estimado de acuerdo al tiempo recorrido en una longitud de 25 m, obteniendo este tiempo se aplicó la fórmula de velocidad dando un valor de 1.54 m /seg. Posteriormente se realizó el recorrido bordeando el área de estudio a la velocidad calculada, en los dos sentidos, se promediaron y registraron los tiempos empleados en cada trayecto 34 minutos, 17 segundos, para calcular el perímetro recorrido, aplicando la fórmula (Espacio = Velocidad x Tiempo).

Fijación y mortalidad de semilla

Se evaluó el número de semillas fijadas en los colectores de llanta como en los de aluminio y la mortalidad, por desprendimiento en los primeros. Se determinaron los mejores periodos y zonas de fijación, seleccionando 5 estaciones alrededor de la ciénaga y cuantificando la fijación en los colectores periódicamente.

Crecimiento generacional, mortalidad y estimación de la producción

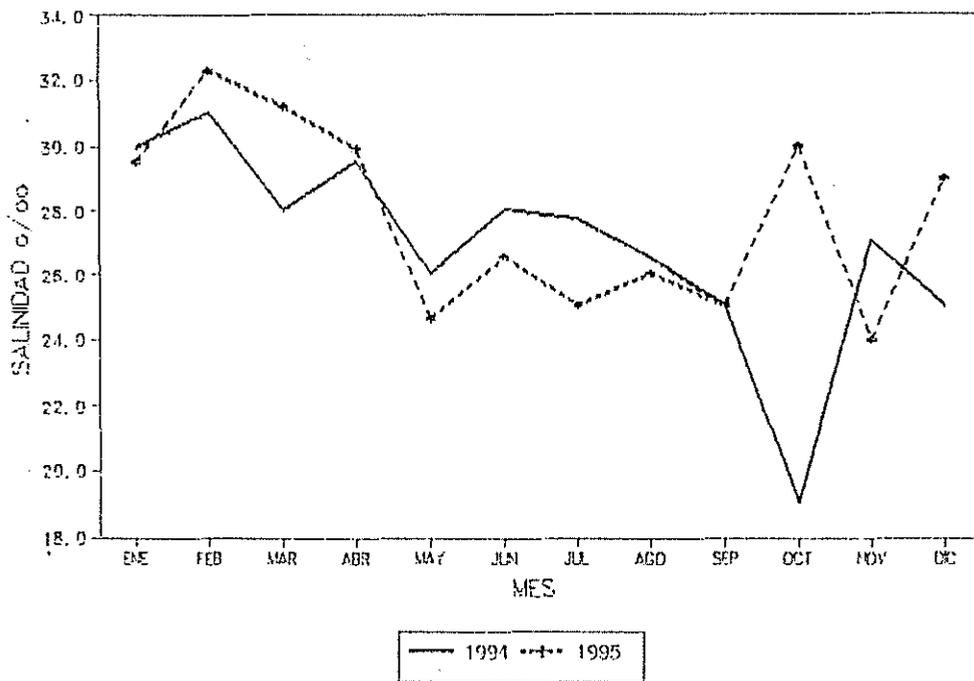
El seguimiento del crecimiento para ambos casos, se inició después de dos meses de instalados los colectores, midiendo mensualmente la longitud total de las ostras con un calibrador (desde el umbo hasta el extremo opuesto de las valvas). En las canastas ostrofilas se tuvo en cuenta el crecimiento a las diferentes densidades. Durante estos muestreos se determinó el porcentaje de mortalidad natural de la ostra y en la cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSION.

Parámetros Físico-Químicos

La salinidad en 1994 varió entre 19 ‰ y 31 ‰ y en 1995 entre 22 y 32.5 ‰. Los valores mínimos se presentaron principalmente en octubre en el primer año y en mayo en 1995, debido a las lluvias ocasionales que modificaron la salinidad en la capa superficial del agua. Los valores máximos se presentaron en febrero para ambos años (Figura 3).

EN LA CIENAGA DE MESTIZO EN 1994 Y 1995



La temperatura del agua presentó pocas variaciones, fluctuando entre 29 y 32°C, observando el mayor valor en junio y abril y el mínimo en enero. El rango mareal fue de 40 cm al variar los niveles de marea entre -10 cm a +30 cm en la columna de agua. La visibilidad varió de 105 cm a 180 cm. La profundidad promedio es de 1.5 m. El pH fluctuó entre 7.3 y 8.5. El oxígeno de 3 a 6.4 mg/l.

Según Nikolic (1970), Nikolic y Alfonso (1971) y Nikolic, et al (1978), el área adecuada para cultivo de ostra de mangle debe reunir las siguientes condiciones ecológica óptimas: 25 - 30 oC de temperatura. 28 - 36 o/oo de salinidad. 7.9 - 8.1 de pH. 2 - 5 mg/l de oxígeno disuelto. Corrientes marinas débiles y constantes, adecuada protección contra el oleaje. y estar libre de contaminación

Maduración Gonadal

Durante el período de estudio se registró un alto porcentaje de los estados III y IV, siendo estos dos aptos y muy próximos para desovar. Los estados I, II y V no fueron representativos, lo cual podría indicar una maduración constante y rápida. El desove ocurre durante todo el año con mayor o menor intensidad, presentándose los mayores picos de maduración se presentaron en los períodos marzo-abril y septiembre-octubre, y finalmente junio-julio en estos meses se observaron lluvias por períodos cortos (Tabla 1). Las variaciones bruscas de salinidad parecen tener gran influencia sobre este factor. La temperatura parece no tener una influencia notable, debido a la poca variación que presenta en los 40 cm de la columna de agua a nuestra latitud.

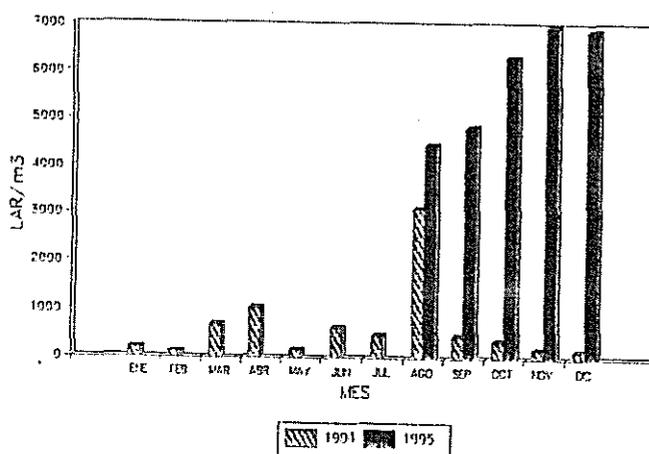
ESTADOS DE MADURACION GONADAL DE LA OSTRAS EN LA CIENAGA DE MESTIZO EN 1994 Y 1995

ANO	ESTADIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	I	0,00	1,67	0,00	0,00	1,67	3,33	1,67	6,67	3,33	1,67	11,67	3,33
	II	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00	0,00	6,67	1,67	1,67	0,00	6,67	6,67
	III	73,33	56,67	50,00	31,67	50,00	45,00	38,33	45,00	46,67	38,33	38,33	51,67
	IV	26,67	35,00	48,33	60,00	38,33	48,33	43,33	36,67	45,00	50,00	31,67	31,67
	V	0,00	6,67	1,67	6,67	10,00	3,33	10,00	10,00	10,00	3,33	10,00	11,67
9	I					11,25	10,60	10,00	14,20	7,90	6,70	8,05	8,10
	II					29,15	30,30	28,70	37,50	19,20	22,50	17,55	16,50
	III					35,00	31,60	34,60	19,15	28,75	27,50	27,45	28,50
	IV					13,35	16,00	16,25	14,60	32,50	35,40	33,40	34,85
	V					11,25	11,50	10,45	14,55	11,65	7,90	13,55	12,05

Densidad Larval

Las larvas de ostras para ambos años se presentaron en mayor densidad en las subestaciones 2 y 3 ubicadas cerca a la troja, la 3 al sur frente a la entrada del mar a la ciénaga, la 2 al oeste y la 1 al noreste del área de estudio, lo cual nos puede indicar la variación espacial de las larvas por la influencia de corrientes. La densidad larval total obtenida en 1994 fue menor que la de 1995, debido probablemente a las diferencias de micras en la red. En 1994 los mayores picos se presentaron en agosto y en abril con 3112 y 1024 lar/m³ respectivamente y el menor pico en febrero. En 1995 el mayor pico ocurrió en noviembre, siendo en general bueno el periodo de agosto a diciembre (Figura 4). La abundancia larval parece coincidir con la presencia de lluvias ocasionales en la zona que producen los cambios bruscos de salinidad que fluctuaron de 22 a 30 o/0.

DENSIDAD LARVAL (LAR./m³) MENSUAL
EN LA CIENAGA DE MESTIZO EN 1994 Y 1995



Potencial de la Población Natural

El perímetro de la ciénaga de Mestizo es de 3168.28 m aproximadamente. De acuerdo a los muestreos de la población de la ostra realizados en las 40 estaciones, se obtuvo una densidad mínima de 86 ostras/m² y una máxima de 910 ostras/m²; una biomasa mínima de 1.3 kg/m² y máxima de 7.2 kg/m². La talla mínima promedio encontrada en el medio natural fue de 2.53 cm y la máxima de 5.69 cm. El porcentaje de mortalidad natural presentada fue mínimo de 2.2 % y máximo de 35 %.

Según la experiencia cubana (Frias, 1995) se definen como poblaciones naturales con posibilidades de suministrar semillas en magnitud comercial, aquellas que presentan desviaciones típicas de densidad no mayores a 14 ostra/m², con mortalidades no mayores al 20%, y con una biomasa promedio mayor de 1 kg/m² para cada estación. De acuerdo a la evaluación las ostras en la ciénaga de Mestizo presentan buen estado de salud y potencial proveedora de semillas de las poblaciones naturales.

Fijación de semilla

En los colectores de llanta los mayores picos de fijación desde marzo hasta diciembre de 1994, se presentaron en junio-septiembre y en noviembre-diciembre. Y los mas bajos en marzo-abril

En periodos de buena fijación los colectores de llanta captaron hasta 550 semillas/colector, Presentaron una mortalidad por colector de 1 a 60 % , con promedio de 30 % por desprendimiento (especialmente en semillas menores a 5 mm) y demás procesos para ser transferidas a las canastas de crecimiento. Los colectores de aluminio captan hasta 400 semillas y no ocurre mortalidad de semilla por desprendimiento, al dejarlos crecer en el mismo colector hasta alcanzar la talla comercial, ahorrando así tiempo y esfuerzo. De julio a diciembre de 1995 en estos la fijación fue buena en septiembre, noviembre y diciembre (Tabla 2).

FIJACION Y MORTALIDAD DE SEMILLA DE LA OSTRA EN LOS COLECTORES DE LLANTA
EN LA CIENAGA DE MESTIZO MAR-DIC 1994

PERIODOS	# DE	FIJACION	PROMEDIO	MORTAL	PROMEDIO	%	SEMILLAS	PROMEDIO	%
FIJACION	COL.	SEMILLA	SEM/COL.	X DESPL.	MORT/COL.	MORTAL	RECOLEC.	SEM/COL.	SEM/COL.
MAR-ABR	85	9831	114	104	1	1	9727	113	99
ABR-JUN	100	14973	150	5889	59	39	9104	91	61
JUN-JUL	100	23514	235	5103	51	22	18411	184	78
JUL-SEP	50	12740	255	1119	22	9	11821	232	91
SEP-NOV	50	8228	165	4901	98	60	3327	67	40
NOV-DIC	50	12207	244	7241	145	59	4986	99	41
TOTAL	438	81493	187	24337	58	30	57158	131	70

A nivel espacial las mayores fijaciones se presentaron en las estaciones No 3, 4 y 5 y las mínimas en las No 1 y 2, estas últimas ubicadas al noreste cerca a la boca de la ciénaga, estando mas expuestas a cambios oceánicos fuertes por el oleaje y corriente que probablemente no permitieron una buena captación de larvas, .

La distribución vertical de la fijación en la ciénaga de Mestizo fue de 40 cm en la columna de agua, coincidiendo con el rango mareal presentado. Sin embargo, ocurren variaciones mareales estacionales importantes que se deben precisar con el fin de aprovechar al máximo los colectores. La fijación no siempre fue homogénea en el mismo colector, algunas veces se observó mayor fijación en la parte superior que en la inferior o viceversa. Esto puede ocurrir por no tener en cuenta la altura de instalación de los colectores, de acuerdo a la fijación vertical en el medio natural o el nivel intermareal o eulitoral donde residen las ostras .

Crecimiento Generacional

La talla de las ostras iniciando la fase de crecimiento fue mínimo de 28.9 mm en las canastas ostrofilas y de 25.3 mm en los colectores de aluminio, lo cual muestra el aprovechamiento de todas las semillas fijadas. El crecimiento generacional se realizó a diferentes densidades en las canastas ostrofilas, obteniendo las mayores tallas en las canastas de menor densidad (46 mm) y las menores en las cajas de mayor densidad (37.8 mm) . Se observó un incremento mensual en longitud de 1 a 4.7 mm en las canastas ostrofilas y de 4 a 11.7 mm en los colectores de aluminio. Siendo siempre mayor en el primer mes (Tabla 3).

CRECIMIENTO MENSUAL DE LA OSTRA EN LONGITUD PROMEDIO (mm) EN
LAS CANASTAS OSTROFILAS Y EN LOS COLECTORES DE ALUMINIO
EN LA CIENAGA DE MESTIZO

CRECIMIENTO EN	CANASTA A	DENSIDAD OSTRO/CANASTA	MES					
			0	1	2	3	4	5
CANASTAS OSTROFILAS	1	500	38.7	41.4	42.7	43.8	44.1	46.0
	2	500	35.4	37.7	40.5	41.4	42.7	45.1
	3	1300	37.7	38.7	39.2	39.8	40.3	40.6
	4	1300	36.7	38.5	39.3	41.9	42.2	43.7
	5	1500	32.3	34.8	35.6	37.0	37.5	37.9
	6	1600	28.9	33.6	34.6	34.9	35.3	37.8
COLECTOR ALUMINIO	1	200	29.4	33.4	42.1	49.4	57.0	60.0
	2	250	25.3	37.0	38.4	46.9	47.7	48.9

El crecimiento en los colectores de aluminio fue más rápido, tal vez, por estar ubicarlos más lejos de la zona de desove, reduciendo así la llegada de nuevos reclutas. Además la efectiva limpieza disminuyó la competencia por espacio y alimento. Las longitudes promedio mensuales, mostraron un incremento entre 4.0 y 11.7 mm en los colectores de aluminio al mes de instalados en las líneas de crecimiento (Tabla 3).

El crecimiento en longitud para la ostra de mangle a los siete meses de edad en la ciénaga de Mestizo, fue de 37.8 a 46 mm en las canastas ostrófilas. y de 48.9 a 60.8 mm en los colectores de aluminio (Tabla 4).

INCREMENTO MENSUAL EN LONGITUD (mm) Y % DE MORTALIDAD DE LAS OSTRAS
EN LAS CANASTAS OSTRÓFILAS Y EN LOS COLECTORES DE ALUMINIO
EN LA CIÉNAGA DE MESTIZO

CRECIMIENTO EN	CANASTA #	DENSIDAD OSTR/CANASTA	MES					MORTALIDAD (%)
			1	2	3	4	5	
CANASTAS OSTRÓFILAS	1	500	2,7	0,8	1,6	0,3	1,9	0,5
	2	500	2,3	2,8	0,9	1,3	2,4	0,4
	3	1300	1,0	0,5	0,6	0,5	0,3	3,0
	4	1300	1,8	0,8	2,6	0,3	1,5	2,0
	5	1600	2,5	0,8	1,4	0,5	0,4	5,0
	6	1600	4,7	1,0	0,3	0,4	2,5	3,0
COLECTOR ALUMINIO	COLECTOR	OSTR/COLECTOR	1	2	3	4	5	MORTALIDAD
	1	200	4,0	8,7	7,3	8,4	3,0	0,8
	2	250	11,7	1,4	8,5	0,5	1,5	0,7

Mortalidad

La mortalidad en las canastas ostrófilas varió de 0.4 - 5 %, con un promedio de 2.31 %, producida principalmente por predadores y aumentando con la densidad. En los colectores de aluminio la mortalidad fue baja varió entre 0.75 y 0.83%, con un promedio de 0.79 %, observando poca depredación, tal vez, por estar ubicados más lejos del manglar (Tabla 3).

Estimación de la Producción

En las canastas la producción esta dada por la densidad y mortalidad presentada en las canastas, con mejores resultados a una densidad de 500 ostras/m², alcanzando una longitud no mayor a 46 mm a los siete meses de edad (ver tabla 4). La producción de ostra obtenida a los siete meses de instalados en los 134 colectores de aluminio fue de 402 kg y 25.000 ostras, con longitudes promedio entre 48.9 y 60.8 mm.

En los colectores de aluminio se tuvo un rendimiento promedio de 186 ostras/colector, un peso promedio de 3 kg/colector, alcanzando pesos hasta de 5 kg/col. El porcentaje de ostras individuales fue del 27% con tallas promedio entre 48.0 y 7 mm aproximadamente, el porcentaje de mortalidad durante la cosecha fue del 1%.

La talla de comercialización de la ostra en la zona es menor de 50 mm. El rendimiento en carne de la ostra es del 20% equivalente a una relación 5:1.

La técnica de cultivo con llantas de caucho tiene grandes inconvenientes, por la alta mortalidad de semilla producida por manipulación de estas para ser trasladadas a las canastas ostrófilas, donde se presenta una alta mortalidad por depredación, un lento y bajo crecimiento de las ostras. Con la aplicación de la técnica cubana se aprovechan mejor los espejos de agua de la ciénaga y se pueden obtener tallas óptimas de comercialización. Además se ahorra la inversión de tiempo y mano de obra en los procesos de desprendimiento y limpieza, los colectores de aluminio tienen la ventaja de ser reutilizables, livianos y de fácil manejo.

CONCLUSIONES

La Ciénaga de Mestizo presenta las condiciones ambientales apropiadas para el desarrollo del cultivo de la ostra. Los picos de mayor intensidad de desove ocurrieron en septiembre-octubre y diciembre. Los de densidad larval durante octubre, noviembre y diciembre y la fijación de junio a diciembre. Los anteriores procesos parecen estar principalmente influenciados por cambios de salinidad con presencia de lluvias por periodos cortos.

La población natural de la ostra *Crassostrea rhizophorae* en la ciénaga de Mestizo en 1995, presentó una densidad de 86 - 910 ostras/m², una biomasa de 1.3 a 7.2 kg /m², con tallas promedio de 25.3 a 56.9 mm de longitud y una mortalidad de 2.2 a 35 %.

Los colectores de llanta captan hasta 550 semillas, con un promedio 187 semillas/colector y una mortalidad por desprendimiento del 30 %. En las canastas ostrófilas el crecimiento fue bajo y lento, obteniendo tallas entre 37.8 y 46 mm a los siete meses de edad . La mortalidad se presentó principalmente por depredación, varió de 0.5 a 5 %, obteniendo los mejores resultados a la menor densidad de siembra (500 ostras/colector).

Con la técnica cubana en los colectores de aluminio se llegaron a captar hasta 400 semillas, con un promedio de 225 ostras/colector, no ocurre mortalidad por desprendimiento, el crecimiento fue más rápido, a los siete meses alcanzaron tallas entre 48.9 y 60.8 mm de longitud. La mortalidad fue menor a 0.8 %. Producen un rendimiento promedio de 187 ostras/colector con un peso de 3 a 5 kg/colector.

RECOMENDACIONES

Es necesario continuar con la validación y ajuste de la técnica cubana en los aspectos bioecológicos, operativos y económicos de la ostra a nivel piloto, a fin de desarrollar y transferir un paquete tecnológico viable, que permita incrementar la producción y diversificar la maricultura en Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

- FRÍAS, J.A. 1995. Reporte Final Asesoría en Cultivo de Moluscos Bivalvos. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, INPA y Centro Nacional de Investigación de Acuicultura- CENIACUA. Santafé de Bogotá, 75 pp.
- NIKOLIC, M. 1970. Apuntes Biológicos del Ostión de Mangle *C. rhizophorae* Guilding 1828, INTEM. Centro de Investigación Pesquera. Instituto Nacional de Pesca Cuba, mayo 31. 31 p (mimeo)
- NIKOLIC, M.J. SOROA. 1971. El ostión de Mangle *C. rhizophorae*, Guilding 1828, Algunas Observaciones sobre sus Dimensiones, Pesos y Sexos. FAO, Fish-Rep., (71.2): 201-208.
- NIKOLIC, M.Y.S., J. ALFONSO, 1971. El Ostión de Mangle *C. rhizophorae*, Guilding 1828, Explotación del Recurso y Posibilidades para el Cultivo. FAO. Fish-Rep. (71-2): 201-208.
- NIKOLIC, M.A.C. BOSH y S. J. ALFONSO, 1978. System Forming the Mangrove Oyster *C. rhizophorae*, Guilding 1828, (Ms) (m. pros)
- OLAYA, H.H. D. CENTENARO, I. LEGUIZAMO, F. PINEDA. 1987. Los Bosques de Mangle del Antiguo Delta del Río Sinú (Córdoba, Colombia). Universidad de Córdoba, Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior -ICFES, Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge, C.V.S. División de Recursos Naturales. 32 pp.
- QUAYLE, D. 1981. Ostras Tropicales Cultivo y Métodos. Ottawa, Ontario CIID. IDRS-TS.

ESTUDIO EPIZOOTIOLÓGICO DE *Penaeus vannamei* EN TRES FINCAS CAMARONERAS DEL CARIBE COLOMBIANO

3.8

Adriana Vallejo Isaza¹

RESUMEN

El creciente desarrollo en la actividad acuícola del cultivo del camarón marino a nivel mundial, sumado al deterioro ambiental de los ecosistemas acuáticos, ha traído consigo la aparición y establecimiento de diversos agentes etiológicos de enfermedad, causando grandes pérdidas de carácter económico. Con el fin de determinar el estado de sanidad de los camarones, se llevó a cabo un estudio con la especie *Penaeus vannamei* en tres fincas, durante tres ciclos de cultivo consecutivos. Basándose en los signos clínicos externos de una muestra de la población, se determinó la prevalencia de enfermedad y por la confirmación mediante diagnóstico histopatológico, la presencia y grado de severidad de algunos agentes infecciosos causantes de enfermedad como virus, bacterias y protozoos.

Se determinó la variación espacial y temporal en el tipo y frecuencia de los diferentes signos clínicos y la relación con algunos factores fisicoquímicos, biológicos y de manejo que intervienen en la relación huésped-parásito-ambiente. Entre los signos de enfermedad de mayor prevalencia estuvieron: talla pequeña, cutícula con textura blanda, necrosis cuticular, coloración rosado difuso, apéndices y branquias ennegrecidas, músculos abdominales opacos y tumores o deformidades, los cuales reflejan la presencia de diferentes tipos de agentes infecciosos tales como el virus IHHNV, *Baculovirus penaei*, virus de la vacuolización del órgano linfoide (LOVV) y la aparición por primera vez del denominado Virus tipo Síndrome de Taura (TSV), causante de grandes mortalidades durante el segundo ciclo de cultivo estudiado. Estos fueron caracterizados histológicamente mediante las alteraciones en la estructura celular de los diferentes tejidos y/o la presencia de cuerpos de inclusión. Bacteremias e infestación por protozoos también fueron analizadas.

La variación de la salinidad del medio, constituyó uno de los principales factores correlacionados con la calidad bacteriológica del agua y la salud de los camarones, a su vez determinada por los regímenes de lluvias en la zona de estudio, durante el período de muestreo. Otras variables fisicoquímicas y de manejo de los estanques fueron analizadas y correlacionadas con la prevalencia de las enfermedades.

¹ INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta, Magdalena. Tel. 954-211380/ 214774 Fax 211377

2.3. OTROS RECURSOS VIVOS

ESTRUCTURA DE LA TAXOCENOSIS ANNELEDA-MOLLUSCA EN LA REGION DE MINGUEO, GUAJIRA (CARIBE, COLOMBIANO)

1.9

Angela I. Guzman-Alvis¹ y Oscar David Solano P.¹

RESUMEN

En una red de 10 estaciones que se ubicaron entre los 6 y 21.5 m de profundidad en la plataforma continental comprendida entre Dibulla y el Río Palomino, se hizo una caracterización puntual de las comunidades del macrozoobentos de fondos blandos. En cada estación se hicieron cuatro lances de una draga van Veen, de los cuales uno se tomó para el análisis granulométrico y los tres restantes para el biológico. Los resultados que se presentan, incluyen el noventa por ciento de los organismos recolectados, comprendiendo los poliquetos el 69 %, crustáceos el 15 % y moluscos el 6 %. Los análisis se hicieron a nivel de familia de los taxa antes mencionados. Con fin de definir las comunidades, se realizó un análisis de clasificación entre estaciones y los grupos allí obtenidos se confrontaron en un ordenamiento multidimensional no métrico. Para cada comunidad se recalcularon abundancias, número de familias, familias dominantes, características y la diversidad con base en las curvas de k-dominancia. Igualmente, se construyeron curvas ABC, con el fin de observar el grado de perturbación en cada ensamblaje. Finalmente el patrón de distribución biológico hallado se relacionó con variables ambientales como profundidad y tamaños de grano del sedimento, usando la técnica del BIOENV. Los resultados mostraron dos comunidades, denominadas Cossuridae y Lumbrineridae dado que estas familias de poliquetos fueron características de cada una. La comunidad Cossuridae estaba asentada en cienos, más lejos de la costa, fué la más diversa y presentó mayor biomasa que la comunidad Lumbrineridae. Esta última, estuvo asentada sobre arenas muy finas y más someras. Las curvas ABC mostraron que ambos ensamblajes estaban perturbados, se cree que esta perturbación es de origen natural dado que en la zona no existe actividad industrial. La profundidad y arenas muy finas, fueron las variables que mejor explicaron el patrón de distribución espacial hallado.

¹ INVEMAR-ECOPETROL, A.A 1016, Santa Marta, Magdalena, Tel. 954-211380/ 214774, Fax 211377.

ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPONJAS EN LOS ATOLONES COLOMBIANOS DEL CARIBE SUROCCIDENTAL

1.34

Sven Zea¹

RESUMEN

Se obtuvieron datos de abundancia de esponjas en tres de los atolones del Archipiélago de San Andrés y Providencia en el caribe suroccidental. Los cayos Albuquerque fueron visitados en mayo-junio de 1994, y los bancos de Serrana y Roncador, en mayo-junio de 1995, a bordo del B/I Ancón del INVEMAR. Se encontraron 96 especies de esponjas en transectos de banda en 42 estaciones visitadas entre 2,5 y 22 m de profundidad. El número de especies por estación varió entre 4 y 26, y la densidad entre 5,6 y 126,0 individuos 20 m⁻². El análisis de clasificación de las estaciones de acuerdo a la densidad de las especies no mostró ninguna relación con la zonación geomorfológica o ecológica, la profundidad, el grado de exposición al oleaje o el atolón. La ordenación adicional de las estaciones mediante la técnica de Análisis de Correspondencia solamente mostró una ligera relación de la composición de las especies por estación de acuerdo con la profundidad, el grado de exposición al oleaje, y el atolón. Sin embargo, no hubo relación con la importancia de otros componentes bentónicos como cobertura de coral vivo, de formas algales o de esponjas, o la cantidad relativa de coral muerto. Empero, el análisis inverso para encontrar la especies características de las distintas zonas arrecifales reveló que aparte de varias esponjas euritópicas, la mayoría de las especies presentan preferencias marcadas por el hábitat. Sin embargo, su frecuencia de ocurrencia en las estaciones que lo representan es en general muy baja y en mosaico, resultando en un fuerte componente aleatorio en su distribución. La dominancia entonces, cambia de una especie a otra en distancias de decenas a centenares de metros en una misma zona arrecifal dentro del mismo atolón y también entre atolones. Las diferencias en densidad total entre zonas arrecifales dependieron del atolón; en la terraza prearrecifal de barlovento Roncador tuvo las mayores densidades, mientras que en la laguna las mayores densidades se encontraron en Serrana. Globalmente, las terrazas profundas que bordean los atolones, y Serrana, presentaron las mayores densidades. El fuerte componente aleatorio en la distribución de esponjas es interpretable en términos de la relativamente baja capacidad de dispersión de las larvas, fenómeno conocido en muchas esponjas. Así, la ubicación remota de los atolones hace que la identidad y el momento de arribo de larvas de esponjas sea un evento azaroso, presentándose diferencias en dominancia entre atolones. También, los eventos azarosos de extinción y colonización local, junto con la proliferación de las poblaciones fundadoras producen un fuerte mosaicismismo en la dominancia dentro de una misma zona arrecifal.

¹ INVEMAR-Universidad Nacional de Colombia. AA 1016, Santa Marta, Magdalena. Tel. (954) 214774-75, Fax (954) 2113 77 E-mail: szea@santamarta.cetcol.net.co

DISTRIBUCIÓN DE *Uca (Minuca) vocator ecuadoriensis* Y SUS MADRIGUERAS EN RELACIÓN A FACTORES AMBIENTALES DE LA ISLA LA PLATA, BAHÍA DE MÁLAGA

1.57

Angela M. Navarrete¹, Isabel C. Romero¹ y Jaime Ricardo Cantera K¹

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en un manglar de borde del Archipiélago de la Plata, situado en el interior de la Bahía de Málaga.

Se estudió una población de cangrejos violinistas de la especie *Uca vocator ecuadoriensis* del manglar, con el fin de conocer si la distribución de los individuos de acuerdo con el sexo, edad (talla) o estado de madurez está fuertemente relacionada con el tamaño de las partículas componentes del sustrato como sucede con otras especies del género en el mundo. Se realizaron 5 transectos perpendiculares a la línea de marea y cada uno de ellos se dividió en tres zonas de las que se tomaron tres muestras en cuadrantes de 50 x 50 cm para el conteo de madrigueras y medida de su diámetro. Se tomó también una muestra de sustrato para hacer el análisis granulométrico.

Individuos con coloraciones variadas se encontraron ocupando diversas áreas madrigueras (en un rango entre 2 y 5 mm) diferentes de acuerdo con la propia talla del cangrejo. Los resultados encontrados en el análisis granulométrico fueron relacionados con la frecuencia encontrada con los dos rangos de diámetros en la abertura de las madrigueras y con las características de los cangrejos, y se encontró que no existe variación alguna de sustrato entre las zonas y que las tallas de los agujeros no están relacionados ni con el sexo, ni con el estado de madurez, pero sí con la talla del cangrejo y con la composición granulométrica de la fracción de sustrato en la cual se encuentra. También se pudo comprobar que las formas de color que se presentan son variaciones intraspecíficas que no pudieron ser relacionadas directamente con una fase reproductiva de los individuos estudiados.

¹ Universidad del Valle. Departamento de Biología. A.A. 25360, Cali. Tel.: (92) 3393243; Fax (92) 3392440
e-mail: isaro@biomarina.univalle.edu.co o jcantera@biomarina.univalle.edu.co

ABUNDANCIA Y PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE ANÉMONAS EN PUNTA VIGÍA, CARIBE COLOMBIANO

3.10

Javier Reyes¹, Lina Ma. Barrios¹, Gabriel R. Navas¹ y Camilo B. García¹.

RESUMEN

De febrero a octubre de 1995 se estudió la abundancia y patrones de distribución de las anémonas *Lebrunea coraligens*, *L. danae*, *Discosoma santhitomae*, *Bartholomea annulata* y *Bunodeopsis antillensis*, asociadas a la formación arrecifal coralino-rocosa de Punta Vigía, Parque Nacional Natural Tayrona. El muestreo se llevó a cabo por medio de 4 transectos perpendiculares a la línea de costa, ubicados desde la zona expuesta (transecto 1) hasta la zona protegida (transecto 4) a la acción del viento y oleaje predominantes. Estos se extendieron hasta el límite de la formación, la cual alcanzó los 20, 25, 19 y 13 m de profundidad respectivamente. En cada uno de ellos se evaluaron tres corredores de cuadrantes (5 cuadrantes de 2 m de lado dispuestos perpendicularmente al transecto) ubicados en sus partes somera, media y profunda, exceptuando el más expuesto en el cual únicamente se evaluó el corredor intermedio. En cada corredor se identificaron y cuantificaron los individuos de cada especie, se describió su morfología externa y microhabitat, y se colectaron y fijaron algunos ejemplares que fueron descritos posteriormente. Las densidades relativas al sustrato duro (determinado por el método de transecto-cadena) de cada especie se compararon a través de la prueba de χ^2 para observar si existían diferencias en las densidades de cada una con respecto a la exposición. La cantidad de sustrato duro total, se relacionó con la abundancia de cada especie. Los porcentajes de coral vivo y muerto obtenidos por el método de transecto cadena para cada corredor, así como la profundidad, fueron relacionados con la densidad relativa al sustrato duro de cada especie de anémonas, mediante gráficas de variable vs. densidad. Se determinó el patrón de distribución de cada especie mediante el índice de Perry-Hewit. Los análisis indican que la disminución en el grado de exposición se ve reflejado en un aumento paulatino de la densidad de *L. coraligens* y *L. danae*, mientras que *B. antillensis* sólo se encuentra en zonas protegidas, *D. santhitomae* tiende a ubicarse en zonas intermedias y *B. annulata* se presenta en forma relativamente homogénea en el gradiente. *D. santhitomae* se presenta en zonas con mayor cantidad de sustrato duro total, la abundancia de *L. coraligens* y *B. antillensis* presenta un comportamiento inverso, mientras que para *B. annulata* y *L. danae* este no parece ser un factor determinante. El porcentaje de coral vivo y muerto, y la profundidad para las cinco especies no es un factor determinante en su densidad. Según el índice de Perry-Hewit, *B. antillensis* y *L. coraligens* presentan tendencias agregadas independientemente de los transectos y *B. annulata* al azar. La prueba fue inaplicable para *L. danae* y *D. santhitomae*, pero las observaciones de campo indican en general una distribución agregada para *D. santhitomae* y solitaria para *L. danae*.

¹ Universidad Nacional de Colombia, INVEMAR, A.A. 1016, Santa Marta. Tels: (954), 214774, 214775, Fax: 954 211377

IMAGINOLOGIA EN ORGANOS DE BALLENAS Y PROCESAMIENTO POR SISTEMA FOTOGRAFICO

ALEJANDRO URIBE H.
MARIA CATALINA BERNAL
JORGE REYNOLDS
IAIN KERR

RESUMEN

Esta investigación fue realizada en Diciembre de 1993 a bordo del Velero Odyssey del Instituto de Conservación de Ballenas y Delfines de Boston, plataforma de investigación exclusiva de cetáceos. Se llevó a cabo en inmediaciones de las Islas Galápagos, Ecuador (0° 50' de latitud sur y 91° 40' de longitud oeste).

La especie objeto del estudio, fue el Cachalote *Physeter macrocephalus*. Para ubicar los individuos y visualizar sus órganos internos fue utilizado un sonar multisector a color con modificaciones en el sistema de video.

La escala está compuesta de ocho colores que van del rojo al azul. Las estructuras más densas están representadas por el color rojo y las menos densas en azul.

Las modificaciones realizadas al sonar permitieron obtener una imagen más fija y de mejor calidad y, con el uso de filtros, fue posible anular los ecos espúreos dando mayor nitidez y contraste de colores a las imágenes recibidas.

Para visualizar cuadro por cuadro la imagen y poder hacer el análisis de la misma, se utilizó un convertidor electrónico al sistema de televisión N.T.S.C. para grabar y reproducir la imagen en cinta magnética de 8 mm.

Con este sistema se pudieron visualizar los órganos internos y la silueta del cachalote en la pantalla cuando el animal estaba en posición perpendicular al transductor.

ABSTRACT

This research was realized in December 1993 aboard of the sailboat "Odyssey" from the Whale and Dolphins Conservation Institute which is an exclusive cetaceans platform researcher. It took place near Galapagos islands, Ecuador (Lat. 0° 50' South; Long. 91° 40' West).

The studied specie was the Sperm whale *Physeter macrocephalus*. In order to situate the individuals and to be able to see the internal organs, a sonar colour multisector with modifications in the video system, was used. The scale has eighth colours from red to blue. The most dense structures are represented by the red colour and the less dense, by blue.

The modifications made to the sonar allowed to obtain more fixed and a better quality image, and with the use of filters it was possible to annul spurious echos giving better sharpness and contrast of colours to the received images.

In order to visualize the image square by square and to be able to analyse it, an electronic converter to the N.T.S.C. television system was used to reproduce and record the image in a 8 mm magnetic tape.

With this system the internal organs and silhouette of the Sperm whale could be seen on the screen when the animal was in perpendicular position to the transducer.

INTRODUCCION

En diciembre de 1993, el grupo Seguimiento del Corazón Via Satélite dirigido por el Doctor Jorge Reynolds hizo presencia en las Islas Galápagos, Ecuador, para investigar en colaboración con el Capitán del velero Odyssey, Iain Kerr y su tripulación, la visualización de órganos en cachalotes por ultrasonido. El Capitán Iain Kerr, inició estos estudios durante un programa del velero Siben en el Pacífico colombiano, en el año 1988. En dicho estudio estableció un patrón de comportamiento de la permanencia bajo el agua de estos animales, los ascensos, los descensos, y el recorrido subacuático, logrando graficar las imágenes recibidas en un plano tridimensional.

La nueva era de los transistores, circuitos integrados y microelectrónica, permitió el verdadero despegue del uso práctico de este sistema tanto en medicina, navegación marítima y pesca, y también fué importante en la industria. El verdadero uso del ultrasonido en medicina, específicamente en cardiología, comenzó a mediados del año 1953 con los Doctores Herz y Edler en Suecia, ellos hicieron posible que este sistema no invasivo se convirtiera en un examen rutinario e inocuo de cardiopatías.

El cachalote **Physeter machrocephalus**, denominado en inglés Sperm Whale, es odontoceto (ballena dentada). Dentro de este orden es el de mayor tamaño. El macho puede medir hasta 18 metros y pesar 40 toneladas, la hembra puede medir hasta 13 metros y pesar 22 toneladas. Las crías al nacer miden 4 metros y pesan 400 kilos.

La cabeza es de forma roma y cuadrada, ocupa casi un tercio de la longitud del cuerpo. La enorme cabeza la distingue fácilmente de todas las especies. El tamaño de la cabeza no tiene relación con su pequeña mandíbula dentada, que es larga y estrecha. El espiráculo está ubicado hacia el lado izquierdo de la parte superior de la cabeza; al respirar, el chorro va dirigido hacia la izquierda y hacia adelante. Permanecen en la superficie más o menos 10 minutos y respiran en ese tiempo de 15 a 20 veces, promedio de 3 veces por minuto. Sus inmersiones pueden durar entre 45 minutos y una hora.

No tienen una verdadera aleta dorsal, presentan una serie de jorobas en las dos terceras partes de la porción posterior del dorso. Las aletas pectorales son cortas, redondeadas y abultadas. La piel corrugada y de color gris oscuro. La piel alrededor de la boca es blanca y puede presentar manchas blancas en otras zonas de la cabeza.

Se encuentran en aguas profundas en todos los mares, menos en las zonas de hielos polares. Se alimentan de calamares gigantes, peces y pulpos.

METODOS Y EQUIPOS

Se utilizó como sistema básico un equipo de sonar multisección a color, FORUNO, modelo CH - 12 con modificaciones en el sistema de video. Este equipo es usado comúnmente para toma de perfiles en el fondo del mar o para ubicar los bancos de peces. Es un sistema de haz pulsado.

La escala está compuesta de ocho colores que van del rojo al azul. Las estructuras más densas están representadas por el color rojo, y las menos densas por el azul.

El transductor consta de un sistema híbrido mecánico electrónico, con control remoto de orientación. Está compuesto de cristales cerámicos transmisores y receptores. Tiene un peso total de 60 kilos y una potencia de salida de 1.0 KW (60 - 88 KHz) y 1.5 KW (150 KHz).

El sistema del transductor es radial de 360 grados. Se divide en 12 conos de transmisión y recepción de ultrasonido. Este sistema permite ir suspendiendo los conos con base en la posición del animal y progresivamente obtener la imagen en un solo cono de 30 grados. Esto facilitó una mayor activación de solo un haz de ultrasonido para obtener una imagen más fija y de mejor

calidad (Figura 1). Con filtros, es posible anular los ecos espúreos dando mayor nitidez y contraste de colores a las imágenes recibidas.

La velocidad de propagación del ultrasonido en el agua está condicionada a la temperatura, salinidad y composición química. En agua destilada la velocidad es de 1.53×10^3 m/s

Se utilizó un convertidor electrónico al sistema de televisión N.T.S.C. para grabar y reproducir la imagen en cinta magnética de 8 mm, para posteriormente visualizarla cuadro por cuadro y poder hacer el análisis de la imagen, haciendo ampliaciones fotográficas de las zonas que se desean observar con mayor claridad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Con el equipo antes mencionado, durante tres inmersiones del animal, se pudo visualizar en la pantalla de colores por diferencia de densidad la silueta del cachalote cuando estaba en posición perpendicular al transductor (Figura 2). Dentro de esta silueta se observó una gran masa de aire, representada en color morado, correspondiente al sistema pulmonar. Además se observó una pequeña zona blanca en la unión del primer tercio del cuerpo con los dos tercios posteriores del animal, que podría corresponder al corazón de la ballena.

Los tiempos de exposición respecto a los barridos laterales izquierdos o derechos en la pantalla son cortos, pero suficientes para visualizar claramente los contrastes de densidad.

Con el sistema utilizado en el velero Odyssey, es posible obtener la distancia y la profundidad a la cual se encuentra el objetivo, por lo cual se pudo determinar que estas observaciones pueden hacerse cuando el animal comienza a sumergirse en distancias no mayores a los 500 metros. Cuando el animal está a mayor distancia, la atenuación de las ondas es mayor y se pierde la definición de la imagen por efecto de los cambios de temperatura del agua, salinidad, direccionalidad de los haces de ultrasonido y velocidad de conducción ultrasónica en el agua.

En el proceso inicial se obtuvieron fotografías ampliadas de la imagen en pantalla del monitor de video, de aproximadamente 25 veces su tamaño. con la fotografía ampliada es posible comprobar las diferentes densidades de las estructuras representadas por los ocho colores. En este primer ensayo se obtuvo una imagen no en cortes como los usados en ultrasonido médico, sino dando una visión de volúmenes de acuerdo a la reflexión y absorción del ultrasonido según las características de cada tejido de los órganos del animal.

Se utilizaron frecuencias entre 60 - 88 - 150 Khz. Con este sistema no se obtuvieron definiciones estructurales de diferentes tejidos para su interpretación anatómica.

Considerando que la frecuencia usada en el transductor fué de aproximadamente un millón de veces mayor que la utilizada en la ecocardiografía humana, si aumentamos la potencia a tres millones, sería posible tener un mejor alcance, mejor reflexión de ondas y aumentando las frecuencias se obtendría una imagen con más definición. También se considera la necesidad de utilizar un monitor de más de 600 líneas de definición para precisar estructuras, ya que con el sistema convencional de 400 líneas resulta insuficiente. Por otro lado, el sistema apropiado para tener una mejor selección de tomas equivalentes a una mayor cantidad de estructuras, podría lograrse con el aumento de los colores de la pantalla de 8 a 16 y con la transferencia de la grabación de video a un computador de color de alta definición, haciendo la conversión a video digital.

También sería importante la conversión a blanco y negro, para comparar cual es el sistema más adecuado. En el futuro será posible incorporar un sistema Doppler a color para conocer la velocidad de flujos, los cuales estarán representados en la circulación sanguínea y se cuantificarán el volumen y dirección de la misma.

BIBLIOGRAFIA

1. ASTON Richard. 1990. Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement. Merril.
2. BALLEEN Fabio. 1993. La física del ultrasonido. Comunicación personal. Bogotá, Colombia.
3. BARTRUM Royal J., Jr., Harte C. Crow. 1977. Practical Physics. Cap. I; Transducers, Cap. II; Scanners, Cap. III; De: Gray Scale: Ultrasound. Ed. by W.B. Saunders Company. Philadelphia.
4. BLANDON Roberto. 1989. Cardiología prenatal. Ecocardiografía fetal. De: Cardiología pediátrica. Tomo II, Cap. 70, pp 1057-61. Editorial Salvat, México D.F.
5. BUCHLA D., McLachlan W. 1992. Applied Electronic Instrumentation and Measurement. Merril.
6. CARRERA Jacques. 1993. Comisión Oceanográfica. Propagación del ultrasonido en el mar. Comunicación personal. Bogotá, Colombia.
7. CARRILLO R. Nava. 1985. La absorción de microondas ultrasónicas en sólidos dieléctricos. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Vol. XX, pp 5-12, 58-65. Caracas, Venezuela.
8. DREIJER Niels. 1979. 10. Basic Theory: Pulsed ultrasound. pp 66. De: Diagnostic Ultrasound. Bruel & Kjaer.
9. FREDERICK Julian. 1965. Ultrasonic Engineering. pp 1-10, 317-354. Wiley & Sons.
10. HEISING Raymond A. 1946. Introducción. De: Quartz Crystals for Electrical Circuit. pp 1-9. D. Van Nostrand Company, Inc. New York.
11. KERR Iain. 1993. Uso de la ecosonda para seguimiento de cachalotes. Comunicación personal. Bahía Málaga. Colombia.
12. KRESTEL Erich. 1990. Imaging System for Medical Diagnostics. SIEMENS.
13. LESZEK Filipczynski. 1966. Ultrasonic Methods of Testing Materials. pp 271. Butterworths London.
14. MASTERE Equipements Biomedicaux Cicle. 1992/1993. University de Technologie de Campiegne. Session IBMH. France.
15. PALACIO Alfredo. 1981. I Equipamiento. De: Ecocardiografía Bidimensional. (Atlas). pp 9-14. Ediciones P.L.M., S.A. México D.F.
16. PAYNE Roger. 1991. Sistema de orientación de los murciélagos por medio de ultrasonido. Comunicación personal.
17. PAYNE Roger. 1991. Sistema de ecolocalización en mamíferos marinos, Comunicación personal.
18. REID John M. December 1987. Doppler Ultrasound. De: IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine.

19. REYNOLDS Jorge. Marzo 1985. Geomundo: Investigando el corazón de los animales acuáticos. Vol. 9 3: 342-258. Bogotá, Colombia.
20. REYNOLDS Jorge, Francisco Ospina, Jorge León. Mayo 1986. El electrocardiograma y fonocardiograma de la ballena jorobada. RCC Vol. 2 No. 1. pp 37-41. Bogotá, Colombia.
21. RICHARDSON E.G. 1952. Ultrasonics Physics. pp 158-183. Elsevier Publishing Company.
22. SEARS F., Zemansky M., Young H. 1982. University Physics. pp 451. Adison Wesley.
23. ULLOA D. Jorge. 1990. Métodos no-invasivos: Doppler Principios Básicos. De: Enfermedad venosa. Bogotá, Colombia.
24. VAN MIERLO Henk. 1989. Video producido por Philips. Pushing the limits. The impact of innovation in a world of change. Ootmarsum, The Netherlands.
25. WIEST Hernando. 1993. Influencia de la temperatura y salinidad del agua en ultrasonido. Seminario-Taller sobre: Investigación electrocardiográfica en ballenas. Bahía Málaga, Colombia.
26. YUSTE P. M.A. García-Fernandez et al. 1982. Técnica y equipos. Cap I. De: Atlas de Ecocardiografía Bidimensional y Doppler. Ediciones Norma S.A. Madrid.
27. YUSTE P. 1979. I. Principios básicos y técnicas. De: Ecocardiografía. Nuevas Técnicas. pp 5-7. Ediciones Norma S.A. Madrid.

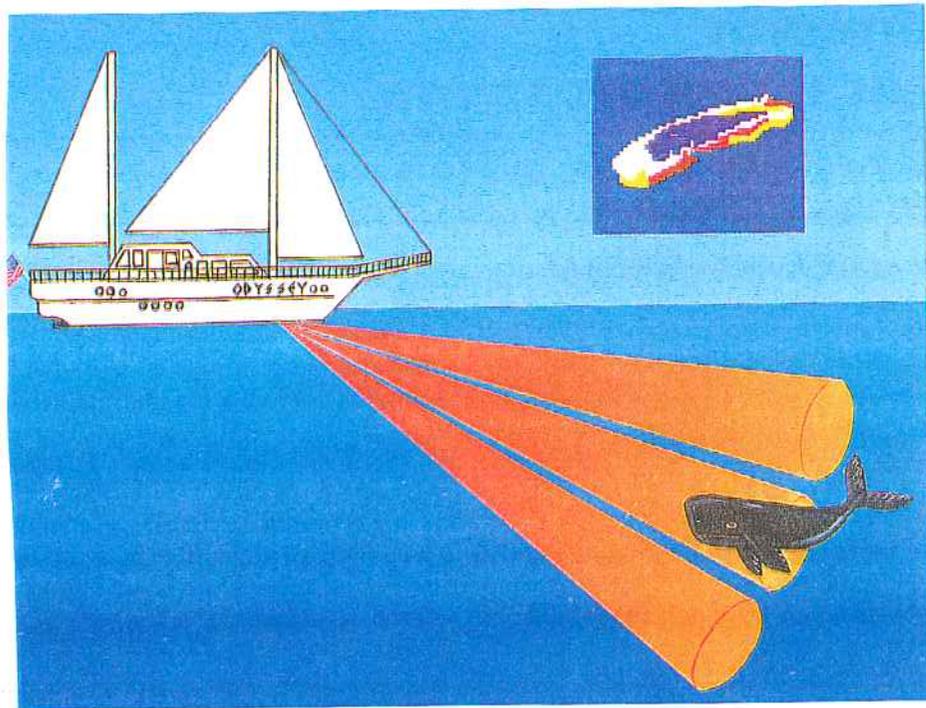


FIGURA 1. Apreciación del cono de transmisión y recepción de ultrasonido y la imagen proyectada en el equipo.



FIGURA 2. Imagen de ultrasonido de un Cachalote *Physeter macrocephalus*.

ESTUDIOS DE FONOCARDIOGRAFIA EN BALLENAS

Bernal Velásquez Mariacatalina
León Galindo Jorge
Reynolds Pombo Jorge

RESUMEN

En investigaciones realizadas anteriormente por el grupo Seguimiento de Corazón Via Satélite (S.C.V.S.), se estableció por medio de electrocardiogramas (ECG) que el ritmo cardíaco de las ballenas jorobadas *Megaptera novaeangliae* cuando estan en superficie es de 8 a 12 pulsaciones por minuto. Por medio de la fonocardiografía (FCG) se pudo establecer que el ritmo cardíaco de las jorobadas en inmersión es de 3 a 4 pulsaciones por minuto.

El presente trabajo fue realizado en septiembre- octubre de 1995 en inmediaciones de la Isla Gorgona (2° 58' 10'' latitud norte, 78° 11' 5'' longitud oeste), pacífico colombiano, utilizando como plataforma de investigación un submarino de la Armada Nacional de Colombia, el ARC Tayrona.

Se registraron los sonidos del corazón de las ballenas por medio de un sonar pasivo, ubicando los individuos por medio de sus cantos.

ABSTRACT

In earlier researches the Whale Heart Satellite Tracking (W.H.S.T) group established by electrocardiograms the surface cardiac rythm of the humpbacks whales *Megaptera novaeangliae*, it's 8 to 12 beats by minute. With the phonocardiography, the humpbacks whales immersion rythm, was stablished on 3 to 4 beats by minute.

This work was realized on september- october of 1995, aroung *Gorgona* Island (2° 58' 10'' north latitude, 78° 11' 5'' west longitude), colombian pacific, using as research platform a Colombian Navy submarin, the *ARC Tayrona*.

Whales Heart sounds were registered by the passive sonar, localising the individuals by their songs.

INTRODUCCION

En investigaciones realizadas anteriormente por el grupo Seguimiento de Corazón Vía Satélite (S.C.V.S.), se estableció por medio de electrocardiogramas (ECG) que el ritmo cardíaco de las ballenas jorobadas *Megaptera novaeangliae* cuando están en superficie es de 8 a 12 pulsaciones por minuto. Por medio de la fonocardiografía (FCG) se pudo establecer que el ritmo cardíaco de las jorobadas en inmersión es de 3 a 4 pulsaciones por minuto.

Se puede asegurar que los animales registrados se encontraban buceando ya que el sonar del submarino, utilizado para grabar los sonidos producidos por la actividad del corazón de las ballenas, sólo capta señales submarinas; hay además teorías que plantean que las ballenas no cantan en superficie.

Para poder argumentar que los sonidos que se escuchaban en las grabaciones son los que produce la acción del corazón, tomamos como parámetros los siguientes:

- Debe ser una acción constante y periódica.
- Se debe repetir en el tiempo.
- Su frecuencia debe ser constante.
- Debe haber similitud en sus diferentes muestras.

MATERIALES Y METODOS

Para realizar las grabaciones se utilizaron los siguientes elementos:

Submarino ARC Tayrona de la Armada Nacional de Colombia. El uso de una plataforma submarina permite superar inconvenientes encontrados en anteriores expediciones, como:

- Dificultad de colocación del dardo en las ballenas y en algunas ocasiones el riesgo de perderlas en el mar.
- Los dardos de sistema telemétrico permiten obtener información únicamente cuando la ballena se encuentra en superficie, lo que la reducen significativamente.
- Se puede hacer el seguimiento de la ballena mientras se desplaza en completa libertad, reduciendo el estrés generado en otro tipo de condiciones, obteniendo datos más confiables.
- La fidelidad de los equipos de la plataforma submarina incrementan la calidad de la información a procesar.

Sonar del submarino, marca Krupp Atlas Elektronik PSU 83-55 OC LOCRO 01, con su conjunto de 288 hidrófonos que están situados en toda la extensión del casco. Equipo de alta calidad.

En estos equipos, por ser de uso militar, la información es restringida.

Consola de audio , *TASCAM, TEAC Corporation, ministudio porta one, multitrack.*

Digital audio tape-corder (DAT), TCD-D3, sony. Sistema de grabación y reproducción digital

El sistema digital opera con señales expresadas en el sistema binario. La información se representa por un sistema de dos símbolos, que corresponden a la presencia o ausencia de voltaje que codifica una onda acústica.

Portable minidisc MZ-R2.SONY. Posee un sistema de grabación y reproducción digital. Utiliza un sistema de disco laser, de 60 minutos de duración.

Video 8 camera recorder, CCD- TR 55, sony handycam. Es una combinación de video cámara y audio grabadora.

Se utilizaron diferentes sistemas de grabación, ya que tanto el sistema digital, como el análogo, presentan ventajas y desventajas, de acuerdo con los expertos en sonido. Se prefirió utilizar los dos sistemas para cubrir las posibilidades de grabación que se ofrecen.

Para el procesamiento y el análisis de las señales en el laboratorio se utilizaron además los siguientes elementos:

Computador multimedia, sistema IBM, clon CMQ Personal Computer.

Filtro activo de pasa bajas de sexto orden de condensador conmutado tipo Butterworth. Un filtro electrónico es un dispositivo por el que se obtiene la separación de corrientes de diferentes frecuencias. El de banda, permite el paso de una determinada banda de frecuencias y atenúa fuertemente las demás. El filtro de pasa bajo deja pasar únicamente las frecuencias bajas de acuerdo con un punto de corte determinado. Un filtro pasivo debe utilizar inductores, condensadores y resistencias, mientras que un filtro activo emplea resistencias, condensadores y un sistema lineal integrado llamado amplificador operacional; éstos permiten una ganancia en el voltaje. El orden determina la rapidez con la que pasa la banda de paso a la banda de rechazo (la que se elimina), entre mayor sea el orden, más rápido se da esto. El que el filtro sea de condensador conmutado, implica utilizar muy pocos elementos externos al circuito integrado y presenta gran facilidad para variar la frecuencia de corte sin tener que realizar cambios en el diseño o en algunos parámetros. Butterworth indica una aproximación numérica en la obtención de pasabajos, permite tener una onda plana en la banda de paso seleccionada, es decir que amplifica igualmente todas las componentes espectrales esperadas.

Programa computarizado *Sound Blaster 16, Creative Labs Inc.* Por medio de este programa se puede reproducir, registrar y graficar una señal análoga tomada de una fuente externa de audio.

Programa computarizado de Instrumentación Virtual. Un instrumento virtual, como los instrumentos tradicionales, tiene las funciones de adquisición de datos, análisis de datos y la presentación de éstos mismos. Su ventaja radica en que un sólo instrumento puede efectuar las funciones. Presenta más ventajas que los instrumentos tradicionales. En este estudio se trabajó específicamente con el software del *Labview*.

Realización de las grabaciones

Se utilizó el sistema de sonar pasivo del submarino para localizar los individuos que en el momento estuvieran cantando. Se estableció qué animal estaba más cerca del submarino para orientar el eje del sonar hacia éste y empezar a grabar en sistema análogo con la consola de audio. Esta consola estaba conectada directamente al sonar, su función era tomar la señal de audio y acondicionar su nivel para distribuirla a los demás medios de grabación, DAT, minidisc y el sistema de audio de la videograbadora. Las grabaciones en sistema análogo se hicieron de forma continua de diez de la mañana a cinco de la tarde durante dos días consecutivos. En los momentos en que el equipo de investigación consideraba que los sonidos de las ballenas eran fuertes (por encima de 40 dbs) se procedía a grabar en los sistemas DAT, minidisc y video. La cámara de video se situó en frente de la pantalla del sonar con el fin de registrar toda la información que en ésta se presenta. Se realizaron otras grabaciones de diferentes períodos de tiempo, en momentos aislados, que pudieran proporcionar información aprovechable en la investigación. En total se obtuvieron 26 horas de grabación. La señal filtrada no sufrió ninguna modificación en el momento de su realización.

RESULTADOS

Se obtuvieron dos secuencias de eventos o ciclos cardíacos, así como algunos eventos independientes en las grabaciones. Se listan en la tabla I.

Para los eventos identificados, tanto en las secuencias como en los independientes, se hizo una relación entre el tiempo de ocurrencia de los golpes y el tiempo relacionado en la gráfica (tiempo real), localizado sobre el eje de las abscisas. Se ven en las gráficas 1, 2 y 3 en la gráfica superior donde se presenta la señal filtrada.

ANALISIS Y DISCUSION

La relación entre los eventos se da en cuanto a su forma, periodicidad en la secuencia y duración.

Es de esperarse que las características no sean idénticas, ya que es un evento biológico, el animal estaba en constante movimiento, por lo que puede variar la actividad metabólica, alterándose la velocidad de conducción de la sangre y el ritmo cardíaco.

Se realizó un espectro de potencia de cada secuencia, variando el número de eventos (4 y 7), así como de cada evento independientemente. En el eje de las abscisas se muestra la frecuencia en Hertz, en las ordenadas se relaciona la intensidad promedio de la señal (potencia), es adimensional, y no es relevante en nuestro caso, ya que no depende de la señal como tal. Gráficas 1, 2 y 3, gráficas inferiores.

Por medio de este espectro de potencia se puede comprobar que los ruidos que se escuchan son producidos por una acción de la misma naturaleza, como puede ser el cierre y la apertura de las válvulas cardíacas. Se puede observar que en los diferentes casos el resultado es bastante similar y los picos se mantienen en las mismas frecuencias.

Analizando las variaciones en cuanto a tiempo de duración de los eventos en las secuencias, y haciendo un promedio, se determinaron los ritmos cardíacos,
Secuencia de 300 seg, 3-4 pulsaciones por minuto
Secuencia de 160 seg, 3 p/min,
Eventos independientes, 4 p/min.

Analizando un evento independiente, tomado de una secuencia (la de 300 seg), después de ser filtrada, durante el cual no se oían cantos y los golpes eran muy claros. Gráfica 3.
El primer golpe desdoblado puede analizarse como el primero, determinado por la fonocardiografía humana. Correspondería al cierre de las válvulas auricoventriculares, tiene dos componentes, se produce en sístole. El segundo, correspondería al cierre de la válvula mitral. En las grabaciones se oye uno, en el hombre es desdoblado. Se podría comprobar oyendo desde varios ángulos.

CONCLUSIONES

La acústica submarina se puede utilizar como herramienta en la investigación del corazón de las ballenas.

Es viable utilizar la fonocardiografía en animales acuáticos para estudiar la frecuencia cardíaca, las particularidades de un evento cardíaco y los cambios que se produzcan de acuerdo con la variación de la profundidad y de las condiciones del agua.

Los métodos utilizados en electrónica para analizar señales acústicas, se pueden aplicar en el estudio del corazón de las ballenas

La presencia del submarino parece no alterar el comportamiento de los animales.

Dentro de las grabaciones de los cantos de las ballenas jorobadas *Megaptera novaeangliae*, quedan incluidos los sonidos producidos por la actividad del corazón, y pueden ser separados por medio de filtros.

El ritmo cardíaco de estos cetáceos disminuye, con respecto al ritmo cuando se encuentran en superficie. Durante el buceo, está entre 3 y 4 pulsaciones por minuto.

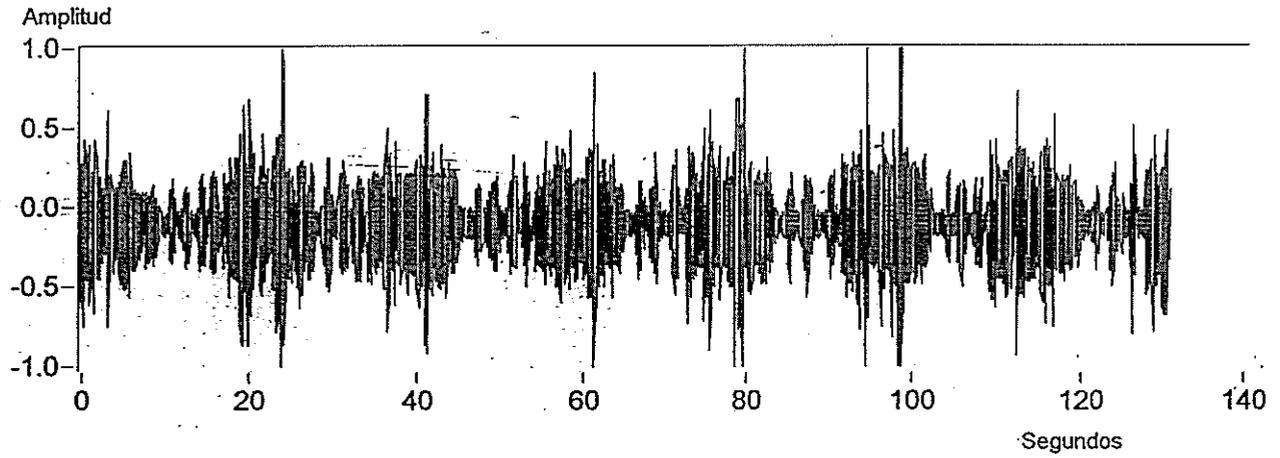
SECUENCIA UNO tiempo en segundos 300 seg	SECUENCIA UNO continuación	SECUENCIA DOS tiempo en segundos 160 seg	EVENTOS INDEPENDIENTES tiempo en segundos
16	13,3	16,8	18
14,7	14,9	17,5	8,6
17	17	19,8	13,3
14,2	18	18,3	15,2
14,2	18,3	19	14,8
14,6	17,7	17,6	15,2
14,5	19,5	18,9	19
15	19		
16,1	16,5		

Tabla 1.

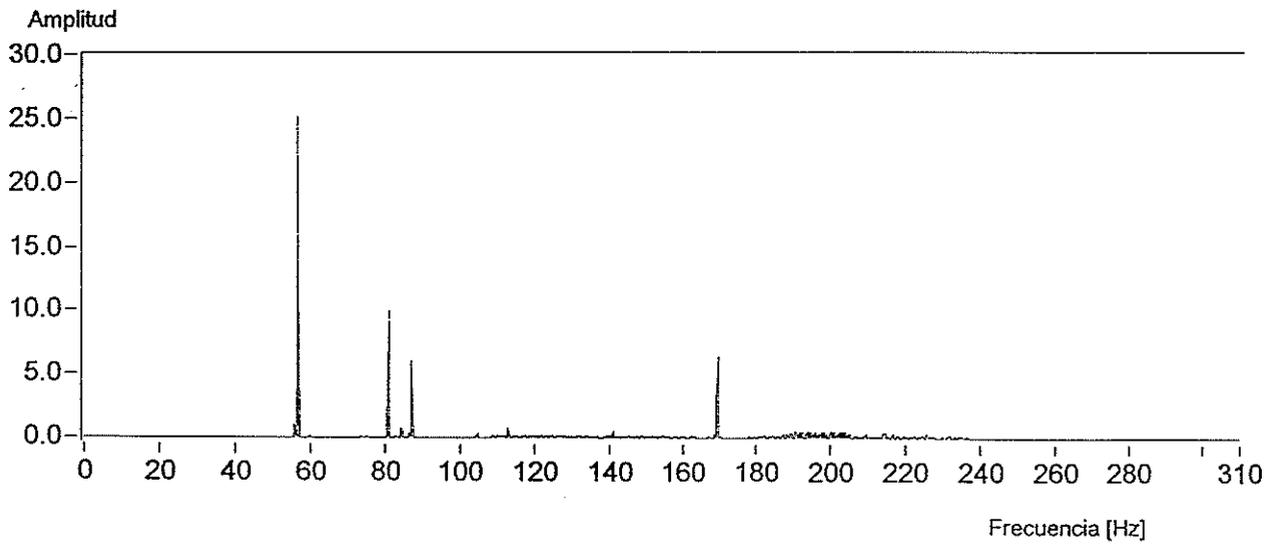
Se muestra la duración de los eventos o ciclos cardíacos identificados en dos secuencias diferentes, así como la de varios eventos independientes en el tiempo.

SECUENCIA UNO

SEÑAL FILTRADA



ESPECTRO DE POTENCIA

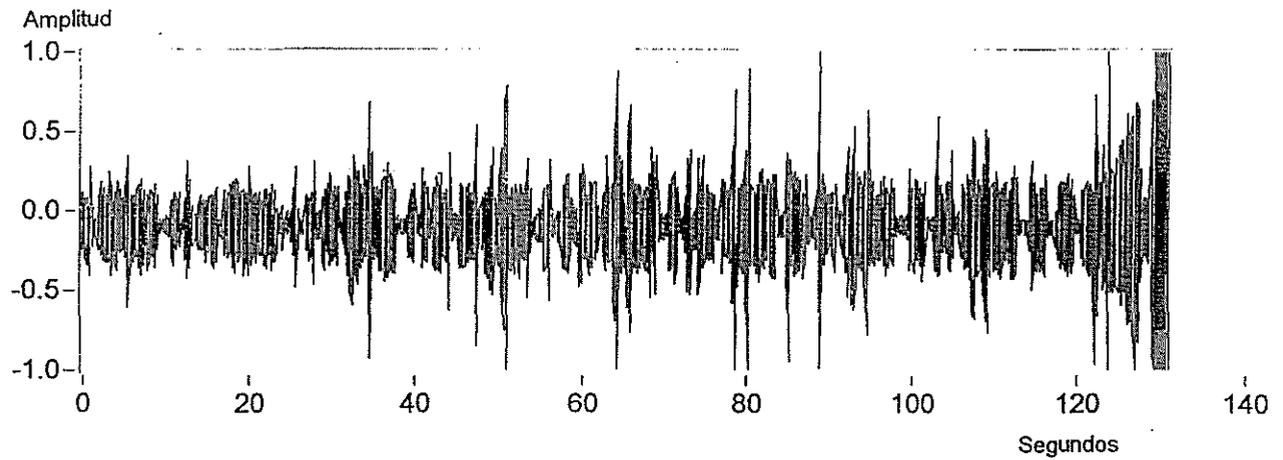


Gráfica 1.

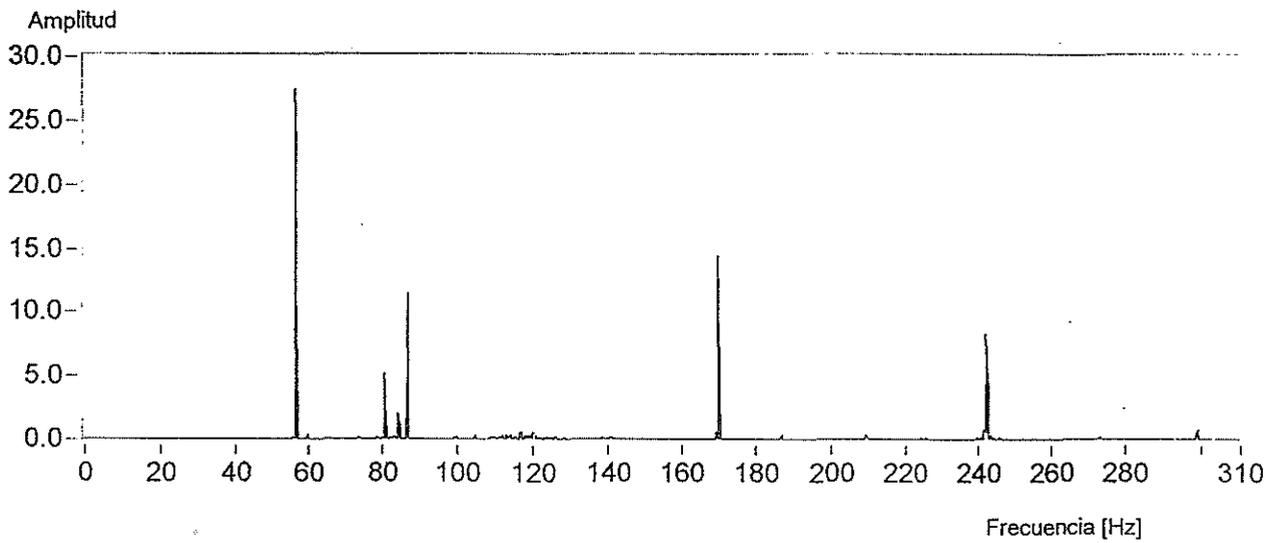
Señal filtrada y espectro de potencia de la secuencia (uno) de 300 segundos.

SECUENCIA DOS

SEÑAL FILTRADA



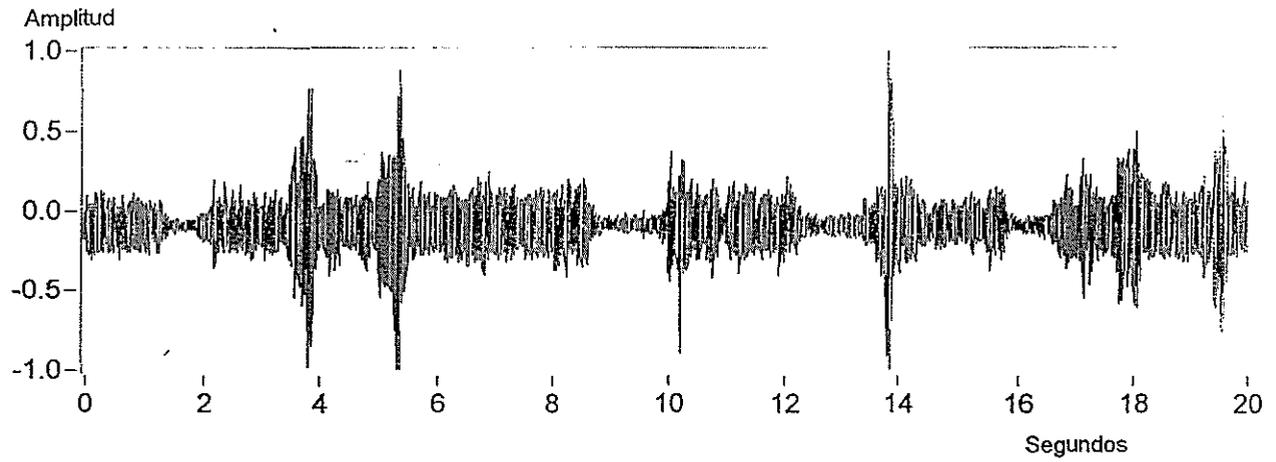
ESPECTRO DE POTENCIA



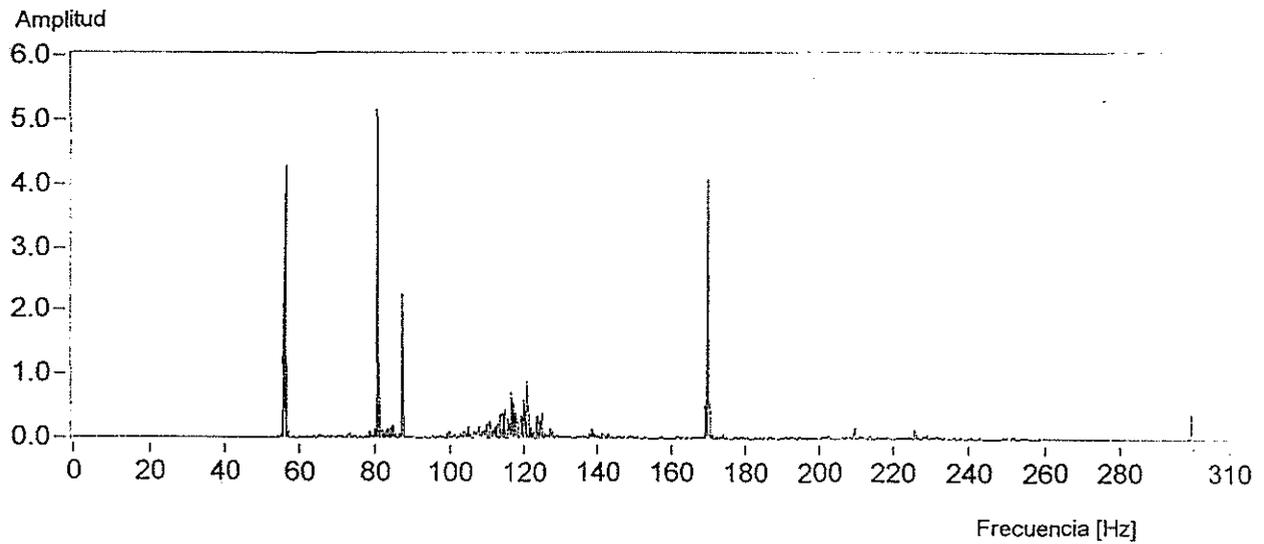
Gráfica 2.

Señal filtrada y espectro de potencia de la secuencia (dos) de 160 segundos.

EVENTO DE SECUENCIA UNO SEÑAL FILTRADA



ESPECTRO DE POTENCIA



Gráfica 3.

Señal filtrada y espectro de potencia de un evento de la secuencia uno. El primer y segundo pico pueden corresponder al primer ruido identificado en la fonocardiografía humana, se escucha como dos golpes seguidos. El tercer pico, puede corresponder al segundo ruido producido por la acción del corazón, se escucha, en este caso como un sólo golpe.

BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSON, H. 1969. The Biology of Marine Mammals. Cardiovascular Adjustment to Diving. Academy Press. New York & London.
2. BEJARANO, J, Espinosa, F. 1993. Manual de Acústica Submarina. Armada de Chile. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.
3. BOUGRAIN DOUBOURG, A. Collection. 1992. Etat Sauvage. Edition Atlas. France.
4. CAJIAO, 1986. Hidroacústica. Escuela Naval de Cadetes "ALMIRANTE PADILLA", Cartagena de Indias. Armada Nacional de Colombia.
5. HARRISON, R, Bryden M. 1988. Whales, Dolphins and Porpoises. Intercontinental Publishing Corporation Limited. New York.
6. HEISENG, R. 1946. Quartz Circuits for Electrical Circuits. D.Van Nostran Company Inc.
7. HURST, JW, Logue RB, Schlant RC, Wenger N.K. 1978. The Heart. McGraw Hill. 4ª Edition. U.S.A.
8. LANCASTER, D. 1990. A Variety of Filters, and a Unique Digital Thermometer. Vol. 61, n 10. Radio Electronics Technology.
9. MEIJLER, F. 1989. The Mismatch Between Size and Function of the Heart. Workshop Comparative Electrocardiology Interuniversity. Cardiology Institute of the Netherlands.
10. NETTER, F. 1983. Colección Ciba de Ilustraciones. Tomo V. Corazón, Salvat, España.
11. REYNOLDS, J, Ospina, F, León-G, J. 1986. El Electrocardiograma y Fonocardiograma de la Ballena Jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Revista Colombiana de Cardiología (RCC). Vol 3 n 1. Mayo 1986. (ISSN 0120-5633).
12. REYNOLDS, J, León-G, J, Orjuela, H, Prieto, M, Topolanski, M, Fernandez, P. 1987. Visión Interna y Directa del Corazón de una Ballena. RCC.

13. SCHMIDT NIELSEN, 1979. Animal Physiology. Adaptation and Environment. 2nd Edition. Cambridge University Press. Cambridge.
14. TRUEX, R. NOLAN, F. TRUEX, R jr. SCHNEIDER, H. PERLMUTTEN, H. 1965. The Atrioventricular node. L.A. California.
15. WATLINGTON, F. 1979. How to Build and Use Low-cost Hydrophones. Tab Books, n 1079. U.S.A.
16. YOUNG, R. 1994. An Introduction to Filter Circuits. Vol. 11, n 8. Popular Electronics.

ELECTROCARDIOGRAFIA EN BALLENAS CON SISTEMAS DE TRANSMISION PASIVA

MaríaCatalina Bernal
Alejandro Uribe
Jorge Reynolds
Jorge León

RESUMEN

En inmediaciones de las Islas Galápagos (0° 11.5" S y 91° 47.1" O), Ecuador en Febrero de 1994, se llevó a cabo un crucero con el fin de obtener trazados electrocardiográficos por medio de dardos de radio frecuencia (RF), en Cachalotes *Physeter macrocephalus* con un sistema de transmisión pasiva.

En el presente trabajo se utilizaron señales de frecuencia modulada en la banda de 144 MHz, obteniendo una señal producida por el dardo en una frecuencia de 152 MHz. Se utilizó un transmisor *Kenwood FM Tranceiver* para excitar un amplificador lineal marca *Tokio Hi-Power* con una salida de 160 W.

La principal ventaja de este sistema radica en que no requiere de una fuente propia de alimentación ya que la misma radiofrecuencia rectificadada sirve para alimentar el sistema de amplificación.

ABSTRACT

This research took place in Galápagos Islands (0° 11'5" S and 91° 47'0) Ecuador in February 1994 . The objective was to obtain electrocardiograms with a radio frequency (RF) dart in Sperm whale *Physeter macrocephalus* with a pasive sistem transmittion.

Modulated frequency signs were used at 144 Mhz, getting a sign produced by dart in 152 Mhz. a *Kenwood FM tranceiver* was used for excite a lineal amplifier *Tokio Hi Power* with an output of 160 W.

The principal advantage of this sistem is that it doesn't require a power supply itself since the same rectified radiofrequency is used for feed the amplification sistem.

INTRODUCCION

El cachalote, *Physeter machrocephalus*, es un odontoceto (ballena dentada). Dentro de este orden es el de mayor tamaño. El macho puede medir hasta 18 metros y pesar 40 toneladas, la hembra puede medir hasta 13 metros y pesar 22 toneladas. Las crías al nacer miden 4 metros y pesan 400 kilos.

La cabeza es de forma roma y cuadrada, ocupa casi un tercio de la longitud del cuerpo. La enorme cabeza la distingue fácilmente de todas las especies. El tamaño de la cabeza no tiene relación con su pequeña mandíbula dentada, que es larga y estrecha. El espiráculo está ubicado hacia el lado izquierdo de la parte superior de la cabeza; al respirar, el chorro va dirigido hacia la izquierda y hacia adelante. Permanecen en la superficie más o menos 10 minutos y respiran en ese tiempo de 15 a 20 veces, promedio de 3 veces por minuto. Sus inmersiones pueden durar entre 45 minutos y una hora.

Los cachalotes producen sonidos llamados "clicks", un sistema de ecolocalización usado probablemente para ubicación, en forma de pulsos de 0.2 milisegundos, las más frecuentes entre 10 y 16 KHz y de 2 a 3 milisegundos a intervalos variables de 0.01 a 10 segundos.

Se encuentran en aguas profundas en todos los mares, menos en las zonas de hielos polares. Se alimentan de calamares gigantes, peces y pulpos.

La transmisión pasiva consiste en el uso de radiofrecuencia producida por un transmisor; a distancia se coloca un circuito sintonizado, que al entrar en resonancia produce una segunda frecuencia, la cual es aprovechada como señal de transmisión. Es posible sintonizarla por medio de un receptor convencional y grabar en sistemas de cinta magnética para luego desmodularla y analizarla en un registros de papel térmico.

AREA DE ESTUDIO

Se hizo un recorrido aproximado de 850 kilómetros, en aguas del Archipiélago de Galápagos (0° 11.5" S y 91° 47.1" O), Ecuador, durante 9 días de navegación. Se realizaron en ese tiempo 583 cambios de rumbo, de acuerdo al desplazamiento del cachalote *Physeter machrocephalus*, que se estaba siguiendo. En febrero de 1994, se tomaron tres trazados electrocardiográficos en cada salida del animal a la superficie.

La mayor actividad de cachalotes se encontró frente a la Isla Isabela, Punta San Juan, Canal Bolívar, Cabo Douglas, Isla Fernandina, Caleta Negra, Punta Flórez y Punta Albermarle.

METODOLOGIA Y EQUIPO

El presente trabajo fué realizado a bordo del velero Odyssey, plataforma de investigación exclusiva en cetáceos, de 120 pies de eslora.

Se utilizaron señales de frecuencia modulada en la banda de 144 MHz, obteniendo una señal producida por el dardo en una frecuencia de 152 MHz. Se utilizó un transmisor *Kenwood FM Tranceiver* para excitar un amplificador lineal marca *Tokio Hi- Power* con una salida de 160 .W .

El dardo de transmisión pasiva consiste, como base, en una aguja hipodérmica *Angiocath* de 3.4 mm de diámetro y 7.6 cm de largo marca *Becton Dickinson*, en la cual, en los últimos tres centímetros, con un resorte helicoidal sobre aislante de teflón se construyó el dipolo que va conectado al amplificador. De éste último la señal sale al modulador para

posteriormente actuar como la señal producto, la cual se recibe en un receptor de FM normal.

La principal ventaja de este sistema radica en que no requiere de una fuente propia de alimentación ya que la misma radiofrecuencia rectificada sirve para alimentar el sistema de amplificación. La construcción de un sistema pasivo de telemetría cuenta con un mínimo de componentes, los cuales son alojados en la parte posterior de la aguja y casi su totalidad se encuentra en el interior del conector, del que sale la antena tipo látigo de 1/8 de onda que está construido de acero inoxidable flexible.

Para poder localizar este dardo en el cetáceo se utilizó una ballesta *Barnett* y al dardo se le colocó una extensión de 35 cms de largo y 1.6 cm de diámetro hecha en un tubo de aluminio de paredes delgadas y reforzadas con fibras de carbono, que al ser disparado el dardo y en el momento de dar en el blanco, esta extensión se desprende dejando la antena libre.

Ballesta *Barnett*: tiene un empuje inicial de 175 libras, suficiente para que el dardo penetre en la epidermis de la ballena. La aceleración inicial es adecuada para no producir daños en los componentes electrónicos de los dardos. La velocidad de impacto con que llega el dardo, no parece causarle daño alguno o molestia al animal.

El sistema de recepción utilizado fue un receptor SONY ICF 5500 W. La grabación se realizó en un SONY DAT (Digital Audio Tape), y se procesó con un electrocardiógrafo Toyota Electronics 8811 con un demodulador diseñado y construido en nuestro laboratorio.

RESULTADOS

En febrero de 1994 en el Archipiélago de Galápagos, se disparó un dardo a un cachalote macho adulto *Physeter macrocephalus*. Quedó ubicado al lado derecho, en la base de la aleta dorsal con una máxima penetración de 6 cm. El animal no presentó reacción aparente, arqueó el lomo y realizó un buceo poco profundo.

En esta forma se tomó el primer electrocardiograma (ECG), a una ballena cachalote *Physeter macrocephalus*, macho adulto, entre las Islas Isabela y Fernandina en el Archipiélago de Galápagos. Se realizaron observaciones durante 12 horas en el día, en turnos de 3 horas con cuatro observadores por turno y seguimiento acústico durante la noche.

El animal en estudio realizó 3 salidas a la superficie. En la primera salida se registraron 73 complejos; en la segunda no hubo recepción del ECG; en la tercera salida 49 complejos y en la cuarta salida, 64 complejos cardíacos. Se sacó un promedio de la frecuencia cardíaca (FC) cada 10 complejos, y posteriormente se promedió cada grupo de éstos.

Primera salida 73 complejos:

Promedio primera decena	: FC de 38.9 contracciones por minuto (cpm).
Promedio segunda decena	: FC de 39.4 cpm.
Promedio tercera decena	: FC de 34.3 cpm.
Promedio cuarta decena	: FC de 30.5 cpm.
Promedio quinta decena	: FC de 27.7 cpm.
Promedio sexta decena	: FC de 27.7 cpm.
Promedio 13 complejos	: FC de 25.8 cpm.
Promedio primera salida	: FC de 31.9 cpm.

Segunda salida, no hubo registro.

Tercera salida 49 complejos:

Promedio primera decena	: FC de 31.4 cpm.
Promedio segunda decena	: FC de 29.0 cpm.
Promedio tercera decena	: FC de 28.9 cpm.
Promedio cuarta decena	: FC de 26.7 cpm.
Promedio nueve complejos	: FC de 25.7 cpm.
Promedio tercera salida	: FC de 28.34 cpm.

Cuarta salida 64 complejos:

Promedio primera decena	: FC de 30.15 cpm.
Promedio segunda decena	: FC de 33.7 cpm.
Promedio tercera decena	: FC de 36.3 cpm.
Promedio cuarta decena	: FC de 33.4 cpm.
Promedio quinta decena	: FC de 30.5 cpm.
Promedio catorce complejos	: FC de 28.2 cpm.
Promedio cuarta salida	: FC de 32.04 cpm.

Promedio de la FC durante los tres registros: 30.76 cpm.

DISCUSION DE RESULTADOS

La FC durante las tres salidas es constante con pequeñas variaciones, la mínima FC registrada fue de 24 cpm y la máxima FC de 40 cpm.

Antes del QRS (despolarización ventricular), se observa una onda en forma de "W" que tiene una duración de 0.24". Esta parece corresponder a la onda P (despolarización auricular derecha e izquierda). Es interesante anotar que no se observa claramente en el trazado el segmento PR.

Inmediatamente a esta onda, se observa lo que aparentemente es un QRS con una duración de 0.28".

Durante las tres salidas del ejemplar, no se observaron cambios y fue constante lo que se cree son la onda P y el QRS.

La repolarización ventricular (onda T), no es evidente en el trazado.

BIBLIOGRAFIA

- COUSTEAU Jacques Yves, Yves Paccalet. 1988. Toothead cetaceans, the Sperm Whale. De: Whales. pp 178-81. N. Abrams, Inc. New York.
- DALEY Regina. 1987. ECG normal (24); Disociación A-V (45); Síndrome LGL (66). De: ECG Interpretación clínica. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V. México.
- GARDENER Robert. 1984. Sperm Whale. De: The Whale Watcher's Guide. pp 34-35. Julian Messner. New York.
- MARTIN Anthony R. 1990. Sperm Whale. De: Whales and Dolphins. The Illustrated Encyclopedia. pp 86-89. Portland House. New York.
- MEIJLER Frits L, MD. October 12, 1989. The mismatch between size and function of the heart. Workshop Comparative Electrocardiology. The Netherlands.
- REYNOLDS Jorge. Marzo 1985. Investigando el corazón de los animales acuáticos. De: Geomundo. Vol. 9 3: 242-258. Bogotá, Colombia.
- REYNOLDS Jorge, Francisco Ospina, Jorge León-G. MD FACC. Mayo 1986. El Electrocardiograma y Fonocardiograma de la ballena jorobada. RCC Vol. 2 No. 1. pp 37-41. Bogotá, Colombia.
- REYNOLDS Jorge. Enero 1991. Simposio de Electrocardiografía en Corazón de Ballenas. Análisis Electrocardiográfico. Bogotá, Colombia.
- WATSON Lyall. 1985. Great Sperm Whale. De: Whales of the World. pp 171-175. Hutchinson & Co. Ltd. London.
- WHITE Paul D. and William Kerr. 1917. Heart 6 (3): 207-216. Massachusetts, U.S.A.
- WHITE Paul D., Samuel W. Mathew. July 1956. National Geographic Magazine. Hunting the heartbeat of a whale. pp 49-64. New York.

EFEECTO DE LOS EXTRACTOS DE ORGANOS HEMATOPOYETICOS DEL TIBURON NODRIZA, *Ginglymostoma cirratum* (BONNATERRE, 1788) EN UN CULTIVO *in vitro* DE CELULAS TUMORALES

Elsa Victoria VERGARA*

Leonardo MANTILLA*

*A.A. 053617 Santafé de Bogotá, D.C. Colombia.

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio preliminar acerca de los efectos que producen extractos acuosos provenientes de diversos órganos internos del tiburón nodriza, (*Ginglymostoma cirratum*), (hígado, órgano epigonadal, riñón, cartilago y plasma) sobre un cultivo *in vitro* de células tumorales productoras de anticuerpos específicos contra el grupo sanguíneo A (hibridomas). Los experimentos llevados a cabo fueron complementados con un control de especificidad, para el cual se emplearon muestras de hígado y cartilago de la raya guitarra *Rhinobatus percellens*. Los monitoreos de crecimiento y metabolismo mostraron que el órgano epigonadal causó apoptosis en los hibridomas; el hígado y el plasma necrosis y los demás extractos de tiburón, así como el hígado y el cartilago de la raya guitarra provocaron inhibición tanto del crecimiento como del metabolismo celular.

ABSTRACT

A preliminary study of the effects of the aqueous extracts of the nurse shark (*Ginglymostoma cirratum*) haematopoietic organs (liver, epigonadal organ, kidney, cartilage and plasma), on the culture of the tumoral cells producer of specific antibodies with the A blood group (hibridomas) was carried out. The experiments were complemented with a control of specificity using the liver and cartilage extracts of the skate *Rhinobatus percellens*. The monitoring of the growth and metabolism showed that the epigonadal organ extract caused apoptosis in the hibridomas, the liver extract and the plasma provoked cell necrosis and the other extracts as the liver and cartilage of the skate caused inhibition on the growth and cell metabolism.

INTRODUCCION

El empleo de sustancias de origen elasmobranquio como tratamiento contra el cáncer humano tiene su base en varios ensayos de laboratorio que han empleado suero de los tiburones *Ginglymostoma cirratum* y *Negaprion brevirostris* contra el Sarcoma de Roux producido en gallinas (Sigel y Fugman, 1966 En: Grogan y Lund, 1991) y de *Carcharhinus plumbeus* y *Galeocerdo cuvieri* contra el carcinoma de Lewis producido en ratones, encontrando resultados positivos para ambos casos (Shodgrass et al., 1976; Burke et al., 1977). El presente trabajo constituyó la primera investigación de esta género realizada en Colombia y consistió en observar el efecto producido por varios extractos acuosos provenientes de diferentes órganos del tiburón nodriza (*Ginglymostoma cirratum* Bonnaterre, 1788), sobre el crecimiento y metabolismo *in vitro* de una línea de células murinas híbridas (hibridomas), caracterizadas por tener capacidad de crecimiento ilimitado (tumorigénicas) y además por secretar anticuerpos monoclonales específicos contra un grupo sanguíneo humano determinado, en este caso el A.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de plasma se obtuvieron mediante el sangrado de 9 tiburones nodriza, *Ginglymostoma cirratum*, cautivos en el Oceanario de las Islas del Rosario (Cartagena). Los

órganos internos destinados a la obtención de extractos (cartilago, órgano epigonadal, hígado y riñón) se obtuvieron de tres tiburones nodriza pescados en la Isla Barú. Estos órganos se fragmentaron en trozos de aproximadamente 50 g y se llevaron a un homogenizador de tejidos (Polytron Kinematica) por medio del cual se obtuvieron 50 ml de extracto acuoso de cada muestra, los cuales posteriormente se ultracentrifugaron a 16000 r.p.m. durante 20 minutos. El sobrenadante de cada extracto, al igual que el plasma, se pasó por un portafiltro de 0.45 mm (Millipore) y el filtrado se conservó a -20°C hasta el momento de su uso en el experimento.

Además de los órganos internos obtenidos de los tres tiburones nodriza disectados, se extrajeron órganos de otro pez elasmobranquio, la raya guitarra (*Rhinobatos percellens*), con el fin de incluir extractos de órganos que sirvieran como control de especificidad en la prueba de cultivo celular; se extrajeron cortes de aproximadamente 50 g de hígado y cartilago. El control de especificidad para el cual se colectaron muestras de órganos internos de raya, se hizo con el fin de tener un punto de comparación para determinar si el efecto que producen los órganos internos del tiburón nodriza sobre el crecimiento de células tumorales es exclusivo de dicho tiburón o no. El manejo de las muestras de raya para obtener extractos acuosos fue exactamente igual al practicado con los órganos de tiburón. Todos los extractos acuosos obtenidos (del tiburón nodriza y la raya guitarra) fueron sometidos a una prueba de esterilidad.

Los extractos acuosos provenientes del tiburón y la raya, fueron diluidos en 6 concentraciones sucesivas (1/28, 1/56, 1/112, 1/224, 1/448, 1/896) con el fin de determinar cual de ellas presentaba la acción más efectiva al ser introducidos en el medio de cultivo (RPMI-1640-Completo, HISTO-LAB, Ltda) con 20000 hibridomas (iniciales) de las líneas A866F9, A2G8D6 y A1B12A9 (HISTO-LAB, Ltda.) productoras de anticuerpo específico contra el grupo sanguíneo A. Por medio del método de detección colorimétrica de Lowry por espectrofotometría (Stoscheck, 1990) se determinó la concentración de proteína en mg/ml existente en cada una de las 6 diluciones de los diferentes extractos acuosos obtenidos (Tablas 1 y 2).

El ensayo llevado a cabo contó con un control de especificidad y un control neutro, el cual consistió en dejar los hibridomas en su medio de cultivo normal. La prueba se llevó a cabo durante una semana (91 horas), incubando las células a 37°C con atmósfera de 5% de CO_2 (Orozco et al., 1986).

La evaluación del efecto producido por los extractos elasmobranquios sobre el desarrollo normal de los hibridomas se basó en la continua revisión del crecimiento y el metabolismo celular. El crecimiento se determinó mediante el recuento de los hibridomas a las 21, 46, 68 y 91 horas de cultivo. El metabolismo se evaluó mediante la prueba de aglutinación llevada a cabo a las 46 y 68 horas de cultivo (Orozco et al., 1986; Harlow y Lang, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante la obtención de los diversos extractos acuosos, se observó que a diferencia de las demás muestras, el órgano epigonadal mostró dos fases acuosas completamente definidas en el tubo de ensayo: la fase superior (1) de color rosado claro y la fase inferior (2) de color rosado oscuro. La prueba de esterilidad llevada a cabo, indicó ausencia de contaminación microbiológica en los extractos obtenidos.

Efecto de los Extractos Sobre el Crecimiento de los Hibridomas

El resultado correspondiente al número total diario de hibridomas vivos en cada pozo, se presenta en las tablas 1 y 2 en valores de porcentajes referidos al 100%, el cual corresponde a la cantidad de células (hibridomas) encontradas en el pozo de control normal para cada tiempo de cultivo evaluado.

Tabla 1. Recuentos celulares expresados en porcentaje referido al máximo de células que crecen en el medio normal (100%), empleando extractos del tiburón *Ginglymostoma cirratum*.

Extracto	Dilución	Concentración (mg/ml)	21 horas	46 horas	68 horas	91 horas
E1 Organo Epigonada Fase 1	1/28	0,59	0	0	0	0
	1/56	0,29	25	21,3	2	4,2
	1/112	0,14	25	13,3	13	11,3
	1/224	0,07	25	26,7	14,3	18,3
	1/448	0,04	25	13,3	12,8	22,6
	1/896	0,02	75	54	37,2	26,7
E2 Organo Epigonada Fase 2	1/28	0,68	25	6,67	2	1,4
	1/56	0,34	25	8,9	8	11,3
	1/112	0,17	25	20	58	22,8
	1/224	0,08	25	20	38	14,1
	1/448	0,04	25	20	28	14,1
	1/896	0,02	75	13,3	32	15,5
R Riñón	1/28	0,36	25	40,8	24	5,6
	1/56	0,18	50	21,3	40	18,3
	1/112	0,09	25	73,3	40	11,3
	1/224	0,04	25	66,7	38	38
	1/448	0,02	75	33,3	16,7	12,7
	1/896	0,01	50	5,67	20	35,2
C Cartilago	1/28	0,19	25	8,9	56	20,6
	1/56	0,09	25	13,3	28	15,6
	1/112	0,04	25	13,3	16	1,4
	1/224	0,02	25	20	24	13,1
	1/448	0,01	25	20	36	25,6
	1/896	$6,1 \times 10^{-3}$	25	8,9	48	22,8
H Hígado	1/28	0,6	25	13,3	2	7,2
	1/56	0,3	50	20	12,6	7,7
	1/112	0,15	25	3,3	24	29,1
	1/224	0,07	25	6,67	44	26,7
	1/448	0,03	50	13,3	11,04	32,4
	1/896	0,01	25	20	36	17,01
P Plasma	1/28	-	25	20	16	3,2
	1/56	-	25	20	20,6	14,1
	1/112	-	25	25	28	15,5
	1/224	-	25	13,3	20	22,5
	1/448	-	25	3,3	5,3	18,4
	1/896	-	50	40	20	22,5

Tabla 2. Recuentos celulares expresados en porcentaje referido al máximo de células que crecen en el medio normal (100%), empleando extractos de raya, *Rhinobatos percellens*.

Extracto	Dilución	Concentración (mg/ml)	21 horas	46 horas	68 horas	91 horas
OR	1/28	0,13	50	20	32	40,9
Cartilago de Raya	1/56	0,06	25	36,2	52	60,6
	1/112	0,03	25	20	40	28,2
	1/224	0,01	25	20	52	32,4
	1/448	$8,6 \times 10^{-3}$	25	8,4	20	4,2
	1/896	$4,3 \times 10^{-3}$	25	20	16	14,1
HR	1/28	0,47	25	60	20	28,2
Hígado de Raya	1/56	0,23	50	21,3	28	14,1
	1/112	0,12	50	40	36	22,5
	1/224	0,06	25	26,7	32	9,8
	1/448	0,03	25	15	12	18,3
	1/896	0,01	50	20	24	49,3

Los extractos empleados como controles de especificidad, cartilago e hígado de raya guitarra, resultaron inhibidores del crecimiento celular de los hibridomas. En presencia del extracto de cartilago de raya, con concentración de 0,06 mg de proteína/ml, se obtuvo un máximo crecimiento celular del 60,6% a las 91 horas de cultivo, siendo éste el extracto que durante todo el período de incubación, permitió el mayor desarrollo celular. Los hibridomas en presencia del extracto de hígado de raya guitarra con 0,47 mg de proteína/ml, alcanzaron un crecimiento del 60% en las primeras horas de incubación (46h) y posteriormente, el porcentaje de células disminuyó (Tabla 2).

El resultado indica que los extractos de hígado y cartilago de raya guitarra (*Rhinobatos percellens*), no sirven como controles de especificidad para el experimento. Con este resultado se encuentra que no sólo los extractos de los órganos hematopoyéticos de los tiburones son efectivos contra la proliferación de células tumorales como ha sido reportado por investigaciones de diversos autores. Vale la pena mencionar que al describir una reacción de extractos de tiburón contra tumores como el sarcoma de Roux (Grogan y Lund, 1991), el carcinoma de Lewis (Burke *et al.*, 1977) y la leucemia PS (Luer, 1990), los autores no emplearon controles de especificidad que permitieran asegurar que los portadoras de sustancias anti-tumorales eran únicamente los tiburones. Para llegar a esta afirmación sería necesario emplear controles no sólo de peces cercanos a los tiburones como las rayas, sino también órganos de animales lejanos, como pueden ser peces óseos e inclusive mamíferos. Así podría establecerse si la inhibición del crecimiento celular es característica solamente de los peces elasmobranchios o lo comparten con otro grupo de animales. Por otro lado, podría pensarse que la falla del control de especificidad se debe a un vicio en el diseño experimental, consistente en que tanto el crecimiento como el metabolismo de los hibridomas se ve afectado por cualquier tipo de sustancia extraña a su medio de cultivo normal, por lo cual para un posterior ensayo se recomienda el empleo de un método más sensible llevado a cabo con estrictos controles normales y de especificidad.

La fase 1 del órgano epigonadal del tiburón nodriza (Tabla 1), se caracterizó por presentar el mayor efecto negativo sobre el crecimiento normal de los hibridomas, entendiéndose por efecto negativo, la muerte celular. La dilución 1/28 con una concentración de 0,59 mg de proteína/ml, produjo muerte celular detectable a las 21h de cultivo, a las 46h, la viabilidad de las células en este pozo fué cero. La presencia de este extracto sobre los hibridomas produjo el efecto de apoptosis, lo que indica que este extracto parece tener algún tipo de componente que activa la destrucción celular programada. Según Cotter y Al-Rubeai (1995), la apoptosis celular ocurre en cultivos *in vitro* cuando las células son sometidas a estres causado por factores como escasez en el suministro de nutrientes, variación en el pH, fuerzas osmóticas o falta de oxígeno, entre otros.

Como respuesta a esta presión, se inicia una muerte celular programada y controlada, de estas forma, la presencia de los extractos de origen elasmobranquío podría estar afectando cualquiera de los factores de estrés mencionados anteriormente.

La fase 2 del órgano epigonadal produjo también muerte por apoptosis, de forma más lenta y menos perceptible que la fase 1. La dilución más eficaz correspondió a la de mayor concentración de proteínas (0,68 mg/ml) y su efecto decayó al disminuir la concentración de las proteínas en el extracto (Tabla 1).

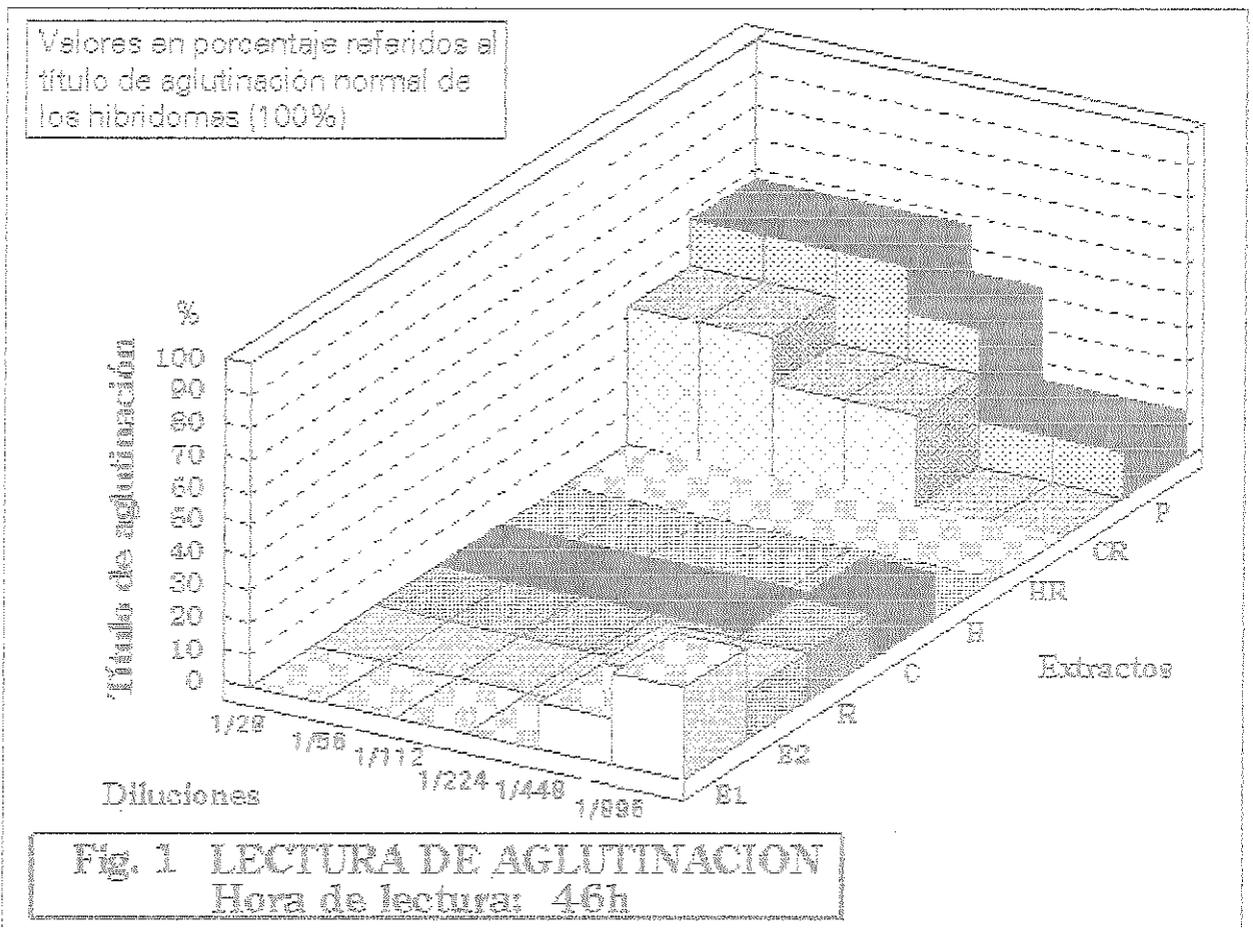
Entre los extractos de los demás órganos del tiburón nodriza (Tabla 1), el hígado en su concentración de 0,6 mg de proteína/ml, produjo inhibición del crecimiento celular, permitiendo un máximo de 33,8% con respecto al crecimiento de las células normales. Además, al igual que el plasma, se observó que ambos extractos produjeron efecto de necrosis celular, la cual se presenta en los casos en que las células son afectadas por un daño severo y brusco (Cohen, 1993).

El efecto mostrado por los demás órganos sobre los hibridomas, consistió en la inhibición o retardo del crecimiento celular, pero en ningún otro extracto se presencié muerte, ya fuese por necrosis ó por apoptosis. Los resultados encontrados hasta el momento indican que el crecimiento de los hibridomas efectivamente se ve afectado por la presencia de los extractos provenientes de órganos de peces elasmobranquios.

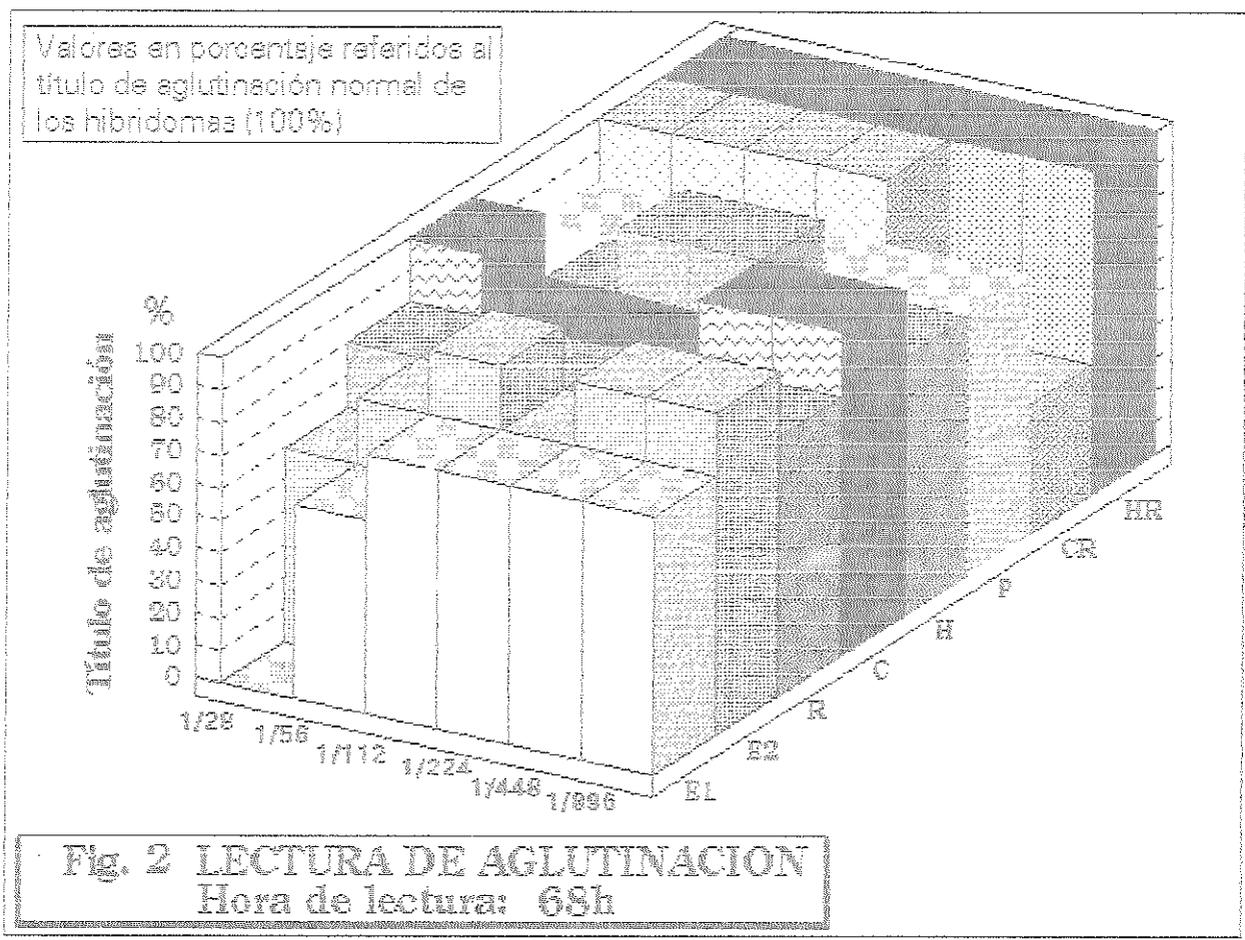
Determinación del metabolismo celular de los hibridomas

Un metabolismo celular sano se refleja en la alta producción de anticuerpos con un consecuente título de aglutinación alto. Es decir, un hibridoma sano del tipo celular empleado, produce anticuerpos contra el grupo sanguíneo A que quedan presentes en el sobrenadante del pozo de cultivo; si este sobrenadante es tomado para trabajar en una muy pequeña dilución (lo que quiere decir un título alto), los anticuerpos allí presentes son capaces de producir aglutinación al estar en contacto con sangre humana tipo A.

Mediante esta prueba es muy notable lo afectado que resultó el metabolismo celular de los hibridomas expuestos a las diluciones del órgano epigonadal, tanto de la fase 1 como de la fase 2 (Fig. 1), en las cuales no se observó aglutinación, lo que implica que las células allí presentes no pudieron llevar a cabo las funciones de su metabolismo normal.



Los resultados obtenidos muestran que los hibridomas en presencia de los extractos provenientes de órganos de peces elasmobranquios, se ven afectados en los procesos de crecimiento, principalmente y en menor grado en la síntesis de anticuerpos, la cual se vio altamente afectada únicamente por la fase 1 del órgano epigonadal con 0,59 mg de proteína/ml. Los demás extractos, aunque no presentan una afección muy notoria en la producción de anticuerpos (Fig. 2), si logran que el proceso se lleve a cabo más lentamente que en el medio normal.



CONCLUSIONES

La fase 1 del extracto de órgano epigonadal con 0,59 mg de proteína/ml, constituye la sustancia que más daño causó a los hibridomas, al ocasionarles la muerte desde las primeras horas de cultivo. En segundo lugar, los extractos de la fase 2 del órgano epigonadal (0,68 mg de proteína/ml) y el hígado (0,6 mg de proteína/ml), ocasionaron muerte celular, permitiendo un crecimiento máximo del 25% para ambos casos a las 21 horas de cultivo y redujeron, además, su metabolismo.

El extracto de cartilago de tiburón (0,17 mg de proteína/ml) fué el que permitió mayor desarrollo celular (56% a las 68 horas de cultivo), pero afectó el metabolismo celular al provocar la baja producción de anticuerpos monoclonales. El extracto del riñón (0,31 mg de proteína/ml) permitió un crecimiento máximo a los hibridomas de 46,7% a las 48 horas de cultivo, produciendo luego un descenso en la cantidad de células viables. El extracto afectó también la producción de anticuerpos monoclonales haciendo más lento el proceso; ni a las 48 horas ni a las 68 horas del experimento, se alcanzó una producción del 100%. La presencia del plasma en el medio de cultivo afectó el crecimiento de los hibridomas, permitiendo un máximo de 50% al inicio de la prueba (21 horas); así mismo, la producción de anticuerpos monoclonales resultó disminuida.

Los extractos elasmobranquios causaron reducción en la tasa de crecimiento de los hibridomas y además redujeron la producción de anticuerpos monoclonales. El daño más severo fué provocar muerte celular por dos vías, la apoptosis y la necrosis. Los extractos de órgano epigonadal, tanto

en la fase 1 como en la 2 constituyen aceleradores del proceso de apoptosis. El plasma y el hígado se comportan como sustancia tóxica que produce necrosis celular.

Los extractos que produjeron muerte celular se caracterizaron por contener una concentración de proteína mayor a 0,50 mg/ml, siendo éstos: el órgano epigonadal fase 1 (0,59 mg/ml), fase 2 (0,68mg/ml) y el hígado (0,6mg/ml).

El experimento llevado a cabo muestra que el efecto antiproliferativo o inhibidor de las células tumorales no es específico de los extractos de órganos hematopoyéticos de tiburón, pues los extractos de órganos semejantes de la raya guitarra, también logran los mismos efectos antiproliferativos.

Los resultados permiten afirmar que existe algún factor en los extractos de origen elasmobranchio que en realidad afecta el crecimiento de células tumorales. La sensibilidad del método empleado no permitió aclarar qué tipo de sustancia es la encargada de tal reacción como tampoco la forma en que actúa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las siguientes instituciones, las cuales hicieron posible la realización del presente estudio: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Laboratorios Histo-Lab, Ltda., CEINER (Oceanario Islas del Rosario) y Fundación OMACHA. De la misma manera se agradece la dirección científica de Oscar Orozco M. D. y de su equipo en el Instituto Nacional de Cancerología. La asesoría de Rafael Vieira, Biólogo Marino, Amparo Canosa de Barrero, Microbióloga y Elvira M. Alvarado, Bióloga Marina.

BIBLIOGRAFIA

- BURKE, J; M. SNODGRASS; M. MAUGERI y L. BOWERS. 1977. Shark Serum: Localization on the surface of tumor cells *in vivo* and inhibition of cell growth *in vitro*. J. Cell. Biol. 41:1a.
- COHEN, J. J. 1993. Apoptosis. Immunology Today, 14(3): 126 - 130pp.
- COTTER, T. G. y M. AL - RUBEAI. 1995. Cell death (apoptosis) in cell culture systems. Trends in Biotechnology 13(4): 150 - 155pp.
- GROGAN, E. y R. LUND. 1991. Reactivity of human white blood cell to factors of elasmobranch origin. Copeia. 1991 (2): 402 - 408pp.
- HARLOW, E. y D. LANG. 1988. Antibodies. A laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory. 726p.
- LUER, C. A. 1990. Elasmobranchs (sharks, skates and rays) as animal models for biomedical research. En: WOODHEAD, A. D. and VIVIRITIO, K. 1990. Nonmammalian animal models for biomedical research. CRC Press, INC. Florida. 121 - 147pp.
- OROZCO, O; M. BRAVO; M. JIMENEZ y P. PORTILLO. 1986. Manual "Producción y uso de anticuerpos monoclonales". Memorias curso teórico práctico. OMS-UNESCO. 147p.
- SNODGRASS, M. J; J. D. BURKE y G. D. MEETZ. 1976. Inhibitory effect of shark serum on the Lewis Lung Carcinoma. J. Natl. Cancer. Inst. 56 (5): 981-983.
- STOSCHECK, C. M. 1990. Quantitation of protein En: DETSCHER, M. P. 1990. Methods in Enzymology, Vol. 182. Guides to protein purification. Academic Press, Inc. 894p.

RECLUTAMIENTO, DINÁMICA POBLACIONAL Y ORIENTACIÓN DEL CIRRIPEO *Balanus trigonus* DURANTE SUCESIÓN EN PLACAS DE "FOULING"

2.11

Camilo B. García¹ y Iovana Moreno¹

RESUMEN

El cirripedio *Balanus trigonus* es una especie cosmopolita, submareal. Se ha encontrado que es un representante común de las llamadas especies de "fouling" en otras latitudes. En el curso de un estudio sobre sucesión en sustratos artificiales en la Bahía de Santa Marta, Caribe colombiano, se encontró que esta especie era uno de los miembros más prominentes de la comunidad de "fouling" que se desarrolló sobre los sustratos (placas de 10 x 10 cm). Este hecho crea la oportunidad singular de estudiar varios aspectos de su dinámica poblacional en un sentido comparativo, incluyendo un aspecto de la biología de los organismos sesiles que raramente se considera: su orientación. En este trabajo se tocan cuatro aspectos de la biología de *Balanus trigonus*: reclutamiento, tasas de crecimiento y mortalidad y orientación respecto a la línea del horizonte.

Respecto a la última se prueban dos hipótesis: (1) que en el momento del asentamiento la orientación de los individuos respecto al horizonte es al azar, y (2) que a medida que los individuos envejecen por efectos de mortalidad diferencial la orientación deja de ser al azar. En relación a la disponibilidad de larvas se encontró que cubre todo el año, si bien con un pico bien marcado en la época seca (enero a abril), y que esta disponibilidad se refleja en la abundancia de la especie durante la sucesión sin importar la edad de la comunidad en la escala temporal de este estudio que es un año. Crecimiento y mortalidad son rápidos en esta especie, como corresponde a una especie oportunista. El crecimiento máximo (6 mm en promedio, distancia carino-rostral) se alcanza en aproximadamente 20 semanas desde el asentamiento. La mortalidad, por su parte, es sustancial. En promedio 50 % de los reclutas han perecido luego de apenas 3 semanas del asentamiento. Respecto a la orientación en el asentamiento se encontró que no es azarosa sino que sigue un patrón definido: la mayoría de los reclutas se orientó entre los 0° y los 30° del horizonte.

Con la edad, sin embargo, este patrón se va modificando hasta que los individuos más viejos no presentan diferencias estadísticas de orientación en el rango de los 0° a los 180°. Se discuten las implicaciones biológicas y ecológicas de estos resultados y se compara con estudios hechos sobre la misma especie en Nueva Zelanda y Estados Unidos.

¹ INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta, Magdalena. Tel.: 954-211380, 214774, Fax 954- 211377. Email: cgarcia@santamarta.cetcol, net.co

COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA AVIFAUNA EN UN
MANGLAR DE BORDE Y LA VEGETACIÓN ALEDAÑA EN LA
BAHÍA DE BUENAVENTURA (PACIFICO COLOMBIANO)

Luis H. Chasqui y German Morales.

RESUMEN

En un manglar de borde de la zona urbana de Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia, en el estero "El Aguacate" se realizó una evaluación de la avifauna. Se observaron 53 especies de 23 familias y 10 órdenes. De ellas, 48 fueron registradas durante los censos y cinco fuera del tiempo de muestreo. Se encontraron 38 especies generalmente asociadas con hábitats terrestres, lo cual significa una mayor representación (69.81%) que las aves playeras y marinas (28.30%). Además, la riqueza de las especies de hábitats terrestres fue alta (Passeriformes, 37.74%; Trochilidae, 13.21%; Columbidae, 11.32%; Cuculidae, 5.66%; Psittacidae, 1.88%). Se determinaron la abundancia y frecuencia relativas, con lo cual se encontraron dos especies abundantes, 11 comunes, 17 ocasionales y 18 raras. La curva de saturación para el número de especies encontradas con respecto al número de días de muestreo no alcanzó el punto donde se vuelve asintótica. Se determinaron los distintos usos del manglar de parte de las aves teniendo en cuenta perchaje (55%), alimentación (37%) y anidación (8%). Se determinó el uso de las especies de mangle; *Pelliciera rhizophorae* fue la especie más utilizada para la anidación (80%) al igual que la alimentación (75%). *Mora megistosperma* fue la segunda especie más importante para la anidación (20%), mientras que *Rhizophora mangle* fue la especie más importante para el perchaje (54.23%). Se concluye que este manglar presenta gran importancia para la avifauna de la zona por las posibilidades de alimentación y los sitios de descanso y anidación que brinda.

ABSTRACT

An evaluation of the avifauna was carried out at the edge mangrove at "El Aguacate" canal, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. Fifty-three species from 23 families and 10 orders were observed. Forty-eight of the species were observed during the actual census period, while five were discovered extemporaneously. Thirty-eight of the species are generally associated with terrestrial habitats; this represents a greater percentage (69.81%) than that of beach and marine birds (28.30%). The richness of terrestrial species was also high (Passeriformes, 37.74%; Trochilidae, 13.21%; Columbidae, 11.32%; Cuculidae, 5.66%; Psittacidae, 1.88%). Relative abundance and frequency were determined, revealing that two species are abundant, 11 common, 17 occasional, and 18 rare. The saturation curve, plotting the number of species found versus the number of days of sampling, did not reach the point where it becomes asymptotic. The mangrove was observed to be used primarily for perching (55%), followed by feeding (37%) and nesting (8%). The frequency of use of each species of mangrove was calculated; *Pelliciera rhizophorae* was preferred for both nesting (80%) and feeding (75%). *Mora megistosperma* was the second most used species for nesting (20%), while *Rhizophora mangle* was the most important species for perching (54.23%). We conclude that this mangrove is of vital importance to avifauna due to the ample food and resting and nesting sites it offers.

INTRODUCCIÓN

El manglar se considera como uno de los ecosistemas más productivos del mundo, debido a que tiene una alta producción primaria que ofrece una cuantiosa fuente de nutrientes para muchos organismos tales como moluscos, crustáceos e invertebrados en general, que a su vez son una rica despensa para todos los grupos de vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y algunos mamíferos). Es bien sabido que un buen número de aves se benefician de los recursos ofrecidos por el manglar, no sólo en lo concerniente a la alimentación sino también como zona de descanso e incluso como lugar de anidación.

Lo anterior es tal vez más evidente para aves marinas y playeras que para aves terrestres; sin embargo, Ralph y Chaplin (1973) reportan 15 especies para manglares de Buenaventura. Prahl et. al. (1990) reportan 32 especies de aves terrestres para manglares del pacífico colombiano, Granizo (1992) reporta 45 especies de

aves terrestres para manglares del Ecuador y Noske (1992) reporta más de 40 especies para manglares de Malasia, lo cual hace pensar en la importancia de este ecosistema para aves que normalmente utilizan la vegetación terrestre. Rincon y Tejera (1982) reportan para manglares del golfo de Chiriquí algunas especies de las familias Ardeidae, Psittacidae, Accipitridae y Picidae entre otras.

Algunos autores reportan una rica variedad de aves en los manglares de Cuba, por ejemplo el canario de manglar *Dendroica petechia* y *Rallus longirostris*, la gallinula de manglar. Otras especies de aves con hábitos marinos utilizan el manglar como zona de refugio y de anidamiento (FAO-MINAGRI, 1984, citado por M. Carrera y P. Santander 1994), entre estas se encuentran *Pelecanus occidentalis* (Alcatraz, Pelicano), *Fregata magnificens* (tijereta o fragata), *Ajaia ajaia* (Garza paleta, espátula), *Casmerodius albus* o *Egretta alba* (Garza real), *Ardea cocoi* (Garza gris), *Cairina moschata* (Pato real) y *Phoenicopterus ruber* (Flamenco). Se han reportado además otros sitios de importancia para las aves como el refugio de fauna silvestre de Los Olivitos, sitio de nidificación de flamencos, además la laguna de Piritu y Unare, humedal de importancia para flamencos en tierras venezolanas (Rodríguez 1994). El grado de utilización que hacen las aves de las distintas zonas del manglar puede dar pie a que las especies se ubiquen a lo largo de un gradiente de distribución e incluso permitir la intromisión en mayor o menor grado de aves típicas de vegetación terrestre al manglar.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de presentar la composición aviar de un manglar de borde y zonas aledañas que han sufrido gran intervención de origen antropogénico. Teniendo en cuenta que las investigaciones en este sentido en la costa pacífica colombiana han sido pocas, consideramos de gran importancia un estudio de este tipo, para llegar a obtener un mejor entendimiento de las comunidades aviares y su vínculo con el bosque tropical de mangle.

ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio fue realizado entre los días 5 a 9 de Junio de 1996 en un manglar de borde ubicado en el estero Aguacate en la Bahía de Buenaventura (Valle del Cauca), que es un estuario tropical localizado en el occidente colombiano entre Punta Bazan (3° 50' 10" N; 77° 10' 45" W) y Punta Soldado (3° 48' 55" N; 77° 10' 40" W) prolongándose hasta los esteros Combo y Aguacate (Fig. 1). Los canales están bordeados por bosque de manglar de tipo perennipluvio (Pannier y Pannier, 1976, citados por Echeverry y Bergamin, 1982) donde predominan *Rhizophora*, *Avicennia* y *Laguncularia*. Esta zona pertenece a una formación vegetal de bosque muy húmedo tropical (bmh-t) (Espinal, 1963), con una pluviosidad aproximada de 5000 mm anuales, con una mayor abundancia de lluvias en los meses de Agosto a Noviembre y la humedad relativa del aire es cercana al 80% (Ricaute, 1995).

METODOLOGÍA

Se dividió el área de estudio en zonas: vegetación adyacente, dominada principalmente por gramíneas, helechos y algunas melastomataceas; borde del manglar, barranco que se ha formado como resultado de la erosión; interior del manglar, formado por una gran cantidad de canales interconectados que interrumpen la continuidad de la vegetación formando una serie de "islotos". El borde del manglar se encuentra dominado principalmente por *Pelliciera rhizophorae*, *Conocarpus erectus*, *Rhizophora mangle* y gran cantidad de *Acrostichum aureum*. Hacia el interior se puede encontrar *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Mora megistosperma* aunque sigue dominando *Rhizophora mangle*.

Se realizaron 15 muestreos con un tiempo de duración de 1 hora, por medio del método de búsqueda intensiva (Ambrose, 1989; citado por Ralph et al. 1995), de los cuales 6 corresponden a la vegetación adyacente, 5 a el borde del manglar y 4 al interior del manglar. Se registraron todas las especies observadas durante el recorrido con número de individuos y la actividad realizada por estos, además del sustrato en que se encontraban (especies de mangle, lodo, estero, etc.). Se hicieron además 5 muestreos en el borde del manglar desde un punto fijo ubicado en las ramas altas de un árbol de *Rhizophora*, consistente en registrar todas las aves que se encontraran a una distancia focal adecuada como para ser identificados, y la actividad realizada por estas.

Se realizaron estimaciones de la abundancia y frecuencia relativas de cada especie (tabla 1); para lo cual se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Abundancia relativa} = \frac{\# \text{ de individuos de la especie } i}{\text{horas de muestreo en los habitats más comunes para la especie } i}$$

*El hábitat más común para la especie *i* es aquel en que fue observada el 80% de las veces.

El valor estimado nos indica el número de individuos observados por hora de muestreo, lo cual nos puede servir para estimar el esfuerzo necesario en horas de muestreo para observar un individuo de la especie *i*.

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\# \text{ de muestreos en que se observa la especie } i}{\# \text{ de muestreos totales en que es posible observar la especie } i}$$

Para la clasificación de las especies se utilizaron los siguientes criterios:

- Especies abundantes (A) >75%
- Especies comunes (C) > 50%
- Especies poco comunes u ocasionales (O) >25%
- Especies raras (R) <25%

Se estimó el porcentaje de especies observadas realizando cada uno de tres tipos de actividades que son: alimentación, anidación y perchaje (descanso y acicalamiento), de la siguiente forma:

$$\text{Actividad } x = \frac{\# \text{ de veces observada en } x \text{ actividad}}{\# \text{ total de veces observada}}$$

De lo anterior se obtiene que el ítem con mayor porcentaje es el uso más frecuente que da la especie al manglar.

Con base en los datos anteriores se calculó la importancia del manglar en cada ítem para el total de las especies (Fig. 3) como sigue:

$$\% \text{ de utilización del manglar} = \frac{\# \text{ de especies que utilizan el manglar para } x \text{ actividad}}{\# \text{ total de especies}}$$

Se determinó la importancia relativa de las especies de mangle para cada uno de los tres ítems antes mencionados (Tabla 2), de la siguiente forma:

$$\% \text{ de la especie de mangle para } x \text{ actividad} = \frac{\# \text{ de individuos en } x \text{ actividad en la especie de mangle}}{\# \text{ de individuos en } x \text{ actividad en todas las especies de mangle}}$$

Se graficó la curva de saturación de especies para la zona de estudio, teniendo en cuenta los días de muestreo versus el número de especies encontradas (Fig. 2).

La secuencia taxonómica y la nomenclatura empleada para las aves en la tabla 1 sigue a Hilty y Brown (1986).

RESULTADOS

• Composición de la avifauna:

Se observó un total de 53 especies de aves, pertenecientes a 23 familias y 10 órdenes (Tabla 1). De éstas 48 fueron registradas durante los censos y 5 por fuera del tiempo de muestreo. Es de notar la riqueza de especies Passeriformes para el área de estudio (37.74%), que sumadas a las especies de las familias Trochilidae (13.21%), Columbidae (11.32%), Cuculidae (5.66%) y Psittacidae (1.88%) son aves generalmente asociadas a

hábitats terrestres más que a hábitats acuáticos y sin embargo tienen una mayor representatividad (69.81%) para esta época del año comparada con las aves marinas y playeras (28.3%).

- Abundancia relativa y frecuencia relativa:

Se encontró un total de 2 especies abundantes, 11 comunes, 17 ocasionales y 18 catalogadas como raras. Ambas especies abundantes son granívoras, de las 11 especies comunes 2 son principalmente granívoras, 3 insectívoras, 2 se alimentan de pequeños invertebrados enterrados en el fango, 3 son pescadoras y 1 es nectarívora.

- Utilización del manglar por parte de las aves:

Se encontró que en la mayor parte del tiempo las aves usan el manglar para perchaje (55%); el segundo uso más importante que dan las aves del manglar es la búsqueda de fuentes alimenticias (37%). Aunque en menor medida las aves en nuestro estudio también usaron el manglar como sitio de anidación (8%).

- Importancia relativa de las especies de mangle:

Se encontró que *Pelliciera rhizophorae* fue la especie más utilizada para la anidación con un 80%, al igual que para la alimentación con un 75%, *Mora megistosperma* fue la segunda especie en importancia para la anidación con un 20%, mientras que *Rhizophora mangle* fue la especie más importante para el perchaje con un 54.23% (Tabla 2).

- Curva de saturación de especies:

Como se observa en la gráfica 2 la curva de saturación de especies no alcanza su estado asintótico, es decir el punto en el cual no se observarán más especies nuevas sin importar el esfuerzo de muestreo realizado.

- Distribución de las especies en la zona de estudio:

Se registró un total de 22 especies de aves observadas con mayor frecuencia en el borde del manglar, 22 especies más propias del interior del manglar y 3 pertenecientes a la zona adyacente. Las 22 especies observadas en el borde del manglar son aves típicamente terrestres; de las 22 observadas en el interior del manglar solo 12 son aves consideradas en general como terrestres, las 10 restantes están más relacionadas con hábitats marinos y las 3 especies registradas en la vegetación adyacente, como es de esperar, son aves terrestres.

DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que la curva de saturación de especies no alcanzó su estado asintótico y que al parecer no está tan cerca de llegar a ese punto, puesto que en el tercer día de muestreo se observaron 8 especies nuevas de un total de 53, número que consideramos bastante grande aún, ya que esta curva busca el punto en el cual por más tiempo o esfuerzo de muestreo invertido no se va a observar ninguna especie nueva. Si consideramos además que de esas 53 especies, 35 son clasificadas como ocasionales y raras por tener una baja frecuencia de observación; creemos que este manglar puede ser una zona usada regularmente por algunas especies típicamente silvícolas que pueden encontrar en él una zona de descanso y alimentación.

Por otra parte creemos importante destacar el hecho de que los manglares en general son hábitats relativamente poco diversos en cuanto a su estructura vegetal si los comparamos con las selvas tropicales o con estadios sucesionales tempranos; no obstante esta escasa diversidad vegetal es soporte de una amplia variedad faunística, sobre todo en lo que se refiere a grupos de invertebrados, estos a su vez soportan complejas cadenas tróficas de las que hacen parte comunidades de vertebrados, entre los cuales se encuentran las aves.

Además de la rica fauna en invertebrados presentes en el manglar, un factor que puede contribuir a que se encuentre un número importante de especies de aves, es la gran diferencia estructural y morfológica que es posible observar entre las diferentes especies de mangle, lo cual hace de cada especie un microhábitat distinto que puede ofrecer recursos diferentes a los organismos que los visitan.

El manglar objeto de nuestro estudio presenta un número importante de especies de aves terrestres entre comunes y abundantes(13) más aún si tenemos en cuenta las características de alta intervención antropogénicas a las que se encuentra sometido constantemente y que se encuentra rodeado por una vegetación adyacente relativamente escasa. Prah et. al. (1990) reportan en su libro " Manglares y Hombres del Pacifico Colombiano" un total de 32 especies de aves terrestres para manglares. En nuestro estudio agregamos 8 especies más a este número, aunque el número es mayor pues en general las especies encontradas no son coincidentes, por lo cual al sumar las dos listas el número asciende a 63 especies de aves terrestres.

Agregamos el reporte de 4 especies de aves anidando en el manglar y 1 en la vegetación adyacente, estas son:

- *Icterus chrysater*; del cual se observó un nido en un árbol de *Mora megistosperma* a orillas de un canal, en el se observaron 2 polluelos que eran alimentados constantemente por sus padres.
- *Ramphocelus icteronotus*; se observó una hembra transportando material para nidificación en repetidas ocasiones en un arbusto ubicado en la vegetación adyacente al manglar.
- *Sicalis luteola*; se observó una pareja visitando frecuentemente un nido ubicado en un árbol de *Pelliciera rhizophorae*
- *Hylocharis grayi*; se observó un individuo de esta especie culminando el proceso de construcción del nido en un árbol de *Pelliciera rhizophorae*.
- *Zenaida auriculata*; se observó un individuo empollando 2 huevos en un nido ubicado en el suelo entre los pastos de la vegetación adyacente.

Vale la pena destacar el hecho de que los eventos de nidificación en el manglar propiamente dicho, registrados en nuestros muestreos, estuvieran ocurriendo en especies de mangle que típicamente pertenecen a sustratos duros y por tanto son más terrestres.

Los eventos alimenticios registrados durante el estudio en cuanto a las plantas asociadas se presentaron en miembros de las familias Theacea, de la cual se alimentaban *Tachifonus rufus* y *Ramphocelus icteronotus* principalmente de sus frutos; Melastomatacea(genero *Miconia*) en ella observamos a *R. icteronotus*, *Quiscalus mexicanus* y *Sicalis luteola* comiéndose los frutos; Piperacea(genero *Piper*). sus frutos eran consumidos por una hembra de *R. icteronotus*; Gramineae, en ella se observaron individuos de la familia Fringilidae consumiendo las semillas. Por otra parte las actividades alimenticias realizadas por las aves en árboles de mangle se registraron en su mayoría en *Pelliciera rhizophorae*, las aves fueron observadas consumiendo "cogollos tiernos" que creemos son de su agrado por presentar un sabor azucarado (obs. pers.). También fue posible observar aves alimentándose de "cogollos tiernos" de *Rhizophora* aunque en un menor porcentaje.

La marcada disminución en el número de aves terrestres al pasar del borde de manglar al interior del mismo, sugiere la existencia de un aparente gradiente de distribución que podría estar relacionado con la zonación del manglar, aunque nuestro trabajo no es concluyente al respecto ya que no fue posible llevar a cabo una determinación de la estructura del manglar.

CONCLUSIONES

- Basándonos en la curva de saturación podemos concluir que es necesario un tiempo de muestreo superior a cuatro días para alcanzar a cubrir la totalidad de especies de aves que es posible encontrar con cierta frecuencia en la zona .
- Dado que la mayor parte de eventos alimenticios y de nidificación se presentaron en *Pelliciera rhizophorae* cabe esperar que en manglares que se encuentren dominados o que presenten un número importante de miembros de esta especie, sea posible encontrar una cantidad apreciable de aves consideradas en general como terrestres.
- El número de especies de aves encontradas en la zona de estudio creemos subestima el número real debido a que los muestreos se llevaron a cabo en una época en la cual no contamos con la presencia de la totalidad de aves migratorias en nuestro país.
- Finalmente concluimos que este manglar presenta una gran importancia para la comunidad aviar de la zona por las posibilidades de alimentación, sitios de descanso y de anidación que brinda.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a los profesores Luis G. Naranjo por su valiosa colaboración como orientador de principio a fin, al igual que por el préstamo de material bibliográfico; Humberto Alvarez por la colaboración prestada en la identificación de especies y Jaime R. Cantera por la constante supervisión durante la realización de este proyecto.

LITERATURA CITADA

- Bergamin, H. y Echeverry, A. M. 1982. Estudio preliminar de la taxonomía y distribución de larvas de peces en la Bahía de Buenaventura. Tesis de grado. Universidad del Valle.
- Granizo.T. 1992. Los manglares del Ecuador. pp. 49-55 in rilla, F. (coord.). Memorias II taller regional de humedales, Paraty, Brasil. Quito. Ecuador: UICN.
- Hilty, B. y W. Brown. 1986. A guide to the birds of Colombia. New jersey. Princeton University press. U.S.A. pp 836.
- Noske, R. 1992. Mangrove birds of peninsular Malasia and their conservation. Asian wetland News 5:15-16
- Prahl, H., Cantera, R. Jaime., Contreras, R.. 1990. Manglares y hombres del pacífico colombiano. Fondo FEN Colombia.
- Ralph, C. H., G. R., Geupel, P. Pyle, T. E., Martin, D. F., Desante y B. Mila. 1995. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report.. CA: Pacific Southwest station. Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Ralph, C. P. y S. J. Chaplin. 1973. Some birds of Island Punta Arenas, Pacific Coast, Colombia. The Condor 75:357-358.
- Rincón, R. R. y Tejera, V. H. 1982. La importancia del manglar. Lotería 312-313, Marzo-Abril.
- Suman, Y. Daniel. 1994. El ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación. Rosenstiel school of marine and atmospheric science Universidad de Miami. Miami-Florida, y the tinker foundation. New york. New york.

TABLA 1. Abundancia y frecuencia relativa de las especies de aves en la zona de estudio.

FAMILIA	ESPECIE	ABUND.	HABITAT	FRECUEN.	OBSERVACIONES
Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	0,26	M	O	** Tienen domideros en manglares
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax olivaceus</i>	*		*	** Duerme en manglares y pescan en estuarios
Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	0,18	M	O	**Duerme en manglares
Ardeidae	<i>Egretta alba</i>	0,54	M	C	Pesca en estero en marea baja
	<i>Egretta thula</i>	0,54	M	C	Idem
	<i>Egretta caerulea</i>	*		*	
	<i>Butorides striatus</i>	1,48	M	C	Pesca entre el piano lodoso principalmente Gobiidae
	<i>Bubulcus ibis</i>	*	*	*	En el piano lodoso
	<i>Nyctanassa violacea</i>	0,18	M	O	** Captura sus presas de noche a lo largo de la orilla
Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	0,4	B	R	Descansan en los manglares ocasionalmente
Rallidae	<i>Amaurolimnas concolor</i>	0,18	M	O	Especie playera y de borde de manglar
Charadriidae	<i>Charadrius semipalmatus</i>	0,18	M	O	Idem
Scolopacidae	<i>Tringa melanoleuca</i>	0,36	M	C	Migratoria (Agosto-Mayo)
Laridae	<i>Larus sp</i>	0,54	M	O	Pescan en estuarios
Columbidae	<i>Columba speciosa</i>				Se percha en la copa de árboles
	<i>Columba subvinacea</i>	0,1	B	R	Ocupa generalmente el estrato medio de los árboles en el borde
	<i>Zenaida auriculata</i>	0,3	P	O	Anida en pastizales adyacentes al manglar
	<i>Columbina talpacoti</i>	0,31	B	O	Ocasional en árboles de mangle
	<i>Claravis pretiosa</i>	*	*	*	Idem
	<i>Leptotila pallida</i>	0,18	M	O	Recientemente observada en Buenaventura
Psittacidae	<i>Forpus conspicillatus</i>	0,4	B	R	Ocasionalmente se posan en los árboles de mangle
Cuculidae	<i>Coccyzus lansbergi</i>	0,18	M	O	*** Generalmente en maleza y en arbustos cerca al agua
	<i>Piaya minuta</i>	0,1	B	R	Idem
	<i>Crotophaga ani</i>	0,37	P	R	Ocasional
Trochilidae	<i>Florisuga mellivora</i>	0,1	B	R	Común en áreas perturbadas
	<i>Chlorostilbon mellisugus</i>	0,26	M	O	***Común en jardines y en áreas cultivadas
	<i>Lepidopyga coeruleogularis</i>	0,52	M	C	Común, residente en áreas de manglar
	<i>Hylocharis grayi</i>	0,06	B	R	Principalmente cercano a costas y común en áreas de manglar
	<i>Amazilia saucerotiei</i>	0,5	B	R	*** Común en áreas urbanas
	<i>Amazilia tzacatl</i>	0,3	B	O	** Poliniza flores de <i>Pelluciera</i>
	<i>Chalybura buffonii</i>	0,1	B	R	Común en bordes de bosque y en general en áreas abiertas
Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	0,26	B	O	Pesca en prácticamente todo el manglar
Bucconidae	<i>Notharchus pectoralis</i>	0,13	B	R	Ocasional

TABLA 1. Abundancia y frecuencia relativa de las especies de aves en la zona de estudio.

FAMILIA	ESPECIE	ABUND.	HABITAT	FRECUEN.	OBSERVACIONES
Fornicariidae	<i>Thamnophilus multistriatus</i>	0,4	B	R	*** Común en la costa pacífica pero rara en el manglar
	<i>Thamnophilus punctatus</i>	0,1	B	R	Idem
	<i>Myrmotherula surinamensis</i>	0,2	B	R	Observado buscando insectos entre el follaje de <i>Pelliciera</i>
	<i>Microthopias quixensis</i>	0,18	M	O	
Tyrannidae	<i>Myiopagis caniceps</i>	0,1	B	R	
	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	0,18	M	O	*** En crecimiento secundario y cercano a ríos
	<i>Myiozetetes cayanensis</i>	0,3	B	R	Se le encuentra cerca al agua
	<i>Conopias parva</i>	1,6	M	C	Se percha alto en borde del manglar. observado en interacción agresiva con los colibríes
Syviidae	<i>Polioptila plumbea bilineata</i>	1,0	B	C	Se mueve ágilmente entre las raíces de mangle
Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	2,37	M	C	Al bajar la marea busca comida entre el fango. Se alimenta en arbustos adyacentes al manglar
	<i>Icterus chrysater</i>	0,54	M	C	Anidando en un árbol de <i>Mora</i>
Parulidae	<i>Dendroica petechia</i>	*	*	*	
Coerebidae	<i>Coereba flaveola</i>	0,1	B	R	Bañándose en una Bromeliacea en <i>Rhizophora</i>
Thraupidae	<i>Ramphocelus icteronotus</i>	3,48	B	A	Común en manglares, es una de las más características de la costa pacífica. Observada anidando en el borde y alimentándose de vegetación asociada
	<i>Tachyphonus rufus</i>	1,16	M	C	Generalmente observado en parejas alimentándose de vegetación asociada (Theaceae)
Fringillidae	<i>Oryzoborus crassirostris</i>	1,31	M	C	*** Común en hierba alta y en arbustos cerca al agua
	<i>Sporophila americana</i>	0,87	B	O	*** Común en la costa pacífica en áreas arbustivas y pastizales
	<i>Volatinia jacarina</i>	0,19	P	R	
	<i>Sicalis luteola</i>	1,35	M	A	Observación de un nido abandonado en un árbol de <i>Pelliciera</i>
	<i>Sicalis flaveola</i>	0,2	B	R	Común en áreas intervenidas

En Frecuencias Relativas

O	Ocasional
C	Comun
R	Rara
A	Abundante

Habitats

M	Manglar
B	Borde
P	Pastizal (zona aledaña)

Donde:

**	Prahl et al (1990)
***	Hilty y Brown (1986)

* spp observadas por fuera del tiempo de muestreo.

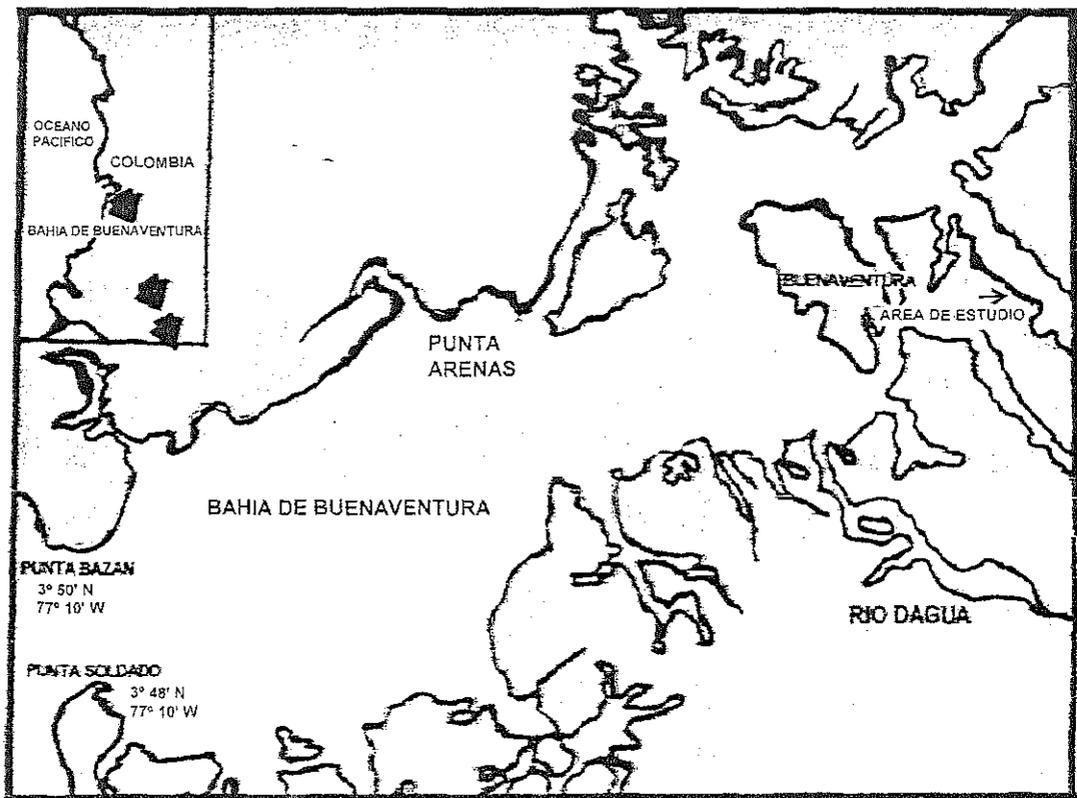
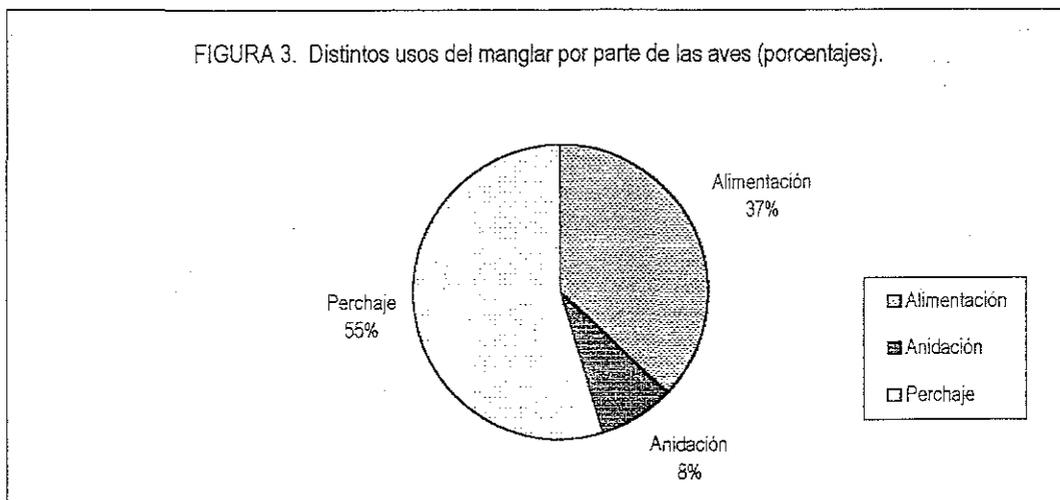
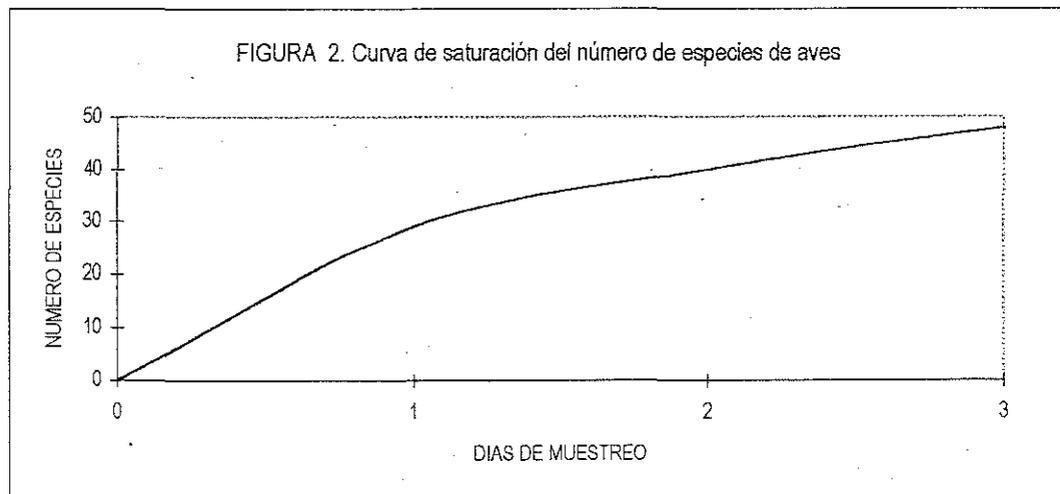


FIGURA 1: BAHIA DE BUENAVENTURA, VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA

TABLA 2. Porcentaje de utilización de las especies de mangle por parte de las aves encontradas en el área de estudio

	%Alimentacion	%Percha	%Anidacion
<i>Rhizophora harrisonii</i>	5	6,78	*
<i>Pelliciera rhizophorae</i>	75	16,9	80
<i>Rizophora mangle</i>	20	54,23	*
<i>Conocarpus erectus</i>	*	10,17	*
<i>Mora megistosperma</i>	*	3,39	20
<i>Laguncularia racemosa</i>	*	8,5	*
<i>Avicennia germinans</i>	*	*	*



DISTRIBUCIÓN DE ERIZOS Y COBERTURA DE SUSTRATOS EN EL ARRECIFE DE LA AZUFRADA (ISLA GORGONA): COMPARACION ENTRE CUADRANTES *IN SITU* Y CUADRANTES FOTOGRAFICOS

GERARDO TORO-FARMER, ISABEL C. ROMERO, JAIME R. CANTERA K,
RAUL NEIRA & EFRAIN RODRIGUEZ

RESUMEN

Las poblaciones de erizos del arrecife de la Azufrada en la Isla Gorgona (Pacífico colombiano) fueron estudiadas con relación a los diferentes tipos de sustrato que presenta el arrecife. Para éste fin, se realizaron muestreos en las cinco zonas principales del arrecife (canal interior, plataforma arrecifal interior, plataforma arrecifal exterior, cresta arrecifal y talud externo) por medio de cuadrantes y fotocuantros para comparar los resultados obtenidos con ambos métodos. Se encontraron dos especies de erizos dentro de los cuadrantes: *Centrostephanus coronatus* y *Diadema mexicanum* y fuera de las áreas muestreadas se observó un solo individuo de *Hesperocidaris asteriscus*. La mayor densidad de individuos encontrada dentro de un cuadrante la presentó *C. coronatus* con 140 ind/m². Los tipos de sustratos encontrados fueron Coral Vivo (CV), Coral Muerto Descubierta (CMD), Alga Calcárea (AC), Alga Verde Filamentosa (AVF) y Arena (A). Aunque los erizos siempre fueron encontrados sobre fragmentos de coral cubiertos por alga calcárea, únicamente *C. coronatus* presentó una correlación significativa con la presencia de esta alga ($r=0.48$, $p<0.02$). Ninguna de las dos especies de erizos presentó preferencia por algún otro tipo de sustrato ni una distribución determinada entre las diferentes zonas arrecifales. En cuanto a los diferentes sustratos, la mayor cobertura la presentó el coral vivo (39.34%) seguido por el alga calcárea (19.56%). Dentro del coral vivo los pocilloporidos presentaron la mayor cobertura principalmente en la zona de la cresta. La cobertura del coral vivo si presentó diferencias significativas entre las zonas al igual que el CMD y el AC. La comparación de los resultados obtenidos con el método fotográfico con los datos de los cuadrantes *in situ* sugieren que los primeros no son muy confiables para estudios de poblaciones de especies que se refugian en cuevas y grietas tales como los erizos. Sin embargo, puede ser una buena perspectiva para monitoreos del estado arrecifal en su composición de sustratos y en cobertura por especies de coral.

e-mail: gtoro@biomarina.univalle.edu.co o jcantera@biomarina.univalle.edu.co

ABSTRACT

Sea urchin populations of La Azufrada reef in Gorgona island (colombian Pacific) were studied with relation to the several types of substratum that presents the reef. Samples were carried in the five principal reef zones (inner channel, inner reef flat, outer reef flat, reef crest, reef slope) by quadrats and photoquadrats in order to compare the results obtained with both methods. Two species of urchins inside the quadrats were found: *Centrostephanus coronatus* and *Diadema mexicanum*, besides having observed a single individual of *Hesperocidaris asteriscus* outside the sampled areas. *C. coronatus* presented the highest density (140 ind/m²). The substrata types were live coral (CV), uncovered dead coral (CMD), calcareous algae (AC), green filamentous algae (AVF) and sand (A). Although urchins were always found on coral fragments with calcareous algae, only *C. coronatus* presented a significant correlation with this algae ($r=0.48$, $p<0.02$). Any of the two species of urchins presents preferences for any another substrate type, neither a determinant distribution among the reef

zones. About the several substrata, the live coral presented the highest covering (39.34%) followed by calcareus algae (19.56%). Within the live coral, pocilloporids corals presented the highest cover mainly in the reef crest. Generally, the live coral presented significant differences of their covering between the zones as well as the CMD and AC. The comparison of the results obtained with the photographic method and the *in situ* quadrats suggests that the first it's not very reliable for studies of populations species that take refuge in caves and cracks like the sea urchins. However, it could be a good perspective for monitoring the reef status in their composition of substrata and in coral species cover.

INTRODUCCION

Los equinodermos juegan un papel importante en las relaciones tróficas de las comunidades litorales principalmente cuando se encuentran en altas densidades o en ausencia de sus principales predadores. Debido a su actividad alimenticia pueden afectar las poblaciones de otros organismos como sucede en algunos arrecifes coralinos los cuales se ven limitados principalmente en su crecimiento (Glynn et al. 1979). Los erizos han sido considerados dentro de los mayores organismos bioerosionadores en arrecifes coralinos llegando a afectar la ecología de éstos ecosistemas (McClanahan y Mutere 1994).

Los arrecifes de la Isla de Gorgona han sido estudiados en cuanto a su distribución, cobertura y composición de especies de coral (Prahl et al. 1979, Glynn et al. 1982) y efectos en su estructura después del evento de blanqueamiento reportado por Prahl en 1983 (citado por Prahl et al. 1988). A pesar de que se conoce la composición de especies de erizos en los arrecifes de la isla (Pardo et al. 1988, Pardo 1989) se tiene muy poca información sobre su ecología y el posible impacto que están ejerciendo sobre los corales. Estudios relacionados se han llevado a cabo en muchos otros lugares (Vance 1979, Guzmán 1988, Dotan 1990, Lawrence 1990, Klinger et al. 1994, McClanahan y Mutere 1994), pero para arrecifes coralinos y principalmente en el Pacífico colombiano no se ha determinado muy bien la relación de erizos con los diferentes tipos de sustrato a excepción de la relación con corales vivos.

El poco conocimiento que hay sobre la ecología y la importancia de los erizos en los ecosistemas coralinos, este trabajo contribuirá al conocimiento de la distribución de los erizos y su relación con la cobertura de sustratos en el arrecife La Azufrada de la Isla Gorgona. Además, se intenta aportar elementos metodológicos comparando los datos encontrados por cuadrantes *in situ* y fotocuantros para determinar cual sería el más adecuado para monitoreos del estado arrecifal.

METODOLOGÍA

Area de Estudio:

El presente trabajo se realizó en el arrecife de La Azufrada (isla Gorgona, Pacífico colombiano) en el mes de Abril de 1996. Gorgona es una isla de origen volcánico (Gansser, 1950 citado en Prahl y Erhardt, 1985) separada del continente aproximadamente por 60 km (Figura 1). La Azufrada es un arrecife de borde con aproximadamente 1000 m de longitud y

160 m de ancho. En general, el arrecife presenta un gran canal interior en donde predominan arenas y fragmentos de coral muerto, seguido por una planicie en donde se encuentran muchos fragmentos y colonias de coral cubiertos por algas filamentosas; luego una plataforma arrecifal con abundancia de corales vivos, seguida por una cresta con cobertura densa de coral dominada principalmente por corales pocilloporidos en buen estado de desarrollo. Finalmente se presenta un talud o pendiente con poca presencia de corales (Figura 2 A). La temperatura promedio del agua durante el estudio fue de 28 °C fluctuando desde 26.8° a 28.6°C.

Métodos:

Perpendicular a la línea de la costa se hizo un transecto de 100 m de longitud comenzando en el límite entre el canal interior y los primeros corales. Cada 25 m sobre el transecto se ubicó un cuadrante de 50 cm x 50 cm y se realizaron dos repeticiones a cada lado del transecto separadas 5m entre sí. El arrecife quedó dividido en 5 zonas concordando con las principales zonas arrecifales: 1) Canal interior; 2) Plataforma arrecifal interior; 3) Plataforma arrecifal exterior; 4) Cresta arrecifal y 5) Talud externo. En cada cuadrante se contabilizó el número de erizos por especie, el porcentaje cualitativo de cobertura de cada sustrato determinado por observación personal, la profundidad y una fotografía a un metro de distancia que abarcara todo el cuadrante con una cámara subacuática. Cada fotografía fue analizada digitalmente con el fin de determinar la abundancia de erizos por cuadrante y el porcentaje de cobertura de cada sustrato para comparar estos datos con los conteos y estimaciones realizadas en el campo. Para determinar la distribución de los erizos dentro de el arrecife se utilizó una ANOVA simple, un análisis de post-Anova (test de Newman-Keuls) y análisis de correlación. Para comparar los resultados obtenidos con los cuadrantes *in situ* con los fotocuadrantes se utilizó una prueba de t-student; los parámetros que no seguían una distribución normal (porcentaje de cobertura de sustrato) fueron transformados angularmente (Zar 1984).

RESULTADOS

Distribución de erizos en el arrecife:

Se encontraron dos especies de erizos regulares: *Centrostephanus coronatus* (Verrill) y *Diadema mexicanum* (A. Agassiz), y un solo individuo de *Hesperocidaris asteriscus* fuera de los cuadrantes muestreados. *C. coronatus* fue el más abundante en casi todas las zonas arrecifales. La densidad de erizos en el arrecife fue muy variable observándose desde cuadrantes sin erizos hasta altas densidades como la máxima de 140 ind/m² encontrada dentro de un parche de corales muertos en la cresta arrecifal. Las abundancias totales para el conjunto de los erizos y para cada especie no presentaron diferencias significativas entre las zonas arrecifales ($p > 0.05$). Sin embargo si parece existir una tendencia a aumentar el número de erizos hacia la cresta y el talud; un dendograma de similitud de las abundancias de erizos entre los cuadrantes *in situ* (Figura 3) confirma lo anterior, mostrando un grupo de cuadrantes con abundancias iguales a cero, correspondientes en su mayoría a la zona del canal interior (letras A a la I) y a la plataforma arrecifal interior; un segundo grupo esta dado

por abundancias bajas dentro de la mayoría de los cuadrantes de las zonas de la plataforma arrecifal exterior y la cresta (J a la O); el tercer grupo (P a la T) corresponde a algunos cuadrantes aislados de la cresta y el talud con abundancias intermedias (entre 10 y 17 erizos); por último, un cuarto grupo formado por una alta similitud de los cuadrantes con abundancias máximas (U y V) encontrados en la cresta y el talud respectivamente. Para *C. coronatus* se observó un aumento gradual de individuos hacia el talud (Figura 2 B) en donde presentó la mayor densidad (128 ind/m²); *D. mexicanum* por el contrario presentó una gran abundancia solo en la zona de la cresta siendo en las otras zonas baja.

Distribución de sustratos en el arrecife:

Los sustratos encontrados fueron: coral muerto descubierto, 5 especies de coral vivo, arena, coral muerto cubierto por: alga verde filamentosa y alga calcárea. Las especies vivas de coral encontradas fueron: *Pocillopora damicornis*, *Pocillopora capitata*, *Pocillopora robusta*, *Psammocora stellata* y *Pavona varians*, siendo la especie dominante del arrecife *P. damicornis* seguida de *P. capitata*. El Coral Muerto Descubierto presentó diferencias significativas de su cobertura entre las zonas ($p < 0.05$) mostrando el máximo valor en la plataforma arrecifal interior (53%) (Figura 2 C). El porcentaje de Coral Vivo también varió entre las zonas presentando su máximo valor en la plataforma arrecifal exterior. El alga calcárea presentó diferencias observándose un aumento gradual hacia el talud (74%), a diferencia de el alga verde filamentosa ($p > 0.05$).

Relación de la distribución de erizos con el tipo de sustrato y la profundidad:

La variación total de los erizos y por especie no presentó una correlación significativa con la profundidad ni con ninguno de los diferentes tipos de sustrato, con excepción de *C. coronatus* que presentó una correlación significativa baja con el alga calcárea ($r = 0.48$, $p < 0.05$). Entre los diferentes tipos de sustrato, solamente el coral muerto descubierto presentó una correlación significativa con las profundidades del arrecife ($r = 0.51$, $p < 0.05$).

Comparación entre el método de Cuadrantes *in situ* y Fotocuadrantes:

La prueba de t-student no mostró diferencias entre los resultados obtenidos por ambos métodos de muestreo (cuadrantes *in situ* y fotocuadrantes) para las abundancias de los erizos en el arrecife y para los porcentajes de cobertura de sustratos (Tabla 1). A pesar de éstos resultados, se observa que por el método de fotocuadrantes se dificulta la identificación de las especies de erizos debido a la alta turbidez del agua en el arrecife y a los hábitos de estos organismos para refugiarse en cuevas y grietas.

DISCUSIONES

Los patrones de distribución y abundancia de las dos especies dominantes de erizos en el arrecife La Azufrada, han mostrado en el presente estudio, tener una relación directa con la estabilidad de la formación arrecifal, a pesar de ocupar las partes basales de las colonias, las cuales se encuentran generalmente muertas. Ambas especies ocupan las áreas donde el

esqueleto coralino se ha convertido una masa calcárea rocosa de un tamaño apreciable lo que permite al erizo la formación de cavernas bien resguardadas al acceso de peces y otros organismos predadores. En estas cavernas el erizo desarrolla sus actividades, al menos durante el día, ocasionando la degradación y erosión del material calcáreo al alimentarse de algas. Poco se conoce al respecto de la ecología de éstos individuos y hasta ahora no se tiene certeza de si son o no predadores de coral vivo, pues en algunos sitios como Islas Galápagos (Glynn *et al.* 1979, Glynn & Wellington, 1983) se ha observado al erizo *Diadema mexicanum* alimentándose de coral vivo, pero en otros trabajos como en el estudio de Guzmán (1988) se menciona que no se observó este comportamiento. Durante las actividades de campo de éste trabajo, las observaciones de las actividades de los erizos hacen pensar que su alimentación se basa enteramente en algas que cubren al coral muerto. Sin embargo, varios individuos de *C. coronatus* y de *D. mexicanum* fueron observados en las horas de la noche fuera de sus cuevas y sobre coral vivo, aunque no se pudo determinar la actividad que llevaban a cabo.

Aunque algunos trabajos han citado mas especies de erizos como *Astropyga pulvinata*, (Neira y Prahl 1986) y *Hespedocidaris asteriscus* (la cual fue encontrada una vez en este trabajo) es evidente que en la isla de Gorgona son pocas las especies de este grupo que viven asociados al arrecife coralino. Estudios anteriores en la zona de La Azufrada han registrado baja diversidad de erizos, baja densidad y poca actividad natural en las partes externas de los corales de ésta comunidad (Glynn *et al.* 1982, Pardo *et al.* 1988), pero posiblemente dichas observaciones fueron hechas en horas del día, sin observación nocturna.

La falta de significancia de las correlaciones entre la distribución de la abundancia de los erizos y algunos factores como la profundidad y el tipo de sustrato (coral muerto, coral vivo, ambos tipos de algas, coral ramificado, coral muerto más algas), muestra que los erizos dependen del material carbonatado donde construyen sus madrigueras, mas que de la presencia de un coral vivo o de la distribución de una determinada especie de alga. Solamente la especie *C. coronatus* presentó una correlación significativa (aunque con valores bajos) con el alga calcárea, la cual podría ser la única sobreviviente a la predación del erizo. Vance (1979), con estudios en laboratorio, demostró que *C. coronatus* es un predador muy activo de algas, clorofíceas, esponjas, tunicados y algunos briozoarios pero no de algas calcáreas, lo cual le permitía a ésta alga proliferar en los sustratos forrajeados por el erizo. En otros estudios sobre *C. coronatus* en playas rocosas (Lissner, 1983) se encontró que presenta una distribución influenciada por la profundidad, aumentando su abundancia hacia zonas profundas (mayor de 4 m) y estando ausente en zonas de aguas muy someras (menores de 2 m de profundidad). En los corales estudiados ambas especies de erizos, presentan un aumento notable en el número de individuos hacia las partes más externas del arrecife, donde se presenta mayor complejidad en la estructura del arrecife sin tener mucha relación con la profundidad. Varios autores que han estudiado la cobertura y la estructura de la comunidad coralina en éste y otros arrecifes de la isla (Prahl *et al.* 1979, Glynn *et al.* 1982, Cantera 1983), han mostrado que tanto en diversidad como en cobertura, las partes correspondientes a la plataforma arrecifal exterior y a la cresta coralina presentan los valores más altos. Otras asociaciones de organismos, como los animales asociados directamente a corales vivos (Rios 1987) y los moluscos (Cantera y Arnaud 1995) también presentan los

valores mas altos en riqueza de especies, número de individuos y diversidad, en estas partes del arrecife. Los corales *P. damicornis* y *P. capitata* al ser las especies dominantes (con mayor porcentaje de cobertura dentro del arrecife) tienen influencia sobre la población de erizos y de otras especies, creando hábitats apropiados para refugio y alimentación en sus porciones basales, además de ejercer una fuerte competencia con los otros corales, en especial con los masivos.

Otros factores determinantes de la abundancia y la distribución de las comunidades asociadas al coral se originan de las continuas perturbaciones ambientales a las que están sometidos los corales en Gorgona. El arrecife ha sido fuertemente afectado por eventos como El Fenómeno del Niño (ENSO), prolongada exposición aérea (Barcenás et al., en prep.), y épocas de hipersedimentación, que parecen estar reflejadas en una gran cobertura de algas sobre corales muertos, algunas de las cuales podrían estar siendo predadas por los erizos. No se tienen muchos datos comparativos sobre las características de las poblaciones de erizos en el arrecife antes de éstos eventos para establecer si se han visto favorecidos por las condiciones creadas por las perturbaciones, si no han tenido ningún efecto, o si por el contrario está disminuyendo su abundancia y restringiéndose su distribución. Las comparaciones con los resultados de densidades de erizos obtenidos (0 a 140 ind/m²) con los de otros estudios en otros lugares (1,15 ind/m² promedio en Isla del Caño Costa Rica, Guzmán 1988; 50 ind/m² en Isla Uva Panamá, Glynn 1988 y Eakin 1991 citados por Eakin, 1992) muestran que actualmente en La Azufrada hay densidades mayores lo cual, podría estar afectando fuertemente al arrecife por la bioerosión causada por la actividad de forrajeo de los erizos.

Finalmente, la comparación de los resultados de las estimaciones de abundancia de erizos y del porcentaje de cobertura del sustrato obtenidos por el análisis fotográfico con los resultados de la observación en el campo, no revelaron diferencias significativas a pesar de las deficiencias de ambos métodos. Los datos de campo se obtienen en forma algo cualitativa y los datos fotográficos pierden la visión tridimensional del lugar (ya que la fauna de grietas y cuevas no es bien observada en las fotografías, perdiéndose información valiosa como el número exacto de individuos presentes). Sin embargo, ambos métodos aportan informaciones valiosas que facilita la toma de datos con precisión y sin ocasionar excesiva perturbación al área, contribuyendo no solamente a estimar las poblaciones de erizos sino también para el cálculo del porcentaje de cobertura del sustrato. Para los dos casos se necesitan herramientas apropiadas para el tratamiento de las imágenes y una buena cobertura fotográfica del cuadrante estudiado. Por los beneficios que cada técnica aporta al conocimiento de la ecología de los arrecifes coralinos es aconsejable la utilización de ambos procedimientos para corregir los valores obtenidos por cada método.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al profesor Fernando Zapata por la corrección y crítica del primer manuscrito y al Sistema de Parques Nacionales Naturales.

BIBLIOGRAFIA

- BARCENAS,, C.E., A.C. BEJARANO & J.M. JIMENEZ. Variación Temporal en la Estructura de la Comunidad Coralina de un arrecife en la Isla Gorgona, Colombia. 8th Intl Coral Reef Symp. (En preparación)
- CANTERA, J. R. 1983. Distribution des peuplements de Scléractiniaires sur un récif frangeant de l'île de Gorgona (Côte Pacifique de Colombie). *Téthys* 11: 25-31.
- CANTERA, J. R. & P.M. ARNAUD. 1995. Coral reef associated molluscan assemblages in Gorgona island, colombian Pacific coast. *Haliotis* 24: 87-100.
- DOTAN, A. 1990. Population Structure of the Echinoid *Heterocentrotus mammillatus* (L.) along the littoral zone of south-eastern Sinai. *Coral Reefs* 9: 75-80.
- EAKIN, C. M. 1992. Post-El Niño panamanian reefs: Less accretion, more erosion and Damsel fish protection. *Proc. 7th Intl Coral Reef Symp.* 1: 387-396.
- GLYNN, P. W. & G. M. WELLINGTON. 1983. Corals and coral reefs at the Galapagos Islands. University of California Press, Berkeley, 330 p.
- GLYNN, P.W., G. M. WELLINGTON & C. BIRKELAND. 1979. Coral reef growth in the Galápagos: Limitation by sea urchins. *Science*, 203: 47-49.
- GLYNN, P.W., H. PRAHL & F. GUHL. 1982. Corals Reefs of Gorgona Island, Colombia, with special reference to Corallivores and their Influence on Community Structure and Reef Development. *An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betin* 12: 185-214.
- GUZMAN, H.M. 1988. Distribución y Abundancia de Organismos coralívoros en los arrecifes coralinos de la Isla de Caño, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 36(2A): 191-207.
- KLINGER, T.S., J.M. LAWRENCE & A.L. LAWRENCE. 1994. Digestive Characteristics of the Sea-Urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea) Fed Prepared Feeds. *J. of the World Aquaculture Society* 25(4): 489-496.
- LAWRENCE J.M. 1990. The Effect of Stress and Disturbance on Echinoderms. *Zoological Science* 7: 17-28.
- LISSNER, A.L. 1983. Relationship of water motion to the shallow water distribution and morphology of two species of sea urchin. *Journal of Marine Research*, 41: 691-709.
- MACCLANAHAN, T.R. & J.C. MUTERE. 1994. Coral and Sea Urchin Assemblage Structure and Interrelationships in Kenyan Reef Lagoons. *Hydrobiologia* 286: 109-124.
- NEIRA R. & H. PRAHL. 1986. Notas sobre los equinodermos de la Isla Gorgona. H. von Prah y Alverico M. (eds.). Universidad del Valle y Banco Popular. Cap. III: 30-55.
- PARDO, R., R. NEIRA & J. R. CANTERA K. 1988. Taxonomía y ecología de equinodermos litorales del Pacífico colombiano. *Memorias del VI Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Bogotá*, 115-120.
- PARDO, R. 1989. Estudio taxonómico y ecológico de los principales grupos de equinodermos del litoral Pacífico colombiano. Tesis de grado Universidad del Valle, Dpto de Biología. 177 p.
- PRAHL, H. & H. ERHARDT. 1985. Colombia: Corales y Arrecifes coralinos. FEN Bogotá, 295 p.
- PRAHL, H., F. GUHL & M. GRÖGL. 1979. Gorgona. Futura Grupo Editorial Ltda., Bogotá, 279 p
- PRAHL, H., ESCOBAR J. C. & E. PEÑA. 1988. Diversidad de especies de un arrecife de coral de la Isla de Gorgona, Pacífico colombiano. *Memorias del VI Seminario nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar. Bogotá*, 571-577.
- RIOS, R. 1987. La fauna asociada al coral vivo *Pocillopora damicornis* en la Isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Revista de la Asociación colombiana de Ciencias Biológicas*, 4: 22-26.
- VANCE, R.R. 1979. Effects of Grazing by the sea Urchin, *Centrostephanus coronatus*, on prey Community Composition. *Ecology*, 60 (3): 537-546.
- ZAR, J.H. 1984. *Bioestadistical Analysis*. Prentice-Hall, New York. Segunda edición.

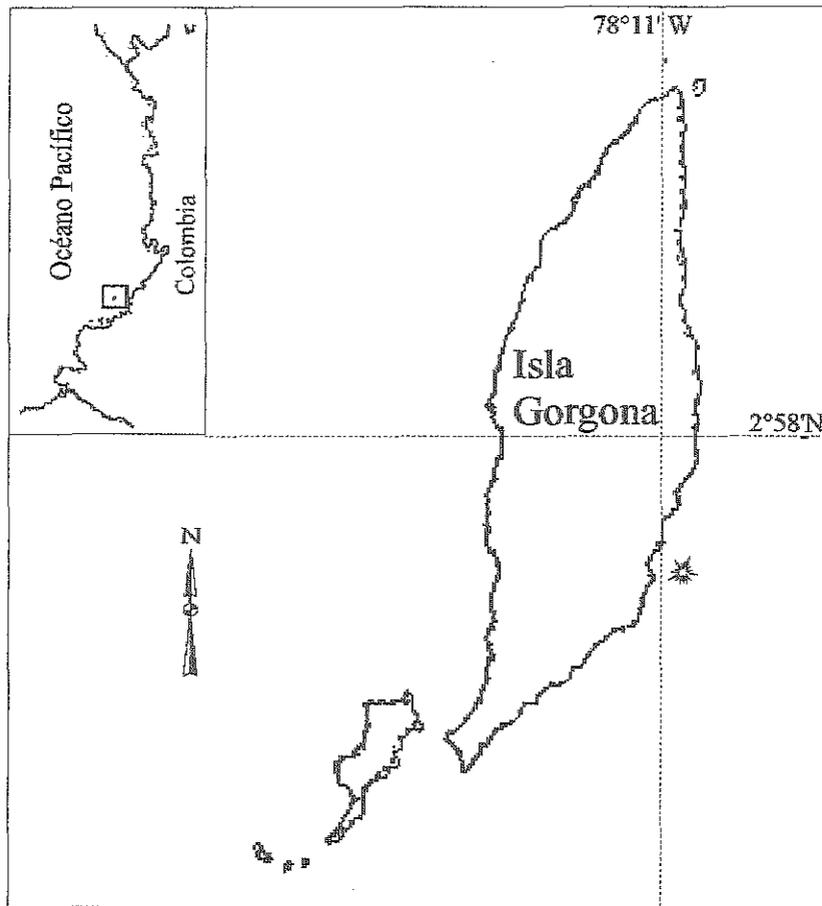


Figura 1. Localización de el arrecife de La Azufrada(*) en la Isla Gorgona.

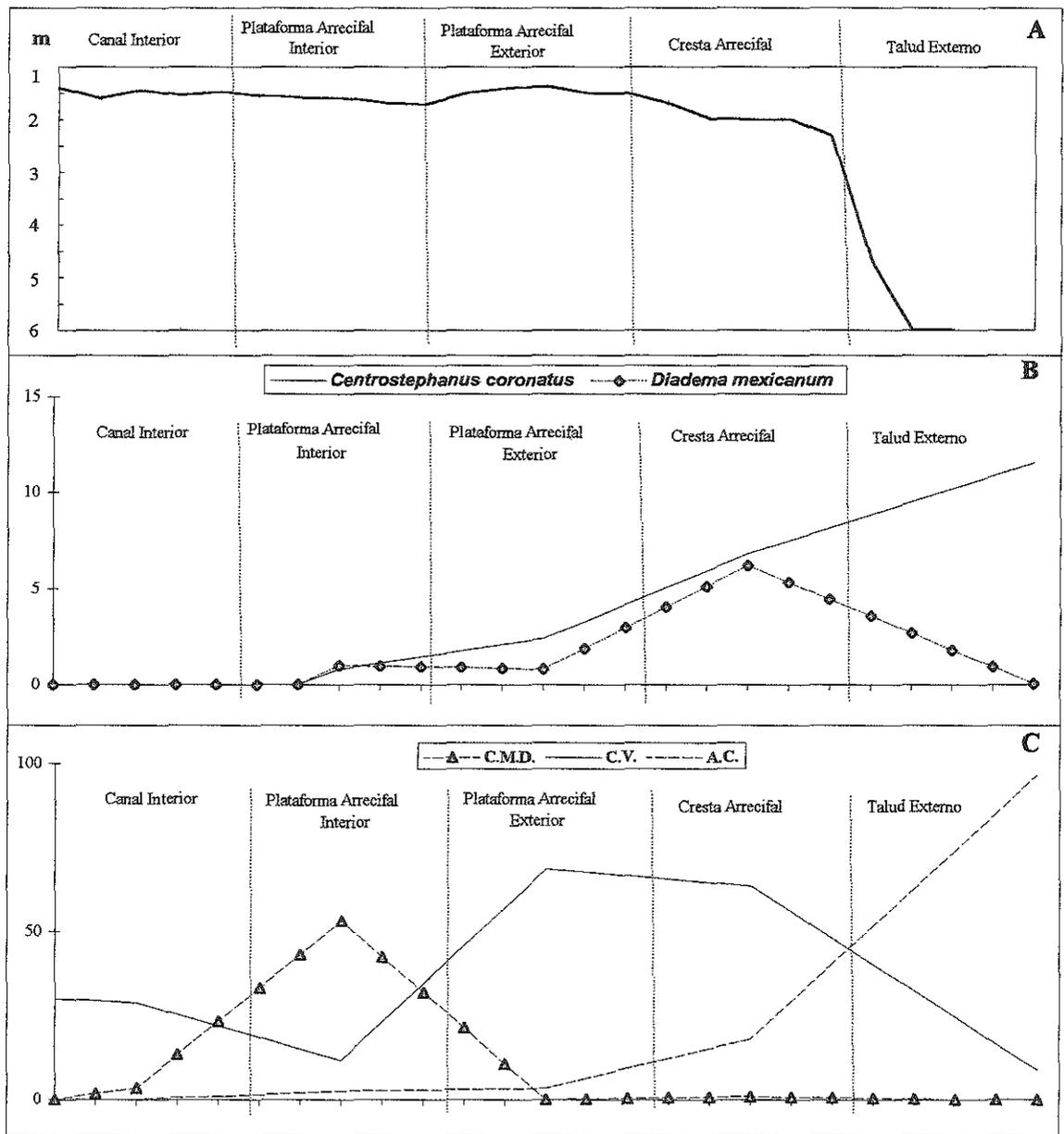


Figura 2. Perfil del Arrecife de la Azufrada (A), la variación promedio de la abundancia de erizos (B) y el % de cobertura de sustrato (C) observados; C.M.D.:Coral Muerto Descubierta; C.V.:Coral Vivo; A.C.:Alga Calcárea

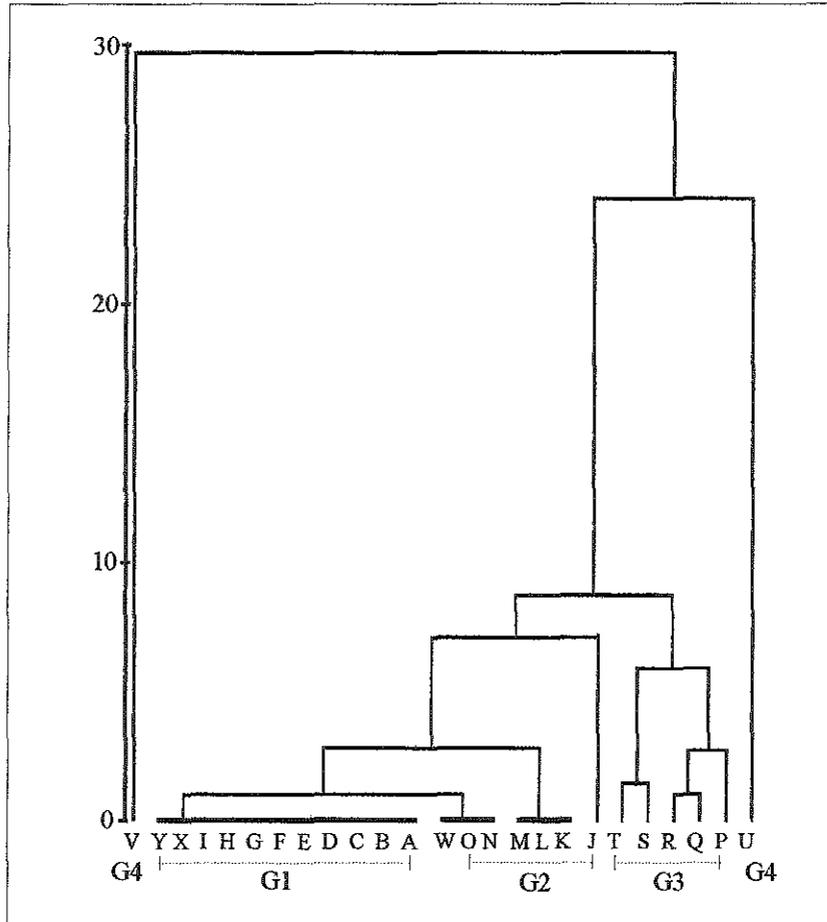


Figura 3. Dendrograma de similitud entre las abundancias de los erizos de La Azufrada. Las letras corresponden a cuadrantes In Situ, en donde se aprecian los cuatro grupos (G1 a G4) formados por alta similitud de los datos. (Ver texto referente).

Tabla 1. Comparación entre los resultados obtenidos de las abundancia de erizos y porcentaje de cobertura del sustrato a partir de los métodos de muestreo de cuadrantes *in situ* y fotocuadrantes. Las repeticiones corresponden solo a los cuadrantes para los cuales se tienen datos por ambos métodos

CUADRANTE <i>IN SITU</i>	REPETICIONES									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<i>C. coronatus</i> .	0	0	0	0	0	4	0	0	11	13
<i>D. mexicanum</i>	0	0	0	0	0	5	0	7	4	3
Coral Muerto descubierto	10	0	7	90	0	80	0	0	0	40
<i>P. capitata</i>	40	90	3	0	0	5	5	0	0	50
<i>P. damicornis</i>	0	0	0	0	0	5	80	90	80	5
<i>P. varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. stellata</i>	0	0	0	10	15	5	0	0	0	5
Alga Verde	0	0	0	0	80	0	15	0	0	0
Alga Calcárea	0	0	0	0	5	5	0	10	20	0
Arena	50	10	90	0	0	0	0	0	0	0

CUADRANTES CON FOTOS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
<i>C. coronatus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	13
<i>D. mexicanum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Coral Muerto descubierto	23,77	6,78	8,92	96,56	0	0	0	0	0	16,55
<i>P. capitata</i>	36,52	79,47	1,89	0	0	8,53	5,34	0	0	78,56
<i>P. damicornis</i>	0	0	0	0	0	8,04	26,19	96,3	98,57	1,71
<i>P. varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. robusta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>P. stellata</i>	0	0	0	3,44	9,52	0,34	0	0	0	3,18
Alga Verde	0	0	0	0	87,35	82,07	68,47	0	0	0
Alga Calcárea	0	0	0	0	3,13	1,01	0	3,7	1,43	0
Arena	39,7	13,75	89,19	0	0	0	0	0	0	0

LAS TORTUGAS MARINAS DE GORGONA

CLAUDIA CONSTANZA McCORMICK*
RAUL NAVAS CAMACHO**

RESUMEN

Tras un seguimiento de un año dividido en observaciones cada quince días entre los meses de diciembre de 1994 hasta agosto de 1995 y permanencia continua de septiembre 1995 a diciembre de 1995, se obtuvo un estimativo de la población de tortugas marinas para el Parque Nacional Natural Gorgona. Con patrullajes nocturnos en las diferentes playas del parque aptas para anidamiento, se logró determinar el número de hembras anidantes para el año censado y aclarar finalmente, cuales de todas las especies reportadas en esta zona realmente son anidantes activas.

Dos especies fueron observadas, mostrándose *Lepidochelys olivacea* como la más frecuente. La segunda especie es un reporte nuevo aún cuando se tenían sospechas de su utilización de playas de la isla; *Chelonia agassizii* es frecuentemente encontrada nadando en las aguas circunvecinas a la isla pero nunca se había encontrado anidamiento alguno de esta especie. Se cuestiona igualmente el posible uso de las playas por parte de *Eretmochelys imbricata* y de *Caretta caretta* y se descarta totalmente el de *Dermochelys coriacea*.

Paralelamente se determinó el número real de playas usadas para anidamiento, encontrando desafortunadamente que la playa frente al Poblado ha perdido esta característica pese a haber sido usada con anterioridad dejando viables tan solo, las playas del Cocal y Gorgonilla. Se encuentra además que la alta predación por parte de pescadores que varan en las playas de la isla durante la noche puede en un momento dado anular el posible papel ecológico que esté jugando la isla en la biología reproductiva de estas especies, duramente tratadas en el continente

ABSTRACT

During a year with observations one week per month between december of 1994 and agost of 1995 and daily observations since september until december of 1995, have obtained an estimative of Gorgona sea turtles populations. With nocturnal patrols, the number of nesting females was obtained from the nesting able beaches and finally which of all reported species at zone are active nesters.

Twice of them was observed. *Lepidochelys olivacea* was often observed. Second one is a new report to the zone, *Chelonia agassizii*. Is frequently found diving in sea water around the island, but never nesting activity or tracks of them was found before. The use of beaches by *Eretmochelys imbricata* and *Caretta caretta* is discussed and the presence of *Dermochelys coriacea* is discarded. Additionally, the number of real able nesting beaches was determinated finding anfortunately that beach of El Poblado have been lost even though it was used before, letting able only the Cocal and Gorgonilla beaches.

The highest predation made by fishermen who come to island during the nighth, can nullify the island ecological role in reproductive biology of these species, hardly predated at continent.

INTRODUCCION

Las tortugas de mar se han adaptado con gran éxito a su ambiente. Sin embargo el éxito que han tenido para sobrevivir, inclusive a periodos glaciares y otros cambios ambientales fuertes, se ve minimizado ante la presión ejercida sobre ellas por el hombre.

Algunos factores físicos y químicos, tales como el grano de la arena, la configuración, extensión e inclinación de las playas, la compactación de la misma, junto con el "olor" de la arena, son algunas claves empleadas por las tortugas marinas para escoger el sitio de anidamiento (Bustard, 1972). Por la razón anterior se dice que las tortugas marinas "prefieren" algunas playas para el desove.

En general el comportamiento de nidificación de todas las especies de tortugas marinas sigue el mismo patrón. La hembra después de una corta marcha sobre la playa selecciona un sitio para desovar, mas allá del alcance de la marea alta, donde excava un hueco con las aletas posteriores y deposita los huevos. En seguida cubre el nido con la arena y lentamente regresa al mar dejando tras de sí una huella (Rueda et al., 1992).

Este proceso, aún estando las tortugas marinas perfectamente adaptadas al medio marino, las convierte en presa fácil de depredadores terrestres, cuando año tras año, arriban a las playas para depositar sus huevos. Dentro del nido los huevos pueden ser atacados por hormigas, hongos, animales silvestres, humanos, etc.; aquellos neonatos que logran emerger deben sortear toda clase de peligros (aves marinas, perros, zorros y humanos) antes de llegar al mar, y una vez en este, lograr esquivar los peces que puedan hacer presa de ellos, hasta alcanzar sus estados de madurez (Pritchard, 1979; Rudloe, 1979).

Los estudios hechos en el Pacífico colombiano relacionados con las tortugas marinas son escasos y muy recientes (Amorocho et al., 1992; Amorocho, 1989), pese a la importancia que puedan tener nuestras costas en su biología reproductiva y a estar consideradas entre playas de anidación del Trópico americano; además de ser muy ricas como zona de alimentación en Sudamérica (Frazier & Salas, 1983). Sin embargo se han realizado pocos esfuerzos para detener o aminorar la intensa presión antrópica que soportan estos organismos (Amorocho, 1991; Rueda, 1988).

Frazier y Salas (1983) plantearon que la isla Gorgona es un centro importante de anidamiento y refugio para las tortugas marinas del Pacífico colombiano. Posteriormente Rueda (1988) registró la anidación para *Lepidochelys olivacea* y sugirió el posible anidamiento de *Chelonia agassizii* y *Eretmochelys imbricata*. Adicional a esto tan solo algunos nidos ocasionales de *Lepidochelys olivacea* habían sido monitoreados (Bitácora del PNN Gorgona).

Con el presente estudio se buscó determinar las especies anidantes en la isla Gorgona, al igual que el número de individuos por especie. Se identificaron las playas usadas por hembras de tortuga marina para anidar. Finalmente se registró para cada especie el éxito de eclosión y con base en estos datos se propuso un plan de manejo.

Se corroboró la existencia de factores ambientales adecuados para la nidificación de tortugas marinas en playas del PNN Gorgona, se obtuvo el número de individuos anidantes de *Lepidochelys olivacea* y de *Chelonia agassizii* siendo esta última un primer registro. No se observó ningún anidamiento de *Eretmochelys imbricata*. De la variedad de playas ofrecidas por Gorgona se constató el uso continuo de solo tres de ellas, "Cocal", "Máncora" y "El playón de Gorgonilla".

METODOLOGIA

Organismos Estudiados

Chelonia agassizii (Bocourt, 1868) Conocida comúnmente como "Tortuga Verde del Pacífico" o "Prieta" (Figura 1A). El caparazón es fuertemente elevado, cuya anchura alcanza del 76 al 82% de su longitud recta y se torna mas curva con la edad. Los escudos que lo conforman son delgados y lisos, usualmente 5 centrales, 4 pares laterales y 11 pares marginales. El plastron tiene en total 6 pares de escudos, mas 4 inframarginales a cada lado, siendo estos mas delgados que los del caparazón, un escudo intergular y uno interanal. La cabeza tiene un par de escamas prefrontales y 4 escamas postorbitales a cada lado (Pritchard et al., 1984).

Lepidochelys olivacea (Eschscholtz, 1829) Se conoce comúnmente como "Golfina" (Figura 1B). Posee un caparazón casi redondeado, ligeramente volteado hacia arriba en las márgenes laterales y aplanado en la cima. Su anchura es el 90% de su longitud. Todas las tortugas marinas (exceptuando la Baula, *Dermochelys*

coriacea, que tiene caparazón sin escudos) se caracterizan por poseer un número fijo de escudos laterales; en esta especie oscila entre 6 y 9 pares, e inclusive es común ver individuos con diferente número de escudos a lado y lado. Esta especie al igual que *Lepidochelys kempi* (Garman, 1880), presenta en particular en cada uno de los 4 escudos inframarginales un "poro inframarginal", que corresponde a la abertura de las glándulas de Rathke. Estas liberan una sustancia odorífera que juega el papel de feromona para mantener la unión de las masas de tortugas anidantes, al salir a la playa, antes y durante su arribada. La cabeza es de forma subtriangular, con un par de escamas prefrontales. La coloración típica es verde oliva. Los neonatos son de un verde tan oscuro que tiende a ser negro (Pritchard et al., 1984; Márquez, 1990).

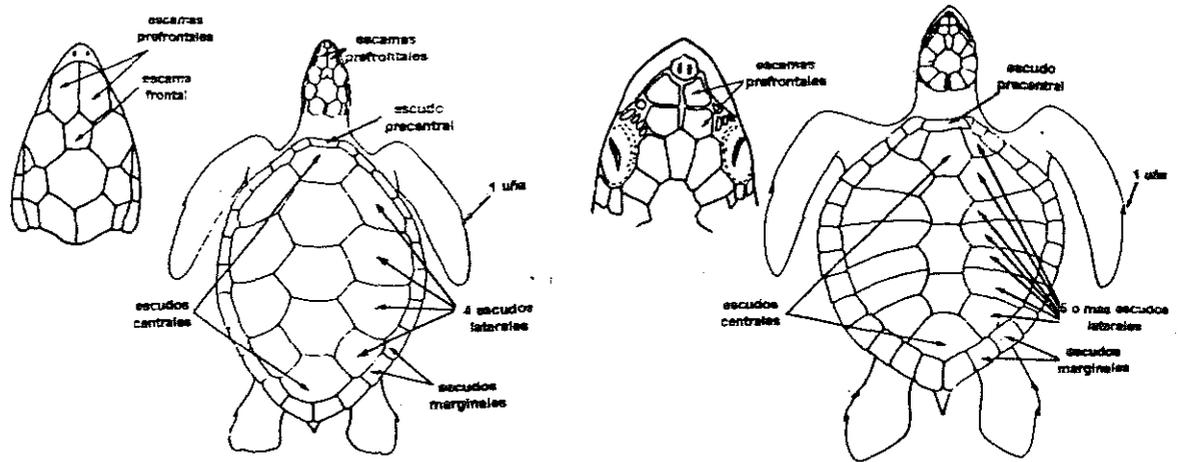


Figura 1. A) *Chelonia agassizii* y B) *Lepidochelys olivacea*

Area de Estudio

La isla Gorgona (Figura 2) es de origen volcánico, formada por rocas básicas intrusivas, generalmente gabros y diabasas (Gansser, 1950). Se localiza a 2° 58' de Latitud Norte y 78° 11' de Longitud Oeste, en el Pacífico colombiano. Las aguas que la rodean presentan salinidades oceánicas (36‰) y altas temperaturas (27 - 28 °C), hallándose fuera del sistema de surgencias del golfo de Panamá (Prah & Erhardt, 1985). Las mareas son de tipo semidiurno, con rangos máximos de 5 m y mínimos de -0.64 m y precipitaciones mayores a los 8000 mm/año (IDEAM, 1992), dependiendo de la entrada del cinturón de convergencia intertropical. La isla está influenciada por un sistema de corrientes marinas cuya dirección predominante es NNE, con velocidades de 150 cm/seg en los meses de agosto a noviembre y de 50 cm/seg entre mayo y junio.

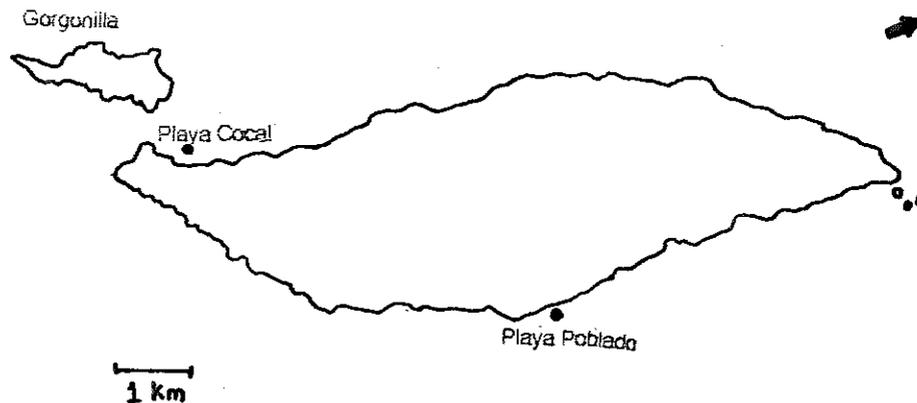


FIGURA 2. Gorgona. Sitios de estudio

Métodos

Entre noviembre de 1994 y septiembre de 1995, se realizaron visitas a la isla de ocho días al mes, por la baja probabilidad de arribo y anidamientos durante esta época. Durante los meses de septiembre y diciembre de 1995, se hicieron patrullajes diarios. Se recorrió una playa a la vez, efectuando recorridos diurnos y nocturnos a lo largo de las playas del "Poblado" y "Cocal" con el fin de observar posibles anidamientos o emergencia de neonatos. Las playas se revisaron de extremo a extremo, descansando en cada uno de ellos unos 20 minutos. Este procedimiento se llevó a cabo entre las 20:00 y las 05:00 horas. Durante el día los recorridos fueron esporádicos. Debido a la distancia considerable entre cada una de las playas a revisar y la dificultad en darle continuidad al monitoreo simultáneamente a todas ellas, se patrullaron al día siguiente en horas de la mañana, buscando huellas de arribo o nidos, los cuales se siguieron cuidadosamente para saber a qué especie pertenecían, según el método de Pritchard et al. (1984) y proceder a identificarlos en el momento del nacimiento.

Morfometría de las tortugas anidantes

Empleando un calibrador adaptado con brazo largo y su respectiva escala métrica se tomó la longitud del caparazón (distancia recta desde el borde anterior del caparazón hasta el posterior) y el ancho del caparazón (distancia recta del centro del caparazón). Se tomaron las medidas curvas, sobreponiendo una cinta métrica flexible en el cárapax. Este procedimiento se realizó en el momento en que la tortuga se disponía a regresar al mar, con el fin de no perturbar al animal durante la ovoposición.

Anidación y emergencia de neonatos

Por medio de un cronómetro Casio de 1/1000 segundos se obtuvieron los tiempos de salida hasta la escogencia del sitio de anidamiento, excavación, desove, y cobertura y camuflaje realizados por cada individuo. La ubicación de cada nido se marcó con pequeños banderines y triangulación con una brújula. El tamaño de la postura por nido se determinó mediante el conteo directo de huevos durante la oviposición.

Éxito de eclosión

De las nidadas con emergencia de neonatos se obtuvo la viabilidad de sus huevos distinguiendo las siguientes categorías: neonatos emergidos, neonatos y huevos deteriorados. Para determinar el éxito reproductivo se utilizaron los datos de los individuos que lograron eclosionar independiente de si lograron salir o no a la superficie.

Registro de depredadores

Durante la temporada de trabajo, se observó la posible depredación sobre los nidos y neonatos de las nidadas monitoreadas. Las observaciones de peces depredadores de neonatos fueron hechas únicamente en algunos nidos eclosionados en horas de la mañana.

Se registró: Fecha y hora correspondiente a los sucesos de anidación y eclosión de cada nido, anotaciones generales de las características de cada playa, estado de marea en el momento del arribo. Los datos diarios correspondientes a pluviosidad, temperatura ambiental máxima y mínima y humedad relativa del aire se obtuvieron de la estación meteorológica del IDEAM presente en la isla.

RESULTADOS

Organismo Estudiado

Chelonia agassizii (Bocourt, 1868) Todos los especímenes encontrados corresponden a la descripción dada por Pritchard et al. (1984). Sin embargo, pese a que la teoría describe esta especie de un color gris a negro con unos patrones de manchas cafés y oliva (Márquez, 1990), los individuos observados tanto en playa como en aguas de Gorgona, presentaron un color verde claro combinado con tonos más oscuros. Los neonatos presentaron una coloración verde oscura casi gris en el dorso y blanquecinos ventralmente.

Leptochelys olivacea (Eschscholtz, 1829) Las golfinas que se presentaron a anidar en las playas de Gorgona durante el presente estudio contaron todas con 7 pares de escudos laterales (cabe notar que según lo reportado, algunos individuos presentan entre 6 y 9 pares de escudos laterales), el resto de las características morfológicas son similares a las reportadas en la literatura (Pritchard et al., 1984).

Sitios de Estudio

Playa del Poblado Presenta una variación de norte a sur en lo que a granulometría de sustrato respecta. La

presencia de troncos por arrastre es poca pero constante. Sin embargo, la playa se mostró poco apta para anidamientos en este año por razones de tipo antrópico. Al comparar con los datos de la bitácora del Parque desde 1987, durante los cuales se tenía un promedio de 4 anidamientos por año, tan solo con revisiones esporádicas y/o encuentros fortuitos, este año el número de arribadas fue de cero (0).

Playa Cocal Fue la playa con mayor número de ascensos registrados. Está constituida por arenas muy suaves es una playa de alta energía y tiene zonas rocosas en su frente, lo que la hace de difícil acceso en marea baja. Sin embargo a partir de octubre y noviembre, dentro del fenómeno de dinámica de playas, se empezó a presentar una importación de cascajo y cantos de tamaño variable. Este constante depósito de material tuvo mayor intensidad hacia el extremo de la playa denominado La Ventana, ganando sin embargo terreno paulatinamente hacia el extremo de Playa Verde. Adicionalmente, una fuerte marea arrancó lozas de piedra bastante grandes, que normalmente se hallaban por debajo de la línea de marea baja, depositándolas contra la línea de vegetación. Se observó también una gran cantidad de troncos traídos por deriva.

Tabla 1. Características de las playas del PNN Gorgona

Característica Playa	Extensión (metros)	Anchura (metros)	Pendiente	Granulometría	Vegetación	Actividad reproductiva
Poblado	630	108	Suave	B y D	C, D, E, F	No
Playa Blanca	380	80	Suave	C y D	A, B, C, E	No
Cocal	1140	60	Moderada	A y B	A, B, C, E, F	Si (alta)
Gorgonilla	260	80	Fuerte	A	A, C, E	Si (baja)
Máncora	800	70	Moderada	A y B	A, B, C, E	Si (baja)

Granulometría:

A Arenas
B Arena - Gravilla
C Arena - Coral
D Arena - Cantos

Sucesión vegetal:

A Árboles
B Arbustos
C Palmas
D Crotos
E Herbáceas
F Fanerógamas

Biología Reproductiva

Las tortugas registradas para *C. agassizii* fueron 8, cuyo promedio de medidas rectas de longitud y ancho fueron 70,12 y 59,52 centímetros respectivamente. De igual manera se obtuvo un promedio de 73,31 cm de longitud curva y 72,5 cm de ancho curvo. Se registraron 14 hembras de *L. olivacea*, cuyos promedios encontrados fueron: para la longitud recta 59,72 cm, el ancho recto 59,96 cm, la longitud curva 66,34 cm y la anchura curva 71,13 cm. Para *C. agassizii* los tiempos utilizados en el proceso de anidación, desde el momento en que las tortugas salen del agua hasta que empiezan su retorno al mar, después de hacer el cubrimiento y camuflaje del nido, oscilaron entre 34 y 82 minutos, con un promedio de 60 min. Las cuatro fases de anidamiento en que se dividió dicho proceso corresponden a los siguientes promedios: selección del sitio de anidamiento 24,37 min., excavación del nido 10,62 min., desove 11,5 min. y cubrimiento y camuflaje 13,62 min. En *L. olivacea* los tiempos totales utilizados por las hembras en las diferentes fases de anidamiento se ubicaron en un rango 35 a 81 minutos con un promedio de 57,64. Los promedios de los tiempos utilizados en cada fase, expresados en minutos, fueron: selección 20,57, excavación 10,07, desove 8,64 y cubrimiento y camuflaje 18,35.

Éxito de Eclosión

Del total de 863 huevos de *C. agassizii* hubo 656 neonatos (76%), 28 neonatos (3%) depredados o muertos por otras causas, 134 (15%) no-natos (los que se hallaron muertos dentro del nido en algún estado embrionario, se encontraron eclosionados o no) y 73 (8%) huevos dañados (sin evidencia de formación embrionaria) (ver tabla 7). Para esta especie se determinó un éxito de eclosión de 79,25%. Para obtener el porcentaje de supervivencia se partió del número de neonatos, y se obtuvo un 95,73%, derivado de una mortalidad del 4,26%.

	N° neonatos	N° neonatos muertos	N° nonatos	N° huevos dañados
Rango	53-121	0-11	5-32,0	0-27
Promedio	82	3,5	16,75	9,125
SD	20,41	4,44	9,939	8,724

En *L. olivacea* hubo 1361 huevos, de los cuales se produjeron 1028 neonatos (75,53%). De dichos neonatos 30 (2,2%) fueron depredados o murieron por diferentes causas. Los individuos no-natos fueron en total 62 (4,55%) y se encontraron 271 huevos dañados entre los nidos sin evidencia de formación embrionaria (19,91%). Al calcular el éxito de eclosión se obtuvo un 77,73% en esta especie. El porcentaje de supervivencia tomando como base inicial el número de neonatos, en los que la mortalidad fue de 2,91%, arrojó un valor del 97,09%.

	N° neonatos	N° neonatos muertos	N° nonatos	N° huevos dañados
Rango	54-108	0-10	0-10	4-30
Promedio	79,0769	2,3076	4,7692	11,6153
SD	15,3267	3,3512	3,5626	7,0538

Registro de Depredadores

El número de neonatos depredados fue bajo por la presencia de los investigadores.

Depredador	Número neonatos de <i>C. agassizii</i>	Número neonatos de <i>L. olivacea</i>
Coenobita sp	9	10
Ocypode sp	5	9
<i>P. occidentalis</i>	4	2
<i>F. magnificens</i>	3	3
<i>S. rivoliana</i>	2	2
<i>Caranx</i> sp	2	1
<i>Trachinotus</i> sp	1	1

DISCUSION

La época de anidamiento para *Chelonia agassizii* está comprendida entre octubre y marzo pero ocasionalmente anida a lo largo del año, dependiendo de la época de verano; y es entre junio y diciembre cuando lo hace *Lepidochelys olivacea*.

La estimación del número de hembras de tortugas marinas anidantes en el PNN Gorgona no se había realizado anteriormente. Rueda' (1988) observó algunos anidamientos de *Lepidochelys olivacea* y sugirió la posibilidad de que *Eretmochelys imbricata* y *Caretta caretta* también anidaran. Sin embargo, en este estudio no se registraron otras especies anidantes diferentes a *L. olivacea* y *C. agassizii*, siendo esta última un primer reporte para Gorgona. Aunque un total de 22 hembras es muy poco si se compara con las que anidan en otros sitios, para Gorgona ya es algo importante, mas aún sabiendo que nunca hubo ningún tipo de seguimiento para estas especies. Limpus (1982) observó en Australia un drástico cambio en la población anidante de *Chelonia mydas* de 11000 a 100 hembras en tan solo un par de años y por tanto no sería de extrañarse que el número observado en Gorgona pudiera variar a lo largo de los años, pues como es bien sabido, las tortugas marinas no son anidantes anuales obligadas, sino que lo hacen en intervalos de 2 años o mas.

En las playas de Gorgona y Gorgonilla se han venido depositando gran cantidad de troncos traídos por deriva. Las playas donde ocurre con mayor frecuencia tal evento son las del Playón de Gorgonilla y el Cocal y son las que mayor cuidado merecen, pues presentan unas características muy favorables para la nidificación de tortugas marinas. Además en el Cocal se registró el mayor número de anidamientos durante el presente estudio. La presencia de obstáculos puede impedir el acceso de las hembras que ascienden para completar su ciclo reproductivo. Además, puede ocasionar accidentes como el presenciado en el Cocal, donde una hembra de tortuga Verde del Pacífico subió a desovar en un momento en que la marea se encontraba alta y al hallarse frente a un gran tronco, la tortuga fue volteada por el oleaje. La razón por la cual en el Poblado no hubo ningún anidamiento durante el estudio, se atribuye a la presencia de luz eléctrica proveniente de las construcciones del poblado, la cual presenta una intensidad bastante alta a lo largo de la noche, siendo aún mas intensa en las zonas más aptas para anidamiento. Como es bien sabido, las tortugas marinas se orientan para el ascenso y desove hacia la zona mas oscura que en este caso es la masa terrestre, toda vez que el mar presenta constantemente reflejos por el rompimiento de las olas y constituye la zona de claridad. La presencia continua de luz sobre esta playa impide o reprime el intento de anidación. Pese a que se han descrito como

preferidas para anidamiento de *Lepidochelys olivacea* las playas amplias, anchas y libres de obstáculos (Cornelius, 1976), en Gorgona las características son opuestas y aun así se siguen presentando anidamientos desde los reportados por Rueda (1988). Sumado a la abundancia de troncos en la playa, que puede contribuir a la disminución de anidamientos o a propiciar la puesta de nidos por debajo de la línea de marea alta, es decir nidos sujetos al régimen mareal y a la dinámica de playas, cabe notar que la vegetación en Gorgona impide la existencia de una extensión mayor de playas libres. De esta manera se disminuye la posibilidad de anidación para *L. olivacea*, pues esta especie raramente entra a la zona vegetal de la parte superior de la playa (Hirth, 1980). Existen muchos factores que pueden provocar la huida o rechazo del sitio de anidamiento de la tortuga Verde del Pacífico, *Chelonia agassizii* entre los cuales se encuentran la presencia de troncos, rocas o raíces de árboles, otras tortugas, depredadores o humanos, además de requerir condiciones esenciales como temperatura de la arena, compactación y humedad propicias. Pese a que la literatura (Cornelius, 1976) sugiere que esta especie no anida usualmente en la zona media de la playa, pues tiene como sitio preferido de anidamiento la zona superior de la misma donde existe vegetación rastrera, los nidos en Gorgona fueron puestos en la parte media de la playa, desprovistos de vegetación, quizá porque en el Cocal no existe playa con cobertura de gramíneas y pastos que permitan un fácil acceso a las hembras anidantes.

A pesar que la literatura describe a *Chelonia agassizii* como una especie que invierte más tiempo en encontrar el sitio óptimo para nidificación y que realiza varias rampas preliminares de anidamiento, dentro de las observaciones hechas en Gorgona dicha inversión no fue tan marcada. Los promedios de los tiempos de selección de las especies variaron únicamente 3,8 minutos, lo cual se puede atribuir a la imposibilidad de búsqueda de sitios diferentes a la zona media de la playa, por la presencia de troncos y de vegetación arbórea que limitan la playa. Esta fase es la más importante para el éxito del anidamiento, pues de una correcta selección depende que se pueda construir un buen nido y que la nidada no se pierda.

Los altos valores del éxito de eclosión para las dos especies encontradas pueden ser efecto de la combinación de varios factores como se ha mencionado anteriormente, sumados a la ausencia de depredación sobre los nidos. Carr y Ogren (1959) plantearon que el fuerte olor emitido por los huevos recién puestos y el de las crías cerca a la superficie es causal de saqueo de los nidos inmediatamente después de ser puestos o en la época cercana a la eclosión. Sin embargo, gracias a la ausencia de depredadores naturales en Gorgona (guatines, perros, cerdos, etc), este hecho no se presentó, preservando así la viabilidad de los huevos. A esto hay que sumar la depredación humana, factor que disminuye el éxito de eclosión de estas especies en nuestras costas (Amarocho et al., 1992). Como se discutió en las fases de anidamiento, las hembras en cuyo comportamiento reproductivo (excavación del nido y depósito de una masa de huevos apropiada) posibilite al nido un conveniente intercambio de gas, pueden incrementar su éxito reproductivo y por ende poseer una ventaja selectiva.

Existe una gran cantidad de depredadores sobre los huevos de las tortugas marinas entre los cuales el hombre encabeza la lista. En Colombia los depredadores naturales no han sido completamente determinados y a estos hay que sumar la presión ejercida por animales domésticos, tales como cerdos y perros quienes además de consumir los huevos dañan las nidadas pisoteando el terreno (Amarocho, 1989). En general sobre los nidos a los que se hizo un seguimiento completo en el PNN Gorgona no hubo depredadores.

Aunque en teoría se habla de eclosiones y emergencias durante las horas de la noche y los neonatos son protegidos por la oscuridad en su paso al mar, la realidad es que tan solo bajas en la temperatura en la superficie de la arena pueden acelerar el paso final de la emergencia. Como es bien sabido las condiciones climáticas en la isla de Gorgona proveen de fuertes lluvias durante todo el año y más aún en los últimos meses. Estas lluvias o los momentos que las preceden logran bajar la temperatura ambiental y la de los sustratos. Por esta razón en Gorgona las emergencias pueden tener lugar a cualquier hora del día.

Los adultos de las tortugas marinas en mar abierto son depredadas únicamente por tiburones y orcas, y no siempre huyen exitosamente ante el ataque de un tiburón, pese a que ellas son excelentes nadadoras (Pritchard, 1979).

En Gorgona, no existe en tierra ninguno de sus depredadores naturales. Sin embargo no logran escapar a la depredación cruel y despiadada de algunos pescadores de zonas aledañas al Parque, que pernóctan en las playas de Gorgonilla y algunas de Gorgona, mientras esperan la hora de recoger sus artes de pesca. Para infortunio de las tortugas que están subiendo a desovar, se encuentran con estos hombres, quienes sin matar

al animal, se encargan de extraer a las hembras sus huevos haciendo una incisión en el ano, y en contadas ocasiones privan al animal de sus aletas y abren con machete el plastron para extraer la carne. Esto último es casi exclusivo sobre la tortuga verde del Pacífico. Estas observaciones se realizaron directamente en las playas de Gorgonilla y el Cocal. En las playas del PNN Gorgona se pudo observar varias tortugas marinas muertas, algunas traídas por el mar y otras, gracias a sus huellas, evidentemente se acercaban a desovar. De un total de 12 ejemplares hallados, hubo 2 sobre las cuales no se reconoció el causal de muerte y 10 presentaron muestra clara de agresión humana. Este tipo de intervención sobre las hembras de tortugas marinas, es prácticamente incalculable dado que la gran mayoría de individuos cazados es llevada al continente, siendo más difícil la valoración de la presión que se está ejerciendo sobre las poblaciones del PNN Gorgona. A este hecho se podría atribuir la imposibilidad de registrar un mayor número de anidamientos en el Parque, al igual que la disminución de las poblaciones tanto residentes de estas aguas como las de aquellas que tienen esta área dentro de su ruta de migración. Es importante recordar que todas las especies de tortuga marina que existen en la actualidad, están catalogadas como especies en vía de extinción según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) e incluidas dentro del apéndice I del Convenio Internacional para el Comercio de Especies en Peligro de Fauna y Flora (CITES).

Propuesta de Manejo

Las poblaciones de tortuga marina del mundo han ido decreciendo paulatinamente (Márquez, 1990). En general los factores que provocan dicha disminución son de origen antrópico, los efectos de la contaminación marina y terrestre y las diferencias de reglamentos nacionales e internacionales sobre la conservación y protección de las tortugas marinas, cuando estos existen.

A las playas del PNN Gorgona llegan constantemente troncos y basuras traídos por el mar, que se acumulan en algunas partes como las playas del Cocal y el playón de Gorgonilla. Este hecho se convierte en un obstáculo para las hembras de tortugas marinas que se dispongan a anidar.

Adicional a la presencia de troncos, se observó una actividad de pescadores casi incontrolable, debido a que los patrullajes de control sobre las aguas del parque disminuyeron, aumentando así la frecuencia y número de pescadores en sus playas, quienes ya no solo se boyan cerca a las playas sino que suben a estas, guareciéndose en "cambuches". Este hecho es negativo ya que produjo la muerte violenta de 10 hembras de tortuga marina. De esta manera se está cortando totalmente la posibilidad reproductiva de un número considerable de animales, en un área tan restringida y de fácil control, lo que puede llegar a incrementarse si no se controla a tiempo. Se deben implementar vedas en la temporada reproductiva y así contribuir a salvaguardar estas especies en una época tan vulnerable.

Se sabe que las poblaciones humanas del Pacífico manejan gran cantidad de mitos y tabúes, como el efecto afrodisíaco que ofrece la carne, huevos y pene de las tortugas marinas. Es difícil desmontar este "modus vivendi", sin embargo es posible iniciar un proceso educativo con las nuevas generaciones y promover la creación de zoológicos. Desafortunadamente en Colombia la educación ambiental y la inculcación a la gente sobre el cuidado de los recursos naturales es mínima y más aun tratándose de las comunidades marginadas del Pacífico colombiano.

Dentro de los estamentos de manejo del Parque es necesario recomendar a los visitantes, que al ir a la playa del Cocal eviten pisar los nidos si hay huellas que los evidencien o en su ausencia, que se abstengan de pasear por la zona más alta de la playa. Se recomienda no habilitar la zona del Cocal como sitio para pernoctar, ya que la más mínima intervención, luces o presencia humana, inhibe el proceso de anidación. Si se desea recuperar la playa del Poblado como anidadero, es imprescindible eliminar por completo la luz artificial de este.

CONCLUSIONES

La estimación del tamaño poblacional de hembras anidantes en el PNN Gorgona es muy limitada ya que el muestreo realizado fue discreto, sin embargo el presente deja una base más organizada de información para el análisis más detallado de las relaciones ecológicas y de comportamiento reproductivo.

No se tuvo registro alguno de anidamiento de las especies *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata* y *Dermochelys coriacea* quienes aparecían reportadas como anidantes regulares para estas playas, aún cuando las dos primeras se han visto en aguas de la Isla. Esto refleja que Gorgona es en el momento un sitio alternativo para individuos y especies que se aventuran a escapar de presiones en el continente.

Chelonia agassizii se registro por primera vez como especie anidante para el PNN Gorgona y no solamente como residente y/o usuaria temporal de las aguas circunvecinas.

La playa del Poblado se perdió como sitio de anidamiento pese a presentar condiciones propicias para tal fin, debido a la continua emisión de luz artificial generada por el asentamiento humano además de la constante presencia de personas en la playa durante la noche.

Para lograr un equilibrio entre la explotación del recurso tortuga y la conservación de estas especies es necesario implementar programas de educación ambiental y promover criaderos con el fin de suplir la demanda, sin afectar las poblaciones naturales.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Fernando Castro Herrera por su orientación; a los Señores Simeón Yesquén, Rodrigo Daraviña y Jorge Hernán Gutiérrez por su constante ayuda en la Isla; al Biólogo Javier Bustos por su colaboración en el manejo estadístico; a los Señores Jaime Riveros, Diego Hurtado y Harold Botero por su apoyo en el transporte.

BIBLIOGRAFIA

- AMOROCHO, D. 1989. Observaciones ecológicas sobre las tortugas marinas anidantes en la playa de San Pichí (P.N.N. Utría, Chocó - Colombia). Fundación Natura. Bogotá.
- AMOROCHO, D. 1991. Estrategias para la conservación y el manejo de las tortugas marinas en el Pacífico colombiano. Mimeografiado. Fundación Natura. Bogotá.
- AMOROCHO, D., H. RUBIO y W. DÍAZ. 1992. Observaciones sobre el estado actual de las tortugas marinas en el Pacífico colombiano. En: Contribución al conocimiento de las tortugas marinas de Colombia. INDERENA. Editorial Gente Nueva. Bogotá. 4: 155-179
- BUSTARD, H.R. 1972. Australian sea turtles. Collins London. 650 pp.
- CARR, A. y L. OGREN. 1959. The ecology and migrations of sea turtles. 3. *Dermochelys* in Costa Rica. American Museum Novitates. New York.
- CORNELIUS, S. 1976. Marine turtles nesting activity at Playa Naranjo, Costa Rica. Brenesia. 8: 1-27
- FRAZIER, J. y S. SALAS. 1983. Tortugas Marinas del Pacífico Oriental: El recurso que nunca acabará? Symp. conserv. manejo, Fauna Silv. Neotrop. (IX CLAZ Perú), 87 - 98.
- GANSSER, A. 1950. Geological and petrographical notes on Gorgona Island in relation to the north western South America. Schweiz. Min. Petr. Mitt., 30 (2): 219-237.
- HIRTH, H. 1980. Some aspects of the nesting behavior and reproductive biology of sea turtles. Amer. Zool. 20: 507-523.
- LIMPUS, C.J. 1982. The status of australian sea turtle population. In: Bjørndal, K. (Ed). 297-303.
- MARQUEZ, R. 1990. FAO species catalogue. Vol. 11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO fisheries synopsis. No. 125, vol. 11. Rome, FAO. 1990. 81 pp.
- PRHAL, H.V. y H. ERHARDT. 1985. Colombia, Corales y Arrecifes Coraños. Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis", FEN. Editorial Presencia Ltda. Bogotá. 295 pp.
- PRITCHARD, P. 1979. Encyclopaedia of turtles. T.F.H. Publishing Co
- PRITCHARD, P., P. BACON, F. BERRY, A. CARR, J. FLETMEYER, R. GALLAGHER, S. HOPINS, R. LANKFORD, R. MÁRQUEZ M., L. OGREN, W. PRINGLE, JR, H. REICHAERT y R. WITTHAM. 1984. Manual sobre técnicas de investigación y conservación de las tortugas marinas. Segunda Edición. K.A. Bjørndal y G.H. Balazs, editores. Center for Environmental Education, Washington, D.C. 133pp.
- RUDLOE, J. 1979. Time of the Turtle. A.A. Knopf. Inc.: New York. 273pp.
- RUEDA, J.V. 1988. Notas sobre la anidación de tortugas marinas en el Pacífico colombiano. Trianea (1): 79 - 86.
- RUEDA, J.V., G. ULLOA y S. MEDRANO. 1992. Estudio sobre la biología reproductiva, la ecología y el manejo de la tortuga canal (*Dermochelys coriacea*) en el Golfo de Urabá. En: Contribución al conocimiento de las tortugas marinas de Colombia. INDERENA. Editorial Gente Nueva, Bogotá. 4:1-131.

PRESENCIA, ABUNDANCIA Y ESTRUCTURA GRUPAL DE DELFINES COSTEROS EN EL SUROESTE DEL GOLFO DE MORROSQUILLO, CARIBE COLOMBIANO

2.64

José Manuel Avila Olarte¹

RESUMEN

En los años 70's se reportaron por primera vez las capturas masivas de delfines de la especie *Sotalia fluviatilis* en la costa Atlántica colombiana, en el sector suroccidental del golfo de Morrosquillo.

La falta de conocimientos biológicos, de abundancia y comportamiento de las poblaciones colombianas de delfines costeros, así como de sus hábitats y elementos de presión, han generado entre otros motivos, la falta de adopción de medidas para su conservación y la carencia de una legislación que impida la captura con fines comerciales y su exportación.

Por dichas razones al desarrollar esta investigación se buscó identificar y documentar la presencia de delfines costeros, con énfasis en la especie *Sotalia fluviatilis*, y determinar las características de su estructura grupal, en la bahía de Cispatá y zonas aledañas, en el suroeste del Golfo de Morrosquillo con el fin de dar un diagnóstico de su estado actual en esta región.

Utilizando la técnica de transectos lineales y el posicionamiento de los avistamientos en mapas de la zona, observaciones *Ad Libitum* y fotoidentificación, se identificaron las especies *S. fluviatilis* y *Tursiops truncatus*, se estimó su abundancia en 144 ± 18 y 6 ± 4 individuos, respectivamente, se determinaron sus patrones de ubicación espacial en el área de estudio, se encontró que las agrupaciones más frecuentes son aquellas que están conformadas por 1 a cinco individuos y se determinó que hay una predominancia de los grupos constituidos por solo adultos, y que las crías se encuentran en grupos por lo menos de tres individuos, lo cual podría indicar un cuidado parental realizado por dos adultos durante los primeros meses de vida.

La abundancia se disminuyó de verano a invierno para *Sotalia fluviatilis* la cual reside en la zona y mostró para *Tursiops truncatus* una estacionalidad en el período de invierno (agosto - octubre), épocas en las que ocupan de manera diferente el área de ubicación espacial. La observación de grupos, manadas y escuelas varió también de acuerdo con la climatología de la zona.

Algunos aspectos como la abundancia y disponibilidad de presas parecen determinar la presencia de los delfines en el sector, el cual, a su vez, fue identificado como área de dominio vital para los individuos de estas especies.

Sin embargo, el tamaño del grupo *Sotalia fluviatilis* presente en la zona es muy pequeño a la luz de las estimaciones hechas en el Brasil, donde son reportadas poblaciones que sobrepasan los 2000 individuos para áreas similares y cuya estructura grupal muestra disposiciones similares a las del Caribe colombiano.

Se concluye la alta vulnerabilidad de las especies en la zona, dada principalmente por capturas dirigidas e incidentales, causas de presión ambiental y su baja tasa reproductiva, reflejada en un bajo índice de presencia de crías.

¹ Fundación Omacha. Carrera 69 No. 6B-15, A.A 22567, Santafé de Bogotá. Tel.: 4202056, Fax: 91 2811056

VARIACIONES EN LA CONCENTRACIÓN DE VARIABILINA, UN METABOLITO SECUNDARIO, EN LA ESPONJA MARINA *Ircinia felix* (PORIFERA: DEMOSPONGIAE) BAJO DIFERENTES CONDICIONES ECOLOGICAS, EN LA REGIÓN DE SANTA MARTA, COLOMBIA

2.69

Fernando Parra¹, Alejandro Martínez², Sven Zea³ y Carmenza Duque⁴

RESUMEN

Las esponjas marinas son en la actualidad una de las más ricas fuentes de compuestos de interés farmacéutico, estructural e industrial. Sin embargo, poco se ha estudiado sobre las implicaciones fisiológicas o ecológicas de su presencia en un organismo. La Variabilina es un furanosesterpeno con propiedades antibióticas y citotóxicas, aislado por primera vez de *I. variabilis* y se halla presente en las tres esponjas del género *Ircinia* en Colombia; *I. felix*, *I. campana*, e *I. strobilina*. El objetivo de este estudio fue determinar si en *I. felix* la concentración de variabilina presente varía entre el tejido dermal y el anterior, varía de acuerdo al sitio donde la esponja se establece, de acuerdo a la profundidad y al grado de iluminación. Por otra parte, se determinó experimentalmente si la concentración del metabolito cambia cuando la esponja es transferida de profundidad o expuesta a diferente grado de iluminación o en el caso de producirse lesiones. Se estableció también la posible liberación del metabolito al medio.

El coanosoma de la esponja presentó una concentración (894,7 μ RSSC, residuos secos y sin cenizas) cuatro veces superior que en el tejido dermal (207,6 μ g RSSC). Se encontraron diferencias significativas en la concentración de variabilina (369,61 μ g RSSC vs 1343,39 μ g RSSC), en esponjas provenientes de dos sitios diferentes (Isla Aguja vs Punta Belén), colectadas a la misma profundidad (10 m). Se halló también que la concentración de variabilina en *I. felix* aumenta en forma exponencial ($C=0,0453P^{1,82}$, donde C es concentración RSSC de variabilina y P es profundidad en metros) con respecto a la profundidad y así mismo que los individuos localizados en sitios poco iluminados presentan una concentración de variabilina más alta (13,91 μ g RSSC) que los individuos localizados a igual profundidad (5 m) en sitios más iluminados (0,16 μ g RSSC). Usando distintas técnicas de extracción no se detectó el metabolito en el agua alrededor de esponjas mantenidas en acuarios iluminados y oscurecidos, implicando esto que la variabilina no se exuda al medio en estas condiciones. Transferencias de profundidad, cambios de iluminación y cambios por lesiones, son valoradas en este momento; los dos primeros experimentos tuvieron un tiempo de campo de dos meses y el último de tres semanas. La hipótesis de trabajo sobre la causa de las variaciones en la concentración de variabilina con las condiciones ecológicas, especialmente con la intensidad lumínica es que al aumentar la profundidad y disminuir el grado de iluminación por debajo de un punto de compensación, las cianobacterias simbiotas comienzan a usar heterotróficamente los tejidos de la esponja, el aumento en la concentración de variabilina actuaría como un bacteriostático, previniendo así el parasitismo.

¹ Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología. A.A. 33887. Santafé de Bogotá. Tel: 3114246

² Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica. Medellín

³ Universidad Nacional-INVEMAR. A.A. 1016. Santa Marta. Tel.: 214774, 214775. Fax.: 211377

⁴ Universidad Nacional. Departamento de Química. Santafé de Bogotá

ACTIVIDAD ANTITUMORAL Y CL₅₀ DEL (+)-CURCUFENOL Y DEL CURCUDIOL AISLADOS DE LA ESPONJA MARINA *Didiscus oxeata*

Ahmed Mohamed Salama , Claudia Cristina Fonseca y Laura Marcela Renjifo

RESUMEN

De la esponja marina *Didiscus oxeata* se aislaron e identificaron dos compuestos, el (+)-Curcufenol y el Curcudiol, los cuales fueron evaluados frente a *Artemia salina* obteniéndose una Concentración Letal Media de 3.10 y 0.70 µg/mL, respectivamente. También se probó su Actividad Antitumoral mediante el Bioensayo de Tumorigénesis inducida por *Agrobacterium tumefaciens* en Disco de zanahoria produciéndose inhibición en concentraciones mayores de 60 µg/mL.

ABSTRACT

Two pure compounds were isolated by column chromatography from the chloroformic and methanolic extracts of the marine sponge *Didiscus oxeata* and were identified by spectroscopic methods as the sesquiterpenes (+)-Curcuphenol and Curcudiol. The LC₅₀ of the methanolic and chloroformic extracts, (+)-Curcuphenol and Curcudiol in *Artemia salina* larvae was 0.54, 5.57, 3.10 and 0.70 µg/mL respectively. While the same extracts and isolated compounds presented Antitumour Activity in concentrations major than 60 µg/mL by the method of *Agrobacterium tumefaciens* in carrot disc.

INTRODUCCION

En las últimas décadas los principios activos aislados de diferentes especies de esponjas marinas han dado una respuesta favorable frente a la evaluación de actividades farmacológicas tales como la actividad analgésica presentada por los derivados heterocíclicos denominados Hennoxazoles A-D de la esponja *Polyfibrospongia sp* (1). La actividad antitumoral representada, entre otros, por el péptido Jaspamida aislado de la esponja *Hemiasarella minor* (2), actividad antiviral como por ejemplo los sulfatos esteroidales Halistanol F - G aislados de la esponja marina *Pseudoaxinissa digitata* (3), antifúngica como la que poseen los alcaloides Hamacanthinas A y B (4) y el péptido Neosiphoniamolido (5) y la antiinflamatoria presentada por el sesterterpeno Luffarielólido procedente de la esponja *Luffariella sp* (6).

MATERIALES Y METODOS

RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA ESPONJA

La esponja marina fue recolectada en la Ensenada Granate (Punta Aguja) en la Bahía de Santa Marta (Colombia) a una profundidad de 12 - 15 m por el Doctor Sven Zea y posteriormente clasificada en el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andreis" (INVEMAR) como *Didiscus oxeata*; la esponja fue empacada, rotulada y congelada para su envío a Santafé de Bogotá D.C y se conservó refrigerada hasta su empleo.

EXTRACCION Y FRACCIONAMIENTO

Se pesaron 956g de la esponja congelada, se cortó en trozos y se extrajo con metanol con agitación mecánica a temperatura ambiente hasta agotamiento. Luego se filtró y se concentró en el rotavapor a una temperatura de 40°C. Se obtuvo un residuo viscoso de color caramelo, con olor característico que pesó 17.6g. La esponja residual (386g) se extrajo con cloroformo hasta agotamiento, con agitación manual a temperatura ambiente, luego se concentró en el rotavapor a 40°C y se obtuvo un sólido color caramelo oscuro que pesó 55.6g.

AISLAMIENTO DE COMPUESTOS PUROS DEL EXTRACTO CLOROFORMICO POR CROMATOGRAFIA EN COLUMNA

Se saturaron 3g del extracto clorofórmico en 3g de sílica gel G-60 para cromatografía en columna y se colocaron en una columna de vidrio previamente empacada con una suspensión de la misma sílica (75 g), con dimensiones de 60 X 2.5 cm de diámetro interno.

La elución se comenzó con benceno seguida de mezclas con polaridad creciente de benceno-acetato de etilo y finalizando con acetato de etilo. La columna fue controlada por cromatografía en capa delgada, empleando como fase móvil el sistema solvente Benceno:Acetato de Etilo (85:15) y revelando con Vainillina al 1% en Acido ortofosfórico al 10% v/v en etanol al 96% y calentando posteriormente a 110°C durante 10 minutos. Se recogieron 404 fracciones de 10 mL cada una, las cuales se reunieron en doce grupos de acuerdo al control por CCD, con un rendimiento de 2.31 g. El control por cromatografía en capa delgada mostró que el grupo de fracciones N° IV (693 mg) contiene una mancha principal con Rf 0.77, mientras el grupo de fracciones N° XI (211 mg) contiene otra mancha a Rf 0.14.

La pureza de ambas sustancias obtenidas fue confirmada por CCD en varios sistemas solventes, entre ellos: Ciclohexano-Acetato de Etilo (70:30), Ciclohexano-Acetato de Etilo (50:50), Ciclohexano-Acetona (97:3) y Ciclohexano-Isopropanol (97:3) mostrando en cada caso la presencia de un sólo compuesto que fueron denominados como DO1 (Rf 0.77) y DO2 (Rf 0.14).

AISLAMIENTO Y PURIFICACION DE LOS COMPUESTOS DO1 Y DO2 A PARTIR DEL EXTRACTO METANOLICO

Por comprobación cromatográfica (CCD) de los grupos de fracciones IV y XI, obtenidos del extracto clorofórmico, con el extracto metanólico se confirmó la presencia de los compuestos DO1 y DO2 en ambos extractos. Con fines de obtener mayor cantidad de los compuestos se pesaron 9g del extracto metanólico y se procedió al aislamiento y purificación por medio de Cromatografía en Capa Delgada Preparativa (CCDP) empleando Sílica gel HF₂₅₄ en el sistema Ciclohexano : Acetato de Etilo (70:30). De esta forma se obtuvieron 55 mg del compuesto DO1 y 113 mg del compuesto DO2. El compuesto DO2 (113 mg) fue purificado por cromatografía en columna 20 X 1.0 cm, 4.0 g de sílica gel para columna y eluyendo con benceno. Se recogieron 119 fracciones de

5 mL cada una y de acuerdo con el control por CCD (Ciclohexano-Acetato de Etilo 70:30) se obtuvieron 69 mg del compuesto DO2, en un estado puro, de las fracciones N° 87 a 119.

IDENTIFICACION DE LOS COMPUESTOS

Compuesto DO1 ((+)-Curcufenol) I

Es un líquido aceitoso de color naranja, soluble en cloroformo, benceno, acetato de etilo; IR: ν máx (película) cm^{-1} : 3343 (OH), 2958 (CH_2 , CH_3), 1619 (C=C), 1584, 1517 y 1506 (C=C aromático), 808 y 855 (deformación C-H); RMN ^1H (CDCl_3 , 90 Mhz) δ 7.04 (1H, d, J=7.5 Hz, H12), 6.70 (1H, d, J=7.5 Hz, H11), 6.57 (1H, s, H9), 5.13 (1H, t, H3), 5.03 (1H, s, OH), 3.00 (1H, sexteto, J=7.0 Hz, H6), 2.25 (3H, s, H13), 1.69 (3H, s, H15), 1.53 (3H, s, H1), 1.23 (3H, d, J=7.5 Hz, H14); EM m/z (int. rel.) 218 (25.6), 203 (3.5), 161 (11.6), 135 (100.0), 121 (25.6), 94 (15.1).

Compuesto DO2 (Curculiol) II

Líquido aceitoso de color amarillo pálido soluble en cloroformo y acetato de etilo. IR: ν máx (película) cm^{-1} 3367 (OH), 2961 (CH_2 , CH_3), 1618, 1584 y 1518 (C=C aromático), 807 (deformación C-H); RMN ^1H (CDCl_3 , 90 Mhz) δ 7.04 (1H, d, J=8 Hz, H12), 6.71 (1H, d, J=8.5 Hz, H11), 6.58 (1H, s, H9), 3.06 (1H, m, H6), 2.28 (3H, s, H13), 1.23 (3H, d, J=6 Hz, H14), 1.19 (6H, s, H1 y H15). RMN ^{13}C (CDCl_3 , 90 Mhz) ppm 153.2 (C8), 136.2 (C 10), 130.7 (C 7), 126.8 (C 12), 121.4 (C11), 116.4 (C 9), 71.7 (C 2), 43.3 (C 3), 37.7 (C 5), 31.1 (C 6), 29.4 (C 15), 28.6 (C 1), 22.1 (C 4), 21.0 (C 14), 20.8 (C 13); EM m/z (int. rel.). 236 (1.3), 221 (3.0), 218 (31.2), 203 (5.0), 175 (2.1), 135 (100.0), 121 (12.3), 94 (6.1).

BIOENSAYOS

Determinación de la CL_{50}

Para el bioensayo de letalidad empleando *Artemia salina* (7) se utilizaron los extractos metanólico y clorofórmico al igual que los compuestos aislados (+)-Curcufenol y Curculiol.

Para llevar a cabo el ensayo se preparó una solución stock de 1000 $\mu\text{g/mL}$, de los extractos y compuestos, utilizando DMSO al 0.17 % en agua v/v a partir de la cual se obtuvieron las diluciones posteriormente mencionadas.

Se adicionó 1 mL de cada dilución en un tubo de ensayo, se transfirieron 10 nauplios tomados con una pipeta pasteur y se completó a volumen de 5 mL con solución salina al 0.9 %, obteniendo concentraciones finales que fueron las siguientes 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.12, 1.56, 0.78, 0.39, 0.19 y 0.097 $\mu\text{g/mL}$. El blanco del bioensayo se realizó tomando el mismo número de nauplios y suspendiéndolos en 5 ml de solución salina al 0.9 %, para los controles se utilizó una solución de DMSO al 0.17 % en agua v/v.

Las larvas se dejaron en contacto con las sustancias en estudio durante 24 horas con luz artificial. Al cabo de este tiempo se hizo el conteo de los nauplios muertos en cada dilución con la ayuda de una lupa.

Para los extractos crudos y el Curculiol el ensayo se realizó por triplicado mientras que para el (+)-Curcufenol se realizaron cinco réplicas.

Los datos obtenidos se sometieron a tratamiento estadístico mediante el empleo de Probits, lo cual se hizo en un programa de computador diseñado especialmente para la determinación de la Concentración Letal 50.

Actividad Antitumoral

Previamente a la Actividad Antitumoral se evaluó la capacidad de los extractos y compuestos de inhibir el crecimiento del microorganismo *Agrobacterium tumefaciens* (cepa B6). Luego de observar que no existía inhibición por parte de las sustancias se procedió a realizar el Bioensayo en Discos de papa (8) y en Discos de zanahoria.

Debido a los resultados de los ensayos en discos de papa que mostraron deterioro de los discos por varios factores no completamente determinados, entre ellos: humedad, el tipo de papa, insecticidas empleados en la fumigación, etc, se decidió emplear la técnica del Disco de Zanahoria para la comprobación de la Actividad Antitumoral, escogiendo aquellos parámetros (tipo

de zanahoria, humedad, temperatura, concentración del inóculo, entre otros) que permitieron obtener los mejores resultados.

Basándonos en los ensayos preliminares se seleccionaron las siguientes concentraciones 120, 60, 30, 15, 7.5 y 3.75 µg/mL tanto para los extractos como para los compuestos (+)-Curcufenol y Curcudiol y se empleó el siguiente protocolo:

1. Lavar las zanahorias frescas con agua destilada. La variedad empleada fue la llamada común debido a que la llamada mini-zanahoria por su excesivo contenido de humedad favorecía el crecimiento de gusanos.
2. Desechar los extremos y cortar discos de 0.5 cm de espesor empleando Técnica aséptica.
3. Colocar los discos (Tres por caja) en cajas de Petri cuyo soporte es papel filtro impregnado con 1 mL de agua estéril ya que al emplear 5 mL de agua los discos se dañan al cabo de aproximadamente 5 días; los discos se humedecen debido a que la zanahoria se deshidrata fácilmente lo cual disminuye el crecimiento de los tumores.
4. Para la preparación de los extractos y compuestos: se pesaron 3.6 mg de cada uno disolviéndolos en 3 ml de DMSO. Estas soluciones fueron filtradas a través de filtros Sartorius de 0.22 µm y recibidos en un tubo de ensayo estéril. Se midieron los volúmenes necesarios para obtener las concentraciones seleccionadas previamente (120, 60, 30, 15, 7.5 y 3.75 µg/mL) y se completó a volumen hasta 2 mL con agua estéril. Se adicionaron 2 mL del caldo que contenía *Agrobacterium tumefaciens* al 1 % (48 horas de crecimiento) y de forma inmediata se inocularon los discos con 100 µL de cada una de las soluciones anteriores.
5. Se incuban las cajas (Tres réplicas por cada sustancia) a temperatura ambiente (18 °C) debido a que los discos no pierden humedad fácilmente como sucede a 28 °C.
6. Se realizan conteo de los tumores a los 10, 25 y 30 días y los resultados se expresan de forma cualitativa dependiendo de la comparación frente al control de la siguiente forma: Cantidad máxima de tumores o sea igual al control (+++), cantidad moderada frente al control (++) . cantidad inferior o casi nula frente al control (+) y no crecimiento de tumores (NC), lo que representa Actividad Antitumoral.

RESULTADOS

IDENTIFICACION DEL COMPUESTO DO1 ((+)-Curcufenol), I

Del grupo IV de fracciones obtenidas de la cromatografía en columna del extracto clorofórmico se obtuvo un compuesto líquido aceitoso de color naranja que dio solamente una mancha con Rf 0.77 en CCD, Benceno:Acetato de Etilo (85:15), revelando con vainillina-ácido ortofosfórico y posterior calentamiento a 110° C por 10 minutos.

El Espectro de Masas de alta resolución presento el pico del ion molecular a m/z 218 que sugiere una fórmula química C₁₅H₂₂O, lo que coincide para un compuesto tipo sesquiterpénico.

El Espectro Infrarrojo muestra una banda ancha y fuerte en 3443 cm⁻¹ que puede asignarse a un grupo OH que está confirmado por los picos m/z 148, 135, 121 y 94 en el espectro de masas. El espectro RMN ¹H muestra tres señales singlete, representando cada una tres protones (grupo metilo), a δ 2.26, 1.69, 1.53 y una señal doblete δ 1.23, J=7.8 Hz para otros tres protones que corresponden al cuarto metilo que acopla con un protón gemelo que muestra una señal multiplete a δ 3.00 por su acoplamiento con otros dos protones del siguiente átomo de carbono. El espectro de infrarrojo muestra una señal a 1619 cm⁻¹ para un doble enlace con un protón olefínico que se puede confirmar por una señal triplete δ 5.13 ppm, en el espectro de RMN ¹H. El espectro de IR muestra bandas a 1584, 1517 y 1506 cm⁻¹ para un anillo aromático que se confirma por los picos m/z 148, 135, 121 y 94, en el espectro de masas y por una señal singlete para un protón δ 6.57, una señal doblete para un protón δ 6.70 J=8 Hz y otra señal doblete a δ 7.04 J=7.5 Hz en el espectro RMN ¹H que indica la presencia de un anillo aromático trisustituído en las posiciones 1, 2 y 4, con una cadena alifática en la posición 1 con un doble enlace terminal bi-sustituído con dos grupos metilo que se confirman por las señales singlete δ 1.69 y 1.53 cada una para tres protones. Con base en lo anterior el compuesto denominado DO 1 se identifica como (+)-Curcufenol (I).

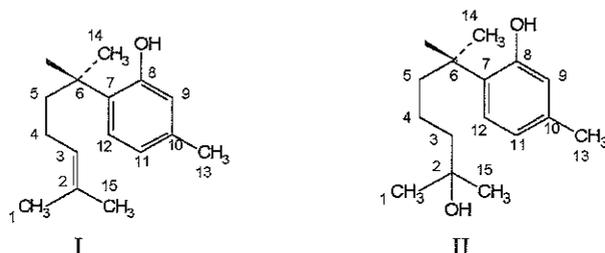
La identificación del compuesto se confirma por la concordancia de los datos encontrados en el presente trabajo y los reportados en la Literatura (9 Y 10).

IDENTIFICACION DEL COMPUESTO DO2 (Curcudiol) II

Se obtuvieron 113 mg del extracto metanólico por medio de CCDP que fueron purificados por cromatografía en columna obteniendo 68 mg del compuesto puro denominado DO2 que es un líquido aceitoso de color amarillo pálido el cual reveló una sola mancha de color naranja ($R_f=0.14$), en el sistema Benceno:Acetato de etilo (85:15), revelando con Vainillina-Acido ortofosfórico. El espectro de masas presentó el pico del ion molecular a m/z 236 que sugiere una fórmula condensada $C_{15}H_{24}O_2$, lo que está de acuerdo con lo esperado para un compuesto tipo sesquiterpeno, confirmado por las quince señales del espectro de RMN ^{13}C . El espectro infrarrojo presenta una banda a 3367 cm^{-1} que corresponde a grupos OH, esto se confirma con el pico m/z 218, del espectro de masas, el cual se obtiene por la pérdida de una molécula de agua a partir del ion molecular m/z 236. El espectro RMN H^1 presentó dos señales singlete: una a δ 1.19 que integra para seis protones que corresponden a los metilos de los carbonos 1 y 15 y otra señal δ 2.28 para tres protones que corresponden a un metilo sobre un anillo aromático (C13). La señal doblete δ 1.23 $J=6.0\text{ Hz}$ para tres protones que corresponde al cuarto grupo metilo (C 14), que acopla con un proton gemelo que a su vez acopla con otros dos protones del siguiente átomo de carbono (C5), dando una señal multiplete δ 3.06. Además el espectro infrarrojo muestra unas bandas a 1584 y 1518 cm^{-1} que corresponden a vibraciones $C=C$ en un anillo aromático y una banda a 807 cm^{-1} que muestra la trisustitución 1, 2, 4 en dicho anillo aromático. La aromaticidad se confirmó por las señales del espectro RMN H^1 δ 7.04 (1H, d, $J=8\text{ Hz}$), 6.71 (1H, d, $J=8.5\text{ Hz}$), 6.57 (1H, s) y por los fragmentos de espectro de masas a m/z 135, 121 y 94. Los datos espectroscópicos nos sugieren un compuesto aromático trisustituído (Posiciones 1, 2, 4) con una cadena alifática en la posición 1, la cual posee dos grupos metilo terminales y un grupo hidroxilo.

Con base en lo anterior y los reportes de la Literatura (10) se estableció que la identidad del compuesto DO 2 corresponde al Curcudiol (II)

Esta es la primera vez que se reporta el aislamiento del Curcudiol, de la esponja marina *Didiscus oxeata*, que puede tener importancia quimiotaconómica.



BIOENSAYOS

CONCENTRACION LETAL 50

Con los datos obtenidos, se aplicó el análisis estadístico por Probits utilizando el programa sistematizado ya mencionado en la parte experimental. Los resultados se encuentran consignados en la Tabla 1.

Tabla 1 " Concentración Letal Media de los Extractos y Compuestos aislados"

Extractos o compuestos analizados	CL ₅₀ (µg/mL)	Intervalos de confianza (95%)
Extracto Metanólico	5.57	1.21 - 11.61
Extracto Clorofórmico	0.54	0.19 - 1.12
(+)-Curcufenol	3.19	1.53 - 4.85
Curcudiol	0.69	0.03 - 6.06

Las concentraciones letales medias halladas para los extractos metanólico y clorofórmico (5.57 y 0.54 µg/mL), respectivamente, guardan una relación de (10:1). La toxicidad mayor del extracto clorofórmico pudo deberse a la presencia de varios compuestos capaces de potenciar la actividad y aumentar la toxicidad sobre las larvas de *A. salina*; a diferencia del extracto metanólico que mostró contener pocos compuestos.

En cuanto a los compuestos aislados, la CL₅₀ del Curcudiol (0.69 µg/mL) es unas 4.5 veces menor que la del (+)-Curcufenol (3.09 µg/mL) lo que indica que el primer compuesto es más tóxico que el segundo. Una razón aparente para explicar este resultado puede ser la mayor solubilidad del primero, lo cual lo haría más disponible para afectar al organismo de prueba (*A. salina*).

Como observación global se puede decir que los dos compuestos aislados, si bien están presentes en ambos extractos, son mucho más tóxicos en forma individual que el extracto metanólico pero parece existir cierto sinergismo que explicaría la toxicidad del extracto clorofórmico.

ACTIVIDAD ANTITUMORAL

Los tumores formados a los 10 días fueron apenas apreciables, por esta razón se realizaron observaciones a los 25 y 30 días al cabo de los cuales están desarrollados lo que permite establecer la comparación cualitativa con los controles y blancos (Figura 1).

En el caso del extracto clorofórmico se presentó inhibición en concentraciones mayores de 60 µg/mL, la cual fue la respuesta más alta de las cuatro sustancias evaluadas, mientras se observó que la actividad continúa de manera decreciente, en el mismo rango de concentraciones ensayadas de la siguiente forma: Extracto clorofórmico, Curcudiol, Extracto metanólico y (+)-Curcufenol. A concentraciones inferiores de 60 µg/mL no se presentó inhibición en ninguno de los cuatro casos lo que demuestra linealidad entre la dosis y la respuesta.

Estos resultados se corroboran con los obtenidos en el bioensayo de *A. salina* y se justifican de la misma manera. Es decir el Curcudiol que es un compuesto más polar que el (+)-Curcufenol mostró ser más tóxico (CL₅₀ menor), por su polaridad y además es más activo biológicamente. El extracto clorofórmico es más tóxico y más activo biológicamente por su alto contenido de curcudiol y curcufenol y otros compuestos que el Extracto metanólico. Los resultados están de acuerdo con las actividades antitumorales reportadas para el (+)-Curcufenol en líneas celulares P-388 (10).

Como observación global de los resultados obtenidos en los Bioensayos realizados puede decirse que tanto los extractos clorofórmico y metanólico como los compuestos aislados (+)-Curcufenol y Curcudiol mostraron una Actividad Biológica alta debido a las bajas concentraciones utilizadas para obtener resultados apreciables, razón por la cual pueden convertirse en candidatos para el desarrollo de futuros medicamentos empleados en la Quimioterapia del cáncer.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Ichiba T., Yoshida W. Y., Sheuer P. J., Higa T., Gravalos D.G. Hennoxazoles : Bioactive bisoxazoles from a marine sponge. En: J. Am. Chem. Vol **113** ,No. 8 (1991); p. 3173-3174. Citado en ASFA Base de datos SIDES, Hemeroteca Nacional Universitaria, Santafé de Bogotá.
- (2) Fabian I., Shur I., Bleiberg I., Rudi A., Kashman Y., Lishner M. Growth modulation and differentiation of acute myeloid leukemia cells by jaspamide. En: Exp. Hemat. Vol. **23**, No. 7 (1995) p.583-587. Citado en BA Base de datos SIDES, Hemeroteca Nacional Universitaria, Santafé de Bogotá.
- (3) Bifulco G., Bruno I., Micale L., Riccio R. Novel HIV-inhibitory halistanol sulfates F-G from a marine sponge *Pseudoaxinissa digitata*. En: J. Nat. Prod. Vol. **57**, No. 1. (1994). p.164-165 . Citado en ASFA Base de datos SIDES, Hemeroteca Nacional Universitaria, Santafé de Bogotá.
- (4) Gunasekera S.P., McCarthy P.J., Kelly-Borges M. Hamacanthins A and B, new antifungal bis indole alkaloids from the deep water marine sponge, *Hamacantha* sp. En: J. Nat. Prod. Vol. **57**, No.10 (1994); p. 1437-1441. Citado en ASFA Base de datos SIDES, Hemeroteca Nacional Universitaria, Santafé de Bogotá.
- (5) D'Auria M.V., Paloma I.G., Minale I., Zampella A., Debitus C. A novel cytotoxic macrolide, superstolide B, related to superstoolide A, from the New Caledonian marine sponge *Neosiphonia superstes*. En: J. Nat. Prod. Vol **57**, (1994);p. 1595. Citado en ASFA Base de datos SIDES, Hemeroteca Nacional Universitaria, Santafé de Bogotá.
- (6) Albizati K.F., Holman T., Faulkner D.J., Glaser K.B., Jacobs R.S. Luffarillolide, an anti-inflammatory sesterterpene from the marine sponge *Luffariella* sp. En: Experientia Vol. **43**, No.8 (1987); p. 949-950. Citado en ASFA Base de datos SIDES, Hemeroteca Nacional Universitaria, Santafé de Bogotá.



Figura 1. Tumores generados por *Agrobacterium tumefaciens* en Disco de zanahoria a los 30 días

- (7) Chávez M., Hinestroza A. Fito y Bioanálisis preliminar de algunas plantas utilizadas en la Medicina Popular con posible Actividad Farmacológica. Tesis Química Farmacéutica Universidad Nacional de Colombia, 1992.
- (8) Guzman C. Velazquez S. Estudio preliminar de la Actividad Antitumoral por el Método del Disco de papa de varias plantas utilizadas en la Medicina Popular. Tesis Química Farmacéutica Universidad Nacional de Colombia, 1994.
- (9) Duque C., Zea S., De Silvestri J., Calderon A., Medina A. Actividad Biológica vs. Composición Química del Extracto clorofórmico de la esponja marina *Didiscus oxeata*. En: Rev. Col. Quim. Vol. **17**, No. 1-2 (1988); p. 39-46.
- (10) Wright A.E., Pomponi S.A., McConell O.J., Kohmoto S., McCarthy J. (+)-Curcuphenol and (+)-Curcudiol, sesquiterpenes phenols from shallow and deep water collections of the marine sponge *Didiscus flavus*. En: J. Nat. Prod. Vol. **50** No. 5 (1987); p. 976-978.

**3. ÁREA AMBIENTAL Y DESASTRES
NATURALES MARINOS**

3.1. AMBIENTAL

CONDICIONES FISICO-QUIMICAS DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS MARINOS DE LOS SECTORES COSTEROS DE POZOS COLORADOS Y BAHIA GAIRA. GOLFO DE SALAMANCA. CARIBE COLOMBIANO

3.9

Julio Gaitán¹ y Gustavo Ramírez T.¹

RESUMEN

Con el propósito de implementar una línea base ambiental de las condiciones fisico-químicas de las áreas costeras marinas de Pozos Colorados y Bahía Gaira, se presentan los resultados preliminares obtenidos entre diciembre/94 y septiembre/95, correspondientes a muestreos trimestrales realizados en 14 estaciones distribuidas en estos sectores costeros. En el agua se determinó temperatura, salinidad, pH, nutrientes inorgánicos disueltos (NH₄, NO₂, NO₃, PO₄ Y SiO₄), oxígeno disuelto, clorofila "a", sólidos suspendidos y fenoles totales. En los sedimentos superficiales se determinó materia orgánica total (MO), carbono, nitrógeno y fósforo orgánicos (CO, NO, PO), así como los niveles de hidrocarburos biogénicos (HB) y petrogénicos (HP). Los promedios de los resultados en las aguas no muestran una tendencia global anual que diferencien los dos sectores respecto a la temperatura, salinidad, pH, sólidos suspendidos totales, NH₄, NO₂, PO₄, SiO₄, fenoles totales y oxígeno disuelto. Tendencia hacia diferenciación en los sectores se encuentra en los niveles de clorofila "a", Pozos Colorados (1.63ug/L) y Bahía Gaira (1.16 ug/L); mientras que los niveles de NO₃ muestran un comportamiento irregular.

Las variaciones en temperatura, salinidad, PO₄ y SiO₄ en la columna de agua y en el transcurso del año obedecen primordialmente al efecto estacional de las descargas de aguas continentales. Los resultados en el sedimento tienden a diferenciar los dos sectores, presentándose menores niveles de MO, CO, NO, HB y HP en Pozos Colorados, con respecto a Bahía Gaira, mientras que los niveles de PO no establecen claras diferencias. Ante la ausencia de una legislación ambiental colombiana que establezca los valores permisibles para las condiciones fisico-químicas en aguas y sedimentos, marinos y estuarinos, se compararon los resultados obtenidos, con los mencionados para zonas costeras de otras latitudes, indicando que el área de estudio presenta condiciones hidrográficas y sedimentológicas que sugieren una baja influencia de tipo antropogénico.

¹ INVEMAR-ECOPETROL. A.A. 1016, Santa Marta. Tel 954-211380/214774 Fax 211377

ASPECTOS DE LA DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE BACTERIAS, HONGOS Y LEVADURA EN AGUAS ESTUARINAS: CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO.

3.12

Martha Liliana Fontalvo-Herazo¹ y José Ernesto Mancera Pineda¹

RESUMEN

Con el fin de establecer la relación entre las variables fisicoquímicas, la clorofila a y la abundancia de las comunidades bacterianas y fúngicas, entre abril de 1995 y mayo de 1996, se realizaron muestreos mensuales de aguas superficiales (20 cm aprox.) en seis estaciones, tres de las cuales se ubicaron en la Ciénaga Grande de Santa Marta y las tres restantes 2 km arriba de la desembocadura de los ríos Fundación, Sevilla y Aracataca. En cada estación se tomaron muestras para realizar recuentos de aerobios mesófilos, hongos, levaduras, coliformes totales y fecales. Simultáneamente se registraron valores de pH, salinidad, temperatura, profundidad, transparencia, porcentaje de saturación de oxígeno y se determinó la concentración de fosfatos, fósforo total, nitratos, nitritos, nitrógeno total, silicatos, clorofila a y el porcentaje orgánico del seston. El análisis descriptivo de los datos microbiológicos, mediante tablas de dos vías por medianas, mostró que en las estaciones de los ríos hay una mayor abundancia de bacterias, hongos y levaduras que en la Ciénaga, distinguiéndose así dos grupos de estaciones. Los análisis de varianza comprobaron el agrupamiento de las estaciones, aunque las diferencias entre ellas no fueron significativas. Al analizar estadísticamente los datos fisicoquímicos y de clorofila a, se encontró que los tres primeros componentes principales explican el 76% de la variabilidad de todos los datos. La correlación simple entre los tres componentes y las variables biológicas transformadas mostró que los aerobios mesófilos y las poblaciones de coliformes se relacionan significativamente de forma inversa con la clorofila a, el pH, el nitrógeno total, la salinidad, la temperatura, porcentaje de saturación de oxígeno y de seston orgánico. Con los análisis se observó una diferencia entre la abundancia de la comunidad bacteriana y fúngica de los ríos y del cuerpo de agua de la Ciénaga influenciada por las condiciones físicas, químicas y biológicas presentes en el microhabitat, resaltándose particularmente la autodepuración del sistema y la posible asociación entre la biomasa fitoplanctónica y la abundancia bacteriana.

¹ INVEMAR, A.A. 1016, Santa Marta. Tel: (954) 211380-214774, Fax: (954) 211377 E-mail: mfontalvo@santamarta.cetcol.net.co y emancera@santamarta.cetcol.net.co

ALTERACION DE LOS NIVELES DE EUTROFICACION: UNA CAUSA DE MORTANDAD DE ORGANISMOS EN EL COMPLEJO LAGUNAR DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO

3.13

José Ernesto Mancera P¹, Ramón Giraldo¹, Juan Guillermo Salazar¹ y Walberto Troncoso¹.

RESUMEN

Durante los primeros períodos lluviosos de 1994, 1995 y 1996, han tenido lugar fenómenos de mortandad masiva de peces en aguas del Complejo Lagunar Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Los tres eventos han presentado características similares, sin embargo, las proporciones cada vez son mayores. Las causas están relacionadas con la proliferación de fitoplancton, proceso natural agravado en este caso por la eutroficación del ecosistema, debida al enriquecimiento con fósforo. De acuerdo con el modelo conceptual propuesto, la entrada o liberación de ortofosfatos podría estar incrementando la frecuencia e intensidad de proliferaciones fitoplanctónicas. El crecimiento excesivo de microalgas trae como consecuencia prolongados episodios de anoxia con severas consecuencias para los peces y demás recursos hidrobiológicos. Para evaluar los cambios del estado trófico de las aguas del sistema durante la última década e inferir su tendencia futura, se realizó un análisis de las variables seston total, ortofosfatos y clorofila "a". La información fue procesada aplicando un análisis de regresión con errores autocorrelacionados, de forma tal, que la estructura temporal de los datos no afectará las estimaciones y la significancia de los parámetros del modelo. Los resultados indican que el nivel trófico en la CGSM ha cambiado, pues la concentración de seston en los últimos siete años, las entradas de fósforo y la concentración de clorofila "a" en los últimos 13, han aumentado de manera significativa. Observaciones cualitativas indican que para 1995 la cantidad de organismos muertos podría estar cerca de 200 toneladas, pertenecientes a 30 especies, en consecuencia la pérdida económica para los pescadores ascendería a US\$ 108.000 aproximadamente. Teniendo en cuenta las condiciones actuales del ecosistema, es de esperar que el fenómeno de muerte masiva de organismos se siga presentando.

¹ INVEMAR. A.A. 1016, Santa Marta. Tel: (954) 211380, 211413, 214774, 214775. Fax: (954) 211377
E-mail: emancera@santamarta.cetcol.net.co

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA ZONA COSTERA DEL ÁREA DE LA BOQUILLA COMPRENDIDA ENTRE EL ANILLO VIAL Y EL MORRO GRANDE (CARTAGENA)

3.14

Ricardo Quintero¹, Amparo Ramos¹, Consuelo Molina¹

RESUMEN

Esta caracterización resume los principales aspectos de un proceso de análisis, cuyo propósito ha sido identificar los hechos más significativos que afectan la zona costera de la Boquilla. El proceso abarca la preparación de una descripción que facilita la evaluación del significado ambiental costero y social identificado junto con las causas y unas posibles respuestas. Cada descripción fue cuidadosamente considerada, verificada y modificada, caracterizando los aspectos de más interés para el manejo costero, como son el geomofológico, ecosistémico, comportamiento de línea de costa, uso potencial del suelo, uso actual del suelo, infraestructura, dinámica costera, condiciones oceanográficas, población, zonas de riesgo y contaminación, entre otros.

Utilizando el sistema de Información Geográfica, se digitalizó información base sobre línea de costa, topografía, uso del suelo, tipo de suelo, predios, esta información interrelacionada con la base de datos y cruzada con la fotointerpretación realizada a un banco de fotografías de 1960 a 1992 se determinaron las unidades geomofológicas visualizadas en un mapa temático y por verificación directa en el campo. Se determinó que la calidad del agua esta bajando considerando el crecimiento del núcleo poblacional, que la contaminación va en aumento por la cantidad de aguas sanitarias con aumento de coliformes y alta producción de basuras de los ambientes necesarios para el sustento de la pesca, la fauna y las actividades humanas es evidente. Necesarios para el sustento de la pesca, la fauna y las actividades humanas es evidente. Los manglares se han reducido más del 50% y la velocidad de su destrucción se esta acelerando. La invasión del sistema acuático esta agravando la problemática social. En sectores donde la población es densa o donde hay acceso fácil se ve claramente que la destrucción de los manglares, la extracción de la arena para hacer los rellenos y la construcción no apropiada están proliferando los problemas ambientales.

¹ Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Escuela Naval de Cadetes Amirante Padilla, A.A 982, Tel 956- 694465, Fax 6694390, Cartagena-Bolivar

“CENSO DE AREAS DE BAJAMAR EN EL PACIFICO COLOMBIANO “

TNESP JULIÁN AUGUSTO REYNA MORENO *

RESUMEN

La Costa Pacífica Colombiana, ha sido tradicionalmente relegada a un segundo plano a nivel Nacional, es por esto que su área marítima y franja litoral, se encuentran ocupadas sin observar un ordenamiento territorial o un adecuado Plan para el Manejo de la Zona Costera.

La Dirección General Marítima, en cabeza del Centro de Control de Contaminación del Pacífico, ha dado inicio a un Censo de las Areas de Bajamar en el Pacífico Colombiano, con el propósito de identificar la jurisdicción del Estado y de reconocer físicamente la zona, para proponer planes que contemplen el adecuado uso de los suelos, colaborando de esta manera activamente, con el desarrollo sostenible de la Región.

ABSTRACT

The Colombian Pacific Coast, has been traditionally relegated to a second place at domestic level, it is by this that its maritime area and coastal band, are found occupy without observing a territorial classification or an adequate Plan for the Managing of the Coastal Zone.

The, Dirección General Marítima, in head of the Center of Control of Pollution of the Pacific, it has given beginning to a Census of the Low Lands in the Pacific Colombian, in order to identify the jurisdiction of the State and of recognizing physically the zone, to propose plans that envisage the adequate use of soils, collaborating in this way actively, with the sustainable development of the Region.

INTRODUCCION

El manejo de la zona costera es un tema relativamente nuevo en nuestro medio y solamente en los últimos años ha empezado a ser comprendido y a obtener el reconocimiento que merece.

El origen del Censo de Areas de Bajamar (CAB), se remonta a 1977 cuando se realizó en Colombia el Tercer Seminario de Ciencias del Mar, evento organizado por la Comisión Colombiana de Oceanografía (C.C.O.), COLCIENCIAS y el Departamento Nacional de Planeación, con el fin de obtener de la comunidad científica Nacional e Internacional los lineamientos para elaborar un Plan de Desarrollo de Ciencias del Mar. Más adelante, en 1979 cuando se creó el Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia, se avivó el interés científico en el Programa No.3 del mismo plan, que trata sobre el Desarrollo y Administración de la Zona Costera. Motivado en lo anterior, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (C.I.O.H) inicia sus investigaciones con base en documentos del Woods Hole Oceanographic Institution en donde se evalúa el Manejo de la Zona Costera. En ese entonces, se planteó la creación de un proyecto en el C.I.O.H. que diera a conocer de manera detallada las actividades socioeconómicas, las características físicas y los ecosistemas de la región litoral; generando así recomendaciones encaminadas al Manejo Integrado de la Zona Costera. (M.I.Z.C.).

De forma paralela la Dirección General Marítima (DIMAR), requería conocer el estado de ocupación legal o ilegal por parte de personas naturales o jurídicas en las áreas que establece el Decreto Ley 2324 de 1984 como su jurisdicción, es decir, las áreas de bajamar; con el fin de ofrecer una herramienta adicional a las Capitanías de Puerto para el conocimiento y control de las áreas bajo su responsabilidad.

El CAB se inició en 1991 en el Litoral Caribe Colombiano bajo la Dirección del C.I.O.H. en Cartagena, quien sin experiencia previa en este tipo de trabajos, pero recurriendo a la capacitación de su personal en el área de la hidrografía, empleó ciencias afines, como la geodesia y la topografía, para romper la inercia y convertirse así en pionero del Censo de Areas de Bajamar. El proceso fue lento en un principio, pero con la experiencia se han optimizado los resultados.

De acuerdo con los planes de trabajo del CAB en el C.I.O.H. se estimaba iniciar labores del Censo en la Costa Pacífica en el año 2010, lo cual debido al largo tiempo transcurrido entre el inicio del proyecto y su finalización, traería como consecuencia la desactualización de la información compilada durante las primeras etapas del proyecto, y los resultados no permitirían dar a conocer con precisión la situación final de las Zonas de Bajamar.

Conociendo el apremio Institucional, por obtener tan relevante información, el Centro de Control de Contaminación del Pacífico (C.C.C.P.), se responsabilizó por la realización del proyecto en la Costa Pacífica Colombiana.

El CAB está diseñado para desarrollarse en un periodo de seis años, iniciando en el Departamento de Nariño, continuando con Cauca, Valle y finalizando en el Departamento del Chocó. En 1995 se desarrolló la fase I "Costa de Nariño", que comprende las zonas de bajamar ubicadas entre Candelilla de la Mar, en la desembocadura del Río Mataje (frontera con Ecuador) y Punta Guascama al Norte del Departamento de Nariño, en los límites con el Departamento del Cauca.

EL CAB EN EL PACÍFICO COLOMBIANO

Para llevar a cabo la primera fase del proyecto en el Pacífico Colombiano, el C.C.C.P. revisó los conceptos básicos del trabajo iniciado cinco años atrás por el C.I.O.H. y se encontró que aún existen algunos puntos álgidos, que no han sido claramente definidos. El principal, es la

inconsistencia entre: la definición de Zona de Bajamar establecida en el Decreto Ley 2324 de 1984, como "aquella porción de litoral que se encuentra cubierta por el agua en las horas de alta marea y que se descubre en horas de baja marea" y la franja de litoral que se debe tener en cuenta físicamente para la realización del proyecto, la cual incluye los cincuenta metros contiguos a la línea de más alta marea o se extiende hasta que se encuentre terreno consolidado o vegetación permanente (concepto que también contempla el Decreto Ley 2324). Sin embargo, este impase, podría ser solucionado fácilmente, cambiando el nombre del proyecto o reevaluando el concepto de Zona de Bajamar en el Decreto mencionado.

Existe otro factor determinante para el proyecto, que también presenta incongruencias: es el ancho de la franja de estudio, debido a que, actualmente depende de quien interprete el Decreto 2324 y no se rige bajo patrones técnicos previamente definidos en forma objetiva.

Para determinar una zona precisa de estudio, el Centro de Control de Contaminación del Pacífico, prepara un mapa que muestre el área de injerencia del proyecto CAB, de manera amplia, fácil de identificar y de señalar tanto en el campo como en planos o aerofotografías. El plano que se está proyectando se basa en el Mapa de Bosques publicado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en 1983 y en el hecho de que específicamente, los bosques manglárnicos se encuentran presentes en zonas de influencia fluvio-marina. Sin embargo, esta región será fluctuante en el tiempo con la ampliación o disminución de los bosques, por lo tanto la mejor propuesta es la de definir las zonas y amojonar sus linderos.

UNA ARDUA LABOR

La recolección de datos en el campo, se hace muy dispendiosa por la lentitud en las mediciones y por la necesidad de realizar encuestas en cada lote que se encuentra en el área de trabajo, a esto se suma que el terreno presenta barreras naturales, en algunas oportunidades muy difíciles de sortear, o que sortearlas no representa ningún costo/ beneficio para el proyecto.

En Nariño, el tipo de terreno de más difícil acceso se encuentra en el litoral, esto se puede apreciar en el mapa No.1 que muestra suelos sueltos e inundables sobre la costa del departamento. Con el fin de salvar este obstáculo, el C.C.C.P. ha decidido adquirir aerofotografías e imágenes de satélite, que simplificarán notablemente el trabajo de campo, ayudando a disminuir el tiempo empleado, el número de salidas y los costos del proyecto en general.

EN BENEFICIO DE LA COMUNIDAD

El CAB en el Pacífico, ya está generando los primeros beneficios a la comunidad, pues la población (generalmente invasora), se encuentra a la expectativa por la visita del grupo de campo, para que le sea explicado el proyecto. Esto enseña a la población a conocer la Dirección General Marítima y las reglamentaciones que existen sobre la ocupación de los terrenos de la Nación, dándole así mismo la oportunidad de actualizar o de obtener las concesiones que otorga el Estado para estos casos. La comunidad y las instituciones se benefician además con resultados tales como: mapas de zonas de riesgo, verificación de mapas de suelos, mapas con la línea de alta y baja marea actualizada y mapas sectorizados y actualizados de los principales núcleos poblacionales ubicados en zonas de bajamar, pero tal vez el logro más significativo, se observa en Tumaco, en donde el proyecto es la fuente de información para la toma de decisiones de una gran comunidad interinstitucional, en donde participa el Gobierno Departamental, el Gobierno Municipal, la Procuraduría, la Personería, la Corporación Regional de Nariño (CORPONARIÑO), el Programa de Reubicación de Viviendas de la Unión Europea, hoteleros, las negritudes y demás grupos autóctonos de la región. Este grupo se encarga de controlar la invasión indiscriminada y el daño ecológico producido sobre las zonas de bajamar.

Proyecto de Reubicación : La Unión Europea, ha sido uno de las organizaciones más interesadas en el proyecto, debido a que en el Censo, encuentran el más importante soporte técnico para el proyecto de reubicación de las tres mil (3000) familias que actualmente son invasoras del sector de El Bajito, Sector de muy alto riesgo, debido a que se encuentra expuesta frontalmente a la acción de desastres marinos como los temporales y especialmente los maremotos que en el Pacífico Colombiano, son relativamente comunes.

Por otra parte, a la Dirección General Marítima, se le brinda información sobre el número de invasiones y número de concesiones, con los datos de sus ocupantes, datos que han sido obtenidos mediante encuestas en formatos extractados de los modelos empleados por el C.I.O.H. para el CAB del Caribe y por el I.G.A.C. para recolectar información catastral.

El C.C.C.P. cuenta con un Sistema de Información Geográfico (Atlas GIS) ágil y de fácil uso, y se encuentra iniciando operaciones de sistematización en el SIG PAMAP, con capacidad suficientemente para manejar el proyecto mediante la creación de mapas digitales, archivados en formas de capas (Ver gráfica No.1), con diferentes niveles de información, que pueden ser mezclados o independizados al acomodo del usuario, permitiendo así sacar el mejor provecho al estudio. En un futuro el SIG estará integrado a INTERNET, haciéndolo de esa manera de amplia difusión y de consulta rápida por parte de los usuarios.

De esta forma el CAB, dirigido por el Centro de Control de Contaminación del Pacífico forma parte de los avances tecnológicos mundiales más recientes y mantiene los lineamientos Nacionales e Internacionales para el Manejo Integrado de la Zona Costera, teniendo en cuenta el Desarrollo Sostenible de la Región; las perspectivas arrojadas por la Agenda 21 (Conferencia de las Naciones Unidas sostenida en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992), en su Capítulo 17, en lo referente a Medio Ambiente y Desarrollo; la Administración de la Zona Costera; los Planes de Desarrollo Municipal y otros proyectos que se realicen y que se relacionen con el trabajo del proyecto CAB.

Es importante convocar a las instituciones gubernamentales o privadas que manejen proyectos relacionados con la Zona Costera, para que se creen convenios tendientes a aunar esfuerzos que redunden en el Desarrollo Sostenible de la Región y en el bienestar de la comunidad.

RESULTADOS OBTENIDOS

El CAB, ha asesorado desde su inicio a las entidades oficiales y privadas interesadas en el manejo integrado del litoral con los datos obtenidos a lo largo de los 422 Kilómetros de costa del Departamento de Nariño, en donde inspeccionó 62 caserios y encuestó a 7077 moradores del litoral, encontrando datos tan importantes como que en las áreas de bajamar del sector urbano de Tumaco, se construye una nueva casa por día y que en el Departamento, solamente existen a la fecha 58 concesiones registradas, lo cual significa que el 99.2% de la población ubicada sobre el litoral está poseccionado de manera ilegal. Adicionalmente, se realizó un video aereo de la línea de costa del departamento y se realizaron dos albumes con fotografías aereas oblicuas y terrestres cubriendo la costa del Departamento de Nariño. Como producto más importante, se encuentra en proceso la digitalización y graficación de 60 planchas que reproducen el trabajo de campo, asociado a una base de datos que incluye la información obtenida por las encuestas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

BRINK, K.H., Robinson A.R. Coastal Ocean Dynamics, Lisboa 1994.

C.I.O.H. , Manual de Procedimientos y Técnicas para la realización del Censo de los Terrenos de Bajamar. 1992

C.C.C.P., Informe a la Dirección General Marítima del CCCP sobre el desarrollo del CAB en el Pacífico. 1996

C.C.O. , Perfil Costero del Pacífico Colombiano 1995.

Decreto Ley 2324 de 1984 República de Colombia..

EHLER, C.N. Toward Integrated Coastal Zone Management : Recent U.S. Experience, Lisboa 1994..

FERRER, A. Competencias Sobre Playas Marítimas y Terrenos de Bajamar,. Enero de 1995.

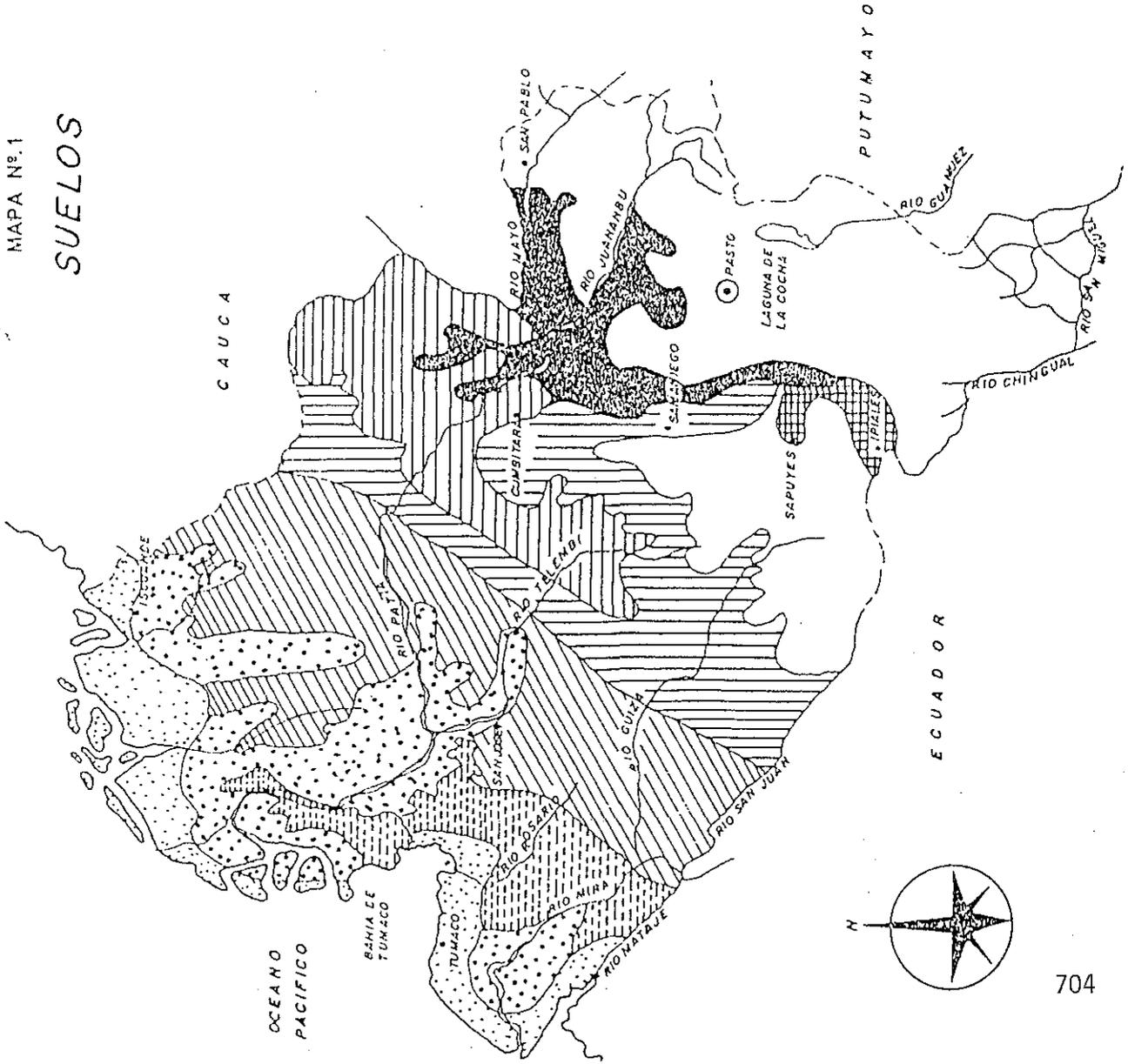
Plan de Ordenamiento Ambiental de Bahía de Gataquez.

UNEP, Regional Seas Report and Studies No. 161 1995.

* Teniente de Navío Julián Augusto Reyna Moreno
Oceanógrafo Físico e Hidrógrafo
Jefe División de Oceanografía
Centro de Control de Contaminación del Pacífico

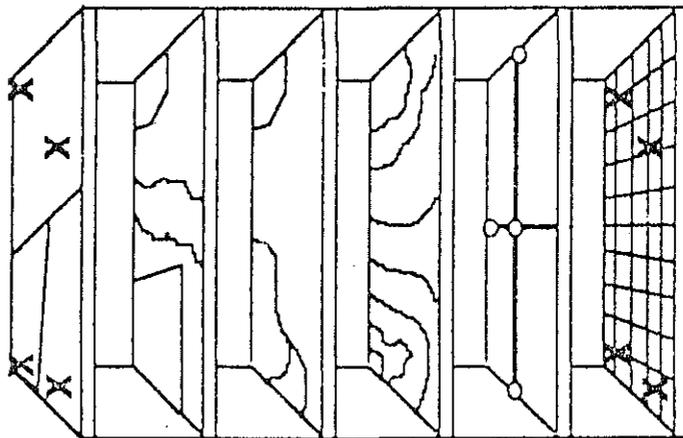
MAPA Nº. 1

SUELOS



ENTE. IGAC, 1983

Sistema de Archivo Digital por Capas



Tipos de Datos
(Generales)

Estratos

Regiones

Zonas Político-
Administrativas

Areas Naturales

Ciénagas, Suelos,
Humedales, Manglares

Hidrología

Lagos, Ríos

Taquimetría

Línea de Costa

Infraestructura

Vías, Construcciones

Puntos de Control

GPS

Fig. No. 1

**DRAGADO DEL CANAL DE ACCESO
AL PUERTO DE TUMACO (1996).**

POR : TNE SP JULIÁN AUGUSTO REYNA MORENO

RESUMEN

En el mes de febrero de 1996, se dio inicio a los trabajos de mantenimiento de dragado al Canal de Acceso al Puerto de Tumaco, contratados por el Ministerio de Transporte. El mantenimiento consistió en la remoción de 855.503.57 metros cúbicos (contados en tolva), mediante el empleo de la draga de succión autopropulsada "OSTSEE" de bandera alemana, una de las más modernas naves en su género en el mundo.

La DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA, por su parte, fue responsable por el control ambiental e hidrográfico y al finalizar las obras, ejecutó el programa de señalización marítima dispuesto para el puerto, haciendo de este, el canal mejor señalizado del Pacífico Colombiano.

ABSTRACT

In the month of February of 1996, was given beginning to the projects of maintenance of dredged to the Access Channel to the Port of Tumaco, contracted by Transportation Ministry. The maintenance consisted of the removal of 855.503.57 cubic meters (counted in chute), through the employment of the suction drag autopropelled "OSTSEE" of German flag, one of the most modern ships in its gender in the world.

The DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA, as far as it is concerned, it was responsible for the environmental control and hydrographic and upon ending the works, executed the program of willing maritime signaling for the port, making of this, the better signaled channel of the Pacific Colombian.

ANTECEDENTES

Tumaco se encuentra ubicado en la Costa Pacífica Colombiana, Departamento de Nariño, sobre el sector Sur-occidental de la Ensenada que lleva su nombre, su posición geográfica aproximada es Latitud 1° 45' Norte y Longitud 78° 50' Oeste. Es el primer puerto en importancia del Departamento de Nariño y el segundo del país sobre el Océano Pacífico. Su influencia se extiende a los Departamentos de Nariño, Putumayo, Cauca, Valle y Chocó principalmente, pero ofrece movimiento de operaciones marítimas al Ecuador, Centro América y el Caribe. De la misma forma, el Terminal Petrolero de Tumaco, da salida a los crudos procedentes de los campos de explotación de Orito en el Departamento de Putumayo y de Ecuador, a través del Oleoducto Transandino.

El puerto, cuenta con un terminal marítimo, manejado por la Sociedad Portuaria, ubicado en la Bahía Interna de la Isla del Morro y posee la infraestructura adecuada para el manejo administrativo y operativo del terminal, con un área administrativa de 1004 metros cuadrados. En el sector operativo cuenta con 16300 metros cuadrados de patios y 6543 de muelles y bodegas. Esta infraestructura le da facilidad para el manejo de una gran variedad de cargas, que centran su importancia actualmente en la salida de maderas y entrada de abonos.

Aun con estas facilidades de infraestructura, el puerto perdió paso a paso su operatividad, debido a que entre mediados de 1993 (el último dragado se finalizó en enero de ese año) y mayo de 1996, el canal se sedimentó, permitiendo únicamente el paso de motonaves de poco calado (un metro) con marea baja o la operación de buques de mayor calado, mediante el aprovechamiento del amplio régimen de mareas (estimado en unos cuatro metros).

Ya en 1.990 se habían definido el trazado y las características geométricas del canal, el proyecto de ingeniería se realizó, buscando el diseño más favorable en lo económico y en lo ambiental. Con esta información, se elaboró para Colpuertos el "Estudio de impacto ambiental para el dragado del canal de acceso al Terminal Marítimo de Tumaco" Niño (1991).

Los últimos dos dragados al canal de acceso al Puerto de Tumaco, fueron finalizados en diciembre de 1991 y en febrero de 1994 (el iniciado en 1993 por la draga holandesa FLEVO) respectivamente, del primero, se encontró información archivada en la Capitanía de Puerto, que revela la existencia de un alto índice de sedimentación.

Dentro de los círculos navieros de Tumaco, se menciona la alta tasa de sedimentación que se presenta en el canal, especialmente en el sector de "La Barra", pero, no se tiene conocimiento de la existencia de estudios especializados sobre el tema, que ofrezcan confiabilidad, sin embargo, de acuerdo con lo que se ha investigado, en documentos sobre los dragados anteriores, se pudo establecer a manera de referencia que la sedimentación en el sector de la barra fue de siete pies entre diciembre de 1991 y el 9 de septiembre de 1992, lo cual arroja una tasa de sedimentación cercana a un pie por mes.

DEMANDA AMBIENTAL

Se entiende por demanda ambiental la suma de obras, actividades, procesos y trabajos que, al realizar el proyecto de ingeniería propuesto, son susceptibles de incidir sobre los elementos del sistema ecológico (estructuras y dinámicas abióticas, bióticas y antrópicas) en la zona de influencia del proyecto.

Las actividades del dragado con una draga tolvá se reducen a cuatro fases: (1) dragado; (2) viaje hasta el botadero con la tolva llena; (3) descarga del material dragado en el botadero; (4) regreso al sitio de dragado.

De otra parte existen los impactos propios de la navegación (el tráfico marítimo dado por las características navieras propias de la draga), cuyo manejo ambiental está debidamente reglamentado por las autoridades portuarias¹.

LA DRAGA

Para el dragado fue contratada la draga de succión autopropulsada, alemana OSTSEE, que posee la siguiente ficha técnica:

Nombre	:	OSTSEE
Bandera	:	Alemana
Astilleros	:	Peene-Werf GmbH (Wolgast)
Año Constr.	:	1995
Sistema de Dragado	:	Succión (draga autopropulsada)
Propietario	:	AUGUST REINERS
Tonelaje Bruto	:	3785 Toneladas
Tonelaje Neto	:	1135 Toneladas
Eslora	:	90.25 Metros
Manga	:	17.7 Metros
Calado	:	5,50 Mínimo y 6,50 Máximo
Capacidad de Tolva	:	5391 Metros cúbicos (aprovechables 3.600).
Velocidad	:	14 Nudos.
Profundidad de Dragado:		
		Máximo 17 metros con brazos normales o 25 metros con brazos enexando extensión.
Bombeo	:	2 bombas de 1970 Kw, ca 14 bares.
Tasa Bombeo	:	Max. 2 x 6500 m ³ /h.

METODOLOGÍA

Para su posicionamiento, la draga al igual que la interventoría y el CCCP, emplearon el punto de control geodésico del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, ubicado en el Cerro del Morro, identificado con IGAC 1081 BASE SUR, que posee las siguientes coordenadas, ubicándose con DGPS en tiempo real

PUNTO 1081 BASE SUR	LATITUD (WGS-84) NORTE (GAUSS)	LONGITUD (WGS-84) ESTE (GAUSS)
COORDENADAS GEOGRAFICAS (WGS-84)	01° 49' 23.005653" N	078° 43' 39.346967 W
COORDENADAS PLANAS (GAUSS - IGAC)*	693433.557 N	816391.706 E

* LAS COORDENADAS DE GAUSS, CORRESPONDEN AL ORIGEN LAT 04° 35' 56.57" N Y LON 077° 04' 51.30" OESTE

Para el control de mareas se empleó el mareógrafo del IDEAM, ubicado en el Puerto Pesquero, que vía satélite enviaba señal al buque para conocer en tiempo real bajo un programa de cálculo diseñado para esta draga, la profundidad con +/- 10 centímetros de error.

Para las batimetrías fueron igualmente usados equipos diferenciales GPS ASTHEC, comunicados vía modem radio PACIFIC CRES. La corrección de posición en tiempo real es milimétrica, los datos ingresaron al computador durante el levantamiento, este a su vez se encontraba en interfase con la ecosonda de precisión de registro continuo y salida digital DIGITAL INNER SPACE, la información se analizó mediante el software hidrográfico HYPACK en su última versión y se ploteó en impresora de burbuja en la oficina de la interventoría, por último enviada a Cali, para ser ploteada en tamaño "E" bajo el paquete AUTOCAD.

Los controles de mareas se realizaron igualmente en el mareógrafo del IDEAM con controles cada cinco minutos inicialmente, buscando verificar las tablas de mareas. Una vez que fueron corregidas, se emplearon

las tablas de predicción de mareas producidas por el IDEAM para 1996, como medio para realizar corrección de mareas.

La Metodología De Dragado

La metodología empleada, está basada en la eficiencia de la cibernética, la draga posee dos brazos laterales (completamente manejados por computadora), de 75 cm de diámetro por 17 metros de longitud (expansibles hasta 25 metros), con articulaciones semejantes a las del brazo humano, que le brindan versatilidad y flexibilidad en las maniobras (la profundidad de trabajo es programada con anterioridad). El extremo superior, acopla al casco, bajo la línea de flotación con la succión de una bomba de 700 caballos de fuerza (Fig. No.1). En el extremo inferior, arrastra uñas de acero reforzado, que levantan el sedimento permitiendo su absorción junto con agua por la succión originada en la bomba de la draga. La mezcla va siendo cada vez más rica en material sólido hasta alcanzar una proporcionalidad óptima, normalmente del orden del 40 al 50%, dependiendo de la gravedad específica del material que va siendo arrastrado hacia el centro de la tolva. En proa y popa, se encuentran tubos de desagüe (de 1.30 metros de diámetro), con la boca elevada del fondo de la tolva, lo que permite evacuar el agua, pero atrapa los sedimentos hasta que el tope de almacenamiento, alcanza la altura de la boca de desagüe.

Una vez completa la capacidad de almacenamiento (3600 metros cúbicos), tiene dos opciones, se deshace de los sedimentos mediante su bombeo constante a tierra firme o se dirige a un lugar apropiado, en donde el computador abre 14 compuertas de fondo y las válvulas de admisión de agua a presión, para lavar la tolva y dejarla lista para iniciar nuevamente su ciclo de llenado (Fig. No. 2). En el canal de acceso al Puerto de Tumaco, la realización de un ciclo completo, duraba aproximadamente dos horas.

La draga inició su trabajo, conservando las siguientes características en el canal:

NUMERO Y ANCHO DE VIAS	1 vía central de 31 m y dos laterales de 14.5 c/u
PROFUNDIDAD	9.14 (+/- 0.6) m (MLWS)*
LONGITUD	8.2 Kms
TALUDES	1:6 (vertical:horizontal)
ANCHO (Total)	60 m

* MEAN LOW WATER SPRING (NIVEL MEDIO DE BAJAS MAREAS DE SICIGIAS)

El dragado se realizó en tres etapas, que para identificación son nombradas contando los kilómetros, desde la dársena como K0+000, hasta la boya de mar como K8+200:

Sector de la Barra: De K2+050 A K4+200 a una profundidad de 9.14 metros, dragando aproximadamente 589.500 metros cúbicos de sedimento en 52 días. Este dragado incluye en la curva un sobreebanco en la parte exterior de 62 metros, con el fin de mejorar las condiciones de maniobrabilidad para las embarcaciones.

Sector boya de Mar: De K8+050 a K4+200 a una profundidad de 9.14 metros, con un volumen dragado de aproximadamente 107.000 metros cúbicos de sedimento en 10 días.

Dársena de maniobras: Desde la zona de aproximación al muelle con una profundidad de 30 pies y un volumen estimado de 159.000 metros cúbicos en 15 días.

EL BOTADERO

Se entiende por botadero, el sitio destinado para la disposición de sedimentos. La decisión de utilizar dragas de tolva en lugar de las dragas cortadoras, obligó a pensar en la necesidad de seleccionar una sola zona de botadero en mar abierto, fuera del canal de acceso, para evitar la disposición de los sedimentos dentro de la ensenada y eliminar muchos de los factores que pudieran afectar negativamente el ambiente, identificados

para el dragado con bombeo por tubería a sitios cercanos al canal. Las principales razones para la selección del botadero para este proyecto fueron:

- El declive del fondo en el botadero tiene pendiente hacia mar abierto fuera de la ensenada.
- Las profundidades son suficientes para almacenar todo el volumen de dragado más un 20%, con un relleno de espesor final de 50 cm.
- La velocidad del agua máxima es de 0,58 m/s, con dirección general Sureste (Az.100°) para el flujo mareal, y noroeste (Az.306°) para el refluo en la zona de botadero.
- Los halos de dispersión de material limoso (con un mínimo porcentaje de presencia en el material por dragar) se dispersan a distancias razonables del litoral y no causarán efectos importantes de turbiedad en la ensenada (LPHP, 1.995).

El botadero quedó finalmente ubicado al Norte de la boca del canal (Fig. No 3):

Los principales problemas ambientales asociados a la operación del dragado por succión en tolva son el aumento en la turbidez por el vertimiento fuera de borda y la posibilidad de poner en suspensión (ya sea en el sitio de succión o por el vertimiento sobre la borda) materiales deletéreos tales como metales pesados o contaminantes de otros tipos que estén inertes en el material de fondo y que pueden activar su potencial negativo al ser movilizados.

La suspensión en el sitio de succión está prácticamente eliminada por el diseño hidrodinámico del elemento de succión y la gran potencia desarrollada por las bombas, que impiden la dispersión del material y hacen que pase directamente a la tubería de llenado de la tolva.

DESCARGA DEL MATERIAL DRAGADO EN EL BOTADERO

En el sitio de botadero, se accionan los dispositivos de control de fondo y suelta el material. Debido al peso y la concentración del sedimento, la descarga ocurre muy rápidamente, en un tiempo del orden de 3 minutos.

El United States Army Engineer Watervays Experiment Station, investigó las características de la descarga de las tolvas en aguas profundas (USAEWES, sept. 1.986). Y afirma que el proceso de asentamiento del material puede ser descrito como sigue.

Existen tres etapas o fases de la descarga que caracterizan el comportamiento del material, según las fuerzas físicas que dominan cada período: **descenso**, **colapso** y **difusión**.

La fase del **descenso** toma la forma de un chorro cuasifluido y denso. Dentro de este chorro pueden hallarse grumos de material denso y cohesivo, cuya proporción depende primordialmente de las propiedades mecánicas del sedimento (tales como contenido de humedad y plasticidad) y la manera como se han afectado estas propiedades durante el proceso de dragado. Durante el descenso penetran al chorro de sedimentos grandes cantidades de agua del sitio de disposición; hay una porción del material que se separa del chorro principal y se queda en las capas superiores de la columna de agua, debido principalmente a factores como el esfuerzo cortante de la turbulencia. Este material "perdido", es de muy baja densidad y no alcanza generalmente a ser más del 1 al 5 % del total de la tolva.

El **colapso** se presenta cuando el núcleo de alta densidad del chorro de descarga impacta el fondo (u, ocasionalmente, al contacto con capas de agua de densidad mayor que la del chorro). En esta fase, una gran parte del material queda formando una especie de "cráter" en el sitio de impacto.

La fase de **difusión** se presenta con la porción de la descarga que no se deposita de inmediato en el colapso. Este material se mueve en forma radial hacia afuera como una corriente de densidades diferenciales, hasta cuando la energía se disipa y el material se deposita en el fondo, lentamente y a medida que puede desprenderse de la dilución en las capas inferiores de la columna de agua.

Diversos investigadores (Gordon, Sustar y Wakeman, Bokuniewicz et al, citados en la referencia USAEWS, 1.986), mediante estudios con dragas, velocidades de corriente y profundidades en el botadero dentro de los mismos rangos del presente proyecto, pudieron comprobar que solamente una fracción muy pequeña (del 1 al 5% del material original en la tolva) es transportada en suspensión fuera del chorro principal de la descarga por las capas superiores del agua; además, que el impacto se concentra en un pequeño círculo al rededor del sitio de descarga, con una altura sobre el fondo del orden del 15 al 20% de la profundidad; y que por encima de esta capa de fondo, las concentraciones de material suspendido tienen uno o dos órdenes de magnitud menos que en el chorro principal².

No obstante, para efectos de la evaluación del presente proyecto, ICOPLAN 1995, calculó el halo de dispersión de los materiales más finos presentes en las muestras analizadas del material por dragar, teniendo en cuenta la información sobre velocidades de asentamiento de las partículas del material por dragar calculadas por Hidroestudios en 1993 y las direcciones de las corrientes de marea entrante y saliente en el sitio de botadero. (LPHP junio de 1995).

El criterio general es calcular el tiempo de asentamiento de la partícula más fina del sedimento por dragar en la profundidad promedio en la zona del botadero. Para estados de marea saliente o entrante, en ese tiempo de asentamiento, la partícula alcanzará a recorrer una distancia horizontal, alejándose del botadero una longitud que estará dada por la velocidad de la corriente multiplicada por el tiempo de asentamiento, así:

- Profundidades en zona del botadero: 12 a 20 m
- Profundidad promedio: 16 m
- Rango de tamaño de las partículas del sedimento por dragar (micras):
 - d10 80 micras
 - d90 1200 micras
- Velocidad de asentamiento para d10 en el medio acuático marino: 20 mm/seg
(Referencia: H E, 1993, Tomo 3).
- Tiempo necesario para asentamiento de la partícula d10: 800 seg
- Velocidades de la marea: Máxima en entrante 0.64 m/seg. Máxima en saliente 1.27 m/seg
- Distancia horizontal recorrida en el tiempo de asentamiento: Para marea entrante 512 m y saliente 1,016 m

Tomando un factor de seguridad para definición del halo de dispersión, se determinó:

- Distancia de dispersión en marea entrante: 0.75 km
- Distancia de dispersión en marea saliente: 1.5 km

Las áreas cubiertas por dichos halos toman las mismas direcciones de las corrientes principales.

Los efectos del impacto en el sitio de disposición se pueden atenuar mediante medidas tales como: descargar con la draga en movimiento, lo cual va fraccionando el chorro; verter sobre depresiones y simas de fondo; a su vez, el radio de la difusión se disminuye cuando se descarga en momentos de cambio de marea, pues se da un mayor tiempo a las partículas para descender antes de ponerse en movimiento con las corrientes mareales o de viento superficial.

En términos generales, son muchas las ventajas de tipo operativo que representa la draga de succión a tolva (y disposición del material en mar abierto) en relación con la draga cortadora (e impulsión del material por tubería a sitios cercanos al canal). A su vez, esas ventajas se traducen en una disminución de los factores de riesgo ambiental y de las interacciones con efectos negativos. Tales son, por ejemplo, las siguientes:

- No requieren trabajos topográficos o señales de tierra.
- No hay que anclar la nave de la draga tolva en una misma posición.
- La descarga del material se puede realizar a grandes distancias del sitio de excavación.
- No requiere diques de confinamiento cuando el material dragado no contiene elementos nocivos o contaminantes.

- No se necesita tender tuberías que obstaculizan el tráfico mercante y las rutas de pesca artesanal.

LAS ACCIONES DE LA DIMAR

Supervisión

La Dirección General Marítima por intermedio de la Capitanía de Puerto de San Andrés de Tumaco, ejerció el control del dragado en los aspectos ambientales, hidrográficos y de señalización, mediante el nombramiento de un supervisor de carácter permanente, para realizar visitas de inspección a la draga, seguimiento a los diferentes monitoreos que realizaba la interventoría (batimétricos y ambientales), asistir a las reuniones de información diaria del avance del dragado y a las reuniones extraordinarias que surgieran como consecuencia del mismo.

De la misma manera fueron convocadas otras entidades tales como: el Ministerio del Medio Ambiente (Corponariño), Sociedad Portuaria, Alcaldía, Procuraduría Provincial y Agraria de Putumayo y Nariño, Medios de Comunicación Social y representantes de las Comunidades Negras e Indígenas de la región, a reuniones de coordinación, con el fin de revisar conjuntamente el Plan de Manejo Ambiental y de escuchar opiniones, a la vez que se les brindaba información y asesoría técnica oportuna para aclarar y resolver sus inquietudes.

Señalización Marítima

Para ejecutar la tarea de señalización marítima al Canal de Acceso al Puerto de Tumaco, la División de Ayudas a la Navegación de la DIMAR, desplazó al buque boyero A.R.C. "GORGONA", bajo la dirección del Jefe de Señalización Marítima del Pacífico, para realizar el mantenimiento a la iluminación marítima existente, cambiando el sistema de baterías, por "baterías de carga profunda", que permiten la descarga total de las mismas, sin perder sus características y pueden ser llevadas nuevamente al 100% de la potencia original. Este proceso no se puede realizar con "baterías de carga somera" (normales), una vez que su carga inicial ha disminuido a menos del 50%.

Adicionalmente se repararon o cambiaron y reposicionaron la totalidad de las boyas, se verificó el estado de la pintura para identificación diurna y se corrigieron los colores y destellos de las luces para identificación nocturna, con el objeto de cumplir al detalle con el Reglamento de la Asociación Internacional de Señalización Marítima (International Association of Lighthouse Authorities, "IALA"). Por último, para complementar la señalización existente, se fondearon tres boyas nuevas en el canal, que garantizan al usuario encontrar por lo menos una ayuda a la navegación cada 1.5 kilómetros (menos de una milla náutica).

De esta manera la Dirección General Marítima, cumple, haciendo entrega al puerto de Tumaco de la señalización más moderna, densa y completa del Litoral Pacífico Colombiano hasta la fecha. (Fig No 3).

RESULTADOS

El dragado del canal finalizó el 23 de abril de 1996, 77 días después de haber iniciado trabajos, se presentó un retardo de 23 días con referencia a lo planeado por el contratista, (aún cuando en el contrato, se otorgaron 90 días para su finalización), debido a que el sedimento no se constituía exclusivamente de arenas finas con $d_{50} = 200 \mu\text{m}$, de compactación suelta ($N_{spt} < 4$); medias con caracolejo con $d_{50} = 0.2 \text{ mm}$, medianamente compactas ($10 < N_{spt} < 30$) y entre densas y compactas ($30 < N_{spt} < 50$)³. Sino que también se hallaron en el sector de "La Barra", limolitas densas con perforaciones cilíndricas (debido a la actividad biológica), que causaron daños graves a uno de los brazos de la draga, limitando su operación al 50% durante tres semanas hasta que la parte descompuesta fue reparada en Cali.

El movimiento de los sedimentos bastante brusco debido a la corriente de mareas, que varía entre 0.64 m/s entrando y 1.27 m/s saliendo, se constituyó en uno de los inconvenientes más serios durante el trabajo,

debido a que los cálculos de dragado basados en batimetrías, perdían vigencia con demasiada rapidez y la solución que podría ser la espera, hasta obtener una estabilización del fondo, no era viable sin aumentar los costos del dragado.

Finalmente se consiguió remover 855.503.57 metros cúbicos de sedimento, calculados en tolva, con un costo aproximado de 2'000.000.00 (dos mil millones de pesos), dejando el canal con una profundidad de 8.5 metros (MLWS) al momento de finalizar el dragado, con el fin de permitir el acceso a buques hasta de 7.2 metros de calado en marea mínima (MLWS). Permitiendo de esta manera mantener un "Resguardo Bruto Bajo la Quilla", que cumpla con las normas establecidas en el "Informe del IV Grupo de Trabajo del Comité Internacional para Recepción de Buques de Gran Calado de la Asociación Internacional Permanente de los Congresos de Navegación (PIANC)", adicionalmente el buque puede tener hasta 120 metros de eslora y 20 metros de manga, es decir, al puerto estarían ingresando buques entre 5.000 y 10000 toneladas de desplazamiento, dependiendo de el diseño del casco y tipo de buque y de las condiciones de marea. En condiciones generales, se puede asumir que: un buque granelero de 15 mts de manga y 105 mts de eslora, tiene 5000 toneladas de desplazamiento (Dead Weight Ton, DWT), y un multipropósito de 14 metros de manga y 110 de eslora, desplaza 5000 ton DWT⁴.

La señalización marítima, realizada por parte de la División de Ayudas a la Navegación de la DIMAR culminó mediante el empleo de la última tecnología traída a Colombia y la aplicación de normas internacionales. El Canal de Acceso al Puerto de Tumaco, quedó así constituido como el canal mejor señalizado del Pacífico Colombiano.

¹ DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTE MARÍTIMO, Plan de manejo ambiental para el dragado del canal de acceso al puerto de Tumaco, Bogotá 1995.

² DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE MARÍTIMO, Plan de manejo ambiental para el dragado del canal de acceso al puerto de Tumaco, Bogotá 1995, p 17.

³ ANEXO TÉCNICO AL CONTRATO 0300 FEB/96 Ministerio de Transporte - August Reiners, Bogotá, 1996

⁴ MINISTERIO DE TRANSPORTE, COLOMBIA, MTM 053321, LORA, Pedroza Alberto, Bogotá, 1995.

IHO, Hydrographic Standards, 1989

IALA Aspectos sobre diseño de canales.

CP-2, Informes sobre el dragado al canal de acceso al puerto de Tumaco, 1992

CP-2 Informes sobre el dragado al canal de acceso al puerto de Tumaco 1994

CCCP, Informes sobre el dragado al canal de acceso al puerto de Tumaco, 1996.

LABORATORIO DE RECURSOS HIDRÁULICOS, Informes de interventoría al dragado del canal de acceso al puerto de Tumaco, UNIVALLE, 1996.

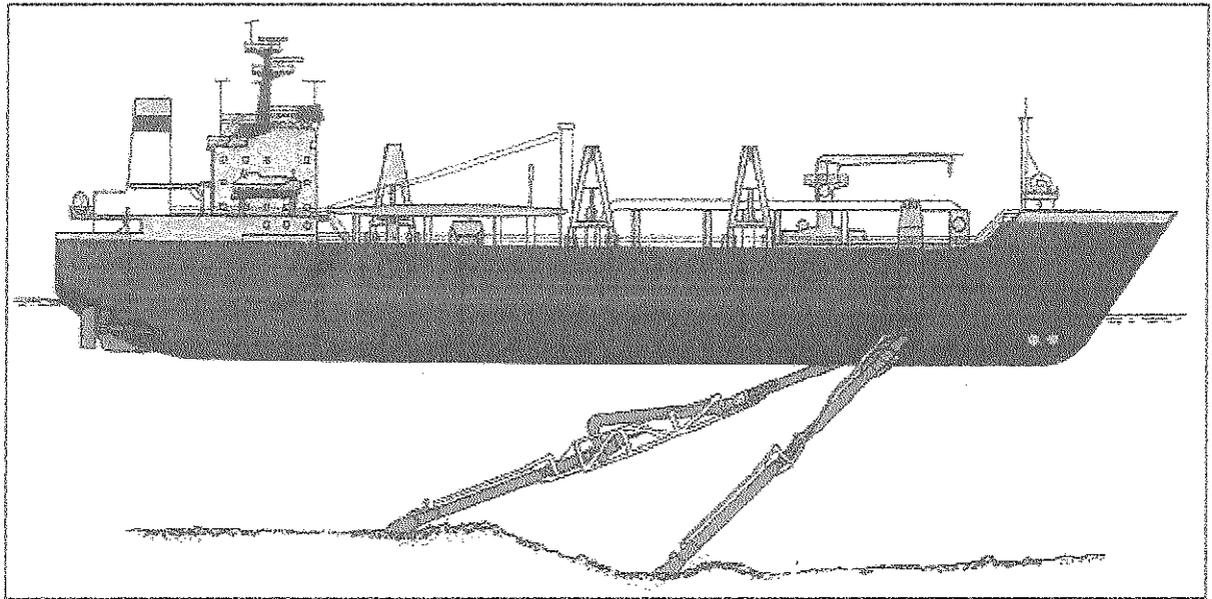


Fig. No 1. DRAGA DE SUCCION AUTOPROPULSADA

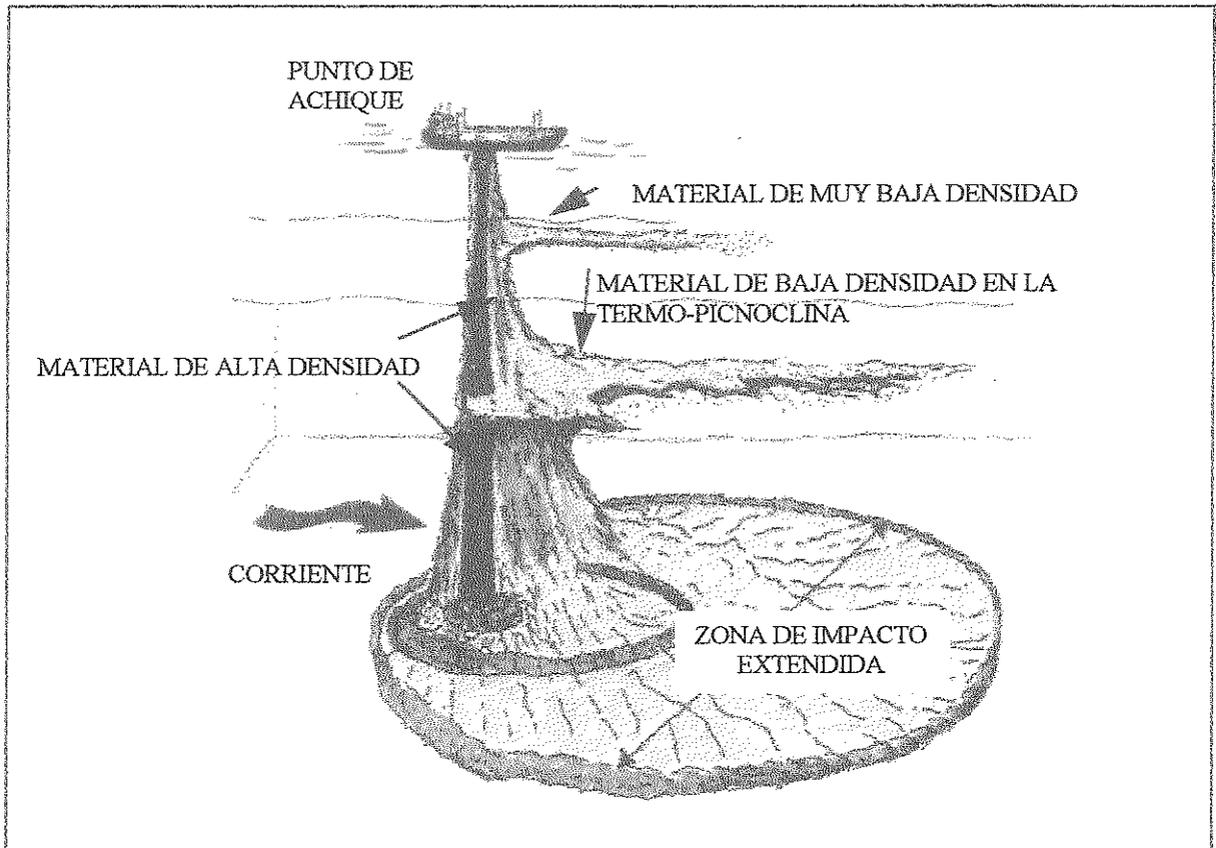
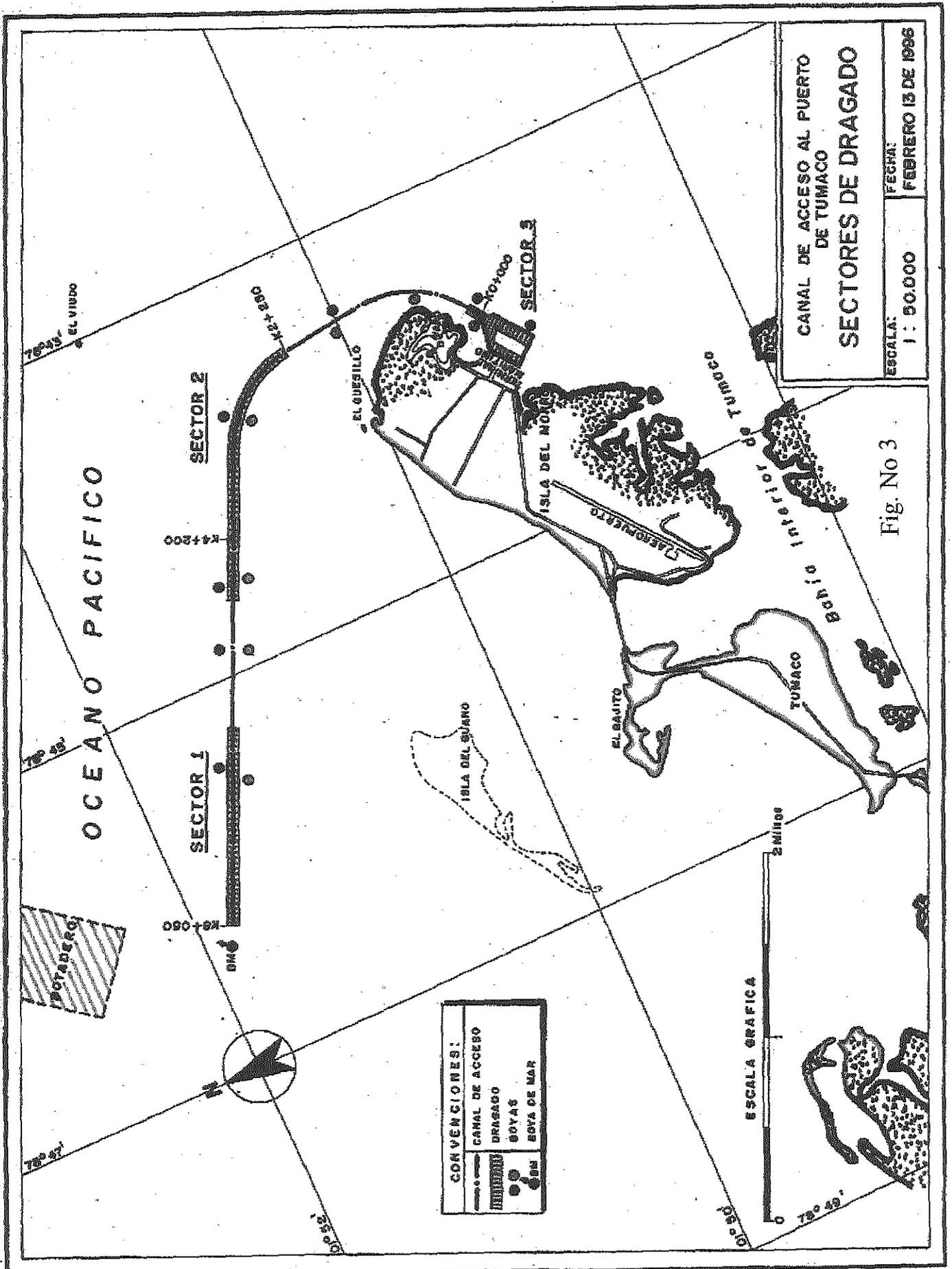


Fig. No.2. ZONA DE BOTADERO



OCEANO PACIFICO

SECTOR 2

SECTOR 1

SECTOR 3

CANAL DE ACCESO AL PUERTO DE TUMACO
SECTORES DE DRAGADO

ESCALA: 1 : 50.000
FECHA: FEBRERO 13 DE 1956

Fig. No 3

CONVENCIONES:	
	CANAL DE ACCESO
	DRAGADO
	BOYAS
	EDOYA DE MAR

ESCALA GRAFICA
2 Millas

COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL MAR EN EL CARIBE COLOMBIANO A LO LARGO DE LOS ÚLTIMOS SETENTA AÑOS

3.20

Carlos Alberto Andrade¹ y Carlos Enrique Tejada¹

RESUMEN

Durante los últimos setenta años, la comunidad científica internacional ha realizado un buen número de cruceros de investigación en donde se ha colectado información proveniente de batitermógrafos mecánicos o desechables, perfiladores CTD y muestras de botellas Nansen o Niskin. Con la anterior información se han ido conformando bancos de datos internacionales que contienen los valores de temperatura (principalmente) y salinidad versus profundidad. Estos datos cubren especialmente los primeros quinientos metros de agua oceánica, es decir, las masas de agua superior e intermedia de la cuenca del Caribe.

Recientemente se ha obtenido la disponibilidad de dicha información con base en ella, se pretende restablecer el comportamiento de dichos parámetros (temperatura y salinidad) a través del tiempo, tratando de dar solución a varios interrogantes creados en con aguas del Caribe, aún sin resolver, como por ejemplo: Ha aumentado la temperatura superficial del mar en el Caribe? existe alguna relación entre la variación de la temperatura de las capas superiores del océano en el Caribe y fenómenos como el de "El Niño" Se ha cubierto adecuadamente todo el Caribe? ó existen vacíos de datos que la comunidad científica internacional debería intentar cubrir, reenfocando proyectos existentes o generando nuevos proyectos que cubran dichas áreas específicas.

Adicional a las bases de datos internacionales, en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, se ha conformado la base OCEAMET, la cual recoge toda la información oceanográfica y meteorológica producida por el CIOH en los cruceros de investigación Colombianos realizados desde 1969. OCEAMET contiene no solo la información oceanográfica sino meteorológica e incluye los datos tomados en programas de investigación como OCEANO, CARIBE; CICAR y APIGUA que en total correspondan a más de 16 cruceros con más de 657 estaciones de medición.

La información de la base OCEAMET, junto con la de los bancos de datos internacionales disponibles en el CIOH permiten contar con los datos de un total de estaciones oceanográficas, conformando así una nutrida base de información, sobre la cual se puede determinar la variación de los parámetros oceanográficos ya enunciados y a partir de ello, previo el manejo estadístico necesario, se podrá formular una hipótesis de su comportamiento o tendencia y si es del caso indicar alguna correlación con fenómenos de carácter mundial como El Niño.

¹ Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. A. A. 982, Cartagena, Bolívar

IMPORTANCIA DE LA ATMOSFERA DE LA BAHÍA DE CARTAGENA SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES

C. Arroyave P., G. Arizmendi, A. Valencia G., R. Pérez R., J. Minotas R.
Grupo de Corrosión y Protección
Universidad de Antioquia
A. A. 1226
Medellín
Septiembre de 1996

RESUMEN

La corrosión tiene un efecto importante sobre los materiales usados en cada región. Se describe en este trabajo los resultados de un estudio hecho en la Bahía de Cartagena, para determinar efectos meteorológicos y de contaminación sobre dos aceros de uso común en la región en su comportamiento frente a la corrosión. Además, se ensayó este efecto sobre muestras pintadas con tres diferentes sistemas de pintura. Se hizo uso de diversas técnicas de análisis para caracterizar los resultados.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país situado en la zona tropical húmeda de América, sobre el Ecuador, pese a lo cual tiene una variedad muy grande de climas y subclimas. Así, con 2900 km de litoral, 1300 sobre el océano Pacífico y 1600 sobre el Atlántico, una región insular importante, regiones selváticas y de planicies, y la zona de montañas que ocupan el 26% del territorio, puede pasar desde los climas secos y cálidos hasta los de nieves perpetuas.

Además, cuenta con una población mayoritariamente urbana, pues más del 70% de ella vive en ciudades, y entre estas ciudades hay varias que sobrepasan los 500000 habitantes. De otro lado, desde hace más de cincuenta años se ha mantenido un grado de industrialización irregular pero creciente.

Todos estos factores, la variedad de climas, la urbanización, la industrialización, tienen incidencia en las posibilidades de sufrir problemas de corrosión de diversos tipos y magnitudes. De allí el interés de realizar estudios que permitan determinar el tipo de clima, los ambientes y microambientes, para poder predecir el grado de corrosión esperado así como las medidas de prevención que deben aplicarse en una región dada.

La corrosión es la degradación de los materiales, especialmente metálicos, por su interacción fisicoquímica con el ambiente. Se reconocen varios tipos de ella, que se suelen clasificar según el ambiente en que se desarrollen (en suelos, atmosférica), las maneras del ataque (uniforme, localizada, filiforme, en hendidura).

Se sabe que, de todos los tipos de corrosión, la de origen atmosférico responde por casi el 50% de los casos presentados, dominando así ampliamente el espectro de esta problemática. En general, la corrosión es un problema que genera ingentes gastos en la industria y otros sectores económicos. En los países en que se han realizado estudios al respecto, se ha hallado que el dinero consumido por problemas originados en la corrosión son del orden de 2 al 5% del Producto Nacional Bruto. Cifra que en un país como el nuestro podría estar más cercana al límite superior.

De otra parte, se asegura que con sólo aplicar los conocimientos que se tienen sobre la corrosión se lograría ahorrar una buena parte de ese dinero. Se pretende con esta presentación contribuir a la divulgación de algunos de los esfuerzos realizados en este sentido con el estudio de corrosividad realizado en la Bahía de Cartagena.

ANTECEDENTES

La corrosión ha sido objeto de investigación desde hace largo tiempo, aunque en nuestro país, esos estudios fueron bastante escasos hasta bien entrada la década de los ochentas. Casi siempre se hicieron sobre problemas puntuales, y sin que existiera una coordinación o plan general en el país.

Hacia 1985, un grupo de profesores de nuestra facultad de ingeniería decidió hacer de éste su tema de estudio regular, constituyendo el Grupo de Corrosión y Protección de la Universidad de Antioquia. Se propuso servir no sólo de factor aglutinante alrededor de este tema, propiciando su divulgación por medio de la extensión académica, sino también adelantar trabajos de investigación y asesoría en la medida de sus capacidades.

Uno de los primeros trabajos realizados fue, precisamente, el del estudio de la corrosividad atmosférica en la Bahía de Cartagena, que tuvo una duración de 5 años y del cual se extractan en este documento algunos de los principales resultados, amén de complementar los mismos con los resultados de otras investigaciones realizadas posteriormente.

Adicionalmente, y siguiendo la política de especialización por temáticas, nuestro grupo ha continuado realizando investigaciones en el campo de la corrosión atmosférica. Se ocupó de un pequeño proyecto sobre la corrosividad del zinc, otro sobre corrosividad de la atmósfera del Valle de Aburrá, y actualmente desarrolla el proyecto Estudio y control de la corrosión atmosférica, con el patrocinio de Colciencias, en el cual se realizan ensayos de campo y de laboratorio, encaminados en especial a determinar la calidad de las herrumbres, y los efectos sinérgicos de ciertas concentraciones de contaminantes sobre la corrosión o protección de los materiales.

DETALLES EXPERIMENTALES

Singularidad de la Bahía de Cartagena

Las particularidades de la Bahía de Cartagena, sobre el mar Caribe, podrían sintetizarse en su doble carácter de zona marina a la vez que industrial, por lo que los problemas de corrosión que se pueden presentar debería anticiparse que se multiplican, pues el impacto del ambiente marino está reforzado por la existencia de contaminantes originados en las actividades urbanas e industriales. Tampoco se descarta la presencia de zonas menos contaminadas, relacionadas con el ambiente de la Bahía, como las islas del Rosario.

Algunos datos de las condiciones de los estudios realizados

Los estudios efectuados para determinar la corrosividad de la Bahía de Cartagena se extendieron a lo largo de cinco años, aunque los resultados obtenidos fueron analizados para los dos primeros de ellos. Para estos estudios se contó con la participación de una entidad universitaria local, la Corporación Tecnológica de Bolívar, lo que permitió obviar las dificultades impuestas por la distancia y lograr una apropiación y divulgación mayor de los conocimientos adquiridos a lo largo del trabajo por parte de personal de la región. Se contó, además, con el apoyo de varias entidades privadas y estatales.

Dichos estudios comprendieron una amplia revisión bibliográfica sobre el tema, incluyendo los aspectos relacionados con el medio (meteorología, determinación de contaminantes); con los sistemas de protección más utilizados, con la metodología de los ensayos; con las técnicas de análisis químicos; con los materiales a ser ensayados, protegidos y sin proteger (mecanismos de ataque corrosivo, productos de corrosión) y, finalmente, con las técnicas de ensayo en campo y en laboratorio.

El trabajo de campo consistió, básicamente, en la exposición a la atmósfera, durante tiempos variables (3, 6, 12 y 24 meses), de las muestras preparadas superficialmente y pesadas, las cuales eran retiradas en el momento previsto, para determinar la pérdida de peso, estudiar el carácter de los productos de corrosión y, en el caso de las probetas protegidas con pinturas determinar el estado final de los diferentes sistemas.

Los materiales estudiados fueron láminas de los aceros AISI-SAE 1008 y ASTM A-36, estos es, aceros estructurales de uso común en las construcciones de edificaciones y equipos en la región de estudio, recortados en forma de placas rectangulares, debidamente identificadas, desnudas unas y protegidas otras con pinturas de mantenimiento. La composición de los aceros se da en la tabla 1. Se usaron tres sistemas de pintura: como base, el epoxi-minio, el epoxi-zinc y una inorgánica rica en zinc, y como acabado, en todos los casos, pintura epoxi poliamida. A algunas de las probetas pintadas se les hacía una incisión como defecto artificial.

Los estudios de campo fueron realizados en tres estaciones, ubicadas en Mamonal, Base Naval de Cartagena y la Isla Naval (Islas del Rosario), para tener ejemplos de tres microclimas diferentes (industrial, urbano y rural, todos con el aditivo de ser marinos).

Los ensayos de laboratorio, hechos para tener datos comparativos, consistieron en la exposición de los mismos materiales a ambientes artificiales (cámara de niebla salina, cámara de humedad, método Cebelcor de inmersión y secado alternado, y cámara de intemperización), realizando las determinaciones gravimétricas, metalográficas, visuales, de espectroscopía (Mossbauer) y químicas pertinentes. También las muestras que eran retiradas de la exposición en campo eran analizadas bajo estas mismas consideraciones.

Simultáneamente a los estudios de campo se hizo un levantamiento de las condiciones meteorológicas y de contaminación de la región. Para ello se contó con la información de dos estaciones meteorológicas próximas (una en el aeropuerto de Crespo, la otra a corta distancia de la estación de la isla Naval) y se montaron captadores de contaminantes como parte del proyecto (*velas* para azufre y para cloruros). Además se realizaron determinaciones de contaminantes particulados con medidores volumétricos.

Resultados

Se presentan algunos de los resultados más significativos del estudio realizado en la Bahía de Cartagena.

Tabla 1. Composición de los aceros seleccionados

MATERIAL	Elemento (%)											
	C	Si	S	Ni	Mn	Cu	Cr	P	Mo	Sn	Nb	V
AISI-SAE 1008	0,08	0,01	0,030	0,03	0,49	0,01	0,005	0,021	0,01	0,003	0,004	0,001
ASTM A-36	0,12	0,20	0,019	0,02	0,51	0,012	0,06	0,033	0,01	0,002	0,002	0,001

En la tabla 2 se muestran las características típicas de la Bahía y el tipo de contaminantes atribuidos a los microclimas de las tres estaciones.

Tabla 2. Características climáticas en la Bahía de Cartagena y en cada una de las estaciones

Zona	Tropical húmeda
Período de sequía	Diciembre, junio
Período de lluvias	Julio, noviembre
Humedad relativa	≥ 70%
Temperatura máxima	38 °C
Temperatura mínima	20 °C
Dirección preferencial de los vientos	Norte-Sur

Tabla 2 (cont.) Particularidades de las estaciones

Estación	Mamonal	Base Naval	Isla Naval
Tipo de Atmósfera	Marina Industrial	Marina urbana	Marina rural
Contaminantes:			
-Material particulado	x	x	
-Compuestos de azufre	x	x	
-Compuestos nitrogenados	x		
-Cloruros	x	x	x

Tabla 3. Características básicas de las estaciones meteorológicas empleadas en el proyecto

Estación	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Temperat. media (°C)	Humedad relativa media (%)	Precipitación media (mm)	Clasificación Köppen
Crespo	10°27'	75°31'	2	27,8	80	810	Aw
Isla Naval	10°11'	75°45'	3	28,0	80	940	Aw

Aw: Sabana tropical

La información de las dos estaciones meteorológicas es bastante parecida, de modo que sus resultados se podrían hacer extensivos a toda el área de la bahía. Con esto, la hipótesis subyacente es que los factores meteorológicos no constituyen variable importante en las posibles diferencias de los resultados de corrosividad entre las estaciones del estudio. Debe agregarse, para justificar adicionalmente esto, que los datos reportados para los dos años de exposición de las probetas se ajustó bastante a los promedios históricos de las estaciones.

Tabla 4. Grado de captación de contaminantes en las tres estaciones estudiadas (promedios para el periodo de estudio)

Estación	$\mu\text{g SOx m}^{-3}$, prom. estac.	$\mu\text{g MO-m}^{-3}$, prom. estac.
Mamonal	3,26	0,78
Base Naval	1,82	0,09
Isla Naval	0,31	0,10

Tabla 5. Grado de deposición de contaminantes en los tres sitios de estudio, determinadas mediante el uso de captadores (velas) (contenido promedio en las tres estaciones)

	mg Cl ⁻ m ⁻² día ⁻¹			mg SO ₂ m ⁻² día ⁻¹		
	Mamonal	Base Naval	Isla Naval	Mamonal	Base Naval	Isla Naval
Máximo	86,51	240,51	86,27	46,16	72,40	28,21
Mínimo	21,39	34,67	18,82	1,81	3,95	1,09
Promedio período	42,57	72,23	40,79	20,55	20,84	11,38

Tabla 6. Material particulado en suspensión, medido con muestreador de alto volumen

Estación	Material particulado, µg m ⁻³
Mamonal	0,1113
Base Naval	0,1094
Isla Naval	0,0946

Evaluación del comportamiento de las probetas desnudas

Se hizo una revisión detallada, a simple vista y con ayuda de un microscopio estereoscópico, de la superficie de las probetas de acero después de retirados los productos de la corrosión. Se observó que en las tres estaciones los cambios morfológicos o de textura eran similares, con diferencias, en la práctica, sólo por la velocidad en que se manifestaban esos cambios, la cual se relaciona directamente con la velocidad del ataque corrosivo.

La rugosidad inicial, producida por el chorro de arena empleado en la preparación inicial de la superficie, se constituyó en generadora de alvéolos a la largo y ancho del área expuesta. Los primeros alvéolos, de tamaño microscópico, van creciendo, sus superficies se van puliendo y redondeando, se van uniendo entre sí y formando canales que atraviesan el área y que confluyen en vertederos o grandes alvéolos. Inicialmente pueden retener productos de corrosión, pero al crecer los liberan y quedan limpios. Dentro de las paredes de los alvéolos se desarrollan ataques localizados menores, que pueden ser producidos por la acción nivelante o la de ataques por picadura, que pueden llegar a atravesar el material.

Para los tiempos de exposición cortos, hay una marcada diferencia entre las superficies superior e inferior de las probetas, que va menguando con el transcurso del ensayo, de manera más notable en la estación de ataque más severo (marina industrial) y casi sin diferencia en la marina rural.

Los ensayos gravimétricos permiten determinar la rapidez de la corrosión, tanto en pérdida de peso por año ($\mu\text{g}/\text{año}$) como en penetración del ataque por año ($\mu\text{m}/\text{año}$), y de ellos fue posible establecer la ley bilogarítmica, del tipo $\log v = n \cdot \log t + \log A$, o: $v = A t^n$ (v , rapidez de corrosión, t , tiempo, A y n constantes propias de la ecuación). Las constantes calculadas de los datos gravimétricos son especificadas en la tabla 7.

Tabla 7. Constantes de la relación bilogarítmica entre velocidad de corrosión y el tiempo, calculadas a partir de los datos gravimétricos

Constante	A(μpa)		n	
Acero	A-36	1008	A-36	1008
Mamonal	2,37	2,12	0,0321	0,0908
Base Naval	1,5504	2,311	0,1798	-0,0243
Isla Naval	3,1209	2,8972	-0,2868	-0,2363

De estos resultados se puede apreciar que el comportamiento de los dos tipos de acero es bastante similar

Evaluación de las probetas recubiertas con diferentes sistemas de pinturas

Las probetas que fueron recubiertas con pinturas, con y sin incisiones, fueron evaluadas siguiendo normas aceptadas (1457 del Icontec, y patrones establecidos en la norma ASTM D610), luego de exposición en los diferentes períodos establecidos, lo que permitió sacar las siguientes conclusiones:

Los ensayos en cámaras de intemperización, durante 500 horas, en los que se evaluó el entizamiento, el ampollamiento, la pérdida de color y brillo (amarillentamiento, desprendimiento de película, cuarteo y oxidación) mostraron en todos los casos ausencia de defectos, a excepción de pérdida de colores y de brillo, lo cual se dio en porcentajes relativamente bajos.

El seguimiento hecho en cámara de niebla salina a las probetas recubiertas, con y sin incisión, se basó en la evaluación de las características de desprendimiento, agrietamiento, ampollamiento y oxidación. Sólo en los dos últimos factores se detectó algún cambio significativo en las probetas con el sistema epoxi-minio. También se observó una ligera oxidación en las probetas de acero AISI-SAE 1008 pintadas con epoxi-zinc y rayadas, luego de 432 horas de exposición.

En cámara de humedad se observó el ampollamiento, con un ataque leve sobre la incisión, en probetas de acero AISI-SAE 1008 recubierta con inorgánica-zinc, desde la primera observación de control hasta la última (48 y 480 horas, respectivamente), con avance ligero entre ellas.

Para los sistemas de pintura analizados se concluye que el epoxi-minio sólo proporciona protección por efecto de barrera, mientras que el inorgánico rico en zinc y el epoxi-zinc ofrecen protección catódica.

Evaluación de los productos de corrosión (herrumbres)

El análisis de las herrumbres (productos de corrosión de los materiales féreos) es una manera de recabar información sobre los mecanismos de la corrosión de un material cualquiera, lo cual puede servir para identificar métodos de protección apropiados a cada situación. Entre los métodos de caracterización de estos productos, en el caso de materiales féreos, se tiene la espectroscopía Mossbauer, además de los análisis por rayos infrarrojos, la metalografía óptica y electrónica, la difracción de rayos X, etc.

Para el estudio de los productos de corrosión del estudio que nos ocupa, se usaron varios de estos métodos, complementarios entre sí, de los cuales extractamos la siguiente información.

En los tres sitios aparecen los mismos constituyentes: goethita ($\text{FeOOH-}\alpha$), lepidocrocita ($\text{FeOOH-}\gamma$) y magnetita (Fe_3O_4) no estequiométrica y material amorfo, mostrando la preponderancia del ambiente marino sobre otros probables efectos de los contaminantes.

Se corrobora la ausencia de akaganeita ($\text{FeOOH-}\beta$), aunque ella ha sido reportada en otros casos como posible constituyente de herrumbres en atmósferas marinas.

Se identifica un material paramagnético, constituido por partículas finísimas de magnetita y, principalmente, de goethita, que tradicionalmente han sido clasificados dentro de los constituyentes amorfos.

Podría resaltarse la posibilidad de establecer una relación directa entre las tasas de corrosión y el grado de cristalinidad, y de éste con el contenido de magnetita. Se tendría así una mayor capacidad protectora de los constituyentes amorfos y un efecto perjudicial con la presencia de la magnetita.

CONCLUSIONES

Los datos de captación de contaminantes permiten ver que ésta es en realidad una zona con muchas probabilidad de ataque corrosivo, pues el grado de salinidad es relativamente alto, aunque no tanto la contaminación industrial, y la humectación es prácticamente constante.

La isla Naval, que se supuso inicialmente como marina rural, muestra una presencia de sulfatos superior a la esperada, lo cual puede ser debido al efecto de los vientos que soplan desde tierra o bien por el tránsito náutico. Esto podría poner en peligro no solamente los materiales usados, sino también el equilibrio y la permanencia de la valiosa reserva natural existente en el archipiélago.

A pesar de la diferencia de contenido en carbono y otros elementos, los dos aceros se comportaron casi idénticamente, (en los estados estudiados, desnudos como pintados). lo que confirma que son otros los elementos activos con respecto a la corrosión. Las leyes bilogarítmicas determinadas para la velocidad de corrosión en función del tiempo son prácticamente independientes del tipo de acero, aunque varían de estación a estación.

El valor negativo de n (pendiente de la relación bilogarítmica) plantea interrogantes en cuanto al efecto asociado de los contaminantes, que debería esperarse catalizante y parece más bien contrapuesto al menos para el nivel de contaminación observado. De hecho, esto se ha seguido estudiando en nuestro grupo, dentro de otro proyecto de investigación que está concluyendo, donde se ha puesto un énfasis especial en determinar si hay un verdadero efecto opositor entre contaminantes (los cloruros y los compuestos azufrados) cuando el tenor de ellos es de ciertos valores.

Es importante profundizar en la identificación de sustancias presentes en la zona de Mamonal, que podrían contribuir a la aceleración del proceso corrosivo en la atmósfera y que se salen del grupo tradicional de especies analizadas.

No se logra una pasivación significativa en las condiciones de exposición ensayadas. Sólo hay un efecto barrera por la herrumbre formada, que según su morfología es de poca capacidad protectora. Los constituyentes principales de ella son la magnetita y, en especial la goethita, los cuales se han asociado tradicionalmente con constituyentes amorfos.

El comportamiento de las muestras pintadas, que fue en general aceptable, puede atribuirse en gran medida a la buena preparación de las superficies antes del pintado, y a la ausencia de contaminantes residuales sobre el metal en el momento de la aplicación.

En su orden, el comportamiento de los sistemas de pintura empleados fue, de mayor a menor protección ofrecida: inorgánica rica en zinc, epoxi-zinc y epoxi-minio. A mayor severidad del medio, mayor diferencia en sus respuestas. Según los resultados a dos años, sería aceptable utilizar el sistema epoxi-minio, aunque si se piensa en períodos mayores, habría que tener otros cuidados.

Sería conveniente realizar este tipo de estudios en otras partes del país, y fortalecer el trabajo de simulación, para lograr un uso más racional de los materiales, diseñar materiales metálicos y de recubrimiento de mejores características y poder realizar correlaciones entre los ensayos de campo y los de laboratorio más confiables.

REFERENCIAS

1. Documento de divulgación del Grupo de Corrosión y Protección de la Universidad de Antioquia.
2. F. W. Fink, F. H. Haynie, W. K. Boyd: "Technical-Economic Evaluation of Air-Pollution Corrosion Costs on Metals in the U. S.". Batelle Memorial Institute, 1971.
3. Feliu, S., et al., "La corrosividad atmosférica de Cataluña-Baleares". REVISTA IBEROAMERICANA DE CORROSIÓN Y PROTECCIÓN, mayo-junio de 1984, p. 11.
4. Jaén, J. A. y otros: "Caracterización de herrumbres de acero al carbono, expuestos en el caribe colombiano, mediante técnicas Mössbauer" Primer Encuentro Nacional de Corrosión, Medellín, 1991.
5. Zuluaga, J. Y Arroyave C.: "Análisis de las herrumbres de una atmósfera marina" Primer Encuentro Nacional de Corrosión, Medellín, 1991.
6. Valencia, A. "Mapa tentativo de corrosividad atmosférica en Colombia", 3er CONGRESO IBEROAMERICANO DE CORROSIÓN Y PROTECCIÓN. Rio de Janeiro, 26-30 junio de 1989.

ESTUDIO DE LA CIRCULACION EN LA BAHIA INTERNA DE CARTAGENA

Serguei Louin, "Ph.D., Oceanólogo"

Luis Giraldo, Ing. Oceanólogo"

*Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Av. 082. Tel. 57-56 694465, 694427. Fax 694390, 694297. E-mail: cparra@cartagena.cetcol.net.co.

RESUMEN

En el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas se está desarrollando un proyecto orientado al estudio del movimiento de las aguas en las zonas de mayor riesgo de contaminación por hidrocarburos, dadas las actividades que en éstas se desarrollan. Una de estas áreas es la bahía interna de Cartagena, donde se llevan a cabo tareas de cargue y descargue de combustibles, así como el tránsito de gran número de embarcaciones de diferente calado.

Se han utilizado las herramientas brindadas por los modelos numéricos hidrodinámicos, con ayuda de los cuales se han definido las principales características de la circulación de la bahía, así como sus variaciones en dependencia de diferentes parámetros ambientales. Se ha determinado, igualmente, la importancia de la componente termohalina en la formación de los campos hidrodinámicos y del intercambio de calor a través del fondo marino para la variación de la temperatura del agua y la estratificación de las aguas.

El documento presenta los resultados de los cálculos de los campos de velocidad y dirección de las corrientes en la bahía interna y en el sistema de canales y lagunas de Cartagena, que serán utilizados luego como información forzante de modelos de transporte de sustancia, con el objeto de determinar el grado de recuperación de las aguas en dependencia de diferentes grados de contaminación.

ABSTRACT

The CIOH is developing a research project, with the aim to study the water movement in regions with high hydrocarbon pollution levels. The Cartagena Bay is one of those. Here some activities as oil transport and ship traffic are carried out.

The capabilities of the numerical hydrodynamical models were used to define the main characteristics of the Bay circulation, as well as its changes in dependence upon some environmental parameters. The importance of the thermohaline component for the hydrodynamical fields and the heat flux in the bottom for the temperature variations and water stratification have been determined.

Paper shows the results about the current direction and velocity fields in the Internal Bay and the system of channels, which will be used as forcing information for a substance transport model with the future determination of the renovation capacities of the ecosystem.

ESTUDIO DE LA CIRCULACION EN LA BAHIA INTERNA DE CARTAGENA

INTRODUCCION

En el marco del proyecto "Modelación Numérica de la Circulación Costera y su Aplicación al Estudio del Transporte de Sustancias y Partículas Contaminantes en el Litoral Caribe Colombiano", cofinanciado por la Dirección General Marítima y Colciencias, se ha efectuado la adaptación de uno de los modelos hidrodinámicos más completos de que se dispone en el medio académico (Hess, 1989) a las condiciones de la bahía de Cartagena, con el objeto de establecer un monitoreo ecológico de la región. El interés principal de tomar como objeto de estudio a la bahía estriba en el alto grado de deterioro que se observa en este cuerpo de agua y los sistemas acuáticos que lo rodean, el cual puede variar de intensidad, de acuerdo con las sucesiones ambientales climatológicas.

El intercambio de aguas de la bahía interna con su homóloga del sur se efectúa entre Castillogrande y la isla de Manzanillo y es incentivado, básicamente, por el viento y, en menor grado, por las mareas y las corrientes residuales que éstas generan. La conjugación de estos parámetros determina la frecuencia con que las aguas de la bahía son renovadas y, por lo tanto, el índice de contaminación en un momento y sector dados. Se sabe, por ejemplo, que el intercambio con la bahía exterior se debilita bajo la acción de vientos del sur en un grado suficiente como para influir en la calidad de las aguas.

La dinámica de las aguas influye en los procesos de transporte y difusión de las sustancias contaminantes, por lo cual, con ayuda de los modelos hidrodinámicos podemos resolver problemas relacionados con la definición de las rutas de migración de las sustancias contaminantes, provenientes de diferentes fuentes, con el objeto de estimar en una primera aproximación el aporte de cada una de ellas al deterioro del medio ambiente.

Para el estudio de la dinámica de las aguas de la bahía han sido empleados en años anteriores modelos simples que han definido sus rasgos generales (Wang, 1982). Lamentablemente, los problemas de contaminación e intercambio y renovación que deben ser solucionados para esta zona del litoral son bastante complejos y requieren de la aplicación de metodologías con mayor exactitud.

Para el caso de la bahía de Cartagena se propuso la utilización del modelo MECCA (Model for Estuarine and Coastal Circulation Assessment, NIESDIS, 1989), debido a su capacidad de modelar procesos a escalas de subgrilla, lo que en el caso de la bahía es bastante útil para la definición de los rasgos hidrodinámicos en el sistema de caños y lagunas. Debe tenerse en cuenta que la modelación de procesos hidrofísicos en la zona costera, incluye la descripción de la variabilidad de la estructura térmica de la columna de agua. Los modelos tridimensionales de circulación (Blumberg y Mellor, 1987; Hess, 1989), tienen en cuenta todos los procesos que son importantes desde el punto de vista práctico y que definen la influencia de la estructura térmica en el régimen dinámico de la región estudiada. Estos modelos efectúan el cálculo de corrientes termohalinas y consideran el papel que juega la estratificación térmica en la formación de la turbulencia y las corrientes. Al mismo tiempo, se tiene en cuenta la variación del campo de temperatura en dependencia de las condiciones dinámicas de la región.

Para la correcta definición de la hidrodinámica en una zona dada deben ser formuladas condiciones de contorno. En el caso del modelo MECCA es interesante analizar lo relacionado con la condición térmica en el fondo marino. Para calcular el campo de temperatura con ayuda del modelo MECCA, en calidad de condición de contorno en el fondo ($z=H$), es necesario especificar los flujos de calor a través del sedimento, definidos con base en relajación:

$$(\alpha_T K_z + \gamma) \partial T / \partial z = \beta (T - \theta_0), \quad (1)$$

donde K_z - coeficiente de viscosidad turbulenta vertical; γ - coeficiente de transmisión calórica molecular del agua; T , θ_0 - temperatura del agua y el fondo, respectivamente; z - coordenada vertical; β - parámetro de relajación, definido por determinadas condiciones dinámicas; α_T - número inverso de Prandtl para la turbulencia ($\alpha_T = Pr^{-1}$).

En la mayoría de los modelos hidrodinámicos se da una condición de aislamiento térmico para el fondo, es decir, se sugiere:

$$\partial T / \partial z = 0, \quad \text{para } z = H. \quad (2)$$

La condición (1), por su parte, exige el conocimiento de la temperatura θ_0 de la superficie del fondo marino. La forma en que debe darse esta condición es un problema que ha sido resuelto con base en un modelo de interfase unidimensional en la vertical, descrito en Marchuk y Kagán (1991) y realizado mediante la utilización de un programa matemático de Sukhonukov y otros (1986). Esta formulación ha sido complementada por los autores para la descripción de la interacción térmica acoplada entre el fondo marino y la columna de agua (Lomb y Giraldo, 1995).

El documento presenta, inicialmente, los resultados relacionados con la definición de la condición de contorno en el fondo y, posteriormente, los rasgos principales de la circulación en la bahía de Cartagena.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las dimensiones poco significativas de la Bahía Interna de Cartagena nos permiten hacer dos suposiciones que simplifican el problema hidrodinámico en gran medida: Consideramos que el viento sopla en forma uniforme sobre la región de estudio y que la oscilación del nivel del mar debido a las mareas no es sustancial a lo largo de la entrada a la bahía (entre Castillogrande y Manzanillo). Efectivamente, debe reconocerse que, para la profundidad promedio en la región de estudio $O(H) = 10$ metros, la velocidad de propagación de una onda gravitacional $c = (gH)^{1/2} \approx 10$ m/s, donde g - aceleración por gravedad. Así, el radio estimo de deformación de Rossby $R = c/l$ para el valor del parámetro de Coriolis $f = 2\Omega \sin \varphi$ (Ω - velocidad angular de la rotación de la Tierra; φ - latitud del lugar) cuando $\varphi \sim 10^\circ$ norte será del orden de 400 kilómetros. Debido a que las magnitudes horizontales del área $O(L) \sim 1$ kilómetro es significativamente menor que la cifra dada anteriormente, es obvio que podemos considerar que las variaciones espaciales del nivel del mar en todo el área son débiles. En la realidad, esta estimación significa que las oscilaciones del nivel del mar debidas a la marea ocurrirán en forma sincronizada para todos los puntos de la región de estudio.

El planteamiento general del modelo se basa en un sistema hidrodinámico, formado por ecuaciones completas de movimiento, hidrostática, continuidad, estado, temperatura y salinidad, escritas en el plano derecho del sistema cartesiano

$$u_{,t} + \beta_{\alpha} \{ (uv)_{,x} + (uv)_{,y} + (uw)_{,z} \} = -\alpha_0 P_{,x} + fV + (2A_h u_{,xx})_{,x} + (A_h [v_{,x} + u_{,y}])_{,y} + (A_v u_{,z})_{,z} \quad (3)$$

$$v_{,t} + \beta_{\alpha} \{ (vu)_{,x} + (vv)_{,y} + (vw)_{,z} \} = -\alpha_0 P_{,y} - fU + (2A_h v_{,yy})_{,y} + (A_h [u_{,y} + v_{,x}])_{,x} + (A_v v_{,z})_{,z} \quad (4)$$

$$P_{,z} = -\rho g \quad (5)$$

$$u_{,x} + v_{,y} + w_{,z} = 0 \quad (6)$$

$$\rho = \rho_0 [1 + F_{\rho}(S, T)] \quad (7)$$

$$s_{,t} + (uS - D_h S_{,x})_{,x} + (vS - D_h S_{,y})_{,y} + (wS - D_v S_{,z})_{,z} = 0 \quad (8)$$

$$T_{,t} + (uT - D_h T_{,x})_{,x} + (vT - D_h T_{,y})_{,y} + (wT - D_v T_{,z})_{,z} = S \quad (9)$$

donde u, v y w - componentes del vector de velocidad en las direcciones x, y y z , respectivamente, P - presión hidrostática, α_0 - volumen específico de referencia, f - parámetro de Coriolis, A_h - difusión horizontal, A_v - difusión vertical, β_{α} - coeficiente de exclusión de los términos advectivos.

El sistema se considera cerrado si se dan las respectivas condiciones de contorno. En las fronteras oceánicas pueden darse valores del nivel del mar o de los flujos a través de cada uno de los puntos de cálculo, salinidad y temperatura. En los bordes con afluentes deben darse condiciones de canal abierto en caso de que este exista y los caudales de las diferentes fuentes. Igualmente, deben darse condiciones en las diferentes interfases: En la interfase agua - aire debe darse la tensión del viento, el flujo de sal en sentido normal a la interfase es igual a cero. El flujo de calor depende de la temperatura del aire, la velocidad del viento, la humedad y otras variables. Se da como:

$$D_v T_{,z} = Q_2 / (c_p \rho_w)$$

donde Q_2 es el flujo de calor de onda larga ($J/kg^{\circ}C$) y c_p es la capacidad calorífica específica del agua. En la interfase agua - fondo marino debe darse la tensión de las velocidades con respecto a la superficie del fondo, el flujo de sal normal al fondo es igual a cero, mientras que el flujo de calor en esta superficie depende de la velocidad de la corriente en el fondo y de la temperatura del sedimento. Otras condiciones que deben ser dadas se relacionan con la descripción del intercambio de calor con la atmósfera, donde se tiene en cuenta el flujo de calor de onda corta, formado por el flujo de calor desde la superficie bajo condiciones de nubosidad, el albedo de la superficie marina, la nubosidad y la fracción cubierta del hielo. Por último, debe darse el flujo a través de la capa más superficial del mar en la forma:

$$Q_2 = Q_L + Q_B + Q_c + Q_S,$$

donde Q_L es la radiación de onda larga desde la atmósfera al mar, Q_B es el negativo de la radiación de cuerpo negro desde la superficie del mar, Q_e es el flujo de calor latente y Q_s es el flujo de calor sensible.

Gran parte de estas condiciones son dadas a partir de observaciones directas, mientras que otras son calculadas, también a partir de datos de observaciones. En este sentido, el aspecto más interesante es el relacionado con la definición de la condición de contorno en la interfase agua - fondo marino. El sistema empleado para resolver esta cuestión se encuentra descrito en Loini y Giraldo (1995).

DISCUSION DE RESULTADOS

Existen las siguientes tres alternativas para formular la condición de frontera necesaria:

$$T = \text{Const} , \quad (10a)$$

$$\partial T / \partial z = 0 , \quad (10b)$$

$$T = \theta_0 ; \quad -\chi' C_p' \rho' \partial \theta / \partial z' = [Q_{RH} - C_{pw} (u_T K_z + \chi) \partial T / \partial z] . \quad (10c)$$

Las expresiones (10c) describen la continuidad del perfil de temperatura del agua $T(z)$ y del sedimento $\theta(z')$, así como de los correspondientes flujos de calor. En esta expresión z' - eje vertical tomado desde la superficie del sedimento ($z' = 0$) en dirección hacia abajo ($z' \rightarrow \infty$); $\theta_0 = \theta(z' = 0)$; $Q_{RH} = Q_R(z = H)$; χ' , C_p' , ρ' - conductividad térmica molecular, capacidad térmica y densidad del sedimento, respectivamente. Estos parámetros son determinados con base en la porosidad del sedimento del fondo.

En la Figura 1 se observa que, a un metro del fondo y bajo la acción en superficie de un viento de 5 m/s, existen oscilaciones de la temperatura del agua con aumentos bruscos y disminuciones mucho más suaves, lo que está relacionado con el efecto amortiguador del sedimento. Esta Figura permite establecer una equivalencia entre las condiciones (10a) y (10c), por lo menos para la zona tropical, donde no existen oscilaciones fuertes de los parámetros meteorológicos.

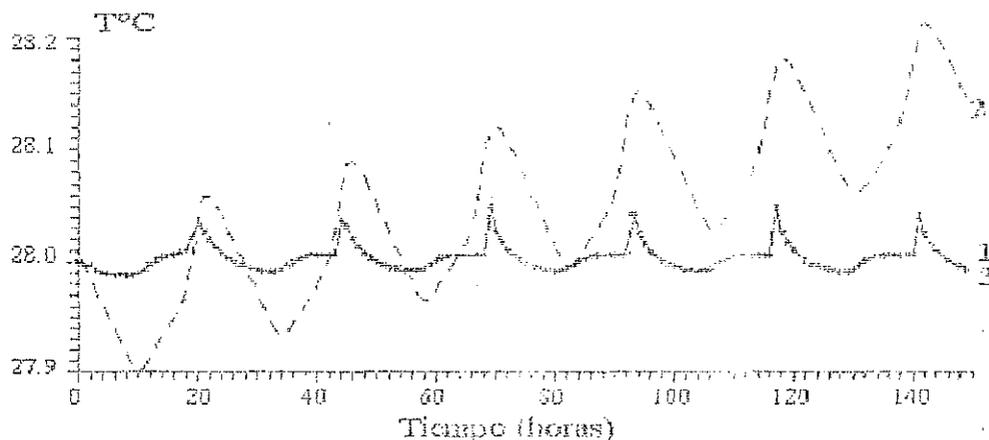


Figura 1: Comportamiento de la temperatura del agua a un metro del fondo marino para las condiciones de frontera (10a) - línea 1, (10b) - línea 2 y (10c) - línea 3. Viento 5 m/s.

De tal manera que, es suficiente dar como condición de contorno en el fondo de la zona estudiada, una temperatura constante, que resultará equivalente a tener en cuenta el intercambio calórico a través de la interfase agua - sedimento.

Con la formulación de las condiciones de contorno el sistema de ecuaciones del modelo se considera cerrado y es posible realizar los cálculos de los campos de corrientes para diferentes situaciones. Los resultados presentados en este documento son posteriores a la fase de calibración, la cual se efectuó en forma conjunta mediante la comparación de los resultados obtenidos por el modelo con los de mediciones directas realizadas con ayuda de boyas de deriva y con resultados de modelos ya comprobados. Estas comparaciones permitieron establecer que el modelo MECCA describe con un alto grado de exactitud la sensibilidad de los campos hidrodinámicos en la bahía de Cartagena a las variaciones del relieve del fondo marino.

Es así como, en el sector oeste de la bahía, caracterizado por presentar un relieve bastante uniforme, las corrientes se presentan de manera mucho más homogénea que en los demás sectores. Al correr el modelo para el caso de los vientos alisios, predominantes sobre el Caribe colombiano durante los primeros meses del año, con velocidad y dirección promedio de 5.0 m/s y noreste, se observa que las aguas en superficie presentan una tendencia general a salir de la bahía (Figura 2) con velocidades máximas de 12 cms/s y el campo no ofrece mayores irregularidades, mientras que a los cinco metros de profundidad se forman flujos de compensación y es evidente la influencia del relieve submarino. La particularidad topográfica más sobresaliente es el bajo de La Virgen, que marca la gran diferencia con la circulación superficial (Figura 3).

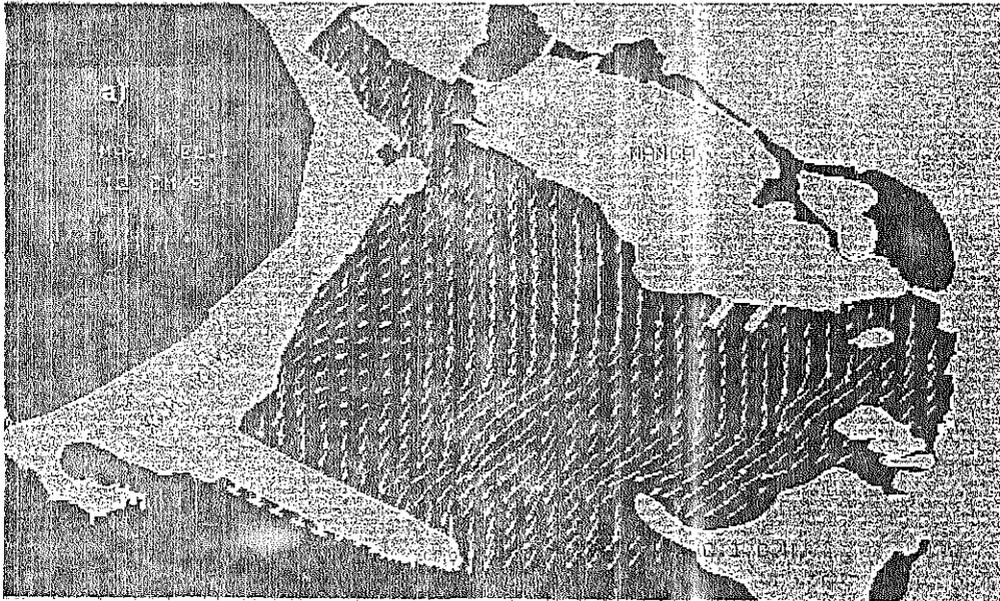


Figura 2. Corrientes cuasiestacionarias en superficie durante la época de los vientos alisios en la bahía interna de Cartagena.

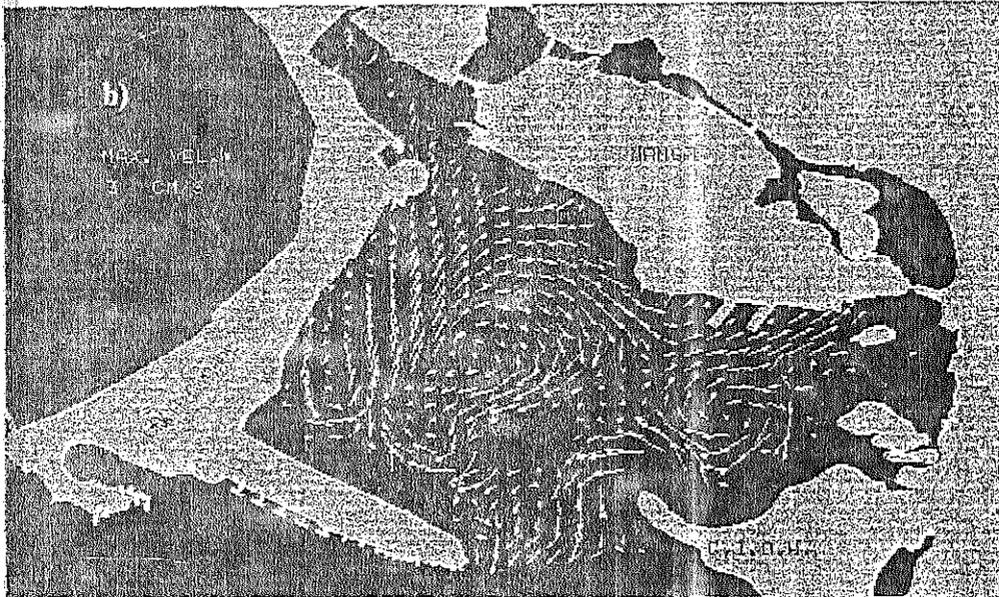


Figura 3. Corrientes cuasiestacionarias a cinco metros de profundidad en la bahía interna de Cartagena durante la época de los vientos alisios.

Con el avance del año climatológico, aumenta la probabilidad de los vientos de componente oeste y sur. Las Figuras 4 y 5 presentan los resultados para el primer caso, con velocidades del viento de 4 m/s. A pesar de que disminuye la intensidad del viento, la corriente aumenta con dirección similar al viento. A los cinco metros de profundidad se forma el respectivo flujo de compensación, mucho menos pronunciado que en el caso de los vientos alisios.

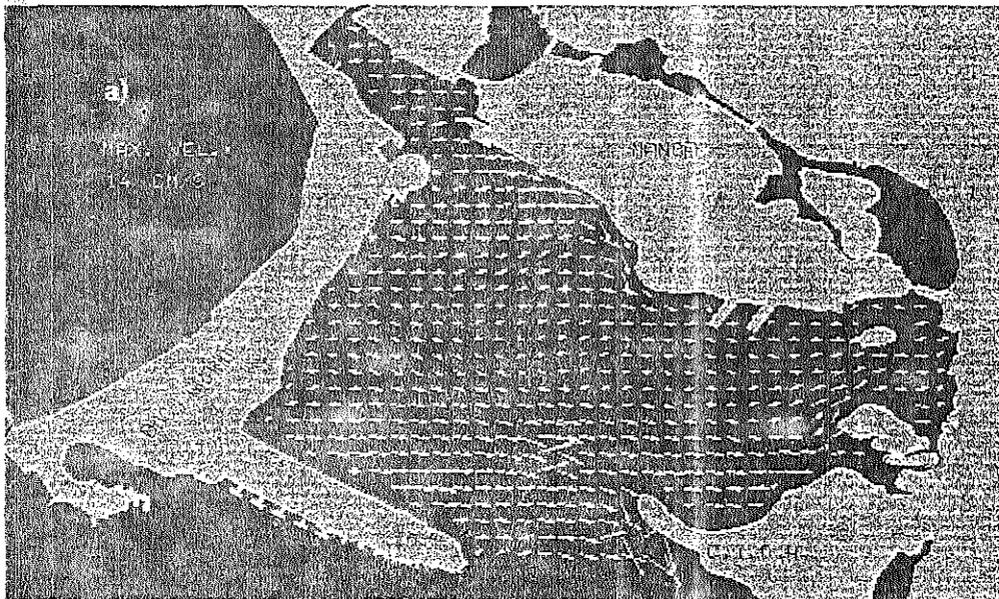


Figura 4. Corrientes cuasiestacionarias en superficie en la bahía interna de Cartagena para el caso de un viento oeste de 4 m/s.

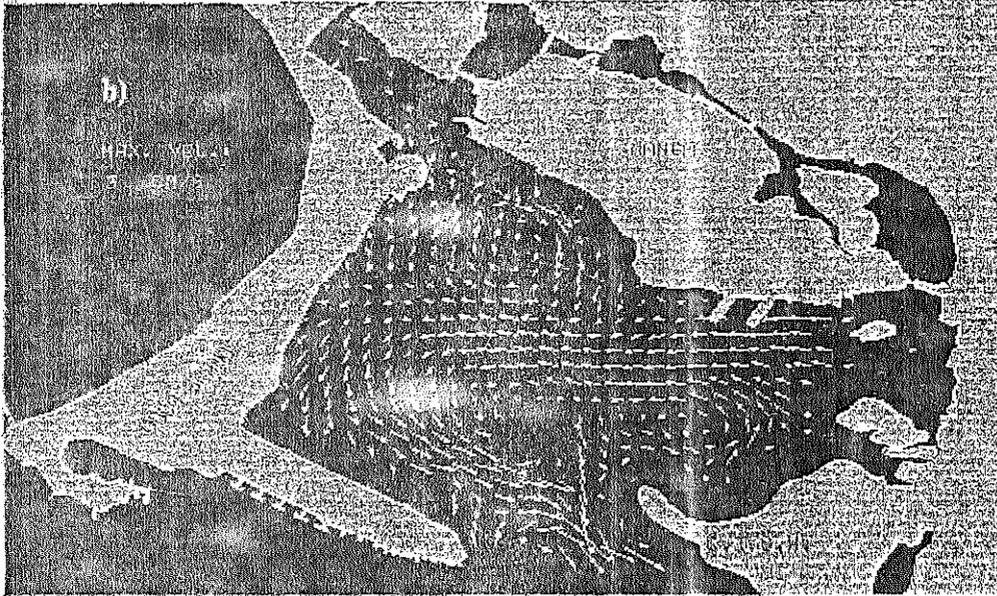


Figura 5. Corrientes cuasiestacionarias a cinco metros de profundidad en la bahía interna de Cartagena para el caso de viento oeste de 4 m/s.

En la Figura 6 se observa la variación temporal del vector de velocidad de las corrientes superficiales en diferentes sectores de la bahía interna de Cartagena, así como del nivel del mar, cuyo control se efectuó en forma modelada en la zona este de la bahía. Las máximas velocidades fueron obtenidas para el canal navegable y, en general, la variación del vector de la corriente se encuentra íntimamente ligada a los cambios que sufre el campo de vientos en la zona. Por su parte, las variaciones del nivel del mar por efecto de las mareas están perfectamente sincronizadas con los datos de la estación mareográfica del CIOH, lo que justifica el planteamiento inicial de considerar la onda de la marea en forma homogénea para todos los puntos de la bahía.

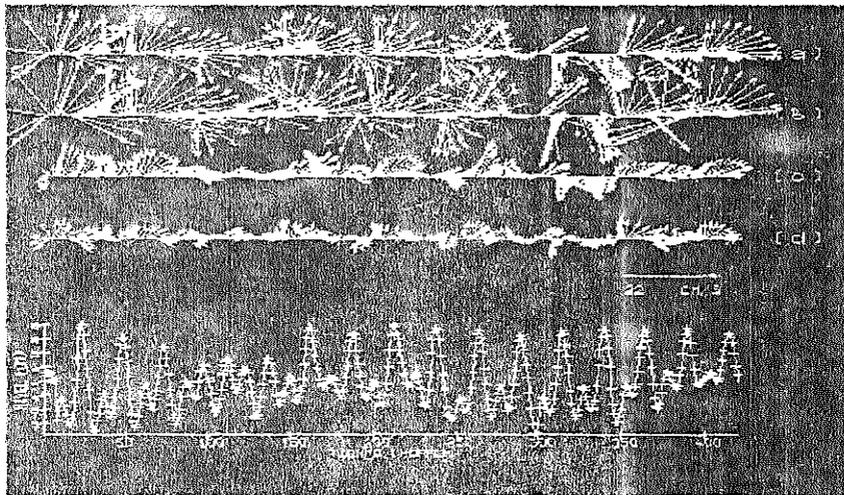


Figura 6. Variación temporal del vector de corrientes en la bahía interna de Cartagena durante agosto de 1995 en Castillogrande a), canal navegable b), Punta Manzanillo c) y Bahía de Las Animas d).

En el caso del sistema de caños y lagunas, un factor determinante de la renovación de las aguas es la intensidad de las corrientes residuales. La circulación residual se puede formar debido a dos factores, como son los efectos no lineales de las mareas y las oscilaciones de periodo largo (superior a 24 horas) del viento. La Figura 7 presenta la variación de los caudales residuales del agua para condiciones meteorológicas correspondientes al período comprendido entre el 9 y el 29 de agosto de 1995 y para un estado simulado de calma (Lonin y Giraldo, 1995). Bajo la acción de un viento promedio para la zona (4 - 5 m/s) el tiempo de renovación de las aguas en los caños alrededor de la isla de Manga es de 16 días, mientras que bajo condiciones de calma (velocidad del viento 0 m/s), es de 787 días.

Por último, la Figura 8 presenta que la influencia de la estratificación térmica, provocada por los parámetros atmosféricos, sobre la circulación barotrópica, es considerable. Las velocidades de las corrientes de gradiente, al considerar los efectos térmicos, aumentan aproximadamente dos veces.

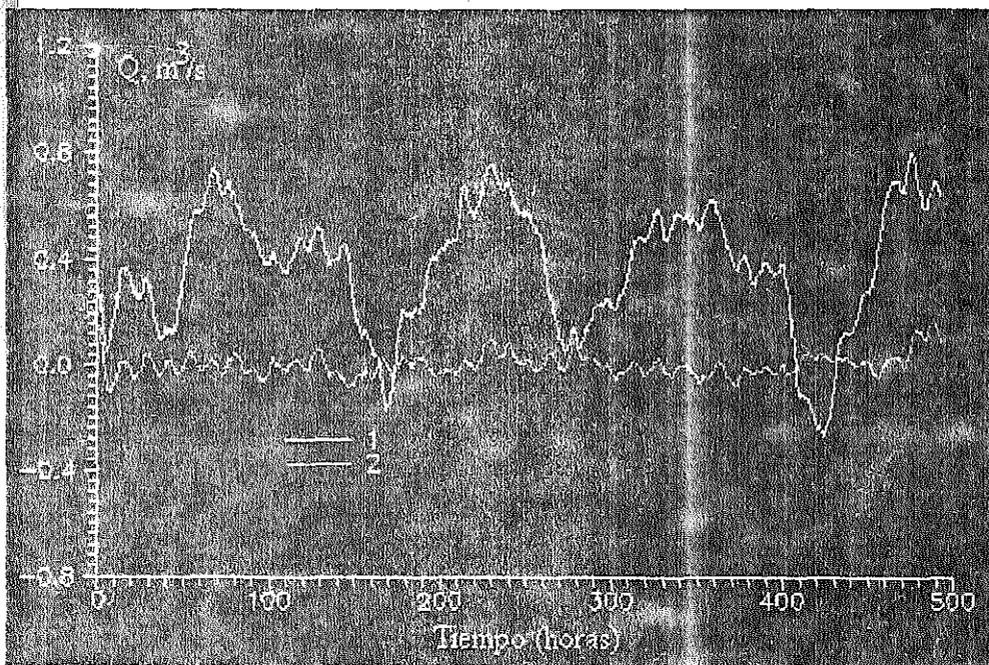


Figura 7. Caudal residual en los caños alrededor de la isla de Manga, provocado por el viento 1) y las mareas 2).

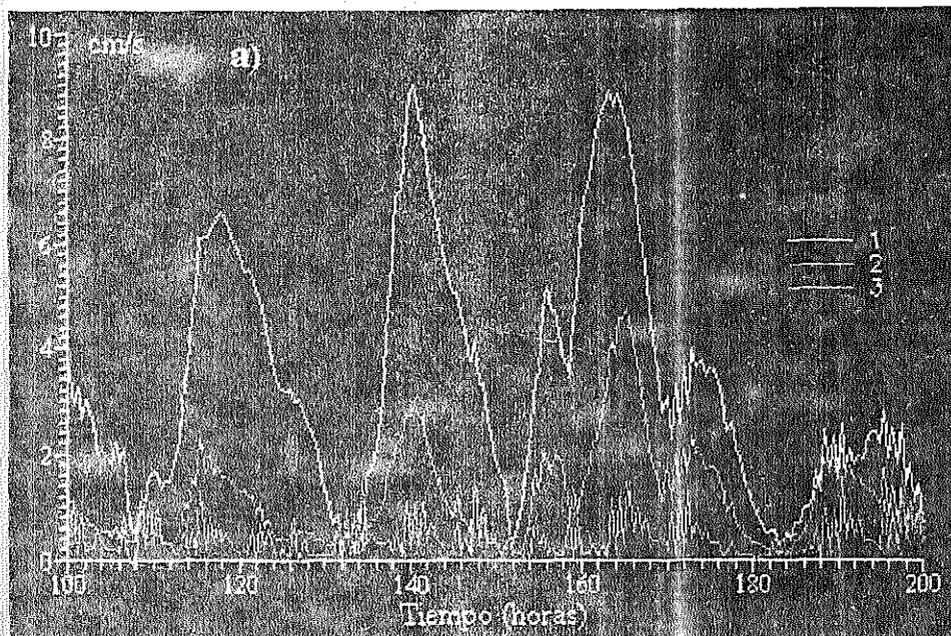


Figura 8. Reacción de las corrientes en la bahía interna de Cartagena a la estratificación térmica provocada por los parámetros atmosféricos: 1) Mareas + viento + estratificación, 2) mareas + viento, 3) mareas.

CONCLUSIONES

Existe un intercambio calórico significativo a través de la interfase agua - fondo marino en el sector somero del mar. De un lado, esto impide dar como condición de contorno un flujo de calor nulo y de otro, exige solucionar el problema relacionado con la dirección e intensidad del intercambio calórico entre el sedimento superficial y el agua. Sin embargo, las estimaciones presentadas en este trabajo permiten establecer, que unos coeficientes de capacidad térmica y transmisión calórica del sedimento suficientemente grandes, favorecen la dispersión del calor en el sedimento y suavizan en forma sustancial las oscilaciones diarias de la temperatura de su superficie. En tal caso, es suficiente dar una condición de constancia de la temperatura del fondo.

La renovación de las aguas en el sistema de caños alrededor de la isla de Manga está determinado por la intensidad de las corrientes residuales y no por las instantáneas, por lo cual, el efecto de las mareas se minimiza. El tiempo de renovación, por lo tanto, aumenta sustancialmente bajo la acción del viento sobre la zona.

Para el estudio de los campos hidrodinámicos en zonas con dimensiones menores, como la bahía de Cartagena, es importante tener en cuenta, además del papel del viento y de las mareas, las irregularidades térmicas formadas por la influencia de la atmósfera próxima. Para un cálculo correcto es necesario disponer de información sobre los procesos que ocurren en la capa inferior de la atmósfera y, finalmente, unificar los bloques atmosférico y oceánico en un sólo modelo de interacción.

BIBLIOGRAFIA

- Blumberg, A. F., and G. L. Mellor. (1987): A Description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. Three-Dimensional Coastal Ocean Models, American Geophysical Union, Washington, D.C., P. 1- 16.
- Hess, K. W. (1989): MECCA Programs Documentation. NOAA Technical Report NESDIS 46, Washington, D.C.
- Lonin, S.A., (1993), A mathematical model of the coastal water dynamics in a boundary- fitted coordinate system. VINITI Publ. N. 3040, 29 p.
- Lonin, S., y Giraldo L., (1995), Influencia del Intercambio Térmico a Través del Fondo Marino en el Régimen de Temperatura de Zonas Costeras. *Ibid.*, P. 57-72.
- Marchuk, G.I., and B. A. Kagán. (1991): Dynamics of Ocean Tides. 2-nd edition. Leningrad, Gidrometeoizdat, 472 p. (in Russian).
- Monin A.S. and Yaglom A.M. (1971), Statistical Fluid Mechanics, Vol. 1. Cambridge (Mass., USA): MIT Press
- Sukhorukov, V. A., N. V. Dmitriev, and S. M. Likhachov. (1986): Simulation of the Ocean Mixed Layer. Preprint 675, Computer Centre of the Academy of Sciences of the USSR, Novosibirsk, Russia, 24 p. (in Russian).

COMPORTAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA BARRANQUILLA - SALINAS DEL REY

¹CC. Amparo Molina M.

¹Ing. Consuelo Molina M.

²Dr. Yves Thomas

¹SI. Eugenio Gamero

RESUMEN

Este documento presenta los resultados del estudio sobre el comportamiento de la línea de costa en el sector comprendido entre Barranquilla y Salinas del Rey. El trabajo está enmarcado dentro del proyecto de investigación: "Estudio Geológico y Oceanográfico del Litoral Caribe Colombiano, (Barranquilla - Galerazamba), adelantado desde 1995 por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, bajo la asesoría del Centre National de la Recherche Scientifique de Francia, (CNRS) y financiado en forma conjunta por Colciencias y la Dirección General Marítima. El objetivo principal de este estudio es determinar en forma digital, la variación de la línea de costa durante los últimos 49 años. Para lo fue necesario realizar el trazado del contorno costero sobre fotografías aéreas del año 1947 e imágenes de satélite SPOT en modo multispectral de los años 1986 y 1996. Para el procesamiento de la información se utilizó el software canadiense EASI/PACE (PCI) que permitió además de la georreferenciación de la información, identificar y cuantificar los sitios de erosión y sedimentación localizados a lo largo de este sector del Caribe.

INTRODUCCION

Las zonas costeras por su naturaleza frágil, están expuestas a cambios morfológicos importantes, como consecuencia de los fenómenos naturales, que son alteradas por la acción antrópica. Entre los primeros se destacan las condiciones climáticas, que dependiendo de la época (seca-húmeda), favorecen la destrucción o reconstrucción de las playas respectivamente.

¹Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) A.A. 982, Escuela Naval, Cartagena de Indias, Colombia. Tels. 6694427 - 6694465 - Fax: 6694390 - 6694297

²Center National de la Recherche Scientifique (CNRS), Francia, Tel. 9033145075556

Estos cambios estacionales están asociados a eventuales mares de leva, que son más frecuentes en el período de fuertes vientos, produciendo pérdida de terreno y por consiguiente el retroceso inminente de la línea de costa. Otro fenómeno no menos importante, corresponde a la disminución de las fuentes de aporte de arena que alimentan las zonas de playa.

Entre las causas antrópicas se tienen principalmente la extracción de la arena para uso industrial, la construcción sobre las dunas, que facilitan el efecto erosivo de las olas, los muelles ubicados incorrectamente, el asentamiento turístico y rellenos.

Dentro de este marco general, el perfil costero de la zona de estudio, ha sufrido importantes variaciones morfológicas durante los últimos 49 años, como consecuencia de los fenómenos de transgresión y erosión. Estos fenómenos se han visto reflejados, los primeros en la pérdida de extensas áreas de costa, al ser invadidas por el mar, produciendo la carencia del material, como resultado de la fuerte dinámica marina. Los segundos están reflejados en el desarrollo de amplias flechas litorales, en las que su formación depende del aporte de material, la configuración del contorno costero, la morfología submarina y la acción del oleaje.

LOCALIZACION

El área del presente estudio se encuentra ubicada en el Litoral Caribe Colombiano, en el sector comprendido entre Barranquilla y Salinas del Rey (Figura 1), enmarcada dentro de las siguientes coordenadas geográficas:

10° 53' 00" N 74° 51' 00" W

11° 07' 00" N 75° 06' 00" W

¹Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) A.A. 982, Escuela Naval, Cartagena de Indias, Colombia. Tels. 6694427 - 6694465 - Fax: 6694390 - 6694297

²Center National de la Recherche Scientifique (CNRS), Francia, Tel. 9033145075556

METODOLOGÍA

- Con el fin de realizar la georreferenciación de las fotografías e imágenes e satélite, inicialmente se efectuó directamente en el terreno una colección de puntos de control, distribuidos en toda el área de estudio, utilizando un GPS diferencial.
- Para establecer el comportamiento de la línea de costa, se realizó una comparación del trazado del contorno costero sobre las fotografías del IGAC de 1947 e imágenes de satélite SPOT, en modo multiespectral de los años 1986, y 1996.
- Esta información se procesó en forma digital con el software canadiense EASI/PACE (PCI), que permitió además de la georreferenciación, identificar y cuantificar los sitios de erosión y sedimentación ubicados a todo lo largo de la zona costera estudiada.

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos se pudo establecer que la zona litoral de este sector del Caribe Colombiano, ha sufrido modificaciones significativas durante los últimos 49 años (Figura 2). Estos cambios se han visto reflejados en la pérdida de grandes extensiones de terreno como producto de fenómenos erosivos, principalmente al norte de Puerto Colombia y en el avance del perfil costero al sur del mismo, debidos a fenómenos de acrecimiento sedimentario.

En términos generales, las diferentes posiciones de la línea de costa, han sido el resultado de la acción de procesos naturales, donde el régimen de vientos, el oleaje, la deriva litoral, la morfología submarina y la configuración del contorno costero han jugado un papel determinante. En algunos sitios la acción antrópica ha contribuido a acelerar los fenómenos erosivos, como es el caso de la desaparición de isla Verde que se agudizó con la construcción de los Tajamares de Bocas de Ceniza.

¹Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) .A.A. 982, Escuela Naval, Cartagena de Indias, Colombia. Tels. 6694427 - 6694465 - Fax: 6694390 - 6694297

²Center National de la Recherche Scientifique (CNRS), Francia, Tel. 9033145075556

Cambios morfológicos costeros entre 1947 y 1986

En este período las variaciones del perfil costero se manifiestan al norte del área como una zona de erosión (amarillo), correspondiente al sector de isla Verde. Al desaparecer la isla, los sedimentos fueron transportados hacia el sur por la deriva litoral, depositándose en áreas adyacentes al continente, formando zonas de acrecimiento sedimentario (violeta), correspondiente a la espiga de puerto Colombia que se extiende desde Prado Mar hasta puerto Caimán. Esta geoforma alcanza su máxima amplitud (aproximadamente 1200 m) al sur de Puerto Colombia, mientras que en puerto Caimán se reduce a 600 m.

Cambios morfológicos costeros entre 1986 y 1996

En los últimos 10 años, los cambios más importantes del perfil costero, se han originado debido tanto a fenómenos erosivos como de acrecimiento sedimentario. En la ciénaga de Mallorquín la erosión se manifiesta por el retroceso de 600 m de la barra litoral que separa esta ciénaga del mar. Igualmente, más hacia el sur se presentan en forma discontinua zonas erosivas donde el retroceso del contorno costero ha sido de 150 m en puerto Salgar y de 150 a 450 m en la espiga de puerto Colombia, frente al municipio de puerto Colombia y al sur de punta Morro Hermoso respectivamente.

En la parte central del área de estudio, para esta misma época, la espiga de puerto Colombia muestra un acrecimiento sedimentario importante, que se ve reflejado en la formación de una nueva espiga de dirección norte - sur, frente a la punta Morro Hermoso con una amplitud de 900 m y una longitud de 1800 m. Hacia la parte distal de la espiga de puerto Colombia, frente a cabo Barro al sur, la evolución costera en estos 10 años se ha presentado un incremento de 450 m en dirección este - oeste.

El desarrollo de la espiga frente a Morro Hermoso, ha incrementado los efectos erosivos al sur del mismo, al comportarse esta geomorfa como una

¹Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) A.A. 982, Escuela Naval, Cartagena de Indias, Colombia. Tels. 6694427 - 6694465 - Fax: 6694390 - 6694297

²Center National de la Recherche Scientifique (CNRS), Francia, Tel. 9033145075556

trampa de los sedimentos aportados por la deriva litoral de dirección nortesur.

Desde Playa Mendoza hasta Salinas del Rey el perfil costero alcanza cierta estabilidad, si se tiene en cuenta que no se observan cambios significativos, a excepción de un pequeño retroceso del cerro Furú. Este retroceso en este lugar se debe principalmente a la fragilidad de las roca (arcillolitas y limolotas) que al ser atacada por el embate del oleaje en la base, facilita el desprendimiento y la caída de bloques.

TABLA 1. Balance Erosión - Sedimentación.

AÑOS	EROSIÓN (Ha)	ACRECIMIENTO (Ha)
1947 - 1986	555.1909	854.9131
1986 - 1996	366.4522	213.3098
NETO	921.6431	1068.2229

CONCLUSIONES

Del balance erosión sedimentación se deduce que en el área de estudio predominan los fenómenos de acrecimiento sedimentario sobre los fenómenos erosivos.

Para el año de 1986 isla Verde ya no existe, la erosión que produjo su desaparición se agudizó como consecuencia de la construcción de los tajamares en Bocas de Ceniza. Los sedimentos que formaban esta isla fueron transportados hacia el sur por la deriva litoral y contribuyeron a la formación de la espiga de puerto Colombia.

La ciénaga de Mallorquín es el mejor ejemplo de pérdida de franja costera, la cual en los últimos 10 años ha sufrido un retroceso en la barra litoral de 600 m. Durante este tiempo se desarrolla frente a Morro Hermoso una flecha

¹Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) A.A. 982, Escuela Naval, Cartagena de Indias, Colombia. Tels. 6694427 - 6694465 - Fax: 6694390 - 6694297

²Center National de la Recherche Scientifique (CNRS), Francia, Tel. 9033145075556

litoral que se presenta como un cuerpo elongado de 900 m de amplitud y extensión de 1800 m.

La espiga frente a Morro Hermoso se comporta como una trampa de sedimentos, interrumpiendo el tránsito sedimentario hacia el sur, ocasionando de esta manera el retroceso de la línea de costa adyacente.

BIBLIOGRAFÍA

- Aplicación de Metodologías del software PCI.
- Imágenes de satélite SPOT en modo multiespectral de 1986 y 1996.
- Fotografías aéreas del IGAC de 1947 a escala 1:20.000.
- MARTINEZ, J. O., 1993. Geomorfología y Amenazas Geológicas de la Línea de Costa del Caribe Central Colombiano. (Sector Cartagena-Bocas de Ceniza)
- Planchas topográficas del IGAC a escala 1:25.000.

Arch: A:Winword/Cosbasal.doc

¹Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) A.A. 982, Escuela Naval, Cartagena de Indias, Colombia. Tels. 6694427 - 6694465 - Fax: 6694390 - 6694297

²Center National de la Recherche Scientifique (CNRS), Francia, Tel. 9033145075556

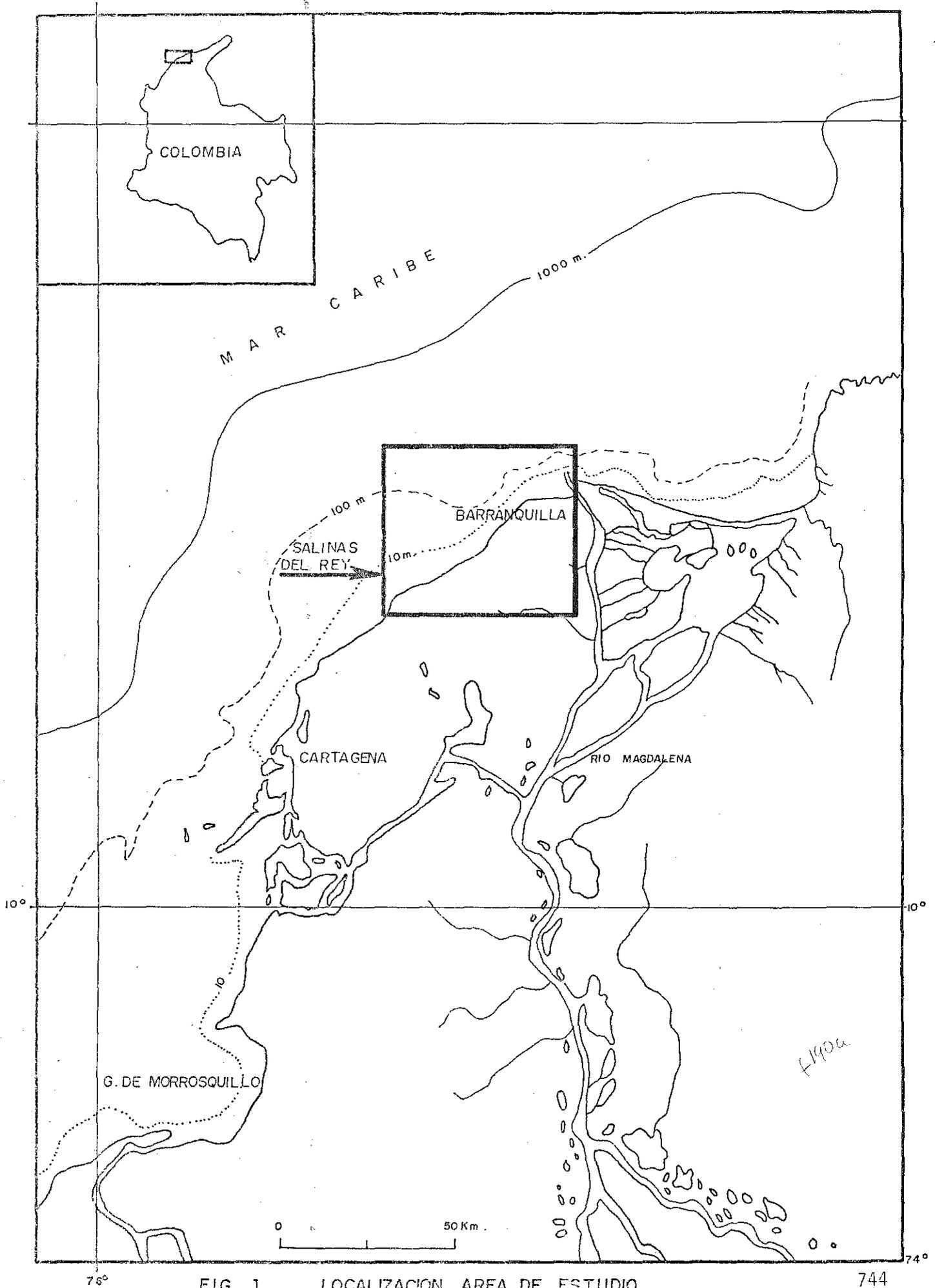
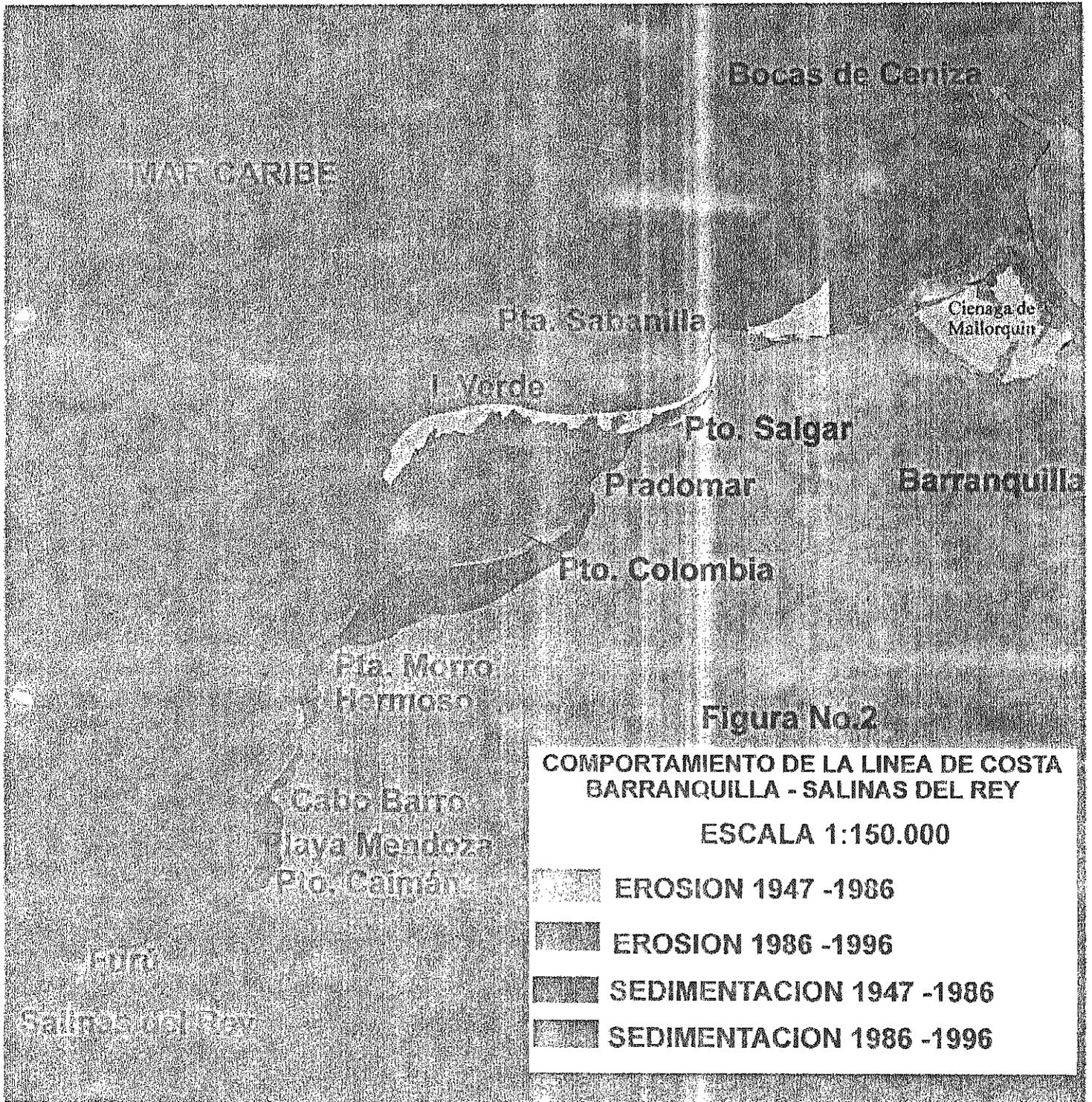


FIG. 1. LOCALIZACION AREA DE ESTUDIO



fnob

3.2. CONTAMINACION

ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS EN AGUAS OCEÁNICAS DEL PACÍFICO COLOMBIANO

ALONSO J. MARRUGO G.

RESUMEN

El sector costero próximo a las bahías de Buenaventura y Málaga, presentaron mayores concentraciones de HDD y en un área de influencia superior, al detectado en las bahías de Tumaco y Guapi. Debido posiblemente, al mayor volumen de derivados del petróleo utilizado en dichas bahías.

También se presentaron altas concentraciones de HDD en las estaciones cercanas a la Isla de Malpelo, en las cuales, solamente en una, se registraron valores inferiores a los niveles de detección.

Los análisis de hidrocarburos aromáticos disueltos/dispersos en agua se efectuaron por dos técnicas analíticas diferentes, cromatografía de gases y fluorometría; y los alifáticos se determinaron por cromatografía de gases. Independientemente a la técnica empleada las concentraciones de hidrocarburos tuvieron el mismo comportamiento.

Los desechos de hidrocarburos generados de las actividades industriales y domésticas, que llegan al Pacífico Colombiano, se hacen prácticamente imperceptibles a las técnicas analíticas que se emplearon para su detección, a aproximadamente 50 millas de la costa, debido seguramente, a procesos de dilución y/o evaporación.

ABSTRACT

The Pacific Contamination Control Center has monitored uninterruptedly the hidrocarbons of the Colombian Pacific since 1965. In the monitoring years it has collected information about the coastern zone, specially of the bay Buenaventura, Tumaco, Guapi, Malaga, Solano and Gorgona Island. Profiting the realization of the Cruiser Pacifico XXIV - ERFEN XXII acomplished between november 1st to 13th 1994, it collected water samples in the coastern stations and as a reference in the stations placed near Malpelo Island, in order to determine the hidrocarbons concentrations dispersed/dissolved in water (HDD) and to verify natural levels.

The coastern sector influenced by the bays of Buenaventura and Malaga, presented major concentration of HDD and in an area of higher influence, to the detected in the bays of Tumaco and Guapi. Because of, probably, the higher volume of petroleum deriweds used in those bays.

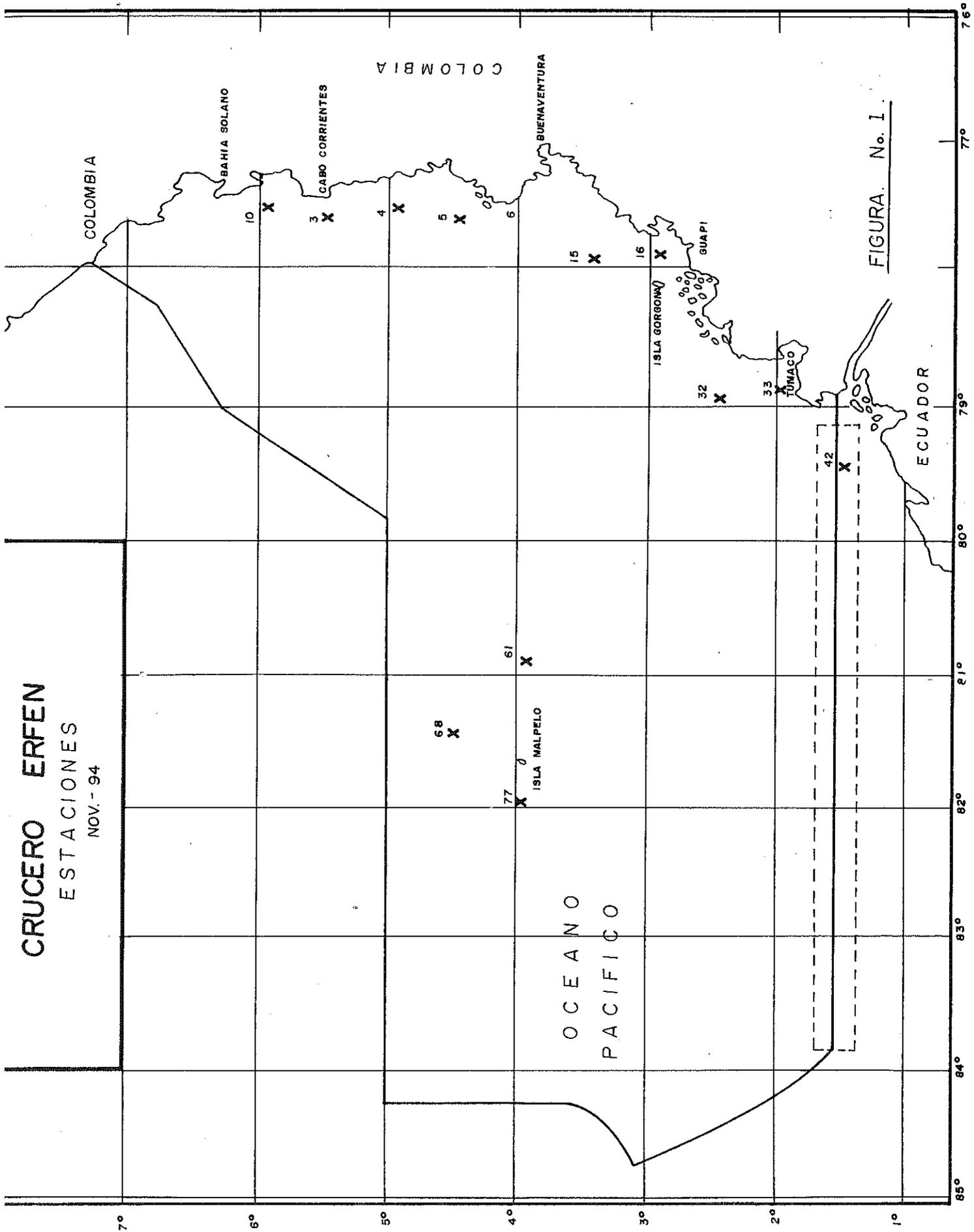
It presented also high concentrations of HDD in the station near Malpelo Island in wich, only in one, it registered lower values to the detection levels.

The analysis of aromatic hidrocarbons dissolved/dispersed were accomplished by two different analytical techniques, gases chromatography and fluorometry; and the alphatic were determined by gases chomatography. Independently to the invested technique the hidrocarbons concentrations showed the same behavior.

The wastes of hidrocarbons generated by the industrial and domestic actitiies, wich arrive to the Colombian Pacific by dilution and evaporation processes to aproximately 50 miles get practically unperceptible to the techniques invested to its deteccion.

INTRODUCCIÓN

CRUCERO ERFEN
ESTACIONES
NOV.- 94



El Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) ha monitoreado ininterrumpidamente, los hidrocarburos en el Pacífico Colombiano desde 1985. En los años de monitoreo se ha recopilado información de la zona costera, en especial de las bahías de B/ventura, Tumaco, Guapi, Málaga, Solano e Isla Gorgona. Aprovechando la realización del Crucero PACIFICO XXIV - ERFEN XXII efectuado entre el primero y trece de noviembre de 1994, se recolectaron muestras de agua en las estaciones costeras y como referencia en las estaciones ubicadas cerca a la Isla de Malpelo, con el fin de determinar las concentraciones de hidrocarburos disueltos dispersos en agua (HDD) y verificar niveles naturales.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprendió la zona costera pacífica colombiana desde la desembocadura del río Mataje hasta Cabo Corrientes y los alrededores de la Isla Malpelo (fig. 1). La posición geográfica de cada una de las doce estaciones se pueden observar en la tabla 1.

TABLA 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Nº ESTACIÓN	POSICIÓN GEOGRÁFICA
3	77 40' W - 5 30' N
4	77 40' W - 5 00' N
5	77 40' W - 4 30' N
6	77 30' W - 4 00' N
15	78 00' W - 3 30' N
16	78 00' W - 3 00' N
32	79 00' W - 2 30' N
33	79 00' W - 2 00' N
42	79 30' W - 1 30' N
61	81 00' W - 4 00' N
68	81 30' W - 4 30' N
77	81 30' W - 2 30' N

METODOLOGÍA

La metodología de muestreo, protocolo analítico y análisis instrumental se basaron en los Manuales y Guías No 13 de la COI "Manuales para la Vigilancia del Aceite y los Hidrocarburos del Petróleo Disueltos/Dispersos en el Agua de Mar y en las Playas" UNESCO 1982, cuyo principio se fundamenta en la toma de muestras a un metro de profundidad, extracciones sucesivas con n-hexano, concentración y posterior análisis de aromáticos por fluorometría.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se pueden observar las concentraciones de HDD en las diferentes estaciones de muestreos. Las mayores concentraciones se registraron en orden descendente, en las estaciones 77, 16, 6, 68, 33, 5 y 3, en las demás estaciones los valores estuvieron por debajo del límite de detección del equipo de 0.01 µg/l (Fig. 2).

TABLA 2. CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS DISUELTOS/DISPERSOS EN AGUA ,
CRUCERO PACIFICO XXIV - ERFEN XXII.

Nº DE ESTACIÓN	CONC. MUESTRA (µg/l)	CONC. MTRA. (% REC.) µg/l
3	3,31	10,92
4	ND	ND
5	36,63	120,87
6	62,8	207,26
15	ND	ND
16	63,48	209,51
32	ND	ND
33	38,64	127,53
42	ND	ND
61	ND	ND
68	48,34	159,54
77	94,69	312,51

En los sitios donde fueron detectados HDD las concentraciones fueron extremadamente altas si se comparan con el nivel natural de referencia, para aguas costeras del Pacífico Colombiano, de 1.34 mg/l (Marrugo 1994).

Como se puede observar en la figura 2, en la zona costera las mayores concentraciones de HDD se hallaron ubicadas cerca a los mayores asentamientos humanos de la zona como son Tumaco, Guapi y Buenaventura. También se observó que, la contaminación es intermitente, como si los asentamientos humanos fueran los focos de contaminación y ésta, llevara sentido sur norte, como la Corriente Colombia. Por otro lado se observó que, después de un foco de contaminación, a pocas millas hacia el norte, los hidrocarburos al parecer, por procesos de dilución o evaporación son asimilados por el medio marino, hasta hacerse indetectables.

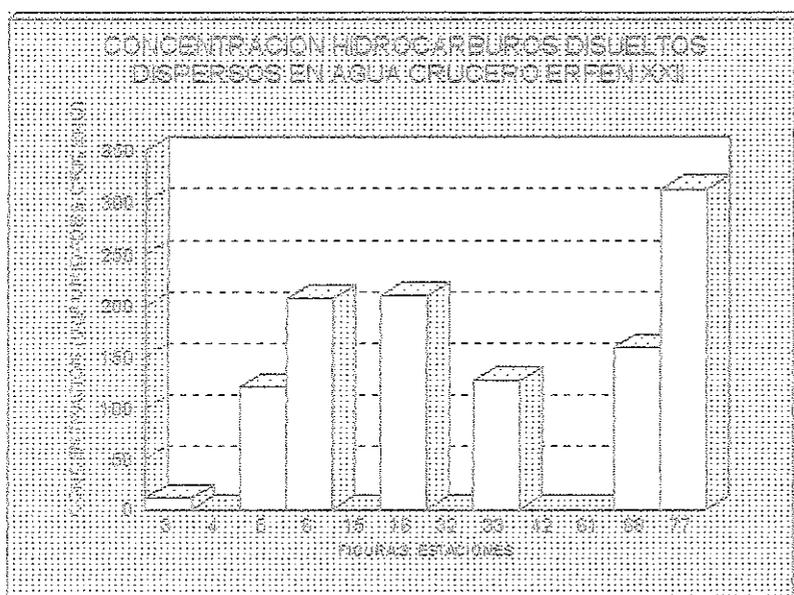


Fig. 2

El sector costero influenciado por las bahías de Buenaventura y Málaga, presentaron un área de influencia mayor que en las bahías de :

Tumaco y Guapi; debido posiblemente, al mayor volumen de derivados del petróleo utilizado en dichas bahías. También se presentaron altas concentraciones de HDD en las estaciones cercanas a la Isla de Malpelo en las cuales, solamente en una, se registraron valores inferiores a los niveles de detección.

Los análisis de hidrocarburos aromáticos disueltos/dispersos se efectuaron por dos técnicas analíticas diferentes, cromatografía de gases y fluorometría; y los alifáticos se determinaron por cromatografía de gases. Independientemente a la técnica empleada las concentraciones de hidrocarburos tuvieron el mismo comportamiento.

CONCLUSIONES

- Las diferentes actividades industriales y domésticas de los principales asentamientos humanos del Litoral Pacífico Colombiano se manifiestan en los niveles de HDD.
- Los desechos de hidrocarburos generados de las actividades industriales y domésticas, que llegan al Pacífico Colombiano por procesos de dilución y evaporación a aproximadamente 50 millas se hacen prácticamente imperceptibles a las técnicas empleadas para su detección.
- La Corriente Colombia se encarga de transportar los hidrocarburos en la zona costera con sentido sur norte.
- Teniendo en cuenta los altos valores detectados en algunas de las estaciones, no se descartan problemas de contaminación de las muestras en las diferentes etapas del análisis.

RECOMENDACIONES

- Aprovechar futuros cruceros oceanográficos en el Pacífico Colombiano, para seguir monitoreando en las mismas estaciones, con el fin de determinar las tendencias de la contaminación por hidrocarburos y verificar posibles fallas acontecidas en este.
- Para evitar errores metodológicos en la determinación de los HDD, se deben realizar por una misma persona o grupo, la recolección, extracción y análisis de laboratorio e instrumental.
- Se deberán extremar las medidas para evitar contaminar las muestras, debido a que las fuentes de contaminación por hidrocarburos en los buques, son numerosas.
- El encargado de la estación debe verificar que el buque no este achicando ninguna clase de residuos durante la toma de muestras. Deberá lavarse bien las manos con agua y detergente, la boya, el cabo y demás instrumentos de muestreo no deben estar expuestos a descargas de chimeneas ni manipulaciones del personal ajeno a la operación.
- Tener una botella para cada estación, rigurosamente lavada como se indica en el manual.
- Toda la vidriería y demás instrumental utilizado debe ser debidamente lavado después de cada extracción IN SITU.
- Realizar los análisis de laboratorio e instrumental lo antes posible, después de concluido el crucero.

BIBLIOGRAFÍA

MARRUGO A, G. Diagnóstico de la Contaminación Marina en el Pacífico Colombiano. Informe preliminar, CCCP 1994

MANUALES Y GUÍAS No 13 de la COI "Manuales para la Vigilancia del Aceite y los Hidrocarburos del Petróleo Disueltos/Dispersos en el Agua de Mar y en las Playas" UNESCO 1982.

HIDROCARBUROS PETROGÉNICOS EN AGUAS, SEDIMENTOS RECIENTES Y BIVALVOS BIOINDICADORES DE ZONAS COSTERAS DEL PACIFICO

COLOMBIANO

ALONSO J. MARRUGO G.

JUDITH LUNA

RESUMEN

La información que se presenta se obtuvo de la base de datos recopilada por el CCCP (Centro Control Contaminación del Pacífico), en siete años de monitoreo de hidrocarburos en el Pacífico Colombiano.

El objetivo general del presente trabajo fue el de determinar las tendencias del contaminante. Además consta de una introducción general donde se referencian los principales efectos de los hidrocarburos sobre el medio marino.

En este lapso se analizaron aguas, sedimentos superficiales y organismos bioindicadores (bivalvos). Se tomaron para el estudio las muestras colectadas en nueve estaciones costeras del Pacífico colombiano. Para la Ensenada de Tumaco, Isla Gorgona y Bahía B/ventura se tomaron datos de siete años de monitoreo; Para algunas estaciones de Bahía de Guapi, de tres y cuatro años, para Bahía Málaga de cinco años y para Bahía Solano de tres.

En general los resultados muestran una tendencia descendente para la Costa Pacífica Colombiana. Aunque en algunas zonas como bahía Málaga y bahía Solano las TAM (Tendencias Años de Monitoreo) fueron ascendentes. En las demás zonas las tendencias varían según sea el medio, acuático, sedimentológico u orgánico.

Los HDD (Hidrocarburos Disueltos Dispersos) tuvieron TAM ascendentes únicamente en las estaciones Juanchaco y Solano de Bahía Málaga. Las más altas concentraciones en los tres parámetros estudiados, se obtuvieron en los dos primeros años de monitoreo, presentando un descenso en los dos años subsiguientes para luego mantener una tendencia ascendente.

Las concentraciones de HDD se encuentran por debajo de la norma internacional de 10 µg/l, establecida por UNESCO para aguas superficiales libres de contaminación por hidrocarburos.

ABSTRACT

The information presented was obtained from the data base collected by CCCP (Contamination Control Center of Pacific) along seven years of hydrocarbons monitoring in the Colombian Pacific.

The general objective of the present job was to determine the tendencies of the contaminating. Besides it consist of a general introduction in which the principal hydrocarbons effects over the marine environment are refereced.

In this lapse waters were analyzed, superficial sediments and bioindicating organisms (bivalved). For the study, it were taken samples collected in nine coaster stations of the Colombian Pacific; in Tumaco Creek, Gorgona, Island and B/ventura Bay, it were taken data of seven monitoring years; for some stations in Guapi Bay of three and four years, in Málaga Bay of five and for Solano Bay of three.

In general the results show a lowering tendency for the Colombian Pacific Coast. In spite of the fact that in some zones like Malaga Bay and Solano Bay the TAM (Monitoring Years Tendencies) Were

raising. In the rest of the zones the tendencies vary according to the environment, aquatic, sedimentologic or organic.

The HDD (Disperse Dissolve Hydrocarbons) had raising TAM's only in Juanchaco and Solano stations of Malaga Bay. The highest concentrations in the three studied parameters were obtained in the first two monitoring years, presenting a descent in the next two years, to then keep an ascendant tendency.

The HDD concentrations are found below international norm of 10 µg/l, established by UNESCO for superficial waters free of concentration by hydrocarbons.

INTRODUCCIÓN

La contaminación por petróleo genera infinidad de riesgos que van a incidir directa o indirectamente sobre las características fisicoquímicas, biológicas y estéticas del área afectada. De acuerdo a sus propiedades, los hidrocarburos presentan grados variables de toxicidad, encontrándose que algunos de ellos generan alteraciones metabólicas y fisiológicas en organismos marinos estudiados (Lee et. al. 1980).

Los estudios sobre la toxicidad de los hidrocarburos muestran que son causantes de efectos biológicos a corto y largo plazo, causados por la disminución de la transmisión de la luz que afecta la fotosíntesis de la vida vegetal marina, la disminución del oxígeno disuelto que afecta la fauna marina, daños a las aves marinas y a los mamíferos acuáticos por impregnación de sus plumas y cuerpos que impide el vuelo y disminuye la flotabilidad con sus consecuencias. Por otra parte los hidrocarburos con puntos de ebullición bajos, a concentraciones acuosas reducidas producen narcosis en una gran variedad de animales inferiores.

Las siguientes cifras pueden dar una idea de la importancia de preservar el medio marino de la contaminación por hidrocarburos:

La carne de pescado adquiere un olor desagradable si la concentración de gasolina en el agua es de 5 µg/l, una concentración de 100.000 µg/l es letal para las larvas de trucha y con la mitad de esta cantidad pierden la movilidad en una hora, siendo fácil presa de los depredadores. Si el agua tiene una concentración de 500 µg/l de derivados del petróleo, la carne toma su sabor en un día, si la concentración es de 200 µg/l tardará tres días, si es de 100 µg/l tardará diez días en tomar el sabor. En 250 µg/l la carne de trucha adquiere el sabor desagradable en 24 horas y a 1000 µg/l inmediatamente.

Concentraciones de petróleo ricas en azufre y sus derivados de 100 µg/l son tóxicas para el zooplancton. Concentraciones de 1200 µg/l son tóxicas para embriones de pescado y especies juveniles. Concentraciones de 1400 µg/l son tóxicas para los bentos, de 16100 µg/l son tóxicas para peces jóvenes y adultos. Concentraciones de 1000 µg/l son letales para el plancton en un día de exposición. Concentraciones de petróleo crudo de 300 µg/l son muy tóxicas para especies en cautiverio.

Los hidrocarburos aromáticos Polinucleares (HAPN) tienen antecedentes de ser cancerígenos fuertes. Los HAPN están presentes en el petróleo en aproximadamente 15%, estos compuestos se encuentran presentes en los tejidos de los organismos marinos expuestos a descargas de hidrocarburos; estos hidrocarburos se acumulan en los tejidos ingresando así a la cadena trófica, con el peligro de inducir cáncer al hombre que los consume. También se conocen casos de tumores cancerígenos en organismos marinos expuestos a estas descargas.

En el petróleo y sus derivados hay muchos compuestos cancerígenos y otros que se sospecha que tienen estas propiedades en mamíferos y en el hombre. Entre estos compuestos se hallan

sulfurados, nitrogenados heterocíclicos, derivados metilados policíclicos y heterocíclicos y los HAPN.

Compuestos naturales o petrogénicos parcialmente degradados pueden contener productos de su oxidación que son igualmente cancerígenos (Feidmann, 1973). La literatura acerca del tema está bastante dispersa y enfocada hacia otras prioridades. Los estimativos sobre los potenciales efectos cancerígenos de los HAPN son muchos pero la gran mayoría referentes al 3,4-Benzopireno (BaP) y 1,2-Benzoantraceno (BaA) (Winter 1968). Se está considerando que los compuestos que posean estructuras semejantes al BaP y al BaA son potencialmente cancerígenos; hay otros compuestos diferentes a los aromáticos que aceleran o promueven la actividad cancerígena por ejemplo compuestos alifáticos como el docosano (IARC, 1973). De esta forma quedó demostrado que mayores propiedades cancerígenas en los mamíferos, presenta el petróleo que los compuestos derivados en particular (Medical Research Council, 1968).

Los estimativos de hidrocarburos que entran al océano mundial por la producción petrolera, transporte y refinación son más de 10^7 toneladas (Blumer, 1972), Quinn (1974) estimó la contribución atmosférica en 22×10^6 t de hidrocarburos del C_2 al C_{32} para el hemisferio norte con un tiempo de residencia de 0.5 a 2.3 años.

La entrada al mar de hidrocarburos petrogénicos y biogénicos de las fuentes terrestres por largo tiempo no han sido consideradas pero los vertimientos urbanos y las aguas servidas pueden tener considerables cantidades de HAPN; Harrison y Perry (1975) han reportado 31.4 mg/m^3 de BaA en aguas residuales no tratadas. Los HAPN introducidos por aguas ocasionales pueden ser apreciables, se han recopilado evidencias sobre la biosíntesis de HAPN por bacterias, fitoplancton, algas y plantas terrestres superiores. También se ha estudiado la habilidad de algunos organismos marinos y otras bacterias y fermentos de sintetizar complejas mezclas de HAPN, las cuales se pueden encontrar en organismos marinos expuestos a contaminación por hidrocarburos.

El potencial peligro de los HAPN para la salud humana se puede resumir en los siguientes aspectos.

1- Los derivados aromáticos incluyendo los HAPN son bioacumulados por algunos tejidos de organismos marinos cuando son expuestos a concentraciones bajas de contaminantes, alcanzando concentraciones significativamente altas, estos organismos concentradores son consumidos por otros miembros superiores de la cadena trófica empezando un proceso de biomagnificación que va pasando a organismos que no están directamente influenciados por las descargas de hidrocarburos.

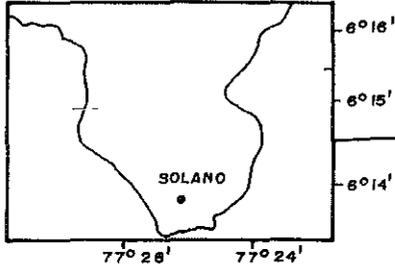
2- Hay un principio de acumulación de HAPN cancerígenos en el hombre que pueden en principio sobrepasar los niveles permitidos debido a los procesos de bioacumulación y biomagnificación. No existen niveles iniciales a los cuales un producto pueda llegar a producir cáncer.

3- los HAPN inducen tumores cancerígenos a los organismos marinos y la ingestión de estos tejidos con tumores pueden presentar un alto riesgo para la vida humana.

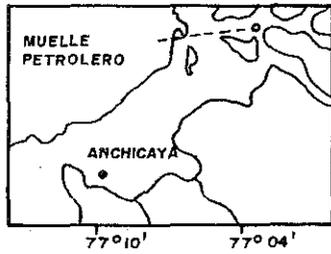
Debido a los accidentes, a las descargas intencionales de petróleo y sus derivados y a infiltraciones naturales, ha habido una reducción en calidad y cantidad de productos del mar aprovechables para consumo humano. El deterioro de la calidad debida a la contaminación por hidrocarburos es manifiesta cuando la acumulación llega a niveles causantes de sabor y olor en los productos del mar convirtiéndose en no aptos para el consumo.

La contaminación por hidrocarburos puede ocasionar efectos agudos o crónicos letales a larvas, especies adultas, juveniles o huevos; también pueden causar efectos subletales como por ejemplo reducción de fecundidad, alimentación o ratas de desarrollo, interferencias con el sistema químico de comunicación, etc. 755

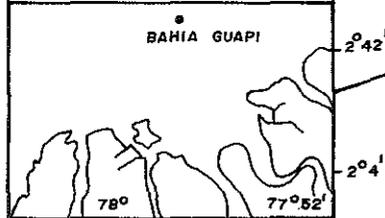
ESTACIONES MUESTREO B. SOLANO



ESTACIONES MUESTREO B/VENTURA



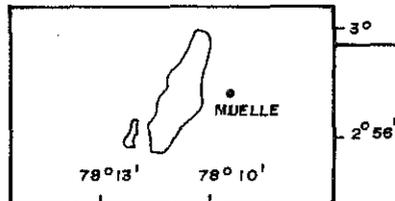
ESTACIONES MUESTREO BAHIA GUAPI



ESTACION MUESTREO BAHIA MALAGA



ESTACIONES MUESTREO ISLA GORGONA



ESTACIONES MUESTREO ENSENADA TUMACO

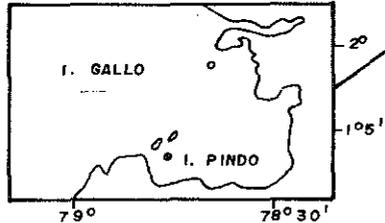


FIG.1 UBICACION GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Evaluar al cien por ciento los daños de la contaminación por hidrocarburos es imposible debido a la inadecuada documentación sobre incidentes, multas, demandas o retención de productos.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para el desarrollo de la presente investigación se escogieron zonas vulnerables de alto y bajo riesgo de contaminación por hidrocarburos en el Pacífico Colombiano. Se realizaron veintiocho muestreos entre los años 1985 al 1993, analizando muestras tomadas en nueve estaciones en la ensenada de Tumaco, Isla Gorgona, bahía Guapi, Bahía B/ventura, Bahía Málaga y Bahía Solano (Figuras 1).

METODOLOGÍA

Como referencia se tomaron los Manuales y Guías No. 13 de la COI ("Manuales para la Vigilancia del Aceite y de los Hidrocarburos del Petróleo Disueltos/Dispersos en el Agua de Mar y en las Playas". UNESCO 1982), cuyo principio se fundamenta en la toma de muestras a un metro de profundidad, extracciones sucesivas con n- hexano, concentración y posterior análisis por fluorometría; los Manuales y Guías No. 11 de la COI ("Determinación de los Hidrocarburos Petrogénicos en los Sedimentos". UNESCO 1982), basados en: digestión alcalina, extracciones sucesivas con n- hexano, fraccionamientos en columnas de alúmina y posterior análisis por fluorometría y cromatografía de gases; Manuales de Métodos de Muestreo, Manejo y Análisis recopilados por UNESCO/COI/PNUMA, 1984; y el Informe del Curso Regional de Técnicas Analíticas para la Determinación de Hidrocarburos de Petróleo, en Organismos y Sedimentos Marinos en el Pacífico Sudeste, Valparaíso, Chile (Bruhn et al., 1987), el cual consiste (para organismos) en una digestión alcalina de la muestra, extracciones sucesivas con éter etílico, concentración a sequedad y restitución con n-hexano, fraccionamiento en columnas de alúmina/sílica gel y análisis de polares por fluorometría y no polares por cromatografía de gases.

Para la realización de los análisis en bivalvos se tomaron muestras de Striostrea prismatica, Anadara sp., Crassostrea columbience y Sacostrea palmula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los trabajos realizados sobre toxicidad se han efectuados con crudos, gasolina, Kerosene y algunos compuestos aromáticos por lo tanto, es difícil concluir con certeza sobre los efectos biológicos de las concentraciones obtenidas en nuestro monitoreo (Tablas 1,2,3), en el cual se determinaron concentraciones de hidrocarburos aromáticos y alifáticos totales que involucran una serie de compuestos con propiedades diferentes.

La correlación entre las concentraciones de hidrocarburos y el tiempo monitoreado nos sirvió para calcular de alguna manera, la tendencia del contaminante, por ejemplo un valor de correlación R positivo próximo a uno indicaría una tendencia ascendente; con una R próxima a menos uno, la tendencia sería descendente y si está próxima a cero indicaría condiciones estables o de poca variación.

En el desarrollo del monitoreo se tomaron estaciones de iguales características pero alejadas de fuentes de contaminación con el fin de determinar niveles naturales de referencia (NNR) para hidrocarburos en la costa pacífica. Con este fin se monitoreó en las estaciones Isla Gallo, El Muelle y Solano. Del análisis estadístico, tomando el intervalo de confianza superior con un 95% de confiabilidad, de los datos registrados en las anteriores estaciones se obtuvieron los siguientes

NNR; para los hidrocarburos Disueltos y/o dispersos en agua (HDD) fue de 1.34 µg/l, para los hidrocarburos totales en sedimentos (HTS) de 5.85 µg/g y para bivalvos de 77.76 µg/g.

Los hidrocarburos (Fig. 2) en la costa pacífica presentaron las siguientes tendencias a lo largo de los años de muestreos (TAM): Los HDD tuvieron una TAM descendente de -0.79. Los valores presentan una pendiente negativa entre 1987 y 1989, estabilizándose luego hasta 1992 con un promedio de 0.36 µg/l. Por encima de los NNR calculados, se encontraron los valores de HDD en los años 1987 y 1988 con 7.3 y 2.7 µg/l respectivamente.

Los HTS presentaron un descenso paulatino con una TAM de -0.34, con altibajos hasta 1992, año en que el valor se acercó a los NNR con 5.1 µg/g, para después incrementarse hasta 75.89 µg/g en 1993.

Los HTB tuvieron una TAM ligeramente descendente de -0.13 con un marcado descenso hasta 1989. Los valores permanecieron por debajo de los NNR hasta 1991, para luego ascender rápidamente en 1992 y 1993.

El comportamiento de los hidrocarburos (Fig. 3) en la Bahía de B/ventura fue el siguiente: Los HDD tuvieron una TAM descendente de -0.76 presentando una fuerte disminución en los dos primeros años para luego estabilizarse en valores por debajo de los NNR. Los HTS presentaron grandes fluctuaciones con valores máximos cada dos años, las concentraciones superaron los NNR en los años 1987, 1989, 1991 y 1993 con un promedio de 112.33 µg/g. La TAM fue descendente de -0.16. Los HTB presentaron un leve aumento en los dos primeros años, luego un fuerte descenso para mantener después un constante ascenso. La TAM fue ascendente de 0.23; solamente en el período 89 - 90 los valores estuvieron por debajo de los NNR calculados.



Fig. 2

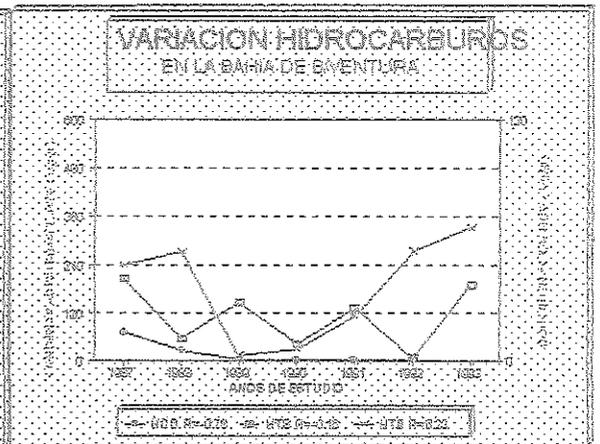


Fig. 3

En la ensenada de Tumaco el comportamiento de los hidrocarburos (Fig. 4) fue el siguiente: Los HDD presentaron un fuerte descenso en los primeros años, luego aumentaron pero sin superar los NNR. La TAM fue negativa de -0.77. Los HTS tuvieron una TAM positiva de 0.21. Los valores presentaron altibajos, observándose un fuerte ascenso en el último año, en donde la concentración alcanzó 102.58 µg/g. En todos los años se superaron los NNR. Los HTB presentaron una TAM negativa de -0.27, con un fuerte descenso en los tres primeros años, para a partir de 1990 mantener un paulatino ascenso.

En la estación Puente el Pindo los HDD tuvieron una TAM de -0.80, en los sedimentos de -0.49, en cambio en los bivalvos la TAM fue ligeramente ascendente (Fig. 5). Los HDD se encontraron por debajo de los NNR en los cuatro últimos años de monitoreo. Los HTS registraron concentraciones por encima de los NNR y según las proyecciones realizadas con base a las tendencias calculadas,

tardarían seis años para alcanzar los NNR. En el caso de los HTB el promedio se encontró por encima de los NNR y con tendencia ascendente.



Fig. 4



Fig. 5

En la estación Bocana Guapi las concentraciones de HDD y HTS se encontraron por debajo de los NNR, con TAM negativas. Los valores de HTB tendieron a aumentar, tardando estos últimos, según proyecciones, 13 años para sobrepasar los NNR (Fig. 6).

En la estación de Isla Gorgona, tomada como referencia para el cálculo de NNR, todas las tendencias son descendentes (Fig. 7).

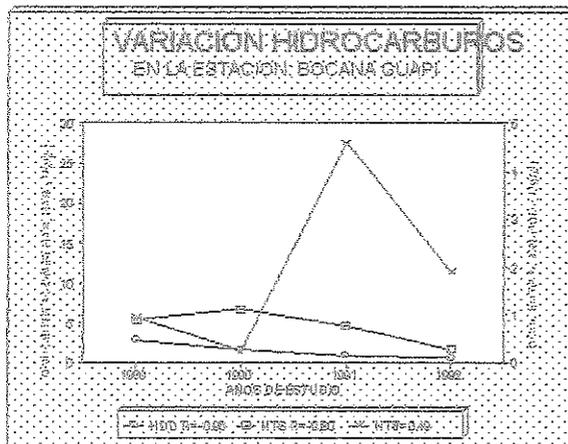


Fig. 6



Fig. 7

En las estaciones Muelle Petrolero (fig. 8) y Anchicaya, localizadas en B/ventura, las TAM fueron descendentes, a excepción de los HTB en la primera. Los HDD en el Muelle Petrolero tuvieron un leve ascenso en los dos primeros años, luego presentaron un pronunciado descenso para estabilizarse en NNR; los HTS presentaron valores por encima de los NNR, y según proyecciones tardarían 2.2 años para alcanzarlos. En los HTB se notó un fuerte descenso en los 2 primeros años, presentando consecutivamente un acelerado incremento entre 1990 y 1992, y finalmente una leve disminución en el transcurso de 1993; el promedio total fue de 188.36 µg/g, valor que se encuentra 2.4 veces por encima de los NNR con tendencia ascendente.

En la estación Anchicaya, en la bahía de B/ventura, las concentraciones de HDD estuvieron por debajo de los NNR a excepción del año 1987; los HTS se mantuvieron cerca a los NNR con tendencias descendentes. Los HTB presentaron valores por encima de los NNR en los dos primeros años de monitoreo, luego se observó un fuerte descenso que duró 2 años, para luego incrementarse hasta superar los NNR.

TABLA N° 1 CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS EN AGUA ($\mu\text{g/l}$)

AREA	ESTACION	1987	1988	1989	1990	1991	1992
ENCENADA TUMACO	PTE PINDO	52.8	18.5	2.9	2.37	1.5	2.1
	ISLA GALLO	20.18	1.28	1.33	4.2	1.6	1.9
BAHIA B/TURA	MUELLE PETROLERO	7.32	9.22	0.77	0.54	0.45	0.94
	ANCHICAYA	21.33	1.16	0.23	0.33	0.14	0.9
BAHIA MALAGA	JUANCHACO			2.3	2.47	1.17	5.23
BAHIA SOLANO	SOLANO					1.6	0.6
BAHIA GUAPI	GUAPI			0.47	0.26	0.14	0.09
GORGONA	MUELLE		3.71	0.1	0.29	0.63	0.35

TABLA N° 2 CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS ($\mu\text{g/g}$)

ESTACION	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
PTE PINDO	110.52	79.82	173.88	153.49	40.3	18.25	102.58
ISLA GALLO	16.07	5.06	1.91	5.36	2.15	1.01	
MUELLE PETROLERO	401.1	107.15	264.82	83.61	260.19	10.32	191.33
ANCHICAYA	12.45	6.66	28.62	3.93	5.43	5.69	
JUANCHACO			0.08	0.53	4.96	0.92	2.72
SOLANO					1.29	2.75	6.92
GUAPI			5.33	6.66	4.6	1.64	
MUELLE	5.46	4.3	0.29	0.19	0.69	0.24	

TABLA N° 3 CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS EN BIVALVOS ($\mu\text{g/g}$)

ESTACION	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
PTE PINDO	131.8	172.7	20.52	10.58	79.11	47.28	276.85
ISLA GALLO	237.5	51.3	5.86	4.57	62.29	13.33	3.13
MUELLE PETROLERO		213.55	28.05	57.87	205.26	469.06	331.83
ANCHICAYA		239.69	332.79	0.69	0.35	21.48	79.61
JUANCHACO			8.22	21.3	67.9	37.41	117.24
SOLANO					14.98	53.2	126.81
GUAPI			5.63	1.35	27.57	11.39	
MUELLE		27.03	9.73	7.86	8.86	14.15	

En la estación Juanchaco (fig. 9) las TAM fueron ascendentes en los tres medios: agua, sedimentos y bivalvos; todos los promedios se encontraron por debajo de los NNR. Haciendo las proyecciones del caso, los HDD tardarían 11 años en presentar valores por encima de los NNR, los HTS 4 años y los HTB ya se encuentran sobre estos.

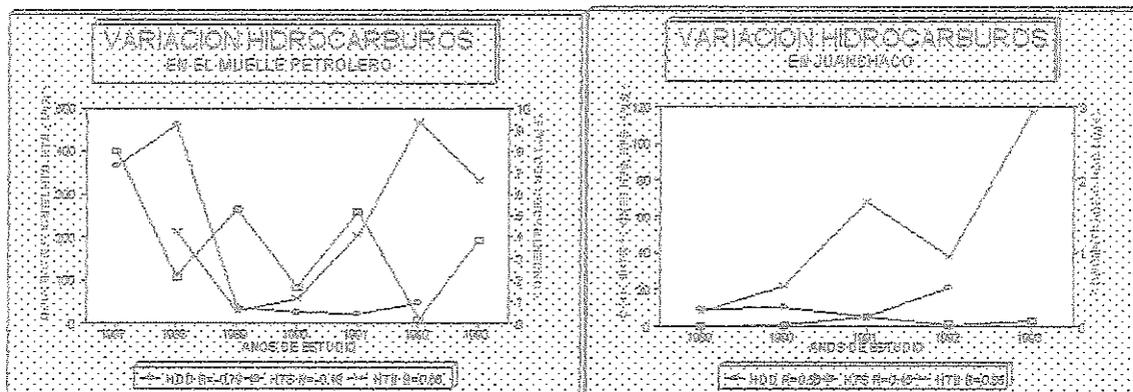


Fig. 8

Fig. 9

En la estación Solano tomada como referencia, las TAM en los tres medios fueron ascendentes, sobre todo en sedimentos y organismos. Teóricamente se calculó por proyecciones, que si continúan las mismas tendencias, dentro de poco los valores de HTS y HTB superarán los NNR.

CONCLUSIONES

En general, las TAM de los hidrocarburos en los tres medios estudiados (agua, sedimentos y bivalvos), son descendentes en todo el litoral con algunas pocas excepciones (Ensenada de Tumaco y en las estaciones Juanchaco y Solano).

Se registraron tendencias ascendentes de HTB en la bahía de B/ventura y en las estaciones Puente el Pindo, Bocana Guapi, Muelle Petrolero, Juanchaco y Solano.

Los HDD tuvieron TAM ascendentes únicamente en las estaciones Juanchaco y Solano.

Las más altas concentraciones en los tres parámetros estudiados, se obtuvieron en los dos primeros años de monitoreo, presentando un descenso en los dos años subsiguientes para luego mantener una tendencia ascendente.

Las concentraciones de HDD se encuentran por debajo de la norma internacional de 10 µg/l, establecida por UNESCO para aguas superficiales libres de contaminación por hidrocarburos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERLINI, V. C., A. HORMI, L., DE LAPPE, B. W. RISEBROUGH, R. W., WALKER, LL. W., SIMONEIT, B. R. T Y NEUTON. A. S (1981). Distribution of Hidrocarburos in the Oyster Pinctada margaritifera, Along the Coast of Kuwait. Mar. Pollut. Bull. 12. 57-62.

ANDERSON, J. W., NEFF, I. M., COX, B. M., TATIM, H. E Y HIGHLOWER, G. M., 1974. The effects of oil on estuarine animals: Toxicity and depuration, respiration. En Pollution and physiology of marine organisms; editado por F. J. Vernberg y W.B. Vernberg. Academic Press. N. Y. Pag. 285 - 310.

BRUHN, C., DUKE, V., LECAROS, O., MARRUGO, A., SONNERHOLZNER, S. 1987. Informe del Curso Regional CPPS/PNUMA/COI "Técnicas Analíticas para la determinación de Hidrocarburos de Petróleo en Organismos y Sedimentos Marinos en el Pacífico Sudeste". PP 23.

CPPS/UNESCO/COI. 1992. Manual y Guía. "Determinación de los Hidrocarburos del Petróleo en los Sedimentos". Noruega.

ESCOBAR, J. 1987. Investigación y Vigilancia de la Contaminación Marina por Hidrocarburos del Petróleo en el Pacífico Sudeste, dentro del Marco del Plan de Acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras. CPPS.

GARAY, J., CASTRO, L. A., 1990. Avances del Programa Caripol Colombia. 1985-1990. Memorias VII Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar.

MARRUGO, A., 1993. Informe Análisis de Hidrocarburos en Aguas y Sedimentos de las Piscinas de Oxidación y Aguas Residuales del Terminal de Ecopetrol en Tumaco.

NATIONAL ACADEMY PRESS, 1985. Oil in the Sea Inputs, fates, and effects. US National Academic of Sciences Press. Wash., D.C.

PDCTM, 1990. Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia 1.990 - 2.000. Departamento Nacional de Planeación, COLCIENCIAS, CCO.

UNESCO, 1.976. Intergovernmental Oceanographic Commission and World Meteorological Organization Manuals and Guides No. 7. Guide to Operational Procedure for de Igoos Pilot Project in Marine Pollution (Petroleum) Monitoring.

**DIAGNOSTICO DE LA CONTAMINACION MARINA EN EL PACIFICO COLOMBIANO
(FASE I, CASO DE ESTUDIO TUMACO)**

**AUTORES: LUIS ALFREDO CALERO HERNANDEZ
ROBINSON FIDEL CASANOVA ROSERO
ADELA PATRICIA CASTRO MORENO
MONICA MARÍA ZAMBRANO ORTIZ**

RESUMEN

El Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP), dando cumplimiento a la misión asignada por la Dirección General Marítima de velar por la conservación del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales, para un desarrollo sostenible, en 1995 refuerza el enfoque tradicional de la investigación basada en monitoreos de parámetros fisicoquímicos y niveles de sustancias contaminantes, involucrando el componente socioeconómico, en el desarrollo del estudio; hoy en día es muy importante contar con el consenso de la población y las entidades de la región para poder llegar a plantear soluciones más acordes a las necesidades de la misma.

El estudio consta de dos fases y en la primera de ellas se tomo como caso de estudio el municipio de San Andrés de Tumaco, para esto se genero una base de datos con los estudios realizados por el CCCP en materia de contaminación marina, se complementaron algunos vacíos de información con la toma de datos en el campo y ensayos de toxicidad aguda y bioacumulación en bivalvos, se realizaron encuestas a la población enfocadas al tema ambiental.

Cabe resaltar que en el proceso industrial que se desarrolla en el municipio de Tumaco, los desechos generados son de tipo orgánico principalmente, encontrándose que aunque los problemas para el casco Urbano no se toman críticos debido a que la mayor parte del cuerpo de agua que lo rodea es abierto y con una amplitud de marea aproximadamente de 12 pies, que le permite efectuar un intercambio de un volumen considerable de agua, sí existen algunos sectores críticos, generándose problemas ambientales muy puntuales.

ABSTRACT

The CenterThe Center Control Pollution of the Pacific (CCCP), giving fulfillment to the mission assigned by the Direccion General Maritima of watching by the conservation of the environment and the preservation of the natural resources, for a sustainable development, in 1995 reinforces the traditional approach of the investigation based on parameter monitorings physical and chemical and substance level pollutants, involving the socioeconomic component, in the development of the study; today it is very important count on the consensus of the population and the entities of the region for power to arrive to outline solutions more agreed to the needs of the same.

The study consists of two phases and in the first of they is I taken as case of study the municipality of San Andrés of Tumaco, for this is I generated a data base with the studies accomplished by the CCCP in marine pollution matter, were complemented some empty of information with the takes of data in the field and acute toxicity trials and bioaccumulation in bivalve, were accomplished surveys to the population focused to the environmental topic.

Fit to emphasize that in the industrial process that is developed in the municipality of Tumaco, the generated tailing are of organic type mainly, being found that though the problems for the Urban hull are not become critical due to the fact that the lion's share of the water body that surrounds it is opened and with a tide extent approximately of 12 feet, that permits to him/her/you to effect an exchange of a considerable volume of water, yes exist some critical sectors, being generated very prompt environmental problems.

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de San Andrés de Tumaco, con 108.481 habitantes (IGAC, 1993), el 14% de la población total del Litoral Pacífico, se ha convertido en un polo de desarrollo en la región, lo cual desde este punto de vista, lo convierte en un área muy atractiva para los inversionistas foráneos, generando expectativas tanto para los habitantes de la localidad como de los municipios aledaños. Debido a este desarrollo en los últimos años, se ha incrementado el vertimiento de desechos al cuerpo de agua, convirtiéndose estos en una amenaza directa para los ecosistemas y la salud de las comunidades del litoral.

En este período de expansión, con la ampliación de la economía se presentan nuevas tecnologías, otras formas de organización de trabajo y de vida comunitaria, diferentes técnicas de consumo y empleo; generando como consecuencia distribuciones espaciales desorganizadas, que generan desequilibrios sociales y ambientales.

Desde el punto de vista socioeconómico y cultural, se toma a la comunidad como ente de análisis, ya que tiene una relación directa con el recurso marino, por ser la base de su economía y, está más próxima física y culturalmente a este, confiriéndole una sensibilidad especial para descubrir, cuando, como y porque dicho recurso se va perdiendo y así, recomendar acciones para protegerlo.

Este estudio tiene un gran significado en su aplicación, en el sentido de que le cambia el enfoque tradicional a la investigación y busca respuestas que satisfagan necesidades de tipo social y económico locales, regionales y nacionales, pretendiendo contribuir a la toma de decisiones en cuanto a planes de Desarrollo, de ordenamiento territorial.

Esta primera fase del proyecto es exploratoria, descriptiva y experimental, tomando como caso de estudio piloto, el municipio de Tumaco, ya que además de facilitar el desplazamiento y consecución de material científico, por la ubicación de la sede del proyecto; este municipio, es un importante polo en vía de desarrollo del país. En la segunda fase, se realizará la aplicación del diagnóstico en los principales asentamientos humanos de la región, como son Buenaventura, Bahía Solano y Guapi; para finalmente concluir con el Diagnóstico de la Contaminación marina en el Pacífico colombiano en el año 1996.

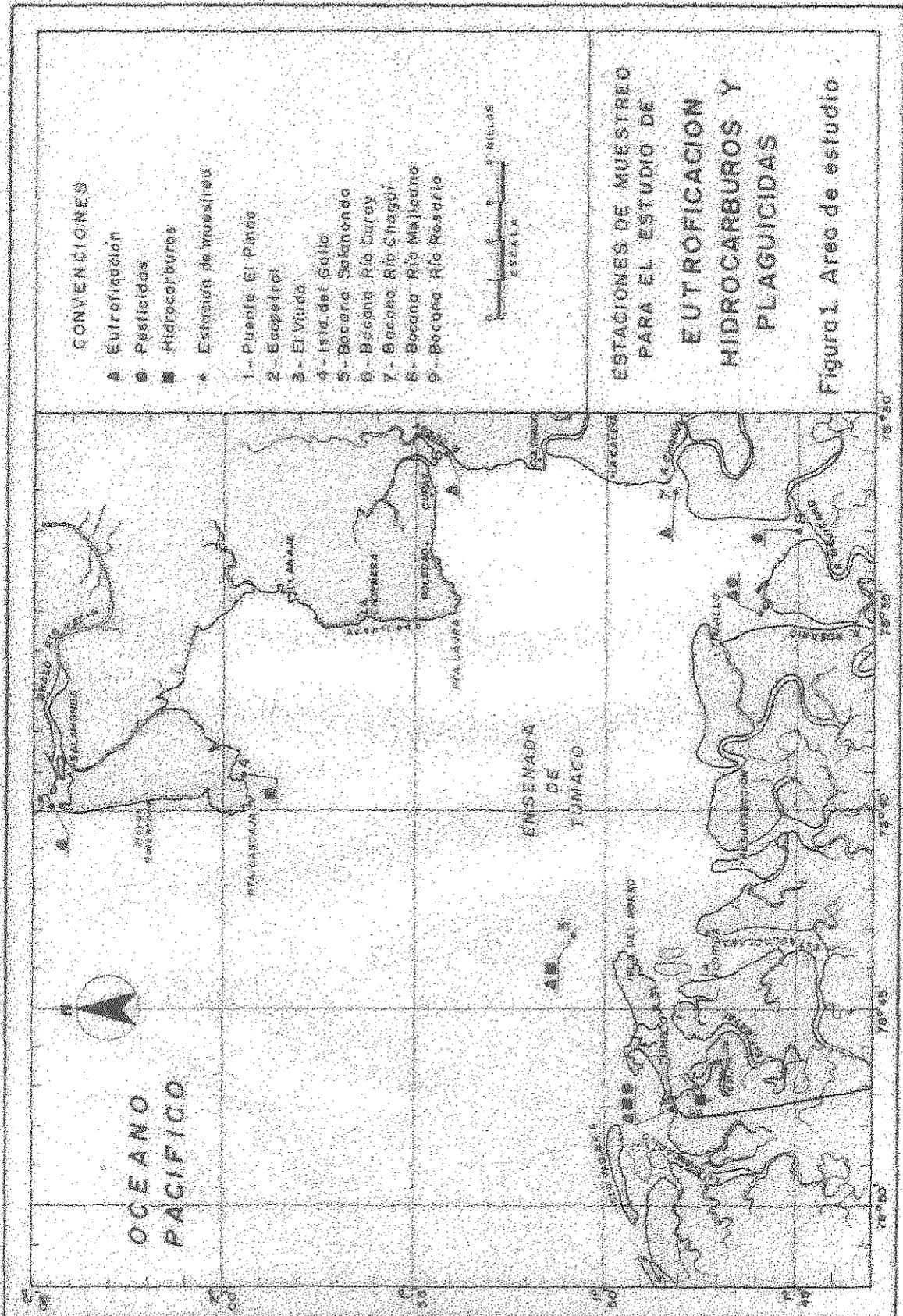
La finalidad de este documento es poner en consideración de las autoridades competentes y la comunidad, los resultados de la fase I del diagnóstico, conclusiones y recomendaciones; contribuyendo de esta forma a la toma de medidas correctivas para disminuir y controlar las fuentes de contaminación en el medio marino y al desarrollo sostenible de los municipios estudiados y del Pacífico colombiano.

2. AREA DE ESTUDIO

La ensenada de Tumaco se encuentra localizada en el extremo sur delimitando con la república del Ecuador por latitudes $1^{\circ} 45' 00''$ y $2^{\circ} 00' 00''$ N y longitudes $78^{\circ} 30' 00''$ y $78^{\circ} 45' 00''$ W; con un área aproximada de 350 Km², una longitud de 27 Km y una profundidad media de 5 m. (Ver figura 1).

El municipio de Tumaco está situado en el extremo sur-occidental de Colombia y del Departamento de Nariño; forma parte de los territorios bajos que conforman la llanura del Pacífico, región colindante con el Ecuador. Los límites del área definida para el caso de estudio, son por el norte y el Oeste con el Océano Pacífico; por el Este con los municipios de Roberto Payán, Barbacoas y Ricaurte y por el Sur con el Ecuador.

En la ensenada de Tumaco vierten sus aguas algunos ríos como: Curay, Colorado, Chagüi, Tablones, Mejicano, Rosario, Mira, Patía, Guandarajo, Chilvi, Caunapi y Guadual y esteros de gran importancia, los cuales aportan materiales de tipo aluvial que modifican continuamente las condiciones morfológicas de



la ensenada, en especial las Islas de Bocagrande, Vaquería, los Bancos, El Guano, La Viciosa, El Bajito, Tumaco, El Morro, El Quesillo y El Viudo.

3. METODOLOGIA

Durante esta primera fase, se creó la base de datos con la información de parámetros fisicoquímicos y de sustancias tóxicas, de los estudios realizados por el centro en un lapso de 10 años, se efectuaron ensayos de toxicidad aguda y de bioacumulación en bivalvos (Pianguas) para determinar la capacidad de acumulación de hidrocarburos de dichos organismos que fueron monitoreados durante siete años, se continuó con los monitoreos de plaguicidas e hidrocarburos que es un programa de carácter permanente en el CCCP como sistema de vigilancia y finalmente se realizó el diagnóstico de la contaminación marina del municipio de Tumaco, y se obtuvo información socioeconómica de los actores que sufren o manifiestan el problema relacionado directamente con la contaminación marina por fuentes terrestres, mediante encuestas y talleres que se le realizó a la población.

4. MONITOREO DE SUSTANCIAS CONTAMINANTES

4.1 Hidrocarburos

Al efectuar una comparación del comportamiento de los niveles de hidrocarburos aromáticos monitoreados por el CCCP en la ensenada de Tumaco desde 1986, se encuentra que el promedio de las concentraciones presentan oscilaciones tanto en aguas como en sedimentos y organismos, con rangos comprendidos entre 0.2-1.14 ug/l, 0.29- 4.52 ug/g y 2.33-14.54 ug/g respectivamente como lo muestra la tabla 1, al igual que la relación establecida 1:4.07:16.6 lo que evidencia un elevado nivel de estos compuestos en los organismos que supera los presentados en aguas, siendo dicho comportamiento el esperado, ya que el recambio que ocasiona la amplitud mareal presentada diariamente en la zona no permite que se concentren sustancias o compuestos antropogénicos en niveles significativos en la columna de agua.

Tabla 1. Concentración de hidrocarburos aromáticos monitoreados en la ensenada de Tumaco.

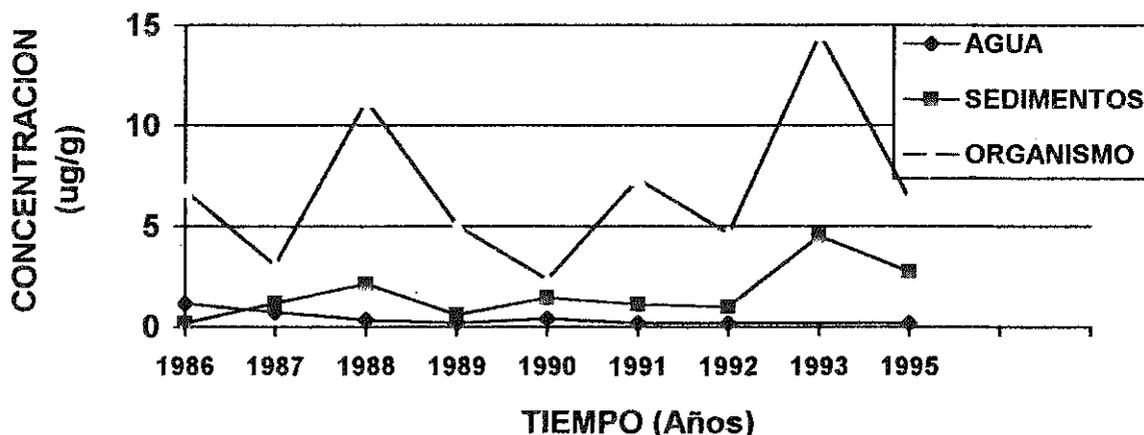
MATRIZ	AÑOS DE MUESTREO									
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1995	PRM
AGUA	1.14	0.72	0.34	0.20	0.43	0.20	0.20		0.20	0.41
SEDIMENTOS	0.29	1.17	2.10	0.60	1.44	1.13	0.98	4.52	2.72	1.67
ORGANISMOS	6.76	3.06	11.26	5.06	2.33	7.36	4.63	14.54	6.38	6.82

El comportamiento de estos compuestos se observa claramente en la figura 2, donde las máximas concentraciones se reportan para el año 1993, coincidiendo estos valores con la disminución de la producción de las camarонерías.

En cuanto a la relación existente entre organismos y sedimentos, esta no muestra un comportamiento o tendencia determinada sin embargo, no debe olvidarse que la capacidad de retención de los organismos estudiados (bivalvos) puede ser bastante elevada, acumulando poco a poco estos compuestos, que a su vez no son metabolizados pero si depurados. A partir de lo anterior y con los resultados obtenidos, no resulta sorprendente hallar relaciones de este tipo.

Teniendo en cuenta que el aumento de la densidad de población, la actividad industrial y el tráfico marítimo, pueden influir en el incremento de las concentraciones de hidrocarburos aromáticos a largo plazo, es importante resaltar la importancia de contar con medidas que garanticen el uso de tecnologías seguras para el medio marino en cuanto a manejo de hidrocarburos.

Figura 2. Hidrocarburos aromáticos en la ensenada de Tumaco.



4.2 Plaguicidas

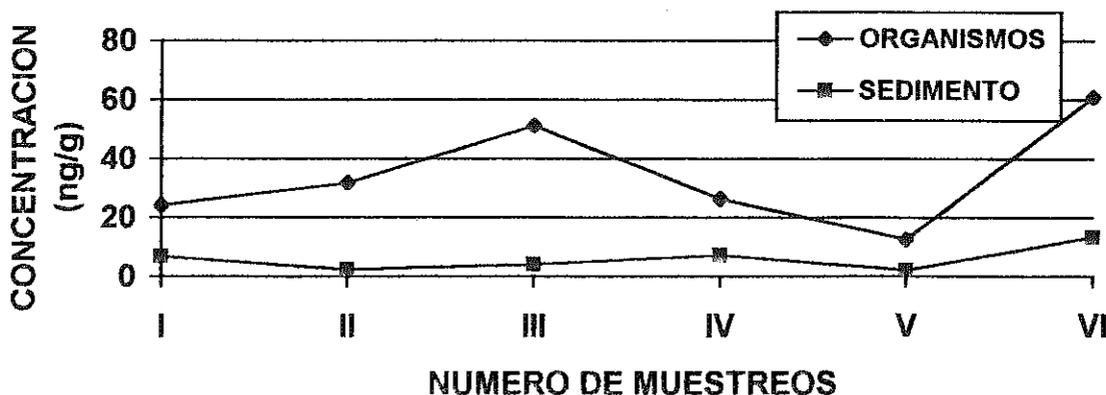
Compuestos como los DDT's, son de gran efectividad y persistencia en el medio (hasta períodos mayores de 12 años), en Colombia fueron prohibidos desde 1974, y en los muestreos realizados siempre han estado presentes, encontrando una concentración promedio para sedimentos de 6.07 ng/g y en organismos de 34.485 ng/g, presentando una relación de 1:5.68, indicando que existe una gran capacidad por parte de los bivalvos de acumular estos compuestos, tomándolos del sedimento en su proceso metabólico (Ver tabla 2).

Tabla 2. Concentraciones de DDT's obtenidas en diferentes muestreos en la ensenada de Tumaco.

MATRIZ	MAYO 1992	AGOS 1992	NOV 1992	JUNI 1993	SEPT 1993	AGOS 1995	PROMEDIO
ORGANISMOS	24.16	31.75	51.22	26.34	12.61	60.83	34.485
SEDIMENTOS	6.88	2.43	4.22	7.36	2.17	13.36	6.07

En la figura 3, se puede apreciar un comportamiento irregular en el monitoreo de DDT's, especialmente en organismos, lo cual depende del tamaño y se encuentra asociado a la forma irregular con que los organismos acumulan y eliminan; mientras que en los sedimentos los niveles detectados son más estables debido al lento proceso de degradación.

Figura 3. Concentración de p,p'-DDT en la Ensenada de Tumaco

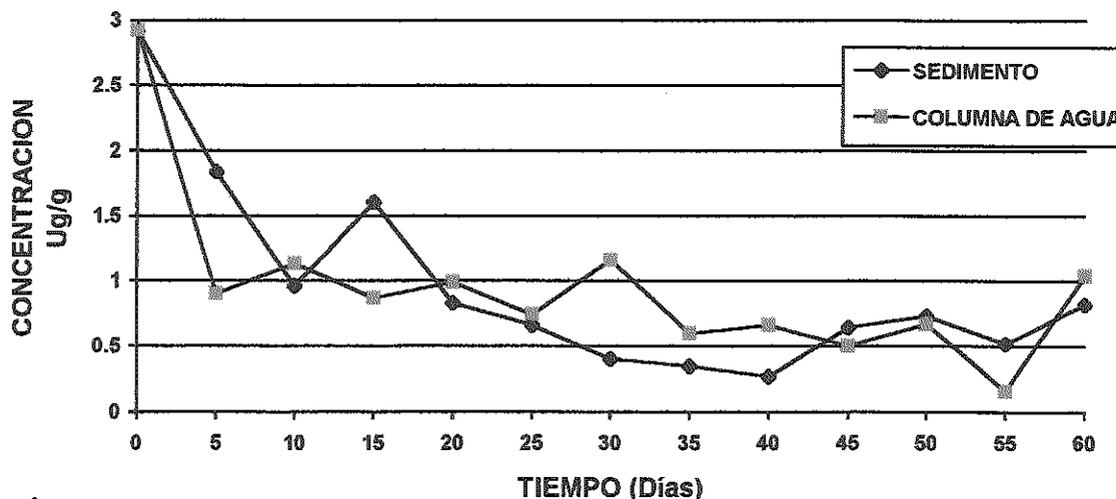


5. ENSAYOS DE BIOACUMULACION

5.1 Técnicas in situ

La oscilación presentada a nivel de Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT) tras la exposición de los organismos fue promediada por muestreo evidenciando una tendencia a la disminución durante el período de exposición; a su vez, es bastante similar para los organismos transplantados en ambos medios, y solo pueden percibirse leves ascensos y descensos en organismos de la columna de agua, siendo estos menos espaciados que los presentados por organismos del sedimento como lo muestra la figura 4.

Figura 4. Comportamiento de las concentraciones promedio de Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT) para el ensayo definitivo.



La técnica de colocar las canastillas en la columna de agua, permite apreciar con mayor precisión el tiempo que tardan los organismos en acumular y eliminar el hidrocarburo, ya que no se ven afectados por los procesos irregulares de degradación de este tipo de compuestos en el sedimento.

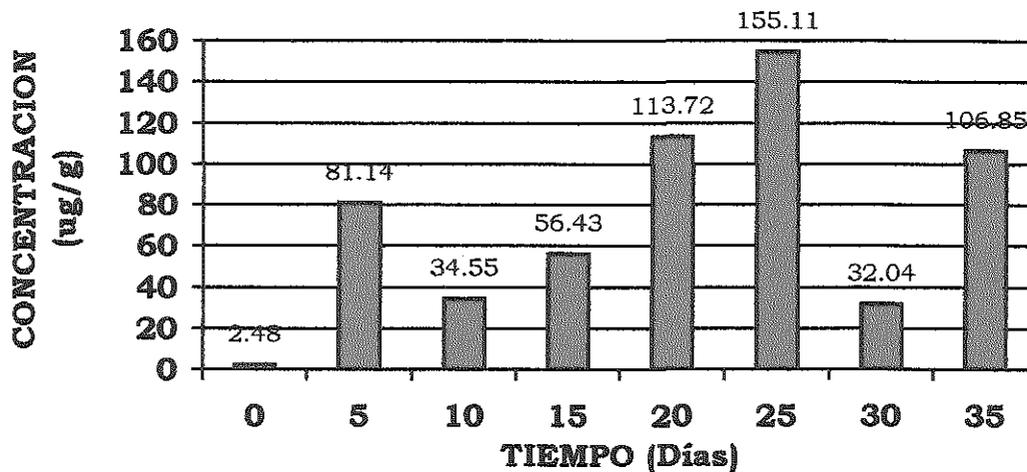
5.2 Técnica en acuarios

Las concentraciones halladas oscilan entre 32.04 ug/g y 155.11 ug/g (Ver figura 5); siendo la concentración inicial (previa al inicio del ensayo) de 2.47 ug/g, bastante similar a la concentración inicial presentada en organismos transplantados durante el ensayo *in situ* que igualmente, provenían de la Isla del Gallo. Se observa claramente es que los organismos poseen una gran capacidad de acumulación que contrasta con los bajos niveles de retención presentados al realizar el seguimiento *in situ*.

Las concentraciones máximas registradas en el transcurso del estudio son de 1.61 ug/g en el campo y de 155.11 ug/g en el laboratorio, lo cual indica que, los organismos de la ensenada de Tumaco se encuentran incorporando niveles de HAT mínimos ante la elevada capacidad de retención que presentan.

Se puede decir que en el campo se presentaron pequeños ciclos de retención y degradación de compuestos aromáticos, encontrando promedios de 7.5 días para lograr incrementos y 8.5 días para lograr el nivel más bajo de degradación. Sin embargo, cabe destacar que la fracción aromática no tiene un ciclo regular dentro de los organismos, debido al proceso metabólico que se desarrolla dentro de los mismos.

FIGURA 5. Concentración de Hidrocarburos Aromáticos Totales (HAT) para *Anadara tuberculosa* durante la prueba de bioacumulación con ACPM-dispersante. Valores presentados en ug/g en base a unidades de Criseno.



6. INVENTARIO DE INDUSTRIAS Y CALIDAD DEL AGUA

Dentro de las industrias que generan desechos sólidos se destacan los provenientes de los 17 aserrios, existentes en el casco urbano de Tumaco, los cuales han venido acumulando un volumen de aserrín equivalente a 339.297,94 m³ destinados a relleno con el fin de ampliar sus instalaciones. El área de relleno para 1995 alcanzaba los 111.391,52 m², mientras que el área consolidada es de sólo 39.141,52 m² (Ver tabla 1). Teniendo en cuenta que el aserrín se ha venido utilizando durante varios años como relleno entre la línea de máxima y mínima marea, generando una contaminación puntual, en estas áreas.

Tabla 1. Listado de aserrios para la bahía interna de Tumaco en abril de 1995.

ASERRIO	Volumen de relleno (m ³)	Area de relleno (m ²)	Area consolidada (m ²)
Aserrio El Coral	9817.5	3272.5	4586.5
Los Cedros	10928.4	3903	4194.38
Maderas Pereira	9217.16	3518.00	645.00
Derivados forestales	16136.25	10757.50	0
Maderas Marquinez	9250	5979	0
Empresa Moldunar	35685.3	8496.5	923
Productos de madera	12570	4190	14640
Aserrios Lombano	4083	2722.1	555
Maderas El bosque	8741.36	4084.75	1238
Aserrio Santander	454.6	260	205
Maderas El Profe	154678.5	27870	3240
Machimbres El Pindo	159.6	212.8	884.54
Aserrio El Tigre	7022	7092	0
Aserrio del Sur	18632.17	7835	0
Maderas Tumaco	6797.43	1720.87	1201.5
Aserrio Lara	1131.67	592.5	213.6
Maderas El Pindo	33993	18885	6615
TOTAL	339297.94	111391.52	39141.52

Fuente : Capitanía de puerto Tumaco- Centro Control Contaminación del Pacífico

De acuerdo a Gutierrez 1994, Margalef 1982 y al Decreto 1594/84, sobre usos del agua y residuos líquidos; los valores encontrados para los parámetros fisicoquímicos de la Ensenada se encuentran dentro de los rangos aceptables para el agua de mar, a excepción del fósforo, que se encuentra ligeramente por encima del rango de 0 y 0.67 ug.at P-PO4/l (García 1970), debido a los aportes de los ríos que desembocan a la ensenada (Ver tabla 2).

Tabla 2. Concentraciones promedio de parámetros fisicoquímicos para la ensenada de Tumaco en el período 1990- 1993.

Parámetro	O.D	DBO5	NO3-	NO2-	NH4+	PO4
Promedio	4.00	1.44	0.59	0.28	1.55	0.81
No. de Registros	587	406	287	322	309	495

El vertimiento de la mayoría de desechos sólidos y líquidos a la ensenada de Tumaco , es de carácter orgánico, siendo este el principal factor de una posible alteración de las condiciones fisicoquímicas y Biológicas del cuerpo de agua, lo cual aún no ha generado problemas, debido a los amplios cambios mareales que se presentan, identificándose como área crítica el sector "el Pindo".

7. COMPONENTE SOCIAL Y ECONOMICO

La principal presión sobre el recurso marino, lo ejerce la población del casco urbano, donde la industria obtuvo una expansión vertiginosa debido a la incursión de nuevas tecnologías y procesos de producción y extracción (la acuicultura y pesca industrial), efecto que permite explicar el incremento de la interacción hombre-medio marino. En Tumaco el efecto entre el crecimiento poblacional y la incorporación de nuevas formas de vida esta sobrepasando la capacidad física la Isla de Tumaco, donde se agrupa la mayoría de la población del casco urbano

7.1 Encuestas

Tenemos que el ingreso es el criterio económico que determina la jerarquía de los grupos, los ingresos discriminan, lo mismo que la ocupación, la riqueza y la educación. La ocupación es más discriminatoria que los ingresos y el grupo ocupacional a que se pertenece es una variable independiente que establece diferencia de los ingresos de la población.

Una tendencia bien interesante observada en el estudio es que un porcentaje significativo de los individuos con mayores ingresos tienen un comportamiento y nivel de opinión de estratos más bajos al que les corresponde según sus ingresos, se presenta en Tumaco el caso de que un ingreso alto coloca a la persona en un estrato superior al que siente en su aspecto cultural, o también se puede interpretar que los valores y comportamiento de los sectores altos se están homogeneizando con los demás, cambiando a unos menos rígidos.

Toda la población encuestada tiene una identificación de estrato y reconoce uno al cual pertenece; el más popular es el estrato 1, con un 36% existiendo una relación subjetiva entre clase y ocupación. En cuanto a la vivienda el análisis revela que el nivel de habitación esta intensamente diferenciado tanto por el ingreso familiar, como por la educación, gastos, ocupación y riqueza familiar.

La falta de conocimiento sobre los riesgos de romper el equilibrio de los ecosistemas, por la intensa y excesiva intervención de los actores sociales, que utilizan a menudo tecnologías inapropiadas en la explotación de los recursos como artes de pesca no selectivos, tala indiscriminada de arboles, etc, puede conducir a los ecosistemas a procesos de deterioro irreversibles.

Se observa una baja capacidad de reacción por parte de la población a los efectos visuales que produce la alteración del paisaje, producto de los desechos que se vierten en el cuerpo de agua de la ensenada especialmente sólidos.

En el momento de hablar de contaminación, la comunidad lo asocia directamente con los residuos sólidos y líquidos vertidos al mar por la misma población, resultados de la falta de infraestructura urbana e industrial en la eliminación y disposición final de residuos. No cuentan con un conocimiento claro sobre las clases de contaminantes, la población los relaciona con la basura, desechos químicos generados por las semi-industrias pesqueras y el petróleo, tomando la primera como la fuente más sobresaliente de contaminantes por ser un elemento que se descompone, produce malos olores y potencialmente puede afectar la salud de los mismos.

La solución al problema de los desechos sólidos se encuentra en dos formas enterrarlas o quemarlas, razón por la cual la mayoría de gente así exista un sistema de recolección de residuos, los entierra o incineran en zonas baldías, esteros o hasta en el patio de la casa; sin medir las consecuencias que puedan generarse en la salud.

Según el 45% de la población existe recolección de basura por parte del Municipio, pero esta es deficiente y tan solo cubre al 38.8% de la población de una manera irregular.

7.2 Características del Sector Industrial y Empresarial del Perímetro Urbano de Tumaco.

En la economía de Tumaco, la industria esta representada por un 28.44% de establecimientos que se dedican a la actividad comercial, donde los más representativos se encuentran en el sector hotelero. Las empresas o establecimientos que se dedican a esta actividad generalmente son pequeñas y de carácter familiar. En el estudio, se observó que el sector más amplio es el comercial, logrando el 67.91% de la base económica de los habitantes; donde los más abundantes son los dedicados al comercio de víveres y abarrotes (tiendas y graneros).

7.3 El mar y el gremio económico.

La economía de Tumaco es de tipo extractivo, de ahí que en esta región cuando se habla de actividad económica, se piensa en el mar y se adentra en la vida e idiosincrasia de un pueblo. Por lo tanto resulta inevitable que el mar sea un medio multiplicador de beneficios, mientras que la contaminación es un aspecto que indirecta y directamente deteriora las bases económicas, sustento de la región.

Para el 65% de los encuestados la contaminación es sinónimo de desechos y para el 35% no solamente es desecho sino un desequilibrio en el ecosistema ocasionado por el hombre, que genera pérdidas en las condiciones de vida de la naturaleza, reflejado en la región por la falta de conciencia e infraestructura de disposición final de residuos.

La contaminación para el 46% en el aspecto social, altera las actividades normales de la población generando problemas sanitarios y para el 54% trae consigo problemas de salud en los pobladores e influye en la productividad marina. En el aspecto económico el 100% es de la opinión que afecta la calidad del agua reduciendo la población de especies comerciales disminuyendo los ingresos de las empresas y pescadores artesanales y empresas de turismo. Otro factor que desestimula la inversión en la región son las condiciones de salud.

Las principales causas que originan problemas de contaminación en la región, para el 45% de las empresas, es la falta de infraestructura, ya que por no existir un sistema de alcantarillado en todo el municipio, estos son descargados directamente al mar, generando problemas sanitarios; para el 15 % lo es el cargue de combustible, que por no contar con las medidas pertinentes ocasionan derrames en el cuerpo de agua de la ensenada y por consiguiente afecta la actividad pesquera y acuícola de la región; y el 40% restante es la falta de educación y concientización por parte de los moradores de la región quienes en sus actividades no guardan un equilibrio con el medio ambiente.

Se encontró un gran ausentismo por parte de las empresas en la generación de proyectos y estudios dirigidos a controlar la contaminación marina. Tan solo un 30% realiza Monitoreos de control de

calidad de aguas de interés privado, ya que este grupo está conformado por las empresas acuicolas de la región y ECOPETROL.

8. CONCLUSIONES

En los monitoreos de hidrocarburos aromáticos realizados por el CCCP desde 1986, se encontró que el promedio de las concentraciones aumentan progresivamente en aguas (0.41 ug/l), sedimentos (1.67 ug/g) y organismos (6.82 ug/g). Se puede afirmar que existe un alto riesgo para los bivalvos y la salud de quienes los consumen, dada la relación de que por cada ug/l de hidrocarburos aromáticos encontrados en el agua, se espera encontrar 1.61 ug/g en dichos organismos.

Existe un comportamiento irregular en los promedios de las concentraciones de hidrocarburos aromáticos en sedimentos y organismos monitoreados, encontrándose los reportes más altos en el año 1993, coincidiendo con un desenso en la producción de las camaroneras.

Se encontró una concentración promedio de plaguicidas organoclorados para sedimentos de 6.07 ng/g y en Organismos de 34.48 ng/g, presentando una relación de 1:5.6, lo que indica que existe una gran capacidad por parte de los bivalvos de acumular estos compuestos, tomándolos del sedimento en su proceso metabólico

En los ensayos de bioacumulación, las concentraciones de hidrocarburos aromáticos reportadas para bivalvos se mantienen en un promedio de 11.6 ug/g en los cuerpos de agua monitoreados y en el ensayo en laboratorio llegó hasta de 155.11 ug/g, lo que indica que en la ensenada de Tumaco estos organismos, no han superado su capacidad de retención ante dichos compuestos.

El bivalvo *Anadara tuberculosa* acumula y elimina los hidrocarburos en una forma irregular, encontrándose promedios de 7 días para alcanzar su máximo pico de acumulación y 8.5 días para lograr el nivel más bajo de eliminación de estos compuestos.

En el proceso industrial que se desarrolla en el municipio de Tumaco, los desechos generados son de tipo orgánico principalmente, este aspecto no genera problemas críticos en el cuerpo de agua de la Ensenada, debido a la amplitud de marea que es aproximadamente de 12 pies y permite efectuar un intercambio de un volumen considerable de agua, los problemas ambientales detectados son muy puntuales.

Los valores encontrados para los parámetros fisicoquímicos de la Ensenada se encuentran dentro de los rangos aceptables a excepción del fósforo, que se encuentra ligeramente por encima del rango, esto se debe a los aportes de los ríos que desembocan en la ensenada.

En el puente el Pindo, los aserrios de Tumaco han generado 339.297 metros cúbicos de aserrín, los cuales se han utilizado para ampliación de los mismos como relleno; acumulándose dichos desechos entre la línea de más alta y más baja marea, esto ha generado una gran producción de gas metano, ácido sulfídrico y otros compuestos sulfurados, que afectan directamente los ecosistemas de manglar y la población aledaña .

La población asocia la contaminación con residuos sólidos y líquidos vertidos al mar sin embargo, se observa una baja capacidad de reacción por parte de la misma a los efectos visuales que produce la alteración del paisaje, producto de los desechos que se vierten en el cuerpo de agua de la ensenada.

La población no cuenta con un conocimiento claro sobre las clases de contaminantes, los relaciona con la basura, desechos originados por las pesqueras y por el uso de derivados del petróleo tomando la primera, como la fuente más sobresaliente de contaminantes por ser un elemento que se descompone, produce malos olores y potencialmente puede afectar la salud de los mismos.

La economía de Tumaco es de tipo extractivo, de ahí que en esta región, cuando se habla de actividad económica, se piensa en el mar y se adentra en la vida e idiosincrasia de un pueblo. Por lo

tanto, resulta inevitable que el mar sea un medio multiplicador de beneficios, mientras que la contaminación es un aspecto que indirecta y directamente deteriora las bases económicas, sustento de la región.

El incremento en la densidad de población, la actividad industrial y el tráfico marítimo, son aspectos que pueden influir en el aumento de los niveles de hidrocarburos aromáticos en el medio marino a largo plazo, debido a la carencia de normatividad en Colombia en materia de estos compuestos, que impide a las autoridades ambientales ejercer un mayor control.

9. RECOMENDACIONES

Con base en el presente diagnóstico se recomiendan las siguientes acciones a nivel de:

- Ministerio del Medio Ambiente:

Revisar el Decreto 1594 de 1984 e incluir dentro la normatividad pertinente a límites permisibles de concentraciones de hidrocarburos y plaguicidas.

Activar y fortalecer a corto plazo el intercambio de información a nivel interinstitucional de las bases de datos relacionadas con la contaminación marina; con el fin de mantener permanentemente actualizado los planes de vigilancia.

- Alcaldía de Tumaco y la Corporación Autónoma Regional de Nariño:

Iniciar a corto plazo un plan de saneamiento básico en el municipio de carácter interinstitucional, con el fin de disminuir las cargas contaminantes en la ensenada de Tumaco.

Efectuar la remoción de los 339.297 m³ de aserrín que han sido utilizados como relleno en el área de bajamar.

Promover la educación ambiental no solamente en los planteles educativos sino, en general para toda la población.

- Centros de Investigación del Medio Marino :

Los centros que desarrollan investigación en Tumaco deberán enfocar sus estudios hacia la formulación de un modelo de predicción en contaminación marina, que permita medir la capacidad de recepción de carga de este cuerpo de agua.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

GARCIA, F., Elementos de Ecología Marina Editorial Acribia, Zaragoza, España, 1970. P. 83

GUTIERREZ B. FRANCISCO Actualización del Inventario de fuentes terrestres de contaminación en el Litoral Pacífico colombiano. CPPS. 1994

IGAC 1983, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Atlas Regional del Pacífico, 1983. p. 66

MARGALEF, R., Ecología, Ediciones Omega, S.A., Barcelona, 1982. P. 62

MINISTERIO DE SALUD, Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 09 de 1979, en cuanto a usos del Agua y Residuos Líquidos

NIÑO, B,L,N. Los bosques de la subregión del Andén Pacífico Colombiano : No. 14 CONIF, Bogotá 1989.

EVALUACION DEL IMPACTO POR DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN LA ENSENADA DE TUMACO. COMPROBACION DE LA EFECTIVIDAD DE LOS PLANES DE CONTINGENCIA

AUTORES : EDGAR E. CABRERA LUNA
JULIAN AUGUSTO REYNA MORENO

RESUMEN

Una de las temáticas del X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar es el Area Ambiental y de Desastres Naturales Marinos. En dicho marco el caso del "Derrame de Hidrocarburos" que se presenta, cobra importancia por el efecto que causa este tipo de siniestros en los ecosistemas marinos y las acciones para prevenirlos y mitigarlos.

El 26 de Febrero de 1996, en el Terminal Marítimo Petrolero de San Andrés de Tumaco, Puerto localizado en la Costa Pacífica de Colombia, se presentó vertimiento accidental al mar de cerca de 1500 barriles de petróleo crudo, durante maniobra de cargue al tanquero "Daedalus", ocasionado por la ruptura de la tubería submarina principal, en hechos motivo de investigación por parte de la Autoridad Marítima.

Este siniestro generó la necesidad de poner en ejecución el Plan de Contingencia de la Empresa Colombiana de Petróleos - ECOPETROL, a nivel local inicialmente y luego a nivel nacional, debido a la magnitud del derrame, el cual alcanzó a afectar las playas de la isla Cascajal y de Salahonda, 20 kilómetros al Norte de Tumaco.

La Armada Nacional - Dirección General Marítima, a través de la Capitanía del Puerto y el Centro de Control de Contaminación del Pacífico, tomó parte activa en el desarrollo del Plan de Contingencia, permitiendo predecir con exactitud el desplazamiento de la mancha de hidrocarburo y mitigar las consecuencias del derrame. Las actividades incluyeron inspecciones visuales y seguimiento de la mancha desde naves marítimas y aéreas, instalación del Centro de operaciones para control del Plan, visitas y reconocimiento a las áreas afectadas, análisis químico y biológico de muestras de agua, recolectadas en los lugares afectados, implementación de un plan de monitoreo de contaminación durante un año a partir de la fecha del accidente, en la Ensenada de Tumaco, atención y respuesta a las entidades a nivel nacional.

Se presenta el resumen de las actuaciones adelantadas, el resultado preliminar de los monitoreos y la evaluación de las lecciones aprendidas durante el siniestro.

ABSTRACT

One of the objectives of the X Seminar is the Marine Environmental Risks and emergencies. In this frame the 26 February 1996, oil spill of 1500 barrels of crude in the Tumaco harbor, ECOPETROL offshore facility, during the load of the "DAEDALUS", greek flag tanker, in the Colombian Pacific, is a useful case of study.

Due to this emergency, the National Contingency Plan was activated. The Colombian Maritime Authority, thru The Harbor Master office and the Pacific Pollution Control Center were involved.

The paper presents the principal activities during the emergency, the oil spill recovery response, the impact in the coastal line and the marine environmental, and the lessons learned.

1. ANTECEDENTES

Existen datos históricos sobre derrames de hidrocarburos en la bahía de Buenaventura y la ensenada de Tumaco. En 1975 se registró derrame de 2400 barriles de fuel oil en el muelle petrolero de Buenaventura; en 1976 a causa del hundimiento del buque tanquero "Saint Peter", se alertó sobre el peligro de derrame de 33.000 toneladas de crudo en Tumaco. Se registró también, otro derrame significativo en 1982 y últimamente en febrero de 1996.

En cumplimiento de compromisos de Colombia ante las Naciones Unidas, por medio de su Programa de "Mares Regionales" que a nivel regional coordina la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP), viene adelantando estudios sobre la contaminación por hidrocarburos desde 1987, tratando de localizar los puntos más afectados en la costa del Pacífico. Estos primeros muestreos fueron pioneros en la Región y han servido de base para la realización de los estudios actuales. Hoy en día el Centro Control Contaminación del Pacífico, con el financiamiento de la Dirección General Marítima se encuentra desarrollando un continuo monitoreo de residuos de petróleo en muestras de aguas, sedimentos y organismos marinos a lo largo del Pacífico Colombiano.

Igualmente, en el marco del proyecto Estudio Regional del Fenómeno El Niño - ERFEN, se tiene. 3 estaciones fijas, localizadas en la Ensenada, las cuales son monitoreadas en forma quincenal tanto en sus condiciones hidrometeorológicas como en las biológicas. Esto ha permitido conocer en forma descriptiva la dinámica oceánica y la comunidad fitoplanctónica del área, permitiendo tomar esta información, como referencia con las estaciones trabajadas para el seguimiento del derrame (Fig.1).

2.- DESCRIPCION DEL ACCIDENTE

El 26 de febrero de 1996, el tanquero DAEDALUS, de bandera Griega y con capacidad para almacenar 240.000 barriles, se encontraba recibiendo crudo ecuatoriano, a través del Oleoducto Interandino (llamado así por comunicar a Ecuador con Colombia). El hidrocarburo, debería ser transportado desde Tumaco, Colombia, hasta la Libertad, Ecuador. Siendo las 18:45 horas, debido a un movimiento brusco del buque, de acuerdo con la investigación desarrollada por la Capitanía de Puerto de San Andrés de Tumaco, se presentó en el Terminal de Buques Petroleros, la contingencia por derrame de crudo al mar.

De forma inmediata el, Centro Control Contaminación del Pacífico, realizó un mapa con base en el Plan de Contingencia (Fig. No.2), con el pronóstico de las posibles áreas que se verían afectadas por el derrame y se divulgó a los organismos que participaban en la contingencia, para dar alerta y liderar de manera ordenada los trabajos de ejecución del control de la polución que realizaría ECOPETROL.

La Capitanía de Puerto, por su parte, una vez revisados y verificados, los medios disponibles poseían para el control del derrame, autorizó el empleo del dispersante químico SUPERALL # 38, cuya ficha técnica indica que es un producto biodegradable, no tóxico, no inflamable, no reactivo y no corrosivo.

La evolución del derrame se presenta en la figura No. 3. Sobre la Playa de Salahonda al Norte de la Ensenada de Tumaco, se acumuló prácticamente todo el crudo que no logro ser descompuesto por la acción del dispersante químico ni de la dispersión mecánica realizada por el paso de las embarcaciones y por el embate del mar, otra fracción de la mancha, se dirigió hacia mar abierto, pero fue atacada con dispersante químico, hasta su disolución.

Desde el momento del derrame hasta un mes después, el CCCP y la Capitanía de Puerto (CP2), mantuvieron una guardia las 24 horas tripulando las salas de emergencia ubicadas en ECOPETROL y en CP2 y realizando salidas a diario con el fin de verificar el grado de contaminación en los diferentes sectores de la ensenada.

3.- RESULTADOS DE MONITOREOS

En forma inmediata al siniestro, el CCCP efectuó una serie de monitoreos en la ensenada de Tumaco, ampliando en espacio y en tiempo el cubrimiento de las operaciones preestablecidas en el proyecto “Diagnostico de la Contaminación Marina en el Pacífico Colombiano”; igualmente se colaboró y coordinaron muestreos programados por ECOPETROL.

Los resultados preliminares de estos muestreos se presentan a continuación:

En el primer reconocimiento de la Playa de Salahonda, entre Punta Cascajal y la Bocana, se encontraron un total de 106 peces muertos, “Canchimala” (ARIIDAE: Arius multiradiatus y Arius sp), algunas almejas y aves cubiertas de crudo.

Se nota que el sector más afectado por el ingreso de crudo, fue el sector medio, denominado “La Playita”, donde se encuentra un canal de acceso a una franja de mangle.

En el segundo reconocimiento se encontraron, aproximadamente, unas 80 canchimalas muertas y se efectuó por parte de ECOPETROL un proceso rápido de limpieza de la playa. Así mismo no se evidenció el ingreso de crudo a ninguno de los esteros.

En los análisis de Hidrocarburos Aromáticos realizados a través de cuatro muestreos realizados durante el mes de marzo, después del derrame, se observó lo siguiente: en los tres primeros muestreos se marcó un fuerte incremento en el comportamiento histórico (datos de 5 años), observado en los años anteriores; las concentraciones son bastante heterogéneas pero mostraron una alteración del medio acuático. Los valores promedios de Hidrocarburos Aromáticos en aguas para el Pacífico Colombiano en los últimos cinco años no han sobrepasado de 0.50 ug/l.

Los valores obtenidos, nos dan base para afirmar que los hidrocarburos totales (Aromáticos mas Alifáticos), presentes en el agua estuvieron muy por encima de la norma antes mencionada.

Durante los primeros días la contaminación fue de carácter puntual, pero, alrededor de la época en que se efectuó el tercer muestreo, la contaminación se dispersó y cubrió los extremos de la ensenada, alcanzando todos los puntos seleccionados en el estudio.

Los resultados del cuarto muestreo, nos indican unas condiciones normales por parte de los Hidrocarburos Aromáticos en aguas, lo que puede deberse a la gran dinámica y a los cambios mareales, los cuales facilitan una gran dilución con aguas oceánicas menos contaminadas. Las concentraciones detectadas son drásticas para la microfauna, estados larvales y algunos organismos superiores, debido a su alta sensibilidad ante esta clase de tóxicos. Para los organismos que absorbieron pequeñas fracciones de residuos del contaminante, y de alguna forma resistieron a esa “dosis”, sus efectos serán observados dentro de un período de tiempo no mayor a 1 año.

4.- CONDICIONES ESPECIALES DURANTE LA CONTINGENCIA

Se describen los aspectos que incidieron en forma favorable o desfavorable durante la contingencia.

- Fué una ventaja, el hecho de que la marea haya cambiado durante las horas de la madrugada, por que de esta manera se favoreció el ecosistema de manglar el cual cubre el 90 % del interior de la ensenada. Igualmente, este cambio de marea, arrastró la mancha hacia la Playa causando un daño menos grave que sobre el manglar, debido que la arena que conforma la playa tiene como ventaja el que permite recoger un alto porcentaje del crudo sin efectar mayormente al ecosistema;

adicionalmente la dispersión mecánica causada por el oleaje ayudó a la rápida degradación del hidrocarburo.

- El inspector de polución nombrado por la Capitanía de Puerto detectó y reportó prontamente el derrame, pese a la hora del siniestro que dificultaba su visibilidad, haciendo casi imposible detectar la mancha aún con la ayuda de reflectores.
- Fué una desventaja para la aplicación del plan y para el ecosistema, el que los moradores de Salahonda no hayan permitido la limpieza inmediata del sector donde llegó el crudo, pues la playa absorbió parte del hidrocarburo que recibió y actualmente, se presenta en estado casi natural impregnado a una profundidad de hasta 50 centímetros siendo casi imperceptible, excepto cuando se mezcla con el agua de mar y que le permite mostrarse como una capa superficial sobre el agua.
- Otra desventaja fueron las condiciones meteorológicas adversas para el periodo del siniestro que ocasionaron mar fuerte y retardaron los vuelos y maniobras de apoyo.

5.- CONCLUSIONES

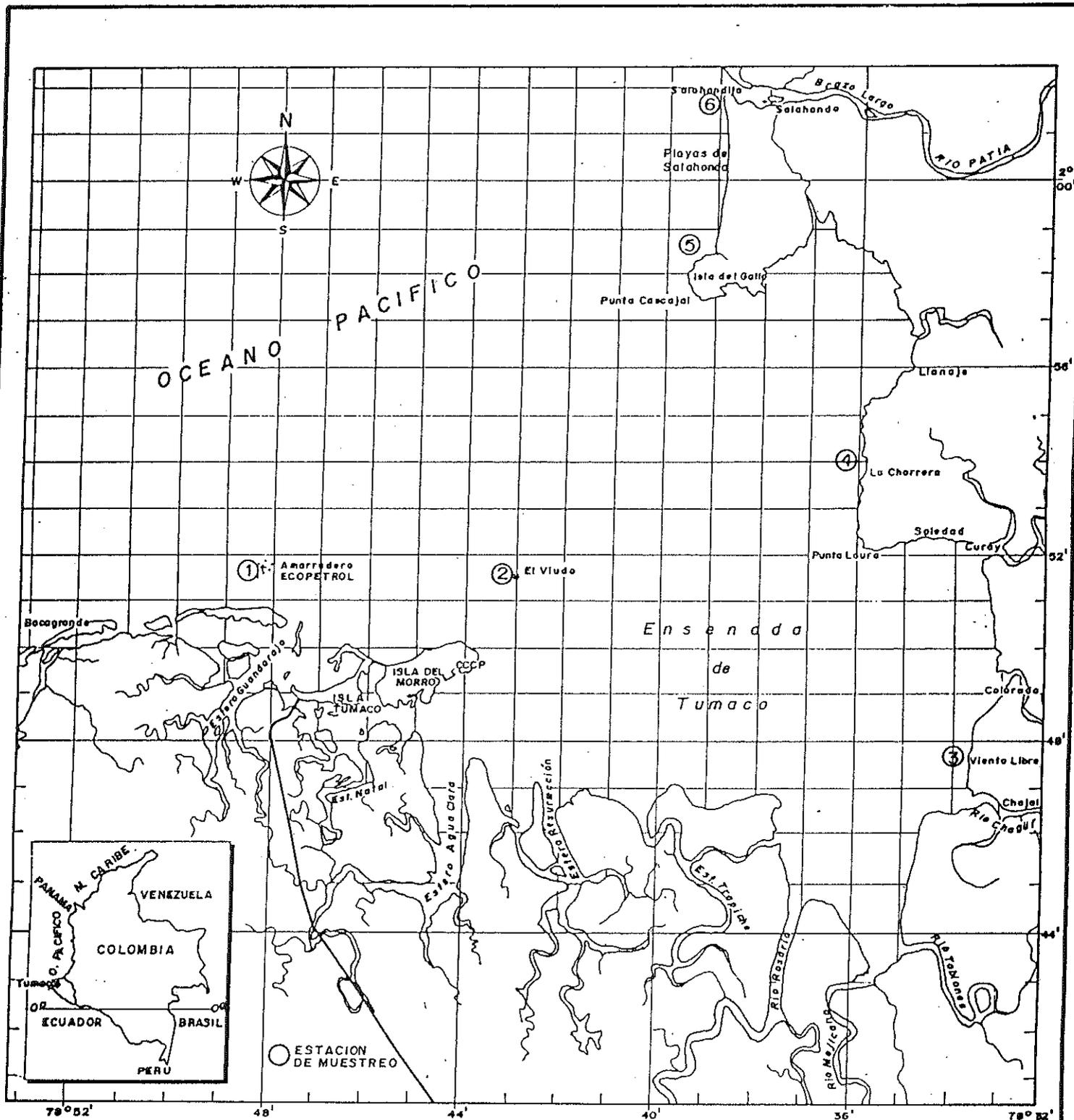
- 1.- Las unidades de la Dirección General Marítima: CCCP y Capitanía de Puerto, actuaron en forma coordinada con ECOPETROL en la activación del Plan de Contingencia y monitoreos posteriores, reaccionando positiva y rápidamente con los medios disponibles hasta lograr superar la emergencia.
- 2.- El derrame de crudo incrementó fuertemente por un espacio de tiempo corto, las concentraciones de hidrocarburos aromáticos en aguas de la ensenada de Tumaco.
- 3.- Se presentó un efecto nocivo a nivel de productores primarios en el área de influencia y desplazamiento del crudo, lo cual afectó a las especies en general, pues constituyen la base de la red trófica en el mar.
- 4.- No existe indicio de que el derrame haya afectado otras áreas tales como los parques Naturales Nacionales de Sanquianga e Isla Gorgona.
- 5.- Se hace necesario el análisis de este caso para obtener enseñanzas, la revisión de los planes de contingencia y la realización de estudios profundos en el área de dinámica oceánica.
- 6.- Los costos generales de la emergencia, sin cuantificar el daño ecológico, se evaluaron en 1.000'000.000.00 de pesos Colombianos (Aproximadamente 1'000.000.00 de dólares).

REFERENCIAS

DIMAR - CP-2. Resumen ejecutivo Contingencia DAEDALUS, San Andrés de Tumaco, Febrero de 1996.

DIMAR - CCCP. Informes técnicos e inspecciones por contingencia DAEDALUS, San Andrés de Tumaco, Febrero- Marzo de 1996.

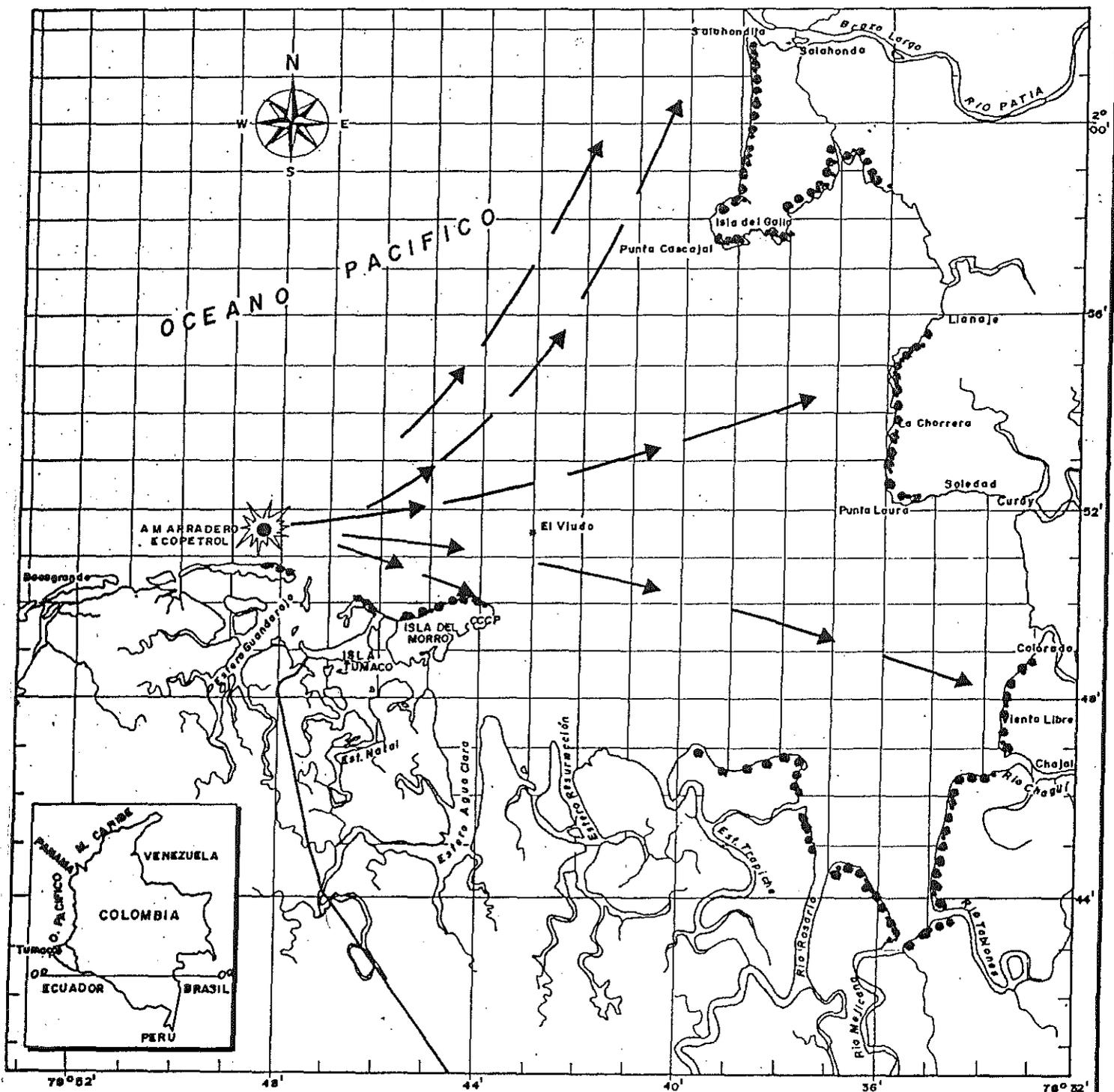
ECOPETROL . Plan de Contingencia para el Terminal Petrolero de Tumaco. San Andrés de Tumaco 1994.



CENTRO CONTROL CONTAMINACION DEL PACIFICO

**MUESTREO HIDROCARBUROS Y MATERIA ORGANICA
EN SEDIMENTOS**

Fig. No. 1



PRONOSTICO DEL POSIBLE
DESPLAZAMIENTO MANCHA HIDROCARBURO

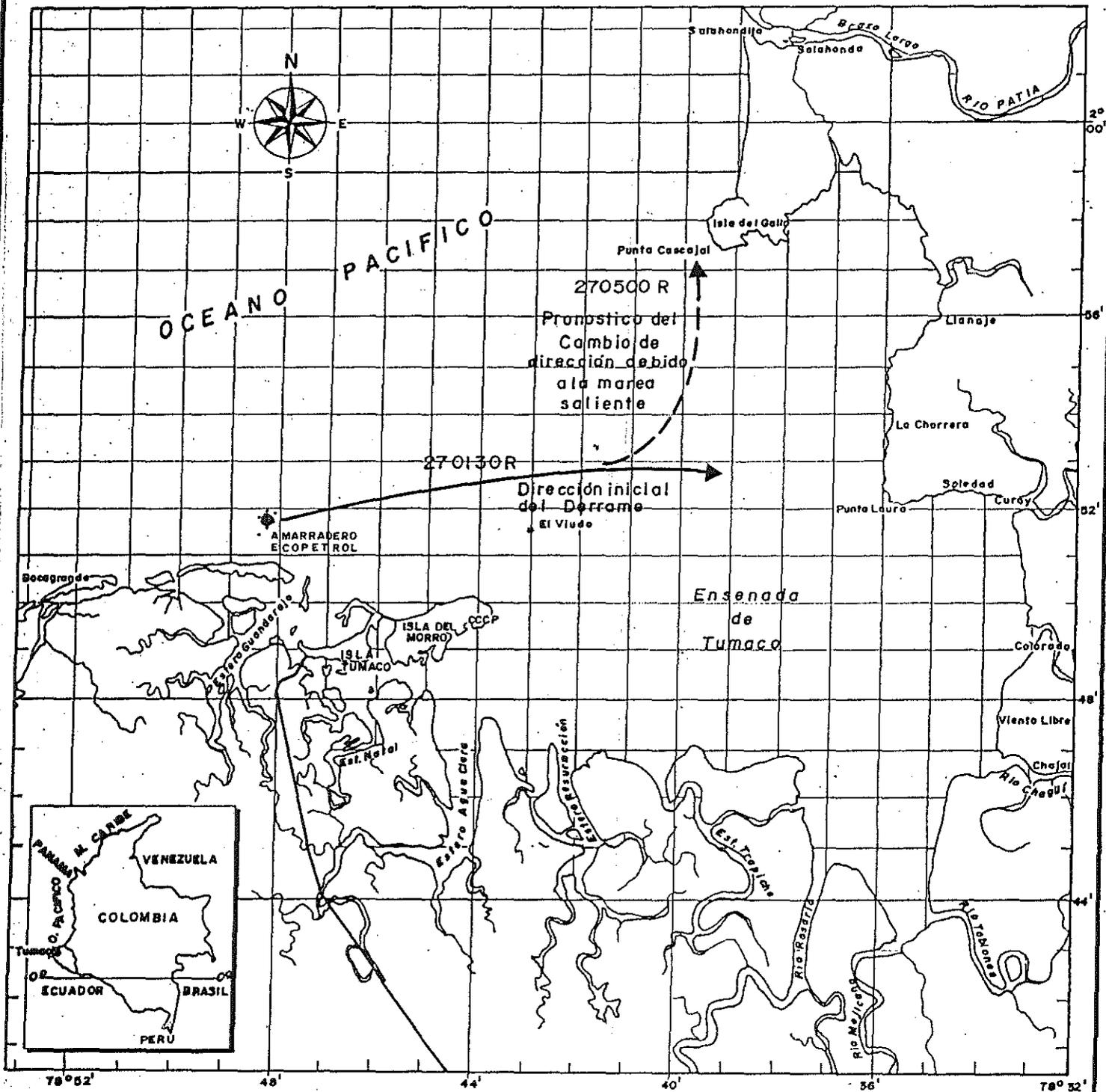
27 de Febrero de 1996

CONVENCIONES:

●●●● SITIOS DE POLUSION

→ DERIVA DE LA MANCHA

Fig. No. 2



EVOLUCION DE LA MANCHA

Fig. No. 3

MODELACION DE LA CONTAMINACION POR PETROLEO
EN LA BAHIA DE CARTAGENA

Serguei Lonin, Ph.D., Oceanólogo*

Luis Giraldo, Ing. Oceanólogo*

Jesús Garay, Químico*

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. A.A. 982. Tel +57-56-694465, 694427. Fax 694390, 694297. E-mail: cioh@b-quilla.cetcol.net.co.

Aplicando las técnicas de la modelación numérica se estudia el comportamiento de los hidrocarburos en términos de desplazamiento, al ser vertidos a las aguas de la bahía de Cartagena. Para efectos de la simulación, se ubicó la fuente en la zona de Mamonal, donde se localiza la zona industrial de la ciudad y uno de los puertos petroleros del País, así como en el canal de navegación.

Para el estudio se implementó un bloque de transporte basado en el método sintetizado de trazadores (Lagrangiano) y en ecuaciones de difusión. Como información inicial de forzamiento se emplearon los campos de velocidad y dirección de las corrientes, dados por un modelo hidrodinámico. Los resultados de los experimentos numéricos fueron validados mediante comparación con información de observaciones directas efectuadas por el CIOH desde 1996.

En el documento se da una introducción a los aspectos teóricos más relevantes del modelo de transporte, así como a la transformación que sufre el petróleo al caer a un cuerpo de agua y sufrir la acción de los parámetros y procesos medioambientales.

ABSTRACT

Using the capacities of the numerical modelation, the movement of the hydrocarbons in the Cartagena Bay is studied. For the simulation, the oil source was located in the industrial zone of Mamonal, where there is an oil terminal and a navigation channel.

For the study, a transport block, based in the lagrangean method of tracers and diffusion equations was carried out.

As initial forcing information the current direction and velocity fields, calculated with an hydrodynamical model, were used. The results were compared with direct measurements of the currents.

Paper introduces the main postulates of the transport model and oil changes in the sea water, in dependence upon the environmental processes.

INTRODUCCION

Como resultado del desarrollo de la industria petrolera en Colombia, han surgido grandes riesgos de contaminación por posibles derrames en las zonas de impacto directo. En el Caribe colombiano se identifican tres zonas con tales características, como son el golfo de Morrosquillo, la Bahía de Cartagena y el sector de Pozos Colorados en Santa Marta.

Como resultado de los derrames, las manchas de petróleo actúan, al final de cuentas, sobre la línea de costa, caracterizada por su alta fragilidad y donde se registran las mayores pérdidas en cuanto a deterioro del medio ambiente se refiere. Como solución de los problemas que se generan, normalmente se toman medidas tales como la recolección del crudo o el uso de dispersantes. Con el objeto de saber en qué lugar esperar el crudo o dónde concentrar su recolección, así como para saber en qué lugar utilizar los dispersantes del caso, es necesario disponer de un pronóstico de su desplazamiento, así como de las variaciones de sus características en cada momento. El único medio conocido para la emisión de tal pronóstico es el uso de la modelación matemática.

En el mundo son conocidos modelos orientados al pronóstico del comportamiento de las manchas de petróleo luego de un derrame. En el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) se están adelantando trabajos orientados a la formación de un modelo de pronóstico del tipo mencionado, el cual incluiría las experiencias mundiales, adquiridas hasta el momento en la solución de tales problemas.

Cuando al mar es derramada una gran cantidad de crudo, en la superficie se forma una película de determinado espesor. Luego, esta película se dispersa, es decir, la mancha aumenta sus dimensiones horizontales y todas las características del crudo se transforman. El destino final de la mancha es determinado por todo un conjunto de factores: Evaporación, emulsificación, disolución, fotólisis, biodegradación, formación de agregados y sedimentación.

En este trabajo se presenta una descripción somera del modelo, el cual incluye los procesos más importantes que participan en el desplazamiento y evolución de la mancha, algunos de los cuales se determinan en forma analítica y otros se parametrizan a partir de experimentos.

Para la aplicación del modelo se utilizó como objeto de estudio la bahía de Cartagena, en cuyo sector sureste se encuentra ubicada la zona industrial de Mamonal y algunos muelles petroleros. Se simuló un derrame hipotético de crudo y se estimó la consecuente dimensión del área contaminada.

FUNDAMENTOS FÍSICOS Y DESARROLLO MATEMÁTICO

El petróleo es una mezcla bastante compleja de sustancias químicas que se diferencian entre sí por sus propiedades físico-químicas. En dependencia de su lugar de origen, el crudo puede presentar diferentes composiciones (Stoker y Seager, 1977). Esto incrementa la dificultad de su descripción por medio de aparatos matemáticos, así como de su comportamiento dinámico en el mar y obliga al investigador a tomar determinadas decisiones en cuanto a las escalas y condiciones de los derrames y sobre los objetivos de las investigaciones que se realicen.

En el modelo propuesto se hacen las siguientes suposiciones:

- El derrame ocurre en la superficie en forma instantánea
- En las primeras horas, luego del accidente, la mancha de petróleo no sufre los efectos del oleaje, el viento ni las corrientes; durante este período de tiempo, la evolución de la mancha se ve determinada por la gravedad, la tensión superficial, la viscosidad y la inercia.
- En el período de tiempo siguiente, el papel dominante lo juegan los procesos de evaporación, emulsificación, foto-, bio- y degradación química, de transporte por efectos de la advección y la difusión, incluyendo la interacción de la película con la línea de costa.

Bajo ausencia del intercambio turbulento, en dependencia de la magnitud de las fuerzas mencionadas anteriormente, la mancha de crudo debe pasar por tres etapas (Zhurbas, 1978): inercial, viscoso-gravitacional y fase de tensión superficial.

Durante la primera etapa, bajo una escala característica de tiempo $0 \leq t \leq T_1$, las fuerzas de inercia y gravedad juegan el papel más importante. Dicha etapa continúa hasta que el espesor η de la película de radio $R = K_m(\Delta\rho \rho_w^{-1}g V)^{1/4}t^{1/2}$ alcanza un valor $\delta = (\nu t)^{1/2}$, correspondiente al espesor de la capa viscosa. En la fórmula K_m , al igual que K_b y K_l en las fórmulas correspondientes a las demás etapas, son coeficientes de proporcionalidad, con valores cercanos a 1; ν - viscosidad molecular del agua; g - gravedad; $\Delta\rho = \rho_w - \rho_0$; ρ_w , ρ_0 - densidades medias del agua y el crudo, respectivamente; V - volumen de la mancha de petróleo.

Luego, las fuerzas de gravedad y viscosidad afectan a la película en el intervalo de tiempo $T_1 \leq t \leq T_2$, aumentando su radio característico de acuerdo con la ley $R = K_b(\Delta\rho \rho_w^{-1}g V^2\nu^{-1/2})^{1/5}t^{1/4}$ hasta un espesor $\eta \leq [\sigma(\Delta\rho/\rho_0)^{-1}(\rho^{-1})^{1/2}]^{1/2}$; donde σ - valor integral de la tensión superficial en el agua (Kraus, 1972).

Durante la fase de tensión superficial (intervalo $T_2 \leq t \leq T_{max}$) el radio de la mancha $R = K_l(\sigma^2/\rho_w^2\nu)^{1/4}$ aumenta hasta que el espesor η alcanza un límite mínimo η_0 ($\eta_0 \approx 0.5$ milímetros). La razón por la cual el crudo cesa de dispersarse es la disminución de σ y el

cambio de su signo. Sin embargo, la determinación de este límite es un problema bastante complejo debido a la presencia de varias sustancias orgánicas en la composición del crudo, que afectan el valor de σ .

De acuerdo con Cormack (1983), cuando el espesor de la mancha alcanza el valor η_0 , la película, prácticamente, no interactúa con la columna de agua en sentido vertical. Dado que el valor de T_{max} es poco significativo, durante estas tres primeras etapas es posible no tener en cuenta la evaporación. La dispersión siguiente del crudo en el área de estudio ocurrirá sólo como respuesta a factores hidrodinámicos y, teóricamente, esta dispersión es posible hasta la formación de una película monomolecular (Nelson-Smith, 1972). Sin embargo, la película de petróleo, luego de la evaporación y disolución de las fracciones más livianas aumenta su viscosidad y pierde su capacidad de dispersarse en adelante.

En el dominio de Ω con un borde $\partial\Omega$ bastante suave en el intervalo de tiempo $t \geq T_{max}$ la ecuación de evolución de la mancha en la superficie del mar presenta la forma

$$B \eta + L_1 \eta = -E - f_{12} - f_{bf} - f_{ph}, \quad (1)$$

donde $B = \partial/\partial t$; $L_1 = \text{div}(\vec{U} \cdot) - D_0 \Delta$; Δ - operador laplaciano; D_0 - coeficiente de difusión molecular de la mancha de crudo; E , f_{12} , f_{bf} , f_{ph} - pérdidas de crudo debidas a la evaporación, emulsificación, desintegración bio- y fotoquímica; \vec{U} - vector de deriva efectiva del crudo, relacionado con el vector de velocidad del viento \vec{W} y la intensidad de las corrientes superficiales $\vec{V}(z=0)$, por medio de la expresión

$$\vec{U} = K_w \vec{W} + K_s \vec{V}(z=0), \quad (2)$$

donde el coeficiente de deriva, de acuerdo con (Zhurbas, 1978), $K_w = 0.03$, y el coeficiente $K_s = 0.56$. Es claro que el viento superficial tiene un efecto principal sobre la deriva de la mancha.

La intensidad de la evaporación de la película de crudo puede calcularse de la siguiente manera (Cormack, 1983):

$$E(t) = \sum_{k=1}^n E_k(t) = \sum_{k=1}^n K_a P_{0k} m_k M_0 / (RT m_0), \quad (3)$$

donde $E_k(t)$ - flujo de la fracción k del crudo, P_{0k} - presión parcial de vapor (para esta fracción) bajo una temperatura dada T ; M_0 - masa molar del crudo; R - Constante de Stephan-Boltzmann; m_k y m_0 - masa de la fracción k y del crudo en su totalidad; K_a - coeficiente de transmisión de masa a la atmósfera, calculado en dependencia de la velocidad del viento $K_a = 1.25 \cdot 10^{-3} |\vec{W}|$.

Los procesos de foto- y biodegradación deben ser descritos con base en funciones determinadas en forma empírica y definidas para cada clase de crudo y para las condiciones ambientales propias de cada región.

Este documento presenta resultados acerca del transporte en superficie de una mancha de petróleo. En la etapa actual no se ha estudiado aún, por parte de los autores, algunos procesos importantes como la emulsificación y la interacción del crudo con las costas. En el primer caso es necesario estudiar el transporte tridimensional de la emulsión, en el segundo, deben tenerse en cuenta las propiedades del sedimento o roca que forma la costa. Estos aspectos han sido estudiados con detenimiento en el trabajo de Lonin y Tuchkovenko (1995).

RESULTADOS

Para estudiar el comportamiento de una mancha de petróleo luego de un derrame, se efectuó un experimento numérico sobre una situación hipotética de un accidente frente al sector de Mamonal. Las primeras tres fases por las que pasa el crudo luego del derrame de 100 toneladas de crudo, presentan las siguientes características: En la fase inercial $T_1 = 230$ segundos; $R(T_1) = 50$ metros; $\eta(T_1) = 15$ milímetros; en la fase viscoso-gravitacional $T_2 = 20$ minutos; $R(T_2) = 100$ metros; $\eta(T_2) = 3.7$ milímetros; y en la fase de tensión superficial $T_{max} = 76$ minutos; $R(T_{max}) = 272$ metros; $\eta(T_{max}) = 0.5$ milímetros.

Luego se estudió el desplazamiento de la mancha como consecuencia de la influencia de los factores hidrodinámicos. El campo de corrientes se calculó con el modelo MECCA (Model for Estuarine and Coastal Circulation Assessment, Hess, 1989) para un período de tiempo de 48 horas con condiciones ambientales propias de la época de transición, con direcciones variables y velocidades máximas de 3 m/s. De esta forma, las mareas juegan un papel determinante en la dinámica de las aguas.

Teniendo en cuenta que la ecuación de transporte (1) tiene una velocidad infinita de transmisión de las perturbaciones, es difícil calcular los bordes de la mancha de crudo con base en ella. Por esta razón, la ecuación se transformó en una variante Lagrangiana y se modeló el desplazamiento de 10000 trazadores, cuya cantidad en la unidad de área caracteriza el espesor de la película. De tal forma, los procesos advectivos de desplazamiento de la mancha se estudiaron con base en los cálculos de las corrientes por el modelo MECCA, mientras que los procesos de difusión turbulenta fueron generados por el método de números aleatorios.

En las Figuras 1 - 8 se presenta la evolución de la mancha para diferentes momentos, luego del derrame.

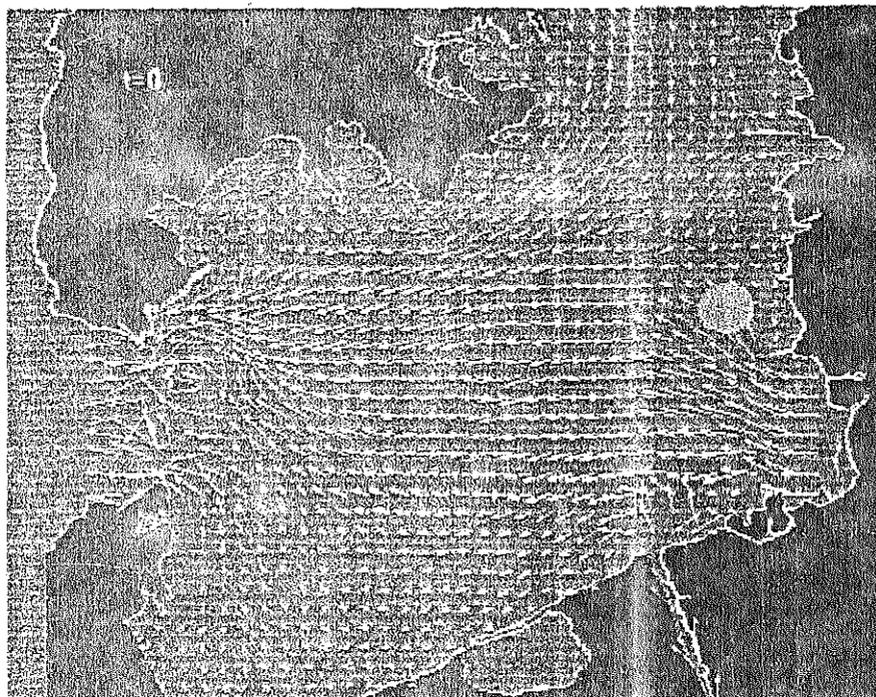


Figura 1. Campo de corrientes y ubicación de la mancha de crudo en el momento del derrame.

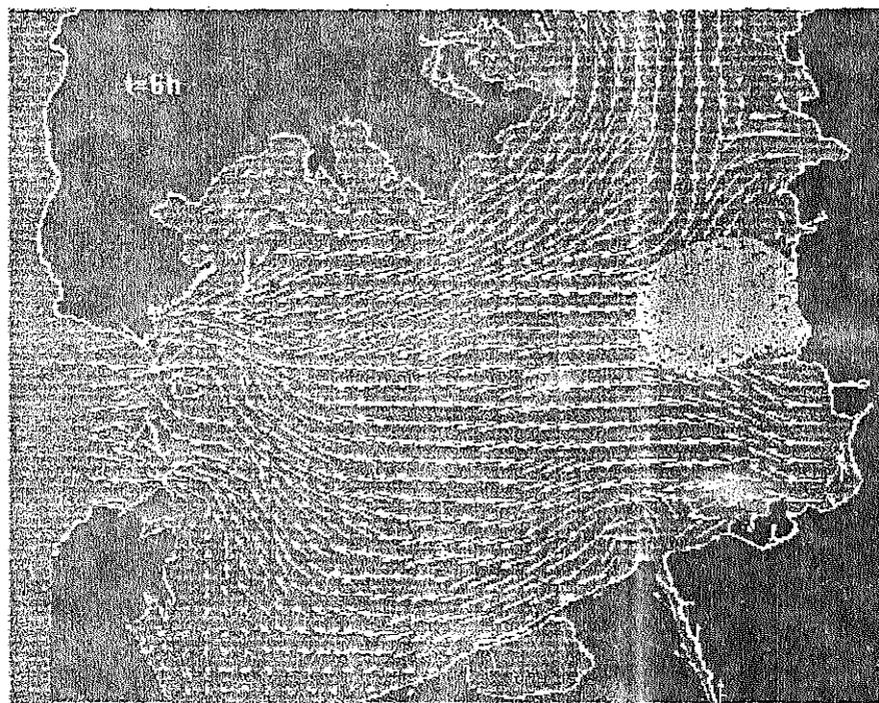


Figura 2. Campo de corrientes y distribución de la mancha de crudo 6 horas luego del derrame.

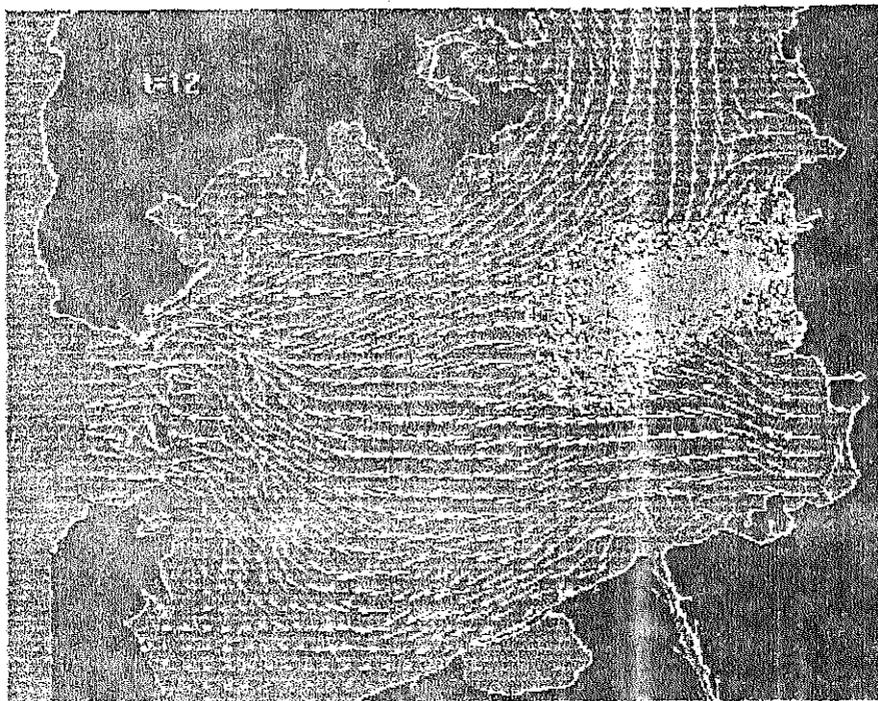


Figura 3. Campo de corrientes y distribución de la mancha de crudo 12 horas luego del derrame.

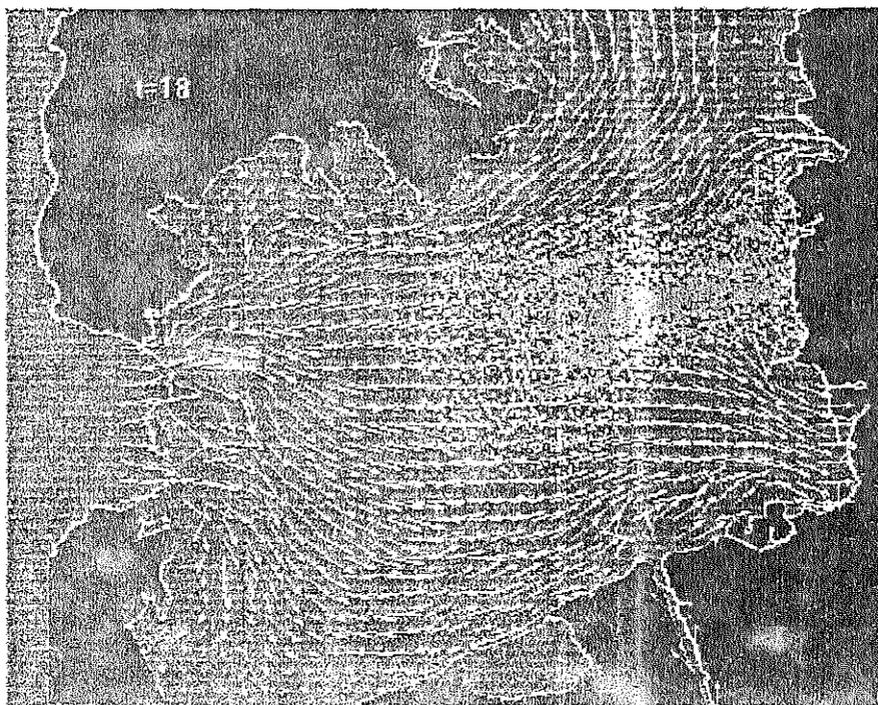


Figura 4. Campo de corrientes y distribución de la mancha de crudo 18 horas luego del derrame.

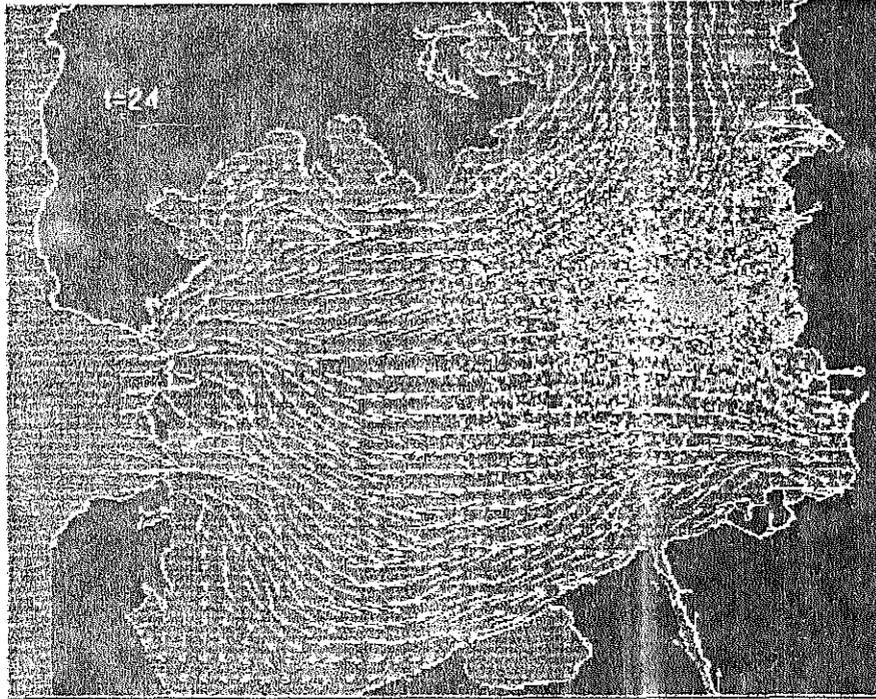


Figura 5. Campo de corrientes y distribución de la mancha de crudo 24 horas luego del derrame.

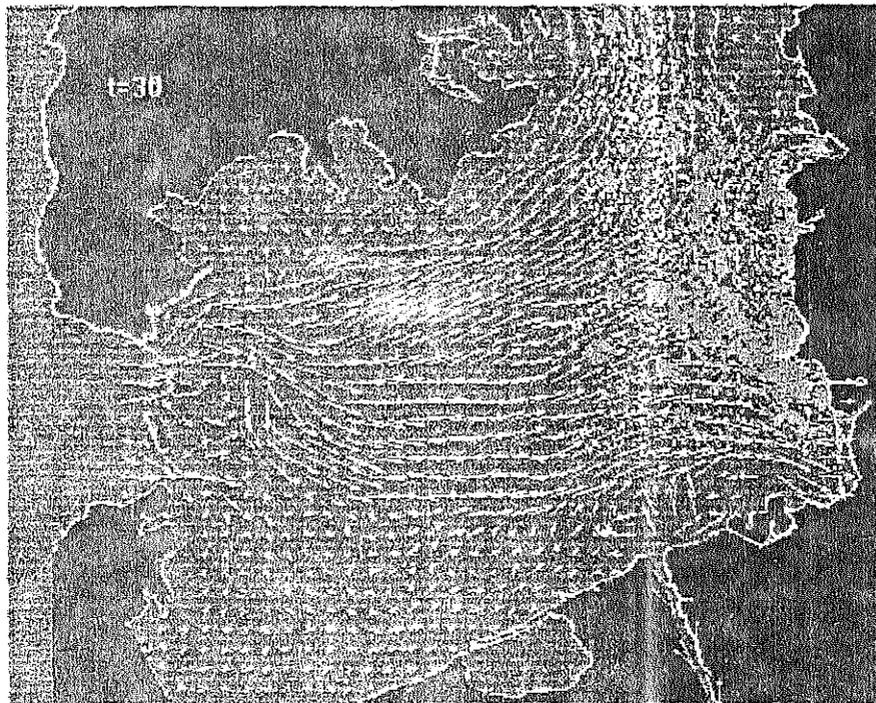


Figura 6. Campo de corrientes y distribución de la mancha de crudo 30 horas luego del derrame.

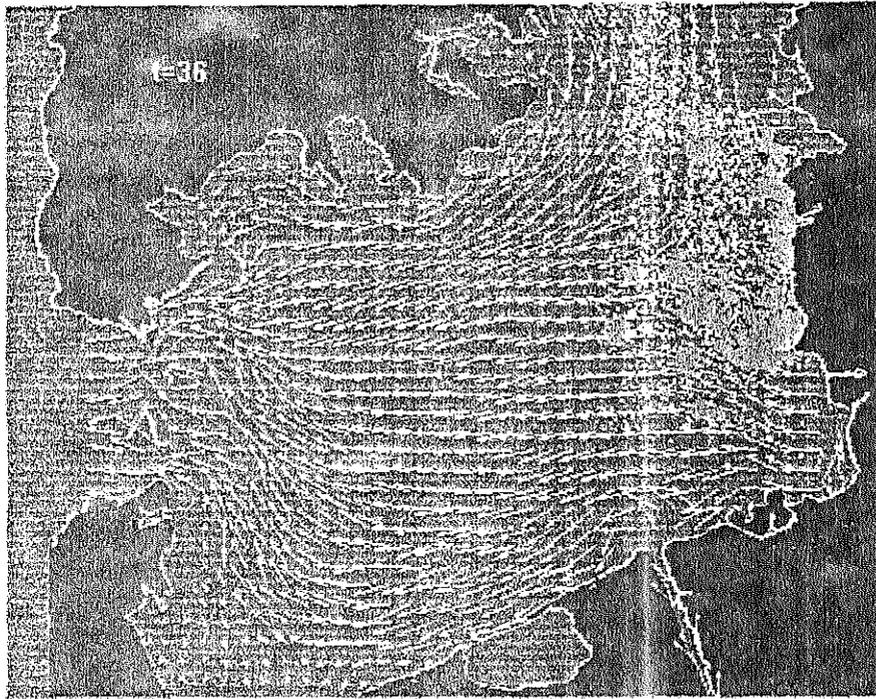


Figura 7. Campo de corrientes y distribución de la mancha de crudo 36 horas luego del derrame.

CONCLUSIONES

En el trabajo se ha presentado una descripción somera del modelo matemático que ha permitido estimar los límites de una mancha de petróleo luego de ocurrir un derrame. Este modelo es el primer paso en la solución del problema relacionado con la formación de un sistema de monitoreo operativo de accidentes.

En esta etapa del trabajo no se han incluido muchos parámetros que son importantes para la solución total del problema, en particular, no se tuvo en cuenta la formación de emulsiones del tipo agua en aceite o aceite en agua, así como procesos de degradación foto- y bioquímica.

Los resultados presentados en este documento son una primera aproximación a la solución del problema planteado y deben ser validados, por medio de comparación con los resultados de monitoreos de accidentes ocurridos en las diferentes regiones del mundo.

BIBLIOGRAFIA

- Cormack, D. (1983). Response to oil and chemical marine pollution. Applied Science Publishers, London.
- Hess, K.W. (1989). MECCA program documentation. NESDIS - 46.
- Kraus, E. B. (1972). Atmosphere-ocean interaction. Clarendon Press, Oxford.
- Lonin, S. A. and Tuchkovenko Y.S. (1995). Optimization of location of sources of industrial contamination in the sea (using the oil terminal in the Odessa region as an example). Conference Preprints "Environmental Protection Technologies for Coastal Areas". Bulgaria. Jun 13 - 15 1995. Pgs 24 - 30.
- Nelson-Smith, A. (1972). Oil pollution and marine ecology. London.
- Phillips, O. M. (1977). The dynamics of the upper ocean. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stoker, H. S., Seager, S. L. (1977). Pollution of organic matter. In: Environmental Chemistry, J. O'M Bockris (Ed.), Plenum Press, New York, pp. 346-370.
- Zhurbas, V. M. (1978). Basic mechanisms of oil spread in the sea. Itogi nauki i tekhniki. Mekhanika zhidkosti i gaza, Vol. 12, VINITI Publ, Moscow, pp. 144-159. (in Russian).

3.3. DESASTRES NATURALES

EDUCACIÓN PÚBLICA PARA POBLACIONES AMENAZADAS POR TSUNAMI: UNA CARTILLA PARA TUMACO (DPTO. NARIÑO, COLOMBIA)

3.21

Meyer H. J.¹, M. M. Durán¹ y E. Gómez²

RESUMEN

El programa Nacional de Prevención de Tsunami, actualmente centrado en la costa colombiana más amenazada por tsunami- en el Océano Pacífico- y ahí en la mayor concentración de población expuesta- la ciudad de Tumaco (75.000 hab), también incluye un segmento para el diseño y realización de estrategias y medidas de información y educación pública. Como uno de los instrumentos para lograr los objetivos de la información y educación se ha diseñado una cartilla, que intenta retomar las principales características socio-culturales de la población, y que ejercen una gran influencia en el impacto que estas medidas pueden alcanzar: un alto porcentaje de iletrados, la gran cantidad de población recién asentada y no conocedora de la vida "anfibia" y los bajos niveles de ingreso que se traducen en la atención prioritaria a los problemas de orden cotidiano, frente a problemas que aparecen como posibles y de baja recurrencia. Esta cartilla acaba de pasar la primera fase del proceso de validación por parte de pedagogos y un grupo de la población-objetivo.

El material titulado "Nosotros , Tumaco y el Medio Ambiente" fue elaborado con la expresa intención de reemplazar, en lo posible, el contenido amonestador de la mayoría de las cartillas de prevención de desastres y desarrollar un contenido tendiente a la ilustración y comprensión de los problemas y soluciones. Por ello el problema se ha enfocado como un aspecto de la interacción Ser Humano-Medio Ambiente, etc. La cartilla se dirige al segmento de población con mayor potencial de captación y multiplicación, los estudiantes bachilleres, por los que se buscó un diseño novedoso y abundante de color y gráficas, que incluyen material original que ha resultado de investigaciones geofísicas e históricas realizadas en el OSSO.

Además de ilustrar sobre la conveniencia y los recursos factibles para reducir los riesgos específicos, "Nosotros, Tumaco y el Medio Ambiente" también resultó ser un texto escolar para la enseñanza escolar en temas de geografía y ecología en el cual el discurso gira sobre las condiciones específicas del medio ambiente natural de los potenciales usuarios.

¹ Universidad del Valle, Observatorio Sismológico del Suroccidente-OSSO, A.A 25360, Cali, Valle.
Tel.: 923397222, Fax 3313418

² Corporación Colombia por Tumaco, Calle 53 No. 13-27 Piso 7 Santafé de Bogotá

SIMULACIONES NUMÉRICAS DE PROPAGACIÓN DE TSUNAMI PARA LA COSTA PACÍFICA DE COLOMBIA

Jhon Henry Caicedo O.¹, Bruno Martinelli^{1,2},
Hansjürgen Meyer¹, Julián Alfonso Reyna M.³

RESUMEN

Como parte del Programa Nacional de Prevención de Tsunami en Colombia, se inició el proyecto de modelamiento de propagación de tsunami mediante métodos de simulación numérica con base en la aproximación para ondas largas, con el fin de calcular detalladamente tiempos de llegada, alturas de ola, corrientes y áreas de inundación en segmentos de mayor vulnerabilidad de la costa del Pacífico en Colombia.

En este trabajo se presenta la simulación de un evento de la fuente cercana (1979:12:12, zona de subducción colombo-ecuatoriana) y de un tsunami de origen lejano (1960:05:22, Chile). Mientras que la fuente cercana ha causado varios desastres, no se conocen datos ni testimonios que den cuenta de la exposición a tsunami de origen lejano.

Estos modelos de eventos reales, no obstante ser los primeros resultados y preliminares, muestran una aceptable coincidencia con las evidencias conocidas (testimonios y datos mareográficos).

ABSTRACT

Within the frame of Colombia's National Tsunami Prevention Program, a tsunami propagation modeling project was initiated, using numerical simulation methods based on the shallow water approximation; it aims at detailed quantifications of wave arrival times, wave heights, currents and inundation areas for the most vulnerable segments of Colombia's Pacific coast.

We present herein a simulation of a near-source event (1979:12:12, Colombo-Ecuadorian subduction zone) and of a far-source tsunami (1960:05:22, Chile). While the near source has already caused disasters, no data nor evidence on the exposure to far-source tsunami is available to date.

These real event models, although being first and preliminary results, show acceptable coincidence with known evidences (tide gage data and testimonies).

1: Universidad del Valle, Observatorio Sismológico del Suroccidente - OSSO,
A. Aéreo 25360; Tel. (92) 339 7222, 330 1661; Fax (92) 331 3418, Cali - Colombia
E-Mail: jhcaiced@osso.univalle.edu.co; hjm@osso.univalle.edu.co

2: Cuerpo Suizo de Socorro, E-Mail: bma@osso.univalle.edu.co

3: Centro de Control de Contaminación del Pacífico -CCCP, DIMAR, Armada de la República de Colombia,
A. Aéreo 187; Tumaco (Depto. Nariño), Colombia, E-Mail: jureyna@osso.univalle.edu.co

INTRODUCCIÓN

Uno de los fenómenos naturales más peligrosos son los tsunamis, grandes olas marinas generadas por desplazamientos súbitos del agua durante terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, etc. La gran mayoría y los más grandes ocurren en el Océano Pacífico, causados por los grandes terremotos en las zonas de subducción (con excepción de eventos causados por las muy escasas erupciones volcánicas gigantes, como Krakatoa 1883). La costa de Colombia en el Pacífico está expuesta a fuentes de tsunami próximas - la zona de subducción colombo-ecuatorial - y, en principio, lejanas. La fuente próxima ya ha causado desastres en varias ocasiones, mientras que no existe testimonio de impacto peligroso de tsunami de fuente lejana, pero tampoco certeza fundada sobre el nivel de exposición. Es entonces de gran interés predecir para las costas colombianas, de manera cuantitativa y detallada, los efectos de tsunami de origen cercano y lejano.

En Colombia comenzó en 1989 un programa nacional para prevención de tsunamis, inicialmente con apoyo de Naciones Unidas (DHA-UNDRO) y de la Agencia Canadiense de Cooperación Internacional, y con la coordinación general de la Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y la Comisión Colombiana de Oceanografía. Como área piloto de este programa se seleccionó la ciudad de Tumaco (Depto. Nariño). El OSSO se ha hecho cargo de varias actividades de este programa, tales como el desarrollo del sistema de detección y alerta de tsunami y la evaluación de la amenaza y exposición; de esta última hace parte el proyecto de simulación numérica cuyos primeros resultados se presentan aquí. Este trabajo también es un aporte al cumplimiento de los objetivos trazados por el "Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000" (*Comisión Colombiana de Oceanografía*, 1990), que en el Programa de Desastres Naturales (p. 94) prevee para fenómenos como terremotos y tsunamis líneas de investigación en evaluación y determinación de niveles de riesgo en función de la vulnerabilidad y amenaza, predicción de ocurrencia de desastres y formulación de medidas de mitigación.

El proyecto se realiza con apoyo del programa TIME (Tsunami Inundation Modeling Exchange), en cuyo marco se aplica y desarrolla actualmente en 10 grupos de diversos países la metodología de modelamiento numérico de tsunami de la Universidad de Tohoku, Japón (*Shuto*, 1991), en cooperación con la Comisión Oceanográfica Intergubernamental - COI (UNESCO).

Este proyecto es de gran interés científico, por las limitaciones que la metodología de modelamiento numérico de tsunami aún tiene y por las preguntas específicas que permite formular y tratar, pero también por las complejidades específicas de casos como la propagación terminal en el área de Tumaco (llanuras intermareales, islotes, esteros, etc.).

Pero, los resultados de este proyecto son para Colombia primordialmente de relevancia socioeconómica; el PTWC (Pacific Tsunami Warning Center, Hawaii), que emite a los países de la cuenca del Pacífico alertas cuando detecta terremotos potencialmente tsunamigénicos, actualmente no está en capacidad de cuantificar el tamaño del tsunami ni de pronosticar sus alcances terminales (*Bernard & González*, 1994). Esto y las noticias que pueden difundirse durante el largo lapso de propagación de un tsunami transpacífico hacia Colombia genera falsas alarmas (por ejemplo en 1986). Los resultados del proyecto de simulación numérica proveerá bases confiables para evaluación de alertas lejanas, decisiones de evacuación, estrategias y acciones de reducción de riesgos en poblaciones, instalaciones y proyectos de infraestructura, así como operaciones navales en la costa del Pacífico en Colombia.

La primera evaluación de alturas de inundación por tsunami en Colombia se hizo para el área de Tumaco (*Duarte*, 1994), con base en fórmulas empíricas desarrolladas a partir de datos históricos en el Japón. En años recientes se han desarrollado procedimientos para calcular soluciones numéricas de las ecuaciones de onda aplicables (*Bernard & González*, 1994), que permiten modelar con buena precisión para cualquier situación de propagación real alturas de ola, áreas de inundación y corrientes que origina un tsunami.

En este trabajo se han incluido 3 aspectos del proyecto de simulación: a) modelos para casos sintéticos, con el nivel de heterogeneidad, en cuanto a forma del volumen de agua y complejidad de la ruptura sísmica, reducida hasta el rasgo cuyo efecto se quiere analizar (forma del relieve batimétrico; forma de la línea de costa, como bahías, promontorios, islas, etc.). Estos modelos de situaciones simples facilitan la intuición del proceso de propagación y ayudan a identificar los

alcances e inestabilidades del procedimiento de simulación numérica utilizado; b) modelamiento de un tsunami para Tumaco, el área piloto del Programa, utilizando como sismo tsunamigénico el de Dic. 1979 (que causó el tsunami desastroso más reciente en el área). Este modelo es de interés científico, por la alta no linealidad de la propagación terminal (llanuras intermareales e islotes próximos a las islas de Tumaco), así como socioeconómico, por la gran cantidad de vidas y bienes expuestos. c) Por último, se ha incluido un ejemplo de la propagación de tsunami de origen lejano (Chile 1960) hacia aguas colombianas del Pacífico.

Para la primera etapa de este proyecto, esencialmente de apropiación y ajuste de metodología, se seleccionaron dos eventos reales - Tumaco 1979 y Chile 1960 - que no representan escenarios de amenaza extremos para el área, pero que tienen la ventaja de estar relativamente bien cuantificados.

FUENTES Y PROPAGACIÓN DE TSUNAMI

Tsunami peligrosos pueden ser generados por cualquier fenómeno capaz de desplazar rápidamente grandes volúmenes de agua en el océano (terremotos, erupciones volcánicas y deslizamientos submarinos, caída de meteoritos). Sin embargo, la causa más frecuente de tsunami desastrosos son los terremotos, con foco cercano al lecho oceánico; los más grandes ocurren en las zonas de subducción, como aquellas que bordean gran parte del Pacífico.

Los mayores estragos los causan tsunami en proximidad de su fuente (algunos 100 km), pero también está establecida su capacidad de causar alturas de ola peligrosas a distancias transoceánicas, a partir de múltiples experiencias, siendo la más reciente el tsunami de Chile (Julio 1995), que generó olas de varios metros de altura en sitios de las Islas Marquesas (Polinesia Francesa), a unos 7.000 km de distancia.

Las alturas de ola terminales de tsunami dependen de tres factores: las características de la fuente, de la trayectoria, y de la forma de la costa.

Fuente

El parámetro del foco sísmico que más estrechamente se relaciona con su potencial tsunamigénico es el momento sísmico M_0 (Kanamori, 1972), que cuantifica la energía sísmica liberada, concepto análogo al del momento en la mecánica de cuerpos rígidos y representable en función de la rigidez de la roca, del área de ruptura, y del desplazamiento:

$$M_0 = \mu L W d$$

Para tener potencial de desastre transpacífico, un tsunami debe ser causado por un sismo de por lo menos 4×10^{28} din-cm (Okal, 1988). El momento del sismo de Tumaco de 1979:12:12 fue de 2.9×10^{28} din-cm, mientras que el de Chile 1960:05:22 fue de 320×10^{28} din-cm.

Okal (1988) realizó un análisis de los diversos factores que influyen en la altura de olas de tsunami en el campo lejano; encontró que variaciones en la profundidad focal (hasta 150 km) y en el mecanismo focal sólo influyen en conjunto hasta un orden de magnitud, mientras que el efecto de directividad (interferencia destructiva o constructiva debido a la diferencia finita entre velocidad de fase de la ola de tsunami y la velocidad de la ruptura sísmica) puede influir hasta en un orden de magnitud en la amplitud del tsunami, en el caso de sismos con mecanismos de tipo inverso (subducción). Si la ruptura sísmica ocurre parcial o totalmente dentro de material blando (sedimentos ingestados por la subducción), la amplitud puede aumentar hasta en dos ordenes de magnitud, originando lo que se ha llamado "terremoto de tsunami" (Kanamori, 1972), cuyo momento sísmico M_0 no mantiene la relación normal con el potencial tsunamigénico. El evento más reciente de este tipo ocurrió en Nicaragua (1992). También está demostrado (Satake, 1989) que heterogeneidades del proceso focal sísmico (distribución de esfuerzos y desplazamientos no uniforme) se manifiestan en la distribución azimutal de las alturas de ola de tsunami.

Trayectoria

En la propagación transoceánica la amplitud decrece principalmente por la atenuación geométrica, proporcional a $1/(\sin X)^2$, es decir que decae muy rápidamente en el campo cercano. Por otro lado, por depender la velocidad de propagación (para el caso de ondas largas, como en el océano) esencialmente de la profundidad del agua, tiene lugar el fenómeno de refracción, lo cual conduce a efectos de enfoque y dispersión de la energía, con diferencias de amplitud de hasta 3 veces. Cambios batimétricos también causan reflexión de ondas, y así disminución de la energía (Fig. 1)

Efecto local

Al aproximarse a la costa, aumenta la dependencia de la rugosidad del fondo marino. Finalmente, son el perfil de profundidades próximo a la línea de costa y la forma de la costa (resonancia en bahías, efectos de enfoque) los que determinan la altura terminal, que localmente puede ser aumentada hasta 20 veces. Otros rasgos también pueden generar amplificación, por ejemplo islas, en el lado opuesto a la fuente del tsunami, como ocurrió recientemente en Babi, Indonesia (1992).

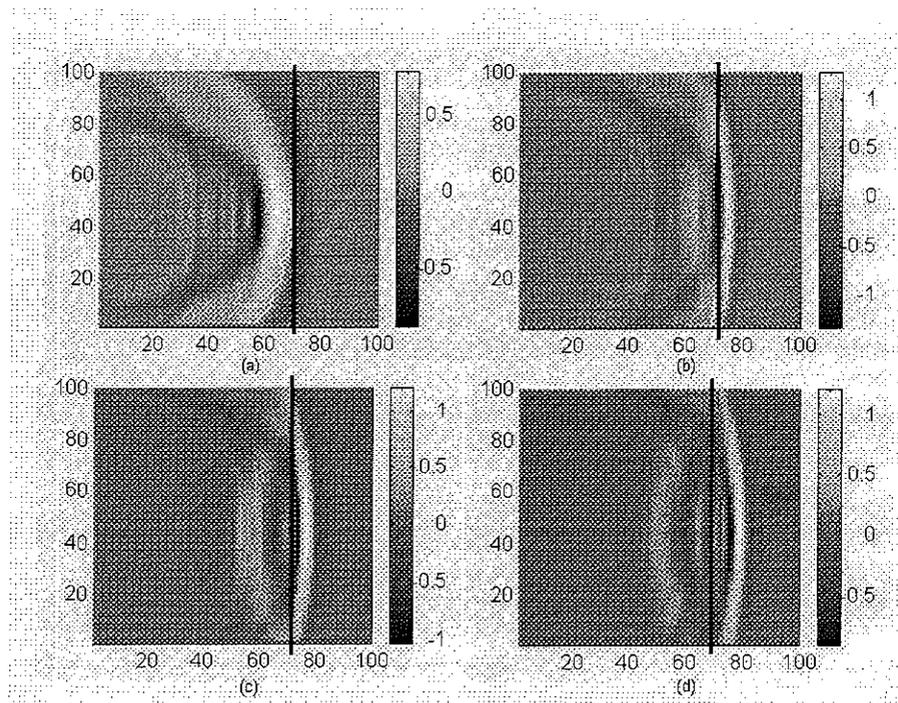


Figura 1. Ejemplo de simulaciones de casos sintéticos. Campos de olas de un tsunami propagado sobre una batimetría de escalón (izquierda: 3000 m, derecha: 1000 m). En la tercera imagen se observa la ola reflejada por el escalón (cambio de impedancia); en la cuarta imagen se observa que la ola ha disminuido su velocidad (radio de curvatura) y longitud de onda (principio de conservación de energía, pero ha aumentado su altura).

TSUNAMI EN EL OCÉANO PACÍFICO

Las zonas de subducción del Circumpacífico que por su ubicación en principio pueden generar tsunami peligrosos para costas colombianas son: Aleutianas* , Alaska*, Cascadia, México, Nicaragua, Costa Rica, Colombia-Ecuador (fuente cercana!), Perú, Chile, Tonga-Kermadec*, Nuevas Hébridas, Solomon, Filipinas*, Marianas*, Izu-Bonin*, Japón*, Kuriles* y Kamchatka*. Aquellas marcadas con asterisco son las que por orientación de la fuente y efecto de directividad causarían mayor amplitud en el Pacífico colombiano. *Ruff* (1989) presenta una lista de los 19 sismos de subducción del siglo XX con magnitud de momento igual o mayor a 8.2; ésta incluye eventos de Chile, Alaska, Kamchatka, Aleutianas, Colombia-Ecuador, Kuriles, Japón y Perú. Los que mayores tsunami transpacíficos han causado son de Chile, Alaska, Aleutianas , Kamchatka y Kuriles.

El mayor o menor potencial sísmico de los segmentos de subducción se ha relacionado con diversos parámetros, tales como la edad de la placa subducida y la velocidad de convergencia (*Kanamori*, 1986; *Jarrard*, 1986), la longitud de los segmentos, así como la mayor o menor presencia de sedimentos en la fosa (*Ruff*, 1989). *Kanamori* (1986) calculó las magnitudes máximas posibles para las zonas de subducción más importantes con base en su modelo que correlaciona magnitud con edad de la placa subducida y velocidad de convergencia, encontrando como mayores (en orden descendente): Chile, Perú, Colombia, América Central, Kamchatka, Aleutianas, Alaska, Kuriles, Japón, Tonga.

En este siglo, el 99% de las víctimas por tsunami han sido causadas por eventos generados a menos de 400 km de la costa afectada (*Lander & Lockridge*, 1986). En cuanto a impacto de tsunami transpacíficos, algunas zonas de la cuenca ya están relativamente bien caracterizadas en cuanto a su exposición. Islas en la región central del Pacífico, como Hawaii y la Polinesia Francesa, reciben las olas de la mayoría de las fuentes con el efecto de directividad. Regiones como Canadá y EEUU reciben olas generadas en Alaska /Aleutianas con efecto de directividad (*Hatori*, 1993). Japón y las Kuriles sufren también el efecto de directividad para tsunami generados en Chile, además del efecto enfocador de la batimetría en el Pacífico central (*Okal*, 1988). En otros casos de impacto a distancia el fenómeno se debe a amplificación local, como por ejemplo en la bahía de Atuona (Islas Marquesas) en el tsunami de Chile 1995.

METODOLOGÍA

Escenarios de amenaza

El modelamiento sistemático de la amenaza requiere la selección de las fuentes relevantes. Por ser un fenómeno relativamente raro, los tsunami generalmente no se prestan al análisis de amenaza probabilístico. La conveniencia de analizar por separado amenazas de origen cercano y lejano deriva principalmente de que la cercana es mayor (cuando existe), como lo demuestran estadísticas globales (*Lander & Lockridge*, 1986) y locales (*Meyer & Velásquez*, 1992). El diseño de un escenario para el caso de amenaza de origen cercano es relativamente simple; generalmente es una sola fuente la relevante y sólo hay que seleccionar el evento de interés (el máximo probable, p. ej.). Un escenario para amenaza de origen lejano es más complejo, por la diversidad de fuentes y trayectorias en el Pacífico. En principio son posibles diversos enfoques:

- Análisis estadístico de la información de eventos anteriores, con datos mareográficos e históricos (*Hatori*, 1993). Este tipo de aproximación puede estar afectada por los sesgos propios de todo catálogo de eventos incompleto. En Colombia es difícil de realizar, por la escasez de datos, tanto históricos como mareográficos.
- Evaluación aproximada, mediante trazado de rayos de la propagación en todas las trayectorias posibles, para identificar aquellas que por condiciones batimétricas presentan enfoque y amplificación (*Satake*, 1988; *Okal*, 1988)
- Predicción sistemática, mediante modelos numéricos de propagación de olas, de las alturas esperables en la costa de interés, para todas aquellas fuentes que tienen evidencias de

potencial tsunamigénico transpacífico. Este es el enfoque aplicado en el proyecto aquí presentado.

Deformación inicial

Para calcular la perturbación inicial del modelo de propagación (el “émbolo” que genera el sismo), es necesario un modelo de la ruptura sísmica, que se puede elaborar a partir de diversos tipos de datos, dependiendo esto ante todo de la época de ocurrencia del evento. Eventos anteriores a la observación sísmica instrumental tienen que ser modelados con base en datos macrosísmicos (tipos y distribución de efectos) así como relaciones empíricas entre la intensidad y parámetros más modernos (magnitud, momento). En eventos muy recientes, la avanzada instrumentación y metodología disponible permite resolver y cuantificar muchos detalles del proceso focal. En el caso de los tsunamis analizados aquí (generados por terremotos en zonas de subducción), esta perturbación es la deformación cosísmica del fondo marino. El modelamiento de esta deformación se realizó mediante el método de *Mansinha & Smylie (1972)*, a partir de un conjunto de parámetros (rigidez, área de ruptura, dislocación) de la ruptura sísmica que definen el momento sísmico:

$$M_0 = \mu LWd$$

En esta primera etapa del proyecto de modelamiento numérico hemos analizado el evento cercano con un modelo de ruptura sísmica heterogéneo; la probabilidad de que en la costa de interés se manifieste la heterogeneidad focal en la distribución de alturas de ola es tanto mayor cuanto más cercano el terremoto, como lo demuestra el caso del evento de 1979:12:12.

Modelamiento de propagación

La relativa facilidad de la simulación de olas de tsunami, en comparación con ondas sísmicas, surge de que su propagación oceánica, como ondas largas, depende sólo de la profundidad del agua.

Para el cálculo de la propagación de las olas se aplica la teoría aproximativa para ondas largas ($T \gg$ profundidad del agua), a partir de las siguientes ecuaciones bidimensionales (verticalmente integradas):

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial [u(h+\eta)]}{\partial x} + \frac{\partial [v(h+\eta)]}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x}{\rho} = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y}{\rho} = 0$$

siendo x, y las coordenadas horizontales, t el tiempo, h la profundidad del agua no perturbada, η el desplazamiento vertical de la superficie de agua sobre el nivel h , u y v las velocidades de partículas de agua en las direcciones x y y , g la aceleración de la gravedad, τ_x y τ_y las fricciones de fondo en las direcciones x y y .

Para calcular trayectorias transoceánicas, se utilizan ecuaciones equivalentes en coordenadas esféricas, y se agregan términos para la fuerza de Coriolis y para la dispersión por frecuencia.

Los métodos utilizados en este trabajo (*Shuto, 1991, Goto & Ogawa, 1982; Nagano et al., 1991*), que se distinguen de otros principalmente por sus procedimientos de solución numérica (*Bernard & Gonzalez, 1994*), permiten calcular el campo de olas generado por la perturbación y a partir de éste los tiempos de llegada, mareogramas sintéticos, y áreas de inundación.

Validación

Las diversas limitaciones e inestabilidades que los procedimientos de simulación numérica aun tienen (*Shuto, 1991; Bernard & Gonzalez, 1994*), además de los errores que introducen las incertidumbres en los datos básicos (sísmicos, batimétricos), hacen que sea necesario calibrar los resultados de simulaciones. Esto generalmente se hace con observaciones instrumentales (mareogramas) o con testimonios históricos de los eventos reales simulados.

Para evaluar los alcances de la metodología utilizada, en este proyecto se está recurriendo también a la simulación de casos sintéticos (Fig. 1).

DATOS

Fuentes sísmicas

Para los eventos simulados en este trabajo se utilizaron los valores de momento sísmico M_0 de la revaluación realizada por *Okal (1992)*. Demás parámetros de las fuentes sísmicas se adaptan, en lo posible, de los estudios más apropiados y detallados de los respectivos eventos.

Dependiendo de la época de ocurrencia del evento (y en consecuencia de las características de los recursos para su medición y procesamiento), es mayor o menor la incertidumbre en los parámetros que definen el proceso focal. Las dimensiones del área de ruptura (L, W) están relativamente bien confinadas por la distribución de réplicas. Los resultados aplicados aquí utilizan valores de μ entre $3 - 6 \times 10^{11}$ din/cm². Para el momento M_0 se utilizaron resultados de la revaluación de *Okal (1988)*.

Batimetría

Los datos batimétricos incluidos en las simulaciones se tomaron de la base global digital de relieve terrestre ETOPO-5 (NOAA, 1988), cuya resolución es de 5' x 5', y (para la propagación terminal en el área de Tumaco) de cartas náuticas (DIMAR, 1982).

Mareografía

El mareógrafo instalado en Tumaco fue destruido por los dos sismos tsunamigénicos que ocurrieron después de su puesta en servicio (1958, 1979); no existen mareogramas para eventos cercanos. Para estimar la bondad de la simulación de fuente lejana se tomaron datos mareográficos de los sitios más cercanos disponibles (*Nagano et al., 1991*).

Testimonios

En diversas fuentes se hallaron testimonios (*Lockridge, 1986; Herd et al., 1981* de las alturas de ola, áreas de inundación y efectos de los tsunamis analizados que, a falta de datos instrumentales, ayudan a apreciar la bondad de las simulaciones.

PROPAGACIÓN DE TSUNAMI DE ORIGEN CERCANO

Selección de fuente

El sismo y tsunami más grande documentado para la costa del Pacífico en Colombia es el de 1906 (*Rudolph & Szirtes*, 1911). Sin embargo, para iniciar la simulación de eventos de fuente cercana hemos tomado el sismo de 1979 (*Herd et al.*, 1981), porque siendo reciente, está relativamente bien medido y cuantificado; su proceso focal ha sido objeto de diversos estudios, lo cual lo hace más conveniente para esta primera etapa, de apropiación y ajuste de metodología.

Este evento no es el tsunami más grande esperable para Tumaco; su tamaño fue menor que el de 1906 y además ocurrió durante niveles de marea muy bajos. Sin embargo, asumimos que permite identificar a través de su modelamiento las características más relevantes de la propagación terminal para el área de Tumaco.

Modelo de generación

Para modelar la deformación inicial se tomó información sobre el proceso focal de varios autores que analizaron diferentes aspectos del proceso focal de este sismo. De *Okal* (1992) se tomó el momento sísmico:

$$M_0 = 2.0 \times 10^{28} \text{ din-cm}$$

equivalente a la magnitud $M_m = 8.46$. De *Mendoza & Dewey* (1984), que relocalizaron el sismo mediante el método "joint hypocenter location", se tomaron las coordenadas hipocentrales:

$$\text{LAT} = 1.62^\circ\text{N} \quad \text{LON} = 79.42^\circ\text{W} \quad h_0 = 37.5 \text{ km}$$

Del estudio de *Kanamori & Given* (1981) se asimilaron parámetros del mecanismo focal:

Rumbo del plano de ruptura:	N31°E
Buzamiento:	20° al ESE

Esta ruptura fue unilateral de sur a norte (*Herd et al.*, 1981); el hipocentro se ubicó en el extremo SE del plano.

Del estudio de la dinámica focal realizado por *Beck & Ruff* (1984) se adaptaron las dimensiones del plano focal y la función de liberación de momento sísmico. En ésta, el momento es liberado sobre un plano de 240 x 100 km, en tres etapas y con diferentes montos de dislocación:

$X_1 = 0-56 \text{ km}$	$d = 1.75 \text{ m}$
$X_2 = 56-120 \text{ km}$	$d = 5.9 \text{ m}$
$X_3 = 120-240 \text{ km}$	$d = 1 \text{ m}$

Así, las dos terceras partes del momento total corresponden a un segmento cuya longitud representa una cuarta parte de la ruptura total. La longitud del tercer segmento no está bien resuelta. La deformación que genera esta ruptura en el fondo marino, modelada con el método de *Mansinha & Smylie* (1971), se representa en la Fig. 2.

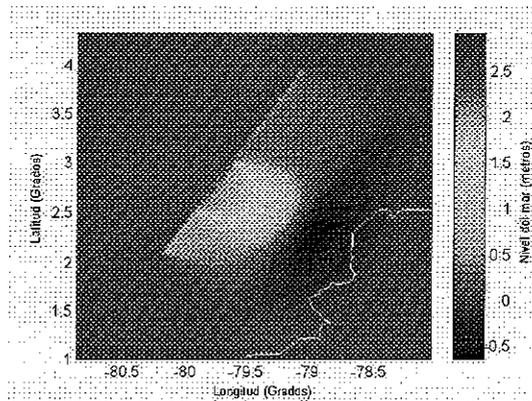


Figura 2. Modelo de deformación inicial calculada para el tsunami de 1979:12:12, se observa el efecto de la no linealidad de la ruptura, especialmente en la parte central de la deformación, donde se liberó la mayor parte del momento.

Modelo de propagación

Esta simulación se calculó con 4 mallas anidadas de diferentes resoluciones. Una primera malla para la propagación oceánica (Dimensiones 129x149 elementos a una resolución de 81 segundos de arco) y la última para la propagación terminal (Ensenada de Tumaco), con resolución de 3 segundos de arco y dimensiones 82x82 elementos. Las imágenes del campo de olas (Fig. 3) y el mareograma sintético (Fig. 4) muestran que la primera ola llega a la isla de Tumaco unos 30' después del sismo, lo cual concuerda con los testimonios (*Herd et al., 1981*). El campo de olas también hace evidente que las islas Tumaco y Viciosa recibieron impacto más directo y mayor que la isla El Morro, debido a la dirección del tsunami, y que el mayor impacto lo recibió el islote de barra El Guano, que de hecho fue arrasado por el tsunami, como se aprecia en los mapas (Fig. 6) anteriores y posteriores al evento. Las áreas de inundación (Fig. 7) en la isla Tumaco reflejan en primera aproximación lo ocurrido durante el evento.

Una de las principales limitaciones de esta simulación es que, por falta de información batimétrica, el área de la malla #2 (Ensenada) no tiene suficiente cobertura hacia el W, quedando así por fuera parte de la morfología que interfiere con las olas en su arribo a la Ensenada.

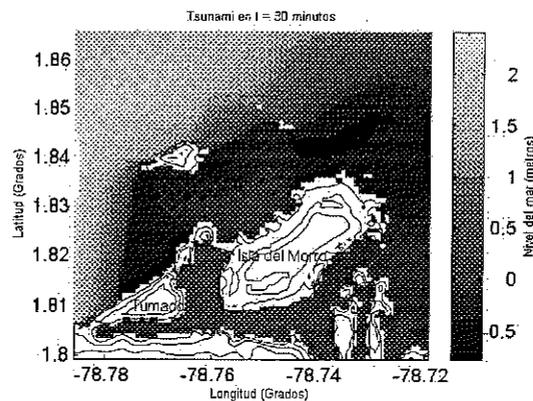


Figura 3. Campo de olas calculado para el tsunami de 1979:12:12 en Tumaco, para $T = 30'$ (tiempo de llegada de la primera ola a Tumaco).

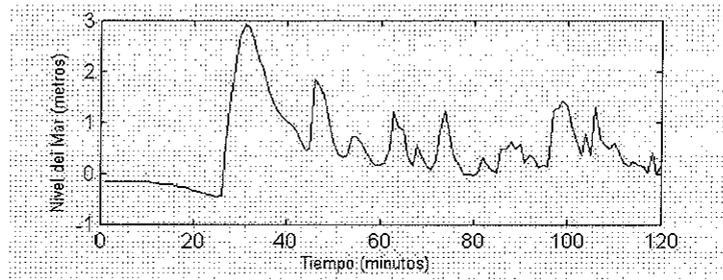


Figura 4. Mareograma sintético para Tumaco; tsunami de 1979:12:12.

F324-4

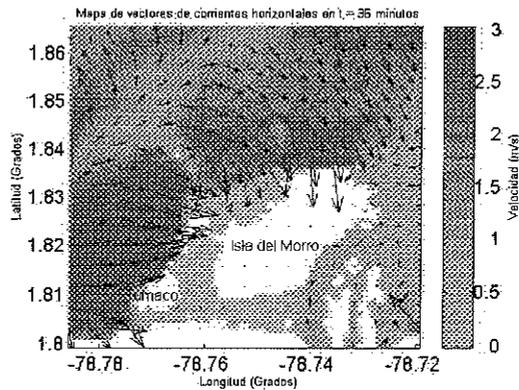


Figura 5. Mapa de vectores de corrientes horizontales calculadas para el tsunami de 1979:12:12 en Tumaco, para $T = 30$ minutos.



Figura 6. Forma de costa del área de Tumaco, antes del tsunami de 1979

F324-5

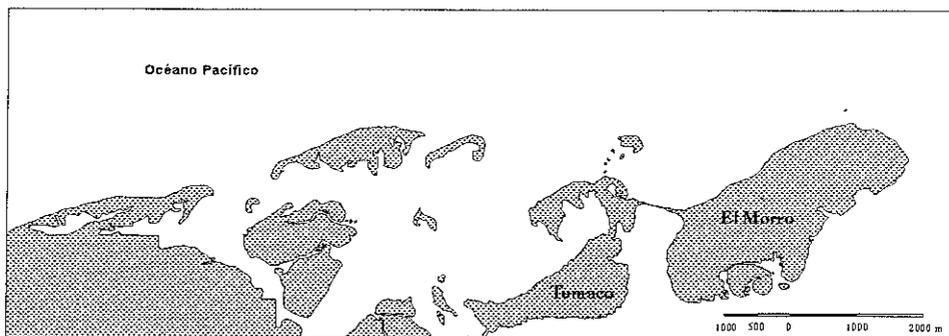


Figura 7. Forma de costa del área de Tumaco después del tsunami de 1979

F324-6

PROPAGACIÓN DE TSUNAMI DE ORIGEN LEJANO

Selección de fuentes

En este trabajo se presentan un modelo de propagación para el tsunami de Chile 1960, generado por el sismo más fuerte que ha ocurrido desde el inicio de la observación sísmológica instrumental. Para efectos de comparación entre los eventos simulados en este trabajo: el momento sísmico del terremoto de Tumaco es superado por el del sismo de Chile unas 110 veces, según la reevaluación de *Okal* (1992).

Además de su tamaño, este evento se seleccionó para iniciar la simulación de fuentes lejanas porque de él hay testimonios y datos mareográficos de estaciones cercanas. En cuanto a tamaño, el tsunami de Chile probablemente sí representa el escenario máximo; sin embargo otros factores determinantes de la altura de ola a distancias oceánicas (directividad, formas de costa) son atenuantes, con respecto a la ubicación de la costa colombiana.

Modelo de generación

El modelo de deformación para el evento tsunamigénico de Chile (1960:05:22) se elaboró con datos de *Cifuentes* (1989). Las coordenadas epicentrales son:

$$\text{LAT} = 38.05^{\circ}\text{S}$$

$$\text{LON} = 72.34^{\circ}\text{W}$$

De acuerdo con la distribución de réplicas, el hipocentro se localiza en la esquina NE del plano de ruptura, a una profundidad de 25 km. Éste tiene las dimensiones 920x180 km, con azimut de N7°E y buzamiento de 8° hacia el ESE. *Cifuentes* da la longitud del plano como 920 ± 100 km; ésta está más confinada que el ancho. La dislocación, uniforme sobre todo el plano, es de 32 m. Como valor del módulo de rigidez se utilizó también el de *Cifuentes* (1989), $\mu = 6 \times 10^{11}$ din/cm².

Estos parámetros equivalen al momento sísmico calculado por *Okal* (1992):

$$M_0 = 32 \times 10^{29} \text{ din-cm}$$

Modelo de propagación

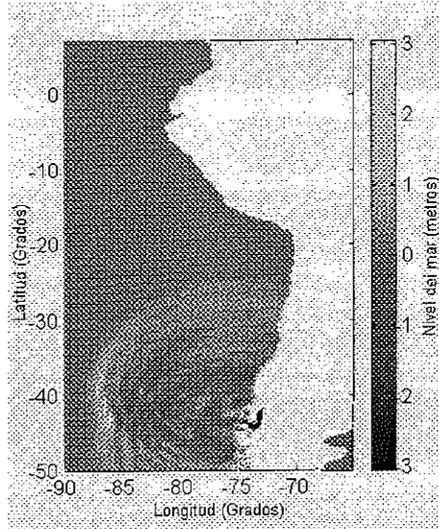
Por economía de tiempo de cálculo, esta primera simulación se realizó con una malla única de 15' x 15', obtenida a partir de la base batimétrica digital ETOPO-5. Este modelo no incluye el efecto de la batimetría terminal, por la resolución de la malla. La primera ola llega a aguas de Colombia a las 7h 20' después del sismo, con una altura de 20 cm (Fig. 9). Durante el evento real, en las estaciones mareográficas más cercanas se midieron, según *Nagano et al.*, (1991), valores superiores:

Guayaquil: 0.62 m

Galápagos: 0.8 m

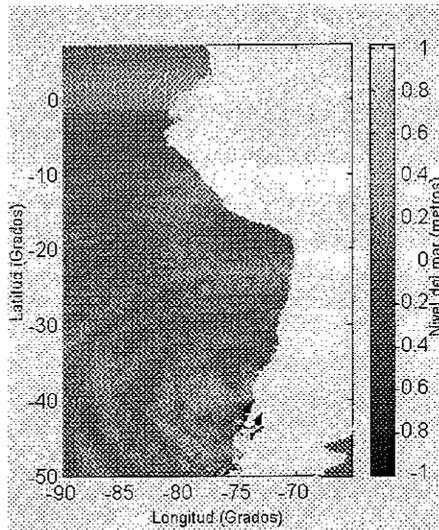
Según *Lockridge* (1985), este evento causó daños en Tumaco (sin especificación), pero su lista de máximos mareográficos en costas de Suramérica no incluye datos para Colombia (Tumaco, Buenaventura).

Este tsunami, causado por el terremoto más grande del siglo, tuvo sus alturas máximas a distancia en la región Japón-Kuriles-Kamchatka, por efecto de directividad, y enfoque por batimetría en la trayectoria oceánica (*Okal*, 1988).



F324-7

Figura 8. Campo de olas calculado para el tsunami de 1960:05:22 en Chile, para $T = 2$ horas. La complejidad del oleaje se debe a interferencias con olas reflejadas en la costa local.



F324-8

Figura 9. Campo de olas calculado para el tsunami de 1960:05:22 en Chile, para $T = 7$ horas 20 minutos (tiempo de llegada al área de Tumaco).

CONCLUSIONES

La solución numérica de ecuaciones de onda para la aproximación de aguas someras es el recurso más avanzado para calcular en detalle el campo de olas generado por un tsunami. Los modelos resultantes, y en particular los valores de los tiempos de llegada, alturas de ola máximas, áreas de inundación y corrientes, son instrumentos eficientes y confiables para fundamentar la toma de decisiones en la atención de emergencias y mitigación de riesgos por tsunami.

La explotación extensa del potencial de este método está aún limitada por escasez de datos, principalmente en batimetría y mareografía local.

El modelamiento de tsunami permitirá avanzar en el estudio de la compleja dinámica costera (y por ende estabilidad) en el área de las islas de Tumaco.

AGRADECIMIENTOS

La realización del proyecto de modelamiento numérico de tsunami, como parte del Programa Nacional de Prevención de Tsunami, ha sido posible gracias al apoyo del Cuerpo Suizo de Socorro y del grupo del Prof. Nobuo (Universidad de Tohoku, Japón), a través del programa TIME - Tsunami Inundation Modeling Exchange (Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO). El OSSO también agradece el apoyo del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (CN Hugo Gorziglia) y del Dr. Modesto Ortiz (Centro de Investigaciones y Estudios Superiores de Ensenada - CICESE, México).

BIBLIOGRAFÍA

- Beck, S.L., L.J. Ruff (1984). The rupture process of the great 1979 Colombia earthquake: evidence for the asperity model. *J. Geophys. Res.*, Vol. 89, No. B11, pp. 9281-9291.
- Bernard, E.N., F.I. González (1994). Tsunami inundation modeling workshop report (November 16-18, 1993). NOAA Technical Memorandum ERL PMEL-100, 139 pp., Seattle.
- Cifuentes, I.L. (1989). The 1960 Chilean earthquakes. *J. Geophys. Res.*, Vol. 94, No. B1, pp. 665-680.
- Comisión Colombiana de Oceanografía (1990). "Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000". Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología - COLCIENCIAS, Comisión Colombiana de Oceanografía, Departamento Nacional de Planeación, 138 pp., Bogotá.
- Duarte M., A. (1994). Cálculo de la altura y del tiempo de llegada de una ola de tsunami, generada en la zona de subducción colombo-ecuatoriana, a la Ensenada de Tumaco. Tesis de Grado en Oceanografía, Escuela Naval "Almirante Padilla", Cartagena.
- Goto, C., Y. Ogawa (1982). Numerical method of tsunami simulation with the leap-frog scheme. Manuscript, Dept. of Civil Eng., Fac. of Eng., Tohoku Univ., translated by N. Shuto.
- Hatori, T. (1993). Distribution of tsunami energy on the Circum-Pacific zone. Proceedings, IUGG/IOC International Tsunami Symposium, Wakayama, Japan Society of Civil Engineers, pp. 165-173.
- Herd, D.G., T.L. Youd, H.J. Meyer, J.L. Arango, W. Person (1981). The great Tumaco, Colombia earthquake of 12 December 1979. *SCIENCE*, Vol. 211, No. 4481, p. 441-445.
- IDEAM (1995). Pronóstico de pleamares y bajamares en la Costa Pacífica Colombiana 1996. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Ministerio del Medio Ambiente, 78 pp., Bogotá.
- Jarrard, R.D. (1986). Relations among subduction parameters. *Rev. Geophys.*, Vol. 24, pp. 217-284.
- Kanamori, H. (1972). Mechanism of tsunami earthquakes. *Phys. Earth Planet. Inter.*, Vol. 6, pp. 346-359.
- Kanamori, H. (1986). Rupture process of subduction zone earthquakes. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, Vol. 14, pp. 293-322.
- Kanamori, H., J.W. Given (1981). Use of long-period surface waves for fast determination of earthquake source parameters. *Phys. Earth Planet. Interiors*, Vol. 27, pp. 8-31.

- Lander, J.F., P.A. Lockridge (1986). Use of a tsunami database for research and operations. Abstract, *EOS*, Vol. 67, p. 1003.
- Lockridge, P.A. (1985). Tsunamis in Perú-Chile. World Data Center A for Solid Earth Geophysics, NOAA - NGDC, Report SE-39, 97 pp.
- Mansinha, L., D.E. Smylie (1971). The displacement fields of inclined faults. *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 61, pp. 1433-1440.
- Mendoza, C., J.W. Dewey (1984). Seismicity associated with the great Colombia-Ecuador earthquakes of 1942, 1958, and 1979: implications for barrier models of earthquake rupture. *Bull. Seis. Soc. Am.*, Vol. 74, No. 2, pp. 577-593.
- Meyer, H., A. Velásquez (1992). Aproximación al riesgo por tsunamis en la costa del Pacífico en Colombia. *Publicaciones Ocasionales del OSSO*, No. 2, 43 pp., Observatorio Sismológico del Suroccidente, Universidad del Valle, Cali.
- Nagano, O., F. Imamura, N. Shuto (1991). A numerical model for far-field tsunamis and its application to predict damages done to aquaculture. *Natural Hazards*, Vol. 4, pp.235-255.
- Nishenko, S. (1989). Circum-Pacific Seismic Potential 1989-1999. Open-File Report 89-86, US Geological Survey, 126 pp.
- Okal, E.A. (1988). Seismic parameters controlling far-field tsunami amplitudes: a review. *Natural Hazards*, Vol. 1, pp. 67-96.
- Okal, E.A. (1992). Use of mantle magnitude M_m for the reassessment of the moment of historical earthquakes. *PAGEOPH*, Vol. 139, No. 1, pp. 17-57.
- Rudolph, E., S. Szirtes (1911). Das kolumbianische Erdbeben vom 31. Januar 1906. *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, Vol. XI, No. 1, Leipzig. "El terremoto colombiano del 31 de enero de 1906", traducción parcial anotada, H. Meyer y Alba Paulsen de Cárdenas, *Publicaciones Ocasionales del OSSO*, No.1, Observatorio Sismológico del Suroccidente, Universidad del Valle, Cali.
- Ruff, L.J. (1989). Do trench sediments affect great earthquake occurrence in subduction zones? *PAGEOPH*, Vol. 129, Nos. 1/2 y "Subduction Zones Part II", edit. L.J. Ruff & H. Kanamori, pp. 263-282, Birkhäuser.
- Ruff, L.J., H. Kanamori (1989). Introduction to subduction zones. In "Subduction Zones - Part II", pp. 1-5, Birkhäuser.
- Satake, K. (1988). Effects of bathymetry on tsunami propagation: application of ray tracing to tsunamis. *PAGEOPH*, Vol. 126, pp. 27-36.
- Satake, K. (1989). Inversion of tsunami waveforms for the estimation of heterogeneous fault motion of large submarine earthquakes: The Tokachi-oki and 1983 Japan Sea earthquakes. *J. Geophys. Res.* Vol. 94, No. B5, pp. 5627-5636.
- Shuto, N. (1991). Numerical simulation of tsunamis - Its present and near future. *Natural Hazards*, Vol. 4, pp. 171-191.

EFFECTO DE TSUNAMI DEL MAR CARIBE EN LA COSTA DE COLOMBIA

Jhon Henry Caicedo O.¹, Bruno Martinelli^{2,1},
Hansjürgen Meyer¹, Rafael Steer R.³

RESUMEN

Los tsunamis - potencialmente desastrosas olas oceánicas causadas por fenómenos geológicos submarinos (sismos, erupciones volcánicas, deslizamientos) - se han asociado principalmente con el Océano Pacífico, donde de hecho ocurren la gran mayoría de estos relativamente escasos fenómenos y en donde se han concentrado la mayoría de las acciones para su estudio y prevención. Sin embargo, en el Caribe también ocurren tsunamis, generados por sus márgenes sísmicamente activos principalmente.

Los catálogos históricos muestran que el fenómeno es comparativamente escaso en la cuenca del Caribe. Además las costas colombianas están alejadas de las fuentes más importantes, en la zona de subducción de las Antillas Menores. Pero la existencia de la amenaza de tsunami en el Caribe, así como la disponibilidad de recursos científicos y técnicos para realizar simulaciones numéricas de tsunami con altos niveles de confiabilidad, le dan sentido al propósito de evaluar el nivel de amenaza que este fenómeno puede significar para Colombia.

En este trabajo se presentan simulaciones de dos eventos deducidos como las más probables fuentes sísmicas de amenaza de tsunami para la costa de Colombia en el Caribe. Los resultados preliminares muestran que en general los niveles de exposición son muy bajos.

ABSTRACT

Tsunamis - potentially disastrous oceanic waves caused by submarine geological phenomena (earthquakes, volcanic eruptions, slumps) - have been associated mainly with the Pacific Ocean, where indeed most of these relatively rare phenomena occur and where most of the efforts for their understanding and prevention have been concentrated. However, tsunamis do also occur in the Caribbean, generated mainly at its seismically active margins.

The historical catalogs show that this phenomenon is comparatively rare in the Caribbean. Moreover, the coasts of Colombia are far from the most important sources, in the subduction zone of the Antilles arc. But the existence of tsunami hazard in the Caribbean, as well as the availability of scientific and technical resources for numerical simulation of tsunami with high levels of confidence, give sense to the purpose of evaluating the level of hazard which this phenomenon can have for Colombia.

Herein we present simulations for two events, considered as the most likely sources of tsunami hazard for the Colombian coast. The preliminary results show that the general level of exposure is very low.

1: Universidad del Valle, Observatorio Sismológico del Suroccidente - OSSO
Ciudad Universitaria Meléndez, Torre de Ingeniería, A. Aéreo 25360,
Tel. (92) 339 7222, 330 1661; Fax (92) 331 3418, Cali - Colombia
E-Mail: jhcaicedo@osso.univalle.edu.co; hjm@osso.univalle.edu.co

2: Cuerpo Suizo de Socorro, E-Mail: bma@univalle.edu.co

3: IOCARIBE, A. Aéreo 1108, Cartagena - Colombia

INTRODUCCIÓN

Hasta hace muy poco la percepción y atención de la amenaza por tsunami se ha concentrado exclusivamente en el Pacífico y, más recientemente, el Mediterráneo y el Océano Índico. De hecho, el Pacífico es la región que concentra la mayor parte de la ocurrencia de tsunami desastrosos, lo cual está relacionado con los muchos miles de kilómetros de zonas de subducción activas que bordean esta cuenca. En el Mar Caribe, no obstante sus evidentes condiciones geológicas tsunamigénicas y algunos testimonios históricos, hasta hace poco no había habido mayor preocupación por el fenómeno, hecho quizás explicable con la comparativamente baja recurrencia del fenómeno (Grases, 1994a estimó la frecuencia media cinco veces menor que en el Pacífico) y con que, en cuanto a fenómenos naturales peligrosos, la región está dominada por la ocurrencia de huracanes.

Recientemente (IJCARIBE, 1996) se realizó la primera reunión internacional para determinar las acciones científicas, técnicas y preventivas necesarias y factibles a nivel regional para atender la amenaza por tsunami en el Caribe.

Evaluaciones como la iniciada con este trabajo son necesarias para fundamentar decisiones sobre la necesidad de sistemas de alerta de tsunami para la costa caribe de Colombia (realización, en caso de fuentes cercanas, o participación, en caso de fuentes lejanas), y de otras medidas de preparación de emergencias y reducción de riesgos.

Este trabajo, que también aspira a contribuir al conocimiento del fenómeno tsunami en el Caribe, es un aporte al cumplimiento de los objetivos trazados por el "Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia 1990-2000" (Comisión Colombiana de Oceanografía, 1990), que en el Programa de Desastres Naturales (p. 94) prevee para fenómenos como terremotos y tsunami líneas de investigación en evaluación y determinación de niveles de riesgo en función de la vulnerabilidad y amenaza, predicción de ocurrencia de desastres y formulación de medidas de mitigación.

El proyecto de simulación numérica de tsunami que adelanta el OSSO se realiza con apoyo del programa TIME - Tsunami Inundation Modeling Exchange, en cuyo marco se aplica y desarrolla actualmente en 10 grupos de diversos países la metodología de modelamiento numérico de tsunami de la Universidad de Tohoku, Japón (Shuto, 1991; Goto & Ogawa, 1982), en cooperación con la Comisión Oceanográfica Intergubernamental - COI (UNESCO).

FUENTES Y PROPAGACIÓN DE TSUNAMI

Una descripción de los aspectos básicos de la generación y propagación de tsunami está incluida en otro trabajo sobre el proyecto de simulación numérica, para la costa de Colombia en el Pacífico (Caicedo *et al.*, este volumen).

Por su relevancia en la región del Caribe, donde una parte de las potenciales fuentes sísmicas de tsunami son sistemas de falla de movimiento horizontal (el límite de la placa entre Hispaniola y Guatemala, Falla del Pilar), mencionamos aquí adicionalmente resultados sobre la eficiencia tsunamigénica relativa de diversos tipos de mecanismos de fallamiento. Chubarov & Gusiakov (1985) calcularon que fallas de tipo inverso (como son típicas en zonas de subducción) generan amplitudes 6 veces menores que fallas de rumbo. Okal (1988) analizó la diferencia entre fallas de rumbo y fallas inversas (45°), encontrando que la relación depende de la profundidad focal; para un foco a 10 km y en la dirección de máxima radiación una falla de tipo inverso genera amplitudes unas 7 veces mayores.

TSUNAMI EN EL CARIBE

Fuentes

El región geográfica del Mar Caribe demarca a la vez, en su mayor parte, una unidad en el sentido de la tectónica de placas (Novelo-Casanova, 1995); el área confinada por Suramérica, Centroamérica y el arco de las Antillas Mayores y Menores constituye la "Placa del Caribe", a su

vez insertada entre placas mayores (Norteamérica, Suramérica). Por definición, todo el contorno de esta placa es tectónicamente activo, con sistemas de fallamiento lateral, divergente y convergente: el arco de las Antillas Menores, desde el norte (Hispaniola) hasta Trinidad en el sur, es una zona de subducción. Aquí la placa del Atlántico converge hacia y debajo de la placa Caribe, a una velocidad de 3.5 cm/año. En el segmento norte de este arco (Hispaniola, Puerto Rico) el proceso es doble: al sur de estas islas se halla una zona de subducción de sentido contrario. Desde el área de Trinidad hasta el NE de Colombia domina el régimen de desplazamiento lateral (sistemas de falla Pilar, Oca). Desde el NE de Colombia hasta la región limítrofe de Panamá y Costa Rica corre una franja de compresión (Cinturón Deformado del Norte de Panamá y el Cinturón Deformado del Sur del Caribe). Desde el sur de Costa Rica (*Fan et al.*, 1993) hasta Guatemala (Falla de Motagua) el límite entre la placa Caribe y la placa se ubica hacia el lado W del área continental, con la zona de subducción de Costa Rica y Nicaragua (Océano Pacífico).

La sismicidad de magnitudes grandes, en cuanto a límites de la placa en regiones marinas, se concentra (*Panagiotopoulos*, 1996) en el segmento del arco antillano que va desde 14°N (*Aspinall et al.*, 1994) hasta el lado norte de Hispaniola.

La mayor parte del arco de islas en el Caribe oriental (Antillas Menores) presenta volcanismo activo, desde el Kick 'em Jenny (al N de Grenada, submarino) hasta el área de las islas Montserrat y Guadalupe. Tsunami generados por volcanismo, mucho menos frecuentes que los de origen sísmico, no son tratados en el marco de este trabajo. La última erupción en esta región que pudo haber generado un tsunami grande ocurrió hace más de 21.000 años en la isla Dominica (*Sigurdsson*, 1996). Para el Kick 'em Jenny se realizó un modelo de amenaza para tsunami (*Smith & Shepherd*, 1993), que posteriormente (*Sigurdsson*, 1996) fue juzgado como excesivo.

Tsunami

El catálogo sísmico del Caribe de *Grases* (1994) reporta una significativa cantidad de eventos con testimonios de tsunami:

Cumaná (Venezuela)	1530, 1630, 1929	
N de Panamá central	1882	
Panamá occidental	1916	
Antillas Menores y Cuba	1755	(tsunami del gran terremoto de Lisboa)
Jamaica (Port Royal)	1692	
Hispaniola, costa norte	1842	
Islas Vírgenes, Puerto Rico, Guadalupe y Grenada	1867	
Haití	1887	
Jamaica	1907	
Puerto Rico	1918	
Rep. Dominicana (norte), Cuba y Puerto Rico	1946	

El catálogo de tsunami del National Geophysical Data Center (NOAA), que cubre el período 1530 - presente tiene aun más eventos y reportes; la mayoría y los más fuertes tsunami se reportan para la parte N de las Antillas Menores y las Antillas Mayores occidentales (Puerto Rico e Hispaniola). En este catálogo no figura el sismo/tsunami de 1882 (Panamá).

Los reportes de la mayoría de estos eventos son de regiones relativamente pequeñas; para ninguno se presentan testimonios de impacto a distancias transcaribes. Llama la atención que varios eventos grandes en la parte norte del arco antillano (1842, 1867) tuvieron reportes en sitios hasta el sur del arco (Grenada), pero no en las márgenes sur y occidente del Caribe.

Hasta hoy no hemos encontrado testimonios de impacto de tsunami en costas colombianas del Caribe. Esta falta de datos puede tener, en principio, las siguientes explicaciones:

- Ninguno de los tsunami ocurridos en el Caribe en épocas históricas llegó a tener efecto notable en poblaciones colombianas, bien sea por la ubicación de la fuente (costado N y E del

arco antillano), por las características de propagación regional (batimetría, directividad) o por las condiciones locales de estas poblaciones.

- Las pequeñas olas de tsunami que hubieren llegado hasta poblaciones costeras colombianas fueron percibidas como una manifestación más de un fenómeno mucho más frecuente en esta región, el “mar de leva” (cuyas causas son meteorológicas, interanuales). A esto se puede sumar que, a diferencia de las costas en el Pacífico, en el Caribe colombiano el fenómeno tsunami es prácticamente desconocido.

METODOLOGÍA

El enfoque metodológico del proyecto de simulación numérica de tsunami se ha detallado en un trabajo paralelo (*Caicedo et al.*, este volumen), para el Océano Pacífico.

Mientras que para la evaluación de la amenaza por tsunami de fuente lejana en el Pacífico deben tenerse en cuenta un número relativamente grande de potenciales fuentes de peligro, en el caso del Caribe y para la costa de Colombia, un análisis de las condiciones sismotectónicas limita las posibilidades más. Por otro lado, la dificultad que impone en el Caribe el que los períodos de recurrencia de sismos grandes sean más largos que en el Pacífico, y en consecuencia un análisis estadístico de los catálogos históricos (teniendo en cuenta que tsunami son un fenómeno a ún más escaso) no llevaría a resultados valederos, es compensada por la relativa facilidad para calcular la propagación de estas olas.

Escenarios de amenaza

Para cualquier sitio una fuente de tsunami cercana, si ésta existe, sería más peligrosa que cualquier fuente lejana, como demuestran las estadísticas históricas (*Lander & Lockridge, 1986*) para la cuenca del Pacífico. Por esto, se analiza aquí la ubicación y el potencial de la fuente más cercana posible. En cuanto a amenaza de teletsunami, se han realizado diversos enfoques y métodos:

- Evaluación de las trayectorias con enfoque por refracción batimétrica, mediante trazado de rayos (*Satake, 1988; Okal, 1988*).
- Evaluación de datos (mareográficos, testimonios históricos) de alturas de ola terminales (*Hatori, 1993*).
- Identificación de las fuentes más probables de tsunami grandes, con base en información sismotectónica e histórica, y simulación de las respectivas propagaciones al área de interés. Este es el enfoque que se sigue en este proyecto.

Modelo de deformación de fondo

La condición inicial para un tsunami de origen sísmico, la deformación del fondo marino, se calculó con el método de *Mansinha & Smylie (1971)*, especificando el respectivo modelo de ruptura sísmica a partir de la información sismológica disponible. Este modelo no tiene en cuenta la dinámica de ruptura y por lo tanto no puede reproducir el efecto de directividad (*Okal, 1988*), uno de los factores de la asimetría azimutal de la altura de olas generadas por un tsunami.

Validación

Una limitación de los modelos aquí presentados es la falta de datos - mareogramas o testimonios - para su validación. No se conocen registros mareográficos de tsunami en estaciones colombianas. Tampoco se ha encontrado información sobre datos mareográficos para las trayectorias transcaribes, es decir, desde el Arco Antillano a la región Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela.

DATOS

Fuentes sísmicas

Para evaluar el potencial de terremotos tsunamigénicos en la región y para la elaboración de los modelos de deformación de las fuentes modeladas se tomó de información de diversas fuentes. Ambos eventos simulados son anteriores (1843, 1882) a la era de registro instrumental, sus parámetros focales por lo tanto inferidos de los efectos observados.

Batimetría

Para los dos modelos de propagación presentados en este trabajo se utilizó la base batimétrica digital ETOPO-5 (NOAA, 1988), decimada para efectos de economía de tiempo de cálculo a una resolución de 10 minutos de arco para el tsunami lejano y usando la resolución original de 5 minutos para el tsunami cercano. Aún no se han calculado propagaciones terminales para ningún sitio de la costa colombiana, por falta de la batimetría de alta resolución necesaria.

PROPAGACIÓN DE TSUNAMI DE FUENTE CERCANA

Fuente

Las fuentes sísmicas en área marinas, más cercanas a la costa de Colombia y generadoras de mecanismos de tipo inverso son:

- el Cinturón Deformado del Caribe Sur (CDCS), cuya traza (Falla Marginal de Caribe Sur) corre paralela a la costa de Colombia .
- el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (CDNP), desde el área del Golfo de Urabá hasta el límite con Costa Rica.

Ambas convergen en la "unión triple" entre las placas Suramérica, Caribe y Nazca, en la región del Golfo de Urabá. La placa Caribe converge con la de Suramérica a una velocidad de 1.7 cm/año (Toto & Kellogg, 1992).

La parte colombiana de este cinturón de compresión (CDCS), a pesar de presentar diversas evidencias de subducción actual (Toto & Kellogg, 1992), no manifiesta niveles significativos de sismicidad. Toto & Kellogg atribuyen esto a la ingestión de grandes cantidades de sedimentos muy porosos y saturados de agua, además de la baja velocidad de convergencia; se trata de una zona de subducción naciente, con una zona sismogénica que aún no ha desarrollado suficiente ancho y profundidad, por tanto de muy baja sismicidad. Con esto concuerda que la sismicidad histórica de la región (Ramírez, 1974) no incluye eventos atribuibles a esta estructura. Todo el conocimiento sobre este sistema indica que es muy poco probable que pueda ser fuente de un sismo tsunamigénico. Valga anotar que en zonas de subducción bien desarrolladas la ingestión de sedimentos desde la fosa es un factor que aumenta su potencial de grandes magnitudes (Ruff, 1989) y de generación de "terremotos de tsunami" (Kanamori, 1972).

La parte panameña del cinturón de compresión en cambio muestra un comportamiento diferente. Esta estructura sí presenta actividad sísmica importante (Adamek et al., 1988), hasta una profundidad de unos 70 km. El sismo grande más reciente fue el "terremoto del Valle de la Estrella", de magnitud $M_s = 7.6$ (Fan et al., 1993), en la terminación norte del cinturón (límites Panamá - Costa Rica). Este sismo, cuya ruptura en su mayor parte fue continental, generó un tsunami local, con olas de varias decenas de centímetros (Lander & Lockridge, 1989). En la parte central de este cinturón ocurrió un sismo en 1882, cuya magnitud se estimó entre $M_s = 7.9$ (Camacho & Viquez, 1992) y 8.3. Este evento generó un tsunami significativo, con alturas de ola posiblemente superiores a 6 m en las islas San Blas, estragos en éstas y en la costa adyacente, así como un registro de 0.62 m en el mareógrafo de Colón (Mendoza & Nishenko, 1989). Este evento, que probablemente fue precedido por uno similar en época histórica (1621), no aparece

en el catálogo de tsunamis de NOAA/NGDC (Fig 1) ni en el estudio del potencial sísmico regional de *Panagiotopoulos* (1996). El período de recurrencia de un evento como el de 1882 posiblemente es del orden de varios a muchos siglos.

El sismo de 1882:09:07 en Panamá ocurrió a las 3:18 de la mañana. Con un tiempo de propagación de algunos minutos después del sismo (Fig. 4.) a poblaciones de la costa colombiana, las olas del tsunami - quizás de pocos centímetros de altura - tuvieron que llegar a una hora en la que era muy poco probable que fueran percibidas.

Este evento se seleccionó como escenario de amenaza de fuente cercana. Queda como duda el potencial de un evento de magnitud mayor, o con zona de ruptura más hacia el extremo oriental del cinturón, en cual caso la orientación de la fuente y el efecto de directividad probablemente causarían alturas de ola mayores en costas colombianas.

Para la simulación se escogió un valor intermedio - 8.0 - de las diversas magnitudes asignadas.

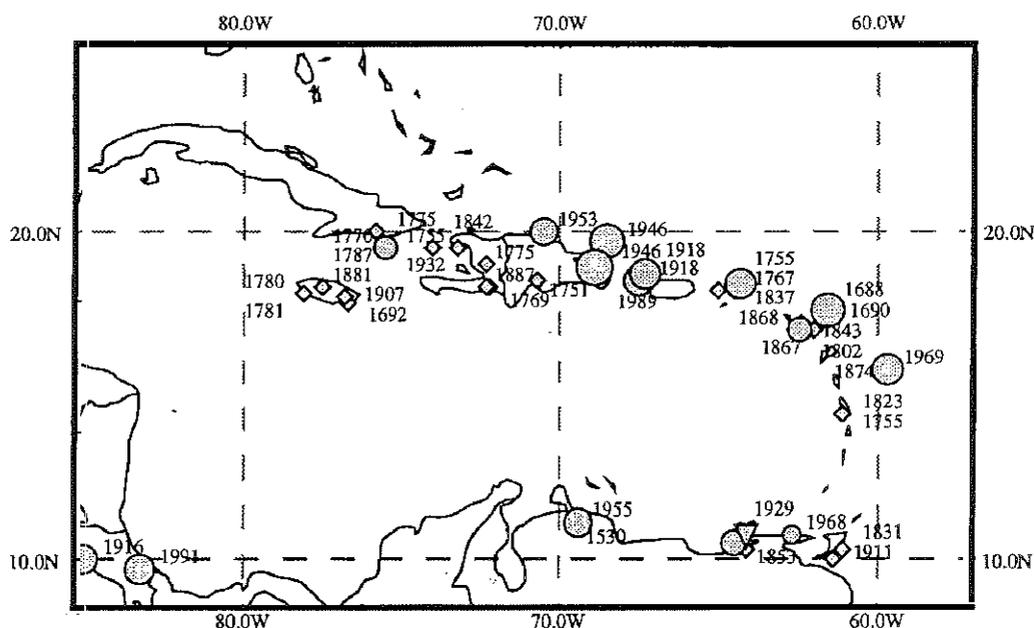


Figura 1. (Mapa Tsunamis NOAA) Mapa de tsunamis en el Caribe 1690 - 1988 (*Lander & Lockridge, 1989*)

Modelo de generación

Para calcular el momento sísmico equivalente a la magnitud de onda superficial se utilizó la fórmula de *Purcaru & Berckhemer* (1978), aplicable a sismos muy grandes:

$$\log M_0 = 1.5M_s + 16.1$$

Para una magnitud $M_s = 8.0$ el momento equivalente es entonces:

$$M_0 = 12.6 \times 10^{27} \text{ din-cm}$$

Como epicentro se tomó el determinado por *Mendoza & Nishenko* (1989):

LAT: 10°N

LON: 78°W

Conforme con la relación que asocia el momento sísmico con la rigidez, el área de ruptura y la dislocación:

$$M_0 = \mu LWd$$

y teniendo en cuenta la forma de las isosistas (*Mendoza & Nishenko, 1989*), se asignaron al plano de ruptura las dimensiones

$$L = 140 \text{ km} \quad W = 50 \text{ km}$$

con rumbo N110°E y buzamiento de 10° hacia el SSW. Con la relación empírica de *Ohnaka (1978)* se calculó la dislocación, a partir de la magnitud del evento:

$$d = 4.5 \text{ m}$$

A la rigidez se le asignó un valor intermedio, $4 \times 10^{11} \text{ din/cm}^2$.

Modelo de propagación

La simulación se realizó, en esta primera etapa, para una malla con resolución de 5 minutos de arco, buscando un balance entre resolución y tiempo de cálculo.

Por la orientación de la fuente (Fig. 2), las alturas de ola máximas no están dirigidas hacia la costa de Colombia. La primera ola llega al área de Cartagena 40 minutos después del sismo causante (Fig. 3), primero como una depresión del nivel del mar y luego en un tiempo de aproximadamente 60 minutos con una altura de 20 cm. Esta altura puede aumentar, si se incluye en la simulación una batimetría de mayor resolución para la trayectoria terminal.

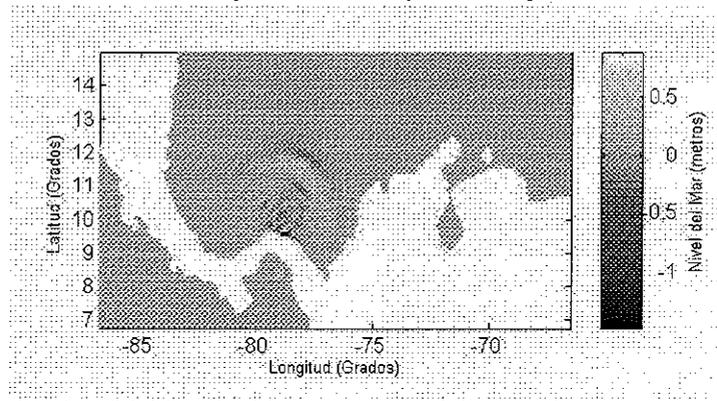


Figura 2. Campo de olas calculado para el tsunami de fuente cercana (Panamá, 1882), para T = 18 minutos

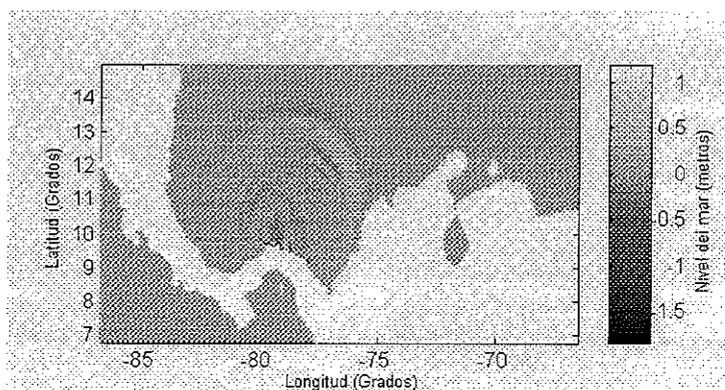


Figura 3. Campo de olas calculado para el tsunami de fuente cercana (Panamá, 1882), para T = 34 minutos

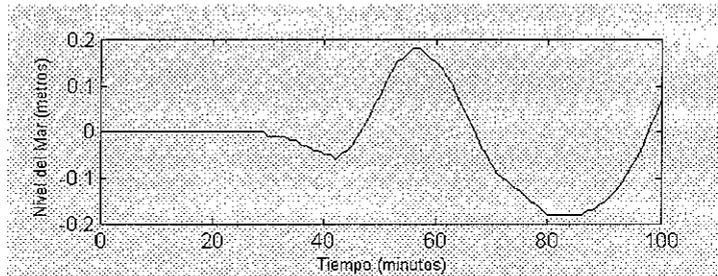


Figura 4. Mareograma sintético para Cartagena (simulación del tsunami de 1882 en Panamá).

PROPAGACIÓN DE TSUNAMI DE FUENTE LEJANA

Selección de fuente

Gran parte de los márgenes tectónicamente activos del Caribe quedan descartados como escenarios probables para Colombia porque son fallas de tipo transcurrente (rumbo). Los sismos más grandes del Circun-Caribe (*Panagiotopoulos, 1996*) se localizan en el segmento comprendido entre Santa Lucía (14°N) e Hispaniola. El sismo más grande con magnitud instrumental en esta región, $M_s = 8.1$, ocurrió al NE de la República Dominicana (1946:08:04). Con base en su modelo predictivo para sismos en zonas de subducción, cuyos parámetros son la edad de la placa subducida y la velocidad de convergencia, *Kanamori (1986)* calcula para el Arco Antillano una magnitud máxima de $M_w = 7.5$, mientras que *Aspinall et al. (1994)* infieren como magnitud máxima para el segmento norte de las Antillas Menores $M_s = 8.5$, a partir de una reevaluación histórica del sismo de 1843:02:08, ubicado en cercanías de la isla Antigua (17°N). La ausencia de testimonios de tsunami para este sismo permite deducir que fue relativamente profundo, más aún, *Aspinall et al. (1994)* estiman que pudo haber sido un evento de tipo normal (tensional) en la zona de Wadati-Benioff. En esta región también están localizadas las fuentes de aquellos tsunamis históricos que han generado alturas de ola significativas a distancias mayores (*Lander & Lockridge, 1989*). Sin embargo, aquellos tsunamis generados en la zona de subducción al N de las Antillas Mayores (Puerto Rico - Hispaniola) muy probablemente no causan alturas de ola peligrosas a través del Caribe; su energía es radiada y reflejada principalmente hacia el Atlántico.

Todo esto nos permite asumir un sismo superficial de $M = 8.5$ en la zona de subducción del segmento N del arco de las Antillas Menores (Santa Lucía - Islas Vírgenes) como escenario máximo para el caso de amenaza de fuente lejana para costas colombianas.

Modelo de generación

El modelo de ruptura sísmica para el cálculo de la condición inicial del tsunami (deformación del fondo) se determinó para $M_s = 8.5$, en las coordenadas epicentrales inferidas por Feuillard (en *Grases, 1994b*):

$$\text{LAT: } 16.7^\circ\text{N} \quad \text{LON: } 61.1^\circ\text{W}$$

con profundidad focal normal (33 km). El epicentro se asignó al centro del borde superior del plano de ruptura. El momento sísmico se calculó con la relación de *Purcaru & Berckhemer (1978)*:

$$M_0 = 7.1 \times 10^{28} \text{ din-cm}$$

Para el plano de ruptura se calculó un área de 250 x 85 km, con rumbo N150°E y buzamiento de 45° hacia el WSW. La dislocación se estimó en 8.6 m, con base en la relación de *Ohnaka (1978)*.

Modelo de propagación

La simulación de este evento también se realizó con una batimetría de resolución de 10 minutos de arco, a partir de la base digital ETOPO-5 (NOAA, 1988).

La complejidad del campo de olas hacia el W (Fig. 5) se debe a la interferencia con el arco de islas. Es evidente que, por el obstáculo batimétrico que este arco constituye, la mayor parte de la energía es emitida hacia el Atlántico. La Dorsal de Aves, que se extiende desde la región de las Islas Vírgenes hasta Isla Margarita (Venezuela), también contribuye a reflejar una parte de la energía de oleaje radiada hacia el W.

Son notables las alturas de ola generadas en las costas atlánticas de Venezuela y Brasil y en el lado exterior del arco de las Antillas Menores. En relación con esto es interesante que varios de los mayores tsunami reportados del segmento N del Arco Antillano tuvieron olas de altura notoria a lo largo del arco de islas, hasta Grenada (Grases, 1994b; Lander & Lockridge, 1989), pero no en las costas de Venezuela o Colombia.

La primera ola desde esta fuente lejana llega a Cartagena aproximadamente a las 2 horas 30 minutos después del sismo causante, con una altura máxima de 50 cm (Fig 6).

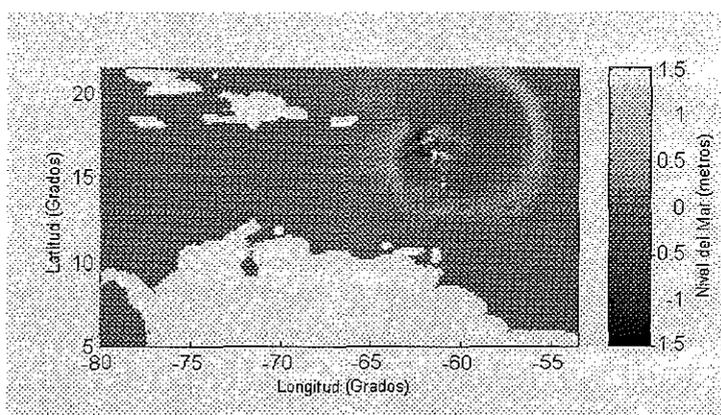


Figura 5. Campo de olas calculado para el tsunami de fuente lejana (N de Antillas Menores), para T = 45 minutos.

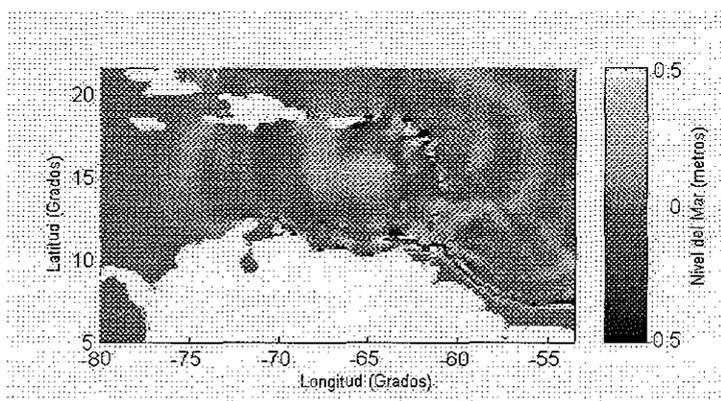


Figura 6. Campo de olas calculado para el tsunami de fuente lejana (N de Antillas Menores), para T = 2 horas 30 minutos.

CONCLUSIONES

La primera aproximación al problema, presentada en este trabajo, permite hacer las siguientes conclusiones principales.

Para la costa de Colombia en el Caribe, la fuente de tsunami cercana más probable es el Cinturón Deformado del Norte de Panamá, mientras que las fuentes más importantes para tsunami con potencial trans-Caribe se localizan en la parte norte del arco antillano (Santa Lucía hasta Hispaniola).

Las alturas de ola probables para la costa de Colombia por causa de tsunami en el Caribe no son superiores a aquellas que recurrentemente se presentan por interacción Atmósfera-Océano

("mar de leva"). La primera aproximación al problema presentada aquí no condujo a evidencias de amenaza de tsunami significativa para la costa de Colombia.

Para aumentar la resolución y precisión de los resultados, en siguientes etapas se hará la simulación de trayectorias terminales a las áreas más críticas de la Costa y para aquellas trayectorias para las cuales hay datos mareográficos; ambos casos tienen que ser modelados con cartografía batimétrica de alta resolución (cartas de navegación).

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este proyecto el OSSO ha contado con el apoyo del Cuerpo Suizo de Socorro y del proyecto TIME - Tsunami Inundation Modeling Exchange (Univ. de Tohoku, Japón y Comisión Oceanográfica Intergubernamental - COI/UNESCO).

BIBLIOGRAFÍA

- Adamek, S., C. Frohlich, W.D. Pennington (1988). Seismicity of the Caribbean-Nazca boundary: constraints on microplate tectonics of the Panama region. *J. Geophys. Res.*, Vol. 93, pp. 2053-2075.
- Aspinall, W.P., J.B. Shepherd, G. Woo, A. Wightman, K.C. Rowley, L.L. Lynch, W.B. Ambeh (1994). Seismic ground motion hazard assessment at a site near a segmented subduction zone: the Roseau Dam, Saint Lucia, West Indies. *Earthquake Spectra*, Vol. 10, No. 2, pp. 259-292.
- Camacho, E., V. Viquez (1992). Historical seismicity of the North Panama Deformed Belt. Manuscrito, Instituto de Geociencias, Universidad de Panamá, 45 pp. y 5 fig.
- Chubarov, L.B., V.K.Gusiakov (1985). Tsunamis and earthquake mechanisms in the island arc regions: summary. Proceedings, IUGG Intern. Tsunami Symp. 1985, pp. 283-291, Sidney, B.C.
- Fan, G.-W., S.L. Beck, T.C. Wallace (1993). The seismic source parameters of the 1991 Costa Rica aftershock sequence: evidence for a transcurrent plate boundary. *J. Geophys. Res.*, Vol. 98, No. B9, pp. 15759-15778.
- Freymueller, J.T., J.N. Kellogg, V. Vega (1993). Plate Motions in the North Andean Region. *J. Geophys. Res.* Vol. 98, No. B12, pp. 21.853-21.863.
- Geller, R.J. (1976). Scaling relations for Earthquake Source Parameters and Magnitudes. *Bull. Seism. Soc. Am.* Vol. 66, pp. 1501-1523.
- Goto, C., Y. Ogawa (1982). Numerical method of tsunami simulation with the leap-frog scheme. Manuscript, Dept. of Civil Eng., Fac. of Eng., Tohoku Univ., translated by N. Shuto.
- Grases G., J. (1994a). Venezuela, Amenazas Naturales - terremotos, maremotos, huracanes. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela y Cámara de Aseguradores de Venezuela, 162 pp., Caracas.
- Grases G., J. (1994b). Terremotos destructores del Caribe 1502-1990. Publ. RELACIS - Red Latinoamericana y del Caribe de Centros de Ingeniería Sísmica y UNESCO (Oficina Regional de Ciencia y Tecnología, 132 pp., Montevideo.
- Hatori, T. (1993). Distribution of tsunami energy on the Circum-Pacific zone. Proceedings, IUGG/IOC International Tsunami Symposium, Wakayama, Japan Society of Civil Engineers, pp. 165-173.
- IOCARIBE (1995). Draft Summary Report, UNESCO/IOC/IOCARIBE Tsunami Warning System Workshop, St. John, Islas Vírgenes.
- Kanamori, H. (1972). Mechanism of tsunami earthquakes. *Phys. Earth Planet. Inter.*, Vol. 6, pp.346-359.
- Kanamori, H. (1986). Rupture process of subduction zone earthquakes. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, Vol. 14, pp. 293-322.
- Kellogg, J.N., V. Vega (1995). Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: constraints from Global Positioning System geodetic studies and gravity. *Geological Society of America Special Paper 295*.
- Lander, J.F., P.A. Lockridge (1986). Use of a tsunami database for research and operations. Abstract, *EOS*, Vol. 67, p. 1003.

- Lander, J.F., P. A. Lockridge (1989). United States Tsunamis (including United States Possessions) 1690-1988. US Department of Commerce, Nat. Geophys. Data Center, Publication 41-2.
- Mansinha, L., D.E. Smylie (1971). The displacement fields of inclined faults. *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 61, pp. 1433-1440.
- Mendoza, C., S. Nishenko (1989). The North Panama Earthquake of September 1882: Evidence for Active Underthrusting. *Bull. Seism. Soc. Am.* Vol. 79, No. 4, pp. 1264-1269.
- Nagano, O., F. Imamura, N. Shuto (1991). A numerical model for far-field tsunamis and its application to predict damages done to aquaculture. *Natural Hazards*, Vol. 4, pp. 235-255.
- Novelo-Casanova, D. (1995). Seismicity, seismotectonics and seismic hazard assessment in Mexico, Central America and the Caribbean. Lecture Notes, Regional Int. Training Course on Seismology and Seismic Hazard Assessment, pp. 35-46, Managua.
- Ohnaka, M. (1978). Earthquake-source parameters related to magnitude. *Geophys. J.R. Astron. Soc.*, Vol. 55, pp. 45-66.
- Panagiotopoulos, D.G. (1996). Long-term earthquake prediction in Central America and Caribbean Sea based on time- and magnitude-predictable model. *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 85, No. 4, p. 963.
- Purcaru, G., H. Berckhemer (1978). A magnitude scale for very large earthquakes. *Tectonophysics*, Vol. 49, pp. 189-198.
- Ramírez, J.E. (1974). Los terremotos en Colombia. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".
- Ruff, L.J. (1989). Do trench sediments affect great earthquake occurrence in subduction zones? *PAGEOPH*, Vol. 129, Nos. 1/2 y "Subduction Zones Part II", edit. L.J. Ruff & H. Kanamori, pp. 263-282, Birkhäuser.
- Satake, K. (1988). Effects of bathymetry on tsunami propagation: application of ray tracing to tsunamis. *PAGEOPH*, Vol. 126, pp. 27-36.
- Shuto, N. (1991). Numerical simulation of tsunamis - Its present and near future. *Natural Hazards*, Vol. 4, pp. 171-191.
- Sigurdsson, H. (1996). Volcanic tsunami. Appendix iii, Annex III in Draft Summary Report, UNESCO/IOC/IOCARIBE Tsunami Warning System Workshop, St. John, Islas Vírgenes.
- Smith, M.S., J.B. Shepherd (1993). Preliminary investigations of the tsunami hazard of Kick 'em Jenny submarine volcano. *Natural Hazards*, Vol. 7, pp. 257-277.
- Toto, E., J.N. Kellogg (1992). Structure of the Sinú-San Jacinto fold belt - An active accretionary prism in northern Colombia. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 5, No.2, pp. 211-222.

VIII. CEREMONIA DE CLAUSURA

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

Santafé de Bogotá Salón Rojo - Hotel Tequendama - Octubre 31, 17:00 horas

1. Himno Nacional de la República de Colombia, Banda de Músicos Armada Nacional.
2. Palabras del Señor Capitán de Navío SIGIFREDO VELANDIA ROCHA Secretario General de la Comisión Colombiana de Oceanografía.
3. Palabras del Señor Director de Colciencias (e), Doctor JUAN RICARDO MORALES.
4. Palabras del Vicepresidente del Consejo Nacional de Oceanografía Señor Contralmirante SERGIO GARCÍA TORRES.
5. Himno de la Armada Nacional, Banda de músicos de la Armada Nacional.
7. Fin de la Ceremonia.

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

Buenas tardes. Después de cuatro días continuos de trabajo llegamos al final de la X versión del Seminario Nacional de las Ciencias y Tecnologías del mar, Iniciamos el acto de clausura teniendo como preámbulo las notas del Himno Nacional de la República de Colombia, interpretado por la Banda de Músicos de la Armada Nacional.

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 Sr 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.

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.

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.

A continuación la intervención del Señor Capitán de Navío SIGIFREDO VELANDIA ROCHA Secretario General de la Comisión Colombiana de Oceanografía.

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.

Escuchemos ahora la intervención del Sr Contralmirante Sergio García Torres, Presidente del Consejo Nacional de Oceanografía

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. 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.

Escuchemos como acto de cierre del X seminario de Ciencias y Tecnologías del Mar el Himno de la Armada interpretado por la banda de Músicos de la Armada Nacional.

INTERVENCIÓN DEL SECRETARIO GENERAL DE LA COMISIÓN COLOMBIANA DE OCEANOGRAFÍA EN LA CEREMONIA DE CLAUSURA DEL X SEMINARIO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR

Culmina hoy, después de cuatro días de debida atención de la comunidad científica marina nacional, hacia los temas principales de la investigación científica del mar, el x seminario de las ciencias y tecnologías del mar.

El balance es más que positivo: cerca de 500 expertos de diferente ubicación han concurrido a esta convocatoria, los que representan cerca de 20 instituciones nacionales y una docena de instituciones de otros países, con orientación a las ciencias del mar. a lo largo de estos días se expusieron 132 títulos de las investigaciones más recientes en ciencias y tecnologías del mar. Estos títulos reflejan una nómina de cerca de 225 autores interlocutores por los 120 conferencistas que nos informaron sobre sus hallazgos, inquietudes complementaciones, descubrimientos y avances en los diferentes campos del conocimiento de las disciplinas del mar.

Un nuevo premio nacional de las ciencias del mar: evolución histórica de las islas barrera del sector de Buenaventura y el Naya, se integra a la base de información de la geogénesis de nuestro litorales sobre presupuesto de acreción/erosión. Informar sobre la evolución de la costa, constituye una línea de trabajo especial debido a su importancia ante el peligro que representa el espectro del ascenso del nivel del mar. El dictamen del comité del premio fue más que acertado.

Sin duda alguna la nómina de científicos colombianos que han dedicado la mayor parte de su vida a la formación de estudiantes colombianos en las ciencias del mar es limitada. Pero esta limitación no escapa a la grandeza de su propósito. La huella de esa dedicación esta registrada en muchos de los acá presentes.

El reconocimiento colectivo ha sido incluido como un elemento importante de la agenda de este y los sucesivos seminarios. En esta semana expresamos nuestro reconocimiento a una vida de docencia y académica, a la Dra. Sara de Newall, persona a la que el país le adeuda una intensa gratitud y le acredita el saber de sus discípulos.

La biotecnología marina, los procesos de interacción océano.atmósfera, los recursos marinos, el manglar, su ecología y su productividad, el uso de técnicas satelitales en la investigación marina, las comunidades fitoplanctónicas, la ictiofauna, los arrecifes coralinos, ensamblajes en comunidades marinas, la biodiversidad costera y marina, aspectos de dinámicas de poblaciones y recursos marinos, dinámica oceánica, estabilidad litoral, contaminación costera, imaginología y electrocardiografía en ballenas, simulaciones numéricas, bioerosión, contaminación ambiental aplicada a los recursos marinos, son entre

otros los temas que ocuparon la agenda preparada por este seminario y que en conjunto constituye un fundamento importante para el desarrollo sostenible de nuestros mares.

La comisión colombiana de oceanografía, agradece a los organismos coauspiciadores de este evento su apoyo para poder llevarlo a feliz termino. Destacamos la labor de los moderadores de las diversas sesiones. su paciencia y agudo criterio permitieron el diálogo oportuno entre los conferencistas y los expositores. Los informes de sesión serán considerados como elementos orientadores en la planificación futura de las ciencias y tecnologías de mar.

Nuestro agradecimiento se orienta también de forma especial la destacada nómina de conferencistas internacionales y nacionales que con sus exposiciones concentraron nuestra atención y enriquecieron los conocimientos a todos ellos muchas gracias.

Detrás de todo el componente formal que suele acompañar este tipo de eventos. existe ese elemento de apoyo, silencioso, algunas veces inadvertido pero fundamental y decisivo en la organización y desarrollo de estos eventos. me refiero al personal de apoyo de la secretaría a ellos, nuestro sincero voto de aplauso y agradecimiento sincero. a la Dra. Marta Bernal de Mosquera, un especial agradecimiento por su destacada consagración y dedicación en la organización de este seminario.

Señores participantes, conferencistas, con la satisfacción que deja el convencimiento del deber cumplido, la secretaría general del la CCO da hoy por terminada su actividad con respecto a la parte formal de la x versión del mar y como ya se expresó en la ceremonia de instalación Dios guiará que nos podamos ver en la próxima convocatoria bajo el lema de 1998 año internacional del océano.

Con la venia del señor comandante de la armada nacional deseo presentar a la comunidad científica Nacional, a las entidades patrocinadores, a los científicos e investigadores y a ustedes señores estudiantes, que son el futuro de nuestros mares, mis agradecimientos por su participación y colaboración. como decimos en el argot institucional. misión cumplida

Muchas Gracias.

INTERVENCIÓN DEL DIRECTOR DE COLCIENCIAS DOCTOR JUAN RICARDO MORALES EN LA CEREMONIA DE CLAUSURA DEL X SEMINARIO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR

Presidente del Consejo Nacional de Oceanografía Señor Contralmirante Sergio García Torres, señores agregados navales, señores conferencistas nacionales e internacionales, Señor Secretario General de la Comisión Colombiana de Oceanografía Capitán de Navío Sigifredo Velandia Rocha, señores de la prensa hablada y escrita, señoras y señores participantes.

Yo quisiera, que Ustedes me permitiesen tener un tono menos formal del que tuvo el Capitán Velandia para compartir con Ustedes algunas impresiones sobre lo que yo experimento al poder compartir con quienes ya en largos años ya han sido mis compañeros de viaje en la labor que he desarrollado una vez que regrese al país en el ámbito de las ciencias del mar.

No se trata solamente de visualizar el excelente número de ponencias como mencionaba Sigifredo 225 autores involucrados en el desarrollo de trabajo se trata de ver el fruto de la persistencia de la idea de algunos tal vez Quijotes, que consideramos importantes de mantener la presencia de los estudiantes como sangre nueva en estos eventos, no han sido pocas las batallas en sesiones de consejo en sesiones de comités científicos, en sesiones de comités organizadores tratando de preservar la presencia de los estudiantes de una u otra manera siempre ha habido la tendencia a considerar que debemos diferenciar la alta calidad de los conferencistas internacionales y algunos y muchos nacionales de obviamente la preocupación que asalta a un estudiante cuando sale a un foro de esta magnitud a presentar los resultados de su trabajo. Yo en conjunto con muchas otras personas hemos defendido siempre la necesidad de que ellos estén ahí, y hemos defendido esa convicción porque estamos seguros que ese es el único camino cierto para que mañana nos puedan representar con dignidad en foros nacionales e internacionales, por eso a nosotros si bien nos animan el número de autores y de ponencias nos animan aún más el número de gente joven vinculadas ellas.

Creemos que se ha descubierto una cantera real de personas enamoradas del mar comprometidas en su estudio, dedicadas a la investigación para tratar de dilucidar sus misterios y lo que es más significativo hay una visión multidisciplinar algo que fue relevante en el caso del trabajo que fue premiado en esta versión del Seminario de Ciencias del Mar, no bastaba solamente con un enorme trabajo cotidiano, permanente y arduo con quienes han estado en esos manglares e islas conocen si no que se requería una gran capacidad de reflexión de análisis para poder interpretar esas islas aparentemente desconocidas en un territorio totalmente diferente del que tradicionalmente nos mostraron a nosotros los expositores tenían las características de las islas de barrera y se requería de osadía para poder llegar a la conclusión de que ahí estaba involucrada una nueva concepción, una

concepción de isla barrera no características de la zona en que se había investigado en otras oportunidades si no características de aquellas regiones donde esta presente la selva húmeda tropical y que por ende se va a reflejar en las características del entorno.

Ahora bien podemos o no sentirnos satisfechos con lo que hemos logrado tenemos hacia donde encaminar nuestras labores y tenemos alguna ruta cierta, en mi concepto creo que sí, creemos que hemos dado los primeros pasos hacia esa capacidad de la cual hablábamos en el plan de desarrollo de Ciencias y Tecnologías del Mar, hacia la capacidad de análisis ya cada vez se ve más el trabajo que no solo involucra la percepción de un determinado fenómeno si no que asimila el trabajo desde diferentes ópticas permitiendo un acercamiento más analítico e integral, sin embargo queda terreno por recorrer quiero retomar nuevamente la idea que retome en la intervención de la instalación de este Seminario tenemos que aumentar la base científica de las ciencias del mar en Colombia y para ello tenemos que aumentar el número de gente con formación doctoral tenemos que consolidar los programas de postgrado que existen en el País y abrir nuevos programas el propósito de contar con un doctorado en ciencias del mar debe constituirse en un propósito nacional debe convertirse en una decisión de cada uno de nosotros para ser llevada adelante ahora bien quisiera mencionar un elemento para mí fue tremendamente leccionador y que en determinado momento refleja también el comportamiento en otros seminarios sobre Ecosistemas Marinos se presentaron 45 trabajos, sobre Recursos Naturales 47, y en el campo Ambiental 23, sin embargo es necesario mencionar que el principal ausente es el sector industrial es necesario que el sector productivo se vincule en las áreas de investigación en forma comprometida y dirigida, tenemos que colocar al servicio y beneficio de la nación las investigaciones que Ustedes adelantan por eso me uno a la observación del doctor Rafael Amaya, quien indicaba la preocupación de la baja cantidad de proyectos que se presentaron en maricultura muchos de los cuales entre otras cosas desconocen la necesidad de la importancia de la investigación básica fundamental para poder desarrollar proyectos serios que interesan a la industria en ese sentido yo quisiera resaltar un elemento final tal vez la satisfacción mayor para mí aun cuando no es un logro mío sino un logro de Ustedes es el ver que se van construyendo escuelas en Ciencias del Mar en este país. Ver 8 trabajos liderados o coliderado por Jaime Cantera, 8 trabajos por una persona con Fernando Zapata, 7 trabajos por Sven Zea, personas de un altísimo reconocimiento nacional e internacional en estos campos muestra que alrededor de ellos porque son trabajos que presentaron con otras personas se esta tejiendo una capacidad de creación de escuela, yo quise resaltar esto porque quizás es el ejemplo más significativo para mí que ha sido encomiable es poderle decir a otros campos de la Ciencia cuando hablamos de esto, que en Ciencias del mar tenemos una persona que ha podido llegar al lugar que ha llegado y haber publicado en revistas internacionales sin haber terminado ni siquiera sus estudios universitarios. El año pasado recibió el premio de FEN de Ecología en conjunto con el doctor Jaime Cantera como es y creo que él se lo ha ganado por merecimiento y no por muchas otras razones académicas el título de Doctor, el doctor Raúl Neira, en el sentido de reconocimiento de un valor como es el conocimiento de los equinodermos, creo que aquí hay un ejemplo muy importante que se esta lanzando hay la

necesidad de consolidar los grupos de investigación y un grupo de investigación necesita tres elementos fundamentales:

- Un ámbito de trabajo
- un grupo de jóvenes
- y un líder que los oriente

Creo en ellos encontrar esa visión de futuro que obviamente está necesitando las ciencias del mar.

Quiero cerrar mi intervención con dos elementos simplemente, el primero un reconocimiento abierto, amplio y sincero para con el Capitán Sigifredo Velandia con él hemos tenido gestas iguales a estas y numerosas, creo que él como lo ha mencionado tiene que sentir la satisfacción del deber cumplido, nos agrada el haberle acompañado en este propósito, y por último permítanme a mí hacer una alegoría tal vez muchos de Ustedes recuerden la última imagen de la película Azul Profundo, recuerdan la imagen cuando el individuo está descendiendo en el cordón y ve un delfín y se aleja, ojalá todos nosotros tengamos la fuerza y podamos alejarnos por nuestras convicciones.

Muchas Gracias.

**INTERVENCIÓN DEL SEÑOR CONTRALMIRANTE SERGIO
GARCIA TORRES VICEPRESIDENTE DEL CONSEJO NACIONAL
DE OCEANOGRAFIA EN LA CLAUSURA DEL X SEMINARIO
NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS DEL MAR**

Finaliza hoy la convocatoria del X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar 1996, en el que se trataron temas importantes de la regionalización de la agenda marina nacional y sus problemas ambientales, durante estos cuatro días ilustres investigadores han tenido la oportunidad de presentar a la comunidad científica el fruto de su trabajo, iniciativa y esfuerzo, cumpliéndose así el ciclo formal del proceso científico; las conferencias magistrales presentadas constituyeron el marco internacional con las cuales nuestros investigadores han profundizado en sus conocimientos y experiencias sobre el mar.

Este seminario coincidió con un evento de gran trascendencia internacional, como fue el congreso mundial del medio ambiente, celebrado en Montreal Canadá el 23 de octubre del presente año, en el cual se consolidó la constitución de una comisión de trabajo en manejo de zonas costeras y marinas y en cuyo seno se movilizara todos los intereses particulares y estatales, sobre conservación de esta zona

Las ponencias y trabajos presentados durante el desarrollo de este seminario, estuvieron enfocados hacia una visión del mar, integral y bajo una dimensión económica y social, enmarcados en el lema de esta décima versión del Seminario "Hacia un Desarrollo Sostenible de Nuestros Mares en una Forma Integral".

La Armada Nacional respalda toda iniciativa, que como este Seminario, da un espacio apropiado para vincular a nuestros investigadores al desarrollo económico y social de nuestro país. Igualmente apoyará en todo lo pertinente a la Comisión Colombiana de Oceanografía, en la próxima convocatoria del Décimo Primer Seminario Nacional de Ciencias y tecnologías del mar en 1998 y en la celebración del Año Internacional de los Océanos en ese mismo año, en cuya preparación de la Agenda estamos todos comprometidos.

Finalmente reitero mis votos por la consolidación cada vez más significativa de las ciencias del mar en el país y mi deseo porque veamos cada vez, una Colombia más grande y más marítima. Doy por clausurado el X Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías de Mar.

IX. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES CONFERENCISTAS INTERNACIONALES

Jorge Cortés (Costa Rica)

La aorganización, participación y calidad del seminario ha sido en términos generales muy buena.

Este tipo de actividades es importante para el desarrollo científico de un país, en el futuro, se debe participar a personas del gobierno, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas involucradas en el manejo y uso de los recursos marinos.

Me parece excelente que el Seminario incluya todas las áreas de la Ciencias del Mar, pero se deben organizar las sesiones alrededor de temas.

Para promover el intercambio valdría la pena organizar algunas mesas redondas o debates alrededor de diferentes temas, desde parámetros científicos hasta temas de manejo y aplicación de tecnologías.

El nivel de la mayoría de las expresiones fue realmente bueno.

La idea de plenarias en el mañana por panelistas internacionales es muy buena. Aprendí muchísimo mis otros colegas.

En lo personal esta ha sido una excelente oportunidad para intercambiar ideas, observaciones y conocimientos con mis colegas y amigos que trabajan en los Arrecifes Coralinos de Colombia.

Aprovecho la oportunidad, una vez más, para felicitarlos por su Seminario tan enriquecedor y agradecerles la invitación.

Antonio Cruzado (España)

Tanto la organización del evento como la participación del mismo merecen un sobresaliente.

La acogida por parte de los organizadores y de los científicos Colombianos se puede juzgar como cariñosa, entusiasta y desinteresada.

Los locales e instalaciones aunque las sillas algo incómodas, el sonido algo deficiente y el proyector de acetatos más bien borroso.

El Hotel Tequendama cálido y muy correcto lo mismo los servicios del restaurante, etc.

Las conferencias magistrales merecen una sincera felicitación. En general fueron equilibradas y excelentemente presentadas por profesionales distinguidos. El horario tan temprano creo algunos inconvenientes.

Las presentaciones técnicas a las que asistí tenían un nivel algo irregular, mientras que la mayoría excelentes, con un alto nivel científico algunas adolecieron de mejor científico o de una presentación mediocre, ello sin embargo es perdonable por el variado nivel técnico científico de los participantes.

La distribución de las presentaciones técnicas es sesiones fué un tanto arbitraria, tal vez en un futuro sería preferible reducir el número de comunicaciones y de sesiones, mediante una selección más estricta. Se podría aumentar el número de posters.

En conjunto se puede dar la máxima nota al X SEMINARIO NACIONAL.

Es notable el nivel de participación, sobre todo el nivel de estudiantes y jóvenes egresados, se nota la falta de la presencia de científicos , profesores; tal vez se deba a que estos son conscientes de la necesidad de Colombia por un "Relevo Generacional".

Muchas Gracias...

ÁREA DE ECOSISTEMAS MARINOS

ARRECIFES CORALINOS

Informe de moderadores: Elvira Alvarado, Sven Zea, Juan Manuel Díaz y Nancy Villegas

Se presentaron 23 de los 24 trabajos programados

Sesión Martes 30 de octubre de 1996

Se trataron cuatro líneas de investigación en arrecifes coralinos:

1. Geomorfología arrecifal, que pretende interpretar la disposición espacial de las estructuras arrecifales en relación con las variables ambientales más sobresalientes. Esto permite entender a gran escala espacial y temporal las condiciones que determinan la presencia, mantenimiento y acreción de los arrecifes. Se presentó un trabajo detallado (Díaz et al.), sobre los arrecifes lagunares de los atolones colombianos en el Caribe suroccidental, con un modelo generalizado sobre la geomorfología en relación con el grado de exposición al oleaje, aplicable a otros arrecifes del mundo.

2. Ecología de comunidades asociadas a arrecifes coralinos. Este enfoque estudia los esquemas de distribución espacial y temporal de las especies que componen un gremio o grupo determinado de organismos, y atributos comunitarios como diversidad y equitatividad de especies, y trata de interpretarlos en términos de las condiciones ambientales y las interacciones bióticas. Este conocimiento básico da la base para comenzar a entender los factores que gobiernan el estado y la persistencia de estos sistemas. Se presentaron 6 trabajos de diversa objetividad, alcance, resolución y calidad, uno sobre gorgonáceos (Sánchez et al., en los atolones), dos sobre macroalgas (Díaz-Pulido y Díaz en los atolones, y González y Rojas en las Islas de San Bernardo), uno sobre erizos (Toro et al., en Gorgona) y dos sobre peces (Mejía et al. en los atolones, y Zapata y Morales en Gorgona). En general, se discriminaron variables abióticas (grado de exposición al oleaje, profundidad, complejidad tridimensional del sustrato), y bióticas (depredación, alimento disponible, reclutamiento) responsables de la estructura y composición de estas comunidades y su variación espacial y temporal.

3. Autoecología de especies arrecifales, que estudia en detalle la historia natural de especies selectas, que pueden proveer información causal sobre procesos que ocurren a mayor escala (comunitaria, trófica). Se presentó un trabajo bastante detallado sobre la relación simbiótica entre una especie de cangrejo y el coral más importante de los arrecifes del pacífico (Navas), concluyéndose que no parece haber efecto deletéreo sobre el crecimiento y desarrollo del coral.

4-Efecto de variables naturales y de origen antropogénico sobre las comunidades coralinas. Estos estudios proveen información sobre el estado de las comunidades y discriminan las causas de deterioro. Se presentó un trabajo sobre la salud de las especies coralinas en los

atolones (Garzón et al.), mostrándose valores relativamente altos de mortalidad reciente y crónica, producidos por efectos macroregionales (sobrecalentamiento, enfermedades epidémicas), y locales (sobrepesca) en estos sistemas remotos. Dos trabajos sobre los arrecifes de Gorgona (Zapata et al., y Bárcenas et al.) enfatizaron sobre los cambios ocurridos en los últimos años por causa del fenómeno del Niño y las mareas extremas, entre otras, concluyéndose que estos arrecifes relativamente protegidos del impacto humano parecen tener una mayor resistencia a los factores deletéreos de origen natural.

En la sesión del Miércoles se presentaron todos los trabajos programados que se pueden agrupar en 4 temas diferentes. 3 de ellos se refieren a aspectos relacionados con sistemática y ecología de organismos de arrecifes coralinos. Dos trataron aspectos de oceanografía física del Pacífico Colombiano. Cinco ponencias trataron aspectos de la composición y estructura de comunidades bentónicas. Dos en fondos blandos de la costa del Caribe y tres de Fondos duros litorales en el Pacífico.

Una ponencia fue dedicada a descubrir una metodología novedosa para determinación de nutrientes en lagunas costeras tropicales.

Es de resaltar uno de los trabajos, el que hizo un análisis fotogénico de diferentes grupos de gorgonáceos por métodos cladísticos, que representa una contribución novedosa poco tratada en este y otros seminarios anteriores.

La sesión fue bastante heterogénea en cuanto a la temática presentada, pues los dos trabajos de oceanografía física y los de arrecifes coralinos hicieron que el auditorio se reemplazara varias veces causando algunos inconvenientes, para próximos eventos se recomienda distribuir mejor los temas de las ponencias en las sesiones, pues resulta incomodo para los moderadores, los ponentes y el público.

El manejo del tiempo fue estricto y todos los ponentes se atuvieron a las reglas.

Basado en lo anterior, y teniendo como referente el trabajo realizado por Jaime Garzón para la propuesta del Plan de Acción Cuatrienal en arrecifes coralinos, se recomienda tener en cuenta las siguientes líneas de investigación

- a) Completar la caracterización de línea de base de las áreas arrecifales colombianas, incluyendo descripciones geomorfológicas, estructurales preliminares y de condición de salud.
- b) Analizar integralmente la representatividad de las macrounidades y comunidades bióticas arrecifales dentro del sistema de áreas de manejo especial a nivel nacional, incorporando elementos indicativos de biodiversidad y diseñando estrategias de protección de áreas arrecifales.

c) Continuar el monitoreo de comunidades coralinas y parámetros fisicoquímicos iniciado en el parque Tayrona (CARICOMP) y ampliarlo a otras áreas geográficas clave del Caribe y el Pacífico Colombianos, así como a otros componentes importantes del ecosistema arrecifal (por ejemplo peces, erizos, langostas), e incluir además seguimientos de salud coralina.

d) Evaluar el impacto de los agentes de deterioro coralino más importantes, como la sedimentación, la eutroficación, las invaciones de algas, las enfermedades, el territorialismo de *Stegastes*, etc.

e) Estudiar la biología de especies (grupos taxonómicos) arrecifales importantes, incluyendo reproducción, crecimiento, adaptación a trasplantes de varias especies de coral, así como la historia natural *Palythoa*, especies de octocorales, esponjas, algas, etc.

f) Evaluar la biodiversidad específica de las áreas arrecifales, continuando con el inventario y descripción de especies de grupos poco conocidos, en especial los octocorales, esponjan y grupos menores de organismos sésiles.

g) Estudiar comparativamente el balance acreción - erosión de las estructuras arrecifales y los factores abióticos y bióticos asociados.

h) Evaluar reclutamiento y exportación de cursos biológicos arrecifales con diferentes estrategias de vida, así como iniciativas tendientes a la repoblación de recursos amenazados, comparando entre sistemas aislados y no aislados.

I) Continuar los estudios de química de metabolitos secundarios en esponjas y otros organismos arrecifales

j) Iniciar estudios de metabolismo arrecifal, con miras a la formulación de modelos ecosistémicos.

k) Continuar investigaciones sobre geomorfología e iniciarlas en evolución histórica y geología estructural de las formaciones coralinas.

Mecanismos para la ejecución de las líneas :

a) Formulación permanente de proyectos de investigación para su financiación por parte de Colciencias y otras fuentes de recursos del estado, como los presupuestos de inversión (proyectos BPIN) de corporaciones regionales costeras e institutos del Sistema Nacional Ambiental.

b) Debería procurarse también conseguir fondos para dichos proyectos (contrapartidas) a partir de fundaciones y entes privados con intereses en la problemática ambiental.

- c) Conformación de una red cooperativa de instituciones para la implementación del programa nacional del monitoreo en arrecifes coralinos.
- d) Vinculación de otras instituciones colombianas al programa internacional CARICOMP.
- e) Estimular la formación de investigadores en el exterior (a nivel de posgrado y en cursos/pasantías) para el desarrollo de las líneas de investigación en sistemática moderna, taxonomía de grupos no investigados hasta ahora, patología de corales, metabolismo arrecifal, fisiología de corales y ecología de sistemas.
- f) Promocionar y apoyar la sistemática como ciencia fundamental, para reactivar el trabajo de los investigadores ya formados, completar los inventarios y producir monografías de grupos ya estudiados y estimular la formación de nuevos investigadores en este campo.

AREA DE ECOSISTEMAS MARINOS: MANGLARES, LAGUNAS Y ESTUARIOS

Moderadores : Jaime Cantera y Jaime Polania

Sesión Martes 30 de octubre de 1996

En la Sesión se presentaron diez de las once conferencias : dos sobre percepción remota por imágenes satelitales en zonas de manglar, 3 sobre estructura de bosques de manglar, 3 sobre comunidades fitoplanctónicas costeras y dos sobre la ictiofauna asociada a manglares.

De los cuatro temas tratados el de procedimiento e interpretación de imágenes de satélite fué, con mucho, el más original para el país. Los resultados presentados constituyen un importante aporte al conocimiento del área y permitirán, en un futuro cercano, potenciar los resultados obtenidos hasta la fecha por medio de mediciones en campo de las conferencias se tiene la impresión de que el país cuenta con herramientas de punta y ya se empiezan a generar modelos propios a nuestra realidad, con una relación costo-beneficio muy favorable con productos de gran impacto para tópicos tan importantes como el manejo costero. debe resaltarse el evidente efecto sinérgico de la participación de profesionales de varias disciplinas en estas investigaciones. No obstante, queda en evidencia la necesidad de integrar los estudios en curso en un plan nacional, que permita el flujo rápido y eficiente de información, en beneficio de los resultados finales.

Los trabajos sobre estructura y productividad se caracterizan por utilizar técnicas ya confirmadas como insuficientes, con gran peso descriptivo y con conceptos en proceso de reevaluación. Los aportes se refieren a conocimiento sobre nuevas áreas geográficas, aun cuando se utilizan metodologías con deficiencias en su rigurosidad científica. Se exagera en algunos de los trabajos , recomendaciones hacia el área social, las cuales no están sustentadas en resultados científicos en los trabajos.

Como aportes positivos se puede resaltar el avance del conocimiento sobre áreas geográficas poco conocidas y un intento tímido de generalización de resultados de esas metodologías a situaciones mas globales.

Los estudios de fitoplancton tiene en común los muestreos muy espaciados, en términos geográficos y cronológicos. Las metodologías no son homogéneas y el hecho de trabajar con organismos de tamaños submicroscópicos crea dudas en la calidad de la información obtenida, lo cual redundo en que los índices que se aplican tengan una dispersión muy amplia.

Análisis mas profundos son poco aplicados y en algunos casos son utilizados con poca rigurosidad en términos de las estaciones utilizadas, de los análisis utilizados y de la homogeneidad de los datos obtenidos.

Como aspectos positivos de este tema se pueden citar el avance en el conocimiento a nivel de inventario del fitoplancton de ambas cosas y la vinculación de investigadores jóvenes al grupo de los estudiosos del plancton, lo cual permitirá un avance en el desarrollo de nuevas metodologías de estudio. Al igual que en el caso anterior, hay intentos de relacionar las características de las comunidades con procesos funcionales de los ecosistemas pero se hacen en forma incipiente.

Los trabajos sobre comunidades icticas de zonas de manglares se caracterizaron también por estar basadas en datos descriptivos con poca relación con procesos de flujos energéticos o con aplicación social.

En algunos casos la utilización de métodos de muestreo selectivo, forzados por reglamentaciones ambientales vigentes, han llevado a resultados sesgados que no pueden ser tomados como elementos de base para el establecimiento y aplicación de pautas de manejo y conservación

Los resultados presentados permiten sugerir revisiones de las reglamentaciones existentes, principalmente en lo referente a los muestreos para estudios científicos.

Como aspectos positivos se puede citar que ambos trabajos hacen intentos de correlación con parámetros climáticos (aunque a veces demasiado predecibles) y el conocimiento a nivel de inventarios de áreas poco conocidas hasta el momentos

AREA DE RECURSOS NATURALES MARINOS

Moderador: Francisco J. Borrero

Esta sesión incluyó trabajos realizados en el Pacífico colombiano por investigadores y personal de dos instituciones y programa INPA/VECEP-Pacífico, y la Universidad del Valle. Desafortunadamente, razones de fuerza mayor causaron la cancelación de la presentación de trabajos.

Los cinco trabajos constituyeron contribuciones muy importantes al conocimiento de la biología básica de especies de peces del Pacífico colombiano, agrupadas en dos Ordenes y cuatro familias (Ariidae, Bothidae, Serranidae y Carchahinidae). Con excepción de los lenguados (Bothidae), estas especies son actualmente objeto de importantes pesquerías dirigidas específicamente a estas especies. Sin embargo, el conocimiento biológico/ecológico de estos recursos es muy limitado, hasta el punto de que los trabajos presentados figuran entre los primeros estudios sobre estas especies en la costa colombiana. En el caso extremo de una de las dos especies de Epinephelus (Chernas, Serranidae), la explotación pesquera precedió a la inclusión de la especie en las listas de recursos ícticos del Pacífico colombiano. Los lenguados del género Cyclopsetta (Bothidae), son recursos pesqueros que sólo ahora están siendo reconocidos como tales en Colombia, pese a que su explotación incidental como fauna acompañante de la pesquería de camarones data de años atrás y alcanza volúmenes considerables.

Los cinco trabajos presentados incluyen información importante e inédita sobre los ciclos reproductivos de estos peces, además de información sobre la relación entre las tallas medias de captura y las tallas de primera madurez sexual. Esta información, aunque preliminar, es de gran importancia para el entendimiento de la dinámica poblacional de estos recursos en aguas colombianas, y para el desarrollo de estrategias de manejo. En este último contexto, los autores sugieren que para el toyo, Carcharhinus falciformis, es necesario el establecer medidas de ordenamiento inmediatas, ya que el recurso está siendo sobreexplotado, y la explotación actual incluye animales por debajo de las tallas mínimas de reproducción. En el caso de las Chernas (Epinephelus spp.), la estrategia reproductiva hermafrodita de tipo protógino tiene importantes implicaciones para el plan de ordenamiento de las pesquerías, con el fin de garantizar la protección de individuos de los dos sexos.

Otro aspecto resaltado para los autores es el imperfecto conocimiento actual sobre los hábitats ocupados por las chernas (Serranidae), en parte debido a la aparente selectividad de los artes utilizados en la pesquería sobre ciertos segmentos de las poblaciones. Específicamente se carece de información sobre los hábitats/hábitos de los juveniles, lo que es un límite importante para el entendimiento de la dinámica poblacional de estas especies.

RECURSOS NATURALES MARINOS

Moderador: Doctor Orlando Mora Lara

Se observa un incremento en el estudio de los recursos pesqueros cuyos objetivos están orientados a presentar información biológica, ecológica y pesquera hacia una explotación racional sostenible, siendo estos conceptos la base para la ordenación y desarrollo de los recursos.

Los trabajos realizados en el Atlántico referente a los recursos de jaiba (*Callinectes sapidus* y *C. bocourdi*) y la almeja (*Polymesoda arcata*) reflejan la gran presión de pesca a la que están siendo sometidas estas especies. Por esta razón se hace necesario tener en cuenta la información brindada en todos los trabajos, debido a que son una gran herramienta de ayuda en los planes de ordenamiento que incluye el componente social.

El conocimiento de los recursos permite proponer un manejo integral, como son las áreas de la Ciénaga Grande de Santa Marta, el Complejo Pajares y el Golfo de Salamanca entre otros.

AREA DE RECURSOS NATURALES

Moderador: CC Alvaro Parra Zafra

Trabajo1

Abundancia y Patrones de distribución de anémonas en Punta Vijía Caribe Colombiano. El estudio determinó la distribución especial de 4 especies de anémonas en Punta Vijía cerca de Santa Marta, como metodología de trabajo se utilizaron 4 sitios de muestreo en los cuales se designaron áreas de 10 mts de largo por 2 de ancho divididos en 5 cuadrantes de 2x2 y se procedió al conteo de las especies en cada una de estas zonas.

Este estudio se considera como un aporte al conocimiento e investigación biológica, pero no como un aporte al conocimiento económico o social del País, las conclusiones dadas no son claras en cuanto a los posibles motivos de distribución y cantidad de las especies estudiadas.

Trabajo2

Reclutamiento Dinámico Poblacional y Orientación del Cirripedio balanus trigonus durante la sesión de palcas de fouling. No hubo presentación.

Trabajo3

Composición y Dinámica de la Ictiofauna del Delta Exterior del Río Magdalena Caribe Colombiano. Este trabajo presenta un estudio por especies que habitan la Ciénaga de Santa Marta y destaca la presencia dos especies que no tiene una vida permanente dentro de la ciénaga, el trabajo está bien orientado y presenta consideraciones para el desarrollo económico y social de la región.

Trabajo 4

Las tortugas Marinas del PNN Gorgona. Este trabajo presenta una sinopsis de los hábitats en que deshojan las tortugas marinas en la Isla de Gorgona, presenta un estudio de los lugares más frecuentados, los posibles motivos por los cuales no utilizan otros y una estadística de sobrevivencia de las tortugas. Este trabajo netamente investigativo y no aporta para el desarrollo económico y social del País.

Trabajo 5

Monitoreo biológico pesquero del recurso atún desembarcado en Buenaventura entre 1993 a 1995. este trabajo presenta una estadística de las diferentes especies de atún capturados

en el Pacífico Colombiano y desembarcados en Buenaventura, presenta la forma de pesca, clasificación y medición de las diferentes especies de atún, igualmente presenta un balance de volúmenes de peca en los últimos 3 años y los motivos por los cuales estos volúmenes han disminuido, el trabajo aporta para el desarrollo económico y social del país.

AREA DE RECURSOS NATURALES

Moderador: Iván Rey Carrasco

Durante la sesión que me correspondió moderar el martes 29 de octubre entre las 2:00 y las 5:40 PM en el Salón rojo 2, se presentaron dos conferencias que significan un aporte importante al conocimiento así como también mostraron una buena metodología y un acertado análisis de resultados; otras dos correspondieron a estudios básicos y la última programada de 3:20 a 3:40 PM, no se realizó ya que los conferencistas estuvieron ausentes.

AREA DE RECURSOS NATURALES

Moderador: CC Alvaro Parra Zafra

Trabajo 1

Imaginología en órganos de ballenas y procesamiento por sistemas fotográfico. Este analiza una fotografía tomada a una pantalla de sonar de cachalote cerca de las Islas Galápagos. La gráfica mostrada parte de los órganos interiores del animal, los cuales son analizados por los investigadores. El trabajo es investigativo y no aporta para el desarrollo económico y social del País.

Trabajo 2

Estudio de fotocardiografía en ballenas. Este estudio fue realizado a bordo del submarino ARC TAYRONA de la Armada Nacional y para ello se utilizaron el sonar pasivo de alta resolución de dicha unidad, para este trabajo se analizaron los pulsos cardiacos de una ballena jorobada en las cercanías de la Isla de Gorgona. Este trabajo aporta al conocimiento científico pero no aporta para el desarrollo social y económico del país.

Trabajo 3

Electrocardiografía en ballenas con sistema de transmisión pasivo. El trabajo describe el procedimiento utilizado para capturar mediante señales de radio los pulsos y ritmo cardiaco de una ballena. El trabajo fue realizado en un cachalote en las cercanías de las Islas Galápagos. Se analizan los pulsos de las ballenas y las diferentes ondas que lo conforman. El trabajo es netamente científico y no aporta para el desarrollo económico y social del País.

Trabajo 4

Presencias, abundancia y estructura grupal de los delfines costeros en el sudeste del Golfo de Morrosquillo. El trabajo describe los hábitos grupales de los dos tipos de delfines más comunes en esa región, igualmente las rutas y lugares para su alimentación. El trabajo es investigativo y no aporta para el desarrollo económico y social del País.

Trabajo 5

Modelo de función de transferencia aplicado a variables biológicas. El trabajo describe numéricamente los intervalos no aleatorios que deben ser tenidos en cuenta para la toma de datos físicos y químicos en el área de la Ciénaga Grande de Santa Marta, igualmente presenta una cuantificación de la casualidad derivada de las condiciones ambientales. El trabajo es investigativo y no aporta para el desarrollo económico o social del país.

AREA DE RECURSOS NATURALES

Moderador: Horacio Rodríguez

Se presentaron 5 trabajos y dos posters. De las exposiciones se evidenció que las investigaciones están dirigidas a lo siguiente:

1. Solucionar las limitantes del sector camaronicultor concretamente las enfermedades especialmente el denominado "Síndrome del Taura" y dar a conocer mejor la ecología y el sistema de los estanques para lograr mejor manejo y control de la producción y de las descargas generadas por el cultivo.
2. Trabajos orientados hacia la diversificación de la acuicultura marina concretamente en trabajos de investigación en peces del pacífico, y bivalvos en el Caribe, como la ostra de mangle, pectínidos, ostra peliforme, hachas.

Es necesario apoyara las investigaciones dirigidas a la diversificación debido a que en la actualidad la acuicultura se adelanta unicamente con camarón y este renglón productivo está pasando por serias dificultades como el síndrome de Taura, incremento en los costos de producción, e inestabilidad en los precios internacionales.

Finalmente vale la pena resaltar los pocos trabajos que se presentaron si se tiene en cuenta que en las dos costas hay gran potencial para el desarrollo de la acuicultura, de otro lado es necesario llamar la atención sobre la calidad de algunos trabajos el presentar deficiencias en el manejo de datos, pruebas estadísticas y conclusiones.

AREA DE RECURSOS NATURALES

Moderadores : Ricardo Quintero y Pablo Cardona

Sesión Miércoles 30 de octubre

En términos generales las exposiciones se basaron en tres temas : hongos asociados al ecosistema de manglar, recuperación de manglares y técnicas estadísticas para reducir esfuerzos de muestreo. El tema de los hongos es importante por identificar especies de uso potencial en el control biológico de plagas. En lo relacionado a experimentos que dan pautas para recuperación del manglar, estos son importantes para restaurar el manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, lo cual redundará en beneficios, a largo plazo, de los habitantes del área. En cuanto a las técnicas estadísticas para disminuir el esfuerzo de muestreo estas son novedosas por aportar elementos que permiten que los monitoreos ambientales sean más rápidos y a menor costo.

Conclusiones

Se presentaron los resultados de los estudios sobre hongos filamentosos aislados de sustratos de manglares. Un estudio realizado en diez inóculos puros de esporas de hongos filamentosos fueron aislados de sustratos en descomposición en áreas intermareales para ser utilizados en ensayos con el fin de poder desarrollar hongos comerciales. El trabajo es bastante interesante y original, infortunadamente aun no se tiene resultados óptimos pero si se continúa este tipo de investigación se podrá obtener aplicabilidad tanto en la parte científica (medicina) como económicamente.

En el segundo trabajo se desarrollo una técnica que permite el aislamiento y posterior almacenamiento de esporas de hongos filamentosos del manglar en condiciones que sean viables por prolongados períodos de tiempo. Estos hongos sirven como iniciadores de fermentación y ya se conocen las condiciones en las cuales funciona mejor esta fermentación.

Se tiene un primer inventario de las principales especies de hongos filamentosos asociados al manglar.

Se esta trabajando en la implementación de técnicas geoestadísticas las cuales se basan en la autocorrelación espacial de los datos y la cual permite reducir sustancialmente el esfuerzo de toma de datos al reducir el número de sitios al muestrear. Esta técnica se aplico en investigaciones realizadas por el INVEMAR en la Ciénaga Grande de Santa Marta y dio como resultado reducir una red de monitoreo de 21 estaciones a solo nueve.

Se identificaron los factores ambientales que más inciden en el repoblamiento de áreas de manglar afectadas por la muerte de la vegetación. En este sentido trabajando con regeneración artificial, se identificó en que épocas y sitios y bajo que condiciones se recomienda empezar programas para repoblar el área. Se identificó que *R. mangle* es la especie con la que se obtiene mejor éxito en transplante y siembra de plántulas y propágulos. También se identificó que *A. germinans* es la especie cuyas plántulas resisten suelos más salados.

Igualmente se realizó un estudio sobre la periodicidad y magnitud de la reproducción de *A. germinans* en el río Magdalena.

En otro estudio se determinó, tanto el número como la composición y distribución con respecto a la altura de las Epífitas asociadas a la especie *P. rhizophorae*. Se resalta que para la fijación de estas epífitas a los árboles, se tienen que tener en cuenta factores como: Rango de Mareas, Intensidad Lumínica tipo de ramificación etc. y para ello se utilizaron diferentes índices ecológicos..

En cuanto al estudio de macrobentos asociado a sedimentos de los manglares el Golfo de Tribugá se presentó la composición y distribución de la fauna macrobéntica, se presentaron diferentes índices ecológicos pero no se presentan conclusiones claras y concordantes con los resultados.

En general, los estudios contribuyen de manera diversa al avance del conocimiento científico pero muy poco al desarrollo económico ni social del País

RECURSOS NATURALES

Moderador: Jorge Mario Mora Alzate

Sesión Miércoles 30 de octubre

TRABAJO 1: EVALUACION DEL IMPACTO DE LA RED BOLICHERA SOBRE EL RECURSO ICTICO DE LA CIENAGA GRANDE DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO

Existe un buen conocimiento del área de trabajo por parte de los autores, así como del arte de pesca en cuestión, de su operación y de aspectos relacionados como la selectividad, rentabilidad, eficiencia etc. Vale la pena tener en cuenta las recomendaciones que se hacen sobre el tamaño de malla y sus principales implicaciones socioeconómicas.

TRABAJO 2: EVALUACION DE LA 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.

Evaluación teórico-práctica de uno de los métodos de pesca más usados y cuestionados hoy en día en dicho ecosistema. Presenta gran relación con la exposición anterior, se complementan y conjuntamente se deben considerar para los planes de ordenamiento de la pesca artesanal en esta zona del país. Una vez más se nota el conocimiento de la zona y su problemática.

TRABAJO 3: EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL RECURSO DORADO (*Coryphaena hippurus*) EN EL PACÍFICO COLOMBIANO.

Se hace un análisis biológico pesquero que contribuye al conocimiento de la especie y que refuerza la posibilidad de considerarla como una alternativa bastante viable para la actividad pesquera artesanal y semi-industrial. Buen conocimiento del tema y de la importancia que de él se desprende.

TRABAJO 4: EVALUACIÓN DEL ESFUERZO Y CAPTURA DE LA PESCA ARTESANAL EN LA ENSENADA DE TUMACO Y FORMULACION DE LINEAMIENTOS DE ORDENAMIENTO PESQUERO.

Se hace una evaluación de la pesquería artesanal del camarón blanco, con comparaciones iniciales parciales con la pesca industrial. A través de diferentes tratamientos matemáticos y estadísticos, se obtienen importantes resultados según los artes de pesca utilizados y las épocas de veda. Importantes para el ordenamiento pesquero de esta zona del país tan específica y diferente.

TRABAJO 5: EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA ARTESANAL DE CAMARON BLANCO DE AGUAS SOMERAS Y ALGUNAS COMPARACIONES CON LA PESQUERÍA INDUSTRIAL EN EL GOLFO DE TORTUGAS ENTRE MAYO DE 1994 Y NOVIEMBRE DE 1995.

Evaluación histórica general, clara y acertada del avance de la cobertura del trasmallo electrónico usado para la pesquería de este recurso tan importante. estudio de gran alcance, implicaciones y actualidad por sus mismas características. Se debe tener en cuenta para las medidas de control como las vedas.

TRABAJO 6: ALIMENTACION, REPRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO DE CYNOSCION PHOWCEPHALUS (JORDAN & GILBERTO 1840) EN EL GOLFO DE LAS TORTUGAS, PACÍFICO COLOMBIANO.

Descripción general de los artes y métodos de pesca industriales y artesanales utilizados para la captura de la especie en cuestión, la cual cobra gran importancia dentro de la dieta de los pobladores del litoral pacífico. Destaca la importancia de las tallas que alcanza y de sus hábitos alimenticios.

TRABAJO 7: BIOLOGÍA DINÁMICA POBLACIONAL DE *Sphyrna* EN EL OCEANO PACÍFICO COLOMBIANO.

Se determina la distribución y abundancia del recurso, las épocas de reproducción y demás aspectos biológicos pesqueros. Se destaca la importancia que ha tomado la especie dentro del consumo local y para su mercadeo en la región. Se trata de una especie subexplotada de mayores posibilidades. Alerta sobre una mayor presión sobre los juveniles.

TRABAJO 8: DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE HUEVOS Y LARVAS DE PECES SOBRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DE LA REGION NORORIENTAL DEL CARIBE COLOMBIANO.

Categorización de la ictiofauna de la zona de estudio. Importancia de la zona de afloramiento de la Guajira. Diferencia en cuanto a la abundancia entre la época seca y la de lluvias. Se recomienda de manera especial el programa de pesca Inpa-Vecep, hacer análisis de huevos y larvas de crustáceos por la importancia de estos en dicha zona.

CONFERENCIAS TECNICAS.

AREA RECURSOS NATURALES MARINOS

Moderador: CC Luis Alfredo Calero Hernández

Sesión del miércoles octubre 30 de 1996

Se presentaron cuatro trabajos para lo cual se resumen los conceptos a continuación:

1. Modelos pectoriales autocorregidos: se mostraron modelos que generalizan los modelos ARMA univariados, se explicó el método de indentificación y de estimación y se aplicó un modelo para determinar relaciones de dependencia entre subsistemas. Se destaca la aplicabilidad de estos modelos a diferentes cuerpos de aguas.
2. Composición y distribución de la fauna en un manglar de borde y la vegetación aledaña en la Bahía de Buenaventura: Este trabajo aporta al conocimiento básico de las aves que habitan en el manglar de borde. Es un trabajo bastante puntual que por ser ciencia básica no contribuye directamente al desarrollo económico y social de país .
3. Variación en la Concentración de variabilina, un metabolito secundario en la esponja marina Ircinia Félix (PORIFERA: DEMOSPONGIAE) bajo diferentes condiciones ecológicas en la región de Santa Marta, Colombia: Este es un trabajo para eliminar, pero de una gran importancia en el campo científico ya que el compuesto estudiado es de interés farmacéutico que en determinado momento podría contribuir en el campo de la medicina si se le da continuidad a esta investigación.
4. Aislamiento y determinación de la CL50 y la actividad antitumoral del (+) Curcufenol y más o menor Curcudiol de la Esponja Marina Didiscus Oxeata: Se analizaron el extracto clorofórmico de la Esponja Didiscus Oxeata con los extractos alcohólicos encontrándose que el aislamiento de los dos compuestos Curcudiol y Curcufenol presentaron actividad antitumoral en concentraciones mayores de 60 microgramos por mililitro. Este trabajo al igual que el anterior, contribuye al campo científico en el conocimiento farmacéutico.

De estos trabajos presentados se destacan los Nos. 3 y 4 ya que de continuarse estas investigaciones podrían aportar al desarrollo económico y social del país en campo de la salud.

RESUMEN DE LAS CONFERENCIAS TECNICAS EN EL AREA DE RECURSOS NATURALES MARINOS

Moderador: Rafael Amaya

Sesión jueves 31 de Octubre de 1996

En general los trabajos presentaron un nivel de investigación de acuerdo con las posibilidades técnicas y económicas disponibles en el país, pudiendo algunos de éstos ser catalogados como excelentes trabajos de investigación, mediante los cuales será posible la implementación de normas de ordenamiento social científico y experimental de las pesqueras y la acuicultura especialmente como apoyo científico para definir aspectos tales como vedas de especies que es necesario proteger tales como los Camarones de Aguas Someras, Chernas, Toyos y demás especies del componente pesca blanca en el Pacífico y Caracol de Pala Langosta, Jaibas y Almejas en el Caribe. Sin embargo, es necesario llamar la atención sobre la calidad de unos pocos trabajos por presentar deficiencias en el manejo de datos, pruebas estadísticas y conclusiones.

Adicionalmente se observa un incremento en el estudio de los recursos pesqueros y la poca participación de trabajos de investigación en acuicultura marina.

Las investigaciones de acuicultura están dirigidas a atender:

1. Limitantes del sector camaricultor, concretamente las enfermedades tales como diagnóstico, sintomatología y agentes etiológicos, especialmente del denominado síndrome del Taura y a conocer la ecología y el sistema estanque para lograr mejor manejo y control de las descargas del cultivo.
2. Trabajos orientados hacia la diversificación de la acuicultura marina en Bivalvos del Caribe como Ostras Pecnítidos, Hachas, Ostras Perlíferas, etc. y en peces del Pacífico de intereses comerciales.

Finalmente se observa el énfasis en trabajos orientados al conocimiento científico (Biología, Ecología y Fisiología), en especies tales como ballenas, tortugas y delfines y trabajos de investigación aplicada que contribuyen al desarrollo del conocimiento farmacéutico.

RESUMEN DE LAS CONFERENCIAS TECNICAS EN EL AREA DE RECURSOS NATURALES MARINOS

Sesión jueves 31 de octubre de 1996

Se presentaron 48 trabajos, de los cuales 27 fueron del área de recursos pesqueros, 13 al conocimiento científico y su importancia ecológica dentro del ecosistema marino de diversas especies como mamíferos, aves, reptiles e invertebrados, 7 al área de acuicultura y 3 a modelos matemáticos aplicados a la biología.

En general, los trabajos presentaron un nivel de investigación acorde con las posibilidades técnicas y económicas disponibles en el país, pudiendo algunos de éstos ser catalogados como excelentes, cuyos resultados estuvieron orientados a presentar información biológica, ecológica y pesquera hacia una explotación racional y sostenible, siendo estos conceptos la base para la ordenación y desarrollo de las pesquerías y la acuicultura, especialmente para definir aspectos tales como vedas de especies que requieren protección, como son los camarones de aguas someras, chernas, toyo y demás especies del componente pesca blanca en el Pacífico colombiano y caracol de pala, langosta, jaibas y almejas en el Caribe. Sin embargo, es necesario llamar la atención sobre la calidad de unos pocos trabajos por presentar deficiencias en el manejo de datos, pruebas estadísticas y conclusiones.

Adicionalmente, se observa un incremento en el estudio de los recursos pesqueros con especial énfasis en la dinámica poblacional y la poca participación de trabajos de investigación en acuicultura.

Las investigaciones de acuicultura marina estuvieron dirigidas a atender:

1. Limitantes del sector camaricultor, concretamente las enfermedades tales como diagnóstico, sintomatología y agentes etiológicos, especialmente del denominado Síndrome del Taura y a conocer la ecología y el sistema estanque para lograr mejor manejo y control de la producción y de las descargas producidas en el cultivo.
2. Trabajos orientados hacia la diversificación de la acuicultura marina en bivalvos como la ostra de mangle, pectínidos, hachas, ostras perlíferas, etc. en el Caribe y peces de interés comercial en el Pacífico.

Las investigaciones de biología pesquera estuvieron orientadas a:

1. Conocer la biología reproductiva, crecimiento y hábitos alimenticios de las especies tales como la lisa (Mugil curema), lenguado (Cyclopsetta querna), tiburón (Carcharhinus falciformis), meros (Epinephelus acanthistius y E. cifuentesi), la pelada (Cynoscion phowcephalus) y camarones (género Peneus)

2. Determinar la dinámica poblacional de las especies con especial énfasis en mortalidades (por pesca y natural), tasas de explotación y patrones de reclutamiento de especies tales como el caracol de pala (Strombus gigas), langosta (Panulirus sp), tiburón (Sphyrna sp), jaiba (Callinectes sapidus y C. bocorti), almeja (Polymesoda arctata) y el cirripedio (Balanus trigonus), en donde se refleja una tasa de explotación en niveles cercanos a la sobreexplotación.

3. Estimar los rendimientos de captura de acuerdo con el tipo de arte utilizados (C.P.U.E.) en áreas tales como la Ciénaga Grande de Santa Marta , Complejo Pajarales, y Ensenada de Tumaco.

4. Analizar el efecto de las vedas en el recurso camarón blanco en el Pacífico colombiano.

Finalmente, se observa el énfasis en trabajos orientados al conocimiento científico, entiéndase biología, ecología y fisiología, en especies tales como ballenas, delfines, tortugas, aves, corales y anémonas y trabajos de investigación aplicada que contribuyen al desarrollo de la medicina farmacéutica (esponjas).

NECESIDADES DE APOYO A LA INVESTIGACION:

a. Acuicultura:

1. Es necesario apoyar las investigaciones dirigidas a la diversificación e incorporación técnica a la acuicultura de especies de interés comercial, debido a que en la actualidad ésta se adelanta única y exclusivamente con camarón y el sector está seriamente afectado por enfermedades e inestabilidad en los precios.

2. La limitada producción de trabajos de investigación en acuicultura marina se debe en parte a la falta de infraestructura adecuada, tanto en el Pacífico como en el Caribe (Centros de Investigación), para realizar investigaciones que apoyen el sector productivo y su diversificación. De otro lado, se necesita fortalecer los programas de capacitación.

b. Biología pesquera

1. Se recomienda continuar con el estudio de especies potenciales o susceptibles a ser explotables, con el fin de brindar alternativas de producción pesquera tanto al pescador artesanal como industrial.

2. Con el fin de evaluar los recursos de una manera mucho más puntual, se recomienda manejar de una manera ordenada y racional las tasas de explotación, teniendo en cuenta la dinámica poblacional de la especie y su relación con el medio ambiente.

Es importante considerar tanto en las investigaciones pesqueras como acuícolas el componente social y económico.

c. Otros recursos

Estimular y apoyar los proyectos de investigación en ecología de otros recursos naturales y valoración de impactos de origen antropogénico

AREA AMBIENTAL Y DESASTRES NATURALES

Moderadores: Francisco Ciri y Eduardo Marquez

SALON NACIONES (2:00 A 6:00 P.M.)

Sesión Martes 29 de octubre/96

Trabajo 1

Análisis sobre la calidad de las aguas teniendo en cuenta los procesos físicoquímicos más importantes. Con ello determinaron mortalidades masivas proliferación de organismos tóxicos y la presencia o ausencia de sustancias tóxicas cancerígenas. Es un buen trabajo en la medida en que muestra las deficiencias que en materia de legislación ambiental determine los valores permisibles para la contaminación en aguas y sedimentos que hay en Colombia.

Trabajo 2

En este se compara muestras de estaciones en agua dulce y en la Ciénaga, estableciendo variables físico-químicas, clorofila a y hongos y bacterias para los dos micro hábitats.

Como conclusión general se determinó que las variables físico-químicas, concretamente la salinidad, afectan la abundancia y distribución de hongos y bacterias, por lo que la ciénaga es un ecosistema autodepurador.

Trabajo 3

Ofrece una contribución al conocimiento del estado actual del fenómeno de muerte masiva de peces en la C.G.S.M.

La investigación muestra como en los últimos años se han aumentado los conocimientos de seston, fósforo y clorofila a, con lo que el ecosistema se ha eutrofizado notablemente, causando pérdidas considerables para los pescadores por la muerte masiva de peces.

Los investigadores coinciden con otros, en lo referente a las causas de eutroficación de la Ciénaga y en las alternativas que pueden tomarse para recuperar el ecosistema .

Trabajo 4

Los autores de esta investigación hacen hincapié en el fenómeno social que se está presentado con la tala del manglar y posterior invasión de tierras por parte de los pobladores de la Boquilla. Así mismo, señala que es un problema político económico que

repercute directamente en factores de desarrollo humano de primer orden: salud, vivienda, educación y recreación.

Concluyen mostrando esta zona como de alto riesgo, generada en gran parte por la construcción del anillo vial. Así mismo, la finalidad del trabajo es dar conceptos técnicos para que las instituciones relacionadas con el medio ambiente y de ordenamiento (fiscalía, policía etc) tengan puntos de apoyo para su gestión.

Trabajo 5

Los ponentes sobre el comportamiento de la temperatura del mar en el Caribe Colombiano a lo largo de los últimos 70 años, no vinieron.

Trabajo 6

Es un trabajo novedoso en la medida en que analiza la contaminación atmosférica sobre materiales metálicos recubiertos o no con pinturas.

Trabajo 7

Esta investigación hace parte de un trabajo principal sobre la Geología y Oceanografía del Litoral Caribe Colombiano. Se utilizaron técnicas de teledetección para identificar y cuantificar los sitios de erosión y sedimentación.

Las modificaciones de la línea de costa se han visto reflejadas en la pérdida de grandes extensiones de tierra. Por efecto de los fenómenos erosivos al Norte de Puerto Colombia y por avance del contorno costero por fenómenos de acrecimiento sedimentario al Sur de Puerto Colombia.

Trabajo 8

Es un trabajo que ofrece la utilización de modelos numéricos aplicados al estudio del medio ambiente acuático. Muy interesante por cuanto presenta la formación de grupos de modelación numérica para resolver problemas oceanográficos.

Trabajos 9 y 10

Investigaciones realizadas sobre la geomorfología y fisiografía del Pacífico Colombiano, mostrando los fenómenos que han intervenido en la formación del relieve actual y la morfodinámica de las deltas de los ríos, el Patía en este caso. Así mismo, ofrecen informaciones sobre los cambios del sistema fluvial y líneas de costa. De otra parte se analiza la inferencia sísmica como principal constante de la erosión costera y las influencias estructurales en la morfología costera.

Trabajo 11

Es un estudio que brinda la posibilidad de utilizar las imágenes satélite y la fotografía aérea para cartografía de hábitats bentónicos. La imagen es muy versátil en comparación la fotointerpretación; sin embargo hay que desarrollar procedimientos para el análisis de la imagen, si se quiere llegar a la construcción de un mapa de fotointerpretación.

AREA AMBIENTAL Y DE DESASTRES NATURALES

SALON NACIONES (2:00 A 6:00 P.M.)

Moderador: CF Edgar Cabrera e Ivan Correa

Sesión Miércoles 30 de octubre/96

La ponencia 1 "Estudio de la contaminación por hidrocarburos en aguas oceánicas del Pacífico Colombiano" no fue presentada.

Ponencia 2

Se presentaron los resultados del monitoreo de hidrocarburos en el Pacífico Colombiano cuyo objetivo fue el de determinar las tendencias de contaminación en agua, sedimentos y bivalvos. Los resultados muestran una tendencia descendente aunque en algunos casos como Bahía Málaga y Bahía Solano las tendencias fueron descendentes

Ponencia 3

En este trabajo se destaca la capacidad de acumulación de contaminación que tienen los organismos, con una relación de que por cada 1 mg/l en aguas se espera encontrar 16 mg/l en organismos.

Se encontró que la *Amadara tuberculosa* puede llegar a acumular hasta 155.11 mg/g en laboratorio a una concentración constante y que en la ensenada de Tumaco la máxima acumulación presentada por estos organismos es de 1.61 mg/g.

Los parámetros fisicoquímicos de la ensenada de Tumaco son aceptables dado el intercambio de agua que permite la amplitud de marea que existe en el Pacífico.

La comunidad tiene conocimiento de lo que es la contaminación y está en capacidad de contribuir a cualquier plan de saneamiento que proponga la autoridad local

Ponencia 4

Se presentó la historia pormenorizada del derrame de petróleo y las medidas de control que se tomaron a nivel local, regional y nacional. La experiencia fue objeto de análisis detallado en el que se destacó la reacción rápida del CCCP y la falta de capacidad de reacción de otras entidades.

Se sugiere continuar realizando estudios más detallados de la circulación de aguas en la bahía.

Ponencia 5 Modelación de la contaminación por petróleo en la Bahía de Cartagena no se presentó.

AREA AMBIENTAL Y DESASTRES NATURALES

Moderadores: Francisco Ciri y Eduardo Marquez

SALON NACIONES (4:00 A 6:00 P.M.)

Sesión Miércoles 30 de octubre/96

Se realizaron cuatro de las seis sesiones programadas. La Ponencia 1.46 fué trasladada al horario de 2 a 4 pm, la ponencia 1.73 no se presento.

4 a 5 pm Efecto del Tsunami del mar Caribe en la Costa de Colombia (3.27); simulaciones numéricas de propagación de Tsunami para la Costa Pacífica Colombiana. presentadores : Hans Meyer; Caicedo Jonh.

Se solicito por parte de los autores unir las dos conferencias con el fin de dar continuidad al tema. Inicialmente se trato el marco conceptual y escenario de los Tsunamis en el Caribe y Pacífico y posteriormente los resultados de la modelación numérica para el caso de un evento cercano en la Costa del Pacífico, frente a Tumaco. se informó sobre los sistemas de alerta y prevención de desastres.

5 a 5:30 Integración de datos del Satélite Landsat y radarsat para la determinación de la línea costera en la Bahía de Buenaventura (4.5) presentador: Efraín Rodríguez.

Se presentó la utilización de dos sistemas de percepción remota y su tratamiento numérico, para la determinación de la línea de Costa en un área de estudio. Se demostró la bondad de la mezcla de estos dos sensores en especial en áreas de alta nubosidad.

5:30 a 6:00 Bioerosión de acantilados terciarios en las Bahías de Buenaventura y Málaga (1.43). Presentador: Jaime Cantera. Se muestra el estudio desarrollado en las costas rocosas del Pacífico, organismos vivos. Comprobación de hipótesis.

Observaciones moderador

La sesión fue de interés por la temática propuesta, el nivel de los presentadores y la calidad de los trabajos se registro en todas las conferencias afluencia de asistentes e interacción con los autores. Los documentos presentados fueron pertinentes al área ambiental y de desastres naturales y contribuyeron al conocimiento del auditorio, concientizándolo de la importancia de los estudios. Se observó que algunos temas como el estudio de Tsunamis y la morfología costera son tratados en forma conjunta por diferentes entidades del orden académico y gubernamental, por lo que se recomienda integrar los esfuerzos investigativos de los diferentes grupos a través del fortalecimiento de las redes de cooperación a nivel nacional e internacional.

X. DIRECTORIO DE PARTICIPANTES

GRADO	APELLIDO1	NOMBRE1	DIRECCION	CIUDAD	ENTIDAD
SEÑORA	ABADIA ROJAS	VICTORIA EUGENIA	CALLE 1A 62A-120 APTO. 1203	CALI, VALLE	UNIVALLE
SEÑOR	ACERO SANCHEZ	ALFREDO	CRA. 34 # 91-88	BOGOTA	INPAVECEP
SEÑORITA	ACEVEDO BARRIOS	ROSA LEONOR	CALLE 63 # 41-136	BARRANQUILLA	UNIVERSIDAD DEL ATLANTICO
SEÑORA	ACEVEDO GONZALEZ	JENNY PATRICIA	CALLE 1 2A-49	BUENAVENTURA	INPA
SEÑOR	ACEVEDO MARQUEZ	GILBERT DE JESUS	CALLE 1 # 7-49 PISO 2	BUENAVENTURA	INPA-VECEP
SEÑOR	ADAMES FRANCO	IVAN VLADIMIR	CRA 38D # 4B-45	CALI	UNIVALLE
DOCTOR	AGUILERA	JAIRO	CALLE 72 # 12-65 PISO 5	BOGOTA	CONSULTORA Y GERENCIA DE PROYECTOS LTDA.
SEÑOR	ALONSO REY	JUAN MAURICIO	CALLE 90 # 85A-17	BOGOTA	
INGENIERO	ALVARADO	CARLOS	CARRERA 15 77-80 OF. 203	BOGOTA	SERVICIOS DE INGENIERIA
DOCTORA	ALVARADO CHACON	ELVIRA	CALLE 22 3-30 PISO 7	BOGOTA	MUSEO DEL MAR
CN	ALVARADO REYES	EDGAR RICARDO	CALLE 41 46-20	BOGOTA	DIRECCION GENERAL MARITIMA
DOCTOR	AMAYA CHITIVA	RAFAEL	DIAG. 26 # 15-08	BOGOTA	INPA
SEÑOR	ARANGO CARVAJAL	CLAUDIA PATRICIA	CALLE 88 # 7-64	SANTA MARTA	INVEEMAR
DOCTOR	ARANGO LOPEZ	LEONARDO	CRA 86A # 13E-89 APTO 101	CALI	
DOCTOR	ARBOLEDA HOME	HENRY	SEMISOTANO BIBLIOTECA CENTRAL, UNIVERSIDAD DEL VALLE	CALI, VALLE	CENIPACIFICO
SEÑOR	ARDILA ESPITIA	NESTOR ENRIQUE	A.A. 5236 - EL RODADERO	SANTA MARTA	DRUMMOND LTD.
	ARENAS MOLINA	OLGA LUCIA	CALLE 22 BIS # 44-26 QUINTA PAREDES	BOGOTA	UJTL
DOCTOR	ARGUELLO PEÑA	GLADYS YOLANDA	Diag. 97 No. 17-60 piso 1	BOGOTA	IDEAM
CF	ARIAS ISAZA	FRANCISCO	CERRO PUNTA DE BETIN	SANTA MARTA,	INVEEMAR
				MAGDAL.	
SEÑORA	ARIAS REYES	LUZ MARINA	CRA 42 # 33-72 OF 4	BOGOTA	INPA
DOCTOR	ARTEAGA SOGOMOSO	EDGAR	CRA 8 # 26B-39	MONTERIA	INPAVECEP
DOCTORA	AVILA DE TABARES	GUERLY	CARRERA 8 288-36	BOGOTA	INPAVECEP
				SANTA MARTA,	
				MAGDAL.	
SEÑORITA	AVILA JIMENEZ	ISABEL CRISTINA	CALLE 7A # 50B-61	CALI	UNIVALLE
SEÑOR	AVILA OLARTE	JOSE MANUEL	CARRERA 69 6B-15	CALI	FUNDACION OMACHA
DOCTOR	AVILA PINEDA	ROCIO SAID	CALLE 1 # 7A-49	BOGOTA	INPAVECEP
SEÑOR	AYALA MANTILLA	CRISJAN EDUARDO	CALLE 83B # 42D-85	BOGOTA	INPAVECEP
SEÑOR	BACCA VERGEL	MIGUEL DE JESUS	CRA 43 # 72-220 APTO. 2	BARRANQUILLA	U. ATLANTICO
SEÑOR	BAHAMON RIVERA	NIXON	CERRO PUNTA DE BETIN	BARRANQUILLA	U. DEL ATLANTICO
DOCTOR	BARBOSA CASTILLO	CESAR EDUARDO	Diag. 97 No. 17'60 piso 1	SANTA MARTA	INVEEMAR
SEÑOR	BARCENAS RAMIREZ	CARLOS ENRIQUE	CALLE 6 OESTE 4-200	BOGOTA	IDEAM
DOCTOR	BARRERA LOPEZ	CARLOS RAMON	Diag. 97 No. 17'60 piso 1	CALI, VALLE	UNIVALLE
		GIOMAR HELENA	CRA. 85A # 83-33 INT. 3	BOGOTA	IDEAM
SEÑORITA	BARRERO	LILIAN JOHANNA	CALLE 10 # 2-21 ED TACALOA	BOGOTA	UJTL
SEÑORITA	BARRIETO SANCHEZ	LINA MARIA	CARRERA 49 7SUR-50	BOGOTA	UJTL
DOCTOR	BEDOYA	GEOVANY		MEDELLIN,	EAFIT
				ANTIOQUIA	
SEÑOR	BEDOYA O	SELENE	CRA. 94 A # 63A-80 BL 11 APTO 523	MEDELLIN	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
SEÑORITA	BEJARANO HERNANDEZ	ADRIANA CRISTINA	CARRERA 53 13E-31 APTO. 401 C,	CALI, VALLE	UNIVERSIDAD DEL VALLE
DOCTOR	BELTRAN	GABRIEL	AV. JIMENEZ # 7-65	BOGOTA	MINISTERIO DE AGRICULTURA
DOCTORA	BELTRAN LEON	BEATRIZ S.	CALLE 1 7A-49	BUENAVENTURA	INPAVECEP
DOCTORA	BERNAL DE MOSQUERA	MARTHA		BOGOTA	COMISION COLOMBIANA DE OCEANOGRAFIA
SEÑORITA	BERNAL JIMENEZ	ADRIANA	CALLE 4 # 2-41	BOGOTA	FUNDACION U. DE POPAYAN
		ALEJANDRA		POPAYAN	
SEÑORITA	BERNAL VELASQUEZ	MARIA CATALINA	CALLE 94A 11A-66 OFICINA 302	BOGOTA	PROYECTO SEGUIMIENTO DEL CORAZON DE LA BALLENA
				BOGOTA	SATELITE
SEÑOR	BESIL MUÑOZ	MARGARITA MARIA	TRANSV. 10 # 130-05	BOGOTA	
DOCTOR	BLANCO	JACOBO		BOGOTA	

SEÑOR	BLANCO LIBREROS	FELIPE	CIUDAD UNIVERSITARIA MELENDEZ	CALI	UNIVALLE
Doctora	BOCHNO HERNANDEZ	ELZBIETA	Diag. 97 No. 17-60 piso 1	BOGOTA	IDEAM
DOCTORA	BOHORQUEZ MEDINA	SONIA INDIRA	CRA 28 # 46-98	BOGOTA	INCOPLAN LTDA.
SEÑOR	BONILLA FINDJI	OSANA	CRA 10 # 1-123 OESTE	CALI	UNIVALLE
DOCTOR	BORDA RODRIGUEZ	CARLOS AUGUSTO	CALLE DEL COMERCIO SECTOR BAVARIA TUMACO	TUMACO	INPA
SEÑORITA	BORNACELLI	TEMILDA	CALLE 5 # 1-62	POPAYAN	CULTIMAR LTDA.
DOCTOR	BORRERO GUTIERREZ	FRANCISCO	CALLE 59 3A-24 APTO. 103	BOGOTA	FONDEMAR
SEÑORITA	BORRERO PEREZ	GIOMAR HELENA	CRA 71 # 82A-05 INT. 4 APTO 303	BOGOTA	IDEAM
DOCTORA	BOTERO ARBOLEDA	LEONOR	TRANSVERSAL 9 A # 133-28	BOGOTA	INGEOMINAS
DOCTORA	BOTIA DE LUNA	CARMEN ELOISA	Diag. 97 No. 17-60 piso 1	BOGOTA	UJTL
SEÑORITA	BUITRAGO ACOSTA	ANGELA PATRICIA	CERRO PUNTA DE BETIN	SANTA MARTA	CENTRO DE CONTROL DE CONTAMINACION DEL PACIFICO
DOCTORA	BUSTOS	MARTHA CRISTINA	DIAGONA 53 34-53	BOGOTA	COMPAÑIA CAMARONERA VALBOA
SEÑOR	CABALLERO QUINTERO	EVELYN YADY	CRA 3 # 9-29 EL RODADERO	SANTA MARTA	INPA
CF	CABRERA LUNA	EDGAR ENRICO	ISLA EL MORRO	TUMACO	GRAN MUELLE
DOCTOR	CABRERA R	ALVARO	CALLE SUCRE CIA VALBOA	TUMACO	DIMAR
SEÑORA	CAICEDO LARA	MARIA DEL PILAR	CRA 10 # 114-89 OF 303	BOGTA	CENTRO DE CONTROL DE CONTAMINACION DEL PACIFICO
CF	CAJIAO GOMEZ	ERNESTO	CALLE 13 CARRERA 4	CALI	COMPANIA CAMARONERA VALBOA
CC	CALDERON ZULUAGA	DIANA MARIA	CALLE 41 # 46-20 OF. 304	BOGOTA	INPA
CC	CALERO HERNANDEZ	LUIS ALFREDO	ISLA EL MORRO	TUMACO	GRAN MUELLE
DOCTORA	CAMACHO CHICO	LIBIA MARINA	CALLE 4 9-55 SUR BLOQUE 3 APTO. 403	TUMACO	DIMAR
DOCTOR	CAMARGO G	TEODICELDO	CALLE 52 # 19-51 APTO. 201	BOGOTA	CENTRO DE CONTROL DE CONTAMINACION DEL PACIFICO
SEÑOR	CAMBINTO ZUNIGA	YUMMELLY	CRA. 15 DIAG. 3A-38 A.A. 900	BOGOTA	UJTL BOGOTA
SEÑOR	CAMPOS	NESTOR HERNANDO	CERRO DE PUNTA BETIN	BUENAVENTURA	UNIVALLE
DOCTOR	CANTERA K.	JAIME RICARDO	A.A. 26360	SANTA MARTA	UNIVALLE
SEÑOR	CANTILLO ROJAS	LAURA HELENA	CALLE 114A # 11-34 APTO. 501	CALI, VALLE	UNIVALLE
SEÑOR	CAÑON ESCOBAR	SANTIAGO	CALLE 52 # 18-08	BOGOTA	UJTL
SEÑOR	CARDONA OLARTE	PEDRO PABLO	CERRO PUNTA DE BETIN A.A. 1016	BOGOTA	INVEIMAR
DOCTOR	CARRILLO AVILA	MAURICIO	DIAG. 27 # 15-09	BOGOTA	INPA
DOCTOR	CASQUETE SAENZ	JULIO	DIAGONAL 27 # 15-09	BOGOTA	INPAVECEP
DOCTOR	CASSALINA DELVALLE	JORGE W	MANGA TERMINAL MARITIMO	CARTAGENA	SOCIEDAD PORTUARIA DE CARTAGENA
SEÑOR	CASTANEDA	EDWARD	AA. 1016	SANTA MARTA	INVEIMAR
SEÑORITA	CASTELLANOS	CLAUDIA MARCELA	CALLE 17 # 2-63 APTO 502	SANTA MARTA, MAGDAL.	INVEIMAR
SEÑORA	CASTRO CAMARGO	CLAUDIA ELENA	CRA 13 # 9-29 APTO. 202 EL RODADERO	SANTA MA	UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
SEÑOR	CASTRO ECHAVEZ	RAFAEL ENRIQUE	CRA 43 # 72-220 APTO. 2	BARRANQUILLA	UNIVALLE
SEÑORITA	CASTRO G.	DIANA PATRICIA	CALLE 2A # 51C-33 A.A. 900	BUENAVENTURA	CORALINA
DOCTOR	CASTRO GONZALEZ	ERICK RICHARD	AV. NEWBALL # 6-74	SAN ANDRES	INPA
DOCTOR	CAUCALI ARDILA	OSCAR ADRIANO	DIAG. 27 # 15-09	BOGOTA	IDEAM
DOCTOR	CEBALLOS LIEVANO	JORGE LUIS	CRA. 5 # 15-80 PISO 18	BOGOTA	INPAVECEP
DOCTOR	CEDEL PARRA	ALBA LUCIA	CALLE 1 # 7A # 49	BOGOTA	UNIVERSIDAD NACIONAL
SEÑORITA	CENDALES GOMEZ	MARIA HELENA	CALLE 64A NO. 70-47	BOGOTA	FUNDACION UNIVESITARIA DE POPAYAN
SEÑORITA	CERON MUNOZ	VICTORIA OLIVA	CRA. 3 # 9-54	POPAYAN	UNIVERSIDAD DEL VALLE
SEÑOR	CHACIN JAIMES	TANIA SOLVEY	CALLE 55 # 80-22 APTO 517 bl. F9	BOGOTA	UNIVERSIDAD DEL VALLE
SEÑOR	CHASQUI VELASCO	LUIS HERNAN	CRA 26Q # 115 31	CALI, VALLE	INPA
DOCTOR	CHIQUELLO ESPITIA	JESUS ERNESTO	AV. 20 DE JULIO DUARTE BLUM	SAN ANDRES	CONSTEIN SC
DOCTOR	CIRI LEON	FRANCISCO	CALLE 79 # 8-21 APTO. 705	BOGOTA	UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
DOCTOR	CONSTEIN FRANCO	LUIS FERNANDO	CALLE 28 # 9-10	PALMIRA	
DOCTOR	CORDOBA GRANADA	ALONSO JAIR	CALLE 86B # 58-24	BOGOTA	

DOCTOR	CORREA ARANGO	IVAN DARIO	CRA 48 # 7 SUR-50	MEDELLIN	UNIVERSIDAD EAFIT
DOCTOR	CORREA DAZA	JOSE LUIS	CRA 8 # 26B-39	SANTA MARTA	INPAVECEP
SEÑOR	CORREA QUIJONES	DARIO	CRA 56 # 9-60	CALI	UNIVALLE
DOCTOR	CORTES NUNEZ	JORGE	CAMPUS RODRIGO FACIO, SAN PEDRO DE MONTES OCA	SAN JOSE, COSTA RICA	CIMAR, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SEÑORITA	CRIALES HERNANDEZ	MARIA ISABEL	CALLE 11 # 17-22	CALI	UJTL
DOCTOR	CRUZ IZQUIERDO	RAUL	CALLE 248 BARLOVENTO, SANTA FE	LA HABANA, CUBA	MINISTERIO DE PESCA-CENTRO DE INVESTIGACIONES
DOCTOR	CRUZADO	ANTONIO	CAMI SANTA, BARBARA SAN 17300	BLANES, ESPAÑA	CENTRO DE ESTUDIOS AVANZADOS
DOCTOR	CUERO	RAUL	P. O. BOX 685 PRAIRIE VIEW	TEXAS	COOPERATIVE AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
SEÑOR	DAVIES MUSIL	SUSAN MARY	CALLE 138 # 50-38 APTO. 504 INT 7	BOGOTA	INPAVECEP
DOCTOR	DEL REAL MARTINEZ	EDUARDO	CARRERA 34 91-88 LA CASTELLANA	BOGOTA	INPAVECEP
DOCTOR	DIAZ MERLANO	JUAN MANUEL	A.A. 1016	SANTA MARTA, MAGDAL.	INVEVAR
DOCTOR	DIAZ OCHOA	JAVIER AUGUSTO	CALLE 95 11A-37 OF. 205	BOGOTA	INPA
SEÑOR	DIAZ PULIDO	GUILLERMO	CERRO PUNTA DE BETIN	SANTA MARTA, MAGDAL.	INVEVAR
DOCTOR	DIAZ SARMIENTO	JAIMES ALBERTO	CRA 19 # 135-39	BOGOTA	U.J.T.L.
DOCTOR	DOMINGUEZ DUARTE	MANUEL	DIAG. 177 # 61-86 INT. 2	BOGOTA	UJTL
DOCTOR	DOMINGUEZ	MARTHA XIMENA	AV. 22 # 42-56 APTO. 302	BOGOTA	U. DEL ATLANTICO
SEÑOR	SARMIENTO	JOAQUIN RAMON	CALLE 27 D # 15B-33	BARRANQUILLA	INVEVAR
SEÑOR	DONADO FIGUEROA	LUIS ORLANDO	A.A. 1016	SANTA MARTA	FUNDACION U. DE POPAYAN
SEÑORITA	DUARTE CACERES	BIBIANA	CRA. 15A # 5A-21 BARRIO VALENCIA	POPAYAN	UNIVERSIDAD NACIONAL
SEÑORITA	DULCEY REVELO	CONSTANZA	CIUDAD UNIVERSITARIA	BOGOTA	U. DEL ATLANTICO
DOCTORA	DUQUE	CARMENZA	CALLE 5 # 1-62	POPAYAN	UNIVERSIDAD NACIONAL
SEÑOR	DUQUE CASTILLO	MELINA	CRA 42A1 # 84-146	BARRANQUILLA	U. DEL ATLANTICO
SEÑOR	DURAN POLO	PAOLA TATIANA	CENTRO NAUTICO KM 5 VIA MAMONAL	CARTAGENA	U. MANUELA BELTRAN
DOCTOR	DURAN SALCEDO	ALVARO RAFAEL	CALLE 139 # 14-51 INT 8	BOGOTA	USACA
SEÑORITA	DUSAN AMAYA	CAROLINA	TRANSV. 10 # 130-05 T-1 APTO 404	BOGOTA	UNIVERSIDAD DEL VALLE
SEÑORITA	DUSSAN DUQUE	SALOME	CRA. 4 # 2-55 YUMBO	CALI	SENA REGIONAL GUAJIRA
SEÑORITA	ECHEVERRY RIOS	HELENA	CRA 4D # 48-110	CALI, VALLE	IDEAM
SEÑORITA	ERAZO	MONICA LILIANA	AV. DE LOS ESTUDIANTES CALLE 13 CRA 15. A.A. 178	RIOHACHA	CORPAMAG-GTZ
DOCTOR	ESCAÑON CAMARGO	ALBERTO	TRANSVERSAL 56A # 125A-39	BOGOTA	UNIVALLE
SEÑORITA	ESCAÑO RUIZ	MARISOLE	CRA. 10 # 20-30	BOGOTA	UNIVERSIDAD DEL VALLE
DOCTORA	ESCOBAR	ELSA MATILDE	EDIF. CENTRO EJECUTIVO CALLE 23 # 4-27 A.A. 576	SANTA MARTA	INPA
DOCTOR	ESCOBAR	ALFONSO	A.A. 25954	CALI	MINISTERIO DE AGRICULTURA
SEÑORITA	ESCOBAR BERNAL	LUZ DARY	CIUDAD UNIVERSITARIA MELENDEZ	CALI, VALLE	INSTITUTO DEL MAR DEL PERU MARPE
SEÑOR	ESCOBAR CABRERA	JULIO CESAR	CRA. 17 BIS # 64-56 SUR	CALI, VALLE	UNIVERSIDAD DEL VALLE
SEÑORITA	ESCOBAR LIZARAZO	MARIA DORIS	AVENIDA JIMENEZ # 7-65	BOGOTA	INPA
DOCTOR	ESCOBAR MARTIN ² Z	IVAN DARIO	04510 ESQUINA GAMARRA Y GENERAL VALLE, CHUCUITO	BOGOTA	MINISTERIO DE AGRICULTURA
DOCTOR	ESPIÑO SANCHEZ	MARCO A.	CRA 65 # 15-10 BLOQUE 28 APTO 103	CALLAO, PERU	INSTITUTO DEL MAR DEL PERU MARPE
SEÑORITA	ESTELA PAZ	MARIA ESTHER	CALLE 26 # 13-19	CALI, VALLE	UNIVERSIDAD DEL VALLE
SEÑOR	ESTELA U	FELIPE A	CRA 8 # 7A-149	CALI	ASOCIACION CALADRIS
DOCTORA	FANDIÑO OROZCO	MARIA CLAUDIA	AVDA. 4 16-12	BOGOTA	DPTO. NACIONAL DE PLANEACION
SEÑOR	FERNANDEZ PARADA	NELSON JOSUE		PAMPLONA	U. PAMPLONA
DOCTOR	FLORES	CISERON		CUCUTA, N. SIDER	LA OPINION

Doctora	FLOREZ DE	MARTHA	Diag. 97 No. 17-60 piso 1	BOGOTA	IDEAM
SEÑOR	FLOREZ MARQUEZ	ARAMIS ENRIQUE	CALLE 68 # 14A-21	BARANQUILLA	U. ATLANTICO
SEÑORITA	FONSECA ESPITA	CLAUDIA CRISTINA	CIUDAD UNIVERSITARIA CRA. 30	BOGOTA	U. NACIONAL - FACULTAD DE CIENCIAS
SEÑORITA	FONTALVO HERAZO	MARTHA LILIANA	CERRO PUNTA DE BETIN	SANTA MARTA	GTZ
DOCTOR	FORERO RAMIREZ	GERWAN	DIAG. 53 # 34-53	BOGOTA	
DOCTORA.	FRANCO	LORENA	CARRERA 2A # 72-83 APTO. 301	BOGOTA	
DOCTOR	FRANCO VILLEGAS	XIMENA	CRA. 19 # 20-30 PISO 6	BOGOTA	IDEAM
DOCTOR	FRANKY OCAMPO	JULIO CESAR	CALLE 1 7A-46	BUENAVENTURA,	PROGRAMA DE PESCA VECEP
				VALLE	
SEÑOR	FREYTER FRANCO	JORGE	CRA 40 # 46-06	BARRANQUILLA	U. DEL ATLANTICO
SEÑOR	GAITAN A.	JULIO	A.A. 1016	SANTA MARTA	INVEMAR
SEÑORITA	GALINDO GONZALEZ	MARIA ALEJANDRA	CALLE 12 A # 50-110 APTO 802	CALI	UNIVALLE
SEÑORA	GALVIS CASTRO	NOHORA	DIAGONAL 27 15-09	BOGOTA	INPA
DOCTOR	GALVIS RICAURTE	RICARDO ENRIQUE	CRA 8 # 26B-39 A.A. 508	SANTA MARTA	INPAVECEP
SEÑOR	GARCIA ALVAREZ	JOSE LUIS	CRA 56 OESTE # 13-54	CALI	U. SANTIAGO DE CALI
DOCTORA	GARCIA DE MEJIA	MARTHA	CRA. 5 15-30	BOGOTA	IDEAM
SEÑORITA	GARCIA GOMEZ	LUZ MONICA	AV. 63 # 21-13 PISO 2	BOGOTA	UJTL
SEÑORITA	GARCIA OBANDO	LINA ANDREA	CRA 64A # 13B - 256	CALI, VALLE	UNIVERSIDAD DEL VALLE
DOCTOR	GARCIA RAMIREZ	CAMILO BERNARDO	CERRO PUNTA DE BETIN	SANTA MARTA	INVEMAR
DOCTORA	GARCIA URUEÑA	ROCIO DEL PILAR	CALLE 22 3-30 PISO 7	BOGOTA	MUSEO DEL MAR
SEÑORITA	GARZON CANTOR	CLAUDIA PATRICIA	CRA. 69 # 74D-23	BOGOTA	U. JAVERIANA
DOCTOR	GARZON F.	JAME	A.A. 1016	SANTA MARTA	INVEMAR
SEÑORITA	GIL NAVIA	MARIA FERNANDA	TRANSV. 30 # 123-85	BOGOTA	
SEÑOR	GIRALDO HENAO	RAMON	CERRO PUNTA DE BETIN A.A. 1016	SANTA MARTA,	INVEMAR
				MAGDAL.	
INGENIERO	GIRALDO OSPINA	LUIS NORBERTO	BARRIO MANZANILLO	CARTAGENA.	CIOH
				BOLIVAR	
SEÑOR	GOMEZ	MARCELO	CALLE 12 # 65B-60 LIMONAR	CALI	USACA
SEÑOR	GOMEZ CERON	ARIEL EMIRO	CALLE 1 # 7-46 2 PISO	BUENAVENTURA	UNIVERSIDAD DEL VALLE
SEÑOR	GOMEZ LOPEZ	DIANA ISABEL	CRA 18A # 21-45	SANTA MARTHA	INVEMAR
DOCTOR	GOMEZ O	GEOVANNY	DIAGONAL 27 # 15-09	BOGOTA	INPAVECEP
DOCTORA	GOMEZ OSORIO	MARCELA	TRANSVERSAL 9A 133-28	BOGOTA	COLCIENCIAS
DOCTOR	GONZALEZ	JUAN LUIS	CALLE 53 # 34-53	BOGOTA	INGEOMINAS
DOCTORA	GONZALEZ DELGADILLO	ANA MARIA	AV. NEWBALL # 6-74	SAN ANDRES	CORALINA
SEÑOR	GONZALEZ DELGADO	LUIS RODRIGO	CRA 85B # 14A-42	CALI	
SEÑOR	GONZALEZ JARAMILLO	MAURICIO	AA 004732	BOGOTA	UJTL
SEÑORITA	GONZALEZ PERAFAN	ELIZABETH	CRA 2E # 1N 16	POPAYAN	FUNDACION U. DE POPAYAN
SEÑORITA	GRACIA CLAVIJO	MARIA ADRIANA	CALLE 141 # 38-05	BOGOTA	UJTL
SEÑORITA	GRANDAS NASSIF	LILIANA MARIA	CRA 66 # 10A-132	CALI	UNIVALLE
SEÑOR	GRANDAS OLARTE	YOLIMA	CALLE 55 # 77A-43	BOGOTA	UNIANDES
SEÑORITA	GRIJALBA BENDECK	MARCELA	AA 1016	SANTA MARTA	INVEMAR
SEÑOR	GRIJALBA BENDECK	MARCELA	KM 8 VIA EL COVE	SANTA MARTA	
DOCTOR	GRIMALDO	NORMA STELLA	A.A. 12855	BOGOTA	IDEAM
DOCTOR	WHITTINGHAN	WILLIAM ORLANDO	CRA. 7 # 24N-24	POPAYAN	FUNDACION U. POPAYAN
DOCTOR	GUALTEROS	EDUARDO	CALLE 13E # 69-53 M3 C22	CALI	UNIVALLE
SEÑORITA	GUILLOT ILLIDGE	LIA CAROLINA	CALLE 27A # 7-39 BARRIO TAMINAKA 1	SANTA MARTA	UNIMAGDALENA
SEÑOR	GUTIERREZ BERRIO	MARY LUZ	CALLE 53 # 47-17	BARRANQUILLA	U. ATLANTICO
SEÑOR	GUTIERREZ LANDAZURI	CARLOS FERNANDO	CRA 17C # 39-38	CALI	UNIVALLE
SEÑOR	GUTIERREZ LEMA	JOHANNA	AV. 36 # 36N-21 APTO. 401	CALI	UNIVALLE
DOCTORA	GUZMAN ALVIS	ANGELA INES	A.A. 1016	SANTA MARTA	INVEMAR
				CALI	UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI
SEÑORITA	GUZMAN BASTIDAS	MARTHA ANDREA	CRA 21 # 19B-06	CALI	INPA
				MONTERIA	
SEÑORITA	HERAZO CARDENAS	DIANA SOFIA	CRA 18 # 26-10		

SEÑORITA SENORA	HERNANDEZ ACOSTA HERNANDEZ B	CLAUDIA PATRICIA SANDRA JEANNETH	CALLE 2C # 63-36 DIAGONAL 27 15-09	CALI BOGOTA	UNIVALLE INPA
SEÑORITA DOCTORA SEÑOR DOCTORA SEÑOR DOCTOR	HERNANDEZ CUERVO HERNANDEZ OCAMPO HERNANDEZ RONDON HERNANDEZ TURRIAGO HERRON PEREZ HIGUERA SALAZAR	HELENA LUZ HELENA CLAUDIA L MARTHA LUCIA PILAR A GERMAN HUMBERTO	CALLE 21 5-69 OFICINA 309 CRA 13A # 26-47 TRANSV 41 # 45A-27 CALLE 23 # 4-27 OF. 1004 CALLE 8 # 39-120 APTO 701 CRA. 8 # 26B-39	BOGOTA QUIBDO BOGOTA SANTA MARTA CALI SANTA MARTA	UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO CODECHOCO UJTL CORPAMAG UNIVALLE INPAVECEP
DOCTOR DOCTOR DOCTOR SEÑORITA DOCTOR DOCTORA	HINESTROZA HILEAP ZAPATA HURTADO HURTADO ASTAIZA JARAMILLO C JARAMILLO VELEZ	RODOLFO JOSE IGOR GONZALO JOHANNA ALICIA MONICA MARIA	CRA. 9A # 99-02 PISO 1 CALLE 13A # 74-20 APTO 251A CRA. 5 # 15-80 CALLE 20 # 84A-06 CRA. 10 # 24-76 APTO 905 CALLE 92 # 98-39	BOGOTA CALI BOGOTA CALI SANTA MARTA APARTADO, ANTIOQUIA BOGOTA CALI BOGOTA	BP EXPLORATION UNIVERSIDAD DEL VALLE IDEAM ASOCIACION CALADRIS UJTL CORPOURABA
SEÑOR SEÑOR SEÑOR DOCTORA DOCTOR SEÑOR	JIMENEZ MARTINEZ JUNCA RODRIGUEZ LABRADA CRUZ LACAMBRA SEGURA LASSO ZAPATA LAVERDE CASTILLO	JUAN MANUEL VICTOR MANUEL ANDRES GERARDO CARMEN LILIANA JAIRO JUAN J.A	CALLE 1C # 66B-100 APTO 502B CRA 103B # 86-56 CALLE 63A # 2A-81 CRA. 72 # 172A-35 CALLE 1 # 7-49 PISO 2 CARRERA 2 11-68 EDIFICIO MUNDO MARINO	CALI, VALLE BOGOTA CALI BOGOTA BUENAVENTURA SANTA MARTA	UNIVERSIDAD DEL VALLE UJTL U. SANTIAGO DE CALI INPAVECEP UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
SEÑOR DOCTORA DOCTOR SEÑOR	LEHMANN ALBORNDE LEON COTO LEYVA FRANCO LOAIZA CADAVID	PABLO CESAR SANDRA M PABLO JAIRO HUMBERTO	CRA 65 # 13B -125 APTO 104 I CARRERA 5 15-80 CIUDAD UNIVERSITARIA DE MELENDEZ	CALI SAN JOSE BOGOTA CALI, VALLE	IOI IDEAM UNIVERSIDAD DEL VALLE
DOCTORA SEÑORITA DOCTOR	LONDOÑO JARAMILLO LONDOÑO LARA LONIN	SILVIA LUZ ADRIANA SERGUEI	CRA. 30 CALLE 57 CRA. 2 # 11-68 ED. MUNDO MARINO, EL RODADERO BARRIO MANZANILLO	BOGOTA SANTA MARTA CARTAGENA, BOLIVAR CARTAGENA POPAYAN	IGAC CIOH
SEÑOR ESTUDIANTE	LOPEZ BLANCO LOPEZ GARCIA	NANCY HELENA YOLANDA	AV. SAN MARTIN # 13-85 CALLE 5A # 11-43	POPAYAN POPAYAN	UJTL FUNDACION UNIVERSITARIA DE POPAYAN U. DE POPAYAN
SEÑOR	LOPEZ GOMEZ	MIGUEL ANGEL	TORRES DEL RIO BLOQUE A APTO 104	POPAYAN	U. DE POPAYAN
SEÑORITA DOCTOR	LOPEZ RODRIGUEZ LOZANO	ANGELA CECILIA JOSE A.	CERRO DE PUNTA BETIN CARRERA 3A 17-34	SANTA MARTA BOGOTA	UJTL ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS NATURALES U. SANTIAGO DE CALI
SEÑOR SEÑORITA SEÑOR SEÑOR SEÑOR	LOZANO BETANCOURT LOZANO GIRALDO LUCERO RINCON LUGO SANCHEZ MACHACON GUZMAN	LUIS FERNANDO SACHA CARLOS HERNAN HERWIN IRINA	CALLE 47B N # 2A N -25 CALLE 2 # 43-76 CRA 41 # 46-94 CRA 46 # 12B-62 CRA. 10N # 9N 47	CALI CALI CALI CALI POPAYAN	UNIVALLE U. SANTIAGO DE CALI FUNDACION UNIVERSITARIA DE POPAYAN INVEMAR UJTL IDEAM IDEAM
DOCTOR SEÑORITA DOCTOR DOCTOR DOCTOR	MANCERA PINEDA MANRIQUE SIERRA MANTILLA MARIN RAMIREZ MARQUEZ PRETEL MARRUGO GONZALEZ	JOSE ERNESTO MARTHA LUCIA GUILLERMO WILLIAM RODRIGO EDUARDO ALONSO JOSE	A.A. 1016 CRA 15 # 148-46 APTO 301 CRA 5 # 15-80 PISO 18 CRA. 5 # 15-80 PISO 17 CALLE 79 # 8-21 APTO 705 CAMPUS SARAGOCILLA	SANTA MARTA BOGOTA BOGOTA BOGOTA BOGOTA CARTAGENA	U DE CARTAGENA

SEÑOR	MUÑOZ LASSO	OSCAR FERNANDO	CRA 46A # 13D-28 APTO 401	CALI	UNIVALLE
SEÑORITA	MUÑOZ TORRES	MONICA CECILIA	CALLE 50 NORTE # 2GN-97	CALI	UNIVALLE
SEÑOR	NAVAS CAMACHO	RAUL	CARRERA 60 10-31 APTO. 203D	SANTIAGO DE	UNIVALLE
SEÑOR	NAVAS SUAREZ	GABRIEL RODOLFO	CERRO PUNTA DE BETIN	CALI	INVEVAR
DOCTOR	NEIRA	RAUL		MAGDAL.	
DOCTOR	NEIRA ORTIZ	RAUL	CIUDAD UNIVERSITARIA DE	CALI	UNIVALLE
DOCTOR	NEWMARK UMBREIT	ROBERTO	MELENDEZ	CALI	UNIVALLE
SEÑOR	NIVIA RUIZ	FEDERICO	CRA 15 # 90-36 OF. 301	BOGOTA	GENIACUA
DOCTORA	ÑANEZ	JAIME HUMBERTO	CERRO PUNTA DE BETIN	SANTA MARTA,	INVEVAR
SEÑOR	O CAMPO ESTRADA	EUNICE	CRA. 5 # 15-80 PISO 18	MAGDAL.	
DOCTOR	OCHOA PEREIRA	LEO EDUARDO	CALLE 41 # 46-20	BOGOTA	IDEAM
DOCTOR	OLSEN VASQUEZ	CARLOS RICARDO	CRA. 81B #51 -13	BOGOTA	DIMAR
SEÑOR	ORAMAS WENHOLZ	ENO FITZGERAD	CRA. 9A # 99-02 PISO 1	MEDELLIN	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
SEÑOR	ORTIZ MOSQUERA	CATALINA	LA ALDEA AGRUPACION 2 # 2-08	BOGOTA	Bº EXPLORATION
SEÑOR	ORTIZ RUIZ	RAFAEL GENARO	A.A. 7816	POPAYAN	UNIVERSIDAD DE POPAYAN
DOCTORA	OSORIO BLANDON	JOHN JAIRO	TRANSV 75 # 61-09	CALI	
SEÑOR	OSPINA RIOS	REYBER	A.A. 829	BOGOTA	UJTL
DOCTORA	OVIEDO VERA	CLARA ESPERANZA	TRANSV. 48 # 1-10 A.A. 43870	BUENAVENTURA	SENA
DOCTOR	PABON C	MARIA FERNANDA	CRA. 60 # 1A-51	BOGOTA	MINISTERIO MEDIO AMBIENTE
SEÑORITA	PADILLA MERCADO	HERNANDO	AV. 42 # 12-50	CALI	U. SANTIAGO DE CALI
DOCTOR	PANIAGUA PINEDA	JOSE DANIEL	DIAG. 97 No. 17-60 piso 1	BOGOTA	SENA
DOCTOR	PARAMO GRANADOS	MONICA PATRICIA	CALLE 14 # 6-04	BOGOTA	IDEAM
DOCTORA	PARDO DIAZ	CARLOS JULIO	CENTRO NAUTICO PESQUERO	SANTA MARTA	U. DEL MAGDALENA
SEÑOR	PARRA GAMARRA	JORGE ENRIQUE	MANZANA 22 CASA 4 CIUDADELA 29	SANTA MARTA	U. DEL MAGDALENA
DOCTOR	PARRA GIRALDO	GLORIA YANUBA	DE JULIO	BOGOTA	DIMAR
SEÑOR	PARRA P.	ANGELICA MARIA	CALLE 41 # 46-20	POPAYAN	
SEÑOR	PARRA VELANDIA	FERNANDO	CALLE 10 # 11N-18	SANTA MARTA	UJTL
SEÑOR	PARRA VERGARA	FERNANDO JOSE	CRA 2 # 11-68 EL RODADERO	BOGOTA	UNIVERSIDAD NACIONAL
CC	PARRA ZAFRA	FERNANDO JOSE	CALLE 86 # 64-35 INT. 139	BOGOTA	
SEÑOR	PAZMIN S	GUIDO JOSE	CALLE 86 64-35 INT. 139	BOGOTA	
SEÑORITA	PEÑA HERRERA	ALVARO	CRA. 30 # 147-33 C1-201	BOGOTA	CCO
DOCTOR	PERDOMO NUÑEZ	MONICA LUCIA	CALLE 41 # 46-20 PISO 4	BOGOTA	
DOCTOR	PEREZ MERCHAN	VIVIANA	CALLE 36 AN # 2BN-52	CALI	FUNDACION NATURA
DOCTOR	PINEDA DEVIA	JOSE MARIA	CALLE 31 # 17-49	BOGOTA	
DOCTORA	PINEDA RUIZ	LAURA VICTORIA	CALLE 81 # 30-12	BOGOTA	INVEVAR
DOCTOR	POLANIA	ALBERTO ANTONIO	CALLE 24 # 19A-15	BOGOTA	DIMAR
DOCTOR	PUEENTES GRANADA	ALEX RENE	CALLE 41 # 46-20 PISO 4	BOGOTA	
DOCTOR	PULGARIN CASTAÑO	MAGDA	ISLA EL MORRO	TUMACO, NARINO	CENTRO DE CONTROL DE CONTAMINACION DEL PACIFICO
SEÑOR	QUINTANA MARIN	JAIME	CARRERA 1 3-08	BUENAVENTURA	INPA REGIONAL PACIFICO
SEÑOR	QUINTERO BOHORQUEZ	OCTAVIO DE JESUS	TRANSVERSAL 9A 133-28	BOGOTA	COLCIENCIAS
SEÑOR	QUINTERO	CAROLINA	CRA 29 # 58-59 APTO 302	CALI	UNIVALLE-INPA
SEÑOR	MONCALEANO	KATHERINE LIZETH	APARTADO	CALI	UNIVALLE-INPA
CC	QUINTERO SERPA	ALVARO JOSE	CALLE 44B # 4E-21	APARTADO	SENA
SEÑOR	QUIÑONES MACUACE	MIGUEL	CALLE 70A # 7-34 APTO. 402	CALI	U. SANTIAGO DE CALI
DOCTOR	RABI RUIZ	RICARDO	CRA. 90 # 17-42	BOGOTA	U. JAVERIANA
			BARRIO MANZANILLO	CALI	
			CRA. 64 A # 1-C-22	CARTAGENA,	CIOH
			ESQUINA GAMARA Y GENERAL	BOLIVAR	
				CALI	U. SANTIAGO DE CALI
				EL CALLAO	INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

SEÑORITA	RAMIREZ ARIAS	CLARA INES	VALLE, CHUCUITO	UNIVERSIDAD DEL VALLE
DOCTOR	RAMIREZ ARISTIZABAL	ARGIRO DE JESUS	CALLE 6 # 66A-11	INPA REGIONAL PACIFICO
DOCTOR	RAMIREZ CORREA	JAIME	CALLE 1 # 7 - 49 PISO 3	IDEAM
DOCTORA	RAMIREZ SERNA	LILIANA SOFIA	DIAG. 97 No. 17-60 piso 1	U. JAVERIANA
SEÑOR	RENDON GAVIRIA	ESTEBAN	CALLE 56 # 46-39	ESCUELA DE INGENIERIA DE ANTIOQUIA
SEÑORITA	RESTREPO FORERO	SANDRA PATRICIA	CRA 46 # 7-28	U. DEL MAGDALENA
DOCTOR	REY CARRASCO	IVAN	CALLE 11A # 16B-57	UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
DOCTOR	REY JIMENEZ	REYNALDO	CARRERA 4 22-61	SENA
SEÑOR	REYES FORERO	JAVIER ORLANDO	AV. 42 # 18-50	INVEMAR
SEÑOR	REYES SABOGAL	MONICA	CRA 2A # 10-28 APTO 804	ICPE
DOCTOR	REYNOLDS	JORGE	CALLE 12 # 48A-05	UNIVALLE
SEÑOR	RIASCOS CORREA	CAROLA PATRICIA	CALLE 94A 11A-66 OF. 302	
			CALLE 8 # 2A-01 EDIF. MONICA OF. 304	
SEÑOR	RIASCOS VALLEJOS	JOSE MARIN	A.A. 5660	
SEÑOR	RINCON CABAL	SANDRA	CIUDAD UNIVERSITARIA MELENDEZ CALI	U. SANTIAGO DE CALI
DOCTOR	RIOS OVALLE	FREDY E	M5 L7 A.A. 7188	SENA-CENTRO NAUTICO PESQUERO DEL CARIBE
SEÑORITA	RIVERA DELGADO	ANA MARIA	CRA 48 # 11-39	
SEÑORITA	RIVERA ROMO	ANTONIA HELENA	CALLE 31 17-49	FUNDACION NATURA
SEÑORITA	ROBOYO FAJARDO	MARIA ALEXANDRA	CALLE 29 # 37-13	
DOCTOR	RODAS	LUIS BERNARDO	CALLE 1 # 1A-45 PISO 3	UJTL
SEÑORITA	RODRIGUEZ AVILA	AMANDA	CRA. 41A # 128A-77 PISO 1	INPAVECEP
DOCTORA	RODRIGUEZ CAICEDO	ELIZABETH	CRA 54 B # 129B-47	UJTL
DOCTOR	RODRIGUEZ CASTRO	DORIS JANETH	CRA 89 # 26B-09	
DOCTOR	RODRIGUEZ G	HORACIO	DIAG. 27 # 15-9	INPAVECEP
SEÑOR	RODRIGUEZ	GLENDA ISABEL	CALLE 2 # 2-66-69 APTO 502	INPA
			PALMARES DE BALLARTA	
DOCTOR	HERNANDEZ	GERMAN	CRA 34 # 9188	INPA
SEÑOR	RODRIGUEZ PAEZ	EFRAIN	A.A. 25360	UNIVERSIDAD DEL VALLE
DOCTOR	ROJAS HIGUERA	PAULA JUDITH	Diag. 97 No. 17'60 piso 1	IDEAM
SEÑORITA	ROJAS MALAGON	PAOLA ANDREA	CRA 19 # 33C-24 SANTA MONICA POPULAR	INVEMAR
DOCTORA	ROJAS ORTEGA	JANNETH	CRA 11 # 10-56 S	INVEMAR
DOCTOR	ROJAS OSPINA	MARIO ALBERTO	DIAGONAL 27 # 15-09	INPA
SEÑORITA	ROJAS TOVAR	ALEXANDRA	CALLE 19 # 3-70 INT. 14 CHIA	UJTL
DOCTORA	ROMANO BENITEZ	ROSA AMPARO	CRA 4 # 3-204-09	INPAVECEP
SEÑORITA	ROMERO RODRIGUEZ	ISABEL CRISTINA	CRA. 38E 3-111	UNIVERSIDAD DEL VALLE
DOCTOR	ROSADO VEGA	JAIRO RAFAEL	CALLE 22 CARRERA 6 SALIDA A VALLEDUPAR	UNIVERSIDAD DE LA GUAJIRA
SEÑOR	RUBIO GOMEZ	CARLOS ENRIQUE	CALLE 23 # 4-27 OF. 907	PROCIENAGA
SEÑORITA	RUDAS GOMEZ	CAROLINA MARIA	CALLE 70 # 0-32 APTO 101	U DE LOS ANDES
SEÑOR	RUEDA HERNANDEZ	MARIO ENRIQUE	CERRO PUNTA DE BETIN A.A. 1016	INVEMAR
DOCTORA	RUEDA MONTENEGRO	CATALINA	CRA 1 # 70-21 APTO. 105	
SEÑOR	RUIZ LOPEZ	JOSE ANIBAL	CRA 49B # 128B-15	UJTL
SEÑOR	RUIZ RODRIGUEZ	DIANA MARCELA	CERRO DE PUNTA BETIN	INVEMAR
DOCTOR	RUTLLANT COSTA	JOSE	CASILLA 2777	UNIVERSIDAD DE CHILE
SEÑORITA	SAAVEDRA DIAZ	LINA MARIA	AV. 19 # 4-86	UJTL
DOCTOR	SALAMA	AHMED M.	CIUDAD UNIVERSITARIA	UNIVERSIDAD NACIONAL
SEÑORITA	SALAZAR MONTAÑO	MARLEN YULY	CRA 32B # 32-82	UNIVALLE PACIFICO
SEÑOR	SALAZAR SERNA	JUAN GUILLERMO	CERRO PUNTA DE BETIN	INVEMAR
SEÑORITA	SALAZAR VALENCIA	MARTHA LUCIA	TORRES DEL RIO BLOQUE A APTO. 104	F. UNIVERSITARIA DE POPAYAN

SEÑOR	SALAZAR VILLALOBOS	MAURO	CRA 57 # 2A-95	CALI	U. SANTIAGO DE CALI
SEÑOR	SALINAS BUSTAMANTE	LEONARDO	CRA. 25 # 4-46 ESTE	CALI	
DOCTOR	SANCHEZ	JUAN ARMANDO	CALLE 46 # 28-59 APTO 201	BOGOTA.	INVEMAR
	SANCHEZ CORTES	JAIME	DIAGONAL 145 30-72 INT. 4, APTO 401	BOGOTA	COMITE PREMIO NACIONAL
SEÑOR	SANCHEZ MORALES	EUDEZ E.	CALLE 1 7-49	BUENAVENTURA	INPAVECEP
DOCTOR	SANCHEZ MORENO	HERNANDO	CALLE 23 4-27 PISO 10	SANTA MARTA,	CORPAMAG
				MAGDAL.	
SEÑORA	SANCHEZ RAMIREZ	CLAUDIA	CERRO PUNTA DE BETIN	SANTA MARTA	INVEMAR
DOCTORA	SANCHEZ SANCHEZ	GLORIA ERNESTINA	CRA. 53 # 74-50	BARRANQUILLA	CORPORACION AUTONOMA DEL ATLANTICO
SEÑORA	SANTOS MARTINEZ	ADRIANA	CERRO PUNTA DE BETIN A.A. 1016	SANTA MARTA	INVEMAR
SEÑOR	SANUDO BASTIDAS	FABIO ANDRES	CALLE 48 # 16-36	CALI	
SEÑOR	SARETZKILARA	CHRISTIAN	CALLE 31 17-49	BOGOTA	FUNDACION NATURA
SEÑOR	SARRIA RODALLEGA	ERNESTO ALONSO	CRA 12 # 1-08	BUENAVENTURA	UNVALLE PACIFICO
	SCHONWALD	NOELLE	CALLE 72 # 1-40 APTO. 504	BOGOTA	
SEÑOR	SECCON OSORIO	ADRIANA MARIA	CRA 52 # 50-12	BUCARAMANGA	UJTL
SEÑOR	SEGURA CABANZO	CARLOS EDUARDO	CRA 75 # 11A-54	CALI	U. SANTIAGO DE CALI
SEÑOR	SEPULVEDA CIFUENTES	MONICA MARIA	CALLE 3 # 64-100 APTO. 310	CALI	UNIVERSIDAD DEL VALLE
SEÑORITA	SERRANO DIAZ	LIZ ADRIANA	CALLE 56 # 24A-15	CALI	U. QUINDIO
	SERRANO LOPEZ	HERNAN JOSE		ARMENIA.	
DOCTOR	SOLANO CARIASCO	MARLENE	CALLE 4 # 3-204	BOGOTA	INPAVECEP
DOCTOR	SOLANO FLAZAS	OSCAR DAVID	CERRO PUNTA DE BETIN	SANTA MARTA	INVEMAR-ECOPETROL
SEÑOR	SOLARTE ALVAREZ	LUIS FERNANDO	CALLE 9A # 40-130	CALI	UNVALLE
DOCTORA	SOLER JARAMILLO	MARIA DEL PILAR	CALLE 34 19-36	BOGOTA	SEMICOL LTDA.
SEÑOR	SOLER JARAMILLO	HERNAN	A.A. 1016	SANTA MARTA	UJTL
TN	SOLTAU	JUAN MANUEL	BARRIO MAZANILLO	CARTAGENA	CIQH
SEÑOR	SOTO QUINTERO	PAULA ANDREA	TORRES DEL RIO BLOQUE A-APTO. 104	POPAYAN	FUNDACION UNIVERSITARIA DE POPAYAN
DOCTOR	STUARDO	JOSE	CASILLA 2407, CORREO 10	CONCEPCION,	UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
DOCTORA	TABARES GAVIRIA	NATASHA	BARRIO MANZANILLO	CHILE	CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRAFICAS E
DOCTORA	TAPIERO	LIBARDO		BOLIVAR	HIDROGRAFICAS
DOCTORA	TAYLOR JAY	ELIZABETH INES	LA MONTAÑA 2 PISO RPOSALUD	CALI	UNVALLE
				PROVIDENCIA,	CORALINA
				ISLA	
SEÑOR	TELLO ORTIZ	SAULO ENRIQUE	CALLE 3 D # 66-86	CALI	U. SANTIAGO DE CALI
SEÑOR	TORO FARMER	GERARDO	CRA 38E # 3-111	CALI VALLE	UNIVERSIDAD DEL VALLE
	TORRES ESPINOSA	RAMIRO EDUARDO	CRA 2 # 5-160 APTO. 204B EL RODADERO	SANTA MARTA	
SEÑORITA	TORRES PEREZ	ADRIANA DEL PILAR	CALLE 66 # 98-08	BOGOTA	INPA
DOCTOR	URBAN	HANS JORG	A.A. 1016	SANTA MARTA	INVEMAR
DOCTOR	URIBE HOSIE	ALEJANDRO	CALLE 94A 11A-66 OFICINA 302	BOGOTA	PROYECTO SEGUIMIENTO DEL CORAZON DE LA BALLENA
				SATELITE	
SEÑOR	URQUIJO ALMANZA	ALBERTO FABIAN	CALLE 49B # 53-47 A.A. 30035	BARRANQUILLA	UNIVERSIDAD DEL ATLANTICO
SEÑOR	URREA OSPINA	MAURICO ANDRES	CALLE 13 # 53-45 APTO 302D	CALI	
SEÑORITA	USCATEGUI TOVAR	ANA MARIA	CALLE 55 # 1-15	BOGOTA	
SEÑORITA	VALENCIA VILLEGAS	MARIA ANDREA	CALLE 54 N # 8-151	POPAYAN	U. DE POPAYAN
SEÑORITA	VALERO LOPERA	ADRIANA DEL PILAR	TRANSV. 9 # 108A-48	BOGOTA	INVEMAR
SEÑOR	VALLEJO BEDOYA	MARIA HELENA	CALLE 41 # 15-75	PALMIRA - VALLE	
SEÑORITA	VALLEJO ISAZA	ADRIANA	CERRO PUNTA DE BETIN	SANTA MARTA	INVEMAR
DOCTOR	VALVERDE PRETEL	JUAN	CALLE 1 ANTIGUO TRAMO JUNIN	BUENAVENTURA,	INPA REGIONAL PACIFICO
				VALLE	
SEÑORITA	VARELA FAGUNDEZ	LILIEITH FERNANDA	TORRES DEL RIO BLOQUE 6 APTO 405	POPAYAN	FUNDACION U. DE POPAYAN

DOCTOR	VARGAS	ALVARO	DIAGONAL 53 34-53	BOGOTA	INGEOMINAS
DOCTOR	VARGAS BERNAL	JOHN	CRA 112 BIS # 142-59	BOGOTA	
DOCTORA	VARGAS DE FLOREZ	MARTHA LEONOR	CRA. 5 15-80, P. 17	BOGOTA	IDEAM
DOCTOR	VARGAS GOMEZ	JULIO ENRIQUE	BASE NAVAL A.A. 7211	CARTAGENA	DIMAR
SEÑORITA	VARGAS QUEVEDO	LIZZETTE	CRA. 24 # 148-06	BOGOTA	UNIVERSIDAD JAVERIANA
DOCTORA	VARGAS TORRES	CARMEN CELINA	CALLE 4 # 3-204	CARTAGENA	INPAVECEP
DOCTOR	VASQUEZ	JULIO A.	LARRONDO 1281	COQUIMBO	UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE
DOCTORA	VELASCO ORTEGA	CIELO MARGOT	CALLE 1 # 7-49 PISO 3	BUENAVENTURA	INAP REGIONAL PACIFICO
SEÑOR	VELEZ CALABRIA	GLENDIA MARIA	DIAGONAL 33 BIS 9A8-28 URB LOS TRUPILOS	SANTA MARTA	UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
DOCTORA	VELEZ GUTIERREZ	ANA MARIA	CALLE 31 17-49	BOGOTA	FUNDACION NATURA
DOCTORA	VERGARA CASTAÑO	ALBA RUTH	CARRERA 8 268-39	SANTA MARTA, MAGDAL.	INPA REGIONAL ATLANTICO
DOCTOR	VERGARA PINZON	ELSA VICTORIA	SECTOR TAYLOR HILL 4-210	SAN ANDRES	INPAVECEP
SEÑORITA	VERGARA TORRES	JULIA MARIA	CALLE 123 3-46 APTO 403	BOGOTA	UJTL
DOCTOR	VERNETTE	GEORGE	AVENUE DES FACULTES 33405	TALANCE, FRANCIA	CIBAMAR UNIVERSIDAD DE BERDEUX
DOCTORA	VICTORIA	PIEDAD	DIAG. 27 # 15-09	BOGOTA	INPA
DOCTOR	VIDAL VELASQUEZ	LUIS ALFONSO	CERRO PUNTA DE BETIN. A.A. 1016	SANTA MARTA, MAGDAL.	INVEMAR
SEÑOR	VIDES CASADO	MARTHA PATRICIA	CALLE 134 A # 28-46	BOGOTA	UJTL
DOCTOR	VIEIRA BETANCOURT	CARLOS ALBERTO	CALLE 31 17-49	BOGOTA	FUNDACION NATURA
SEÑORITA	VILLA PINEDA	AMELIA	CRA. 14A # 141A-27	BOGOTA	UJTL
SEÑOR	VILLA RESTREPO	ANGEL ANDRES	CALLE 14 # 42BIS -18	CALI	
SEÑOR	VILLAVECES DE	MARIA CRISTINA	DIAG. 53 # 34-53	BOGOTA	INGEOMINAS
SEÑORA	VILLEGAS BOLANOS	NANCY LILIANA	ISLA EL MORRO	TUMACO, NARIÑO	CENTRO DE CONTROL DE CONTAMINACION DEL PACIFICO
DOCTOR	VILORIA MAESTRE	EFRAIN ALBERTO	CERRO DE PUNTA BETIN A.A. 1016	SANTA MARTA	CORPAMAG
	VINCHIRA PARRA	CAMILO ERNESTO	AV. DORADO CAN EDIF.	BOGOTA	MINISTERIO DE TRANSPORTE
DOCTOR	YANINE DIAZ	DAVID	MINSTRANSP. OF. 411	BOGOTA	IDEAM
DOCTOR	ZAPATA MARTINEZ	JAIRO LEON	CRA. 5 # 15-80 PISO 18	MEDELLIN	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
SEÑOR	ZAPATA R	FERNANDO A.	CARRERA 64C # 48-94	CALI, VALLE	UNIVERSIDAD DEL VALLE
DOCTOR	ZEA	SVEN	CIUDAD UNIVERSITARIA DE MELENDEZ	SANTA MARTA, MAGDAL.	INVEMAR
SEÑOR	ZORRILLA ARROYAVE	MARIA XIMENA	CERRO PUNTA DE BETIN	CALI	
SEÑOR	ZULUAGA	ANABELLA	AV 3BN # 52-08 APTO 202	CALI	U. DEL VALLE
SEÑOR	ZULUAGA GOMEZ	OSCAR RODRIGO	A.A. 25360	CALI	
DOCTORA	ZUÑIGA LOPEZ	ELIZABETH	CALLE 13 # 3-52 OF. 213	CALI	
DOCTORA	BERNAL SUAREZ	SONIA ISABEL	AV. 42 # 18-50	BOGOTA	SENA
DOCTORA	CASTELBLANCO	ESMERALDA	Calle 71A No. 87-13 Apto. 207 Bloque 2	Bogotá	
DOCTOR	ECHAVARRIA	ENRIQUE	CIUDAD UNIVERSITARIA Cra. 30	Bogotá	Universidad Nacional
DOCTOR	FORERO	NIDIA STELLA		Bogotá	IDEAM
DOCTORA	NUÑEZ BONILLA	ANA MERCEDES	Diag. 97 No. 17-60 PISO 1	Bogotá	IDEAM
DOCTORA	VILLAMIL GUZMAN	MARTHA	Diag. 97 Np. 17-60 PISO 1	Bogotá	IDEAM
DOCTORA	GARCIA DE MEJIA	GUILLERMO	Diag. 97 No. 17-60 piso 1	Cartagena	CIOH
DOCTOR	MANTILLA	JAVIER	Barrio Manzanillo		
DOCTOR	RODRIGUEZ	CARLOS ALBERTO			
CF	ANDRADE AMAYA				