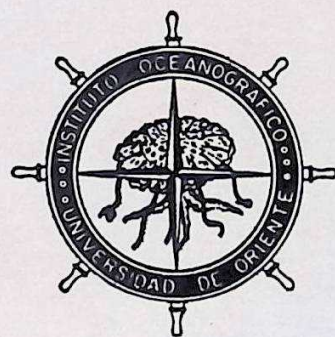


UNIVERSIDAD DE ORIENTE - CUMANÁ, VENEZUELA - VOLUMEN 30 - N° 1 y 2 - 1991

BOLETIN
DEL
INSTITUTO
OCEANOGRAFICO



BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CUMANA, VENEZUELA

JUNTA EDITORIAL

JOSÉ BENÍTEZ (Presidente)
E. K. GANESAN (1er. Vocal)
JULIO E. PÉREZ (2do. Vocal)
ANÍBAL VÉLEZ (3er. Vocal)
YEREMY MENDOZA (4to. Vocal)
ILDEFONZO LIÑERO (5to. Vocal)
ISIDRA DE ARREDONDO (Secretaria)

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO

BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA

E. K. GANESAN, *Editor*
JOSÉ BENÍTEZ A., *Asistente*

BOLETIN BIBLIOGRAFICO

MARIO REVOLLO L., *Editor*

DIRECTIVOS DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO

ILDEFONZO LIÑERO ARANA., *Director*

ESTHER FERNÁNDEZ
Jefe del Departamento de Oceanografía
A.K.M. BASHIRULLAH
Jefe del Departamento de Biología Pesquera
MIRELLA APONTE D.
Jefe del Departamento de Biología Marina
JULIO E. PÉREZ
Coordinador de Postgrado

La Universidad de Oriente fue creada por el Decreto N° 459 del 21 de Noviembre de 1958, con el Instituto Oceanográfico como su núcleo inicial. Las actividades del Instituto Oceanográfico comenzaron el 12 de Octubre de 1959, en la ciudad de Cumaná, y han continuado ininterrumpidamente desde entonces.

EL BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA comenzó a ser publicado trimestralmente en 1961. En 1962 no se publicó. A partir del Volumen 8, la portada, el formato y las normas editoriales del BOLETIN fueron modificados. La Biblioteca del Instituto Oceanográfico publica anualmente el BOLETIN BIBLIOGRAFICO en el cual se compila el material de referencia ingresado a esa dependencia.

Para información sobre la adquisición de suscripción y canje, favor dirigirse a:

Biblioteca
Instituto Oceanográfico
Apartado Postal 245
Cumaná, Venezuela

El precio de las publicaciones del Instituto Oceanográfico es como sigue:

Revista	En Venezuela	En el Exterior
BOLETIN (volumen)	Bs. 350,00	\$ 20.00
BOLETIN BIBLIOGRAFICO	Bs. 15,00	\$ 1.50

Los cheques deben ser remitidos a nombre del INSTITUTO OCEANOGRAFICO.

BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE

vol. 30, nros. 1 & 2

1991

CONTENIDO

Página

MARÍA ISABEL SEGNINI DE BRAVO & K. S. CHUNG. <i>Respuestas fisiológicas de <i>Petenia kraussii</i> (Pisces: Cichlidae) sometidos a cambios de temperatura.</i>	5
ILDEFONSO LIÑERO ARANA. <i>Poliquetos con elitros (Annelida: Polychaeta) de la costa nororiental de Venezuela.</i>	17
AÍDA MARTÍNEZ M. <i>Holoturoideos dendrochirotida (Holuthuroidea: Echinodermata) I: Familia cucumaridae</i>	31
AÍDA MARTÍNEZ M. <i>Holoturoideos dendrochirotida (Holuthuroidea: Echinodermata) II. Familia sclerodactylidae.</i>	41
ALFREDO GÓMEZ GASPAR. <i>Interacción entre un estuario negativo, Laguna de La Restinga, Isla de Margarita y el Mar Caribe adyacente.</i>	47
MARINA VARGAS, MANUEL CORREA & K. S. CHUNG. <i>Indicadores fisiológicos en la evaluación de la toxicidad de hidrocarburos aromáticos.</i>	57
MÉLIDA A. BOADA, K. S. CHUNG & MAIRIN J. LEMUS. <i>Efectos de la temperatura sobre la acumulación y la depuración de cobre en tejidos de juveniles de <i>Mugil Curema</i> (Pisces: Mugilidae).</i>	65
ANTONIO QUINTERO R. <i>Régimen termoalino en el Atlántico Tropical Occidental.</i>	73
ANTONIO QUINTERO R. <i>Variaciones espacio-temporales de la temperatura superficial en el Atlántico Tropical Occidental.</i>	85
GILBERTO CEDEÑO F. <i>Distribución de hidrocarburos en la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, Estado Anzoátegui, Venezuela.</i>	97

PROLOGO

La edición de este volumen del BOLETIN DEL INSTITUTO OCEANOGRAFICO DE VENEZUELA ha sido posible gracias al soporte económico dado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) Caracas, Venezuela, a través del convenio 093-31-07-047. A PUBLITEXT, C.A. Cumaná, por el levantamiento del texto por computadora, impresora-láser, el montaje y tiraje final de los ejemplares del boletín y separatas.

*Prof. E. K. Ganesan
Editor*

Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela

*Prof. José Benítez Alvarez
Presidente
Junta Editorial*

Cumaná, Septiembre de 1993

RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE *PETENIA KRAUSSII* (PISCES: CICHLIDAE) SOMETIDOS A CAMBIOS DE TEMPERATURA.

MARÍA ISABEL SEGNINI DE BRAVO & K. S. CHUNG.

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná-Venezuela.

RESUMEN: En el presente trabajo se describen algunas características fisiológicas de *Petenia kraussii* sometida a diferentes temperaturas de aclimatación (21, 23, 27, 30 y 33°C). La resistencia térmica fue determinada por los métodos de Máximo (Mínimo) Térmico Crítico (MTC), Temperatura Letal media (TLM) y Última Temperatura Letal Incipiente (UTLI). Los resultados obtenidos en cada uno de los métodos utilizados muestran que la temperatura de aclimatación influye en forma directa sobre la tolerancia térmica.

ABSTRACT: Some physiological responses to temperature changes of *Petenia kraussii* subjected to several acclimation temperatures (21, 23, 27, 30 and 33°C) are described. The thermal strength was measured by the methods of Critical Thermal Maximum (Minimum) (MTC), Median Lethal Temperature (TLM) and Upper Incipient Lethal Temperature (UTLI). The results obtained in each method used showed that acclimation temperature influences directly on thermal tolerance.

INTRODUCCION

La temperatura es un factor abiótico de gran importancia para la vida acuática (STAUFFER, 1986; HOLTBY, 1988; FERNÁNDEZ & RATIN, 1989). Ella limita la distribución de las especies y al mismo tiempo rige su índice de actividad (BROWN, 1989). En términos generales, las actividades vitales ocurren solamente entre 0 y 40°C aproximadamente algunos organismos viven en límites muy amplios de temperatura (euritérmicos), mientras que otros lo hacen en límites muy estrechos (estenotérmicos). Experimentalmente se ha comprobado que un aumento controlado de la temperatura influye directamente sobre la tasa de crecimiento de los peces (CHUNG, 1985; PEPIN, 1991). En todo caso, se ha determinado que las temperaturas extremas pueden causar la muerte, mientras que las temperaturas subletales pueden retardar el crecimiento, desove y otras actividades biológicas (CHUNG, 1985; LEMONS & CRAWSHAW, 1985; JOBBLING, 1988; YAGI et al, 1990). También la temperatura involucra alteraciones funcionales y estructurales de los organismos a través de cambios en la concentración osmótica, llegando hasta modificar el comportamiento de una especie dentro de un ecosistema (BOUBBEE et al., 1991).

La fluctuación térmica, como un factor del medio externo, incide sobre los organismos y la habilidad que ellos poseen para adaptarse se conoce como "Tolerancia térmica" (NEGUS et al., 1987). Estos rangos de tolerancia

varían según la especie y su adaptabilidad puede ser influenciada por la aclimatación, término que se usa particularmente referido a la compensación del organismo frente a un solo factor ambiental, temperatura (STAUFFER, 1986; MARTIN, 1988). El período de aclimatación es muy importante, ya que involucra cambios fisiológicos entre límites controlables (PICKERING, 1981).

Para la determinación de la tolerancia térmica en poiquiloterms, existen varios métodos:

MÁXIMO TÉRMICO CRÍTICO (MTC): Este término fue definido por COWLES & BOGERT (1944) como el "punto térmico en el cual la actividad locomotora llega a ser desorganizada y el organismo pierde su capacidad para escapar de condiciones que lo conducirían irremediablemente a su muerte". LOWE & VANCE (1955) y HUTCHISON (1961) modificaron este enunciado en base a una metodología estándar y definieron el punto final como el comienzo brusco de espasmos musculares.

MÉTODO DE TEMPERATURA LETAL MEDIA (TLM): Está definida como aquella temperatura a la cual el 50% de los organismos mueren al ser transferidos desde su temperatura de aclimatación a la temperatura de prueba. Consiste en medir la resistencia a diferentes temperaturas constantes durante distintos períodos de tiempo, elevando o disminuyendo aquella a partir de una previa de aclimatación. Este método proporciona información más detallada sobre la

tolerancia térmica de un organismo, pero tiene algunas dificultades para su realización como son: el requerimiento de un gran número de organismos de prueba y un equipo costoso debido al uso de cámaras de aclimatación a temperaturas constantes.

MÉTODO DE ÚLTIMA TEMPERATURA LETAL ALTA (BAJA) INCIPIENTE (UTLI): Definida como la última temperatura a la cual el pez puede aclimatarse. Después de esa temperatura, el organismo no presenta comportamiento normal, es decir, se alteran sus funciones metabólicas (CHUNG, 1985). En la última temperatura letal baja incipiente, el pez puede llegar a inmovilizarse y el movimiento opercular es mínimo, dando la impresión de que estuviese anestesiado o muerto (CHUNG, 1980).

El método UTLI es utilizado, generalmente, para proporcionar más información sobre la tolerancia térmica de organismos de sangre fría como una respuesta al medio ambiente. HUTCHISON (1961) y FRY (1967) deducen que los resultados de UTLI son valiosos para análisis fisiológicos porque proporcionan un modelo detallado de respuesta y tienen un significado más ecológico para organismos acuáticos que para anfibios y reptiles debido a la relativa inercia térmica del agua.

Como se puede observar, los tres métodos antes mencionados dan información sobre las respuestas fisiológicas de organismos sometidos a stress térmico; por ello, en este trabajo se pretende comparar la tolerancia térmica de *Petenia kraussii* utilizando dichos métodos.

MATERIALES Y METODOS

Los organismos utilizados en los experimentos fueron capturados en la laguna "La Aguá", en las cercanías de la localidad de Chiguana, Estado Sucre, Venezuela.

La captura, aclimatación y alimentación de los peces en estudio, ha sido descrito anteriormente (SEGNINI, 1990).

Durante el período de aclimatación y en todos los bioensayos experimentales se determinó el movimiento opercular por observación directa, contando el número de aperturas branquiales por minuto, ya que existen evidencia de que éste es un índice de aceleración del metabolismo cuando se usa temperatura (VENABLES, 1980).

Para la determinación del Máximo Térmico Crítico (MTC), se seleccionaron para cada experimento dos

individuos al azar, los cuales fueron colocados en un frasco de cinco litros de capacidad que contenía dos litros de agua y aireación constante con la finalidad de proporcionar la oxigenación a los peces, permitir una buena circulación del agua y distribuir uniformemente la temperatura dentro del recipiente. En el caso del MTC (máximo), se utilizaron calentadores para la obtención de las tres tasas de elevación de temperatura (0,2; 0,5 y 0,8°C/minuto utilizando uno, dos o tres calentadores, respectivamente). Para estas pruebas se emplearon 5 réplicas de dos ejemplares por cada tasa de calentamiento y cada temperatura de aclimatación. En el caso de mínimo térmico crítico, la temperatura fue disminuida con una velocidad de 0,5°C/minuto utilizando un baño frío obtenido añadiendo regularmente cubos de hielo al baño. En este caso, los frascos utilizados contenían un litro de agua.

Para la determinación de la Temperatura Letal Media (TLm), se tomaron grupos de 15 peces (de cada una de las temperaturas de aclimatación, con sus respectivas réplicas) los cuales fueron expuestos abruptamente a la temperatura de prueba (37, 38, 39 y 40°C). Estas representan el rango de temperatura en la cual esta especie sobrevivió desde unos pocos minutos hasta siete días. Se les midió el tiempo de resistencia térmica y la probabilidad de supervivencia tomándose como criterio un lapso de tiempo de 10.000 minutos, donde se consideraron el 50% de los peces sobrevivientes a este período.

Para la determinación de la Última Temperatura Letal Alta (Baja) Incipiente se tomaron ochenta peces, previamente aclimatados a las temperaturas de 30°C y se dividieron en cuatro subgrupos de 20 en diferentes acuarios, de tal manera que por cada temperatura de aclimatación se tuviera una réplica y un control.

En el caso de la determinación de la última temperatura letal alta incipiente, a los acuarios se les aumentó la temperatura en 1°C diariamente utilizando calentadores y medidos con termómetros de contacto, los cuales estaban conectados a termoreguladores que regularon la temperatura del agua con una variación de $\pm 0,01^\circ\text{C}$. Para la última temperatura letal baja incipiente, los peces fueron colocados en un recipiente diseñado especialmente para tal fin (Frigid Unit Inc.) en donde la temperatura descendió aproximadamente 1°C por día. En este experimento, se asumió que los peces se aclimataban a un cambio gradual de temperatura. Los mismos fueron alimentados y se les contó el movimiento opercular por minuto dos veces al día.

Los resultados obtenidos en las diferentes partes de la experimentación fueron sometidos a un tratamiento estadístico de un nivel de confiabilidad de por lo menos 95% (SOKAL & ROHLF, 1981) empleando un análisis de varianza y una prueba "a posteriori" por el método de las comparaciones simultáneas de Duncan (STEEL & TORRIE, 1981) con el objeto de establecer diferencias significativas entre las diferentes temperaturas. La TLM se cuantificó por el método probabilístico (BEYER, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. MÁXIMO (MÍNIMO) TÉRMICO CRÍTICO: Las temperaturas obtenidas para *Petenia kraussii*, utilizando el método del Máximo Térmico Crítico (MaxTC) y Mínimo Térmico Crítico (MinTC) a diferentes temperaturas de aclimatación (T_a) y a tasas de calentamiento (T_c) y enfriamiento (T_e), se muestran en la Tabla 1. En ella se puede observar en relación al MaxTC que a tasas más bajas de calentamiento se obtuvieron temperaturas críticas menores y éstas se incrementaron con las tasas más elevadas. También se puede evidenciar que a medida que aumenta la temperatura de aclimatación, aumenta o disminuye el MaxTC o MinTC, indicando que la temperatura de aclimatación

influye en forma directa sobre el MaxTC o MinTC.

Para la evaluación del MTC en este trabajo, se tomó como criterio la primera pérdida del equilibrio (PPE), la cual es equivalente a la pérdida de coordinación muscular o de desorganización locomotora de Fry (1967) y como punto de muerte se tomó el cese del movimiento opercular (CMO), pérdida total de respuesta del organismo y donde la recuperación no es esperada si el pez es devuelto a su temperatura de aclimatación original.

Durante la ejecución de las pruebas del MTC, el comportamiento de los peces fue muy variado: a medida que se incrementaba la temperatura, ellos presentaban una natación acelerada, como si trataran de huir desesperadamente de su medio y en algunas ocasiones saltaban tan alto que casi se salían del recipiente. Es en este momento que ocurría la PPE, luego se incorporaban rápidamente, continuaban nadando, pero cayendo continuamente hasta perder su posición dorsoventral. Continuaban su nado acelerado, pero ahora de costado y al entrar en la etapa crítica, el pez presentaba espasmos musculares esporádicos que terminaban en fuertes convulsiones y el cuerpo generalmente quedaba doblado. Toda esta conducta indicativa del severo

TABLA 1 Valores promedios obtenidos de MaxTC y MinTC para *Petenia kraussii* aclimatada durante cuatro semanas a diferentes temperaturas (T_a) y tasas de calentamiento (T_c) y enfriamiento (T_e).

T_a (°C)	MaxTC (máximo) (°/min)			MinTC (mínimo) (°/min)
	0,2	0,5	0,8	0,4
PRIMERA PERDIDA DEL EQUILIBRIO				
21	38,0 ± 0,33	38,0 ± 0,26	38,3 ± 0,40	13,4 ± 0,36
24	38,5 ± 0,41	39,0 ± 0,54	39,5 ± 0,43	14,3 ± 0,14
27	39,4 ± 0,39	39,7 ± 0,24	40,6 ± 0,57	15,1 ± 0,34
30	39,9 ± 0,45	41,1 ± 0,51	41,9 ± 0,41	15,6 ± 0,34
33	42,3 ± 0,31	42,5 ± 0,13	42,8 ± 0,10	16,4 ± 0,72
CESE DEL MOVIMIENTO OPERCULAR				
21	39,5 ± 0,40	38,6 ± 0,27	40,0 ± 0,16	8,0 ± 0,07
24	40,6 ± 0,26	40,6 ± 0,28	42,1 ± 0,07	8,7 ± 0,16
27	42,2 ± 0,20	42,1 ± 0,32	43,3 ± 0,16	9,4 ± 0,13
30	43,9 ± 0,06	43,0 ± 0,35	43,9 ± 0,20	10,0 ± 0,14
33	44,5 ± 0,16	44,3 ± 0,31	44,7 ± 0,17	10,6 ± 0,31

TABLA 2 Variación del movimiento opercular (aperturas por minuto) durante la realización del Máximo Térmico Crítico y Mínimo Térmico Crítico.

21°C		24°C		27°C		30°C		33 °C	
(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Máximo Térmico Crítico									
77 ± 2,10	250 ± 5,88	83 ± 2,32	262 ± 5,34	90 ± 2,54	330 ± 7,22	92 ± 2,18	400 ± 7,25	90 ± 3,13	430 ± 6,30
Mínimo Térmico Crítico									
70 ± 2,01	20 ± 0,69	80 ± 1,79	20 ± 0,43	95 ± 2,17	16 ± 0,33	90 ± 2,30	12 ± 0,40	97 ± 2,25	14 ± 0,29

a: Movimiento opercular al comienzo del experimento.

b: Movimiento opercular después de la primera pérdida del equilibrio.

stress térmico, estaba acompañada de movimientos operculares anormalmente rápidos o lentos. Para el MaxTC, aumentaba en más de tres veces el número normal de movimientos operculares por minuto (de 90 en condición normal, pasa a 400), y en el caso del MinTC, ésta disminuía lentamente hasta llegar a 12 aperturas branquiales por minuto en el momento del PPE (Tabla 2).

El análisis de varianza aplicado a los datos de temperatura de PPE y CMO mostró efectos altamente significativos ($P < 0,001$) debido a los niveles de aclimatación, velocidad de aumento o disminución de temperatura e interacción entre estas dos variables.

Los ejemplares aclimatados a 33°C toleraron mayores temperaturas que los peces aclimatados a 21°C. Generalmente, a medida que la velocidad de incremento de temperatura aumentaba desde 0,2 a 0,8°C/min, el punto térmico donde ocurrían PPE y CMO también aumentaba. Este aumento de tolerancia térmica fue una respuesta típica de organismos ectotermos a temperaturas que aumentaban rápidamente, difiriendo sólo cuantitativamente con niveles de aclimatación.

Para ver si existían diferencias entre las medias de PPE y las de CMO para las diferentes velocidades de aumento o disminución de temperatura, se utilizó el análisis de Duncan, mediante el cual se encontró que tanto las medias de temperatura de PPE como las de CMO, difieren significativamente para todas las temperaturas de aclimatación a un nivel de significancia del 0,1% de probabilidad.

Al comparar los resultados del MaxTC para las tres

tasas de calentamiento, se observa que para la PPE el menor valor crítico se obtuvo a la tasa de calentamiento menor (0,2°C/min) y éstas se incrementaron con las tasas más elevadas y con el aumento de la temperatura de aclimatación. Estos resultados indican que la temperatura del medio experimental aumenta más rápidamente que la temperatura interna del cuerpo. Por esta razón, HUTCHISON (1961) ha sugerido que la tasa de calentamiento debe ser tal que la temperatura interna del cuerpo pueda seguir muy de cerca la del medio en el cual el animal es colocado.

Otros autores también han descrito resultados semejantes con respecto a las tasas de calentamiento: COX (1974) encontró que para el pez *Lepomis macrochirus* una tasa de 0,1°C/min de calentamiento era todavía muy rápida para permitir la aclimatación durante la determinación del MTC. GIBSON et al. (1976) y HASSAN & SPOTILA (1976) han observado incrementos graduales del MTC cuando aumenta la tasa de calentamiento. CHUNG & REYES (1977) encontraron que para el camarón *Palaemon northropi* la tasa 0,2 es muy rápida para permitir cualquier aclimatación.

Por otro lado, los resultados del CMO (tomado como punto de muerte), revelan que los valores críticos menores se observaron cuando la tasa de calentamiento fue de 0,5°C/min y para todas las temperaturas de aclimatación. Luego siguen en orden creciente los valores correspondientes a las tasas de 0,2 y 0,8°C/min, respectivamente. Esto se debe posiblemente a que los ejemplares de la especie *Petenia kraussii*, después de una PPE, tratan de mantener su metabolismo basal a través de reajustes cardiovasculares y respiratorios y así en un incremento de temperatura de 0,2°C/min, ellos pueden irse aclimatando parcialmente a la

temperatura en aumento, es decir, que los ejemplares de esta especie se comportaron como si hubieran estado aclimatados a una temperatura mayor. Sin embargo, con las otras dos tasas (0,5 y 0,8°C/min), no sucede lo mismo. Estas parecen ser muy rápidas para permitir alguna aclimatación durante la determinación del MTC. Aunque los valores correspondientes a las tasas de 0,2°C/min, sólo se diferencian en menos de 1°C para cada temperatura de aclimatación, parece ser que una desviación mínima de temperatura es muy significativa (Tabla 1).

El concepto clásico del MTC enfatiza que la velocidad de calentamiento debe ser lo suficientemente rápida para permitir que la temperatura de las partes profundas del cuerpo sea paralela a la temperatura de prueba, sin retardo significativo de tiempo. BECKER & GENOWAY (1979) utilizando salmones, y Cox (1974) en el pez *Lepomis macrochirus*, demostraron que un incremento de 1°C/min en la temperatura del agua es muy rápida y en consecuencia, no satisface este concepto de MTC. Sin embargo, estos mismos autores señalaron que una velocidad de incremento de 0,3°C/min era adecuada para las determinaciones de rutina del MTC con peces de agua dulce, ya que no permitía la aclimatación a temperaturas superiores, cumplía con la especificidad de la definición, permitía determinar exactamente los tiempos y temperaturas de la PPE y CMO y no aumentaba excesivamente los valores más allá de la temperatura que soportan los peces para sobrevivir en la naturaleza. En este trabajo, no se utilizó esta tasa de calentamiento, pero parece ser que para *Petenia kraussii* la tasa ideal es alrededor de 0,5°C/min si se toma como criterio del MTC el cese del movimiento opercular.

En el caso del Mínimo Térmico Crítico (MinTC), se puede observar que las temperaturas críticas más bajas (13,4°C para PPE y 8,0°C para CMO) se obtuvieron a la temperatura de aclimatación más baja (21°C), luego se incrementaron con el aumento de la temperatura de aclimatación (14,3; 15,1; 15,6 y 16,4°C para PPE y 8,7; 9,4; 10,0 y 10,6°C para CMO) pertenecientes a la temperatura de aclimatación de 24, 27, 30 y 33°C, respectivamente (Tabla 1). CHUNG (1980) determinó el MinTC similar para otro cíclido: *Tilapia mossambica*, el cual también guarda relación directa con la temperatura de aclimatación.

Con respecto al movimiento opercular, ya se mencionó anteriormente que aumentó considerablemente (de 90 a 400) en la determinación del PPE y CMO. Para explicar esto, se puede argumentar que las branquias son de impor-

tancia primaria en el balance del fluido electrolítico. Un incremento en la ventilación y perfusión aumenta el costo de mantener este balance y la temperatura es precisamente un desestabilizador de este balance, ya que tanto la magnitud absoluta y la velocidad de aplicación del "stress impuesto", para ser crítico en términos de sus efectos, al igual que la duración a la cual el desplazamiento de la temperatura tiene lugar. Los peces, al igual que los vertebrados, regulan la sangre a una alcalinidad relativamente constante, mejor que a pH constante. Entonces, cuando los peces sufren un cambio de temperatura, el dióxido de carbono del plasma arterial tiene que ser ajustado para mantener una alcalinidad relativamente constante (CRAWSHAW, 1977).

2. TEMPERATURA LETAL MEDIA (TLm): Durante la realización de las pruebas, los ejemplares de *Petenia kraussii* presentaron un comportamiento muy conspicuo. Al transferir los peces desde su temperatura de aclimatación a las temperaturas de prueba, inmediatamente perdían su equilibrio, el cual recuperaban casi instantáneamente cuando la temperatura de prueba era baja y la de aclimatación alta. Este acto estaba acompañado con nado acelerado en diversas direcciones: de arriba hacia abajo, alrededor del acuario, en el centro del acuario, etc. Cuando los peces fueron transferidos a acuarios con temperaturas de pruebas altas, para todas las temperaturas de aclimatación éstos perdían completamente el equilibrio, tendían a nadar verticalmente y permanecían en la superficie del agua. Estos nados hiperactivos estaban acompañados de movimientos operculares acelerados cuando las petenias entraban en la etapa crítica, su nado era de lado y seguía siendo acelerado y se movían hacia el fondo del acuario hasta llegar un momento donde comenzaban a convulsionarse intermitentemente hasta su muerte. Los peces que duraban más de 10.000 minutos presentaron un nado lento, se comportaban agresivamente, su coloración no era oscura como la que presenta *Petenia kraussii* cuando se encuentra en situaciones de "stress", ésta era más bien pálida, de color claro.

Los resultados obtenidos en las pruebas para establecer las relaciones entre la temperatura letal (10.000 min TLm) y la temperatura de aclimatación (Ta) se encuentran en la Tabla 3 como porcentaje de mortalidad producidos para cada una de las temperaturas de aclimatación. En todos los casos, se calculó la temperatura letal (TLm), interpolando la temperatura de prueba que produciría un 50% de mortalidad. Las temperaturas letales obtenidas para la pruebas se promediaron y se señalan en la última columna de esta tabla. En la primera columna de dicha tabla, se puede observar que

TABLA 3 Porcentaje de mortalidad promedio para *Petenia kraussii* aclimatados durante cuatro semanas a cinco temperaturas diferentes (21, 23, 27, 30 y 33°C) y expuestos durante 10.000 minutos a diferentes temperaturas letales de prueba y temperatura letal media estimada en 10.000 minutos.

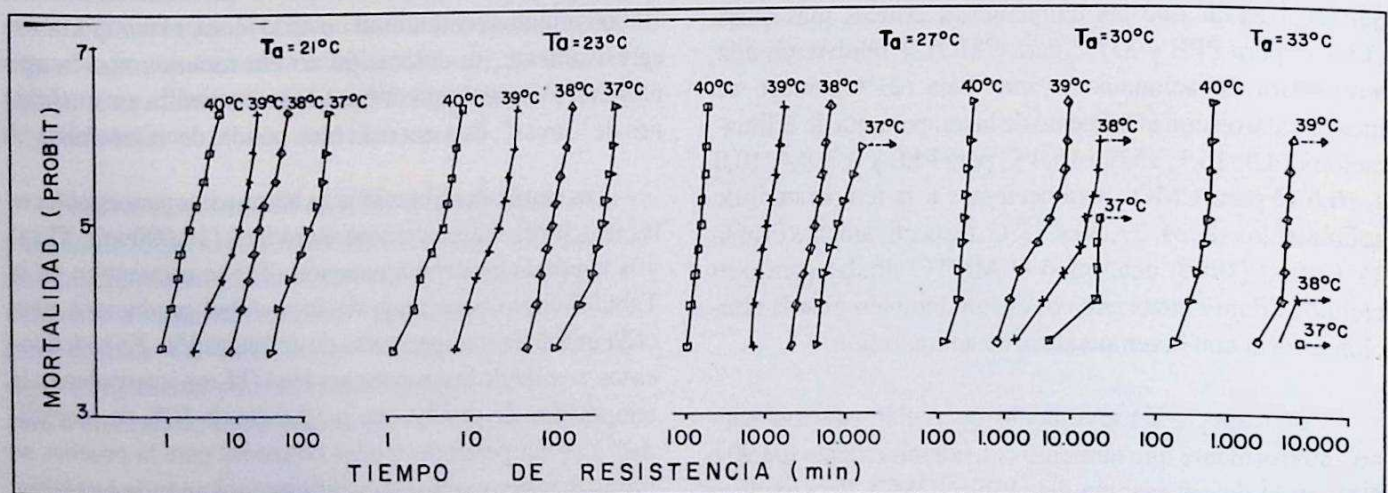
Temperatura de aclimatación (°C)	Nº de peces	Temperatura de prueba (°C)					TLmin (°C)
		36	37	38	39	40	
21	160	0	100	100	100	100	36,49
23	160	0	100	100	100	100	36,49
27	160	0	70	100	100	100	36,76
30	160	0	50	80	100	100	37,00
33	160	0	0	20	80	100	38,64

entre la temperatura mínima de aclimatación y la máxima existe un rango de 12°C, mientras que las temperaturas letales para estas temperaturas (Columna 8), sólo se diferencian en 2,15°C.

En la Fig. 1 se muestran los logaritmos de los tiempos de muerte para cada temperatura de prueba y nivel de aclimatación. La mediana de los tiempos de resistencia ocurren a un 50% de mortalidad. FRY et al. (1946) encontraron que el cálculo de la media geométrica de los tiempos de resistencia para cada grupo de animales probados a diferentes temperaturas de prueba para cada temperatura de aclimatación coincidía con la mediana de los tiempos

de resistencia en peces. En estas mismas figuras se puede observar también que los tiempos de resistencia térmica aumentaron a medida que se incrementaba la temperatura de aclimatación y disminuía la temperatura de prueba y viceversa. A la temperatura de aclimatación de 21°C se observó que los tiempos promedio de resistencia térmica fueron de 68 y 1,99 minutos para las temperaturas de 37 y 40°C, respectivamente. Por otra parte, para una temperatura de aclimatación de 33°C se encontró un 100% de sobrevivencia a la temperatura de prueba de 37°C, un 80% de sobrevivencia a 38°C, un 20% a 39°C y un tiempo promedio de resistencia de 1.014 minutos a la temperatura de prueba de 40°C. Para una temperatura de aclimatación intermedia,

Figura 1 Tiempo de muerte de *Petenia kraussii* a diferentes temperaturas letales de prueba, aclimatadas durante cuatro semanas a las temperaturas de 21, 23, 27, 30 y 33°C, graficadas en probit versus ejes logarítmicos. La media geométrica de los tiempos de resistencia calculada coincide con las medianas de los tiempos de resistencia a probit 5,0 y está indicada por la flecha.



como es 27°C, se encontró que el tiempo promedio de resistencia térmica era de 838 y 129 minutos para las temperaturas de prueba mayores (39 y 40°C, respectivamente) y a una temperatura de prueba más baja presentó una sobrevivencia del 30%. Todos estos resultados demuestran una vez más que la tolerancia térmica es modificada por la temperatura de aclimatación, lo que concuerda con resultados previos de otros investigadores (COPELAND et al. 1974; CRAWSHAW, 1977; STAUFFER, 1986; MARTIN, 1988).

Al evaluar los dos métodos MTC y TLm, los cuales sirven para la determinación de la tolerancia térmica de los ectodermos, se encuentra que en ambos se utiliza la temperatura y el tiempo como las mayores variables de prueba. Ambos son correctamente aplicados sólo desde un nivel de aclimatación térmica conocido y los dos métodos pueden ser utilizados para determinar los límites de la temperatura superior e inferior. Estos métodos se diferencian en que los tiempos de exposición son cambiados linealmente en las pruebas del MTC, mientras que ellos son mantenidos constantes en las pruebas TLm. Otra diferencia se encuentra en el hecho de que el MTC es muy práctico, económico, mientras que el TLm produce resultados más valiosos para

los análisis fisiológicos, pero también requiere de más animales de prueba, numerosas aclimataciones y considerablemente mayor tiempo para completar una serie de pruebas y resultados.

3. ULTIMA TEMPERATURA LETAL ALTA (BAJA) INCIPIENTE: Los resultados obtenidos para la última temperatura letal alta incipiente se encuentran en la Tabla 4. En ellas se puede observar que ningún pez muere hasta que se alcanza la temperatura de 38°C. Al cambiar la temperatura a 39°C se encuentra que un 20% de los peces mueren. Cuando se aumentó la temperatura a 40°C, se observó que el 100% de los peces murieron en un lapso de 4 horas, contados a partir del momento en que se alcanzó dicha temperatura.

Durante la realización de estos bioensayos, se encontró que el movimiento opercular de los peces fue aumentando a medida que aumentaba gradualmente la temperatura. Cuando ésta llegó a 40°C, los peces perdieron el equilibrio, la perfusión fue muy agitada debido al aumento del movimiento opercular en una magnitud de un 50% por encima del valor determinado al comienzo del experimento. Es importante señalar también que al modificar la tempera-

TABLA 4 Última Temperatura Letal Alta para *Petenia kraussii* aclimatada a la temperatura de 30°C durante cuatro semanas. La tasa de aumento es de aproximadamente 1°C por día..

Día	Temperatura (°C)	Nº de peces muertos (Acumulativo)	Supervivencia (%)	Movimiento opercular (l/min)	pH	Oxígeno disuelto (ppm)
0	30	0	100	90 ± 2,13	8,4	7,0
1	31	0	100	90 ± 2,31	8,4	7,0
2	32	0	100	90 ± 2,03	8,4	7,0
3	33	0	100	93 ± 1,97	8,4	7,0
4	34	0	100	107 ± 2,36	8,6	6,8
5	35	0	100	107 ± 2,81	8,6	6,7
6	36	0	100	107 ± 2,18	8,6	6,7
7	37	0	100	108 ± 2,27	8,6	6,5
8	38	0	100	115 ± 2,08	8,6	6,5
9	39	4	80	120 ± 2,10	8,6	6,5
10	40	20	0	-	8,6	6,4

tura de 38 a 39°C, los peces rechazaron el alimento. Todos estos hechos indican que *Petenia kraussii* puede aclimatarse hasta la temperatura de 38°C y que por encima de esta temperatura ocurren anomalías fisiológicas.

JIMÉNEZ (1977) y CHUNG (1985) han medido la temperatura letal alta incipiente (38 y 39°C, respectivamente) para *Oreochromis mossambicus*, el cual es otro cíclido como *Petenia kraussii* y capturado en la zona oriental de Venezuela. Para la misma especie, ALLANSON & NOBLE (1964) informaron de un valor de 38,2°C en Sudáfrica, y ANANTHAKRISHNAN & KUTTY (1974) una temperatura de 39°C en India MAHDI (1973) reporta la temperatura letal alta

de 37,6°C para *O. niloticus*, otra especie perteneciente a la misma familia, estudiada en Sudán, África.

Con respecto a la Última Temperatura Letal Baja Incipiente (Tabla 5), se puede observar que ningún pez murió antes de alcanzar la temperatura de 15°C. Durante la realización de los bioensayos y a partir de 20°C los peces tendían a presentar un nado muy lento, disminuyeron en un 60% su movimiento opercular, presentaron una coloración muy oscura, no comían y al llegar a la etapa crítica, los ejemplares estudiados perdían el movimiento, permaneciendo muy cerca de las paredes del acuario, algunos de ellos se posaban en el fondo de éste, dando la

TABLA 5 Última Temperatura Letal Baja para *Petenia kraussii* aclimatada a la temperatura de 30°C durante cuatro semanas. La tasa de decrecimiento es de aproximadamente 1°C por día..

Día	Temperatura (°C)	Nº de peces muertos (Acumulativo)	Supervivencia (%)	Movimiento opercular (Nº/min)	pH	Oxígeno disuelto (ppm)
0	30	0	100	100 ± 2,47	8,6	7,1
1	29	0	100	100 ± 2,04	8,6	7,2
2	28	0	100	98 ± 2,14	8,6	7,2
3	27	0	100	98 ± 2,32	8,5	7,0
4	27	0	100	98 ± 1,99	8,5	7,0
5	25	0	100	98 ± 2,32	8,5	7,0
6	24	0	100	90 ± 2,54	8,5	7,0
7	23	0	100	88 ± 2,72	8,5	7,0
8	22	0	100	70 ± 2,07	8,3	7,0
9	21	0	100	70 ± 2,12	8,3	7,0
10	20	0	100	62 ± 2,15	8,1	6,9
11	19	0	100	59 ± 1,87	8,1	6,9
12	18	0	100	55 ± 1,93	8,0	6,9
13	17	0	100	51 ± 1,75	8,0	6,9
14	16	0	100	48 ± 1,08	8,0	6,9
15	15	0	100	28 ± 1,17	8,0	6,9
16	14	2	90	20 ± 0,89	8,0	6,5
17	13	3	85	15 ± 0,65	8,0	6,5
18	12	4	80	13 ± 0,23	8,0	6,5
19	11	20	0	-	8,0	6,5

impresión de estar rígidos, fijos en un solo sitio. En este momento, el movimiento opercular se hizo menos frecuente y disminuyó cada vez más a medida que la temperatura disminuía y cesó completamente cuando se alcanzó la temperatura de 11°C, la cual es considerada como temperatura de muerte. Resultados para otros cíclidos han sido diseñados por CHUNG (1980) para *T. mossambica*, la cual presentaba una temperatura letal baja en un rango de 8-10°C, dependiendo de la temperatura de aclimatación usada (24-33°C). CHIMITS (1957) y KIRK (1972) informaron para esta misma especie una temperatura letal baja en un rango comprendido entre 7-10°C.

Al relacionar la última temperatura letal alta (baja) incipiente con los resultados obtenidos en el MTC, se observa que los valores obtenidos para *Petenia kraussii* en el MTC están por encima de los valores obtenidos para UTLI. FRY (1967) ilustró esta relación para el pez de agua dulce *Notemigonus crysoleucas* y encontró resultados similares a este trabajo, aunque él no consideró los efectos de diferentes niveles de aclimatación y las velocidades de incremento de las temperaturas sobre los valores del MTC.

Generalmente, cuando grupos de peces de la misma especie son aclimatados en condiciones experimentales, los valores obtenidos del MTC por incremento gradual de la temperatura del agua exceden los valores del UTLI, y mientras más rápida sea la velocidad del incremento de temperatura en las pruebas del MTC, dichos valores excederán mucho más a los de UTLI. Esto es debido a que el incremento constante de temperatura requerido por el método del MTC lleva al organismo más allá de la zona de tolerancia térmica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento parcial de este trabajo (Proyecto CI: 5-19-174/89-90) y al Sr. SANTIAGO MÉNDEZ por su invaluable ayuda en el trabajo de campo.

REFERENCIAS

ALLANSON, B. & R. G. NOBLE. 1964. The tolerance of *Tilapia mossambica* Peters to high temperature. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 94: 323-332.

ANANTHAKRISHNAN, K. R. & M. N. KUTTY. 1974. Mortality and breeding rate at high ambient temperatures in the Cichlid fish *Tilapia mossambica* Peters. *Indian J. Exp. Biol.*, 12: 55-59.

BECKER, C. D. & R. G. GENOWAY. 1979. Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish. *Env. Biol. Fish.*, 4: 245-256.

BEYER, W. H. 1979. *Handbook of tables for Probability and Statistics*. CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida, EE.UU., 642 pp.

BOUBBEE, J. A., K. P. SHICKER & A. G. STANCLIFF. 1991. Thermal avoidance in inanga, *Galaxias maculatus* (Jenyns), from the Waikato river, New Zealand. *New Zealand J. Mar. Freshwater Res.*, 25: 177-180.

BROWN, L. R. 1989. Temperature preferences and oxygen consumption of three species of sculpin (*Cottus*) from the Pit river drainage, California. *Env. Biol. Fish.*, 26: 223-236.

CRAWSHAW, L. I. 1977. Physiological and behavioral reactions of fishes to temperature change. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34: 730-734.

COPELAND, B. J., R. W. LANEY & E. C. PENDLETON. 1974. Heat influence in estuarine ecosystems. In: *Thermal Ecology* (Eds. Gibbons, J. W. & R. R. Sharitz). *AEC Symp. Ser. (CONF-730505)*, Augusta, Georgia, U.S.A., pp. 423-437.

COWLES, R. B. & C. M. BOGERT. 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 83: 265-286.

COX, D. K. 1974. Effects of three heating rates on the critical thermal maximum of bluegills. In: *Thermal Ecology* (Eds. Gibbons, J. W. & R. R. Sharitz). *AEC Symp. Ser. (CONF-430505)*, Augusta, Georgia, U.S.A., pp. 158-163.

CHIMITS, P. 1957. The tilapias and their culture. A second review and bibliography. *FAO. Fish Bull.*, 10: 1-24.

- CHUNG, K. S. 1980. Cold Anaesthesia of tropical fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46 (3): 391.
- CHUNG, K. S. 1985. Adaptabilidad de *Oreochromis mossambicus* (Peters) 1852 a los cambios de temperatura. *Acta Científica Venezolana*, 36: 180-190.
- CHUNG, K. S. & G. REYES-VÁSQUEZ. 1977. Effects of three rates of temperature increase on the critical thermal maimum and first equilibrium loss in tropical grass shrimp (*Palaemon northropi*). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 16 (1-2): 115-119.
- FERNÁNDES, M. N. & F. T. RATIN. 1989. Respiratory responses of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) to enviromental hypoxia under different thermal conditions. *J. Fish Biol.*, 35: 509-519.
- FRY, F. E. J., J. S. HART & K. F. WALKER. 1946. Lethal temperature relations for a sample of young speckled trout *Salvelinus fontinalis*. Univ. Toronto Studies. *Biol. Ser.*, 54 Ontario Fish. Res. Lab. Publ., 66: 9-35.
- FRY, F. E. J. 1967. Responses of vertebrate poikilotherms to temperature. In *Thermobiology*. (Ed. Rose, W. H.) Academic Press, New York, U.S.A., pp. 375-409.
- GIBSON, C. I., T. O. THATCHER & C. W. APTS. 1976. Some effects of temperature, chlorine and copper on the survival and growth on the coon stripe shrimp. In *Thermal Ecology II* (Esch. G. W. & R. W. McFarlane). **ERDA Symp. Ser. 40 (CONF-750425)**, Augusta, Georgia, U.S.A., pp. 88-92.
- HASSAN, K. C. & J. R. SPOTILA. 1974. The effect of acclimation on the temperature tolerance of young muskellunge fry. In: *Thermal Ecology*. (Eds. Gibbons, J. W. & R. R. Sharitz). **AEC Symp. Ser. (CONF-730505)**, Augusta, Georgia, U.S.A., pp. 136-140.
- HOLTBY, L. B. 1988. Effect of logging on stream temperatures in Carnation Creek, British Columbia, and associated impacts on the Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 502-515.
- HUTCHISON, V. H. 1961. Critical thermal maxima in salamanders. *Physiol. Zool.* 24 (2): 92-124.
- JIMÉNEZ, R. J. 1977: Contribución al conocimiento de la biología de *Tilapia mossambica* (Peters) en condiciones de laboratorio y en la laguna de Los Patos, Cumaná, Venezuela. Tesis de Grado. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela. 63 pp.
- JOBBLING, M. 1988. A review of physiological and nutritional energetic of cod (*Gadus morhua*) with particular reference to growth under farmed conditions. *Aquacul.*, 70: 1-20.
- KIRK, R. G. 1972. A review of recent development in *Tilapia* culture with special reference to fish farming in the heated effluents of power station. *Aquacul.*, 1: 45-60.
- LEMONS, D. E. & L. I. CRAWSHAW. 1985. Behavioural and metabolic adjustments to low temperatures in the largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Physiol. Zool.*, 58: 175-180.
- LOWE JR., G. H. & V. J. VANCE. 1955. Acclimation of the critical thermal maximum of the reptile *Urosaurus ornatus*. *Sci.* 122: 73-74.
- MAHDI, M. A. 1973. Studies on factors affecting survival of Nile fish in the Sudan. II. Effect of the temperature. *Mar. Biol.*, 18: 93-95.
- MARTIN, T. J. 1988. Interaction of salinity and temperature as a mechanism for spatial separation of three coexisting species of Ambassidae (Cuvier) (Teleostei) in estuaries on the south-east coast of Africa. *J. Fish Biol.*, 33 (Supp. A):9-15.
- NEGUS, M. T., J. M. AHO & CH. S. ANDERSON. 1987. Influences of acclimation temperature and developmental stage on behavioural responses of lake Chubsuckers to temperature gradients. *Amer. Fish. Soc. Symp.*, 2: 157-163.
- PEPIN, P., 1991. Effect of temperature and size on development, mortality and survival rates of

pelagic early life history stages of marine fish.
Cand. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 503-518.

PICKERING, A. D. 1981. 1. Introduction: The concept of biological stress. *Stress and Fish*. Academic Press. New York & London. pp. 1-9.

SEGNINI, M. Y. *Algunos aspectos ecofisiológicos de Petenia kraussii Steindachner 1878* (Pisces: Cichlidae). 1990. Tesis de Maestría. Univ. Oriente, Cumaná, Venezuela. 149 pp.

SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF. 1981. *Introducción a la bioestadística*. Ed. Reverté, S.A. Barcelona, España, 361 pp.

STAUFFER JR., J. R. 1986. Ontogenetic changes in the preferred temperatures of the blackchin tilapia *Sarotherodon melanothron*. *Arch. Hydrobiol.*, 105: 397-402.

SNIEL, R. G. D. & J. H. TORRIE. 1981. *Principles and Procedures of Statistics: A Biomedical Approach*. McGraw-Hill Inc., New York, U.S.A. 633 pp.

VENABLES, J. 1980. Oxygen consumption and opercular rate as indicators of thermal stress in *Micropterus salmoides* (Centrarchidae). *Bol. Inst. Oceanog. Univ. Oriente*, 19 (1 & 2): 125-130.

YAGI, H., H. J. CECCALDI & R. GAUDY. 1990. Combined influence of temperature and salinity on oxygen consumption of the larvae of the pink shrimp, *Palaemon serratus* (Pennant) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Aquacul.*, 86: 77-92.

POLIKUETOS CON ELITROS (ANNELIDA: POLYCHAETA) DE LA COSTA NORORIENTAL DE VENEZUELA

ILDEFONSO LIÑERO ARANA

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

RESUMEN: Se describen las principales características de valor taxonómico de seis especies de poliquetos provistos de élitros, colectados en la costa nororiental venezolana: *Grubeulepis fimbriata* (TREADWELL, 1901), *G. westoni* PETTIBONE, 1986, *Psammolyce spinosa* HARTMAN, 1939, *Lepidasthenia varia* TREADWELL, 1917, *Halosydna leucohyba* (SCHMARDT), 1861 y *Ehlersileanira incisa* (GRUBE), 1877.

ABSTRACT: The main taxonomic features of six species of scalebearing polychaetes, collected in the northeastern coast of Venezuela, are described: *Grubeulepis fimbriata* (TREADWELL, 1901), *G. westoni* PETTIBONE, 1986, *Psammolyce spinosa* HARTMAN, 1939, *Lepidasthenia varia* TREADWELL, 1917, *Halosydna leucohyba* (SCHMARDT), 1861 and *Ehlersileanira incisa* (GRUBE), 1877.

INTRODUCCION

Los poliquetos constituyen uno de los grupos bentónicos más abundantes de los fondos blandos de la costa nororiental de Venezuela. Aún cuando la importancia ecológica de este grupo es grande, en Venezuela es escaso el conocimiento que se tiene de él. Dentro de la Superfamilia Aphroditacea (FAUCHALD, 1977), existen varias familias cuyos miembros poseen, como característica más distintiva, la presencia de élitros implantados en la región dorso-basal de los parápodos, alternando con los cirros dorsales, al menos en una porción del cuerpo. En este estudio se describen seis especies pertenecientes a cinco géneros y tres familias: EULEPETHIDAE (*Grubeulepis fimbriata* y *G. westoni*), SIGALIONIDAE (*Ehlersileanira incisa* y *Psammolyce spinosa*), y POLINOIDAE (*Halosydna leucohyba* y *Lepidasthenia varia*).

El propósito del presente trabajo es el de ampliar el conocimiento de las especies de poliquetos que habitan en las costas venezolanas.

AREA DE ESTUDIO: Las muestras fueron colectadas, utilizando una draga PETERSEN, durante campañas realizadas a bordo del buque oceanográfico GUAQUERÍ II, en los

meses de febrero 1990 a junio 1991. Colectas a mano fueron efectuadas mediante inmersión con equipo de buceo autónomo. El área de estudio (Fig. 1) comprende dos zonas, una situada frente a la costa de Barcelona, entre las isletas de Píritu y el Morro de Lecherías e Isla Borracha; la otra comprende aguas someras situadas al este del Morro de Chacopata (Península de Araya). También se colectaron organismos en balsas de cultivo de mejillón (*Perna perna*) situadas en la costa Sur del Golfo de Cariaco.

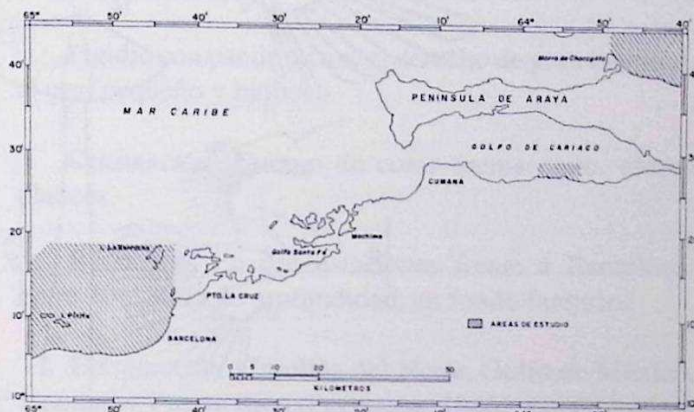


Fig. 1.- Mapa de parte de la costa nororiental de Venezuela, mostrando las zonas (áreas rayadas) que comprenden el área de estudio.

RESULTADOS

Género *GRUBEULEPIS* PETTIBONE, 1969

Grubeulepis fimbriata (TREADWELL, 1901)

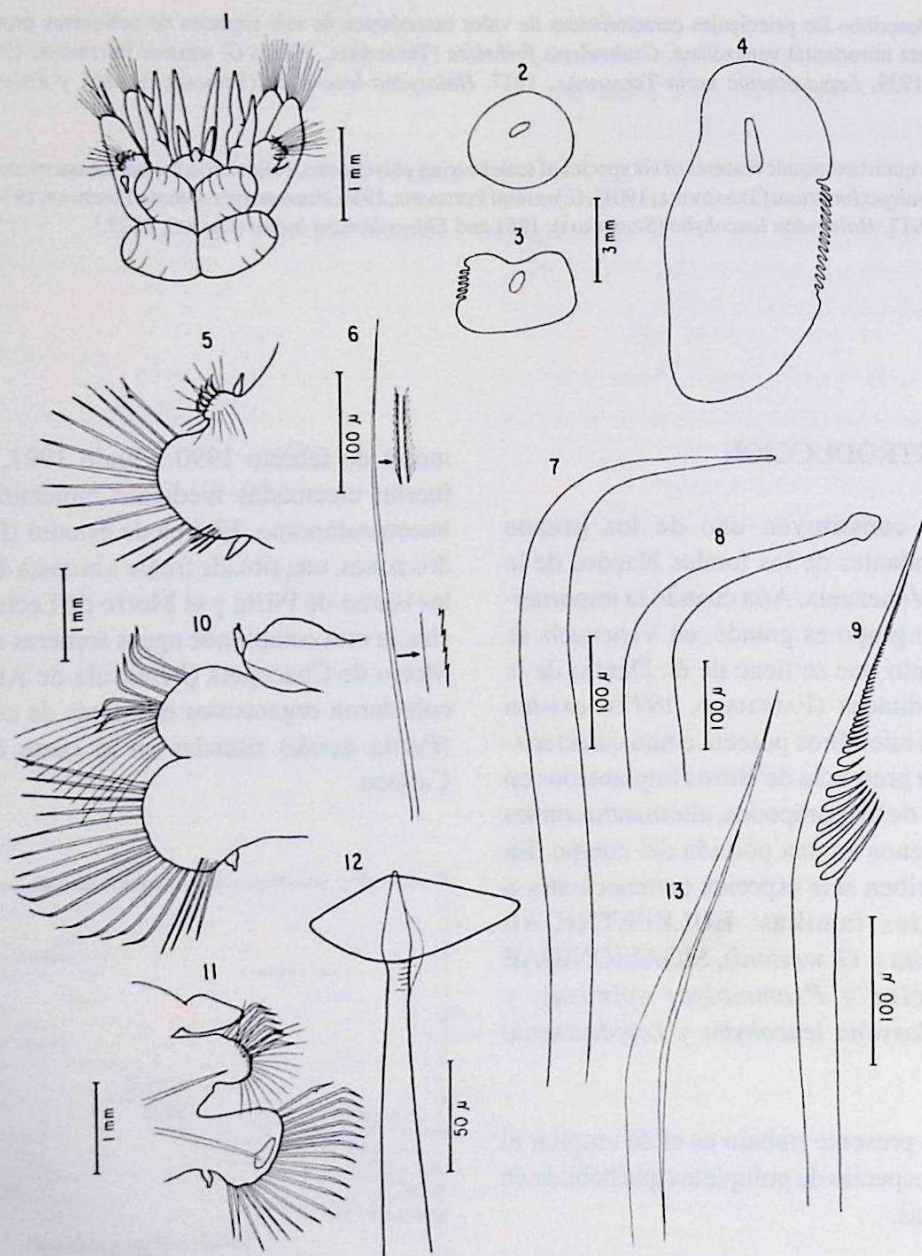
(Lám. 1, figs. 1-13)

Grubeulepis fimbriata PETTIBONE, 1969: 23-26, figs. 15-17.

Varios ejemplares, el mayor con 37 segmentos, 26 mm de longitud y 6 mm de anchura, incluyendo las setas.

Prostomio redondeado (Lám. 1, fig. 1), parcialmente cubierto por los segmentos anteriores; tres antenas, las laterales cónicas alargadas, insertadas en el borde anteroventral del prostomio; antena media corta, piriforme, situada en la región anterodorsal; dos pares de ojos situados en el margen anterior; dos palpos alargados; cirros tentaculares alargados, los ventrales aproximadamente de la misma longitud que los palpos.

Doce pares de élitros, los anteriores más pequeños,



Lám. 1.- *Grubeulepis fimbriata*: 1, extremo anterior en vista dorsal; 2, élitro del primer par; 3, élitro del cuarto par; 4, élitro del último par; 5, primer parápodo; 6, notoseta espinosa; 7, notoseta curvada lisa; 8, notoseta curvada con extremo espatulado; 9, neuroseta pectiniforme; 10, parápodo branquífero de la región media; 11, parápodo de la región posterior; 12, neuroacícula; 13, neuroseta limbada.

aumentando progresivamente de tamaño hacia la región posterior. El primer par es subcircular, de margen liso (Lám. 1, fig. 2); en los restantes se presenta en el margen externo un número creciente de procesos digitiformes, hasta alcanzar 14 el último par (Lám. 1, fig. 4).

Parápodos birrámbicos, notoacícula de color ámbar claro; neuroacícula con extremo distal espatulado (Lám. 1, fig. 12). Notopodio poco desarrollado en los parápodos anteriores (Lám. 1, fig. 5). Parápodos branquíferos (Lám. 1, fig. 10) con branquia expandida situada en la región dorso-basal del parápodo; cirro dorsal en posición distal a la branquia. Parápodos posteriores con tubérculo dorsal laminado, ramas parapodiales ampliamente separadas (Lám. 1, fig. 11); notosetas lisas y espinosas (Lám. 1, fig. 6). A partir del tercer segmento se presentan setas gruesas, de color ámbar, curvadas en la porción terminal, con extremo distal aguzado (Lám. 1, fig. 7) o aplanado (Lám. 1, fig. 8). Neurosetas superiores escasas, pectiniformes (Lám. 1, fig. 9) y limbadas (Lám. 1, fig. 13) o no.

Pigidio con un par de cirros anales de diferente longitud, el derecho, mayor, de aproximadamente 20 mm de longitud.

COLORACIÓN: Cuerpo de color crema claro, élitros blancos.

REGISTROS: En varias estaciones frente a Barcelona, entre 20 y 80 m de profundidad, en sustrato fangoso.

DISTRIBUCIÓN: Hasta el presente esta especie parece estar restringida al Mar Caribe. PETTIBONE (1969) señala como área de distribución a las Indias Occidentales y costa atlántica de Panamá, constituyendo éste un nuevo registro para aguas venezolanas.

Grubeulepis westoni PETTIBONE, 1986
(Lám. 2, figs. 1-14)

Grubeulepis westoni PETTIBONE, 1986: 40-47, figs. 33-42.

Varios ejemplares completos, el de mayor tamaño compuesto de 40 segmentos, con 33 mm de longitud y 9 mm de anchura. Cuerpo comprimido dorsoventralmente. Prostomio redondeado, oculto parcialmente por los primeros segmentos (Lám. 2, fig. 1); tres antenas, las laterales cónicas, la central corta y piriforme; dos pares de ojos pequeños situados en los bordes laterales del prostomio;

dos palpos ventrales cónicos y alargados; dos órganos nucleares situados en la zona de inserción del prostomio y los parápodos tentaculares.

Doce pares de élitros, el primer par es pequeño y subcircular, aumentando de tamaño en los segmentos posteriores y tomando forma ovalada a subrectangular. Margen exterior con procesos digitiformes, cuyo número es variable y se incrementa en los segmentos posteriores. El primer par es de borde entero (Lám. 2, fig. 2). En el último par el número de procesos es de hasta 26 (Lám. 2, fig. 3). En algunos ejemplares, se presentan microtubérculos en la parte distal de los procesos (Lám. 2, fig. 4).

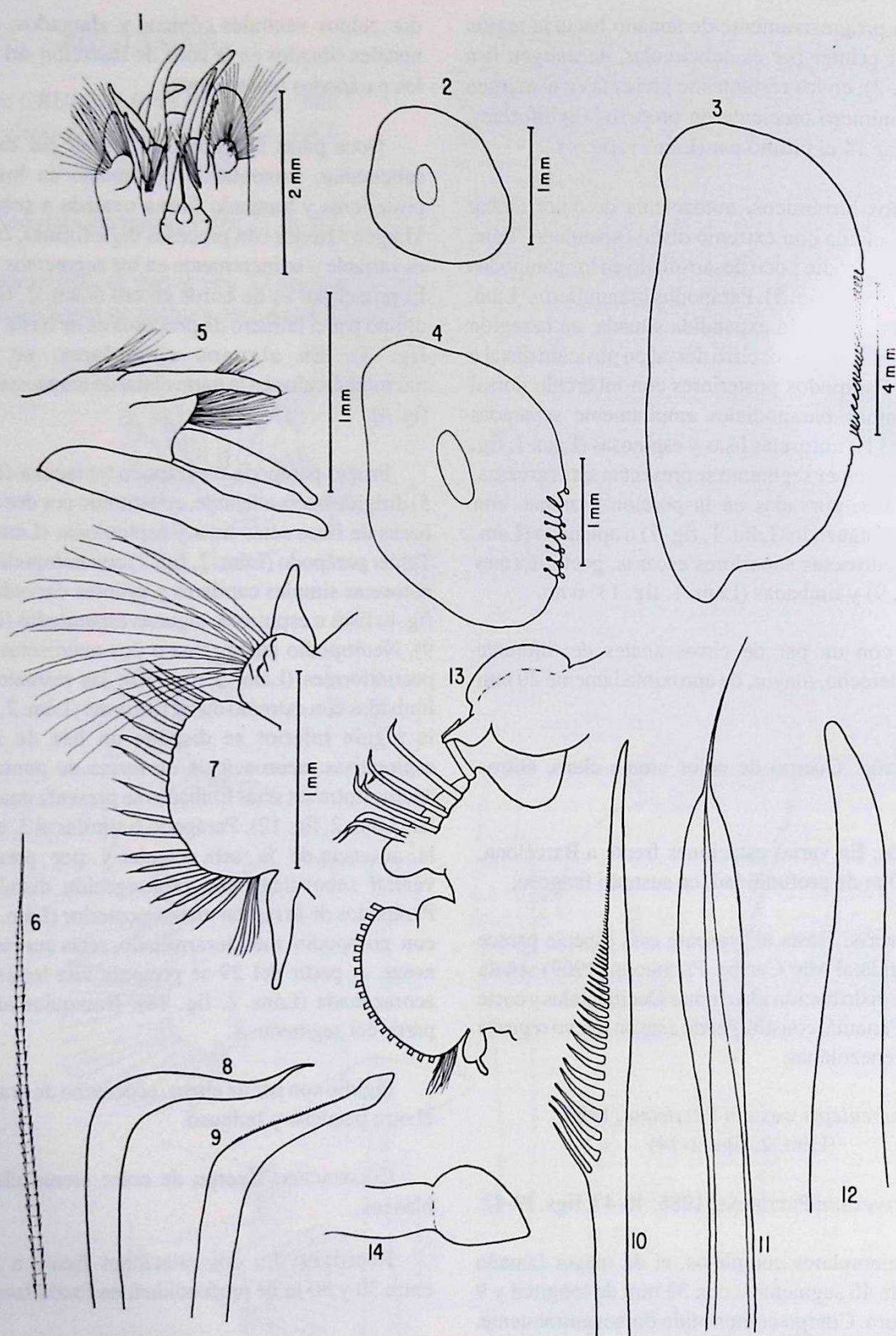
Primer parápodo o parápodo tentacular (Lám. 2, fig. 5) dirigido hacia adelante, constituido por dos cirros y dos haces de finas setas lisas y espinulosas (Lám. 2, fig. 6). Tercer parápodo (Lám. 2, fig. 7) con notopodio reducido; notosetas simples capilares y gruesas curvadas (Lám. 2, fig. 8) lisas o espinosas, algunas espatuladas (Lám. 2, fig. 9). Neuropodio ancho; una o dos neurosetas superiores pectiniformes (Lám. 2, fig. 10), las restantes, gruesas, limbadas con extremo distal filiforme (Lám. 2, fig. 11); en la región inferior se dispone un haz de setas finas espinulosas; neuroacícula en forma de punta de flecha ancha. Entre las setas limbadas se presenta una seta acicular (Lám. 2, fig. 12). Parápodo 6 similar al 3, excepto por la ausencia de la seta acicular y por presentar cirro ventral subovalado con prolongación distal filiforme. Parápodos de la región media-posterior (Lám. 2, fig. 13), con notopodio más desarrollado, setas curvas más espinosas. A partir del 29 se presenta una laminilla dorsal acorazonada (Lám. 2, fig. 14). Branquias alternadas a partir del segmento 8.

Pigidio con par de cirros, el derecho de gran longitud, el otro pequeño y bulboso.

COLORACIÓN: Cuerpo de color crema claro, élitros blancos.

REGISTROS: En dos estaciones frente a Barcelona, entre 30 y 80 m de profundidad, en fondo fangoso.

DISTRIBUCIÓN: Carolina del Norte, Golfo de México, Honduras, Puerto Rico (PETTIBONE, 1986), extendiéndose en este estudio hasta el Caribe Sur (costa nororiental de Venezuela).



Lám. 2.- *Grubeulepis westoni*: 1, extremo anterior en vista dorsal; 2, élitro del primer par; 3, élitro del último par; 4, élitro con microtubérculos; 5, parápodo tentacular y palpo; 6, notoseta espinulosa; 7, primer parápodo; 8, neuroseta curvada lisa; 9, neuroseta espinosa con extremo espatulado; 10, neuroseta pectiniforme; 11, neuroseta bilimbada; 12, seta acicular del tercer parápodo; 13, parápodo de la región posterior; 14, laminilla dorsal de los últimos parápodos.

NOTA: PETTIBONE (1986) señala dimensiones de 25-40 × 6-9 mm para ejemplares adultos, con 38-40 segmentos, y ausencia de microtubérculos en los procesos elitrígeros. De los ejemplares estudiados, la mayoría poseen dimensiones de adultos (25-33 × 6-9 mm). Todos los ejemplares, excepto uno, que presentó el mayor número de procesos (26), mostraron un número variable de microtubérculos. Asimismo, PETTIBONE señala que el número de procesos laterales elitrígeros en el último par de élitros es de hasta 20; de los ejemplares examinados, uno presentó 26 procesos.

Nuestros ejemplares presentan cirro ventral cónico en el parápodo 3, tal como lo describe PETTIBONE para el holotipo; diferenciándose del cirro bulboso con filamento terminal, observado en el ejemplar señalado por PETTIBONE para Puerto Rico. PETTIBONE (1986) registra para la costa nororiental de Venezuela (costas de Cubagua, Margarita, Cumaná) a *G. mexicana*, la cual se diferencia de *G. westoni* principalmente por presentar procesos elitrígeros largos, articulados, con microtubérculos, en los élitros 2 al 5.

Género *PSAMMOLYCE* KINBERG
Psammolyce spinosa HARTMAN, 1939
(Lám. 3, figs. 1-5; Lám. 4, figs. 1-7)

Psammolyce fimbriata HARTMAN, 1939: 74-75, Lám. 20, figs. 244-254.

Psammolyce spinosa HARTMAN 1939.- Ibarzabal, 1989: 9-11, fig. 5A-L.

Psammolyce cf. *spinosa*, NONATO & LUNA, 1970: 71-72, lám. 3, figs. 29-36.

Varios ejemplares colectados, el mayor de 51 mm de longitud y 6 mm de anchura incluyendo las setas, constituido por 92 setígeros. Prostomio (Lám. 3, fig. 1) con dos pares de ojos difusos, los anteriores parcialmente ocultos por el ceratóforo medio, los posteriores a ambos lados de la base de dicho ceratóforo; antenas laterales cortas, subuladas, implantadas sobre el dorso de los parápodos tentaculares. Dos palpos ventrales largos, aguzados, los cuales abatidos sobre el dorso alcanzan el setígero 4-5. Proboscis con once pares de papilas en el borde anterior y dos pares de mandíbulas.

Élitros (Lám. 3, fig. 3) con papilas filiformes en el margen, excepto en la región anterior cubierta por el élitro

precedente, papilas dispersas sobre la región exterior, tubérculos digitiformes papilados, en el borde interno, vesículas subcilíndricas con papilas filiformes en la región distal.

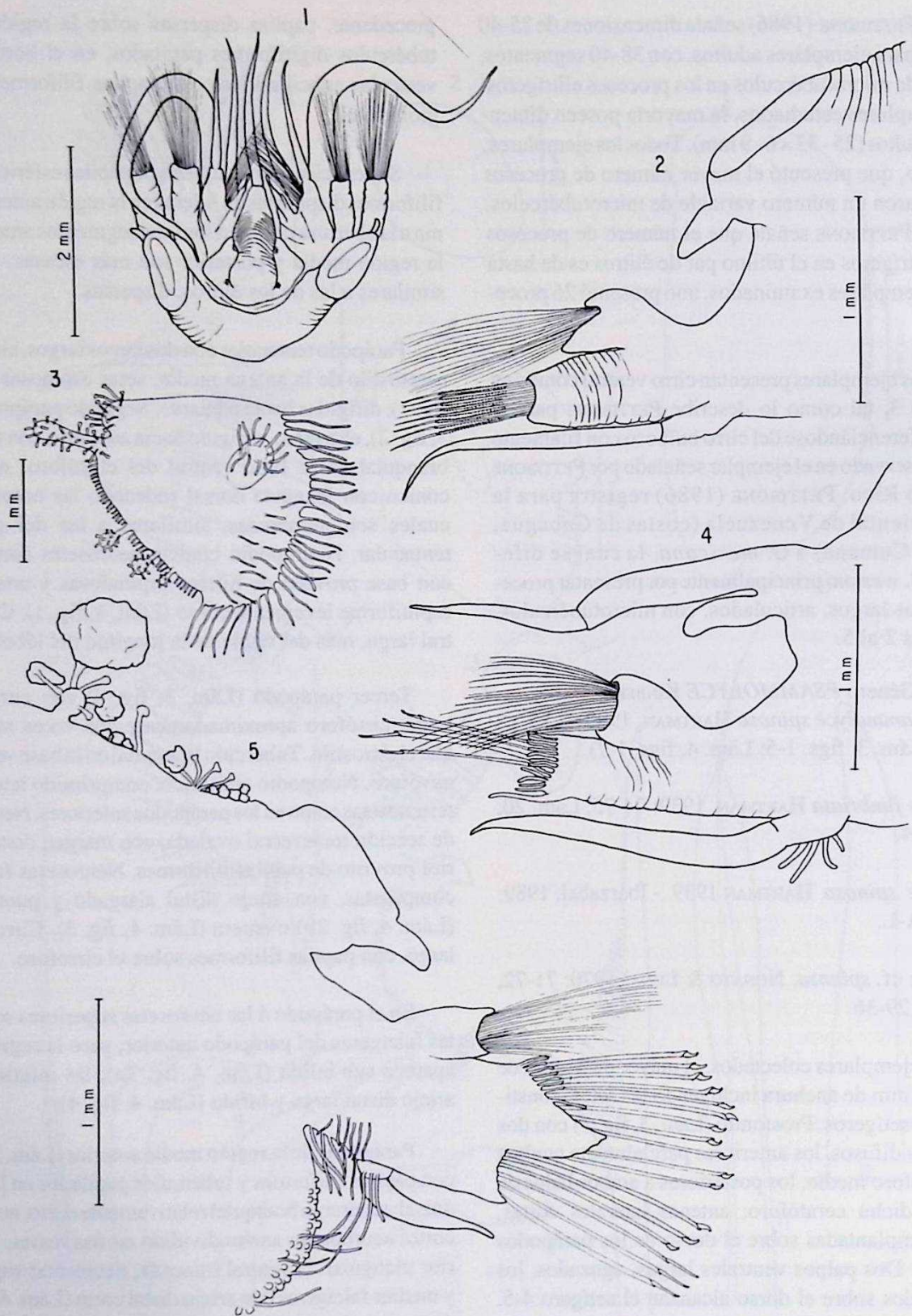
Superficie ventral cubierta de papilas esféricas, papilas filiformes dispuestas en hileras en la región anterior próxima a la abertura oral y en los intersegmentos anteriores; en la región media y posterior son más escasas. Vesículas similares a las de los élitros, dispersas.

Parápodo tentacular con dos cirros largos, similares al ceratostilo de la antena media; setas espinosas (Lám. 4, fig. 7), dirigidas hacia adelante. Segundo parápodo (Lám. 3, fig. 2), elitrígero, dirigido hacia adelante, con tubérculo branquial en la base ventral del elitróforo; notopodio cónico con lengüeta dorsal rodeando las notosetas, las cuales son numerosas, similares a las del parápodo tentacular. Neuropodio cónico, neurosetas compuestas, con base provista de hileras espinulosas y artejo distal espiniforme levemente curvo (Lám. 4, fig. 1). Cirro ventral largo, más del doble de la longitud del lóbulo.

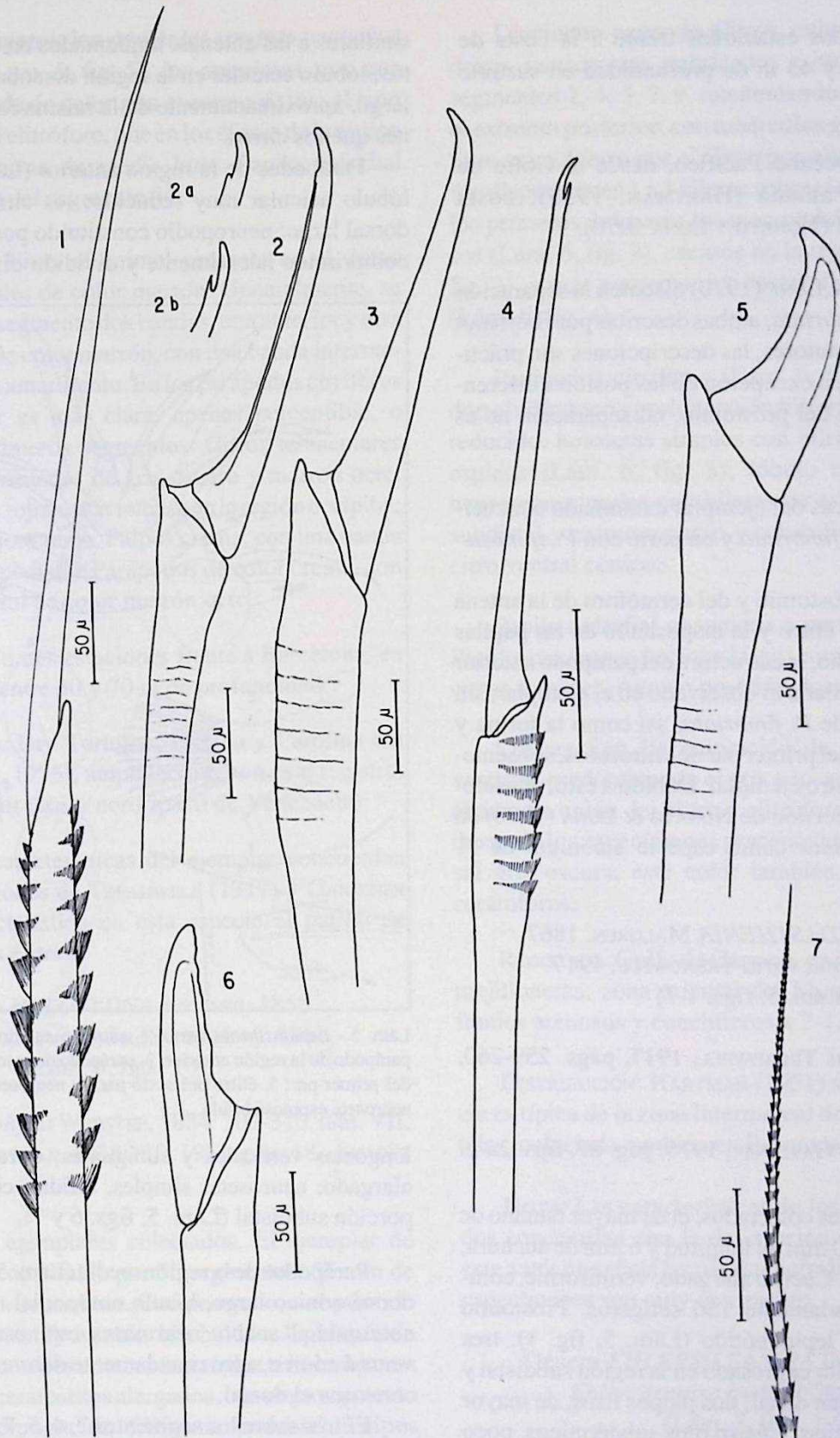
Tercer parápodo (Lám. 3, fig. 4) con cirro dorsal largo, cirróforo aproximadamente dos veces más largo que el cirrostilo. Tubérculo branquial en la base ventral del cirróforo. Notopodio cilíndrico, comprimido lateralmente; notosetas como en los parápodos anteriores. Neuropodio de sección transversal ovalada, con margen distal posterior provisto de papilas filiformes. Neurosetas falcígeras compuestas, con artejo distal alargado y punta bifida (Lám. 4, fig. 2b) o entera (Lám. 4, fig. 3). Cirro ventral largo, con papilas filiformes sobre el cirróforo.

En el parápodo 4 las neurosetas superiores son como las falcígeras del parápodo anterior, pero la región distal aparece sub-bífida (Lám. 4, fig. 2a); las inferiores con artejo distal largo y bífido (Lám. 4, fig. 4).

Parápodos de la región media anterior (Lám. 3, fig. 5) con papilas filiformes y tubérculos papilados en la región dorsal; tubérculo branquial relativamente corto, notopodio corto, neuropodio ancho dividido en dos ramas, la superior triangular, la ventral truncada; neurosetas superiores y medias falcígeras con artejo distal corto (Lám. 4, figs. 5, 6); las inferiores con artejo distal alargado y extremo sub-bífido; cirro ventral corto, con papilas filiformes sobre el cirróforo. En la región ventral basal se disponen papilas esféricas y filiformes.



Lám. 3.- *Psammolyce spinosa*: 1, extremo anterior en vista dorsal; 2, segundo parápodo; 3, élitro de la región media; 4, tercer parápodo; 5, parápodo de la región media anterior.



Lám. 4.- *Psammolyce spinosa*: 1, neuroseta compuesta espiniforme; 2, neuroseta falcígera compuesta con extremo sub-bífido; 2a, 2b, variaciones de los extremos de la seta anterior; 3, neuroseta falcígera compuesta con extremo entero; 4, neuroseta espinígera con artejo distal sub-bífido; 5, neuroseta falcígera; 6, neuroseta falcígera; 7, notoseta espinulosa.

REGISTROS: En dos estaciones frente a la costa de Barcelona, entre 15 y 45 m de profundidad en sustrato arenofangoso.

DISTRIBUCIÓN: Océano Pacífico, desde el Golfo de California hasta Panamá (HARTMAN, 1939); costa nororiental de Brasil (NONATO Y LUNA 1970).

NOTA: NONATO & LUNA (1970) discuten la separación de *P. spinosa* y *P. fimbriata*, ambas descritas por HARTMAN (1939). Según estos autores, las descripciones son prácticamente idénticas y, a excepción de las posibles diferencias en la estructura del prostomio, tal separación no es convincente.

Las características del ejemplar examinado concuerdan en parte con *P. fimbriata* y en parte con *P. spinosa*.

La forma del prostomio y del ceratóforo de la antena media, la forma del élitro y la disposición de las papilas filiformes en el mismo, la estructura del parápodo anterior de *P. spinosa* es similar a lo observado en el ejemplar; sin embargo, las setas de *P. fimbriata*, así como la forma y dimensión relativa del primer par de elitróforos, se asemejan más a las de nuestro ejemplar. Debido a ésto, consideramos acertada la decisión de NONATO & LUNA (1970) de colocar a *P. fimbriata* como especie sinónima de *P. spinosa*.

Género *LEPIDASTHENIA* MALGREN, 1867
Lepidasthenia varia TREADWELL, 1917
 (Lám. 5, figs. 1-7)

Lepidasthenia varius TREADWELL, 1917, págs. 259-260, figs. 11-16.

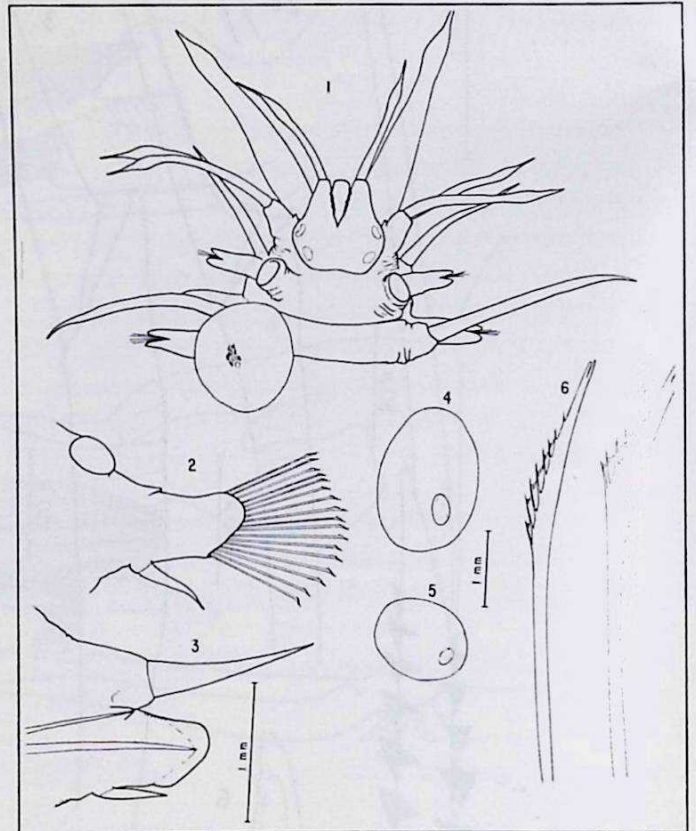
Lepidasthenia varia GARDINER, 1975, pág. 87, figs. 2a-b.

Varios ejemplares colectados, el de mayor tamaño de aproximadamente 70 mm de longitud y 6 mm de anchura, incluyendo las setas. Cuerpo alargado, vermiforme, compuesto de aproximadamente 150 setígeros. Prostomio bilobulado, de tipo lepidonótido (Lám. 5, fig. 1); tres antenas con ceratostilo engrosado en la región subdistal y prolongación filiforme distal; dos palpos lisos, de mayor longitud que las antenas. Cuatro ojos subdérmicos, poco visibles.

Parápodo tentacular asetífero, con dos cirros largos

similares a las antenas, implantados en cirróforos robustos; lóbulo acicular en la región dorsobasal; cirro ventral largo, aproximadamente de la misma forma y dimensiones que los cirros.

Parápodos de la región anterior (Lám. 5, fig. 2) con lóbulo acicular muy reducido; los cirrígeros con cirro dorsal largo; neuropodio constituido por una base ancha, comprimida lateralmente y dividido distalmente en dos



Lám. 5.- *Lepidasthenia varia*: 1, extremo anterior en vista dorsal; 2, parápodo de la región anterior; 3, parápodo de la región media; 4, élitro del primer par; 5, élitro del sexto par; 6, neuroseta espinosa bífida; 7, neuroseta espinosa bífida.

lengüetas verticales y subiguales; cirro ventral cónico alargado; neurosetas simples, bífidas, con espinas en la porción subdistal (Lám. 5, figs. 6 y 7).

Parápodos de la región media (Lám. 5, fig. 3) con cirro dorsal cónico largo, lóbulo notopodial reducido; lóbulo neuropodial ancho, neurosetas espinosas bífidas; cirro ventral cónico, aproximadamente dos veces y media más corto que el dorsal.

Élitros sobre los segmentos 2, 4, 5, 7, 9, manteniendo la misma alternancia hasta el 23, a partir del cual se presentan cada tres segmentos (23, 26, 29, etc.). El primer par es grande, ovalado (Lám. 5, fig. 4) y cubre el prostomio

y los primeros setigeros; los siguientes son más pequeños y subcirculares (Lám. 5, fig. 5), los anteriores, con una mancha pigmentada de color gris oscuro próxima al sitio de inserción con el elitróforo, que en los élitros de la región media toma la forma de media luna. Papila nefridial conspicua a partir del segmento 38.

COLORACIÓN: Vivo, el animal presenta en el dorso bandas transversales de color marrón. Generalmente, se observan en cada segmento dos bandas, una anterior y otra posterior, ambas de color marrón, con una banda intermedia de color crema amarillento. En los parápodos cirríferos la banda anterior es más clara, apenas perceptible, o ausente en los primeros segmentos. Cirros tentaculares fuertemente pigmentados de gris oscuro y marrón ocre. Prostomio marrón rojizo, más intenso en la región occipital; ceratóforos de color crema. Palpos crema, con una banda gris en la región subdistal. Parápodos de color crema, con la zona basal lateral de color marrón ocre.

REGISTROS: En tres estaciones frente a Barcelona, en el sustrato fangoso entre 30 y 70 m de profundidad.

DISTRIBUCIÓN: Dry Tortugas, Florida y Carolina del Sur (GARDINER, 1975), ampliándose, con este registro, hasta el Caribe Sur (costa nororiental de Venezuela).

NOTA: Las características del ejemplar concuerdan con las descripciones de TREADWELL (1917) y GARDINER (1975). Es característico en esta especie el patrón de coloración de los élitros.

Género *HALOSYDNA* KINBERG, 1855
Halosydna leucohyba (SCHMARDT), 1861
(Lám. 6, figs. 1-8)

Halosydna leucohyba WEBSTER, 1884: 309-310, lám. VII, figs. 19, 20.- HARTMAN, 1938: 110; 1951, pág. 18.- SUÁREZ y FRAGA, 1978: 6.

Numerosos ejemplares colectados. El ejemplar de mayor tamaño, constituido por 36 segmentos, 55 mm de longitud y 11 mm de anchura. Cuerpo ancho, comprimido dorsoventralmente. Prostomio bilobulado, lepidonótido (Lám. 6, fig. 1), con tres antenas insertadas terminalmente al mismo nivel, ceratostilos alargados, con engrosamiento subdistal y prolongación filiforme terminal. Palpos ventrolaterales; dos pares de ojos. Segmento tentacular asetífero, con dos pares de cirros tentaculares similares a las antenas laterales.

Dieciocho pares de élitros, cubriendo totalmente el dorso, fuertemente imbricados e implantados sobre los segmentos 2, 4, 5, 7, 9, manteniendo la alternancia hasta el extremo posterior; con tubérculos gruesos en el margen libre, no cubierto por el élitro precedente; papilas pequeñas dispuestas en 1 a 3 hileras sobre el margen cubierto. En los primeros 3-4 pares los macrotubérculos son numerosos (Lám. 6, fig. 2), escasos en la región media (Lám. 6, fig. 3), y más numerosos y desarrollados en la posterior (Lám. 6, fig. 4).

Parápodos cirríferos (Lám. 6, figs. 5, 6) con cirro dorsal cilíndrico y prolongación filiforme distal, notopodio reducido; notosetas simples con hileras transversales de espinas (Lám. 6, fig. 8); lóbulo neuropodial ancho, neurosetas simples con hileras de espinas en la porción subdistal y extremo curvo y sub-bífido (Lám. 6, fig. 7), cirro ventral cónico.

Papila nefridial conspicua a partir del segmento 8. Pigidio con un par de cirros largos, similares en forma a los cirros dorsales. Ano en posición dorsal.

COLORACIÓN: La coloración de los élitros es muy variable, predominando el gris y rosado. Los tubérculos y el área de unión del élitro y elitróforo de color crema. El dorso de los especímenes presenta una mancha transversal gris oscura; este color también se presenta en los ceratóforos.

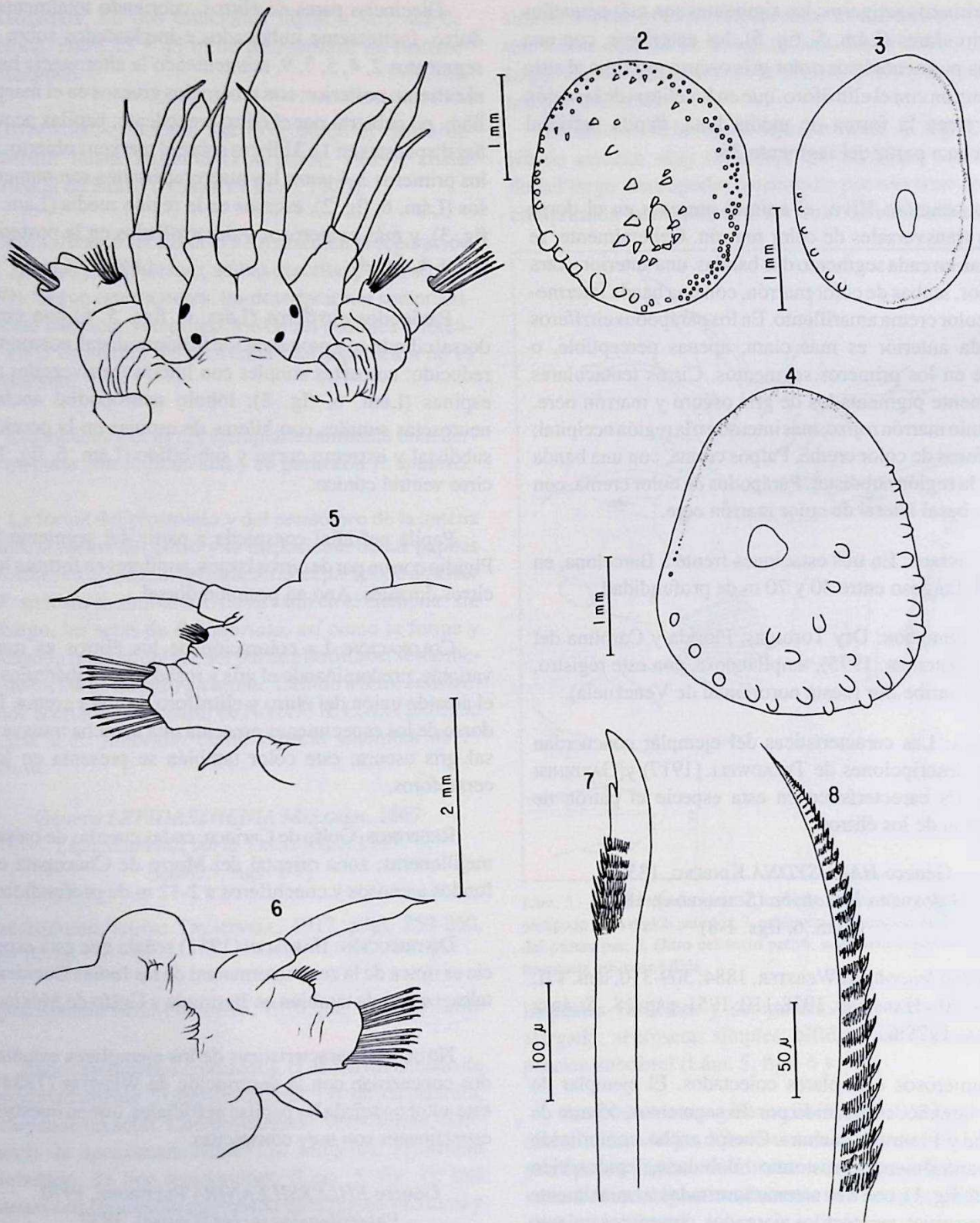
REGISTROS: Golfo de Cariaco, en las cuerdas de balsas mejilloneras; zona oriental del Morro de Chacopata en fondos arenosos y conchíferos a 2-12 m de profundidad.

DISTRIBUCIÓN: HARTMAN (1951) señala que esta especie es típica de la zona intermareal de las Indias Occidentales; colectada también en Bermuda y Golfo de México.

NOTA: Las características de los ejemplares estudiados concuerdan con la descripción de WEBSTER (1884); este autor no señala las papilas nefridiales, que en nuestros especímenes son muy conspicuas.

Género *EHLERSILEANIRA* PETTIBONE, 1970
Ehlersileanira incisa (GRUBE), 1877
(Lám. 7, figs. 1-9)

Leanira incisa MONRO, 1930: 70.- HARTMAN, 1944: 13, lám. 1, figs. 1-4, lám. 2, figs. 9-11.



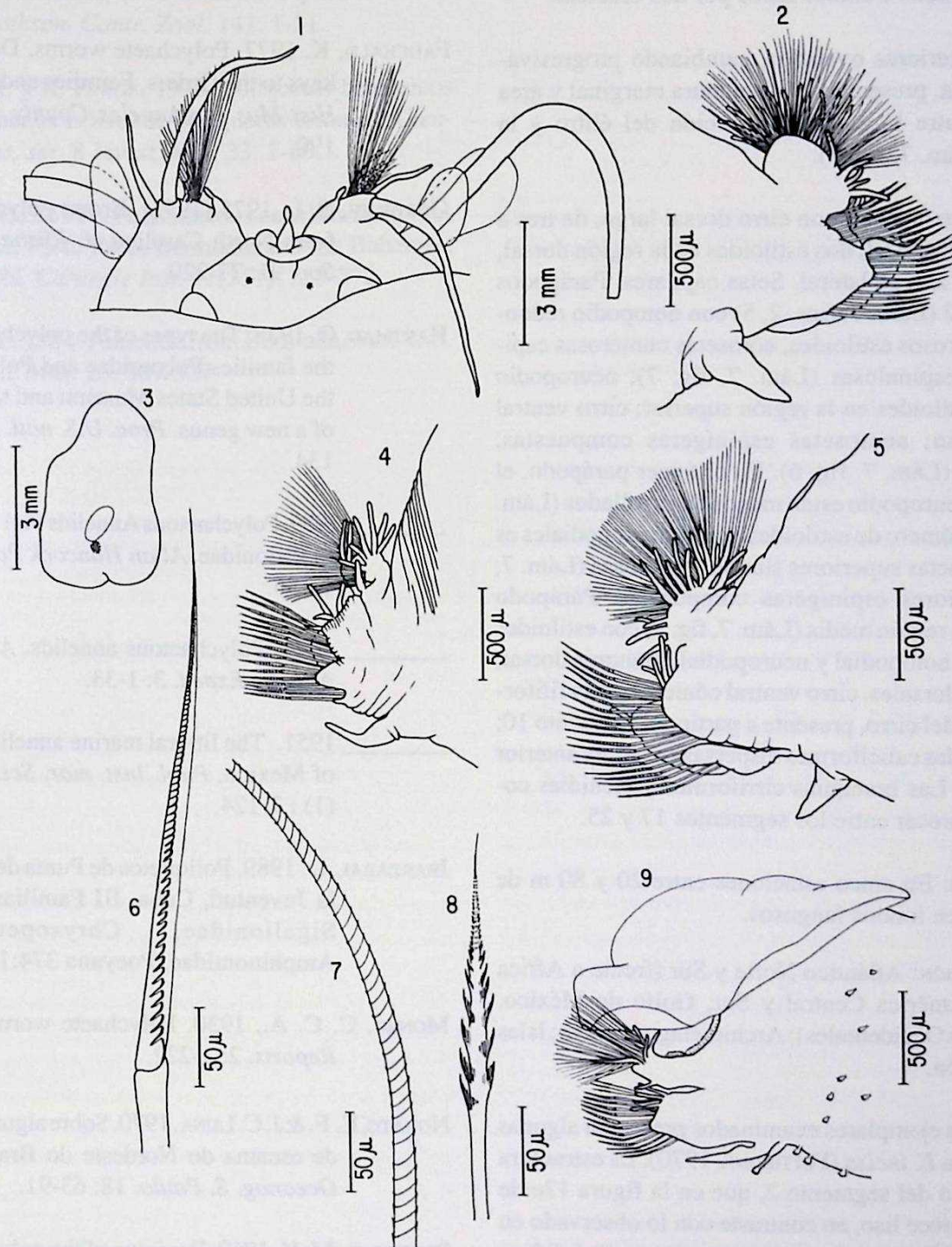
Lám. 6.- *Halosydna leucohyba*: 1, extremo anterior en vista dorsal; 2, élitro del primer par; 3, élitro de la región media; 4, élitro de la región posterior; 5, parápodo cirrífero de la región anterior, en vista anterior; 6, parápodo cirrífero de la región anterior, en vista posterior; 7, neuroseta espinosa sub-bífida; 8, notoseta espinosa.

Ehlersileanira incisa PETTIBONE, 1970: 19-23, figs. 10a-g, 11a-i, 12a-l.

Varios fragmentos anteriores y ejemplares completos; el de mayor tamaño con 136 segmentos, 119 mm de

longitud y 9 mm de anchura, incluyendo las setas.

Prostomio (Lám. 7, fig. 1) con tres antenas, la central implantada en la región media anterior del prostomio, con dos aurículas laterales relativamente pequeñas; ceratóforo



Lám. 7.- *Ehlersileanira incisa*: 1, extremo anterior en vista dorsal; 2, segundo parápodo en vista anterior; 3, élitro anterior; 4, tercer parápodo; 5, segundo parápodo en vista posterior; 6, neuroseta espinígera canaliculada; 7, porción de notoseta espinosa; 8, neuroseta espinosa; 9, parápodo de la región media anterior.

cilíndrico, ceratostilo corto, subulado; antenas laterales similares al ceratostilo de la antena media, implantadas sobre el dorso de los parápodos tentaculares. Dos pares de ojos, los anteriores situados en la región frontal, los posteriores a ambos lados de la base del ceratóforo. Palpos largos, flanqueados a ambos lados por dos brácteas.

Elitros anteriores ovalados, cambiando progresivamente de forma, presentando escotadura marginal y área pigmentada entre la zona de inserción del élitro y la escotadura (Lám. 7, fig. 3).

Parápodo tentacular con cirro dorsal largo, de tres a cuatro veces el ventral; dos estiloides en la región dorsal, próximos a la antena lateral. Setas capilares. Parápodos del segmento 2 (Lám. 7, figs. 2, 5) con notopodio redondeado y numerosos estiloides, notosetas numerosas capilares lisas o espinulosas (Lám. 7, fig. 7); neuropodio ancho, con estiloides en la región superior; cirro ventral cónico, grueso; neurosetas espiníferas compuestas, canaliculadas (Lám. 7, fig. 6). En el tercer parápodo, el notopodio y neuropodio están menos desarrollados (Lám. 7, fig. 4) y el número de estiloides noto y neuropodiales es menor; neurosetas superiores simples espinosas (Lám. 7, fig. 8), inferiores espiníferas compuestas. Parápodo elitrígero de la región media (Lám. 7, fig. 9) con estiloides en los lóbulos notopodial y neuropodial; branquia dorsal, tres ctenidias dorsales, cirro ventral cónico; papila filiforme en la base del cirro, presente a partir del segmento 10; pequeñas papilas caliciformes dispersas en la cara anterior del parápodo. Las branquias cirriformes y ctenidias comienzan a aparecer entre los segmentos 17 y 25.

REGISTROS: En cinco estaciones entre 20 y 80 m de profundidad, en fondos fangosos.

DISTRIBUCIÓN: Atlántico Norte y Sur (frente a África Occidental, América Central y Sur, Golfo de México, Florida, Indias Occidentales); Archipiélago Malayo; Islas Filipinas, Japón.

NOTA: Los ejemplares examinados presentan algunas diferencias con *E. incisa* (PETTIBONE, 1970): La estructura del neuropodio del segmento 2, que en la figura 12e de PETTIBONE aparece liso, en contraste con lo observado en nuestros especímenes, donde se aprecia una hendidura profunda. Asimismo, PETTIBONE no señala ctenidias caliciformes en los parápodos, y la papila segmental aparece algo alejada del cirro ventral; mientras que en

nuestros ejemplares se aprecian de 8 a 12 ctenidias caliciformes dispersas en la base de los parápodos, y la papila segmental se implanta en la base del cirro ventral.

REFERENCIAS

- FAUCHALD, K. 1977. Polychaete worms. Definitions and keys to the Orders, Families and Genera. *Natl. Hist. Mus. Los Angeles, County, Sci. ser.*, 28: 1-190.
- GARDINER, S. L. 1975 [1976]. Errant polychaete annelids from North Carolina. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 91: 77-220.
- HARTMAN, O. 1938. The types of the polychaete worms of the families Polynoidae and Polyodontidae in the United States Museum and the description of a new genus. *Proc. U.S. natl. Mus.* 86: 107-134.
- . 1939. Polychaetous Annelids Pt. 1. Aphrodidae to Pisionidae. *Allan Hancock Pacif. Exped.* 7: 1-156.
- . 1944. Polychaetous annelids. *Allan Hancock Atlantic Exped.* 3: 1-33.
- . 1951. The littoral marine annelids of the Gulf of Mexico. *Publ. Inst. mar. Sci. Univ. Tex.* 2 (1): 7-124.
- IBARZABAL, D. 1989. Poliquetos de Punta del Este, Isla de la Juventud, Cuba. III Familias Polynoidae, Sigalionidae, Chrysopetalidae y Amphinomidae. *Poeyana* 374: 1-19.
- MONRO, C. C. A., 1930. Polychaete worms. *Discovery Reports.* 2: 1-222.
- NONATO, E. F. & J. C. LUNA. 1970. Sobre algunas poliquetas de escama do Nordeste do Brasil. *Bol. Inst. Oceanog. S. Paulo.* 18: 63-91.
- PETTIBONE, M. H. 1969. Revision of the polychaetes of the family Eulepethidae Chamberlin (=Eulepidinae Darboux; = Pareulepididae Hartman). *Smithson. Contr. Zool.* 41: 1-44.

- _____. 1970. Revision of some species referred to *Leanira* Kinberg (Polychaeta: Sigalionidae). *Smithson. Contr. Zool.* 53: 1-25.
- _____. 1986. Additions to the Family Eulepethidae Chamberlin (Polychaeta: Aphroditacea). *Smithson. Contr. Zool.* 141: 1-51.
- SUÁREZ, A. M. y R. FRAGA. 1978. Poliquetos bentósicos cubanos I: lista de poliquetos errantes. *Ciencias, ser. 8 Invest. Mar.* 33: 1-60.
- TREADWELL, A. L. 1917. Polychaetous annelids from Florida, Porto Rico, Bermuda, and the Bahamas. *Publ. Carnegie Inst.* 11(251): 255-272.
- WEBSTER, H. E. 1884. Annelida from Bermuda. *Bull. U.S. natl. Mus.* 25: 307-327.

HOLOTUROIDEOS DENDROCHIROTIDA (HOLOTHUROIDEA: ECHINODERMATA) I: FAMILIA CUCUMARIDAE

AÍDA MARTÍNEZ M.

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

RESUMEN: Se identificaron seis especies de holoturoideos pertenecientes a la familia Cucumaridae. *Duasmodyctyla seguroensis* (DEICHMANN, 1930), *Euthyonacta solida* (DEICHMANN, 1930), *Ocnus suspecta* (LUDWIG, 1874), *Thyonella sabanillaensis* (DEICHMANN, 1930), *Ocnus surinamensis* (SEMPER, 1868) son nuevos registros para la fauna de holoturoideos de Venezuela; *Ocnus pygmaeus* (THEEL, 1886) se cita para otras localidades. Los especímenes fueron obtenidos en aguas someras de la plataforma continental nor-oriental de Venezuela y algunas Dependencias Federales. En el estudio taxonómico se utilizan las combinaciones adoptadas por MILLER & PAWSON (1984). Se presentan características morfológicas de las especies que constituyen nuevos registros para la fauna de holoturoideos de Venezuela y para la especie ya registrada, sólo se señalan número y talla de los organismos colectados con su correspondiente área de distribución.

ABSTRACT: Six holothuroid species belonging to the Cucumaridae family were identified. *Duasmodyctyla seguroensis* (DEICHMANN, 1930), *Euthyonacta solida* (DEICHMANN, 1930), *Ocnus surinamensis* (SEMPER, 1868), *O. suspecta* (LUDWIG, 1874) represent new records for the Venezuelan holothuroid fauna. *Ocnus pygmaeus* (THEEL, 1886) has been cited previously for other localities. The specimens were collected from shallow waters of the northeastern continental platform and some Federal Dependencies. Taxonomical studies were done following the combinations adopted by MILLER & PAWSON (1984). For the species listed as new records for Venezuela, morphological characteristics are given. For *O. pygmaeus*, only references with respect to number of organisms, size and distribution are given.

INTRODUCCION

La familia Cucumaridae es amplia y abarca la mayoría de las holoturias generalmente referidas como «cucumarias». La posición sistemática de ciertos grupos dentro de la familia permanece aún confuso, pero los continuos trabajos de PANING (1949-1966) fueron eliminando progresivamente la confusión (PAWSON, 1970). DEICHMANN (1930), considera para el Atlántico Occidental seis géneros en esta familia, señalando que cuatro de ellos están estrechamente relacionados, pero no bien separados: *Cucumaria*, *Thyone*, *Pentacta* y *Pseudocolochirus*; en tanto que *Echinocucumis* y *Sphaerothuria* están claramente definidos.

DEICHMANN (1954), cita para el Golfo de México cuatro de los géneros mencionados anteriormente, y adiciona los géneros *Thyoneria*, *Neothyone*, *Pentamera*, *Euthyonacta* y *Thyonella*.

MILLER & PAWSON (1984) estudiando los holoturoideos de México ubican en la familia Phyllophoridae, los géneros *Thyone* y *Pentamera* que DEICHMANN (1954) había incluido en la familia Cucumaridae. Por otro lado adoptan combinaciones válidas, pero diferentes a las utilizadas por DEICHMANN (1954): *Thyonella sabanillaensis* y *Ocnus pygmaeus* en lugar de *Thyonella sabanillaensis* y *Pentacta pygmaea* respectivamente; *Lipotrachea seguroensis* ubicada por DEICHMANN (1954) en la familia Phyllophoridae es transferida a la familia Cucumaridae como *Duasmodyctyla seguroensis* y *Thyoneria cognata* de esta familia es ubicada en la familia Phyllophoridae como *Stolus cognatus*.

El presente trabajo constituye un aporte al conocimiento de los holoturoideos de la familia Cucumaridae obtenidas en aguas someras de la costa venezolana. Forma parte de un amplio trabajo que agrupa todas las holoturias colectadas en el área geográfica anteriormente señalada,

el cual será fraccionado y presentado por órdenes y familias.

MATERIALES Y METODOS

Los especímenes fueron colectados entre 0,5 y 60 metros de profundidad por buceo y red de arrastre.

Los especímenes vivos así obtenidos, presentan la particularidad de contraerse y expulsar las vísceras. Para evitar este inconveniente se recomienda anestesiarlos lentamente, añadiendo una solución saturada de sal de Epsom ($Mg SO_4$) o hidrato de cloral ($CCl_3 CH(OH)_2$) al 0,1% en el agua de mar donde ellos se encuentran. Una vez logrado el efecto anestésico de los especímenes, se preservaron en alcohol al 70%.

Las espículas (estructuras calcáreas del esqueleto) pueden ser extraídas del cuerpo, por inmersión de un pedazo de piel, de tentáculo o de los ambulacros, en hipoclorito de sodio (cloro común). El preparado permanente de las espículas puede obtenerse colocando en una lámina, algunas gotas del medio que las contiene, dejándola secar totalmente, para así fijar estas estructuras en la lámina. Esto puede lograrse directamente al aire o por calentamiento en estufa o platina térmica.

Una vez que el hipoclorito de sodio haya cristalizado, se lavan las espículas fijadas en la lámina, tres o más veces, utilizando una piseta con agua destilada para eliminar el exceso de cloro presente. El agua se retira de la lámina con una micropipeta o usando papel absorbente, eliminando la porción remanente de agua del último lavado; se deja secar nuevamente y se le agrega una gota de bálsamo de Canadá, protegiendo la preparación con un cubreobjeto.

Los dibujos de las espículas se hicieron con una cámara clara adaptada a un microscopio compuesto Zeiss. Todos los dibujos son originales del autor.

Las medidas que aparecen en el «material examinado» se refieren a la longitud total máxima (LTM), a la longitud total mínima (ltm) y a la longitud total (LT) encontrada en cada especie y está expresada en milímetros.

AREA DE ESTUDIO

Incluye 15 estaciones localizadas en la región insular del Edo. Anzoátegui, costa norte del Edo. Sucre, e Islas de Margarita, Coche y Cubagua. La ubicación de las estaciones son señaladas en las figuras 1, 2, 3.

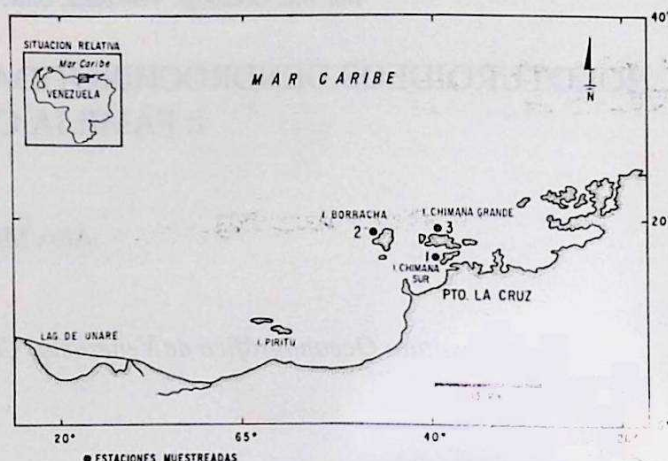


Fig. 1. Área de estudio donde se señalan las estaciones muestreadas en la costa insular del estado Anzoátegui.

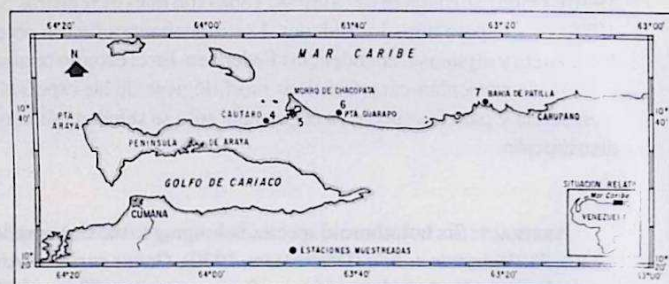


Fig. 2. Mapa del área de estudio donde se señalan las estaciones muestreadas en la costa norte del estado Sucre.

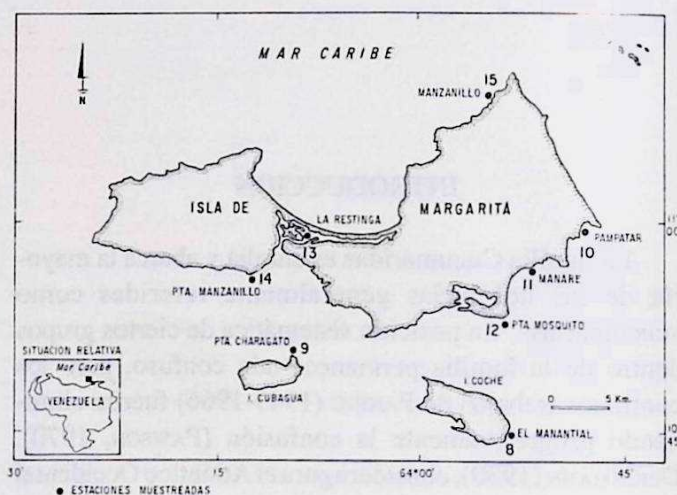


Fig. 3. Mapa del área de estudio donde se señalan las estaciones muestreadas en las costas del estado Nueva Esparta.

RESULTADOS

Familia Cucumaridae LUDWIG, 1894

CARACTERÍSTICAS: Cuerpo más o menos cilíndrico o fusiforme, con pies ambulacrales distribuidos en toda la

superficie del cuerpo o limitados a los radios; en algunas especies pueden también encontrarse dispersos en los interradios, principalmente en los ventrales. Tentáculos dendríticos de igual tamaño, de tamaño diferente o con un par ventral más pequeño. Anillo calcáreo simple, sin prolongaciones posteriores. Espículas pequeñas, principalmente cestas, botones y placas.

CLAVE PARA LAS ESPECIES DE CUCUMARIDAE

1(2) Veinte tentáculos; espículas en forma de torres, presentes; cestas y botones ausentes..... *Duasmodyctyla seguroensis*.

2(1) Diez tentáculos; espículas en forma de torres, ausentes; cestas y botones, presentes.

3(2) Pies ambulacrales distribuidos uniformemente en toda la superficie del cuerpo. Cestas con cuatro radios gruesos y numerosos dientes pequeños tanto en el lado externo como interno del borde.....*Euthyonacta solida*.

4(3) Pies ambulacrales limitados a los radios, completamente ausentes en los interradios; cestas irregulares con márgenes denticulados, a menudo poco desarrolladas.....*Ocnus pygmaeus*.

5(4) Tentáculos del mismo tamaño, placa terminal de los pies ambulacrales, presentes; borde de las cestas sin huecos.

6(7) Piel rígida, cestas grandes, abundantes, completamente formadas, con bordes dentados. Botones nudosos abundantes, robustos con huecos pequeños.....*Ocnus surinamensis*.

7(6) Piel blanda, cestas pequeñas, escasas, a menudo incompletas; botones nudosos, escasos con grandes huecos.....*Ocnus suspecta*.

8(5) Tentáculos ventrales más pequeños; placa terminal de los pies ambulacrales ausente; cestas muy pequeñas achatadas, a menudo con un hueco pequeño en el borde, correspondiente a cada uno de los radios.....*Tyonella sabanillaensis*.

Duasmodyctyla seguroensis (DEICHMANN, 1930)
(Figs. 4a, 5)

Phyllophorus seguroensis DEICHMANN, 1930, p. 141, pl. 17, Figs. 10-13

Euthyonidium seguroensis DEICHMANN, 1938c, p. 132, figs. 9-14

Lipotrachea seguroensis DEICHMANN, 1954, p. 404, figs. 68 (6-11).

Phyllophorus aparecidae ANCONA, 1962, p. 121, figs. 4-8.

Duasmodyctyla seguroensis MILLER & PAWSON, 1984 p. 13.

MATERIAL EXAMINADO: 3 especímenes colectados en las estaciones 1, 2 y 3 entre 0,50 y 5,50 m de profundidad en sustrato arenoso y fangoso.

LTM = 35 mm; ltm = 20 mm.

CARACTERÍSTICAS: Especie de talla pequeña, no excede los 90 mm de longitud, forma de barril. Piel blanda y flexible sutilmente áspera al tacto. Veinte tentáculos distribuidos en dos círculos, cinco pares grandes y cinco pares pequeños más internos. Pies ambulacrales blandos, escasos, distribuidos en toda la superficie del cuerpo, siendo más abundantes en el lado ventral. Anillo calcáreo alto sin prolongaciones posteriores. Color marrón claro con pies ambulacrales pálidos con manchas oscuras.

ESPÍCULAS: En la pared del cuerpo, torres de forma regular con disco circular de 80-90 µm de diámetro, borde ligeramente ondulado, cuatro huecos centrales grandes y 12 o más huecos marginales pequeños; espira levantada de cuatro pilares y tope con numerosos dientes. En el introvertio, torres con disco regular de 100-114 µm; con cuatro huecos centrales grandes y un número mayor de huecos marginales; rosetas pequeñas de 40 µm de longitud. En los tentáculos, barras perforadas de 115-130 µm, con hileras de huecos. En los pies ambulacrales, placa terminal bien desarrollada.

DISTRIBUCIÓN: Florida, Antillas, Litoral del Edo. de Sao Paulo (TOMMASI, 1969), Litoral Insular del Edo. Anzoátegui (Venezuela). Según DEICHMANN (1930), es una especie poco común en la parte occidental de la región de las Indias Occidentales (West Indies).

LOCALIDAD TIPO: Porto Seguro, Brasil.

Euthyonacta solida (DEICHMANN, 1930)
(Figs. 4a, 6)

Thyone solida: DEICHMANN 1930, p. 172, pl. 15, figs. 11-17, pl. 16, figs. 1, 2; Caso 1961, p. 364, pl. 19 figs. 1-6.

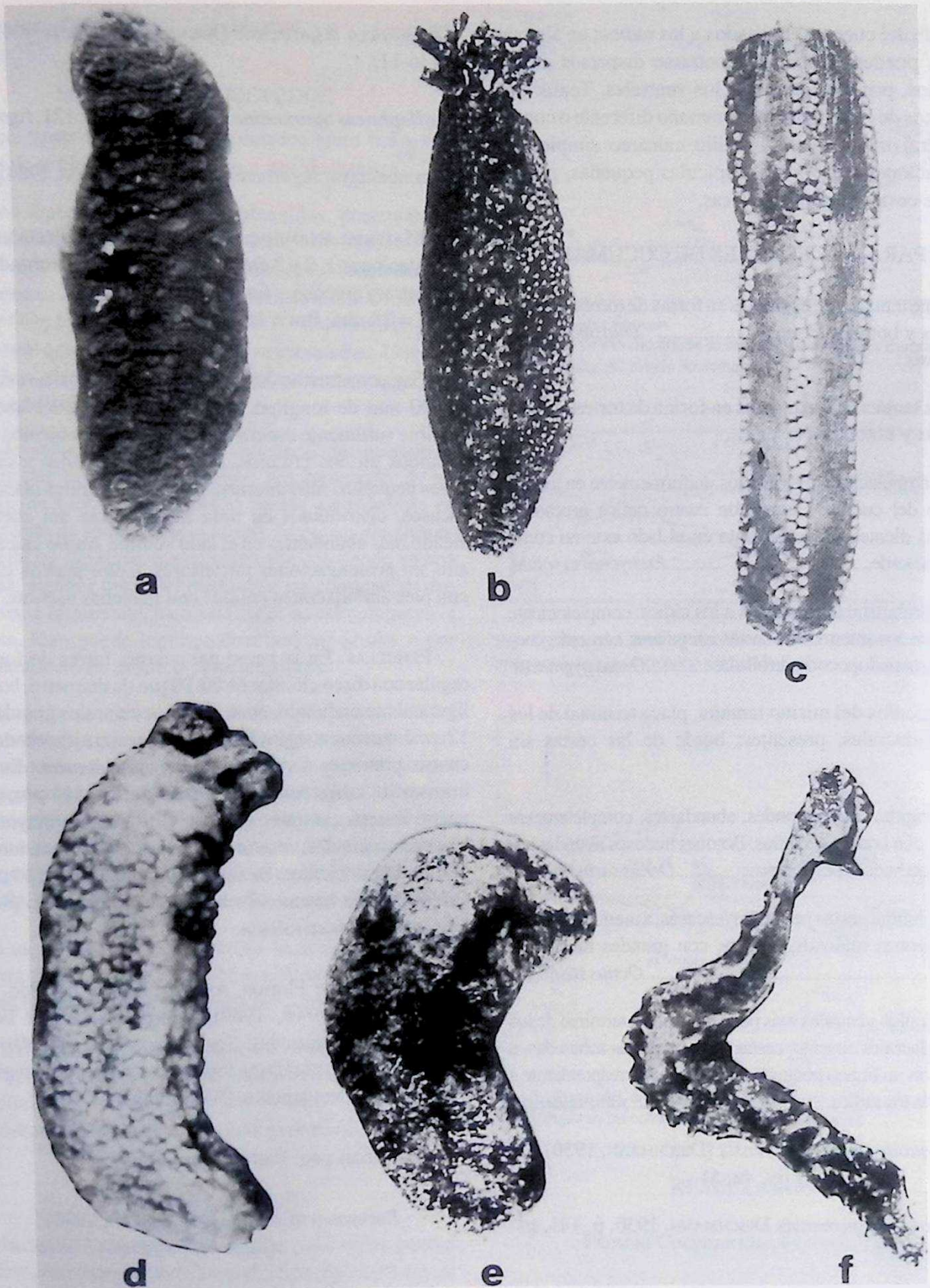


Fig. 4. a. *Duasmodactyl seguroensis*. Vista dorsal. b. *Euthyonacta solida*. Vista lateral. c. *Ocnus pygmaeus*. Vista dorsal. d. *Ocnus surinamensis*. Vista lateral. e. *Ocnus suspecta*. Vista lateral. f. *Thyonella sabanillensis*. Vista lateral.

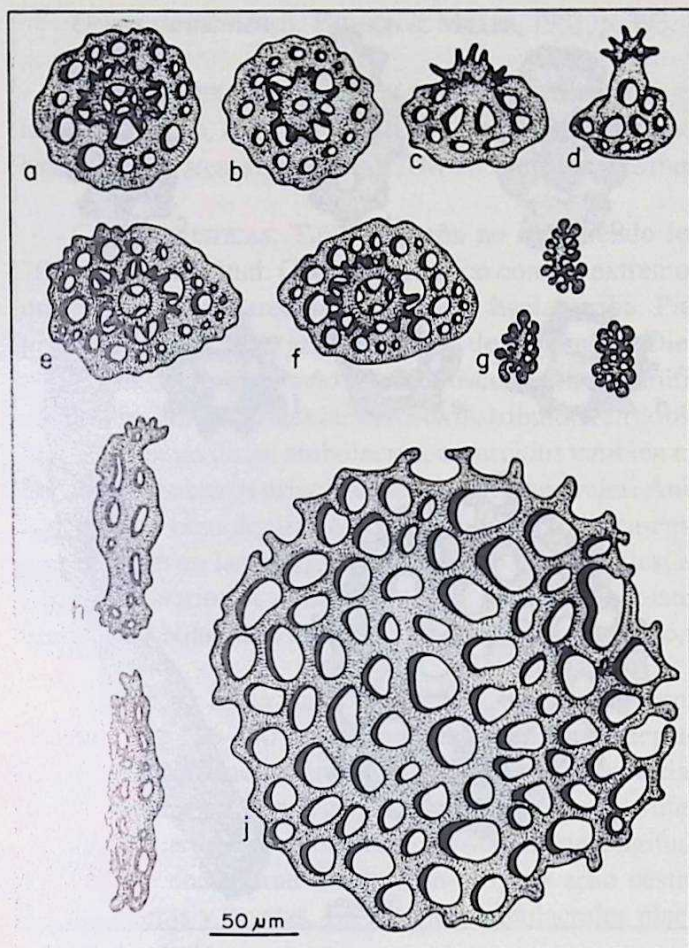


Fig. 5. Espículas de *Duasmiodactyla seguroensis*. a, b. Torres de la pared del cuerpo. Vista dorsal. c, d. Torres de la pared del cuerpo. Vista lateral. e, f. Torres del introvertio. Vista dorsal. g. Rosetas del introvertio. h, i. Barras perforadas de los tentáculos. j. Placa terminal de los pies ambulacrales.

Euthyonacta solida: DEICHMANN 1954, p. 399; CASO, 1955, p. 521, pl. 8. figs. 1-6; MILLER & PAWSON, 1984 p. 15, figs. 7,8.

MATERIAL EXAMINADO: 6 especímenes colectados en las estaciones 5, 9 y 10 entre 1,50 y 10 m de profundidad en sustrato fangoso, arenoso y areno-fangoso. LTM = 55 mm; ltm = 300 mm.

CARACTERÍSTICAS: Especie de talla pequeña entre 10-60 mm de longitud. Cuerpo en forma de barril, con boca y ano dirigidos dorsalmente; cinco valvas pronunciadas en el extremo oral. Diez tentáculos bien ramificados. Pies ambulacrales retráctiles, numerosos, distribuidos uniformemente en toda la superficie del cuerpo, siendo los dorsales papiliformes. Piel gruesa, rígida con gran cantidad de espículas. Color marrón amarillento a marrón oscuro.

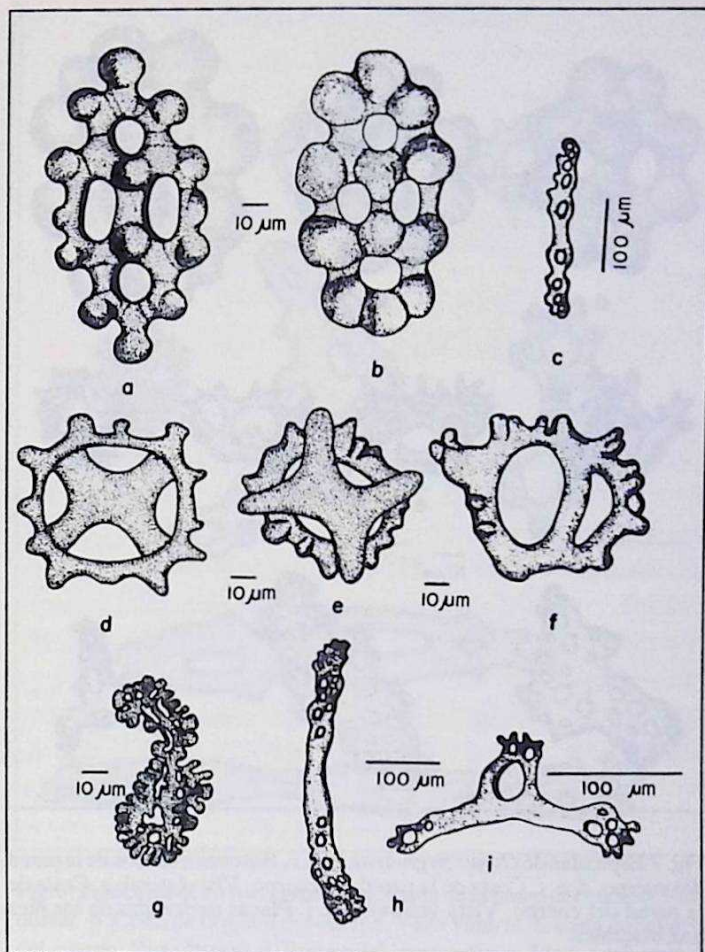


Fig. 6. Espículas de *Euthyonacta solida*. a, b. Botones nudosos de la pared del cuerpo. c. Barrotes de los tentáculos. d. Cesta de la pared del cuerpo. Vista dorsal. e. Cesta de la pared del cuerpo. Vista ventral. f. Cesta de la pared del cuerpo. Vista lateral. g. Roseta del introvertio. h, i. Barra de soporte de los pies ambulacrales.

ESPÍCULAS: En la pared del cuerpo, botones regulares fuertemente nudosos de tamaño variable entre 60-140 µm de longitud, 50-70 µm de ancho, cuatro huecos, alrededor de los cuales se distribuyen los nudos. Cestas profundas, de diámetro comprendido entre 40-80 µm, con cuatro radios gruesos y dientes pequeños, numerosos, tanto en lado interno como externo del borde. En el introvertio, rosetas complicadas de 80 µm. En los tentáculos barrotes fuertes perforados de 240-300 µm. En los pies ambulacrales no existe placa terminal, pero se encuentran barras de soportes muy gruesas, con pequeños huecos y a menudo con una tercera rama.

DISTRIBUCIÓN: Golfo de México, Costa de Florida (MILLER & PAWSON, 1984), Isla de Margarita y Costa Norte de Sucre (Venezuela).

LOCALIDAD TIPO: Golfo de México.

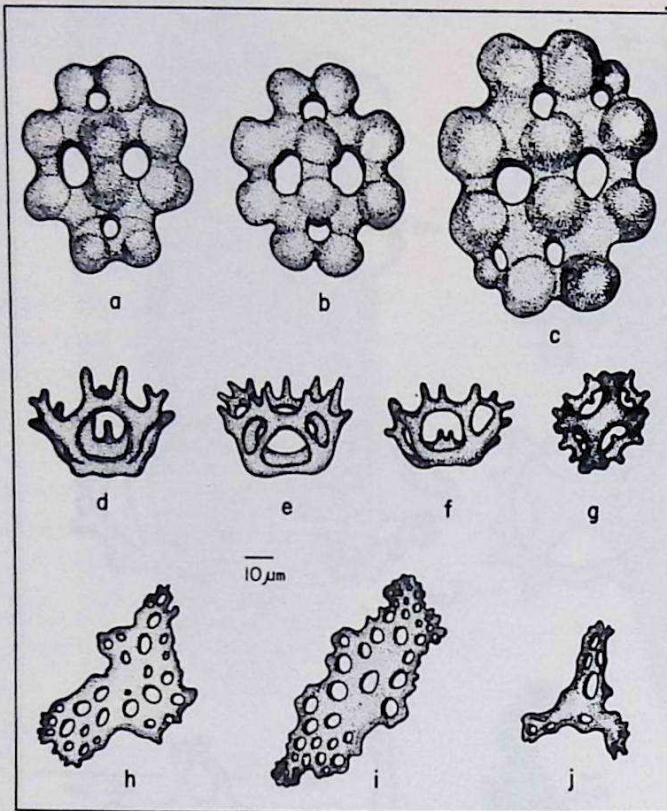


Fig. 7 Espículas de *Ocnus pygmaeus*. a, b, c. Botones nudosos de la pared del cuerpo. d, e, f. Cesta de la pared del cuerpo. Vista lateral. g. Cesta de la pared del cuerpo. Vista ventral. h, i, j. Placas perforadas de los pies ambulacrales.

Ocnus pygmaeus (THEEL, 1886)
(Figs. 3c, 7)

Colochirus pygmaeus: THEEL 1886, p. 92, pl. 4, fig. 9.

Pentacta pygmaea: DEICHMANN, 1930, p. 180, pl. 21, figs. 10-16; H.L. CLARK, 1933, p. 116; ENGEL, 1939, p. 11; DEICHMANN, 1954, p. 399, fig. 67 (4-11); 1963, p. 110; MARTÍNEZ DE RODRÍGUEZ Y HERMISON, 1975, p. 194, lám 5, figs. 1-3.

Pentacta pygmaeus: TOMMASI, 1969, p. 14, fig. 20.

Ocnus pygmaeus: MILLER & PAWSON, 1984, p. 17, fig. 11.

MATERIAL EXAMINADO: 24 especímenes procedentes de las estaciones 4, 12 entre 6-8 m de profundidad adheridos a las rocas.

LTM = 70 mm, ltm = 20 mm.

DISTRIBUCIÓN: Previamente conocida de Carolina del Sur, Florida, México, Pto. Rico, Granada, Trinidad, Brasil (MILLER & PAWSON, 1984); Isla de Margarita, Venezuela

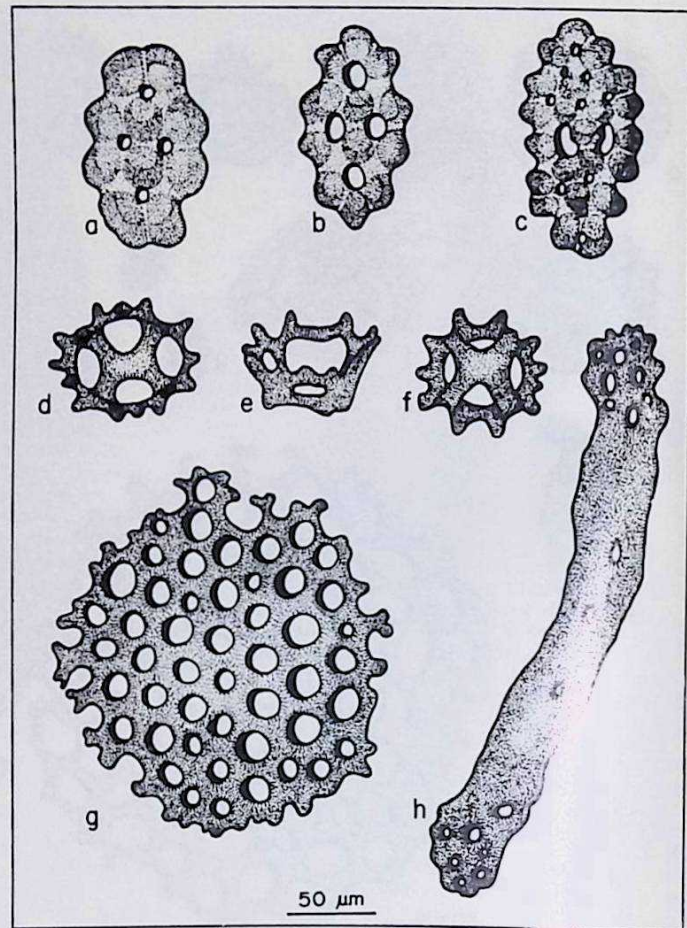


Fig. 8. Espículas de *Ocnus surinamensis*. a, b, c. Botones nudosos de la pared del cuerpo. d. Cesta de la pared del cuerpo. Vista dorsal. e. Cesta de la pared del cuerpo. Vista lateral. f. Cesta de la pared del cuerpo. Vista ventral. g. Placa terminal de los pies ambulacrales. h. Barrote de los tentáculos.

(ENGEL, 1939); MARTÍNEZ DE RODRÍGUEZ & HERMINSON, 1975); Costa Norte del Edo. Sucre, Venezuela.

Localidad tipo: Bahía, Brasil.

Ocnus surinamensis (SEMPER, 1868)
(Figs. 3d, 8)

Cucumaria punctata: H.L. CLARK, 1919, p. 73.

Thyone surinamensis: DEICHMANN, 1926, p. 25, pl. III, figs. 1a-le; 1930, p. 173; pl. 16, figs. 5-8; H.L. CLARK, 1933, p. 116; DEICHMANN, 1983c, p. 135; H.L. CLARK, 1942, p. 387; FONTAINE, 1953, p. 31; DEICHMANN, 1963, p. 110; TOMMASI, 1969, p. 13. Fig. 18.

Parathyone surinamensis: DEICHMANN, 1957, p. 16; 1963, p. 110.

Ocnus surinamensis: PAWSON & MILLER, 1981, p. 393.

MATERIAL EXAMINADO: 17 especímenes colectados en las estaciones 6, 8, 11 y 12 entre 2 y 5 m de profundidad, bajo rocas y en arenas conchífera. LTM=55 mm; ltm=15 mm.

CARACTERÍSTICAS: Talla pequeña no excediendo los 100 mm de longitud. Cuerpo cilíndrico con los extremos oral y anal más estrechos y dirigidos hacia arriba. Piel gruesa flexible, con gran cantidad de espículas. Diez tentáculos de igual tamaño de color oscuro y muy ramificados. Pies ambulacrales numerosos distribuidos en doble hilera a lo largo de los ambulacros, esparcidos también en los interambulacros principalmente en los ventrales. Anillo calcáreo bien desarrollado con dientes relativamente cortos, tanto en las piezas radiales como interradales; el margen posterior es ondulado. Color marrón chocolate, los pies ambulacrales blanquecinos jaspeados de marrón.

ESPÍCULAS: En la pared del cuerpo, botones nudosos de 116-140 µm de longitud. Cestas grandes de 31-40 µm de diámetro, profundas y con un número variable de dientes en el margen. En los tentáculos barrotes gruesos y fuertes, que sobrepasan los 400 µm de longitud, también se encuentran rosetas. En el introvertio cestas secundarias y rosetas. En los pies ambulacrales placa terminal grande.

DISTRIBUCIÓN: De la costa nor-oriental de América del Sur a Barbados, St Thomas, Islas Vírgenes, Bermuda (DEICHMANN, 1930); Isla Grande, Río de Janeiro (TOMMASI, 1969); Región Insular, Venezuela.

LOCALIDAD TIPO: Surinam.

Ocnus suspecta (Ludwig, 1874)
(Figs. 3e, 9)

Thyone suspecta: Ludwig, 1875, p. 92; DEICHMANN 1926, p. 23, pl. III, figs. 2a-2e; 1930, p. 175, pl. 16, figs. 3 y 4; H.L. CLARK, 1933, p. 115; FONTAINE, 1953, p. 31.

Parathyone suspecta: DEICHMANN, 1963, p. 110.

Ocnus suspecta: PAWSON & MILLER, 1981, p. 393.

MATERIAL EXAMINADO: 18 especímenes colectados en las estaciones 5, 7, 13, 14 y 15 entre 3 y 60 m de profundidad, enterrados en el fango y en arena-fangosa. LTM= 60 mm; ltm=33 mm.

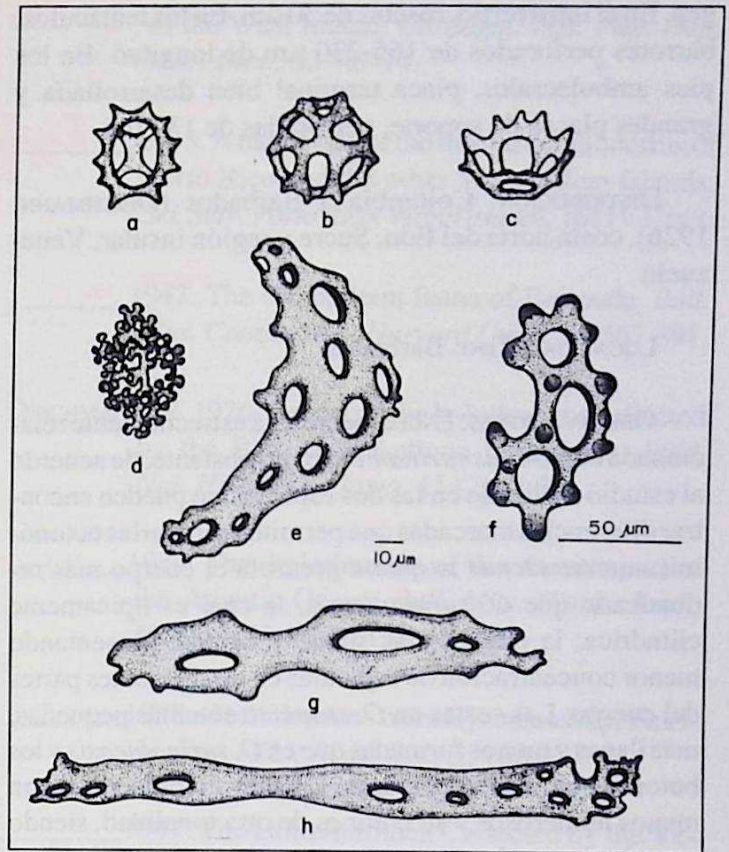


Fig. 9. Espículas de *Ocnus suspecta*. a. Cesta de la pared del cuerpo. Vista dorsal. b. Cesta de la pared del cuerpo. Vista ventral. c. cesta de la pared del cuerpo. Vista lateral. d. Roseta del introvertio. e. Placa perforada de soporte de los pies ambulacrales. f. Botón nudoso de la pared del cuerpo. g,h. Barrotes perforados de los tentáculos.

CARACTERÍSTICAS: Talla pequeña aproximadamente de la misma longitud de *Ocnus surinamensis*. Los especímenes *in vivo* presentan el cuerpo en forma de limón, con una piel blanda, gruesa y lisa al tacto, casi desprovista de espículas. Diez tentáculos de igual tamaño, de color oscuro muy ramificados. Pies ambulacrales distribuidos tanto en los ambulacros como en los interambulacros; los ventrales más numerosos y mejor desarrollados que los dorsales, de color claro. Anillo calcáreo simple, anteriormente con dientes de igual tamaño. Color gris oscuro a casi negro, probablemente debido al sustrato fangoso en el que siempre se le ha encontrado.

ESPÍCULAS: En general la especie presenta una reducción marcada en cuanto a cantidad de espículas. En la pared del cuerpo se encuentran cestas escasas, pero pequeñas de 31-40 µm de diámetro, llanas y a menudo incompletas. Botones nudosos muy escasos, de forma irregular que pueden exceder de 90 µm de longitud, cuatro huecos grandes y nudos pequeños dispuestos en el mar-

gen. En el introvertio, rosetas de 50 μm . En los tentáculos, barrotes perforados de 165-230 μm de longitud. En los pies ambulacrales, placa terminal bien desarrollada y grandes placas de soporte, perforadas de 130 μm .

DISTRIBUCIÓN: Colombia a Barbados (DEICHMANN, 1926), costa norte del Edo. Sucre y región insular, Venezuela.

LOCALIDAD TIPO: Barbados.

OBSERVACIONES: Esta especie está estrechamente relacionada con *Ocnus surinamensis*, no obstante, de acuerdo al estudio realizado en las dos especies, se pueden encontrar diferencias marcadas que permiten separarlas taxonómicamente: *Ocnus suspecta* presenta el cuerpo más redondeado que *O. surinamensis*, la cual es típicamente cilíndrica; la piel es más suave y blanda; presentando menor concentración de espículas en las diferentes partes del cuerpo. Las cestas en *O. suspecta* son más pequeñas, más llanas y menos formadas que en *O. surinamensis* y los botones son más irregulares; los pies ambulacrales son menos numerosos y su color es de otra tonalidad, siendo en todo caso más oscura.

Thyonella sabanillaensis (DEICHMANN, 1930)
(figs. 3f, 10)

Thyone sabanillensis: DEICHMANN, 1930, p. 178, pl. 17, figs. 4-9.

Thyonacta sabanillensis: DEICHMANN, 1941, p. 101; CHERBONIER, 1959, p. 440, TOMMASI, 1969, p. 15, fig. 22.

Thyonella sabanillensis: DEICHMANN, 1954, p. 399; HARRY, 1979, p. 42, pl. 10, figs. 53-57.

Thyonella sabanillaensis: MILLER & PAWSON, 1984, p. 25, figs. 17, 18.

MATERIAL EXAMINADO: 1 espécimen colectado en la estación 8 a 2 m de profundidad, entre arena conchífera. LT = 56 mm.

CARACTERÍSTICA: Especie cavadora, de talla mediana 40-150 mm de longitud. Cuerpo en forma de U, región media más gruesa que los extremos, los cuales son pentagonales, cada uno de los lados está limitado por una hilera de pies ambulacrales erectos que semejan espinas; extre-

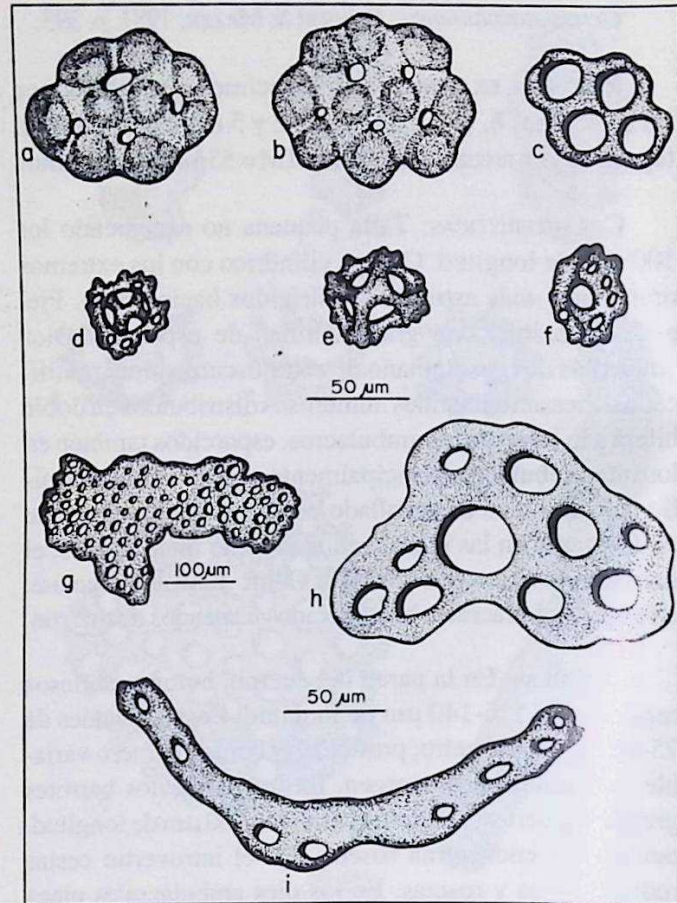


Fig. 10. Espículas de *Thyonella sabanillaensis*. a, b. Botones bultosos de la pared del cuerpo. c. Botón liso de la pared del cuerpo. d. Cesta de la pared del cuerpo. Vista dorsal. e. Cesta de la pared del cuerpo. Vista ventral. f. Cesta de la pared del cuerpo. Vista lateral. g, h. Placas perforadas de la pared del cuerpo. i. Barrotes perforados de los pies ambulacrales.

mo anal más puntiagudo que el oral y en éste los pies ambulacrales son papiliformes; pueden también encontrarse esparcidos escasamente en la región media y hacia al lado ventral. Diez tentáculos; los dos ventrales más pequeños. Anillo calcáreo con muy cortas prolongaciones posteriores en las piezas radiales; las interradales terminan anteriormente en un diente puntiagudo. Color marrón claro.

ESPÍCULAS: En la pared del cuerpo, botones ovalados de borde irregular con cuatro huecos y superficie fuertemente nudosa de 96-103 μm de longitud; botones lisos de 76 μm , con cuatro huecos grandes. Cestas achatadas de 38-53 μm de diámetro, anillo irregular a menudo con un hueco pequeño en el borde, correspondiente a cada uno de los radios. Placas grandes lisas perforadas de 163-368 μm de longitud. En el introvertio, numerosas rosetas peque-

ñas, en los pies ambulacrales, no existe placa terminal, pero se encuentran barrotes alargados, curvos de 28 µm, y con una hilera de huecos.

DISTRIBUCIÓN: Previamente reportadas de Texas, Colombia y Guayana Francesa, Golfo de México (MILLER & PAWSON, 1984), región insular, Venezuela.

LOCALIDAD TIPO: Abrolhos Reefs, Bahía Brasil.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente por todas las facilidades y equipos proporcionados para la realización de este trabajo. Al personal Administrativo y Técnico del Museo Nacional de Historia Natural del Smithsonian Institution, Washington, D.C., U.S.A, por todas las atenciones y colaboraciones recibidas. Especial agradecimiento al DR. DAVID L. CLARK, Curador de Equinodermos del mencionado museo, por el apoyo académico proporcionado. Al personal Técnico del Departamento de Biología Marina del Instituto Oceanográfico de Venezuela, por el trabajo de apoyo realizado y a la Lic. LEONOR BRITO por levantar el texto en la procesadora de palabras.

REFERENCIAS

- ANCONA LÓPEZ, A. 1962. Dendrochirota de Sao Sebastiao. *Bol. Fac. Filos. Cienc. Univ. Sao Paulo. Zool.*, 52:6-56.
- CASO, M. E. 1955. Contribución al conocimiento de los Holoturoideos de México. II. Algunas especies de Holoturoideos litorales de la costa atlántica mexicana. *Ann. Inst. Biol. Univ. Méx.*, 26 (2): 501-525.
- _____. 1961. Los Equinodermos de México. Tesis Doctoral. *Fac. Cien. U.N.A.M., México*, 388 pp.
- CHERBONIER, G. 1959. Echinoderms de la Guayane Francaise (Crinoides, Asterides, Ophiurides, Echinides, Holothuroides). *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat., París, ser. 2*, 31 (5): 440-447.
- CLARK, H. L. 1919. The distribution of littoral echinoderms of the West Indian. *Carnegie. Inst. Pap. Dep. Mar. Biol.*, 13: 49-74.
- _____. 1933. A handbook of the littoral echinoderms of Porto Rico and the other West Indian Islands. *Sci. Surv. Porto Rico. Virgin Islands*, 16 (1): 1-147.
- _____. 1942. The echinoderm fauna of Bermuda. *Bull. Mus. Comp. Zool., Harvard Univ.*, 89: 367-391.
- DEICHMANN, E. 1926. Report on the holothurians collected by the Barbados. Antigua Expedition. *Stud. Nat. Hist. Univ. Iowa*, 11 (7): 9-31.
- _____. 1930. The holothurians of the western part of the Atlantic Ocean: *Bull. Mus. Comp. Zool., Harvard Univ.*, 71 (3): 41-226.
- _____. 1938c. Holothurians from Byscaine Bay, Florida. *Proc. Fla. Acad. Sci.*, 3: 128-137.
- _____. 1941. The Holothuroidea Collected by the Veler III during the years 1932-1938. Part 1, Dendrochirota. *Allan Hancock Pacific Exped.* 8 (3): 61-195.
- _____. 1954. The holothurians of the Gulf of México, p. 381-410 in P.S. Galtsoff ed. Gulf of México, p. 381-410 in P.S. Galtsoff ed. Gulf of México, its origin, waters and marine life. *U.S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull.* 55 (89).
- _____. 1957. The littoral holothurians of the Bahama Islands. *Amer. Mus. Novit.*, 1821: 1-20.
- _____. 1963. Shallow-water holothurians known from the Caribbean waters. *Stud. Fauna Curacao*, 14 (63): 100-118.
- ENGEL, H. 1939. Echinoderms from Aruba, Curacao, Bonaire and northern Venezuela. *Capita Zool.*, 8 (4): 1-12.
- FONTAINE, A. 1953. The shallow-water echinoderms of Jamaica. Part IV. The sea cucumbers (class Holothuroidea). *Nat. Hist. Notes. Nat. Hist. Soc. Jamaica*, (62, 63): 29-33.

- HARRY, H. W. 1979. *Echinoderms recorded from the north western Gulf of México*. (Available from the author, 4612 Evergreen St. Bellaire, Texas 77401: 58 pp.)
- LUDWIG, H. 1875. Beitrage zur kenntniss der Holothurien. *Arb. Zool. Zoot. Inst., Hurzburg*, 2 (2): 77-120.
- MARTÍNEZ A. 1982. Nuevos registros de holoturoideos (Holothuroidea: Dendrochirota y Apoda) de la región insular del oriente venezolano. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 21 (1-2): 113-121.
- & A. M. HERMINSON 1975. Contribución al conocimiento de los holoturoidea: (Holothuroidea: Echinodermata) de la región oriental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 14 (2): 187-197.
- MILLER, J. E. & D.L. PAWSON 1984. Holothurians (Echinodermata: Holothuroidea). *Memoirs of the Hourglass Cruises*, 7 (part I): 1-71.
- PAWSON, D. 1970. The marine fauna of New Zealand: sea Cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea). *Bull. N.Z. Dep. Scient. Ind. Res.* 201 (52): 1-69.
- & J. E. MILLER 1981. Western Atlantic sea cucumbers of the genus *Thyone* with description of two new species (Echinodermata: Holothuroidea). *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 94 (2): 391-403.
- THEEL, H. 1886b, Report on the Holothuroidea of the Blake expeditions 1877-1880. *Bull Mus. Comp. Zool., Harvard Univ.*, 13 (1): 1-21.
- TOMMASI, L. R. 1969. Lista dos Holothuroidea recentes do Brasil. *Contr. Inst. Oceanogr. Univ. Sao Paulo (Oceanogr. Biol.)* 15: 1-29.

HOLOTUROIDEOS DENDROCHIROTIDA (HOLOTHUROIDEA: ECHINODERMATA) II: FAMILIA SCLERODACTYLIDAE

AÍDA MARTÍNEZ M.

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: El presente trabajo es la continuación del estudio de los holoturoideos pertenecientes al Orden Dendrochirotida en la región Nor-Oriental de Venezuela y algunas Dependencias Federales. Se estudiaron cuatro especies: *Euthyonidiella destichada* (DEICHMANN, 1930), *Euthyonidiella trita* (SLUITER, 1910), *Pseudothyone belli* (LUDWIG, 1887) y *Sclerodactyla briareus* (LESUEUR, 1824). Las dos últimas especies significan nuevos registros para Venezuela. Se presenta una clave adaptada a las características de nuestros especímenes y basada en los trabajos de MILLER & PAWSON (1984), DEICHMANN (1930, 1954) y CLARK (1933).

ABSTRACT: The present work is the continuation of the studies on the holothurians belonging to the Order Dendrochirotida in the North-East region of Venezuela and some Federal Dependencies. Four species are studied: *Euthyonidiella destichada* (DEICHMANN, 1930), *Euthyonidiella trita* (SLUITER, 1910), *Pseudothyone belli* (LUDWIG, 1887) and *Sclerodactyla briareus* (LESUEUR, 1824). The last two mentioned species are new additions to the Venezuela fauna. Based on the characteristics observed in our specimens and the works of MILLER & PAWSON (1984), DEICHMANN (1930, 1954) and CLARK (1933), a key is also presented.

INTRODUCCION

La familia Sclerodactylidae incluye especies pertenecientes al Orden Dendrochirotida, las cuales se caracterizan por ser de talla pequeña (20-120 mm de longitud) y presentar el cuerpo curvado con los pies ambulacrales, generalmente, esparcidos en los radios e interradios, aunque pueden tener la tendencia a estar restringidos a los radios.

La pared del cuerpo puede ser blanda o rígida con espículas pequeñas y poco desarrolladas. Diez a veinte tentáculos. Anillo clacáreo complejo, con apéndices pares o impares, pero los elementos del anillo no están compuestos de un mosaico de piezas pequeñas como en la Familia Phyllophoridae. Suelen habitar en sustratos arenoso, coralino, areno-fangoso, arenoso-conchífero, entre rocas o asociados con hierbas marinas.

MATERIALES Y METODOS

Los especímenes fueron obtenidos por buceo, entre 2 y 25 metros de profundidad. Para el tratamiento de los organismos y para la obtención de las espículas, dibujo y microfotografías de las mismas se siguió la metodología

clásica señalada en MARTÍNEZ (1973, 1986, 1991) y MARTÍNEZ & HERMINSON (1975).

AREA DE ESTUDIO

Incluye 18 estaciones localizadas en las costas del estado Anzoátegui, costa norte del estado Sucre, Golfo de Paria e Islas de Margarita, La Tortuga y Aves.

La ubicación de las estaciones son señaladas en las figuras 1, 2, 3.

RESULTADOS

CLAVE PARA LAS ESPECIES DE LA FAMILIA SCLERODACTYLIDAE

1(4) Veinte tentáculos de diferentes tamaños, dispuestos irregularmente.

2(3) Torres de la pared del cuerpo con disco oblongo, borde liso o ligeramente ondulado, generalmente con cuatro huecos grandes, alternando con cuatro huecos subiguales; espira baja con pocos dientes
Euthyonidiella destichada.

3(2) Torres de la pared del cuerpo con disco ovalado

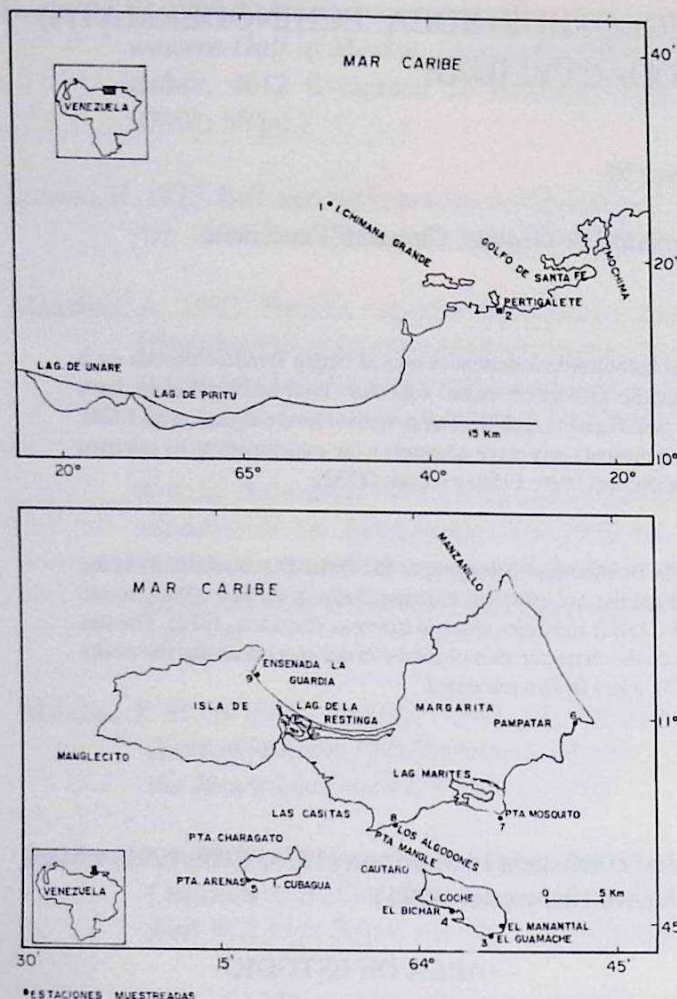


Fig. 1. a. Costa del Estado Anzoátegui. Estaciones 1-2. b. Costa del Estado Nueva Esparta. Estaciones 3-9.

o rectangular, borde fuertemente ondulado, básicamente con cuatro huecos, espira rudimentaria reducida a cuatro nudos *Euthyonidiella trita*.

4(1) Diez tentáculos, los dos ventrales más pequeños.

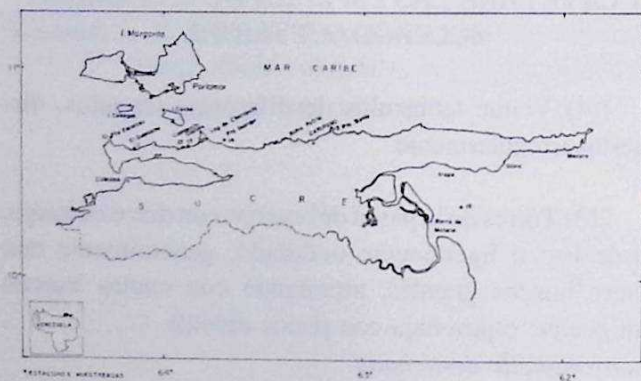


Fig. 2. Costa del Estado Sucre. Estaciones 10-15.

5(6) Anillo calcáreo con largas prolongaciones posteriores. Torres en la pared del cuerpo ausentes. Botones nudosos con asa fuerte y lisa *Pseudothyone belli*.

6(5) Anillo calcáreo muy alto pero con prolongaciones posteriores, relativamente cortas. Torres en la pared del cuerpo presente. Botones nudosos ausentes *Sclerodactyla briareus*.

Euthyonidiella destichada (DEICHMANN, 1930)

Phylloporus destichadus: DEICHMANN, 1930, p. 146, pl. 18, fig. 3; 1938, p. 133, figs. 15-18; CLARK, 1933, p. 112; DEICHMANN, 1941, p. 135.

Neophyllophorus destichadus: DEICHMANN, 1984, p. 404, fig. 68 (14-16); MARTÍNEZ, 1982, p. 118, Lám. IV, fig. 1-3.

Euthyonidiella destichada: MILLER & PAWSON, 1984, p. 13.

MATERIAL EXAMINADO: 2 ejemplares colectados en las estaciones 11 y 14 a 4 m. de profundidad, entre arena y bajo rocas, respectivamente. LTM = 60 mm; lmt = 25 mm.

DISTRIBUCIÓN: Dry Tortuga y Bahía Byscaine, Florida (DEICHMANN, 1954). Región Insular, Venezuela.

LOCALIDAD TIPO: Dry Tortuga, Florida.

Observaciones: MARTÍNEZ (1982) hace el registro de *Neophyllophorus destichadus* DEICHMANN, para la región Insular del Oriente de Venezuela, siguiendo la nomenclatura adoptada por DEICHMANN (1930), ubicándola en la Familia Phylloporidae. MILLER y PAWSON (1984), refieren a esta especie como *Euthyonidiella destichada* (DEICHMANN) perteneciente a la Familia Sclerodactylidae, adoptando las combinaciones utilizadas por HEDING & PANNING (1954).

Euthyonidiella trita (SLUITER, 1910)

Thyone trita: DEICHMAN, 1926, p. 24.

Phylloporus tritus: DEICHMANN, 1930, p. 147, pl. 18, figs. 4-8; CLARK, 1933, p. 113. MARTÍNEZ, 1986, p. 198, Lám. I.

Neophyllophorus tritus: DEICHMANN, 1954, p. 404: 1963, p. 111.

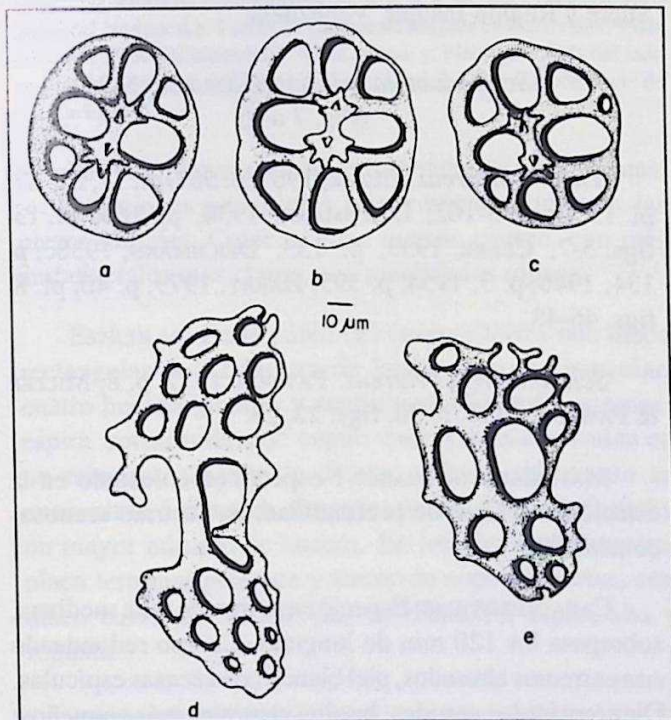
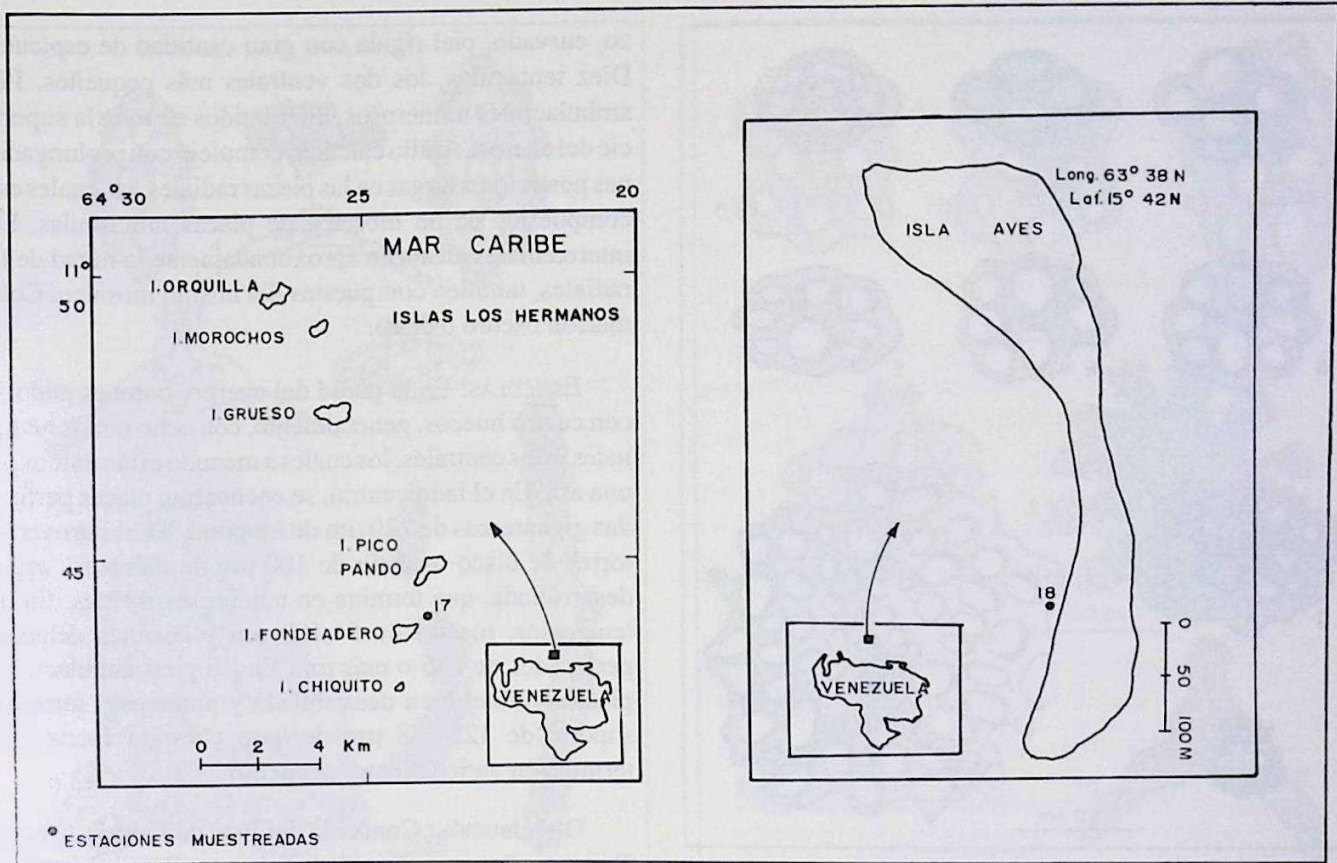


Fig. 4. Espículas de *Euthyonidiella destichada*. a, b, c. Torres de la pared del cuerpo. d, e. Placas perforadas de los tentáculos.

Euthyonidiella trita: MILLER & PAWSON, 1984, p. 13.

MATERIAL EXAMINADO: 1 ejemplar colectado en la estación 18 a 2 m de profundidad, entre restos de corales. LT = 25 mm.

DISTRIBUCION: Dry Tortugas, Florida y Antigua, Indias Occidentales Británicas (British West Indies) (DEICHMANN, 1954). Región Insular, Venezuela.

LOCALIDAD TIPO: Dry Tortugas, Florida.

OBSERVACIONES: MARTÍNEZ (1986) Señala a *Phyllophorus tritus* (SLUITER) como nuevo registro para Venezuela, ubicándola en la Familia Phyllophoridae en atención a la nomenclatura utilizada por DEICHMAN 1930. Posteriormente, en el trabajo de MILLER & PAWSON (1984), quienes adoptan las combinaciones hechas por HEDING & PANNING (1954), esta especie es transferida a la Familia Sclerodactylidae como *Euthyonidiella trita* (SLUITER).

Pseudothyone belli (LUDWIG, 1887)
(Fig. 6 a-j)

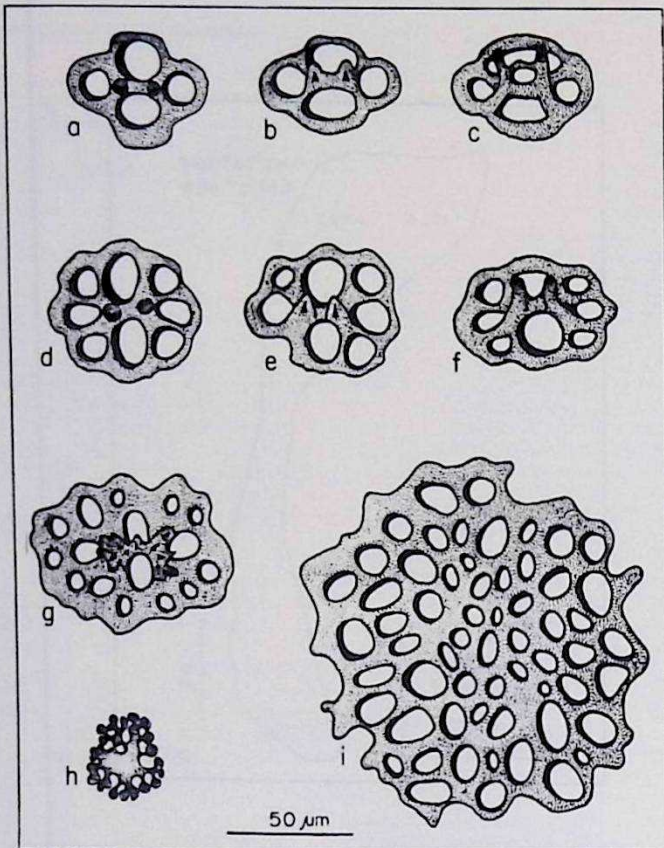


Fig. 5. Espículas de *Euthyonidiella trita*. a, b, c, d, e, f. Torres de pared del cuerpo. g. Torre del introvertio. h. Roseta del introvertio. i. Placa terminal de los pies ambulacrales.

Thyone belli: DEICHMAN, 1930, p. 176, pl. 14, figs. 10-13; BRITO, 1962, p. 4; TOMMASI, 1969, p. 13, fig. 15; 1971, p. 2.

Cucumaria argillacea: DEICHMANN, 1930, p. 160.

Thyone micropunctata: DEICHMANN, 1930, p. 171, pl. 14, figs. 14-18.

Neothyone belli: DEICHMANN, 1954, p. 397, fig. 67 (21,22).

Pseudothyone belli: MILLER & PAWSON, 1984, p. 27, figs. 19, 20.

MATERIAL EXAMINADO: 40 especímenes colectados en las estaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16 y 17, en sustrato arenoso, arenoso-fangoso, arenoso coralino y rocoso entre 2 y 20 metros de profundidad. LTM = 55 mm; ltm = 17 mm.

CARACTERÍSTICAS: Especie cavadora, cuerpo cilíndri-

co, curvado, piel rígida con gran cantidad de espículas. Diez tentáculos, los dos ventrales más pequeños. Pies ambulacrales numerosos, distribuidos en toda la superficie del cuerpo. Anillo calcáreo complejo con prolongaciones posteriores largas en las piezas radiales; las cuales está compuestas de un mosaico de placas minúsculas. Las interradiales alcanzan aproximadamente la mitad de las radiales, también compuestas del mismo mosaico. Color marrón oscuro o claro.

ESPÍCULAS: En la pared del cuerpo, botones nudosos con cuatro huecos, generalmente, con ocho nudos marginales y dos centrales, los cuales a menudo están unidos por una asa. En el lado ventral, se encuentran placas perforadas gigantescas de 220 µm de longitud. En el introvertio, torres de disco ovalado de 100 µm de diámetro, espira desarrollada, que termina en numerosos dientes. En los tentáculos, rosetas de 64-107 µm y barrotos dentados perforados de 285 o más µm. En los pies ambulacrales, placa terminal bien desarrollada y numerosas torres de soporte de 125-178 µm de base y espira fuerte, que termina en varios dientes pequeños.

DISTRIBUCIÓN: Conocida del Este de Florida, Tampa, Tortugas, Panamá, Trinidad, Tobago y Brasil (MILLER & PAWSON, 1984). Costa de Anzoátegui, Costa Norte de Sucre y Región Insular, Venezuela.

Sclerodactyla briareus (LESUEUR, 1824) (Fig. 7 a-g)

Thyone briareus: CLARK, 1907, p. 567, pl. 11, fig. 67; pl. 13, figs. 95-102; DEICHMANN, 1930, p. 165, pl. 13, figs. 5-7; CLARK, 1933, p. 133; DEICHMANN, 1938c, p. 134; 1946, p. 3; 1954, p. 395; HARRY, 1979, p. 40, pl. 8, figs. 46-48.

Sclerodactyla briareus: PAWSON, 1977, p. 8; MILLER & PAWSON, 1984, p. 30, figs. 22, 23.

MATERIAL EXAMINADO: 1 espécimen colectado en la estación 3 a 15 m de profundidad, en sustrato arenoso-conchífero.

CARACTERÍSTICAS: Especie cavadora de talla mediana, sobrepasa los 120 mm de longitud. Cuerpo redondeado con extremos ahusados, piel blanda con escasas espículas. Diez tentáculos grandes, los dos ventrales más pequeños; pies ambulacrales numerosos que semejan pelos, distribuidos en toda la superficie del cuerpo. Anillo calcáreo

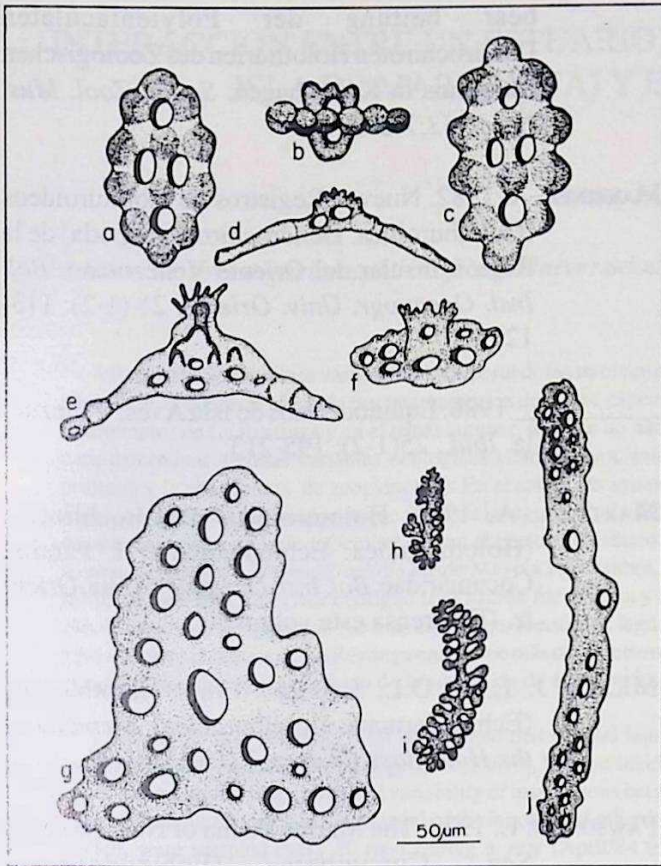


Fig. 6. Espículas de *Pseudothyone belli*. a, b, c. Botones nudosos de la pared del cuerpo. d, e. Torres de soporte de los pies ambulacrales. Vista lateral. f. Torre del introvertio. Vista lateral. g. Placa perforada del lado ventral del cuerpo. h, i. Rosetas de los tentáculos. j. Barrote perforado de los tentáculos.

tubular, con piezas radiales e interradales prominentes, prolongaciones posteriores relativamente cortas en las piezas radiales. Color *in vivo*, marrón oscuro, con pies ambulacrales más claros, con tonalidades rojizas.

ESPÍCULAS: En la pared del cuerpo, torres con disco rectangular de 82-96 μm de longitud, borde irregular, cuatro huecos grandes y cuatro pequeños más externos; espira constituida por cuatro barras, la cual termina en un número variable de dientes. En el introvertio se encuentran torres más alargadas de 125 μm de longitud y un mayor número de huecos. En los pies ambulacrales, placa terminal presente y torres de soporte fuertes, con disco curvo de 90-120 μm de diámetro, espira alta y robusta.

DISTRIBUCIÓN: Desde el Sur de Nueva Escocia, a lo largo de la Costa Oriental de Estados Unidos hasta la costa de Texas (MILLER & Pawson, 1984). Costa Norte del

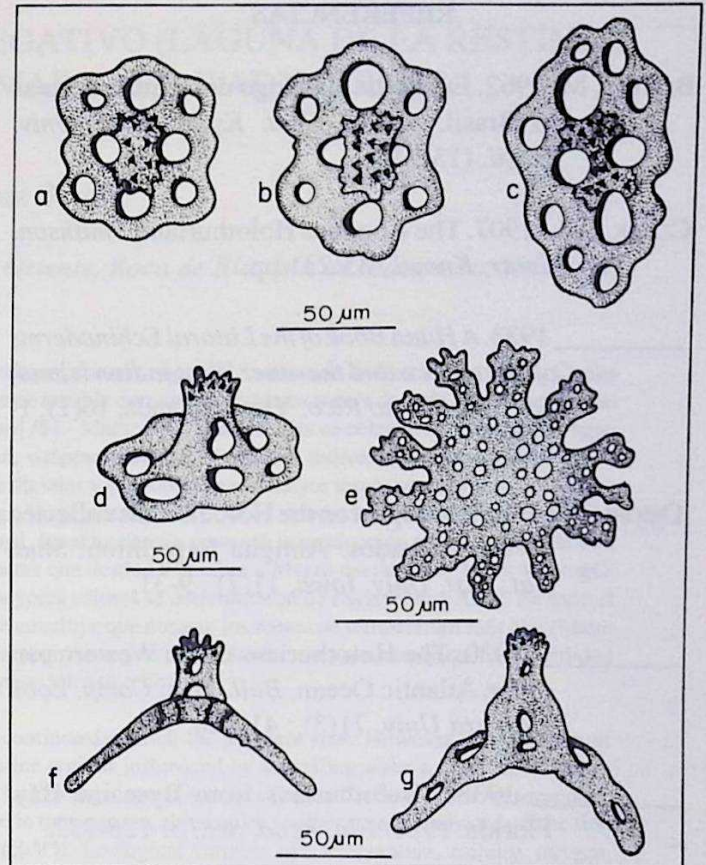


Fig. 7. Espículas de *Sclerodactyla briareus*. a, b, c. Torres de la pared del cuerpo. Vista dorsal. d. Torres del introvertio. Vista lateral. e. Placa terminal de los pies ambulacrales. f, g. Torres de soporte de los pies ambulacrales. Vista lateral.

Estado Sucre, Venezuela.

LOCALIDAD TIPO: Texas.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente por todas las facilidades y equipos proporcionados para la realización de este trabajo. Al Personal Administrativo y Técnico del Museo Nacional de Historia natural del Smithsonian Institution, Washington, D.C., U.S.A., por todas las atenciones y colaboración recibidas. Especial agradecimiento al Dr. DAVID L. PAWSON, Curador de Equinodermos del mencionado Museo, por el apoyo académico proporcionado. Al Personal Técnico del Departamento de Biología Marina del Instituto Oceanográfico de Venezuela, por el trabajo de campo realizado y a la Lic. LEONOR BRITO por levantar el texto en la procesadora de palabras.

REFERENCIAS

- BRITO, I. M. 1962. Ensaio de Catálogo dos Equinodermas do Brasil. *Avulso Cent. Estud. Zool. Univ. Brasil*. (13): 1-11.
- CLARK, H. L. 1907. The Apodous Holothurians. *Smithson. Contr. Knowl.*, 35:231 pp.
- _____. 1933. *A Hand Book of the Littoral Echinoderms of Porto Rico and the other West Indian Island. Sci. Surv. Porto Rico. Virgin Islands*, 16(1): 1-147.
- DEICHMANN, E. 1926. Report on the Holothurians collected by the Barbados. Antigua Expedition. *Stud. Nat. Hist. Univ. Iowa*, 11(7): 9-31.
- _____. 1930. The Holothurians of the Western part of the Atlantic Ocean. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Univ.* 71(3): 41-226.
- _____. 1938c. Holothurians from Byscaine Bay, Florida. *Proc. Fla. Acad. Sci.*, 3: 128-137.
- _____. 1941. The Holothuroidea collected by the Velero III during the years 1932-1938. Part. I, Dendrochirota. *Allan Hancock Pacific Exped.* 8(3): 61 - 195.
- DEICHMANN, E. 1946. A New species of *Thyone* s.s., from the Gulf of Mexico. *Occ. Pap. Mar. Lab. Baton Rouge*. 4:1-4.
- _____. 1954. The Holothurians of the Gulf of Mexico. p. 381-410. In Ed. P.S. Gatsoff) *Gulf of Mexico, its Origin, Water and Marine Life. U.S. Fish Wildlife Serv. Fish. Bull.*, 55(89).
- _____. 1963. Shallow-Water Holothurians Know from the Caribbean Waters. *Stud. Fauna Curacao*, 14(63): 100-118.
- HARRY, H. W. 1979. *Echinoderms recorded from the North Western Gulf of Mexico*. (Available from the Author, 4612 Evergreen St., Bellaire, Texas 77401:58 pp).
- HEDING, S. G. & A. PANNING. 1954. Phyllophoriadae eine bearbeitung der Polytentaculaten Dendrochiroten Holothurien des Zoologischen Museums in Kopenhagen. *Spolia Zool. Mus. Haun.* 13:7-209.
- MARTINEZ, A. 1982. Nuevos Registros de Holoturoideos (Holothuroidea: Dendrochirota y Apoda) de la Región Insular del Oriente Venezolano. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 21 (1-2): 113-121.
- _____. 1986. Equinodermos de Isla Aves, Venezuela. *Ibid.*, 25(1-2): 195-213.
- MARTINEZ, A. 1991. Holoturoideos Dendrochirotida (Holothuroidea: Echinodermata) I. Familia Cucumaridae. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. (En prensa este volumen).
- MILLER, J. E. & D.L. PAWSON. 1984. Holothurians (Echinodermata: Holothuroidea). *Memoirs of the Hourglass Cruises*. 7 (Part I): 1-71.
- PAWSON, D. L. 1970. The Marine Fauna of New Zealand: Sea Cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea). *Bull. N.Z. Dep. Scienc. Ind. Res.* 201(52): 1-69.
- _____. 1977. Marine Flora and Fauna of the Northeastern United States. Echinodermata: Holothuroidea: *NOAA Tech. Rep. NMFS Circ.* 405:15 pp.
- TOMMASI, L. R. 1969. Lista dos Holothuroidea Recents do Brasil. *Contr. Inst. Oceanogr. Univ. Sao Paulo (Oceanogr. Biol.)*, 15:1-29.
- _____. 1971. Equinodermas do Brasil. I. Sobre Algumas Especies novas e outras Pouco Conhecidas, para o Brasil. *Boln. Inst. Oceanogr., Sao Paulo*, 20:1-21.

INTERACCION ENTRE UN ESTUARIO NEGATIVO (LAGUNA DE LA RESTINGA, ISLA DE MARGARITA) Y EL MAR CARIBE ADYACENTE

ALFREDO GÓMEZ GASPAR

Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente, Boca de Río, Isla de Margarita, Venezuela.

RESUMEN: Se estudia la variabilidad temporal de las interacciones entre un estuario negativo (Laguna de La Restinga) y el Mar Caribe adyacente, el cual está afectado por una surgencia de aguas, especialmente notable durante los primeros meses de cada año. A tres millas (barlovento) de La Restinga y en el canal lagunar, durante un año (Abril /84 - Marzo / 85) cada 10 días se colectaron muestras de agua para determinar algunas variables ecológicas (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, clorofilas, índice pigmentario, producción primaria y la abundancia de zoopláncton). En el canal, las aguas superficiales y del fondo tienen mayor temperatura y salinidad, pero menor concentración de oxígeno que fuera de la laguna. En La Restinga, los pigmentos clorofílicos alcanzan concentraciones más altas durante los meses de Julio a Octubre que en el período de Enero a Abril. Igual tendencia presentó la producción primaria lagunar con valores superiores a 800 mgC/m³/día desde Mayo a Noviembre, mientras que desde Diciembre a Marzo osciló entre 350 y 450 mgC/m³/día. En cambio, en el mar contiguo la situación fue inversa y los mayores valores se determinaron de Diciembre a Abril. En todo el año de estudio el zoopláncton fue más abundante fuera de la laguna. Se concluye que durante los meses de temperatura más alta (Mayo a Noviembre) la laguna de La Restinga enriquece más notablemente el mar próximo y es uno de los factores que coadyugan a la fertilidad marina regional, cuando el efecto de la surgencia de aguas se hace menos intenso o finaliza.

ABSTRACT: It is generally well established that coastal lagoons continuously enrich the adjacent seas. However, the function of hypersaline lagoons, also called negative estuaries, located inside marine regions influenced by upwelling waters, is not clear. In this paper, observations on the temporal variability of interactions between La Restinga lagoon and the adjacent Caribbean Sea are presented. Two stations, one located in the channel of the lagoon and other located in the open sea, three miles southeast and windward off the first station, were sampled every 10 days during a year (April/84 to March/85). Ecological variables like temperature, salinity, oxygen, chlorophylls, primary production and zooplankton abundance were studied. Channel water (St.1) showed higher temperature and salinity, but less oxygen than open waters (St.2). In Station 1, chlorophyll pigments reached their highest concentrations from July to October and lowest values from January to April. A similar tendency was shown for primary production values i.e. 800 mgC/m³/day from May to November and 350-450 mgC/m³/day from December to April. On the other hand, in the Station 2 located in the adjacent sea, the picture was inverse and highest values were found from December to April. Additionally, the zooplankton was more abundant in the open sea. It is concluded that during months of more high temperature (June to November) La Restinga lagoon notably enriches the adjacent sea and probably is one of the factors which contribute for the fertility of this area, when the upwelling effect is less intensive or disappears.

INTRODUCCION

Generalmente las lagunas costeras eutrofican continuamente el mar próximo, pero no es bien conocida la función de las lagunas hiperhalinas situadas en regiones marinas fértiles, como el Nororiente de Venezuela. La Isla de Margarita posee lagunas costeras que tienen gran importancia ecológica, además de su interés recreacional y turístico. La Restinga es una laguna hiperhalina situada en una región típicamente xerofítica, como es la situación frecuente en las áreas costeras influenciadas por la surgencia de aguas subsuperficiales.

Se ha considerado que las lagunas costeras enrique-

cen continuamente las regiones marinas próximas, en tal sentido se deseó estudiar la variabilidad en el tiempo de algunas variables ecológicas, con el fin de establecer la interacción entre la laguna y las aguas adyacentes ricas, cuando se comparan con el resto del Mar Caribe.

La laguna de La Restinga puede considerarse un estuario negativo (MARGALEF, 1974) y se poseen conocimientos generales sobre su ecología (MONENTE, 1978; GÓMEZ, 1981, 1983; CERVIGÓN & GÓMEZ, 1986). En este trabajo se estudia la variabilidad temporal de los pigmentos clorofílicos, la producción primaria y la abundancia del zoopláncton en el canal de entrada y fuera del cuerpo lagunar, con el objeto de puntualizar las relaciones recíprocas entre la laguna y el mar próximo.

MATERIAL Y METODOS

En el canal de entrada a la laguna de La Restinga (Fig. 1) y en el mar adyacente en un punto (a barlovento) distante tres millas al sureste del canal lagunar, se obtuvieron muestras de agua cada 10 días desde Abril/84 hasta Marzo/85. En el canal lagunar se tomaron muestras en la superficie y el fondo (-6 m) para determinar la salinidad, la temperatura y el oxígeno disuelto. Para el análisis de las clorofilas y la producción primaria se colectaron muestras en un solo nivel (-1 m) porque en estas variables no existe diferencia significativa entre las concentraciones de la superficie y el fondo (GÓMEZ, 1983). En el mar adyacente se recolectó agua en la superficie y proximidades del fondo (-15 m).

La temperatura se determinó con termómetro corriente (aproximación de $0,1^{\circ}\text{C}$), el oxígeno disuelto por el método de Winkler y la salinidad con salinómetro de inducción (Plessen Env. System Mod. 63630-N). Los pigmentos se analizaron según lo indicado por STRICKLAND & PARSONS (1972). La producción primaria se estimó por el método del oxígeno, suspendiendo «in situ» botellas

(BOD) claras y oscuras durante un período de 4 a 5 horas. En base a la relación D430/D665 se calculó el índice pigmentario (MARGALEF, 1968).

Se realizaron arrastres (20 minutos) de plácton de superficie utilizando una red con boca de $0,4$ m de diámetro y abertura de malla de 1.090 micras y además provista con un contador de flujo digital. Generalmente, los arrastres se hacían durante 10 minutos en horas de la mañana e igual tiempo en horas de la tarde. Las muestras se fijaron con formol (5%) neutralizado y en laboratorio se determinó el volumen de plácton sedimentado y el peso seco, según metodología previamente utilizada (GÓMEZ, 1983; GÓMEZ & CHANUT, 1988). Los resultados fueron comparados estadísticamente utilizando el programa gráfico Statgraphics (STSC, 1986).

RESULTADOS Y DISCUSION

TEMPERATURA (FIG. 2): En el canal de la laguna de La Restinga, la temperatura superficial fluctuó entre $25,7$ y $28,9^{\circ}\text{C}$ (promedio anual $27,58 \pm 1,02^{\circ}\text{C}$) y en el fondo

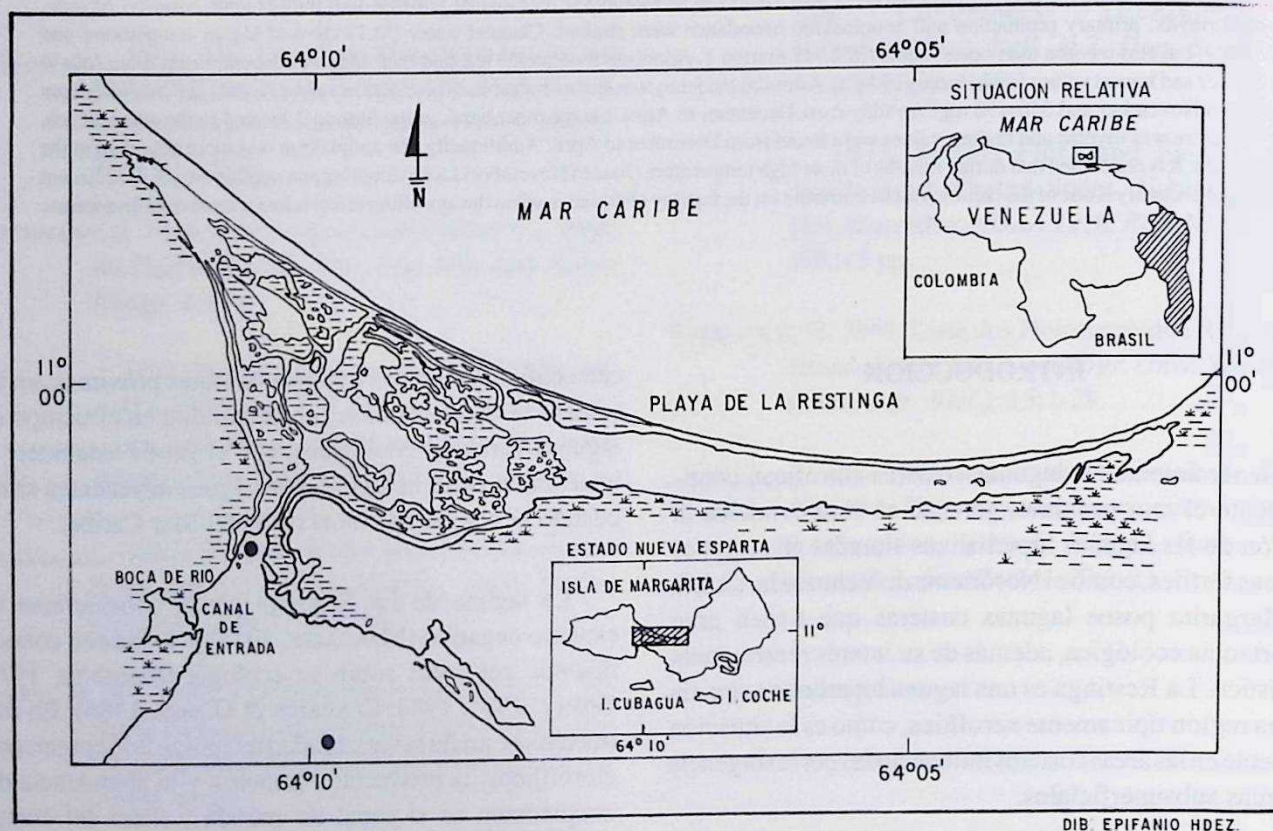


Fig. 1. Laguna de La Restinga - Isla de Margarita - Venezuela

• Estaciones de Muestreos.

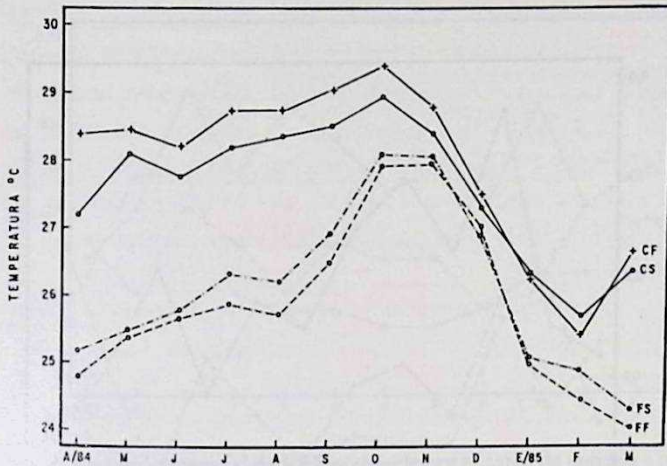


Fig. 2. Variación mensual de la temperatura en el canal de entrada a la laguna de La Restinga (C) y en un punto distante 3 millas (F).

CS: Canal Superficie o—o CF: Canal Fondo 6 m +—+
FS: Fuera Superficie o---o FF: Fuera Fondo 15 m o----o

varió entre 25,4 y 29,4°C (promedio anual $27,9 \pm 1,20^\circ\text{C}$). En el exterior de la laguna la temperatura superficial osciló entre 24,3 y 28,1°C (promedio anual $26,05 \pm 1,21^\circ\text{C}$), mientras que en proximidades del fondo fluctuó entre 24,0 y 27,9°C (promedio anual $25,85 \pm 1,27^\circ\text{C}$).

La temperatura tiene un gradiente de variabilidad típico, acorde al de la región, es decir, con períodos denominados «cálidos» y «fríos» (GÓMEZ, 1981, 1983). En el canal lagunar los valores mínimos se determinaron en Febrero-Marzo y los más altos en Octubre-Noviembre. La temperatura del fondo es normalmente más elevada que en la superficie, la diferencia es hasta de 1,5°C pero generalmente es alrededor de 0,5°C. Esta situación ya se había verificado anteriormente (MONENTE, 1978) quien cita que el agua del fondo lagunar es más caliente y de mayor salinidad, formándose en los canales y zonas marginales interiores.

En el mar adyacente (Est. 2) la temperatura en promedio es 1,5°C menos elevada (Tabla 1) que en la laguna y puede alcanzar una diferencia de hasta 2°C. Y a manera de comparación, es de notar que a una distancia de 12 kilómetros (Isla de Cubagua; GÓMEZ & CHANUT, 1988) la diferencia en la temperatura promedio superficial es de 3,5°C.

SALINIDAD (Fig. 3): En el canal, la salinidad en superficie varió entre 37,40 y 42,75‰ (promedio anual $39,23 \pm 1,65\text{‰}$); en el fondo osciló entre 37,77 y 43,22‰ (promedio anual de $40,46 \pm 1,76\text{‰}$). Afuera de la laguna,

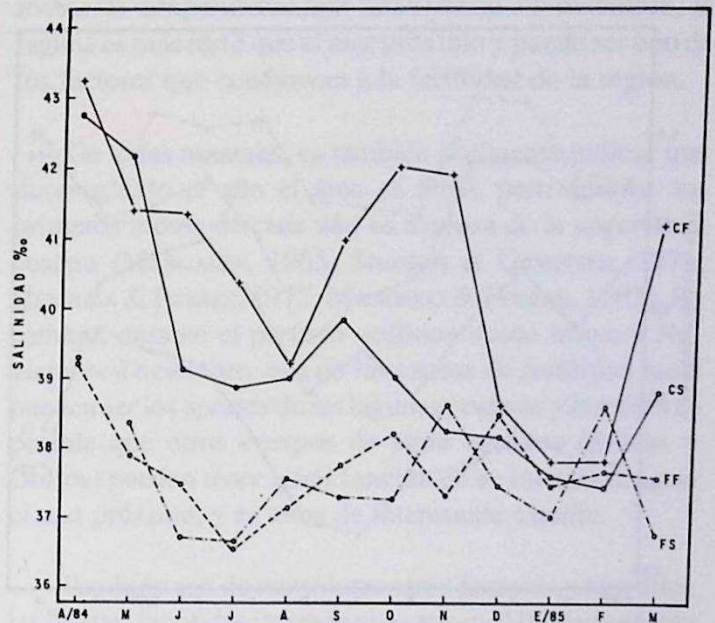


Fig. 3. Variación de la salinidad en el canal de entrada a la laguna La Restinga (C) y en un punto distante 3 millas (F).

CS: Canal Superficie o—o CF: Canal Fondo 6 m +—+
FS: Fuera Superficie o---o FF: Fuera Fondo 15 m o----o

la salinidad superficial fluctuó entre 36,68 y 39,28‰ (promedio anual $37,62 \pm 0,87\text{‰}$) mientras que a profundidad de 15 m osciló entre 36,59 y 39,29‰ (promedio anual de $37,74 \pm 0,67\text{‰}$).

En la laguna la salinidad es más elevada que aguas afuera (Tabla 1 y Fig. 1) y en el canal mismo la diferencia puede ser hasta de 3‰ entre la superficie y el fondo. Se debe concluir que el agua del fondo lagunar es más densa a causa principal de la salinidad elevada y no de la temperatura. De esta forma, en La Restinga se debe asociar agua más densa con la salinidad alta, y no con la temperatura baja.

OXÍGENO (Fig. 4): En la superficie del canal lagunar, la concentración de oxígeno osciló entre 3,12 y 4,41 ml/l (promedio anual $3,93 \pm 0,39$ ml/l) y en el fondo varió entre 2,72 y 3,91 ml/l (promedio $3,26 \pm 0,36$ ml/l).

A tres millas de la laguna el oxígeno superficial fluctuó entre 4,54 y 5,21 ml/l (promedio $4,86 \pm 0,25$ ml/l) y entre 3,83 y 4,97 ml/l (promedio $4,53 \pm 0,34$ ml/l) a 15 m de profundidad. En el canal lagunar el oxígeno tiene concentraciones inferiores que en el mar próximo, lo cual indica intensa actividad biológica. Así, en la laguna las aguas tienen mayor temperatura y salinidad, pero menor

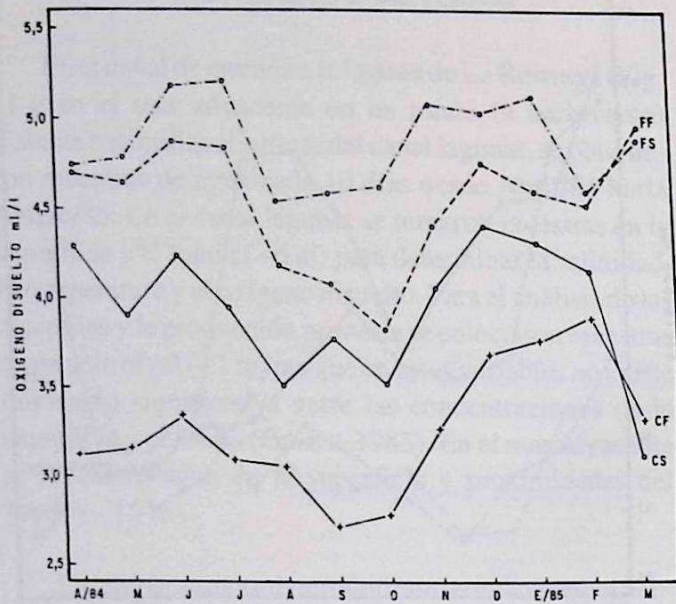


Fig. 4. Variación del oxígeno disuelto en el canal de entrada a la laguna de La Restinga (C) y en el punto distante 3 millas (F).

CS: Canal Superficie o—o CF: Canal Fondo 6 m +—+
FS: Fuera Superficie o----o FF: Fuera Fondo 15 m o---o

concentración de oxígeno que las aguas próximas (Tabla 1 y Fig. 12). Asimismo, es notable que las aguas del fondo del canal tienen mayor salinidad y temperatura, lo cual puede indicar la existencia de una corriente de fondo que transporta agua de mayor densidad (MONENTE, 1978).

CLOROFILA *a* (Fig. 5): En el canal lagunar, la clorofila *a* varió entre 0,19 y 0,46 mg/m³ (promedio anual de 0,29 ± 0,08 mg/m³). Afuera de la laguna, en la superficie

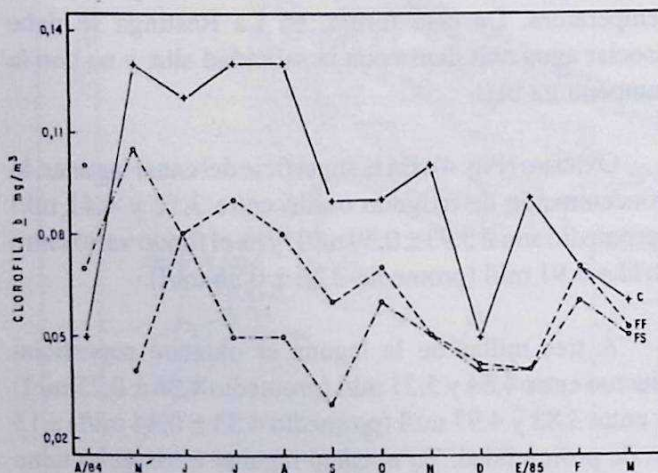


Fig. 6. Variación de la Cl *b* en el canal de entrada a la laguna de La Restinga (C) y en un punto distante 3 millas (F).

FS: Fuera Superficie o----o FF: Fuera Fondo 15 m o---o

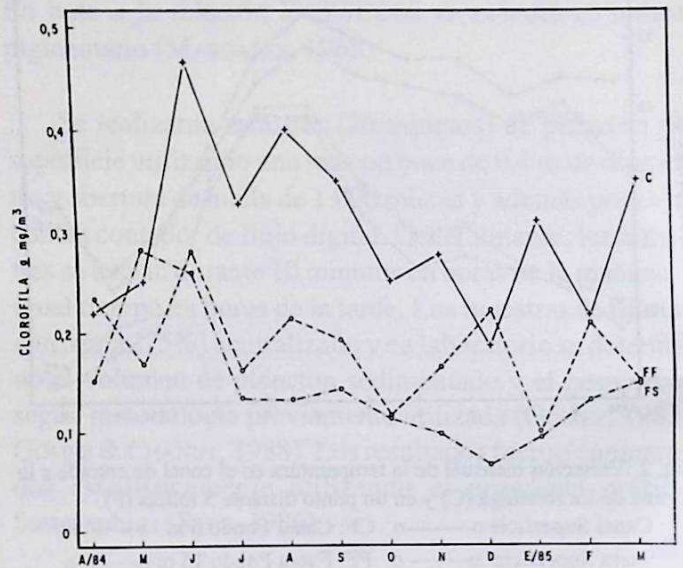


Fig. 5. Variación de la Cl. *a* en el canal entrada a la laguna de La Restinga (C) y en un punto distante 3 millas (F).

FS: Fuera Superficie o----o FF: Fuera Fondo 15 m o---o

osciló entre 0,07 y 0,28 mg/m³ (promedio 0,14 ± 0,05 mg/m³) y entre 0,10 y 0,27 mg/m³ (promedio 0,18 ± 0,05 mg/m³) a profundidad de 15 m.

CLOROFILA *b* (Fig. 6): En la laguna, la clorofila *b*, fluctuó entre 0,05 y 0,13 mg/m³ (promedio anual 0,09 ± 0,03 mg/m³). A tres millas, osciló entre 0,03 y 0,10 mg/m³

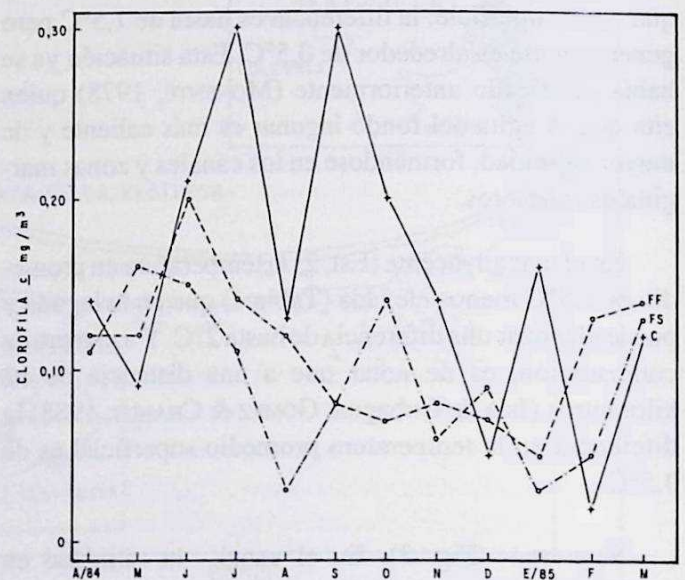


Fig. 7. Variación de la Cl *c* en el canal de entrada a la laguna de La Restinga (C) en un punto distante 3 millas (F).

FS: Fuera Superficie o----o FF: Fuera Fondo 15 m o---o

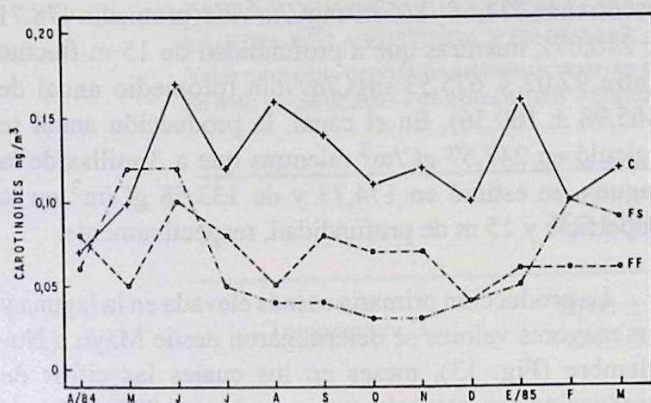


Fig. 8. Variación mensual de los carotinoides en el canal de entrada a la laguna de La Restinga (C) y en el punto distante 3 millas (F)

FS: Fuera Superficie o---o FF: Fuera Fondo 15 m o---o

(promedio anual $0,05 \pm 0,01 \text{ mg/m}^3$) y en profundidad de 15 m varió entre 0,04 y $0,10 \text{ mg/m}^3$ (promedio anual $0,06 \pm 0,02 \text{ mg/m}^3$).

CLOROFILA *c* (Fig. 7): En el canal, la clorofila *c*, entre 0,02 y $0,30 \text{ mg/m}^3$ (promedio anual $0,15 \pm 0,08 \text{ mg/m}^3$). En el mar próximo, en la superficie osciló entre 0,03 y $0,16 \text{ mg/m}^3$ (promedio anual de $0,09 \pm 0,04 \text{ mg/m}^3$) mientras que en el fondo varió entre 0,05 y $0,20 \text{ mg/m}^3$ (promedio $0,11 \pm 0,04 \text{ mg/m}^3$).

CAROTINOIDES (Fig. 8): En la laguna la concentración de carotinoides fluctuó entre 0,07 y $0,17 \text{ mg/m}^3$ (promedio anual $0,12 \pm 0,02 \text{ mg/m}^3$). A tres millas fuera, en la superficie osciló entre 0,03 y $0,12 \text{ mg/m}^3$ (promedio $0,06 \pm 0,03 \text{ mg/m}^3$) mientras que a profundidad de 15 m varió entre 0,04 y $0,10 \text{ mg/m}^3$ (promedio $0,06 \pm 0,01 \text{ mg/m}^3$).

En la laguna de La Restinga, los pigmentos fotosintéticos tienen concentraciones más elevadas que en las aguas adyacentes superficiales (Tabla 1) y se puede inferir que enriquecen las áreas próximas. Es notable que durante los meses de Julio a Septiembre-Octubre, los pigmentos alcanzan valores más altos que en el período de Diciembre a Abril, y esta es la tendencia general observada en el canal lagunar (Fig. 13) y también, aunque en menor grado, en las adyacencias lagunares.

En las Figs. 12 y 13 se muestra el resumen estadístico gráfico de los factores ecológicos estudiados en este trabajo y claramente se observa la tendencia general indicada. Las figuras permiten verificar la hipótesis planteada hace algún tiempo (GÓMEZ, 1983), que durante los

meses de temperaturas más altas (Junio a Noviembre) la laguna es más fértil que el mar próximo y puede ser uno de los factores que coadyuvan a la fertilidad de la región.

De todas maneras, es también pertinente indicar que durante todo el año el área es fértil, pero durante los primeros meses de cada año es a causa de la sugerencia costera (MARGALEF, 1965; SIMPSON & GRIFFITHS, 1971; HERRERA & FEBRES, 1975; MANDELLI & FERRAZ, 1982). En cambio, durante el período «cálido» desde Mayo a Noviembre-Diciembre, una de las causas de fertilidad local pueden ser los aportes de las lagunas costeras y también es posible que otros cuerpos de agua costeros (Bahías y Golfos) puedan tener igual función en su interacción con el mar próximo, y es tema de interesante estudio.

También son de considerar otros factores, entre ellos las lluvias, las ondas internas que causan el llamado efecto isla (SANDER, 1973) y la influencia de los grandes ríos suramericanos, especialmente el Orinoco. Consideramos que estas causas tienen como efecto o consecuencia la fertilidad marina costera en el Nororiente de Venezuela. Estos factores quizás pueden explicar los valores elevados de sales nutritivas en diferentes épocas del año y que se han calificado como surgencias (OKUDA, 1975, 1981). Pero en realidad el fenómeno hidrográfico ocurre especialmente durante los primeros meses de cada año cuando la velocidad del viento sobrepasa cierto valor (HERRERA & FEBRES, 1975), y durante los otros meses la causa de la

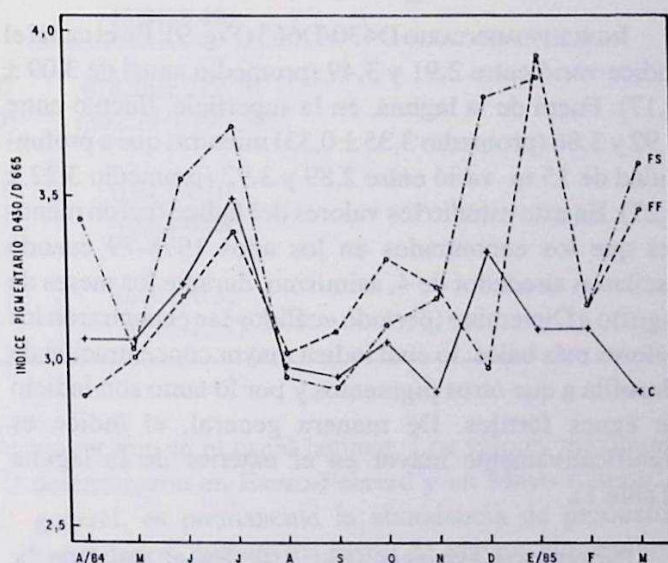


Fig. 9. Variación mensual del cociente D430/D665 en el canal de entrada a la laguna de La Restinga (C) y en un punto distante 3 millas (F).

FS: Fuera Superficie o---o FF: Fuera Fondo 15 m o---o

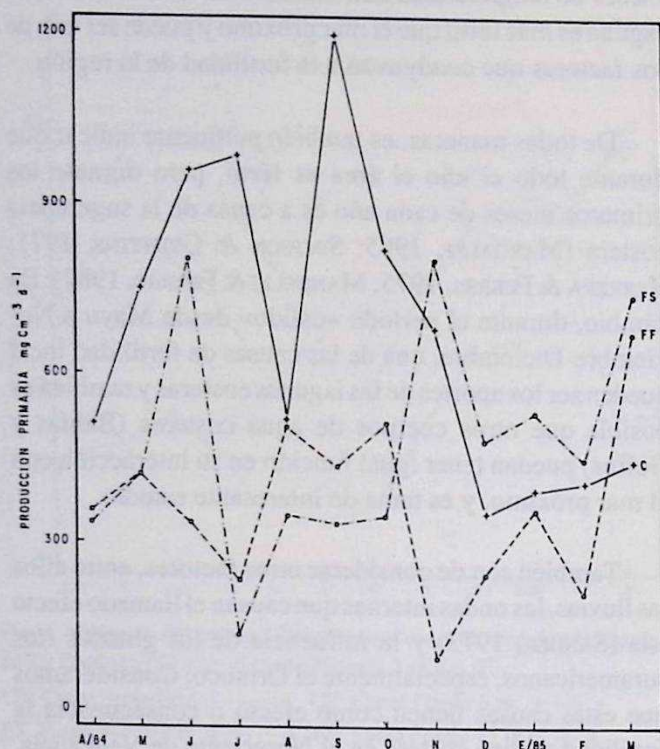


Fig. 10. Variación de la producción primaria en el canal de entrada a la laguna de La Restinga (C) y en un punto distante 3 millas (F).

FS: Fuera Superficie o---o FF: Fuera Fondo 15 m o--o

fertilidad regional puede tener orígenes (inputs) distintos, como se ha mencionado.

ÍNDICE PIGMENTARIO D430/D665 (Fig. 9): En el canal el índice varió entre 2,91 y 3,49 (promedio anual de $3,09 \pm 0,17$). Fuera de la laguna, en la superficie, fluctuó entre 2,92 y 3,86 (promedio $3,35 \pm 0,33$) mientras que a profundidad de 15 m varió entre 2,89 y 3,92 (promedio $3,22 \pm 0,27$). En este estudio los valores del índice fueron menores que los encontrados en los años 1978-79 cuando oscilaron alrededor de 4, asimismo, durante los meses de Agosto a Diciembre (período «cálido») se encontraron los valores más bajos, lo cual indica mayor concentración de clorofila *a* que otros pigmentos y por lo tanto son indicio de aguas fértiles. De manera general, el índice es significativamente mayor en el exterior de la laguna (Tabla 1).

PRODUCCIÓN PRIMARIA (Fig. 10): En el canal de la laguna de La Restinga, la producción primaria varió entre 352,79 y 1.196,39 mgC/m³/día (promedio anual $678,28 \pm 279,70$ mgC/m³/día). Afuera de la laguna, en la superficie,

osciló entre 131,68 y 805,69 mgC/m³/día (promedio $478,71 \pm 210,07$); mientras que a profundidad de 15 m fluctuó entre 92,02 y 675,53 mgC/m³/día (promedio anual de $365,98 \pm 160,36$). En el canal, la producción anual se calculó en 247,57 gC/m³ mientras que a 3 millas de la laguna, se estimó en 174,73 y de 133,58 gC/m³ en la superficie y 15 m de profundidad, respectivamente.

La producción primaria es más elevada en la laguna y los mayores valores se determinaron desde Mayo a Noviembre (Fig. 13), meses en los cuales las cifras de producción son generalmente superiores a 800 mgC/m³/día mientras que desde Diciembre a Marzo la producción osciló entre 350 y 450 mgC/m³/día. De esta forma, con la producción primaria también se verifica que en los meses «cálidos» es mayor la producción lagunar y debe tener efecto importante a nivel de la ecología regional (GÓMEZ, 1983). En el mar contiguo la producción tiene altibajos marcados, pero a las cifras de producción desde Diciembre a Abril son superiores a las del canal lagunar (Fig. 14) y es a causa de la surgencia que afecta el área durante esos meses.

ABUNDANCIA DE ZOOPLANCTON: En el canal de la laguna de La Restinga el volumen sedimentado (Fig. 11A) varió entre 0,02 y 0,08 cc/m³ (promedio anual de $0,04 \pm 0,01$) y la biomasa seca (Fig. 11B) osciló entre 0,16 y 1,27

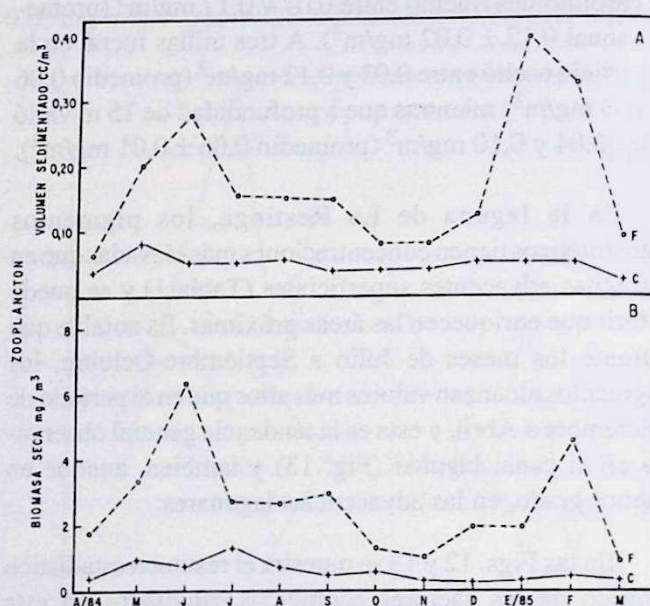


Fig. 11. Variación de la abundancia de zoopláncton en el canal de entrada a la laguna de La Restinga (C) y en un punto distante 3 millas (F).

A: Volumen Sedimentado B: Biomasa Seca

Interacción de estuario negativo y el mar Caribe

TABLA 1. COMPARACION DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA SUPERFICIE DEL CANAL DE LA LAGUNA DE LA RESTINGA Y EN EL MAR ADYACENTE.

Valor promedio, desviación estándar y rango en paréntesis.

Se indica significancia estadística P 0,05 + Significante.

	Mar adyacente	Canal lagunar	Prueba Mann-Whitney
Temperatura °C	26,05 ± 1,21 (24,3-28,1)	27,58 ± 1,02 (25,7-28,9)	+
Salinidad ‰	37,62 ± 0,87 (36,68-39,28)	39,23 ± 1,65 (37,40-42,75)	+
Oxígeno ml/l	4,86 ± 0,25 (4,54-5,21)	3,93 ± 0,39 (3,12-4,41)	+
Clorofila a mg/m ³	0,14 ± 0,06 (0,07-0,28)	0,29 ± 0,08 (0,19-0,46)	+
Clorofila b mg/m ³	0,05 ± 0,01 (0,03-0,10)	0,09 ± 0,03 (0,05-0,13)	+
Clorofila c mg/m ³	0,09 ± 0,04 (0,03-0,16)	0,15 ± 0,08 (0,02-0,30)	-
Carotinoides mg/m ³	0,06 ± 0,03 (0,03-0,12)	0,12 ± 0,02 (0,07-0,17)	+
Indice D430/D665	3,35 ± 0,33 (2,92-3,86)	3,09 ± 0,17 (2,91-3,49)	+
Prod. primaria mgC/m ³ /día	478,71 ± 210,07 (131,68-805,69)	678,28 ± 279,70 (352,79-1.196,39)	+
Volumen zooplánton mg/m ³	0,17 ± 0,10 (0,06-0,39)	0,04 ± 0,01 (0,02-0,08)	+
Peso seco zoopl. mg/m ³	2,59 ± 1,57 (0,80-6,29)	0,49 ± 0,32 (0,16-1,27)	+

mg/m³ (promedio anual 0,49 ± 0,32). A tres millas de la laguna, el volumen sedimentado osciló entre 0,06 y 0,39 cc/m³ (promedio 0,17 ± 0,10) y la biomasa seca fluctuó entre 0,80 y 6,29 mg/m³ (promedio 2,59 ± 1,57).

En el mar adyacente la abundancia de zooplánton es

mayor que en el canal lagunar. Los valores máximos se determinaron en Enero-Febrero y en Mayo - Junio. En general, es permanente la abundancia de productores secundarios, durante los meses de Mayo a Noviembre es a causa del enriquecimiento lagunar y por el fenómeno regional de la surgencia costera en los primeros meses de cada año.

FIG. 12 RESUMEN ESTADISTICO GRAFICO (BOX & WHISKER) DE LA VARIACION TEMPORAL DE FACTORES ECOLOGICOS ESTUDIADOS EN LA SUPERFICIE DE LA LAGUNA DE LA RESTINGA Y EL MAR ADYACENTE.

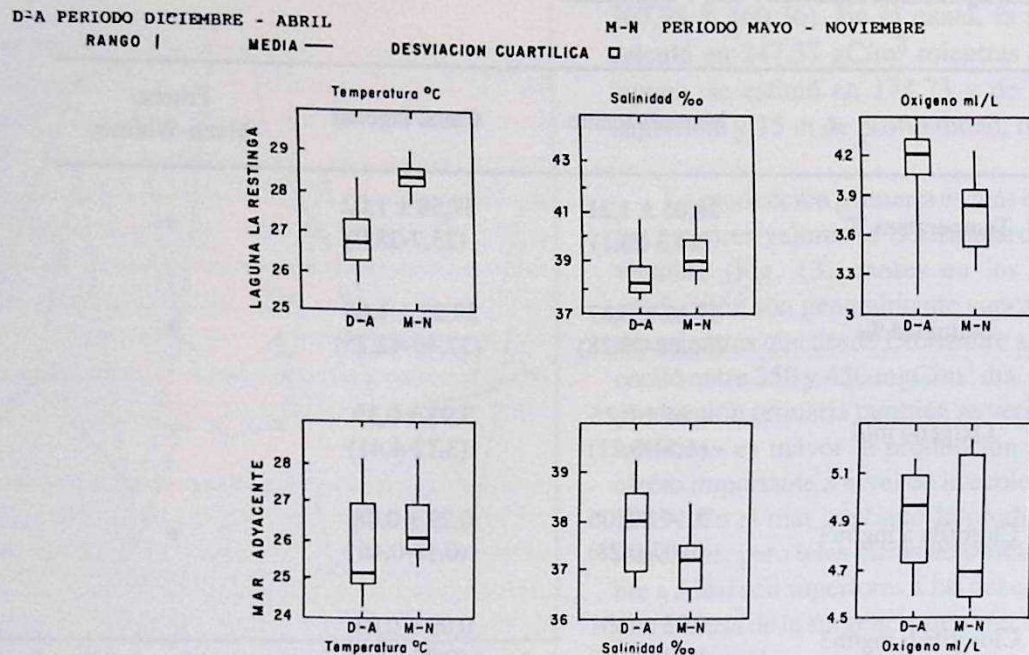


Fig. 12. Resumen estadístico gráfico (Box & Whisker) de la variación temporal de factores ecológicos estudiados en la superficie de la laguna de La Restinga y en el mar adyacente.

FIG. 13 RESUMEN ESTADISTICO GRAFICO (BOX & WHISKER) DE LA VARIACION TEMPORAL DE PIGMENTOS CLOROFILICOS, LA PRODUCCION PRIMARIA Y EL PESO SECO DEL ZOOPLANKTON EN LA SUPERFICIE DE LA LAGUNA DE LA RESTINGA Y EN EL MAR ADYACENTE.

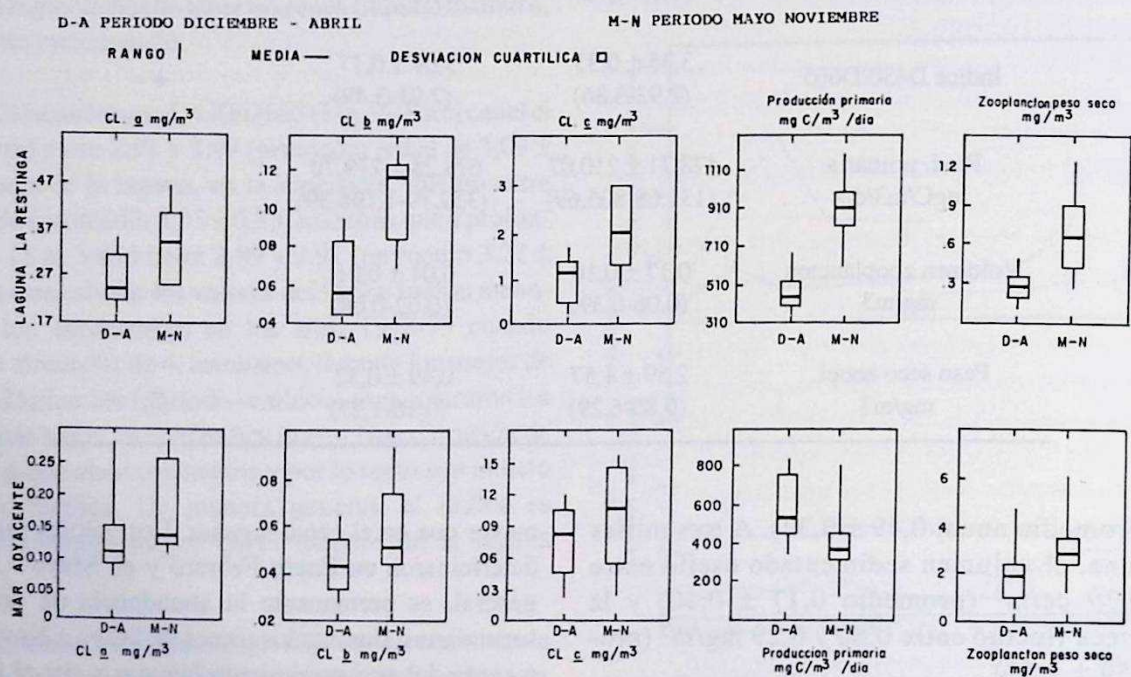


Fig. 13. Resumen estadístico gráfico (Box & Whisker) de la variación temporal de pigmentos clorofílicos la producción primaria y el peso seco del zoopláncton en la superficie de la laguna de La Restinga y en el mar adyacente.

CONCLUSION

En la interacción estuario negativo-mar moderadamente fértil (Nororiente de Venezuela), la laguna de La Restinga enriquece más notablemente las aguas adyacentes durante los meses de Mayo a Noviembre, período en el cual es menos intenso o cesa el fenómeno de la surgencia de aguas regional.

AGRADECIMIENTOS

Se expresa reconocimiento al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento parcial (Proy. 5/019/226/84). El Sr. EULOGIO PENOTH colaboró en los análisis de clorofilas. El Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico realizó las determinaciones de salinidad.

REFERENCIAS

- CERVIGÓN F. & A. GÓMEZ. 1986. *Las lagunas litorales de la Isla de Margarita*. Ed. Arte, Caracas.
- GÓMEZ, A. 1981. Estudio sobre las comunidades de peces en dos localidades de la laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 20 (1-2): 91-112.
- GÓMEZ A. 1983. Pigmentos clorofílicos, producción primaria y abundancia planctónica en el canal de entrada a la laguna de La Restinga, Venezuela. *Ibid.* 22(1-2): 43:63.
- _____ & J.P. CHANUT, 1988. Variación estacional de variables ecológicas en la Bahía de Charagato, Isla de Cubagua, Venezuela. *Mem. Cong. Iberoam. & Caribe. Fund. La Salle XXV Aniv. Isla de Margarita, Venezuela*.
- HERRERA, L. & G. FEBRES. 1975. Procesos de surgencia y de renovación de aguas en la Fosa de Cariaco, Mar Caribe. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 14 (1): 31-44.
- MANDELLI, E. & E. FERRAZ. 1982. Primary production and phytoplankton dynamics in a tropical inlet, Gulf of Cariaco, Venezuela. *Int. Rev. Hydrobiol.* 67 (1): 85-95.
- MARGALEF, R. 1965. Composición y distribución del fitopláncton. En: Estudios sobre el Ecosistema Pelágico del N.E. de Venezuela. *Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle*. 25 (70, 71, 72): 139-206.
- _____. 1968. *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press, Chicago.
- _____. 1974. *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona.
- MONENTE, J. 1978. Estudio químico físico de la laguna de La Restinga. *Mem. Soc. Cienc. nat. La Salle*. 110: 227-309.
- OKUDA, T. 1975. Características hidroquímicas del Golfo de Santa Fe y áreas adyacentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 14 (2): 251-268.
- _____. 1981, Análisis hidroquímicos de la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes, Venezuela. *Ibid.*, 20(12): 11-22.
- SANDER, F. 1973. Internal waves as causative mechanisms of Island Mass Effects. *Carib.J. Sci.*, 13: 179-182.
- SIMPSON, J., & R. GRIFFITHS. 1971. Afloramiento y producción biológica en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Min. Agric. Serie Recursos y Explotación Pesqueras*, 2 (1): 1-23.
- STRICKLAND, J. & T. PARSONS. 1972. Practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 167-310 pp.

INDICADORES FISIOLÓGICOS EN LA EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

MARINA VARGAS¹

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

MANUEL CORREA

INTEVEP, S.A. Gerencia General de Investigaciones Ecológicas y Ambientales Sección de Ecología e Impactos Ecológicos, Los Teques, Edo. Miranda, Venezuela.

&

K. S. CHUNG

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

RESUMEN: Como parte de un programa para estudiar el impacto de hidrocarburos aromáticos en especies marinas tropicales, se presentan los resultados de un trabajo comparativo sobre los efectos del benceno y naftaleno en la lisa *Mugil curema* y el corocoro *Orthopristis ruber*, dos especies de gran importancia comercial en las costas venezolanas. Para ello, la toxicidad letal y subletal fueron medidas a través de cambios en las actividades respiratorias (consumo de oxígeno) y excretorias (excreción de amonio) para establecer la relación o índice (O:N) capaz de permitir medir las alteraciones producidas por estos xenobióticos sobre la fisiología de estas especies. La toxicidad aguda determinada para el benceno y naftaleno alcanzó valores de 96h-CL₅₀ de 7,19 mg/l (95 % límites de confianza 6,39-7,89) y 1,79 mg/l (95% límites de confianza 1,32 - 2,13) respectivamente para *M. curema*; Mientras que para *O. ruber* se obtuvieron 5,70 mg/l (95 % límites de confianza 4,34 - 6,30) y 3,08 mg/l (95% límites de confianza 2,74 - 3,33). Estos ensayos indican una menor toxicidad del benceno para estas especies. En referencia a las actividades fisiológicas, las tasas respiratorias de peces expuestos a benceno, naftaleno y controles resultaron ser más elevados para *M. curema* que para *O. ruber*. Se determinó que *M. curema* y *O. ruber* expuestos a 0,01 mg/l de benceno alcanzaron valores de consumo de oxígeno de 0,62 y 0,36 mgO₂/g/h respectivamente. Mientras que a 0,1 mg/l el consumo de oxígeno se elevó a 0,95 y 0,44 mg O₂/g/h. Concentraciones de 0,01 mg/l de naftaleno produjo un incremento de 0,62 y 0,39 mgO₂/g/h para *M. curema* y *O. ruber* respectivamente; y a 0,1 mg/l incrementó el consumo de oxígeno a 0,94 y 0,64 mgO₂/g/h. Los valores de los controles obtenidos fueron de 0,79 mgO₂/g/h para *M. curema* y 0,29 mgO₂/g/h para *O. ruber*. Los resultados mostraron que no existían diferencias significativas entre el efecto del benceno y naftaleno sobre el consumo de oxígeno de ambas especies. Los valores promedio de amonio excretado por juveniles de *M. curema* expuestos a las concentraciones de 0,01, 0,1 y 1mg/l de benceno fueron 0,23 ± 0,07; 0,26 ± 0,13 y 0,51 ± 0,24 mg NH₄ - NH₃/g/día, respectivamente; todos inferiores al valor 0,81 ± 0,09 mg NH₄ - NH₃/g/día mostrado por el grupo control. En exposiciones a naftaleno, *M. curema* excretó 0,47 ± 0,09; 0,25 ± 0,04 y 0,41 ± 0,21 mg NH₄ - NH₃/g/día en las concentraciones señaladas. Por su parte, *O. ruber* excretó 0,32 ± 0,05; 0,30 ± 0,07 y 0,31 ± 0,06 mg NH₄ - NH₃/g/día y 0,39 ± 0,03; 0,41 ± 0,06 y 0,30 ± 0,06 mg NH₄ - NH₃/g/día expuestos a benceno y naftaleno respectivamente, en comparación con 0,92 ± 0,23 mg NH₄ - NH₃/g/día excretado por el grupo control. También los valores O:N obtenidos para ambas especies fueron mayores de 7 lo que indica una dependencia de la oxidación de carbohidratos y lípidos como sustrato energético en la obtención de energía para compensar sus necesidades metabólicas.

ABSTRACT: As part of a program to study the impact of aromatic hydrocarbons on tropical marine species, this paper presents results of comparative work on the effects of benzene and naphthalene to the white mullet *Mugil curema* and the «corocoro» *Orthopristis ruber*, two important fish species of the Venezuelan coasts. To this end, lethal and sublethal effects were measured by estimating the rate of excretion and respiratory activity (oxygen consumption, VO₂) in order to establish an oxygen: nitrogen (O:N) index which served for comparison between species and chemical compounds. Acute toxicity estimates for benzene and naphthalene yielded 96h-LC₅₀ values of 7.19 mg/l (95% confidence limits 6.39-7.89) and 1.79 mg/l (95% confidence limits 1.32-2.13) mg/l respectively for *M. curema*, while for *O. ruber* values of 5.70 mg/l (95% confidence limits 4.34-6.30) and 3.08 mg/l (95% confidence limits 2.74 - 3.33), respectively were calculated. This indicates a lower acute toxicity for benzene than naphthalene on both species. With regard to physiological endpoints, overall respiratory rates of fish exposed to either benzene, naphthalene or controls indicate higher values for *M. curema* than for *O. ruber*. Organisms exposed to benzene at concentrations of 0.01 mg/l of benzene, VO₂ for *M. curema* and *O. ruber* yielded 0.62 and 0.36 mg O₂/g/h respectively, while a concentration of 0.1 mg/l resulted on VO₂'s of 0.95 and 0.44 mg O₂/g/h respectively. Naphthalene at a concentrations of 0.01 mg/l gave VO₂'s of 0.62 and 0.39 mg O₂/g/h for *M. curema* and *O. ruber*, respectively, while at a concentration of 0.1 mg/l the same calculations resulted on VO₂ values of 0.94 and 0.64 mg O₂/g/h. Control VO₂'s indicated a value of 0.79 mg/g/h for *M. curema* and 0.29 mg O₂/g/h for *O. ruber*. No significant differences between the effect of benzene and naphthalene on the oxygen consumption were found. Ammonia excretion rate for juvenile of *M. curema* exposed to benzene concentrations of 0.01, 0.1 and 1 mg/l yielded values of 0.23 ± 0.07; 0.26 ± 0.13 and 0.51 ± 0.24 mg NH₄-NH₃/g/day, respectively; these values were lower than control (0.81 ± 0.09 mg NH₄-NH₃/g/day). *M. curema* exposed to naphthalene yielded values of 0.47 ± 0.09; 0.25 ± 0.04 and 0.41 ± 0.21 mg NH₄-NH₃/g/day. While for *O. ruber* values of 0.32 ± 0.05; 0.30 ± 0.07 and 0.31 ± 0.06; and 0.39 ± 0.03; 0.41 ± 0.06 and 0.30 ± 0.06 mg NH₄-NH₃/g/day exposed to benzene and naphthalene concentrations respectively, compared with controls (0.92 ± 0.23 mg NH₄-NH₃/g/day). In addition, values of O:N ratios higher than 7 indicate an increased dependence of both species to carbohydrates and/or lipid reserves to obtain energy in order to compensate metabolic costs.

¹ Dirección Actual: North Texas State University, Department of Biological Sciences, Denton, Texas 76201, USA.

INTRODUCCION

Los hidrocarburos aromáticos son constituyentes importantes del petróleo, siendo entre los más estudiados el benceno y el naftaleno, ya que ambos poseen una elevada toxicidad y se encuentran en altas proporciones tanto en el petróleo crudo como en el refinado. Su amplia utilización se debe además, a su estructura relativamente sencilla que los hace más estables, aún tratándose de compuestos volátiles, y a su relativa solubilidad en el agua (ANDERSON et al., 1974; STRUHSACKER et al., 1984; LAUGHLIN & NEFF, 1981; CORREA & VENABLES, 1985).

El efecto de los hidrocarburos aromáticos sobre peces ha sido bien documentado, especialmente sobre diversos aspectos tales como bioacumulación (ROUBAL et al., 1977; BERRY 1980), toxicidad aguda (DEVLING et al., 1982), actividad respiratoria (BROCKSEN & BAILEY, 1973; SCHNELL et al., 1980) y sobre su desarrollo y reproducción (STRUHSACKER et al., 1984; KORN & RICE, 1979; LINDEN et al., 1979).

El benceno además, ha sido señalado como causante de malformaciones de huevos y larvas de peces y se ha sugerido que puede interactuar con otros componentes aromáticos solubles en agua e incrementar su toxicidad. De cualquier modo, el efecto de concentraciones subletales de benceno sobre los procesos de absorción de vitelo, crecimiento y respiración demuestra que éste afecta la tasa metabólica y la utilización de energía por embriones y larvas de peces (STRUHSACKER, 1984). Por su parte, el naftaleno ha sido comúnmente empleado para estudios de contaminación por hidrocarburos. Así tenemos, entre otros, los trabajos de ROUBAL (1974), COLLIER et al. (1978) quienes analizaron el proceso de acumulación y eliminación de naftaleno en varias especies de peces; MOLES et al. (1981) quienes evaluaron el retardo en el crecimiento de alevines de salmón expuestos a este compuesto y DANGÉ (1986) quien realizó un estudio sobre sus efectos en el metabolismo de tilapias.

Aun cuando la investigación sobre la toxicidad de los hidrocarburos en ecosistemas acuáticos, se ha desarrollado firmemente, la mayoría de los trabajos se refieren a organismos que habitan en aguas templadas, disponiéndose de poca literatura sobre especies de aguas cálidas. CORREA & VENABLES (1985) han señalado la importancia de realizar estudios con fines comparativos en especies tropicales, tomando en cuenta que gran parte de la producción petrolera actual se centra en estas regiones.

Previo determinación del grado de toxicidad de los hidrocarburos, es conveniente evaluar sus efectos crónicos sobre procesos fisiológicos. Entre ellos, lo más comunes son los relacionados con alteraciones de la tasa respiratoria, en los que se determina el consumo de oxígeno, y de la tasa excretora, que mide los niveles de amonio liberados al medio. El estudio de los cambios en

la tasa respiratoria y en la excreción de organismos expuestos a concentraciones subletales de hidrocarburos es de gran importancia, puesto que da indicios de daños en el funcionamiento de su organismo aunque no causen efectos letales inmediatos. En base a lo anterior, varios autores han estudiado las alteraciones en el consumo de oxígeno y niveles de excreción de diversas especies (STICKLE et al., 1982; ANDERSON et al., 1974; HEITZ et al., 1974; LAUGHLIN & NEFF, 1981; CAPUZZO & LANCASTER, 1982; CAPUZZO et al., 1983; CRIDER et al., 1982).

La presente investigación tuvo como objeto la evaluación del efecto del benceno y naftaleno en la sobrevivencia y fisiología de peces marinos de importancia comercial. Para ello se definieron varios objetivos, el primero de los cuales fue determinar el grado de toxicidad del benceno y del naftaleno en juveniles de dos especies de peces comerciales típicos de las costas venezolanas, la lisa (*Mugil curema*) y el corocoro (*Orthopristis ruber*). También se expusieron organismos a concentraciones crónicas (subletales) de estos compuestos con el fin de examinar las alteraciones fisiológicas que podían producirse en la actividad respiratoria y excretora, y establecer la relación O:N como índice de utilización de energía, a ser usado como indicador de contaminación para estos hidrocarburos aromáticos.

MATERIALES Y METODOS

Los organismos fueron capturados en la localidad de Carenero, adyacente a la Estación Biológica de Tepialito de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre. Para ello, se emplearon dos redes tipo chinchorro playero de 10 y 60 m, con abertura de malla de 1 y 2 cm, respectivamente. Los animales fueron colocados en cavas de anime, con agua aireada a través de una bomba portátil y luego se transportaron al Instituto Oceanográfico de Venezuela por vía terrestre. Una vez en el laboratorio, los ejemplares fueron colocados en acuarios de vidrio con agua filtrada y aireación constante y se dejaron aclimatar por un período de 10 días, a una temperatura promedio de $21 \pm 2^\circ\text{C}$ y con ciclo lumínico natural. A partir del segundo día de aclimatación, se procedió a alimentarlos con alimento comercial para peces. El peso promedio de *M. curema* estuvo en el orden de 2,25 g, mientras que *O. ruber* tuvo un promedio de 7,4 g.

Para evaluar el efecto del benceno y del naftaleno, en la sobrevivencia de juveniles de *Mugil curema* y *Orthopristis ruber*, se realizaron bioensayos estáticos de renovación y se determinó la Concentración Letal Media (CL_{50}). Para ello, se usaron frascos de vidrio de boca ancha de tres litros de capacidad, con aireación constante y se colocaron 10 organismos, por concentración con su réplica. Se probaron concentraciones de benceno y naftaleno en un rango de 0 a 10 mg/l, las cuales fueron preparadas a partir de soluciones patrones de 1.000 mg/l, empleando etanol como solvente. Los ensayos se llevaron a cabo

durante 96 horas, con renovación total de agua cada 24 horas para minimizar la volatilización del contaminante. La alimentación fue suspendida 24 horas antes de la exposición.

Las tasas de consumo de oxígeno de organismos expuestos a estos hidrocarburos fue estudiada mediante un sistema de flujo continuo, similar al descrito por CORREA & COLER (1983). Para ello, se colocó cada organismo individualmente dentro de una cámara, que poseía botellas BOD a la entrada y a la salida, y todo el sistema estaba conectado a un tubo de drenaje. La velocidad de flujo se mantuvo controlada a través de un sistema de llaves, en aproximadamente 9 ml/min. El consumo de oxígeno se determinó por diferencias en las concentraciones de oxígeno de los recipientes colocados en la entrada y salida de la cámara. Las mediciones se realizaron con un oxígenómetro. Cada experimento tuvo una duración de 24 horas, se probaron tres concentraciones de cada hidrocarburo (0,01; 0,1 y 1 mg/l) y se realizaron 10 réplicas para cada condición experimental.

Los ensayos para determinar la influencia de hidrocarburos sobre la tasa de excreción de amonio en las especies estudiadas se realizaron en sistemas estáticos como los descritos previamente. En este caso, se seleccionaron concentraciones subletales de hidrocarburos a partir de las CL_{50} , las cuales fueron 0,01; 0,1 y 1 mg/l de benceno y naftaleno, respectivamente. Para la determinación de la concentración de nitrógeno amoniacal presente en el agua, se empleó el análisis químico descrito por HOROLEFF (1969). Sin embargo, el bioensayo se prolongó solo por 12 horas y la aireación fue eliminada para prevenir la volatilización del amonio. Cada serie de bioensayos consistió de siete (7) réplicas con su control y un frasco sin organismo, que funcionó como control para el agua. Adicionalmente, para cada bioensayo se preparó una serie de controles con la máxima concentración de etanol usada en la solubilización de los hidrocarburos, con la finalidad de determinar si el etanol empleado como solvente, producía efectos sobre los organismos. Finalmente, se calcularon los cocientes Oxígeno/Nitrógeno (O:N) como un índice de utilización de energía.

Se emplearon análisis de varianza y análisis de Duncan para la comparación de resultados en ambas pruebas (STEEL & TORRIE, 1960; SOKAL & ROHLF, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las concentraciones Letales Medias a 96 horas ($96h-CL_{50}$) para juveniles de *Mugil curema* expuestos a benceno y naftaleno fueron de 7,19 mg/l (95% límites de confianza 6,39 - 7,89) y 1,79 mg/l (95% límites de confianza 1,32-2,13) respectivamente. De los resultados obtenidos se desprende que éste último es notablemente más tóxico que el benceno para esta especie, lo cual coincide con lo señalado por otros autores quienes sostienen que los

hidrocarburos aromáticos de bajo peso molecular incrementan su toxicidad, debido a un aumento de su potencial de bioacumulación, en aproximadamente 10 veces por cada anillo bencénico (SOUTHWORTH et al., 1978). La misma situación se presentó en la otra especie estudiada, *Orthopristis ruber*, en donde la toxicidad del benceno, fue de 5,70 mg/l (95% límites de confianza 4,34-6,30) y 3,08 mg/l (95% límites de confianza 2,74-3,33) para benceno y naftaleno respectivamente. No hubo mortandad ni en los controles ni entre los organismos expuestos a etanol. En general, estas especies han demostrado ser altamente sensibles a ambos contaminantes en comparación con otros organismos estudiados. En estudios sobre la toxicidad del benceno, MEYERHOFF (1975), obtuvo un $96h-CL_{50}$ de 11 mg/l para la especie *Morone saxatilis*; mientras que BROCKSEN & BAILEY (1973) señalan un valor de 15 mg/l para *Oncorhynchus tshawytscha*, ambos muy superiores a los valores obtenidos en esta investigación (7,19 mg/l para *M. curema* y 5,70 mg/l para *O. ruber*). Los valores de $96h-CL_{50}$ de naftaleno en juveniles de *M. curema* y *O. ruber* fueron de 1,79 y 3,08 mg/l, valores inferiores a los señalados por DANGE (1986) para *Oreochromis mossambicus* (7,9 mg/l a las 96 horas y 2,4 mg/l a las 24 horas). Resultados similares para *M. curema* (0,1 mg/l) fueron indicados por CORREA & VENABLES (1985). Más recientemente, GARCÍA (1988) obtuvo un $48h-CL_{50}$ para el benceno en *M. curema*, muy superior (22 mg/l) a la concentración encontrada en esta investigación. Probablemente esas diferencias pueden deberse a las distintas metodologías utilizadas; ya que el etanol empleado pudo haber contribuido a la estabilización del benceno en el agua, disminuyendo su tasa de volatilización, mientras que GARCÍA (1988) por su parte, empleó una solución acuosa de benceno sin adición de ningún solvente orgánico, encontrando que el 50% del hidrocarburo se perdía en las primeras 6 horas incrementándose al 80-90% de pérdida, a las 12 horas.

BROCKSEN & BAILEY (1973) han recalcado la importancia del metabolismo respiratorio en la evaluación del estrés producido por variables ambientales. Obviamente el organismo debe hacer un gasto de energía para contrarrestar el efecto del contaminante y poder así llevar a cabo sus funciones vitales. En la medida en que la energía disponible no sea suficiente para mantener el metabolismo estándar y realizar los procesos de detoxificación, el organismo enfrentará problemas fisiológicos de mayor severidad. Nuestros resultados demuestran una ligera tendencia de los organismos estudiados a incrementar el consumo de oxígeno, como respuesta a su exposición a hidrocarburos, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. En la Fig. 1 se observa el efecto del benceno sobre el consumo de oxígeno de juveniles de *Mugil curema* y *Orthopristis ruber*. Los ejemplares de *M. curema* exhibieron comportamientos diferentes en las dos concentraciones empleadas. La menor de ellas 0,01 mg/l produjo una ligera reducción del consumo de oxígeno ($0,62 \pm 0,44$ mg/O₂/g/h) mientras que

a 0,1 mg/l el consumo se incrementó a $0,95 \pm 0,38$ mg O₂/g/h. Estas variaciones no fueron estadísticamente diferentes al compararlas con el consumo de los controles ($0,79 \pm 0,09$ mg O₂/g/h), aunque sí hubo diferencias significativas entre las dos concentraciones usadas ($P < 0,01$). En *O. ruber* hubo un ligero incremento de la tasa respiratoria de organismos expuestos a 0,01 y 0,1 mg/l de benceno ($0,36 \pm 0,08$ y $0,44 \pm 0,12$ mg O₂/g/h, respectivamente), aunque tampoco hubo diferencias significativas con respecto a los controles ($0,29 \pm 0,06$ mg O₂/g/h) ni entre las concentraciones empleadas.

La Fig. 1 muestra también el efecto del naftaleno sobre la tasa respiratoria de ambas especies. *M. curema* reaccionó al naftaleno de la misma forma que el benceno, experimentando una leve reducción del consumo de oxígeno a 0,01 mg/l de naftaleno, a niveles similares a los exhibidos para el benceno ($0,62 \pm 0,12$ mg O₂/g/h). La exposición a 0,1 mg/l de naftaleno produjo un incremento similar al señalado para el benceno ($0,94 \pm 0,25$ mg O₂/g/h). No se encontraron diferencias significativas entre el efecto del benceno y del naftaleno sobre el consumo del oxígeno de organismos de esta especie, expuestos a la misma concentración de contaminante. En *O. ruber*, nuevamente el incremento en la tasa respiratoria fue proporcional a la concentración de naftaleno. No se encontraron diferencias significativas entre organismos expuestos a la menor concentración (0,01 mg/l), con respecto a los controles, pero sí las hubo entre los controles y 0,1 mg/l ($0,64 \pm 0,11$ mg O₂/g/h). El consumo de oxígeno exhibido por juveniles de *M. curema* no expuestos a ningún contaminante, fue significativamente mayor que el *O. ruber* en las mismas condiciones. Al comparar el efecto de las concentraciones menores de ambos hidro-

carburos entre las dos especies estudiadas, no se encontraron diferencias significativas; sin embargo es de hacer notar que esto es una consecuencia de una leve reducción en el consumo de oxígeno de *M. curema* e incremento de éste en *O. ruber*, por lo que estos hidrocarburos, a la concentración de 0,01 mg/l parecen actuar en forma inversa sobre la tasa respiratoria de las especies estudiadas. En cuanto a las concentraciones mayores de hidrocarburos, el análisis de Duncan demostró que existían diferencias significativas solamente entre el consumo de oxígeno de *M. curema* y *O. ruber* expuestos a 0,1 mg/l de benceno y naftaleno.

Esta tendencia a incrementar el consumo de oxígeno ante la exposición de hidrocarburos, ha sido corroborado por otros autores (BROCKSEN & BAILEY, 1973; ANDERSON et al., 1974; GARCÍA, 1988) y se ha atribuido al proceso de biotransformación de los hidrocarburos absorbidos (LEE et al., 1972 en STOSS & HAINES, 1979; BROCKSEN & BAILEY, 1973). GARCÍA (1988) usando *M. curema* observó también un incremento en la tasa respiratoria de juveniles expuestos a benceno; sin embargo, los valores de consumo de oxígeno indicados por él son muy inferiores a los obtenidos en este estudio, incluso en los controles. La variaciones en las respuestas de los organismos expuestos, pueden estar relacionadas con las diferencias en las concentraciones de benceno empleadas. BROCKSEN & BAILEY (1973), estudiando el efecto del benceno sobre la tasa respiratoria de peces, encontraron que el consumo de oxígeno a bajas concentraciones era mayor que a concentraciones más altas y proponen que estos cambios pueden deberse a efectos narcóticos de los hidrocarburos, los cuales han sido señalados también por BERRY (1980). Resultados similares fueron obtenidos por STRUHSACKER et al. (1984)

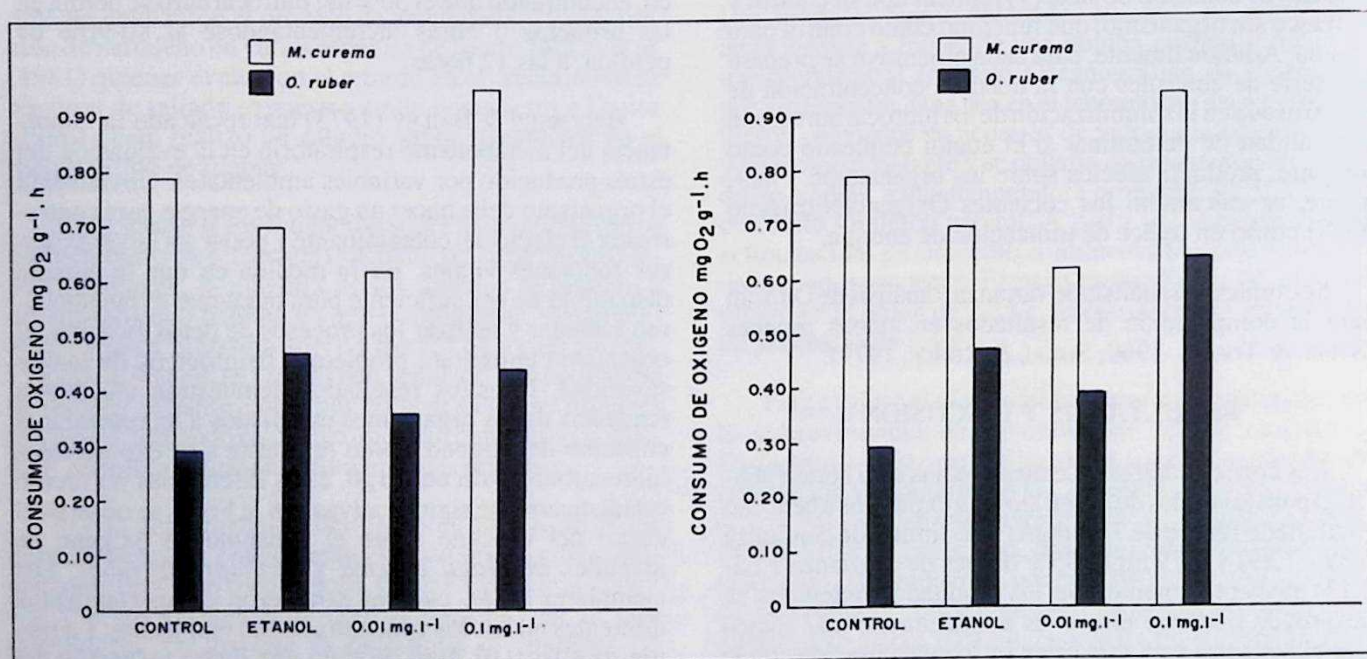


Fig. 1 Tasa respiratoria de las especies estudiadas expuestas a diferentes concentraciones de benceno (izquierda) y naftaleno (derecha).

en larvas de anchoas y arenques expuestos a diferentes concentraciones de benceno; mientras que HERTZ et al. (1974) han sugerido que la alteración del ritmo respiratorio de la especie *Mugil cephalus*, expuesta a altas concentraciones de hidrocarburos se debe a la deposición de éstos en las branquias, lo que produce una interrupción del intercambio gaseoso que se realiza en ellas. Con respecto a los controles no tenemos evidencia que pueda explicar la disparidad de los resultados. Dado que las soluciones de hidrocarburos se prepararon empleando etanol como solvente, fue necesario evaluar su acción sobre la tasa respiratoria. Se escogió este compuesto porque autores como ROUBAL et al. (1977) y DiMICHELE & TAYLOR (1978) afirman que no afecta el metabolismo de muchos peces. En nuestro caso, el efecto de etanol fue diferente en cada especie produciendo una reducción del consumo de oxígeno en lisas ($0,70 \pm 0,17 \text{ mg O}_2/\text{g/h}$) y un incremento en corocoros ($0,47 \pm 0,13 \text{ mg O}_2/\text{g/h}$); sin embargo, no hubo diferencias significativas con respecto a los controles correspondientes, ni entre las dos especies expuestas a etanol.

Como consecuencia de las alteraciones fisiológicas que afectan los procesos respiratorios en organismos expuestos a xenobióticos, se han estudiado varias fuentes alternativas de energía, que podrían ser utilizadas para las reacciones de desintoxicación y mantenimiento del metabolismo estándar; haciendo especial énfasis en las proteínas por ser, no sólo fuente de energía opcional, sino por constituir material de reserva para la reparación de tejidos. Con este propósito se evaluó el efecto que ejercían el benceno y el naftaleno, sobre la excreción de amonio de los ejemplares estudiados. El amonio es el principal producto de excreción en los organismos acuáticos y proviene de la degradación de proteínas, a través del proceso de desaminación oxidativa en el cual los aminoá-

cidos son transformados a cetácidos, que posteriormente son oxidados en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos, con producción de energía útil a la célula. Esta reacción se produce por intermedio de los aminoácido oxidasas con intervención de flavinas como aceptores de hidrógeno, originando entre sus productos amonio, el cual posteriormente es expulsado al medio (WILSON, 1979).

En la Fig. 2 se observan las alteraciones de la tasa excretora de juveniles de *M. curema* y *O. ruber*, expuestas a varias concentraciones de benceno. Las dos concentraciones empleadas (0,01, 0,1 mg/l) produjeron en ambas especies una reducción significativa del amonio excretado, con respecto a los controles. En ejemplares de *M. curema* expuestos a 0,01 y 0,1 mg/l de benceno, las concentraciones promedio de amonio excretado ($0,23 \pm 0,07$ y $0,26 \pm 0,13 \text{ mg NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$); el análisis de Duncan demostró que esas diferencias eran significativas. Con respecto a *O. ruber*, los niveles promedio de amonio fueron similares en las tres concentraciones empleadas 0,01, 0,1 y 1 mg/l obteniéndose valores de $0,32 \pm 0,05$; $0,30 \pm 0,07$ y $0,31 \pm 0,06 \text{ mg NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$ respectivamente.

La Fig. 2 muestra también los efectos del naftaleno sobre la excreción del amonio en los organismos estudiados. De nuevo se observa una drástica disminución en la tasa excretora en ejemplares de ambas especies expuestos a este hidrocarburo, con respecto a los controles. En lisas, la mayor reducción se observó a 0,1 mg/l ($0,25 \pm 0,04 \text{ mg NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$) seguida de 1 y 0,01 mg/l ($0,41 \pm 0,21$ y $0,47 \pm 0,09 \text{ mg NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$, respectivamente); sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre ellas. En *O. ruber*, la máxima concentración (1 mg/l) tuvo un efecto más marcado sobre la reducción de amonio excretado ($0,30 \pm 0,06 \text{ mg NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$) en

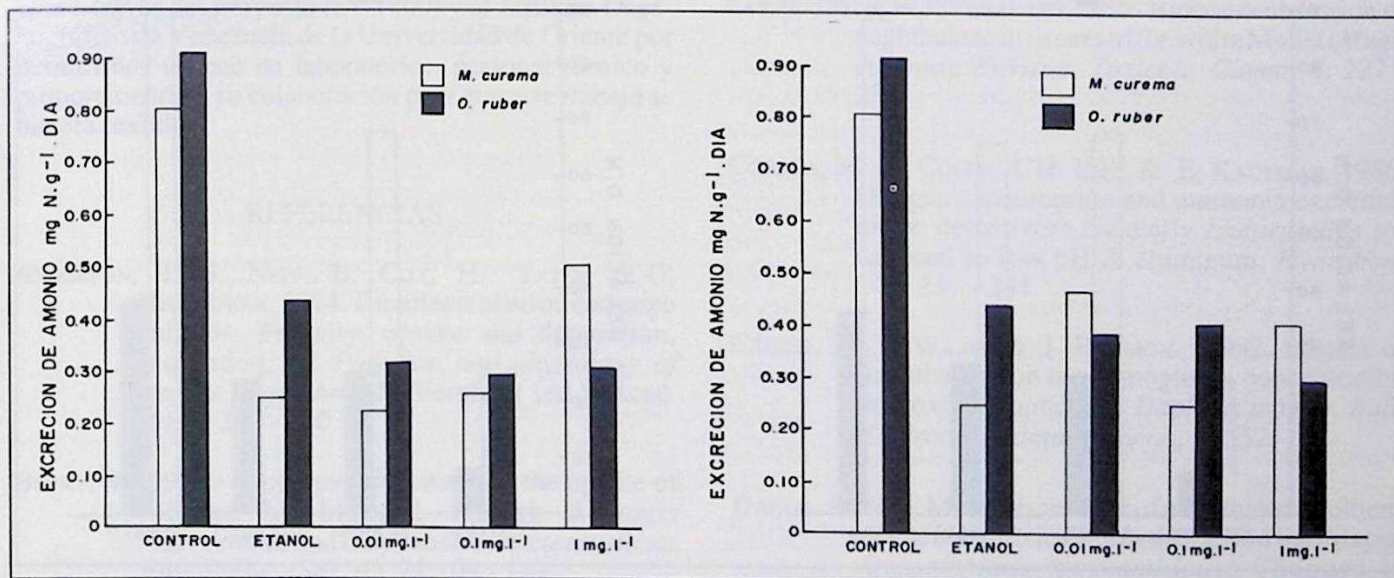


Fig. 2 Tasa excretora de las especies estudiadas expuestas a diferentes concentraciones de benceno (izquierda) y naftaleno (derecha).

comparación con las concentraciones de 0,01 y 01 mg/l ($0,39 \pm 0,03$ y $0,41 \pm 0,06$ mg $\text{NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$, respectivamente), aunque el análisis de Duncan demostró que esas diferencias no eran significativas. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre las respuestas de las dos especies a los diferentes tratamientos, a pesar de que la tasa excretora de los controles de *O. ruber* ($0,92 \pm 0,23$ mg $\text{NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$) fue ligeramente superior a la de los controles de *M. curema* ($0,81 \pm 0,09$ mg $\text{NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$).

Independientemente de las ligeras diferencias encontradas, en nuestros resultados resalta una fuerte tendencia a reducir la tasa excretora por parte de los organismos expuestos a estos contaminantes, lo cual pudiese ser consecuencia de lesiones en los órganos involucrados en las reacciones de producción de amonio, como secuela de la acción de los hidrocarburos. Previamente, DiMICHELE & TAYLOR (1978) encontraron degeneraciones de tejidos hepáticos y renales en ejemplares de *Fundulus heteroclitus*, expuestos a naftaleno. Por otra parte, los organismos expuestos a etanol, el solvente empleado para preparar soluciones de hidrocarburos, redujeron significativamente su tasa excretora con respecto a los controles en ambas especies. Aunque su efecto fue mayor en *M. curema* ($0,25 \pm 0,05$ mg $\text{NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$) que en *O. ruber* ($0,44 \pm 0,03$ mg $\text{NH}_4\text{-NH}_2/\text{g/día}$), no se encontraron diferencias significativas entre las dos especies, ni entre el etanol y las diferentes concentraciones de hidrocarburos, con la excepción de *M. curema* expuestos a 1 mg/l de benceno. Esto sugiere que el etanol pudo haber interferido con las reacciones de desaminación, siendo tal vez el responsable de la reducción en la tasa excretora. Sin embargo, se carece de evidencia experimental al respecto.

GARCÍA (1988) observó una tendencia similar en juveniles de *Mugil curema* expuestos a benceno, aunque los valores de amonio excretado encontrados por él de nuevo fueron muy inferiores a los obtenidos en esta investigación. Tampoco en este caso hubo indicios que permitan explicar la disparidad de los resultados.

El incremento de la tasa respiratoria junto a la disminución de los niveles de excreción de amonio fueron responsables de las alteraciones del cociente O:N, en todos los tratamientos experimentales. La Fig. 3 muestra las relaciones O:N de ejemplares juveniles de *M. curema* y *O. ruber* expuestos a benceno y naftaleno, respectivamente. Los gráficos demuestran marcadas diferencias entre las dos especies en todos los tratamientos, a excepción de la menor concentración de naftaleno. Los ejemplares de *M. curema* no tratados presentaron un valor de 3 veces mayor (23,5) que el de *O. ruber* (7,7) en condiciones similares. En ambas especies, la exposición a etanol se tradujo en un marcado incremento de la relación O:N equivalente en cada caso, al triple de los controles respectivos (68,4 para *M. curema* y 25,4 para *O. ruber*).

El margen de la diferencia entre las especies se conservó igual que para los controles. El efecto de la concentración más baja de benceno, 0,01 mg/l, fue similar al de etanol, obteniéndose valores de 66,1 para *M. curema* y 26,9 para *O. ruber*. La exposición a 0,1 mg/l de benceno produjo un fuerte incremento en el cociente O:N en ambas especies que significó un aumento de 4 veces el valor de los controles en *M. curema* (87,8) y 5 veces en *O. ruber* (35,5). En ambas concentraciones, *M. curema* presentó relaciones O:N dos y media veces mayores que las con-

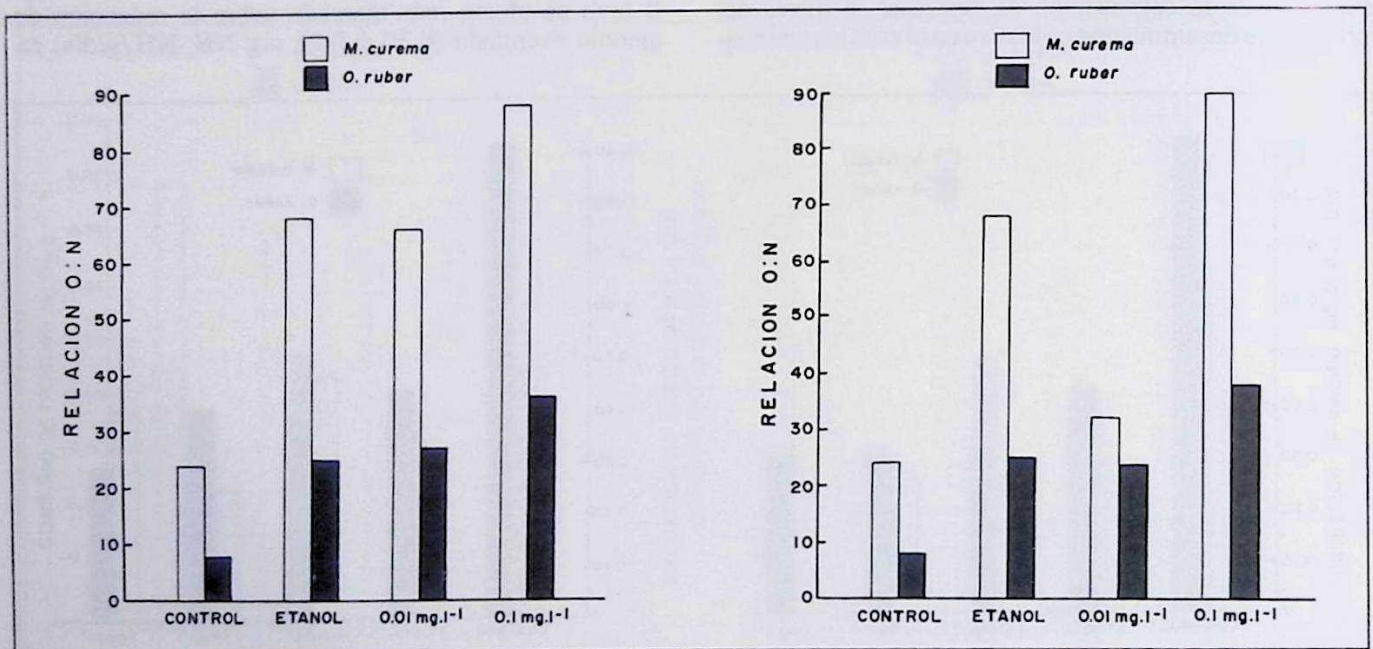


Fig. 3 Relación O:N de las especies estudiadas expuestas a diferentes concentraciones de benceno (izquierda) y naftaleno (derecha).

centraciones usadas para *O. ruber*. El efecto proporcional de las concentraciones se presentó nuevamente en los organismos expuestos a naftaleno. El valor obtenido a 0,01 mg/l para *O. ruber* (23,5) fue similar al de etanol y al de la menor concentración de benceno, representando un incremento de tres veces el valor del control. Sin embargo, el valor de la relación O:N en lisas expuestas a esta concentración fue menor (31,9) que en cualquier otro tratamiento, representando un incremento de 1,3 veces el valor del control, y colocándose muy por debajo de los valores obtenidos para etanol y 0,01 de benceno, en esta especie. Las diferencias entre especies se estimó por el mismo orden señalado para los controles. Los valores máximos se obtuvieron en las concentraciones de 0,1 mg/l de naftaleno, 90,4 para *M. curema* y 37,7 para *O. ruber*, representando 4 y 5 veces el valor de los controles respectivos. Estos valores estuvieron muy cercanos a los correspondientes a 0,1 mg/l de benceno y la diferencia entre especies fue similar a la indicada para éste.

De acuerdo con lo señalado por CAPUZZO & LANCASTER (1982) y CORREA et al. (1986) valores O:N de aproximadamente 7 indica que las proteínas son el sustrato para la producción de energía, mientras que valores superiores indican una mayor dependencia de lípidos y carbohidratos. Los altos valores alcanzados por el cociente O:N en esta investigación, descartan la utilización de proteínas como fuente de energía por los organismos estudiados, expuestos tanto a hidrocarburos como a etanol. Ello indica una dependencia de la oxidación de carbohidratos y lípidos como sustrato en la obtención de energía para compensar sus actividades metabólicas.

AGRADECIMIENTOS

Al CONICIT por el financiamiento de esta investigación a través del proyecto (S1-1800) y al Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente por permitirnos utilizar su laboratorio, personal técnico y proporcionarnos su colaboración para que este trabajo se hiciera realidad.

REFERENCIAS

- ANDERSON, J., J. NEFF, B. COX, H. TATEM & G. HIGHTOWER. 1974. The effects of oil on estuarine animals. Toxicity, uptake and depuration, respiration. In: *Pollution and physiology of marine organisms*. F. Vernberg (ed.). Acad. Press: 285 - 310.
- BERRY, W. 1980. A comparative study of the uptake of toluene by bluegill sunfish *Lepomis macrochirus* and crayfish *Orconectes rusticus*. *Env. Pollut.* (Ser. A), 21:109 - 119.
- BROCKSEN, R. & H. BAYLEY. 1973. Respirator response of juvenile Chinook salmon and striped bass exposed to benzene, a water soluble component of crude oil. In: *Joint conference on prevention and control of oil spills*. Wash., D.C. American Petroleum Institute: 783-791.
- CAPUZZO, J. & B. LANCASTER. 1982. Physiological effects of petroleum hydrocarbons on larval lobster (*Homarus americanus*): Hydrocarbons accumulation and interference with lipid metabolism. In: *Physiological mechanisms of marine pollutant toxicity*. E. Verneberg, A. Calabrese, F. Thurberg y F. Vernberg (ed.). Acad. Press: 447-501.
- CAPUZZO, J., B. LANCASTER & G. SASAKI. 1983. The effects of petroleum hydrocarbons on lipid metabolism and energetics of larval development and metamorphosis in the american lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards). *Sec. Int. Sym. on reponses of marine organisms to pollutants*; 27 pp.
- COLLIER, T., L. THOMAS & D. MALINS. 1978. Influence of environmental temperature on disposition of dietary naphthalene in coho salmon (*Oncorhynchus kisuth*). Isolation and identification of individual metabolites. *Comp. Biochem. Physiol.*, 61D: 23 - 28.
- CORREA, M. & R. COLER. 1983. Enhanced oxygen uptake rates in dragonfly nymphs (*Somatochlora cingulata*) as indication of stress from naphthalene. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 30: 269 - 276.
- CORREA, M. & B. J. VENABLES. 1985. Bioconcentration of naphthalene in tissues of the white Mullet (*Mugil curema*). *Environ. Toxicol. Chem.*, 4: 227 - 231.
- CORREA, M., R. COLER, CH. YIN, & E. KAUFMAN. 1986. Oxygen consumption and ammonia excretion in the detritivore caddisfly *Limnephillus* sp. exposed to low pH & aluminum. *Hydrobiol.*, 140: 237 - 241.
- CRIDER, J., J. WILHM & J. HARMON. 1982. Effects of naphthalene on the hemoglobin concentration and oxygen uptake of *Daphnia magna*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 28: 52 - 57.
- DANGE, A. 1986. Metabolic effects of naphthalene, toluene or phenol intoxication in the cichlid fish tilapia, *Oreochromis mossambicus*: Changes in aminotransferase activities. *Environ. Pollut.* (Ser. A.), 42: 311 - 323.

- DEVLING G. E., J. BRAMER & R. PUYEAR. 1982. Acute toxicity of toluene to three age group of fathead minnows *Pimephales promelas*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 29: 12 - 17.
- DiMICHELE, L. & M. TAYLOR. 1978. Histopathological responses of *Fundulus heteroclitus* to nephthalene exposure. *J. Fish. Res. Board Can.*, 35: 1060 - 1066.
- GARCÍA, H. 1988. Efectos del benceno sobre el consumo de oxígeno y la excreción de amonio de la lisa *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) (Pisces, Mugilidae). *Tesis de Grado. Dpto. de Biología, Esc. Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná*, 66 pp.
- HEITZ J., L. LEWIS, J. CHAMBERS & J. YARBROUGH. 1974. The acute effects of empire mix crude oil on enzymes in oysters, shrimps and mullet. In: *Pollution and physiology of marine organisms*. F. Vernberg y W. Vernberg (ed.). Acad. Press: 311 - 328.
- KOROLEFF, F. 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *ICES, C.M. 1969/Hydr. Comm., 9 HYDR. Comm.*
- LAUGHLIN, R. JR. & J. NEFF. 1981. Ontogeny of respiratory and growth responses of larval mud crab *Rhytidoponopeus harrisi* exposed to different temperatures, salinities and naphthalene concentrations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5: 319-332.
- LINDEN, O., J. SHARP, R. LAUGHLIN, JR. & J. NEFF. 1979. Interactive effects of salinity, temperature and chronic exposure to oil in the survival and developmental rate of embryos of estuarine killfish *Fundulus heteroclitus*. *Mar. Biol.*, 51: 101-109.
- MOLES, A., S. BATES, S. RICE & S. KORN. 1981. Reduced growth of coho salmon fry exposed to two petroleum components, toluene and naphthalene, in freshwater. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110: 430-436.
- ROUBAL, W. 1974. Spin-labelling of living tissue-a method for investigating pollutant-host interaction. In: *Pollution and physiology of marine organisms*. F. Vernberg y W. Vernberg (ed.). Acad. Press: 367 - 379.
- ROUBAL, W., T. COLLIER & D. MALINS. 1977. Accumulation and metabolism of carbon 14 labelled benzene, and anthracene by young coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 51: 513-529.
- SCHNELL, J., E. GRUGER & D. MALINS. 1980. Mono-oxygenase activities of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) liver microsomes using three polycyclic aromatic hydrocarbon substrates. *Xenobiotica*, 10(3): 229-234.
- SOKAL, R. & J. ROHLF. 1979 *Biometría*. H. Blume (ed.): 832 pp.
- SOUTHWORTH, G., J. BEAUCHAMP & P. SHMIDER. 1978. Bioaccumulation potential of polycyclic aromatic hydrocarbons in *Daphnia pulex*. *Water. Res.*, 12: 973-977.
- STELL, R. & J. TORRIE. 1960. *Principles and procedures in Statistics*, McGraw-Hill. (N.Y.): 481 pp.
- STICKLE, W., T. SABOURIN & S. RICE. 1982. Sensitivity and osmoregulation of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, exposed to toluene and naphthalene. In: *Physiological mechanisms of marine pollutant toxicity*. W. Vernberg, A. Calabrese, F. Thurberg y F. Vernberg (ed.). Acad. Press: 331-348.
- STOSS, F. & T. HAINES. 1979. The effects of toluene on embryos and fry of the japanese medaka *Oryzias latipes* with a proposal for rapid determination of maximum acceptable toxicant concentrations. *Environ. Pollut.*, 20: 139-148.
- STRUHSAKER, J., M. ELDRIDGE & T. ECHEVERRÍA. 1984. Effects of benzene (a water-soluble component or crude oil) on eggs and larvae of pacific herring and northern anchovy. In: *Pollution and physiology of marine organisms*. F. Vernberg y W. Vernberg (ed.). Acad. Press: 253-284.

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA SOBRE LA ACUMULACION Y LA DEPURACION DE COBRE EN TEJIDOS DE JUVENILES DE MUGIL CUREMA (PISCES: MUGILIDAE)

MÉLIDA A. BOADA & K. S. CHUNG

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

MAIRÍN J. LEMUS

Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: Se realizaron bioensayos estáticos para determinar los valores de las concentraciones letales medias (LC_{50}), grado de acumulación y depuración de cobre en músculo, hígado y branquias de juveniles de *Mugil curema* (V.) a temperaturas de 22 y 28°C. Los valores de LC_{50} para cobre a las 96 horas, determinados por transformación de la probabilidad logarítmica de la concentración y el porcentaje de supervivencia, fue de 1,39 µg/g de peso seco a 22°C y 2,33 µg/g de peso seco a 28 °C. Se determinaron los niveles de acumulación de cobre por espectrofotometría de absorción atómica en ejemplares juveniles de *M. curema* expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm de cobre, preparadas con $CuSO_4$. El grado de acumulación de cobre presentó el siguiente orden: hígado > branquias > músculo. La temperatura ejerce un efecto significativo sobre la acumulación del metal; las branquias y el músculo acumulan más metal a la temperatura de 28°C, mientras que el hígado lo hace a 22°C. Todos los tejidos tienden a acumular mayor concentración del metal cuando están expuestos a dosis de 1,00 ppm. El proceso de depuración en hígado y en branquias se realiza en un período de siete días, mientras que el músculo necesita por lo menos 14 días.

ABSTRACT: Static bioassays were carried out to determine median lethal concentration values (LC_{50}), accumulation and depuration levels of copper in muscle, liver and gills of *Mugil curema* (V.) juveniles at temperatures of 22 and 28°C. The 96-hour LC_{50} values for copper, determined by the transformation of the logarithmic probability of concentrations and survival percentages were 1.39 µg/g of dry weight at 22°C and 2.33 µg/g of dry weight at 28°C. We determined copper accumulation levels by spectrophotometry of atomic absorption in juveniles samples of *M. Curema* exposed to 0.06 and 1.00 ppm copper concentrations prepared from $CuSO_4$ stock solution. The order of accumulation levels for copper was: liver > gills > muscle. The temperature has significant effect on the heavy metals accumulation; gills and muscle accumulated more at 28°C, while liver showed higher concentrations at 22°C. All tissues have a tendency to accumulate more heavy metals when exposed to dose of 1.00 ppm. The depuration process in liver and gills required seven days, while muscle needed at least fourteen days.

INTRODUCCION

El problema de la toxicidad por elementos contaminantes en organismos acuáticos es crítica, particularmente en peces, que constituyen un renglón alimenticio bastante significativo para las poblaciones del mundo. Las zonas costeras son las más productivas, sin embargo son las más sensibles a las fuerzas severas de los contaminantes. Muchos de estos elementos tiene una degradación muy lenta o simplemente no la tienen y se van acumulando constantemente en el agua y en el sedimento para luego pasar a los organismos a través de la cadena trófica.

El cobre normalmente se encuentra en estado nativo y en una gran variedad de sulfuros y de óxidos, aunque puede existir en forma de hidróxido y carbonatos que son

menos solubles. La concentración normal de cobre en el agua de mar es de 0,001-0,02 ppm en aguas costeras, sin embargo, se han detectado concentraciones de 1 ppm en zonas cercanas a depósitos de cobre. Este elemento es bioesencial para los organismos y se encuentra formando parte de muchas moléculas, particularmente enzimas tales como la ureasa, citocromo oxidasa, tiroxinasa, butiril CoA deshidrogenasa, etc. (BRYAN, 1976; WHITE & RAINBOW, 1985; MORENO, *et al.*, 1989; CHÓPITE & NUSETTI, 1990), este metal en general se comporta como un elemento tóxico a concentraciones significativamente bajas y en este sentido ha sido utilizado por el hombre para combatir organismos indeseables.

La toxicidad de muchos elementos trazas están influenciados por muchos factores ambientales, siendo la

temperatura quizás uno de los factores más importantes, ya que cambios en la temperatura afectan la tasa metabólica y su desarrollo, así como también influye en la distribución y el comportamiento de los organismos dentro del ecosistema (STEELER, 1983; BOUBEE, 1991). Se ha demostrado que la temperatura es un factor que afecta el límite de tolerancia media de muchos tóxicos, así como también el tiempo de supervivencia a diversas concentraciones del elemento traza (MACLEOD y PESSAH, 1973; HUDSON y SPRAGUE, 1975).

Debido a la capacidad de muchos metales a formar complejos con sustancia orgánicas, existe la tendencia a fijarse en los tejidos. La incorporación de estos metales pesados, con la subsecuente migración de los organismos, transferencia de la cadena alimenticia y deposición fecal provee un rápido sistema de transporte en el medio marino, además la concentración de metales en organismos marinos puede ser un buen indicador de contaminación. La vía de incorporación de los metales pesados puede ser a través de la alimentación, por vía cutánea o respiratoria y su eliminación a través del intestino, riñón y glándulas digestivas, claro que esto es muy particular para cada especie.

El objetivo del presente trabajo es determinar el efecto de la temperatura sobre la acumulación de cobre en tejidos de juveniles de *M. curema* y el tiempo necesario para que diferentes órganos y tejidos puedan depurar este elemento tóxico.

MATERIALES Y METODOS

Los ejemplares juveniles de *Mugil curema* se colectaron en la Laguna la Chica y Guacarapo, Golfo de Cariaco, Edo. Sucre (Fig. 1), se tomaron muestras de agua para la determinación de cobre, salinidad y temperatura. Los peces fueron llevados hasta la estación hidrobiológica de Turpialito del Instituto Oceanográfico donde permanecieron siete días y se les suministró una dieta de pescado fresco, luego fueron trasladados hasta el laboratorio para su aclimatación a 22 y 28°C durante siete días, durante este período de aclimatación los peces fueron alimentados con alimento básico en hojuelas.

Para la determinación del LC_{50} se realizaron bioensayos estáticos en envases de vidrio (16 x 16 x 20 cm) con tres litros de agua de mar natural y 4 ejemplares de

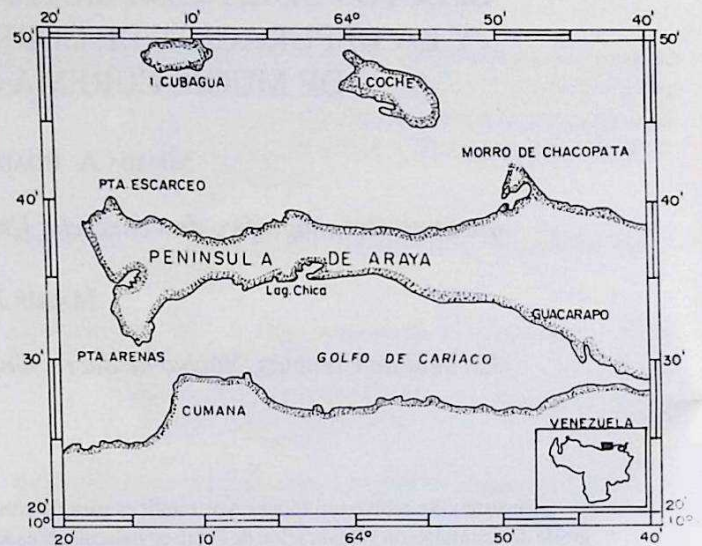


Fig. 1.- Ubicación geográfica de la Laguna Chica y Guacarapo, Golfo de Cariaco, Edo. Sucre.

M. curema en cada frasco con sus respectivos aireadores. Las concentraciones utilizadas fueron 1,0; 2,5; 5,5; 10 y 20 ppm de cobre preparadas con $CuSO_4$ y se realizaron 3 réplicas para cada concentración con sus respectivos controles. Los valores de LC_{50} se determinaron por transformación de la probabilidad logarítmica de la concentración letal y el porcentaje de supervivencia (SPRAGUE, 1973).

Los bioensayos de acumulación se realizaron colocando 16 ejemplares de *M. Curema* en tanques de 60 x 35 x 30 cm a 22 y 28°C con agua de mar natural. Se utilizaron dos concentraciones de cobre 0,06 y 1,00 ppm, dos réplicas para cada concentración con sus respectivos controles. Se tomaron muestras al azar durante un período total de exposición de 4 días en intervalos de 1/4, 1/2, 1, 2, 3, y 4 días. Posteriormente se les disectó las branquias, hígado y un trozo de músculo, los cuales fueron colocados en tubos de ensayo y secados durante 24 h a 110°C.

Para realizar los bioensayos de depuración se colocaron 16 ejemplares de *M. curema* en acuarios y después de transcurrido los cuatro días de acumulación de metal fueron colocados en agua limpia (sin metal) y se procedió a tomar muestras cada 7 días durante 4 semanas.

Las muestras previamente secadas de los bioensayos de acumulación y depuración fueron tratadas con 5 ml de HNO_3 (65%) para su digestión y se calentaron hasta la sequedad. El residuo se disolvió con agua dionizada y se filtró sobre papel Watman No. 42, posteriormente se

aforaron en balones de 10 ml. La determinación de cobre en los tejidos se realizó por espectrofotometría de absorción atómica utilizando un aparato Perkin Elmer Mod. 403. Los resultados obtenidos fueron expresados en $\mu\text{g/g}$ de peso seco.

RESULTADOS

Los valores de la concentración letal media (LC_{50}) para cobre a las temperaturas de 22 y 28°C a las 96 horas, determinadas por transformación de la probabilidad logarítmica y el porcentaje de supervivencia están resumidas en la Tabla 1 donde se observa que los juveniles de *Mugil curema* presentan un LC_{50} a 22°C de 1,39 ppm de Cu y a 28°C de 2,33 ppm.

La acumulación de cobre en branquias y en músculo de juveniles de *M. curema* expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm de Cu a temperaturas de 22 y 28°C, indican que la asimilación de este elemento en los tejidos difiere significativamente en cuanto a la temperatura, concentración del metal y el tiempo de exposición (Tablas 2 y 3). En el tejido hepático se demostró que la temperatura ejerce un efecto significativo sobre la acumulación del metal, no siendo así para la concentración del contaminante ni para el tiempo de exposición (Tabla 4).

La curva de acumulación de cobre en branquia de los ejemplares (Fig. 2) expuestos a una concentración de cobre de 1,00 ppm mostró un incremento rápido durante las primeras 12 horas hasta el primer día para luego declinar el cuarto día de exposición. Para los ejemplares sometidos a una concentración de 0,06 ppm y 28°C la acumulación de cobre fue progresiva durante los cuatro días.

La acumulación de cobre en músculo fue mucho menor que en branquias e hígado. A 28°C las curvas de

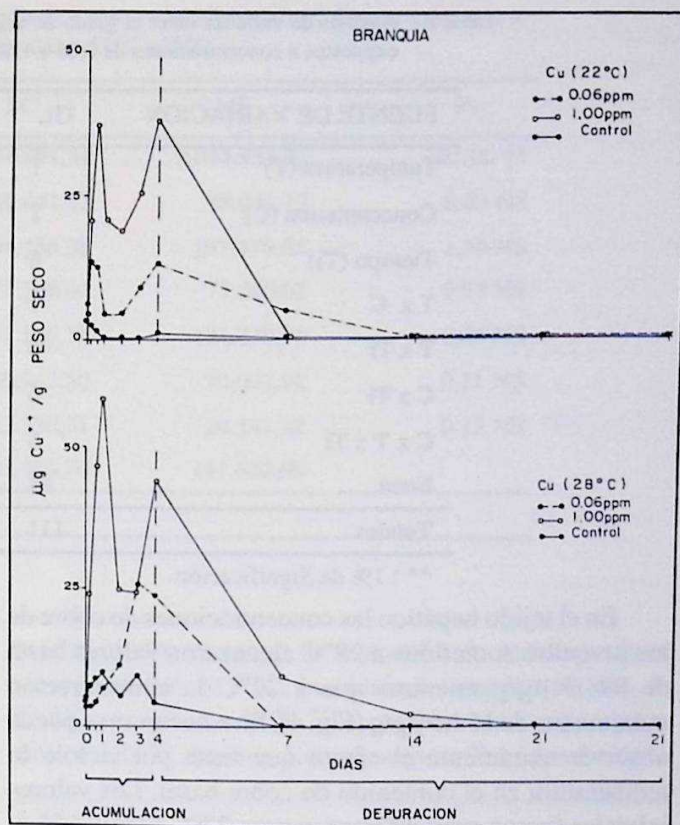


Fig. 2.- Acumulación y depuración de cobre en branquias de juveniles de *Mugil curema* expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm y temperaturas de 22°C y 28°C.

acumulación de cobre señalan que el contenido de cobre es mayor en peces expuestos a 1,00 ppm que a 0,06 ppm a diferencia de las curvas señaladas para 22°C en donde se observa que el contenido de cobre al cuarto día fue similar para ambas concentraciones del metal; en este tejido se evidencia que la acumulación de cobre es progresiva hasta el cuarto día. La temperatura por si sola no parece ejercer efecto sobre la distribución del metal en este tejido, pues las concentraciones basales pueden llegar a alcanzar valores hasta de 4,4 $\mu\text{g/g}$ de peso seco a ambas temperaturas (Fig. 3).

Tabla 1.- Concentración letal media (LC_{50}) de cobre en ejemplares de *Mugil curema* durante 96 horas de exposición a 22°C y a 28°C.

N	Temperatura (°C)	LC_{50} (ppm)	Long. Total (cm)	Peso Total (g)
96	22	1,39	$7,6 \pm 1,0$	$4,5 \pm 1,7$
120	28	2,33	$6,2 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,4$

N: Número de Muestras

Tabla 2.- Análisis de varianza entre el grado de acumulación de cobre en branquias de *Mugil curema*, expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm durante cuatro días a 22°C y 28°C.

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	MS	Fs
Temperatura (T)	1	960,64	960,64	27,10 **
Concentración (C)	1	9.067,12	9.067,12	255,77 **
Tiempo (Ti)	6	6.590,96	1.098,49	30,99 **
T x C	1	336,98	336,98	9,51 **
T x Ti	6	1.457,38	242,90	6,85 **
C x Ti	6	4.137,97	688,66	19,43 **
C x T x Ti	6	1.727,70	287,93	8,12 **
Error	84	2.978,06	35,45	
Totales	111			

** : 1% de Significación

En el tejido hepático las concentraciones de cobre de los juveniles sometidos a 28°C alcanzaron valores hasta de 891,3 µg/g mientras que a 22°C la concentración máxima fue de 164,6 µg/g (Fig. 4). En esta figura se puede observar claramente el efecto que tiene por sí solo la temperatura en el contenido de cobre basal. Los valores iniciales fueron muy diferentes; para 22°C fueron 665,6; 849,1 y 724,2 µg/g para los grupos de control, 0,06 y 1,00 respectivamente, mientras que para 28°C los valores fueron 210, 225 y 251 µg/g.

Los peces sometidos a temperaturas de 22°C presentaron un comportamiento bifásico con un máximo a las 12 horas y un decrecimiento hasta el tercer día para volver a aumentar al cuarto día, mientras que a 28°C no se observó

variación significativa durante el tiempo de exposición a las dos concentraciones (Fig. 4).

El proceso de depuración en branquias y músculo fue afectado significativamente (Tablas 5 y 6) por la concentración del metal, temperatura y tiempo de exposición, observándose que 7 días son suficientes para que las branquias depuren el cobre hasta alcanzar una concentración normal, mientras que el músculo requiere por lo menos 14 días, para alcanzar concentraciones similares a los basales (Figs. 2, 3 y 4).

DISCUSION

Los ejemplares juveniles de *Mugil curema* son más

Tabla 3.- Análisis de varianza entre el grado de acumulación de cobre en músculo de *Mugil curema* expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm durante cuatro días a 22°C y 28°C.

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	MS	Fs
Temperatura (T)	1	2,71	2,71	6,30 **
Concentración (C)	1	62,03	62,03	114,26 **
Tiempo (Ti)	6	468,85	74,18	181,72 **
T x C	1	219,60	219,60	510,70 **
T x Ti	6	44,68	7,45	17,33 **
C x Ti	6	45,13	7,52	17,49 **
C x T x Ti	6	48,13	8,02	18,65 **
Error	84	36,29	0,43	
Totales	111			

** : 1% de Significación

Efectos de la temperatura sobre acumulación de cobre en Mugil Curema

Tabla 4.- Análisis de varianza entre el grado de acumulación de Cobre en hígado de *Mugil curema* expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm durante cuatro días a 22°C y 28°C.

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	MS	Fs
Temperatura (T)	1	9.074.981,31	9.074.981,31	61,05 **
Concentración (C)	1	88.641,12	88.641,12	0,63 NS
Tiempo (Ti)	6	1.184.386,08	197.379,68	1,39 NS
Te x C	1	75.560,02	75.560,02	0,53 NS
Te x Ti	6	731.105,78	121.850,96	0,86 NS
C x Ti	6	180.017,50	30.002,92	0,21 NS
C x T x Ti	6	123.250,91	20.541,82	0,15 NS
Error	84	11.901.368,70	141.682,96	
Totales	111			

** 1% de Significación

NS: No Significativo

sensibles a cobre a bajas temperaturas (22°C) que a temperaturas cálida de 28°C. Probablemente esta condición esté directamente relacionada a la temperatura a la que se encuentra expuesto dentro de su ecosistema duran-

te todo el día; el rango de variación de la temperatura superficial fue de 3°C, la máxima temperatura fue de 27,5°C y la mínima de 24,5°C, no observándose temperaturas de 22°C durante los muestreos. Esta condición a

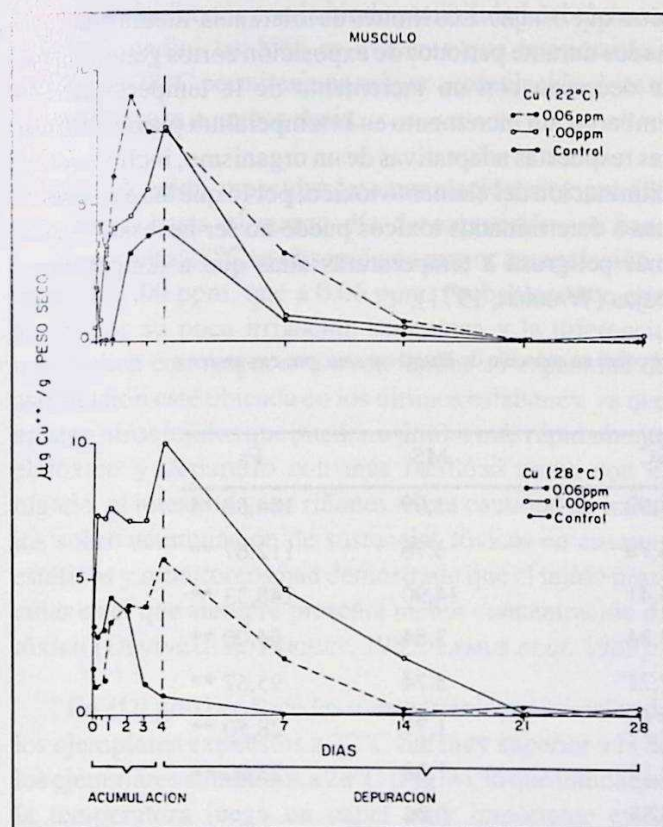


Fig. 3.- Acumulación y depuración de cobre en músculo de juveniles de *Mugil curema* expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm a temperaturas de 22°C y 28°C.

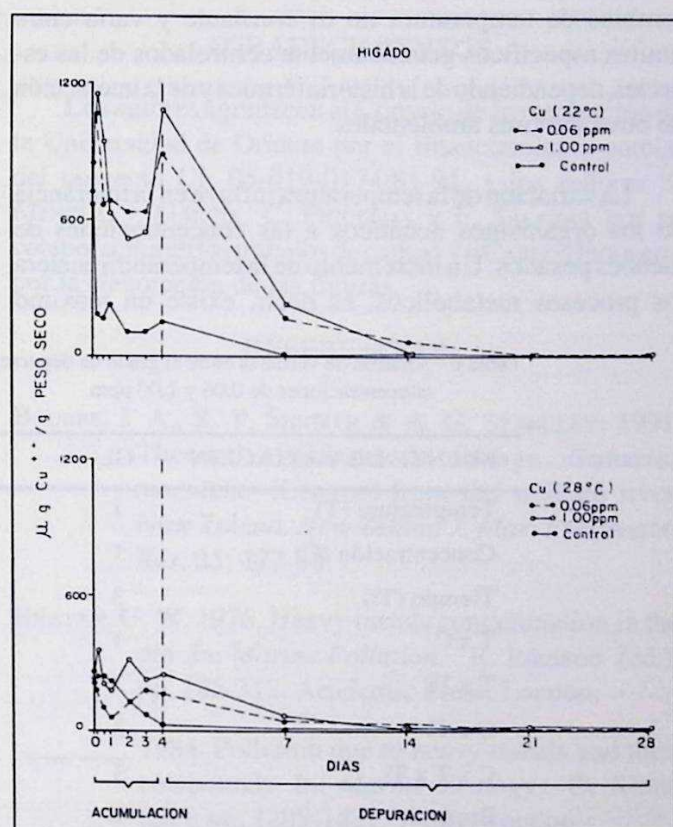


Fig. 4.- Acumulación y depuración de cobre en hígado de juveniles de *Mugil curema* expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm y temperaturas de 22°C y 28°C.

Tabla 5.- Análisis de varianza entre el grado de depuración de cobre en branquias de *Mugil curema* pre-expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm.

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	MS	Fs
Temperatura (T)	1	10,79	10,79	89,92 **
Concentración (C)	1	10,79	10,79	89,92 **
Tiempo (Ti)	3	134,90	44,97	374,75 **
T x C	1	66,34	66,34	552,83 **
T x Ti	3	12,77	4,26	35,30 **
C x Ti	3	12,77	4,26	35,30 **
C x T x Ti	3	134,90	44,97	374,75 **
Error	48	5,53	0,12	
Totales	63			

**: 1% de Significación

22°C por si solo implica una adaptación metabólica del organismo, que aunado a la presencia del metal, afectaría más rápidamente a los ejemplares. En este sentido FRAY (1976), sugiere que las respuestas de un organismo a los cambios de temperatura no es constante y varía entre límites específicos genéticamente controlados de las especies, dependiendo de la historia térmica y de la interacción de otros factores ambientales.

La variación de la temperatura influye en la tolerancia de los organismos acuáticos a las concentraciones de metales pesados. Un incremento de la temperatura acelera los procesos metabólicos, es decir, existe un máximo

consumo energético (ELLIOT, 1982) y el grado de irrigación de los tejidos los que trae como consecuencia que los organismos acuáticos mueran más rápidamente expuestos a sustancias tóxicas a temperaturas moderadamente más altas que a bajas. Los límites de tolerancia media determinados durante períodos de exposición cortos generalmente decrecen con un incremento de la temperatura, sin embargo, un incremento en la temperatura puede acelerar las respuestas adaptativas de un organismo, incluyendo la eliminación del elemento tóxico; por lo que las exposiciones a determinados tóxicos puede no ser necesariamente más peligrosa a temperaturas altas que a temperaturas bajas (WARREN, 1971).

Tabla 6.- Análisis de varianza entre el grado de depuración de cobre en músculo de *Mugil curema*, pre-expuestos a concentraciones de 0,06 y 1,00 ppm.

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	MS	Fs
Temperatura (T)	1	11,09	11,09	184,83 **
Concentración (C)	1	6,76	6,76	112,67 **
Tiempo (Ti)	3	44,41	14,90	248,33 **
T x C	1	3,84	3,84	64,00 **
T x Ti	3	17,21	5,74	95,67 **
C x Ti	3	5,14	1,71	28,50 **
C x T x Ti	3	4,13	1,38	23,00 **
Error	48	2,88	0,06	
Totales	63			

**: 1% de Significación

El comportamiento bifásico observado durante la acumulación de cobre en branquias de *M. curema*, indica que el cobre asimilado parece ser excretado, para luego volver a acumularlo, ya que se ha demostrado que este elemento bioesencial a concentraciones bajas puede ser regulado por los organismos (DELPLEDGE y RAINBOW, 1990). Muchos autores sugieren que el mucus branquial juega un papel importante en la eliminación del elemento, y que además sirve a su vez como controlador de la permeabilidad de elementos tóxicos, no obstante este elemento puede entrar a través de las branquias a los órganos más internos, como el hígado y el músculo; las branquias, por su comunicación directa con el medio donde se encuentra el tóxico, representa el blanco más importante de vía de acceso para la asimilación de los tóxicos, sin descartar la vía alimenticia que también es muy importante (BRYAN, 1984).

Las curvas demuestran que 1,00 ppm de cobre induce una mayor acumulación del metal en las branquias cuando se compara con 0,06 ppm a ambas temperaturas ensayadas (Fig. 2), lo que indica que la acumulación está directamente relacionada con la biodisponibilidad del elemento en el medio, también es evidente que temperaturas bajas de 28°C permiten una mayor acumulación de este elemento traza a ambas dosis.

En el tejido muscular la acumulación siempre fue progresiva hasta el cuarto día de exposición, se hace evidente que a 28°C se observó una mayor acumulación a dosis de 1,00 ppm, que a 0,06 ppm. Probablemente este tejido por su poca irrigación sanguínea y la diferencia metabólica con respecto a otros tejidos su capacidad de asimilación esté ubicada en los últimos eslabones, ya que existen otros tejidos que pueden asimilar más rápidamente el tóxico y depurarlo con más facilidad como son el hígado, el intestino y los riñones. Gran cantidad de trabajos sobre acumulación de sustancias tóxicas en ensayos estáticos y monitoreos han demostrado que el tejido muscular es el que siempre presenta menor concentración de tóxico (DEVINEAU & TRIQUET, 1985; LEMUS *et al.* 1989).

En el tejido hepático las concentraciones iniciales de los ejemplares expuestos a 22°C fue muy superior a la de los ejemplares sometidos a 28°C (Fig. 4), lo que indica que la temperatura juega un papel muy importante en la distribución de este elemento bioesencial en el organismo, probablemente el cobre cumpla un papel muy importante en procesos metabólicos, cuando *M. curema* se encuentra

expuesta a bajas temperaturas. Los valores basales a 28°C fueron bastante bajos a ambas concentraciones, probablemente podría ser que los procesos de depuración se estimulan a temperaturas altas, como lo sugiere WARREN (1971).

Los ejemplares juveniles de *M. curema* cuando son transferidos a agua limpia después del proceso de acumulación pueden depurar el contenido de cobre en hígado y branquias a los siete días mientras que el tejido muscular requiere de por lo menos 14 días, lo que indica que este último tejido tiene poca capacidad de depuración cuando se compara con el hígado y las branquias.

Los resultados que de aquí se desprenden, sugieren que juveniles de *M. curema* son más tolerantes al efecto del cobre en ambientes cálidos, lo cual le proporciona una ventaja desde el punto de vista ecológico, porque la especie generalmente en los primeros estadios de su vida se encuentra distribuida en las zonas costeras donde las temperaturas son más cálidas asegurándole una mayor sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento parcial del proyecto CI: 05-019-0174/81-91, a los señores S. MÉNDEZ, J. GARCÍA, C. FIGUEROA y F. SALAZAR por su colaboración en los trabajos de campo y a CARLOS FIGUEROA por la elaboración de las figuras.

REFERENCIAS

- BOUBBE, J. A., K. P. SHICKER & A. G. STANCLIFF. 1991. Thermal avoidance in inanga. *Galaxias maculatus* (Lenyns) from the waikato river, New Zeland. *New Zeland J. Mar Freshwater Res.* 25: 177-88.
- BRAYAN, G. W. 1976. Heavy metals contamination in the sea. In: *Marine Pollution*. R. Johnson (ed.). pp. 185-312. Academic Press, London.
- . 1984. Pollution due to heavy metals and their compounds. In: *Marine Ecology*. O. Kinne (ed.). pp. 1289-1431. Wiley, London.
- CHÓPITE, J. A & O. NUSSETTI. 1989. Efectos del zinc y la salinidad sobre el crecimiento y el metabo-

- mo energético de músculo blanco e hígado de juveniles de coro-coro *Orthopristis ruber* (Cuvier, 1930 Pisces: Haemulidae). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 28:146-151.
- DEPLEDGE, M. H. & P. S. RAINBOW. 1990. Models of regulation and accumulation of trace element (Zn) in marine vertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.*, 97C(1):1-7.
- DEVINEAU J. & C. A. TRIQUET. 1985. Patterns of bioaccumulation and essential trace element (Zn) and a pollutant metal (Cd) in larva of the prawn *Palaemon serratus*. *Mar. Biol.*, 86:139-143.
- ELLIOT, J. M. 1982. The effects of temperature and ration size of the growth and energetics of salmonids in captivity. *Comp. Biochem. Physiol.*, 77B(1):81-91.
- FRAY, F. 1967. Responses of vertebrate poikilotherms to temperature. In: *Thermobiology*. A. Rose (ed.). pp 375-406. Academic Press, London.
- HUDSON, P. & J. SPRAGUE. 1975. Temperature induced changes in acute toxicity of Zn to Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 32:1-10.
- LEMUS, M., J. CHÓPITE & B. GAMBOA. 1989. Efecto de la salinidad en la acumulación de zinc y en las concentraciones de Na⁺, K⁺ y Ca⁺⁺ en tejidos de coro-coro *Orthopristis ruber*, Pisces: Pomadasyidae. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 28:152-159.
- MACLEOD, J. & E. PESSAH. 1973. Temperature effects on mercury accumulation toxicity and metabolic rate in rainbow trout. (*Salmo gairdneri*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 30(4) : 435-492.
- MORENO, J. J., M. C. CASTELLOTE & J. QUERALT. 1989. Effects in vitro of copper and zinc on hepatic citocromo P-450 activities. *Comp. Biochem. Physiol.*, 93:355-357.
- SPRAGUE, J. B. 1973. The ABC's of pollutant bioassay using fish. In *Biological methods for assessment of water quality*. J. Cairns Jr. y K. L. Dickson (ed.). ASTM Spec. Techn., 528:6-30.
- STEELER, C. W. 1983. Comparison of behavioral and aquatic toxicity of copper to sheepshead, Atlantic croaker and pinfish. *Mar. Poll. Bull.*, 14:425-428.
- WARREN, C. 1971. *Biology and water pollution control*. W.B. Saunders. Ed. London. New York. 434 p.
- WHITE, S. L. & R. S. RAINBOW. 1985. On the metabolic requirements for copper and zinc in mollusc and crustaceans. *Mar. Environ. Res.*, 16:215-229.

REGIMEN TERMOALINO EN EL ATLANTICO TROPICAL OCCIDENTAL

ANTONIO QUINTERO R.

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná-Venezuela.

RESUMEN: En base a datos climatológicos sobre temperatura y salinidad para el área del Atlántico Tropical, comprendido entre el ecuador y los 30° Lat. N; y los 30° Long. W; hasta el Continente Americano, se hace un análisis de las condiciones térmicas y salinas en la zona estructural superior del océano en esta área.

ABSTRACT: On the basis of climatological data of temperature and salinity for the Tropical Atlantic area, between ecuator and 30° N. Lat; and 30° W. Long; up to American continent, an analysis of temperature and salinity conditions is made in the upper structural oceanic of this area.

INTRODUCCION

La parte occidental del Atlántico Tropical se presenta como una de las regiones más importantes de los océanos del mundo. En esta zona el océano recibe una gran cantidad de agua, el cual luego es transportado por las corrientes a las latitudes altas, determinando de este modo las oscilaciones climáticas en una zona considerable del globo terráqueo. El complicado sistema de corrientes ecuatoriales condiciona el transporte de calor y sales en las direcciones horizontal y vertical, lo que a su vez determina focos de alta productividad. Esto último es de vital importancia para los países del área y al mismo tiempo puede representar una alternativa para Venezuela.

El área que nos ocupa no está lo suficientemente estudiada, por ello, a pesar de las numerosas expediciones y experimentos que han tenido lugar, los resultados han dado lugar a varias interpretaciones sobre la formación de la estructura del agua, diferenciándose éstas inclusive en el proceso de generalización del régimen climático. Esta situación es característica sobre todo para la zona estructural superior del Atlántico tropical.

En este trabajo se analizan los parámetros del régimen climático termohalino de la zona estructural superior del océano, desde el ecuador hasta los 30° Lat. Norte en la parte occidental del Atlántico.

MATERIAL Y AREA DE ESTUDIO

El material de estudio lo constituyen datos tomados de

una publicación del "Centro Mundial de Datos B" (Estudios estadísticos climatológicos de los campos termohalinos del Atlántico del Norte, 1985), sobre la distribución vertical de la temperatura y la salinidad en el Atlántico Norte, en los horizontes standard de la capa (0 - 1.000 m). La región objeto del estudio (Fig. 1), ocupa el área comprendida desde el ecuador hasta 30° Lat. Norte y desde los 30° Long. Oeste hasta el continente americano (desde Brasil hasta el estrecho de la Florida pasando por las antillas). Las distribuciones verticales están promediadas en el tiempo en todo el período de observaciones oceanográficas habidas para cada mes del año, y en el espacio en el centro de trapecios esféricos de cinco grados por lado (Fig. 1).

La cantidad de mediciones verticales de la temperatura y salinidad para la zona estudiada son muy variables en el

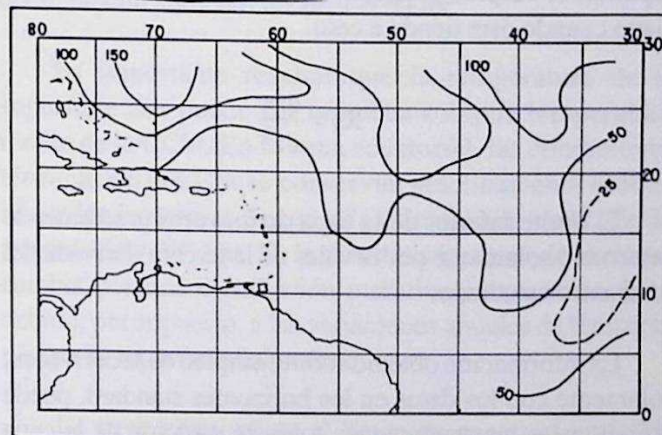


Fig. 1. Situación geográfica del área estudiada y cantidad de observaciones verticales en la parte occidental del Atlántico tropical (Tomado de Likov y Polkovnikov, 1985).

tiempo y en el espacio. En general hay una disminución de la cantidad de observaciones hacia el ecuador (Fig. 1). En las latitudes 25 - 30° Lat. Norte, la cantidad promedio de observaciones es de 382, mientras que en la zona ecuatorial es de 171. Según LIKOV & POLKOVNIKOV (1985), en esta zona hay algunos trapecios en el interior de los cuales la cantidad de observaciones no es mayor a 20, y en algunos meses incluso, no hay ninguna observación.

Con el fin de conservar la credibilidad de los resultados de los análisis de la estructura termoalina ante la ausencia de observaciones en algunos trapecios, los datos se restablecieron en base al análisis conjunto de los campos de temperatura y salinidad del agua tomados de atlas climáticos, elaborados por LEVITUS (1986) y el Ministerio de Pesca de la URSS (1977).

METODOLOGIA

Para el análisis de la capa superior cuasihomogénea¹ y la capa de gradientes marcados², se emplearon métodos usados por KALATSKI (1978) y KRAUS (1974). Así, el límite superior de la capa de mayores gradientes se determinó por el extremo de la segunda derivada del parámetro que nos interesa

$$K_2 = \frac{d^2x}{dz^2}$$

donde: x = temperatura o salinidad
z = profundidad

En algunos casos, para precisar la posición del límite superior, se empleó la tercera derivada del parámetro estudiado cuando éste tiende a cero.

$$K_3 = \frac{d^3x}{dz^3}$$

El límite inferior de la capa de mayores gradientes se determinó solamente por el valor de la tercera derivada del parámetro estudiado.

La información obtenida con el empleo de la derivadas, solamente con los datos en los horizontes standard, puede dificultar las interpretaciones sobre la posición de la capa

cuasihomogénea y el límite superior e inferior de la capa de mayores gradientes. Por ello se empleó una aproximación polinomial de los perfiles verticales, estimándose los valores de la temperatura y salinidad con una discriminación de 10 m, desde la superficie hasta la profundidad inferior.

RESULTADOS SOBRE EL REGIMEN DE LA TEMPERATURA

El análisis de las condiciones térmicas se hizo en base a los mapas con las características de la capa cuasihomogénea térmica (CCht) y la termoclina (Figs. 2 - 4).

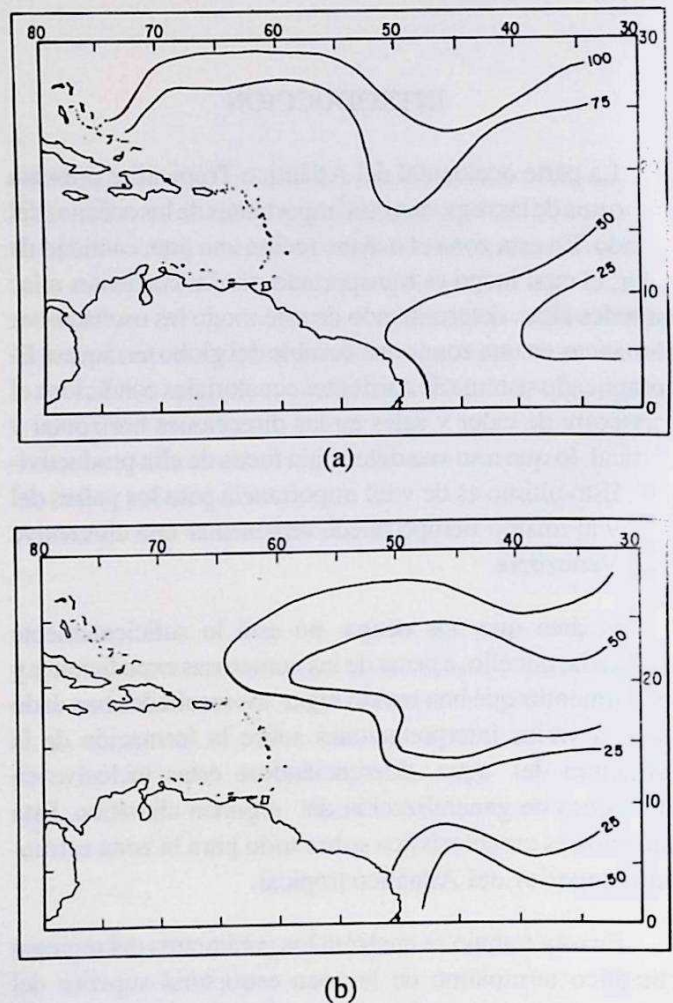
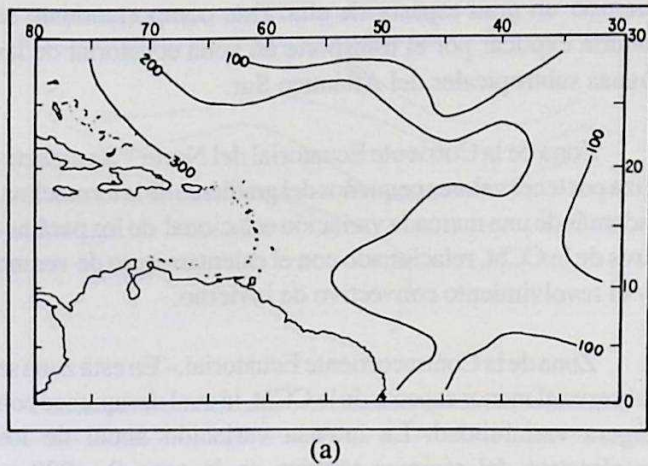


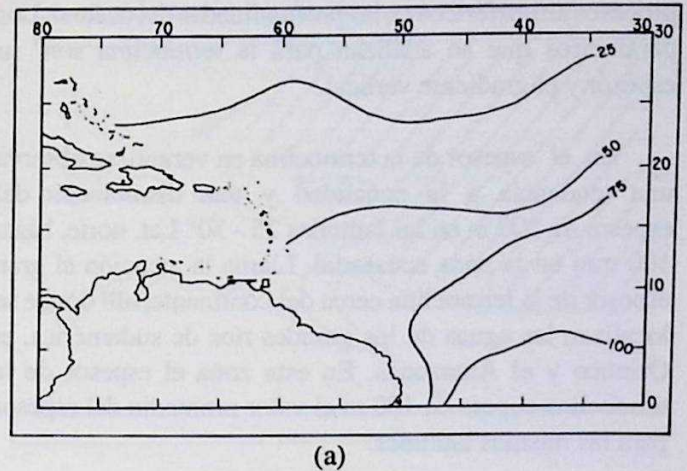
Fig. 2. Espesor (m) de la capa superior cuasihomogénea: a) Invierno b) Verano.

1. La capa cuasihomogénea térmica es aquella en la cual los gradientes térmicos son inferiores a 0.01°/m.
2. Entendemos por capa de gradientes marcados la termoclina estacional de temperatura.

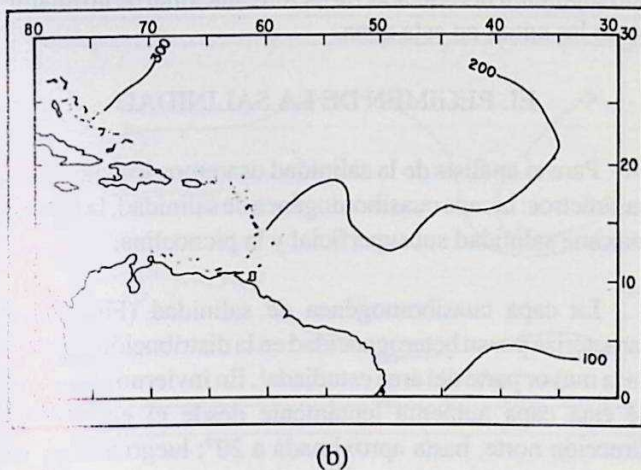
Régimen Termoclinal en el Atlántico Tropical Occidental



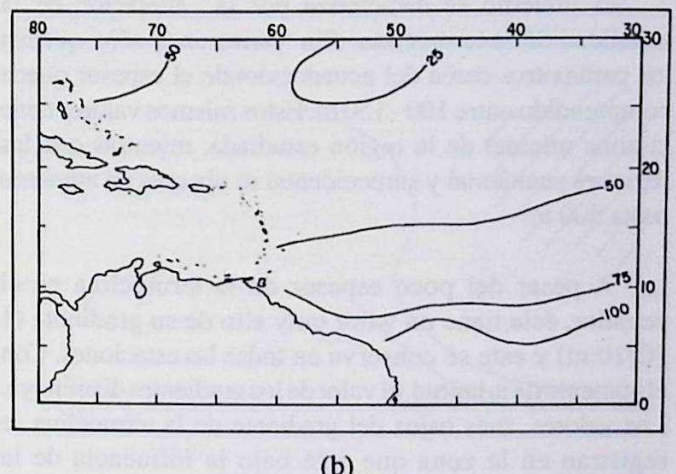
(a)



(a)



(b)



(b)

Fig. 3. Espesor (m) de la termoclina estacional: a) Invierno. b) Verano.

Fig. 4. Gradientes verticales en la termoclina estacional ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$): a) Invierno. b) Verano.

El límite superior de la termoclina es al mismo tiempo el límite inferior de la CCht, es decir, por la profundidad a la cual está situada la termoclina, podemos juzgar sobre el espesor de la CCht. En la zona observada el espesor de la CCht varía entre 0 y 100 m y tiene una marcada variación estacional espacialmente al norte de la región estudiada. En la estación cálida¹ del año, la CCht disminuye en todo el área y sobre todo en la zona de 20 - 30° Lat. N, donde la CCht sólo alcanza un espesor de 20 - 25 m. En la zona ecuatorial, el espesor de la CCht varía muy poco y se conserva en los límites de 20 a 50 m, siendo la amplitud de las variaciones anuales no mayor a 20 m.

En todas las estaciones la profundidad de la CCht tiene una distribución zonal y además, una disminución de la

profundidad con el aumento de la latitud (en invierno). En verano esta tendencia es en términos generales opuesta, es decir, hay un aumento hacia el ecuador.

Es importante resaltar que la temperatura de la superficie nos puede dar una idea sobre la temperatura media de la CCht. En la zona ecuatorial, las condiciones térmicas de la CCht se conservan prácticamente todo el año y las isotermas tienen una orientación zonal. En la zona de 15 - 30° Lat. N, la distribución zonal de invierno cambia por una distribución meridional en verano. Esto debido, por supuesto, a las variaciones anuales de temperatura de la superficie del océano.

La termoclina señala el límite de penetración de los

1. Las estaciones de las que se habla, aquí y en adelante, serán las astronómicas y de ningún modo las épocas de sequía o lluviosa.

procesos atmosféricos en las profundidades del océano. Los parámetros que se analizan para la termoclina son: su espesor y el gradiente vertical.

En el espesor de la termoclina en verano, se observa una tendencia a la zonalidad y una disminución del espesor de 300 m en las latitudes 25 - 30° Lat. norte, hasta 100 mm en la zona ecuatorial. Llama la atención el gran espesor de la termoclina cerca del continente, allí donde se localizan las aguas de los grandes ríos de sudamérica, el Orinoco y el Amazonas. En esta zona el espesor de la termoclina supera en 100 m el valor promedio del espesor para las mismas latitudes.

El invierno se caracteriza por la alteración de la zonalidad de la termoclina. Sin variaciones sólo quedan los parámetros cerca del ecuador donde el espesor queda comprendido entre 100 - 150 m. Estos mismos valores tiene la zona oriental de la región estudiada, mientras que las regiones occidental y suroccidental se observa un aumento hasta 300 m.

A pesar del poco espesor de la termoclina en el ecuador, ésta tiene un valor muy alto de su gradiente (1 °C/10 m) y este se conserva en todas las estaciones. Con el aumento de la latitud, el valor de los gradientes disminuye. Los valores más bajos del gradiente de la termoclina se registran en la zona que está bajo la influencia de la Corriente Ecuatorial del Norte. En este sitio el valor del gradiente es de 0,008 °C/m, repitiéndose este valor en casi todos los trapecios de la zona comprendida entre 20 - 30° Lat. Norte y sólo cerca de las Bahamas hay un aumento hasta 0,05 °C/m.

Generalizando el análisis hecho sobre las características del régimen térmico de la capa superior del océano, hay que señalar la presencia de una concordancia cualitativa entre la distribución espacial de las características térmicas y las macrocorrientes presentes en la región estudiada, es decir, la variación de los parámetros térmicos pueden ser interpretados como consecuencia de la dinámica de las aguas en la región. Las zonas diferenciadas son las siguientes:

Zona de Guayana.- Se encuentra bajo la acción de la corriente del mismo nombre. En esta zona es característico un marcado hundimiento de la termoclina y al mismo

tiempo un gran espesor de ella. Este comportamiento se podría explicar por el transporte en zona ecuatorial de las aguas subtropicales del Atlántico Sur.

Zona de la Corriente Ecuatorial del Norte.- Se caracteriza por tener valores pequeños del gradiente de la termoclina, además de una marcada variación estacional de los parámetros de la CCht, relacionado con el calentamiento de verano y el revolvimiento convectivo de invierno.

Zona de la Contracorriente Ecuatorial.- En esta zona se observa el menor espesor de la CCht, la cual desaparece con ligera variabilidad. La intensa variación anual de los parámetros del régimen térmico en la capa 0 - 200 m corresponde a la conocida variación estacional de la dinámica de las aguas en esta zona.

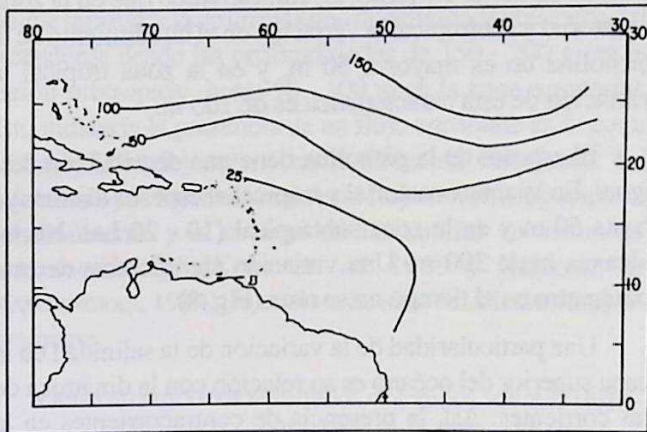
EL REGIMEN DE LA SALINIDAD

Para el análisis de la salinidad usaremos los siguientes parámetros: la capa cuasihomogénea de salinidad, la capa de máxima salinidad subsuperficial y la pycnoclina.

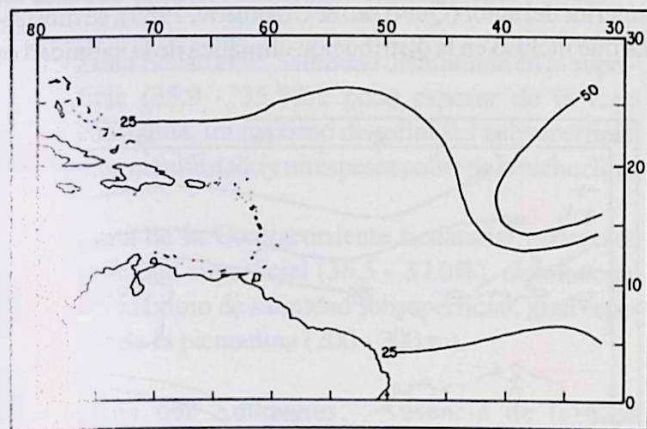
La capa cuasihomogénea de salinidad (Fig. 5) se caracteriza por su heterogeneidad en la distribución espacial en la mayor parte del área estudiada¹. En invierno el espesor de esta capa aumenta lentamente desde el ecuador en dirección norte, hasta aproximada a 20°; luego a partir de esta latitud, el espesor se incrementa bruscamente. En verano también ocurre un aumento paulatino a medida que se aleja del ecuador (de 10 m en el ecuador hasta 50 m en la zona norte). Dentro de esta tendencia general, se destaca un foco de relativo valor alto en el espesor de la capa cuasihomogénea, el cual está dispuesto en la zona de la Corriente Ecuatorial del Norte (descrita ya por algunos autores entre ellos GALERKINA, 1983). En la parte ecuatorial, las variaciones del espesor de esta capa entre verano e invierno no es significativa, mientras que en la parte norte ocurre lo contrario. La capa cuasihomogénea de salinidad en la región adyacente al continente en verano no se aprecia, siendo la posible razón de esto las causas siguientes:

- 1.- Insuficiente cantidad de datos promediados y el empleo de horizontes standard;
- 2.- La superficie de esta zona es relativamente pequeña en comparación con el área estudiada;

1. Con un promedio anual de 68 m de profundidad máxima en la localización de esta capa, se observa una variación de este valor en la región estudiada.



(a)



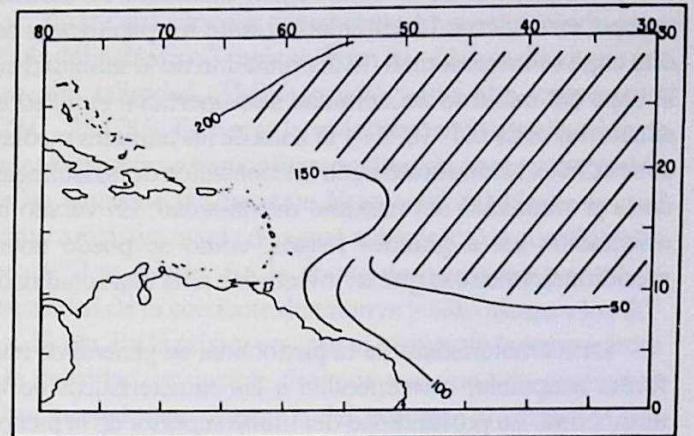
(b)

Fig. 5. Espesor de la capa superior cuasihomogénea de salinidad: a) Invierno. b) Verano:

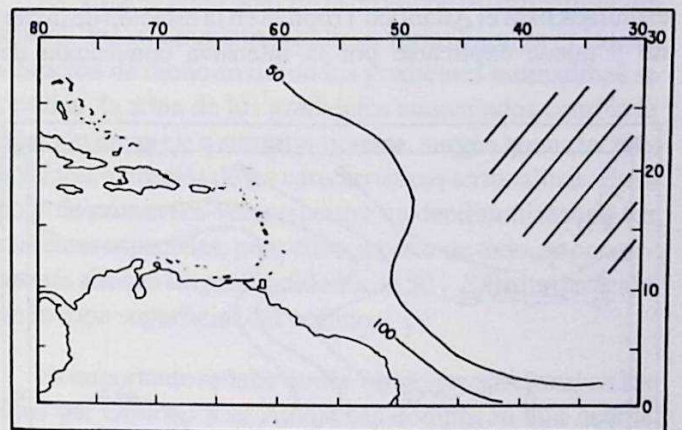
3.- Hay una fuerte suavización de los datos en los parámetros por el empleo, inclusive en la región del Amazonas, de trapecios esféricos de 5° por lado;

A pesar de que la capa cuasihomogénea en la región adyacente al continente no se aprecia, ésta es de importancia fundamental debido a:

- a.- Esta se observa como una capa muy delgada en todas las épocas debido a la descarga de los grandes ríos y su espesor es el 60 - 70% menor que el espesor medio de la misma latitud;
- b.- El espesor anómalo de la capa isoalina se relaciona con la dinámica de las aguas del Orinoco y el Amazonas que se puede seguir por la anomalía negativa de la salinidad en una enorme área del Atlántico Tropical.



(a)



(b)

Fig. 6. Profundidad (m) de la posición del máximo de salinidad subsuperficial: a) Invierno. b) Verano. Las áreas rayadas corresponden a las zonas donde no existen estos máximos.

c.- La variabilidad interanual de la anomalía de la capa isoalina, así como la anomalía de la salinidad adyacente al continente, se forma por la acción directa de las variaciones a largo plazo en la atmósfera tropical y ante todo por la intensidad de las precipitaciones.

Además, la existencia del mínimo de salinidad del Amazonas resalta la particularidad de la distribución espacial del máximo de salinidad subsuperficial (Fig. 6).

El análisis de los parámetros de la capa máxima de salinidad subsuperficial en la zona de 10 - 20° Lat. N; muestra que en la estación de verano hay una franja angosta de este máximo, la cual une el ecuador con la zona de formación (DEFANT, 1936; JANAICHENKO, 1974 y VISOTSKAYA, 1980). En el invierno, en condiciones de convección intensa, el máximo de salinidad subsuperficial desaparece

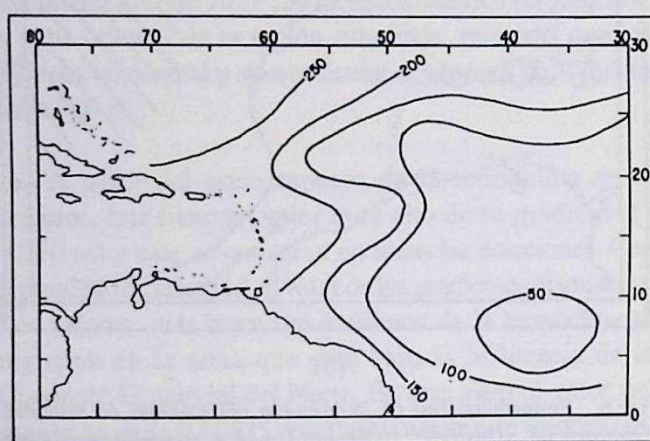
completamente al norte de la región estudiada. Al mismo tiempo, en invierno las diferencias entre los parámetros de esta capa se incrementan (la disminución de la salinidad en la capa del máximo de salinidad subsuperficial en la zona ecuatorial es de $0,5 - 0,7\text{‰}$ y la zona de las latitudes medias es de $0,3\text{‰}$). Llama la atención la orientación de las isolíneas de la profundidad del máximo de salinidad. En verano la orientación es, a grandes rasgos, como se puede notar meridional, mientras que en invierno se nota una zonalidad.

Las características de la piconclina, en general de una forma aceptable, corresponden a las características de la termoclina. La profundidad del límite superior de la piconclina (Fig. 7) está localizado entre los 30 - 300 m. Los mayores valores se registran en el noreste de la región estudiada para el Atlántico Tropical en la estación de invierno y puede explicarse por la intensiva convección del

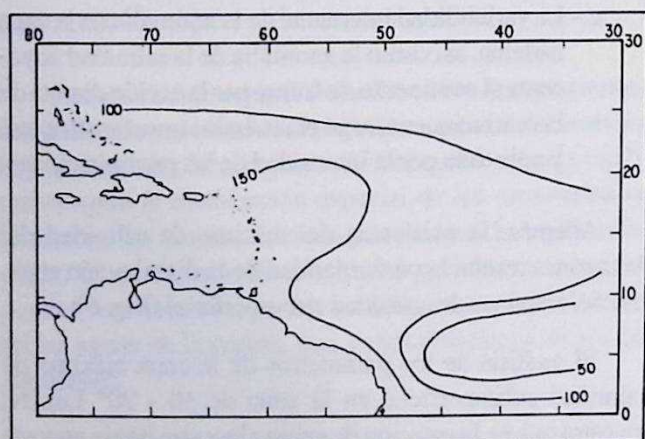
período de otoño-invierno. Es característico que en la zona ecuatorial y subtropical la variación en el hundimiento de la piconclina no es mayor a 50 m, y en la zona tropical la variación de esta característica es de 100 m.

El espesor de la piconclina tiene una distribución desigual. En la zona ecuatorial y tropical el espesor disminuye hasta 50 m y en la zona subtropical (10 - 20 Lat. Norte) alcanza hasta 300 m. Una variación significativa de este parámetro en el tiempo no se nota (Fig. 8).

Una particularidad de la variación de la salinidad en la capa superior del océano es su relación con la dinámica de las corrientes. Así, la presencia de contracorrientes en la capa subsuperficial del océano puede ser identificada por las "lenguetas de salinidad" (JANAICHENKO, 1974). En un trabajo anterior del autor (QUINTERO & UGRUMOV, 1989), se mostraba que incluso en la distribución climática de la salinidad es

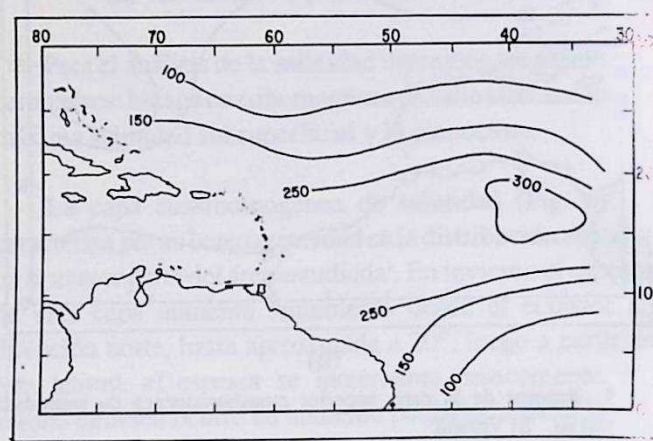


(a)

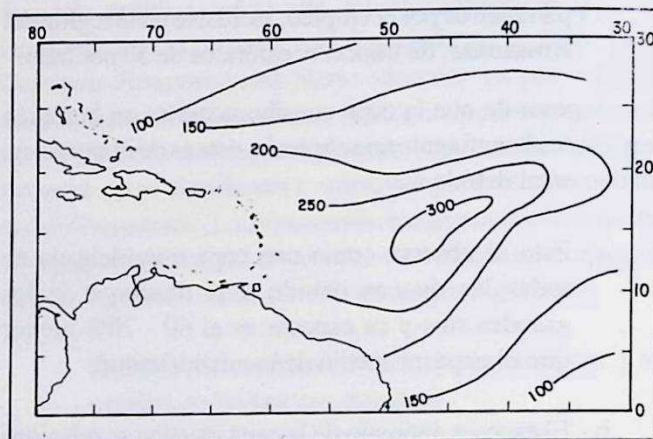


(b)

Fig. 7. Profundidad (m) de la posición del límite superior de la piconclina: a) Invierno. b) Verano.



(a)



(b)

Fig. 8. Espesor (m) de la capa de la piconclina: a) Invierno. b) Verano.

visible la presencia de un máximo de salinidad subsuperficial ascendente desde las profundidades de 150 - 200 m en la región subtropical, hasta 50 - 100 m en la zona ecuatorial. Esto indicaría la presencia de un flujo constante en la parte subsuperficial del océano en la dirección suroriental. La naturaleza y la formación de este flujo tendría lugar cerca del continente y a lo largo de las antillas en forma de contracorriente¹ (KORT *et. al*, 1969 y HERRERA & MASCIANGIOLI, 1984), lo cual no ha sido establecido definitivamente.

Generalizando los resultados obtenidos sobre la distribución vertical de la salinidad, se puede obtener una tipificación cualitativa de la estructura superior del océano en Atlántico Tropical occidental. Resaltan cuatro zonas:

- 1.- Zona Ecuatorial: Salinidad disminuida en la superficie (35,9 - 35,5%), poco espesor de la capa cuasialina, un máximo de salinidad subsuperficial bien manifestado y un espesor pobre de la picnoclina;
- 2.- Zona de la Contracorriente Ecuatorial: Marcada salinidad superficial (36,5 - 37,0%), disminución del máximo de salinidad subsuperficial, gran espesor de la picnoclina (200 - 300 m).
- 3.- Zona del Amazonas: Ausencia de la capa cuasihomogénea de salinidad, máximo de salinidad marcado, picnoclina muy grueso (más de 200 m).
- 4.- Zona de la Corriente Ecuatorial del Norte: Gruesa capa de salinidad cuasihomogénea, con una marcada variación estacional (50 - 200 m), claro hundimiento del máximo de salinidad subsuperficial, disminución del espesor de la picnoclina (100 m).

INTERRELACION DE LOS CAMPOS TERMOALINOS Y LA CIRCULACION EN LA CAPA SUPERFICIAL DEL OCEANO

La formación de los campos termoalinos en el Atlántico Tropical son determinados por los macrosistemas de circulación oceánica (STEPANOV, 1974), los cuales están a su vez estrechamente relacionados con los macroprocesos atmosféricos. La acción conjunta de ambos condicionan las variaciones a largo plazo de la estructura de la capa activa del océano.

En la capa superior cuasihomogénea de la región estudiada del Atlántico Tropical (Figs. 9a - 11a) se distingue por una alta salinidad (35,0% y más) y una alta temperatura (22.0 - 28.0°C). En enero la zonalidad en la distribución de las características termoalinas es alterada por la penetración de las aguas de la Corriente Ecuatorial del Norte, la cual arrastra consigo masas de aguas subtropicales que alcanzan los 10° Lat. Norte. En la época de primavera-verano la intensidad de la corriente disminuye y sólo alcanza los 20° Lat. Norte. En la primavera, por el campo de la temperatura y la densidad, es posible destacar una zona de gradientes altos, la cual tiene dirección del noroeste al sureste y que muestra el límite de penetración de las aguas subtropicales.

Es de hacer notar que con la profundidad la distribución espacial de los campos termoalinos varía (Figs. 9a - 11a). En la estación de otoño-invierno los gradientes termoalinos se acentúan, la zona de los gradientes aumentados cambia la dirección de su eje a suroeste-noreste, surgen zonas locales de valores extremos de las características termoalinas. En la época de primavera-verano ocurre un debilitamiento de los gradientes espaciales, pero ellos, a pesar de todo, se conservan más altos en las profundidades de 50 y 200 m en relación con la capa superficial del océano.

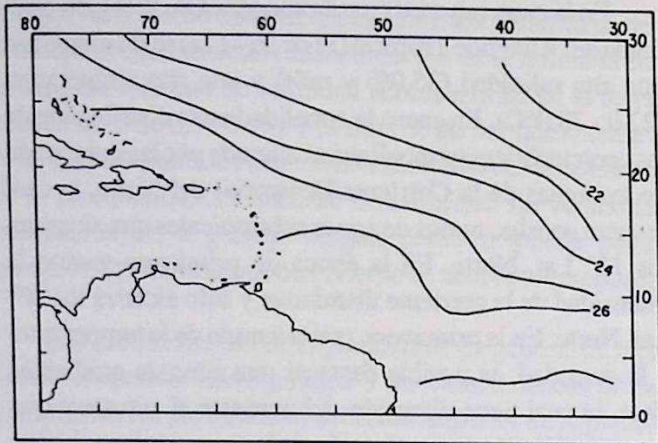
Es importante señalar que la variación estacional en los flujos del Orinoco y el Amazonas complican aún más la estructura termoalina de la región estudiada (la época de lluvias en el Amazonas va desde diciembre hasta abril y en el Orinoco desde mayo hasta octubre). A pesar de la fuerte mediación espacio-temporal de los datos, la influencia de estos ríos se puede apreciar en los campos de la temperatura y la salinidad.

Además, las aguas del Amazonas y del Orinoco se transmiten en forma de lengüeta, en la dirección noroeste a lo largo de la costa, junto con las aguas de la corriente de Guyana (JANAICHENKO, 1974).

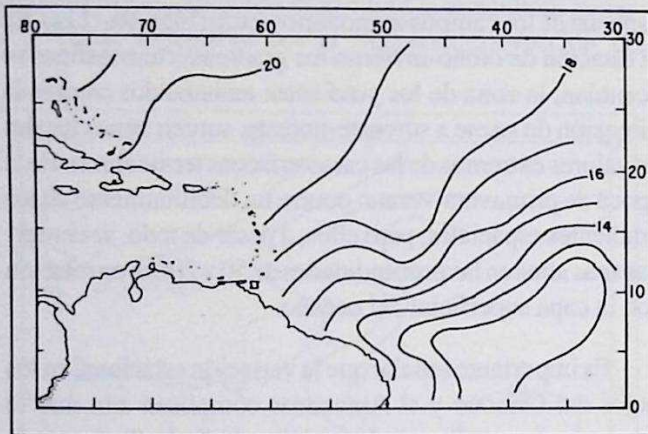
La existencia de grandes focos de aguas dulces crean otro mecanismo de difusión de las aguas, como lo son los "lince de agua dulce" (GIBBS, 1970), los cuales son arrastrados no sólo por la corriente de Guyana, sino también por la Contracorriente Ecuatorial (HERRERA & SNOOKS, 1969).

En cuanto al campo de la temperatura, cabe destacar todavía un hecho importante. En la región estudiada se

1. Algunos autores llaman a este flujo "Contracorriente Antillo-Guyanesa".



(a)

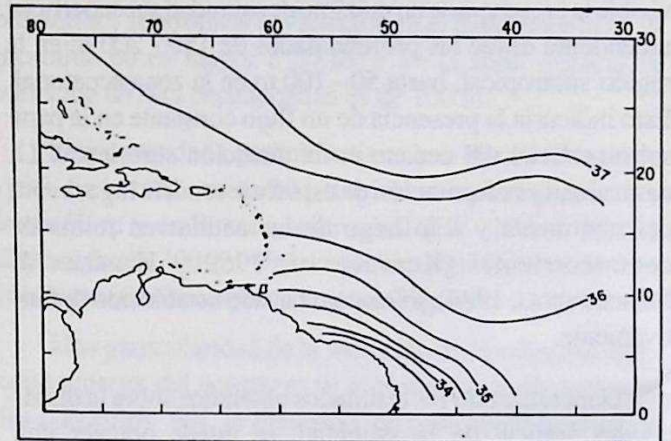


(b)

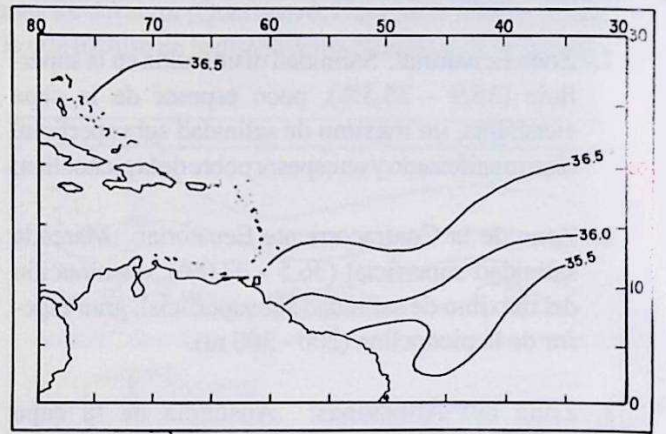
Fig. 9. Campo de la temperatura (T °C), en la superficie y en la profundidad de 200 m.

registra un desfase en la variación de la temperatura, que ocurre con la profundidad y el cual es aproximadamente igual a una estación. Así, el mínimo de temperatura en la superficie se registra en enero y en la profundidad de 200 m en el mes de abril. Lo mismo sucede para el campo de la densidad. En el campo de la salinidad la variación es sincrónica. En este ejemplo se pone de manifiesto las diferencias que ocurren entre los procesos térmicos, condicionados por la interacción atmósfera-oceano y los procesos dinámicos por efecto, en este caso, la advección.

El análisis conjunto de la variación anual de la estructura termoalina, en relación a los factores atmosféricos y de advección, permite llegar a la conclusión sobre predominancia de los factores térmicos, y por consiguiente, sobre la preponderancia de los procesos de interacción



(a)



(b)

Fig. 10. Campo de la salinidad (%) en la superficie y en la profundidad de 200 m.

océano-atmósfera en la estación de primavera. Los factores dinámicos son preponderantes en las demás estaciones.

La diferencia de la acción de la temperatura y la salinidad en la formación de los gradientes de la densidad, se puede ver fácilmente con el empleo de la ecuación usada anteriormente por BUGALKOV (1975) y MAMAEV (1986):

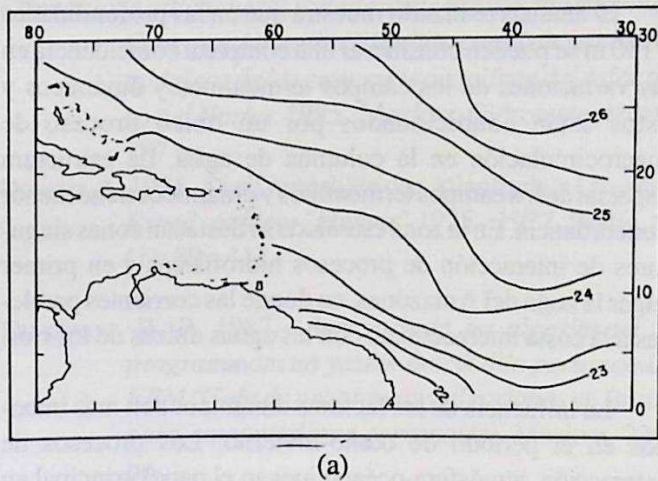
$$dp = \alpha dt + \beta ds$$

en donde: α = coeficiente de expansión térmica

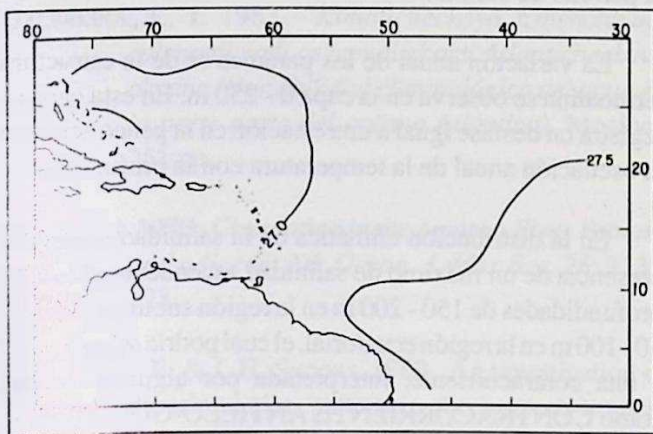
β = coeficiente de compresión salina

Se puede aceptar que las variaciones de la densidad ocurren por acción de la temperatura si $| \alpha dt | > | \beta ds |$ y por el contrario, la variación de la salinidad condiciona las transformaciones del campo de la densidad si $| \alpha dt | < | \beta ds |$.

Régimen Termohalino en el Atlántico Tropical Occidental



(a)



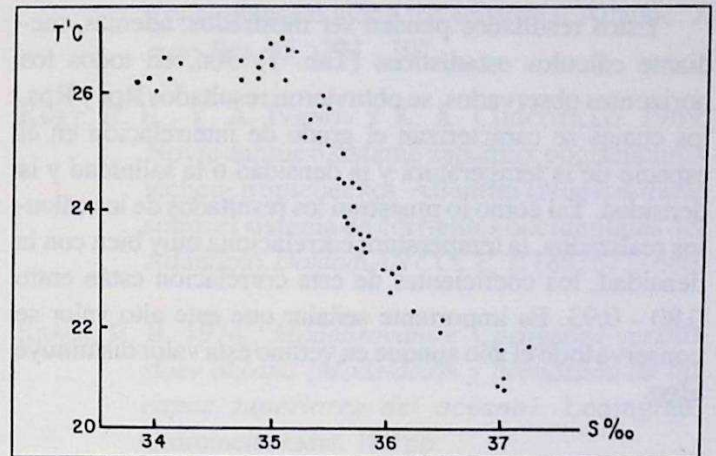
(b)

Fig. 11. Campo de la densidad específica (σ_t) en la superficie y en la profundidad de 200 m.

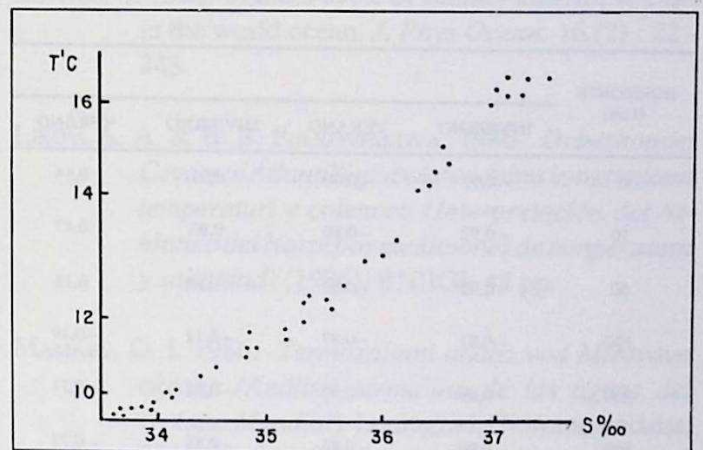
Los análisis del campo de la densidad de la capa superficial (0 - 100 m) mostraron que la acción de la salinidad y la temperatura conllevan a la formación de diferentes anomalías de la densidad. La predominancia del componente térmico en la variabilidad de la densidad se observa en casi toda la región observada. La excepción la constituye la región del Amazonas, en la cual la contribución de la salinidad es mayor a la contribución de la temperatura: $dt \approx 0.3^\circ\text{C}$, $ds \approx 2.1\%$, $| \alpha dt | < | \beta ds |$. El área en el cual el componente salino es predominante constituye el 28% del área estudiada.

La variación de la temperatura y la salinidad en el espacio están en concordancia y como regla general, el componente térmico y salino concuerdan en signo y se intensifican mutuamente.

Con la profundidad ocurre una transformación de las características destacadas de la formación de la densidad.



(a)



(b)

Fig. 12. Diagramas T,S de los valores de temperatura y salinidad observados en la superficie y en la profundidad de 200 m.

Llama sobre todo la atención las contribuciones contrarias de la temperatura y la salinidad ya en los 200 m (Fig. 10). La disminución de la temperatura de norte a sur está acompañada con una disminución de la salinidad. Aunque en todas partes la contribución de la temperatura en la formación de la densidad es mayor a la salinidad. Los gradientes característicos: $dt \approx 0.9^\circ\text{C}$, $ds \approx 0.2\%$, lo cual condiciona el cumplimiento de la desigualdad $| \alpha dt | > | \beta ds |$.

La influencia de las diferencias de la temperatura y la salinidad con más detalle se sigue en los diagramas T,S (Fig. 12). Con el paso de la capa superficial a la capa subsuperficial, la orientación de la nube de observaciones varía. Además, con el aumento de la profundidad se acelera la homogeneidad de la distribución de los índices T, S a lo largo de la línea de dispersión. Así, como en la capa superficial del agua se observa una heterogeneidad de la nube de los índices T,S, la cual tiene forma compleja no lineal.

Estos resultados pueden ser mostrados, además, mediante cálculos estadísticos (Tab. 1). Así, en todos los horizontes observados, se obtuvieron resultados Rpt y Rps, los cuales se caracterizan el grado de interrelación en el espacio de la temperatura y la densidad o la salinidad y la densidad. Tal como lo muestran los resultados de los cálculos realizados, la temperatura correlaciona muy bien con la densidad, los coeficientes de esta correlación están entre 0.80 - 0.93. Es importante señalar que este alto valor se conserva todo el año aunque en verano este valor disminuye algo.

Tabla 1. Coeficientes de correlación espacial de los campos de la temperatura (t), la salinidad (s) y la densidad (d).

HORIZONTE H (m)	t		s	
	INVIERNO	VERANO	INVIERNO	VERANO
0	-0.92	-0.80	0.91	0.54
10	-0.92	-0.80	0.90	0.47
50	-0.90	-0.80	0.86	0.18
100	-0.81	-0.87	-0.12	-0.19
200	-0.89	-0.90	-0.81	-0.71
500	-0.90	-0.86	-0.85	-0.73

Otra relación se observa en los valores Rps. Los resultados de los cálculos mostraron la variación del signo en la interrelación espacial de los campos de la temperatura y la salinidad en la capa superficial Rps > 0, y en la capa intermedia Rps < 0. El cambio de signo ocurre en los 50-150 m en donde los valores son cercanos a cero.

CONCLUSIONES

En general, de acuerdo a la interrelación de los campos termoalinos y dinámicos en la región tropical del Atlántico occidental, se pueden destacar las siguientes zonas, en las cuales el factor dominante en la formación de los campos termoalinos es el factor dinámico:

- 1.- Zona de la Corriente Ecuatorial del Norte.
- 2.- Zona de la Contracorriente Ecuatorial.
- 3.- Zona de la Corriente de Guyana.
- 4.- Zona Ecuatorial.

El análisis realizado muestra que en las profundidades a 150 m se pueden considerar una completa coincidencia en las variaciones de los campos termoalinos y dinámicos y éstos están condicionados por un único proceso de macrocirculación en la columna de agua. La estructura espacial de los campos termoalinos y dinámicos tiene menor concordancia. En la zona estudiada se destacan zonas singulares de interacción de procesos hidrofísicos y en primer lugar la zona del Amazonas, en donde las corrientes paralelas a la costa interaccionan con las aguas dulces de los ríos.

La influencia de los factores dinámicos son más intensos en el período de otoño-invierno. Los procesos de interacción atmósfera-océano juegan el papel principal en el período de verano.

La variación anual de los parámetros de la estructura termoalina se observa en la capa 0 - 250 m. En esta capa se registra un desfase igual a una estación en la penetración de la oscilación anual de la temperatura con la profundidad.

En la distribución climática de la salinidad se nota la presencia de un máximo de salinidad ascendente desde las profundidades de 150 - 200 m en la región subtropical hasta 50 - 100 m en la región ecuatorial, el cual podría ser atribuido a una contracorriente, interpretada por algunos autores como CONTRACORRIENTE ANTILLO-GUYANESA.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo, al Prof. Annick López y a los árbitros anónimos por la lectura del manuscrito.

REFERENCIAS

- Atlas okeanov. Atlantichecki y Indicki okeani (Atlas de los Océanos. Océanos Atlántico e Indico)*. 1977. MO CCCP, BMF, 306 pp.
- BULGAKOV, N. P. 1975. *Konveksiya b okeane (Convección en el océano)*. Mosckva, Nauka, 420 pp.
- Klimatologicheskiye izmeneniya solionosti vody severnoi chasti Atlanticheskogo okeana (Variabilidad climatológica de la salinidad del agua en la parte norte del Océano Atlántico)*. 1983. AN CCCP, Moscú, Gidrometeoiat, 251 pp.

- Climatologo stictichecki iccledovanie termoxalinnix polei Cevernoi Atlantiki (Estudios estadísticos climatológicos de los campos termalinos del Atlántico del Norte)*. 1985. Mockva, Gidrometeoizdat, 187 pp.
- DEFANT, A. 1936. Die Troposphäre des Atlantischen Ozeans. *Exped. auf dem "Meteor" 1925 - 1927*. Berlín, 6 (1): 89 - 411.
- DIAKONOV, B. P. 1987. *Spravochnik po algoritmam y programmam na yazike Beicik dlia personalnix EBM (Guía de programas y algoritmos en Basic para computadoras personales)*. Mockva, 239 pp.
- GALERKINA, L. I. 1983. *Kimaticheskaya izmenchivost colenosti vodi cevernoi chasti Atlanticheskovo okeana (Variabilidad climática del agua en la parte norte del océano Atlántico)*. Mockva, 251 pp.
- GEYER, R. J. 1970. Circulation in the Amazon River Estuary and adjacent Atl. Ocean. *J. Mar Res.* 28: 113 - 123.
- HERNANDEZ, L. E. & J. H. SNOOKS. 1969. An investigation of the circulation pattern in the western tropical Atlantic Ocean during EQUALANT I and II. *Bol Ins. Oceanog. Univ. Oriente*, 8 (1 & 2): 35 - 45.
- HERNANDEZ, L. E. & P. MASCIANGIOLI. 1984. Características de las corrientes frente al Delta del Orinoco, sector occidental del océano Atlántico. *Revista INTEVEP*. 4 (2): 133 - 144.
- JANAICHENKO, N. K. 1974. *Sistema ecuatorialnix protivotechenii b okeane (El sistema de las contracorrientes ecuatoriales en el océano)*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 158 pp.
- KALATSKII, V. I. 1978. *Modelirovanie verticalnoi tructuri deyatel'nogo sloya okeana (Modelación de la estructura vertical de la capa superior estructural del océano)*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 215 pp.
- KATZ, E. J., R. BELEVITSCH, J. BRUCE, V. BUBNOV, J. COCHRANE, W. DÜING, P. HISARD, H. V. LASS, J. MEINKE, A. DE MENGUITA, L. MILLER & A. RYBNIKOV. 1977. Zonal pressure along the equatorial Atlantic. *J. mar. Res.* 35: 293 - 307.
- KORT, B. B.; Y. A. IVANOV Y K. A. CHOCOTILLO. 1969. Novie dannie o sisteme zapadnix pograničnix techeni tropicheckoi Atlantiki (Nuevos datos sobre el sistema de corrientes occidentales del Atlántico). *Doklady AN CCCP*, T. 188: 677 - 680.
- KRAUS, B. B. 1974. *Modelirovanie y prognoze verxnix sloev okeana (Modelación y pronóstico de las capas superiores del océano)*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 180 pp.
- LEVITUS, S. 1986. Annual cycle of salinity and salt storage in the world ocean. *J. Phys Ocean.* 16 (2): 22 - 343.
- LIKOV, A. A. & B. B. POLKOVNIKOVA. 1986. *Očeshonost Cevernoi Atlantiki glubokovodnimi izmereniami temperaturi y colenosti (Interpretación del Atlántico del Norte por mediciones de temperatura y salinidad)* (1985). BNII GI, 48 pp.
- MAMAEV, O. I. 1986. *Termoxalinni analiz vod Mirovovo okeana (Análisis termalino de las aguas del Océano Mundial)*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 234 pp.
- QUINTERO, R., A. & A. I. UGRIMOV. 1989. *Cezonnaya izmenchivost cloya ckachka zapadnoi Atlantiki (Variación estacional de la capa de mayores gradientes en el Atlántico)*. Trudi LGMI, 148 - 189. Znanie, 254 pp.
- VISOTSKAYA, L. C. & L. A. SORKIN. 1980. *K Boprosu ob izmenenii klimata okeanov (Sobre el problema de la variación climática de los océanos)*. Trudi LGMI, 97 - 108 pp.

VARIACIONES ESPACIO-TEMPORALES DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL EN EL ATLANTICO TROPICAL OCCIDENTAL

ANTONIO QUINTERO R.

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

RESUMEN: En base a una serie de tiempo de 29 años (1960-1989) sobre la temperatura superficial del Océano Atlántico, en el sector comprendido entre el Ecuador y los 30° Lat. norte y los 30° Long. oeste hasta el Continente Americano, se hace un análisis de las variaciones espaciales y temporales.

ABSTRACT: Based over span of 29 years (1960-1989), data on surface temperature of the Atlantic Ocean between Ecuador and 30° N. Lat; 30° W. Long; and up to American Continent, are analyzed with reference to then sapatial and temporal variations.

INTRODUCCION

La temperatura de la superficie del océano (TSO) tradicionalmente es considerado como uno de los parámetros climatológicos más importantes del estado del océano (STEPANOV, 1985; UGRUMOV 1970 y FEDOROV, 1981), lo cual se puede explicar por el uso práctico que se le ha dado, entre otros:

- Caracteriza el régimen de la capa superior del océano (QUINTERO, 1991a).
- Indicador de la intensidad de la interacción entre el océano y la atmósfera (SHULEIKIN, 1974).
- Interviene como uno de los principales «argumentos», en muchos métodos de pronóstico del estado del océano y la atmósfera (UGRUMOV, 1981; MOURA & SKUKLA, 1981).

Es por ello, que el estudio de la TSO es interesante no sólo por sí mismo, para comprender las regulaciones en la formación de las condiciones térmicas del océano, sino que también es un componente importante en las observaciones de los mecanismos físicos, formadores de la estructura de los campos hidrofísicos, los resultados de los cuales hacen posible el pronóstico del desarrollo de los procesos oceanográficos.

MATERIALES Y AREA DE ESTUDIO

El material empleado lo constituyen mapas mensua-

les de la distribución de la TSO en el hemisferio norte, para los centros de los trapecios esféricos de 5° por lado, publicados mensualmente por el Centro Hidrometeorológico de la URSS. Con este material se formó un archivo de 29 años (1960-1989) en 41 trapecios. El área de estudio ocupa la región oceánica desde el Ecuador hasta los 30° Lat. Norte y desde los 30° Long. Oeste hasta el Continente Americano (desde la desembocadura del Amazonas hasta el canal de la Florida incluyendo las Antillas). La frontera de la región estudiada, así como la numeración de los trapecios, se muestran en la Fig. 1.

La cantidad de observaciones tienen una relación directa con la exactitud de los datos promedios de la TSO. Así, el error de una observación individual en esta región puede ser igual a 1.5°C (BOGUSLAVSKI, 1977). Pero como

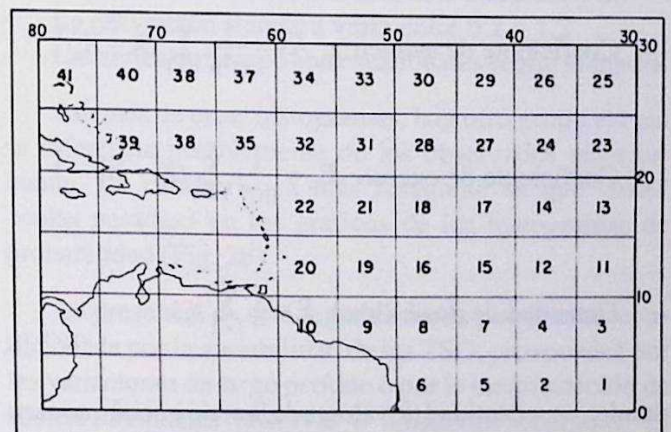


Fig. 1. Los límites de la región estudiada y numeración de los trapecios de cinco grados.

resultado de la promediación, este error disminuye (UGRIUMOV, 1981). Con la condición de una distribución casual de las observaciones en el espacio y en el tiempo, es posible estimar el error promedio de los promedios mensuales de la TSO de este modo:

$$\sigma = \frac{\Delta t}{\sqrt{n}},$$

en donde n es la cantidad de observaciones.

De aquí que el error promedio es de 0.2°C. En la parte norte de la región de observación este error es dos veces menor y en la zona del suroeste es dos veces mayor.

MÉTODOS

Al principio se investigó la estructura de las series de tiempo de la TSO para cada trapecio, con el fin de encontrar las variaciones interanuales y en un mismo año de las series de la TSO. Para ello fueron empleados sucesivamente métodos de tratamiento estadístico primario, análisis de correlación espectral y análisis armónico.

Fueron calculados los siguientes parámetros estadísticos:

- La media: $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$;
- La dispersión: $\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$;
- Coeficiente de asimetría: $As = \frac{1}{\sigma^3 n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3$;
- Coeficiente de exceso: $E_x = \frac{1}{n\sigma^4} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4 - 3$;
- Densidad de posibilidad: $P_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_j$;

donde v_j - cantidad de valores de la serie inicial que caen en el intervalo de la variación general.

- coeficiente de autocorrelación:

$$R_j = \frac{1}{(n-j-1)^2} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(X_{i+j} - \bar{X});$$

donde j es el valor de ascenso

- función espectral: $S(f) = \sum_{k=1}^m h(k) R_k \cos(2fk)$;

donde f - la frecuencia $f=1/T$

h - función espectral de la ventana de Parzen

- valor de la amplitud (A) de la armónica de Fourier:

$$A_j = (a_j^2 + b_j^2)$$

en donde los coeficientes de Fourier para la armónica j se calcularon por las fórmulas:

$$a_j = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n X_i \cos(ifj)$$

$$b_j = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n X_i \sin(ifj)$$

Todos los cálculos son aceptados para análisis estadístico-climatológicos similares (BELIAEV, 1973; GRIGORIENKA, 1973; BOKC & DSHENKIS, 1974; TAUBER, 1977 KOLL, 1981; UGRIUMOV, 1981; KUZNETSOV, 1982; STEPANOV, 1983; 1984 VAINOVCKII, 1986 Y SINONOV, 1988).

En la etapa final del trabajo para la obtención de las características cuantitativas de la conjugación de las oscilaciones espacio temporales de la TSO, se empleó la descomposición de los datos mensuales de la TSO en componentes principales o funciones ortogonales¹.

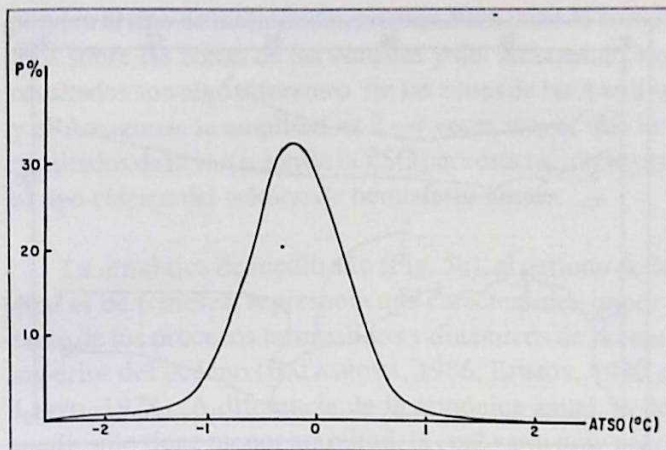
RESULTADOS Y DISCUSION

VARIACION TEMPORAL DE LOS PROMEDIOS MENSUALES DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL OCEANO

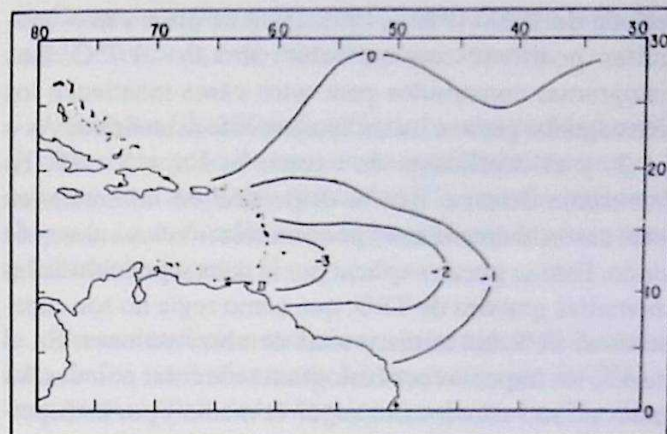
En esta primera etapa trataremos de destacar las regularidades de la variabilidad temporal de las series de

1. Debido a lo prolongado que sería una explicación de este método y por no ser el objetivo del presente trabajo, no se hace una exposición del mismo.

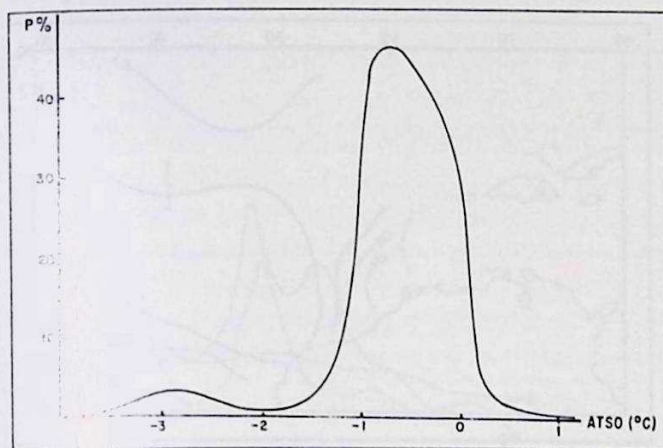
Variaciones de la temperatura en el Atlántico Tropical Occidental



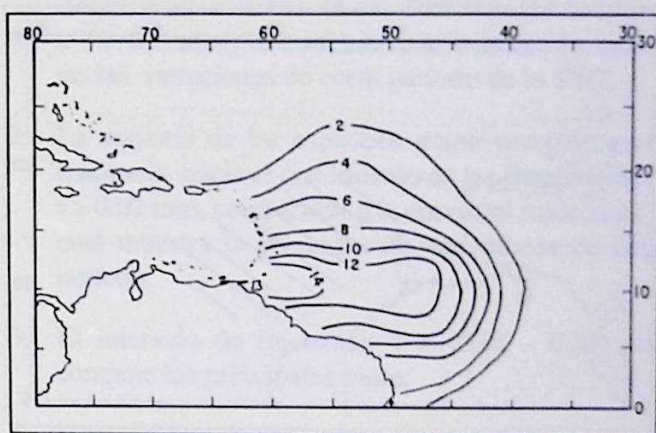
(a)



(a)



(b)



(b)

Fig. 2. Curvas de distribución de probabilidad de las anomalías de la TSO en los cuadrados 5(a) y 20 (b).

Fig. 3. Distribución de la asimetría (a) y el exceso (b) de la anomalía de la TSO.

la TSO. Estas regularidades en las variaciones de la TSO es una característica importante para valorar el régimen de la capa superior del océano (VICOTSKAYA, 1980; GLEDZER, 1982 Y DUVANIN, 1968).

Observemos los resultados obtenidos del tratamiento estadístico primario. Los histogramas empíricos de las series de las anomalías de la TSO en la mayoría de los trapecios esféricos tienen la forma de una sola moda, asimétricamente débiles con picos pronunciados (Fig. 2a). La valoración muestra que:

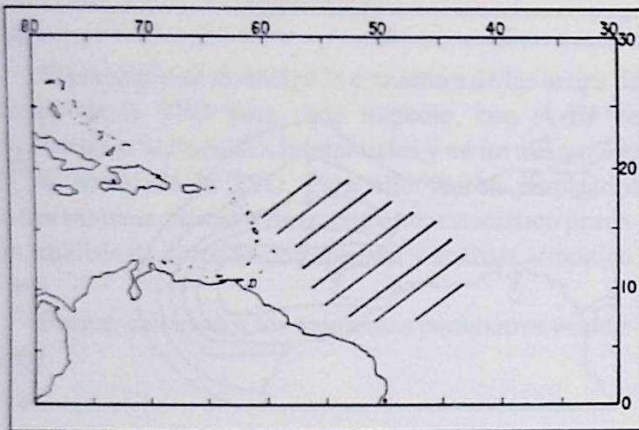
- Los coeficientes de asimetría están comprendidos entre -0.5 y 0.3 (Fig. 3a)
- Los coeficientes de exceso varían entre 0.2 y 0.8 (Fig. 3b)

- El promedio de las anomalías está entre 0.2 y 0.9
- La desviación standard varía entre 0.2 y 1.2
- Las series de tiempo son estacionales según la media.

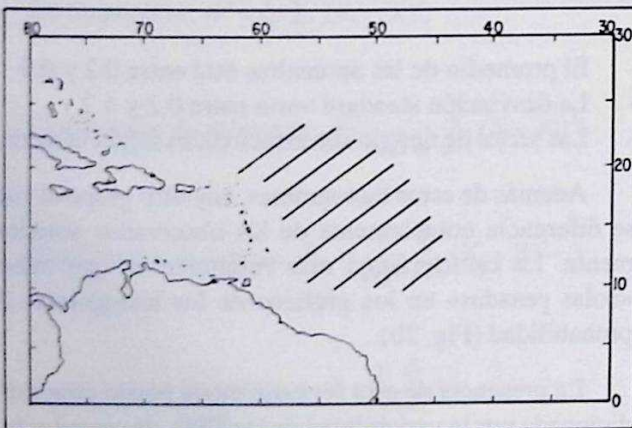
Además de estos histogramas, hay otro grupo el cual se diferencia notablemente de los observados anteriormente. La característica más resaltante es que tienen «colas pesadas» en los gráficos de los histogramas de probabilidad (Fig. 2b).

La presencia de esta segunda moda puede estar condicionada por la variabilidad de las TSO, provocadas por las variaciones de largo período o por la manifestación de fuertes anomalías positivas o negativas separadas. El análisis de las series de tiempo mostró el segundo caso. Así, en el período de 1960 - 1963 se observaron anomalías negativas de la TSO con un valor de $1 - 2^{\circ}\text{C}$, en el

período de 1968-1970 y 1979-1983 se observaron anomalías positivas con un valor de $1.0 - 1.7^{\circ}\text{C}$. Los histogramas construidos para estos casos mantienen los picos agudos pero se hacen fuertemente asimétricos $As = 1 - 3$, y el coeficiente de exceso es $Ex = 5 - 16$. Es interesante destacar que la dispersión de las series, en estos casos, aumenta muy poco en relación los valores de fondo. Esto se puede explicar por la poca repetición de las anomalías grandes de TSO, que como regla no son superiores al 11% del número total de observaciones. En el caso de los trapecios con histogramas de colas pesadas, las series no son estacionales según la media y por la dispersión. En las Figs. 4a y 4b, se pueden observar las zonas en las cuales se cumple la estacionalidad.

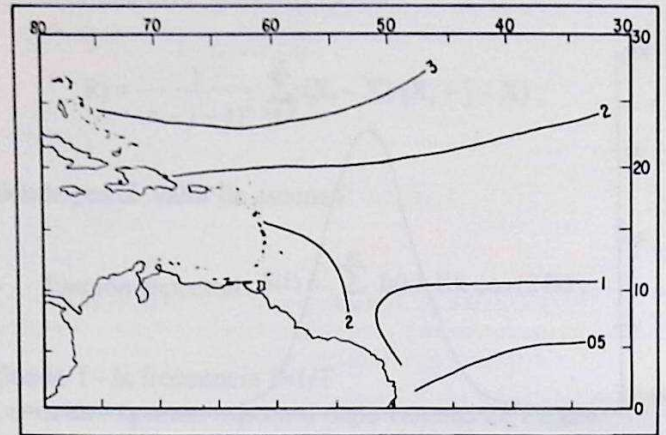


(a)

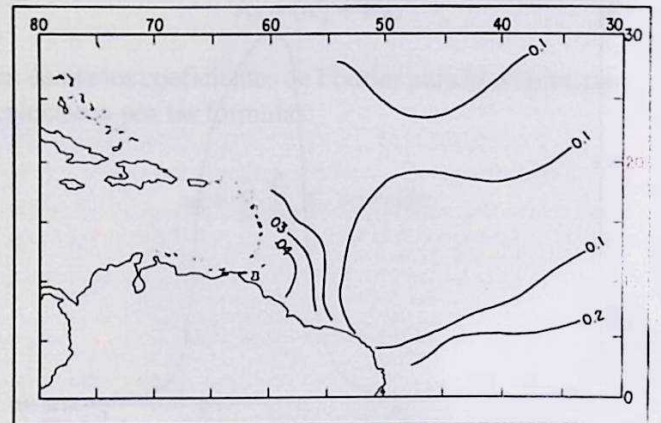


(b)

Fig. 4. Zonas donde no se cumple la estacionalidad según la media (a) y la dispersión (b).



(a)



(b)

Fig. 5. Amplitud de la armónica de 1 año (a) y de medio año (b).

El análisis de las variaciones de la TSO lo comenzamos por la caracterización de la variación anual (Fig. 5a). Las armónicas con un período de 12 meses, están presentes en la mayoría de las series observadas. La amplitud varía entre 0.2 y 3.2°C . Los valores bajos de las amplitudes corresponden a los trapecios con los números $1 - 8$, dispuestos cerca del ecuador. Los mayores valores de la armónica anual de la TSO corresponden a los cuadrados $30 - 41$, los cuales están situados entre los 20° y 30° Lat. Norte. Esta heterogeneidad de la variación anual es, por supuesto, consecuencia de la disposición de la región estudiada de Atlántico Tropical en diferentes zonas climáticas, lo cual está en concordancia con las clasificaciones clásicas. Así, los valores menores de las amplitudes corresponden al tipo ecuatorial del régimen superficial del océano, y los mayores valores de las amplitudes corres-

ponden al tipo de las latitudes medias. Pero cuando hablamos sobre las zonas de las Antillas y del Amazonas, los resultados son algo diferentes. En las zonas de las Antillas y el Amazonas la amplitud es 2 - 4 veces mayor que los resultados de la variación de la TSO para esta región según el tipo clásico del trópico de hemisferio norte.

La armónica de medio año (Fig. 5b), el período de la cual es de 6 meses, representa una característica importante de los procesos termalinos y dinámicos de la capa superior del océano (BALASHOVA, 1986; EFIMOV, 1980 Y LAPPO, 1978). A diferencia de la armónica anual, la de medio año tiene menor amplitud, la cual varía muy poco en el espacio ($0.1 - 0.4^{\circ}\text{C}$) (Fig. 6). En la zona Ecuatorial el aporte de los componentes de las armónicas anuales de

medio año son prácticamente iguales. En otro sitio de la región estudiada esta relación no se observa.

Entre los 10 y 20° de Lat. Norte la amplitud de 6 meses se diferencia poco de cero, la excepción la constituye la relativa alta amplitud (hasta 0.4°C) para la región de Guyana, lo cual podría ser explicado por los monzones presentes en la zona.

Para un análisis estadístico más completo de la estructura de las oscilaciones de las anomalías de la TSO se incluye el análisis de las funciones espectrales (Fig. 6), el cual nos permitió concluir que:

- 1.- Prácticamente todos los espectros empíricos no contienen oscilaciones en las frecuencias mayores a $f > 0.3$ mes, lo cual mostraría sobre lo casual de las variaciones de corto período de la TSO.
- 2.- La mayoría de los espectros empíricos tienen una tendencia hacia el crecimiento en las frecuencias de $f > 0.02$ mes, comparable a la curva del ruido rojo, lo cual muestra la presencia de variaciones de largo período.
- 3.- El intervalo de frecuencia $f = (0.02 - 0.30)$ mes contiene los principales picos.
- 4.- Es posible destacar diapasones más estrechos, donde se manifiestan las oscilaciones periódicas de la TSO. Esto es (8 - 11) meses, (20 - 35) meses, (60 - 90) meses.

Además de las particularidades mostradas por las funciones espectrales, tenemos que las funciones espectrales de la TSO en la zona Ecuatorial tienen los picos menos marcados de las oscilaciones cíclicas. En los trapecios esféricos 1 - 3, el espectro calculado en el intervalo de $f = (0.02 - 0.04)$ mes es prácticamente equivalente al espectro del ruido blanco. Esta particularidad permite afianzar lo casual en la formación de las anomalías mensuales de la TSO en la zona Ecuatorial del Atlántico Tropical en el intervalo de (2.5 - 50) meses.

Un análisis más severo de las funciones espectrales calculadas en el intervalo $f = (0.02 - 0.01)$ permite destacar picos de oscilación con períodos de (60 - 80) meses. Pero destacar estos picos sólo es posible después

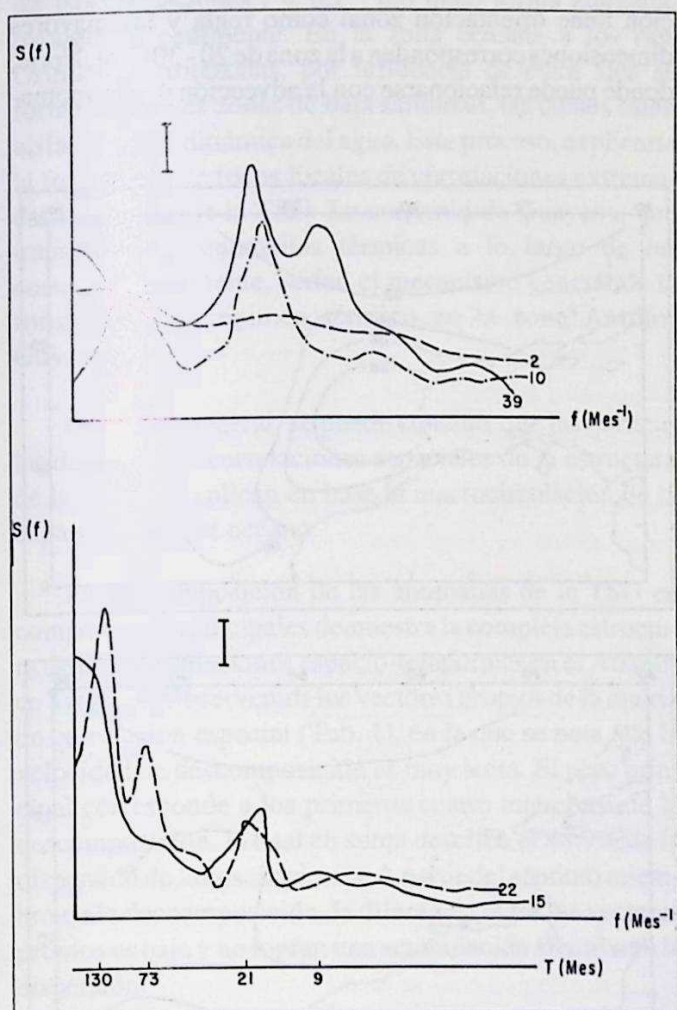


Fig. 6. Funciones espectrales de las series de las anomalías de la TSO. El número de la curva de espectro corresponde a la numeración de los cuadrados.

de la filtración de las series iniciales de los trapecios esféricos, dispuestos en el flujo de la Corriente de Guyana y las Antillas. La contribución de estas oscilaciones no es mayor a 13% de la dispersión total de las series y el mecanismo de estas variaciones aún no han sido explicadas. Ciclos análogos se encuentran en las variaciones de los parámetros termodinámicos de las macrocirculaciones del agua en el océano (GULIAEV, 1986 y Moxov, 1985). Para una descripción estadística más confiable de variaciones similares son necesarias series de observaciones más largas que las empleadas en el presente trabajo.

VARIACION ESPACIO-TEMPORAL DE LAS OSCILACIONES DE LA TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL OCEANO

Observemos los resultados del análisis de correlación

de las series anómalas de los promedios mensuales de la TSO.

La matriz de la correlación espacial está compuesta de 41 líneas y 41 columnas. El valor crítico del coeficiente de las correlaciones pares fue de $R_k = 0.16$. El análisis de significancia de los coeficientes de correlación muestra que el 24% de las correlaciones no son significativas, pero el principal interés lo representa la distribución espacial de las correlaciones. El campo de las isocorrelaciones se muestran en la (Fig. 7), y están contruidos en relación a los centros más característicos de la correlación espacial. La particularidad más resaltante lo constituye, el que los campos tienen una forma elíptica expresa, la cual es mayor para las isocorrelaciones de $r = 0.5 - 0.9$. La elipsoide de correlación tiene orientación zonal como regla y las mayores dimensiones corresponden a la zona de $20 - 30^\circ$ Lat. Norte, donde puede relacionarse con la advección de las anomalías.

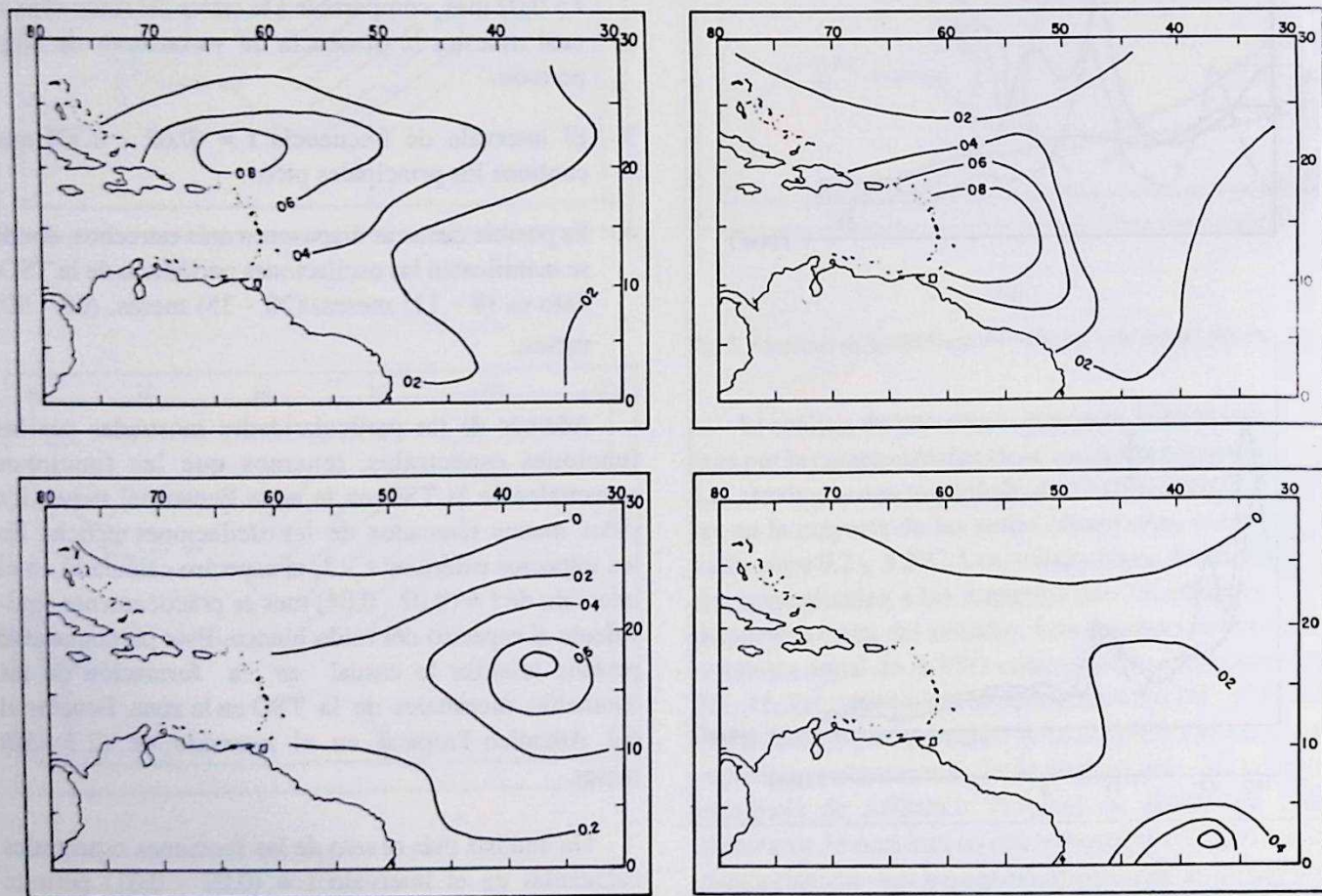


Fig. 7 Correlación espacial de las series de la TSO.

líneas de la TSO en el flujo de la Corriente Ecuatorial del Norte.

La mayor cantidad de valores pobres de correlación corresponden a las series de anomalía de la TSO en la zona Ecuatorial del Atlántico. Aquí es posible una orientación clara de los campos de correlación los cuales tienen una leve orientación zonal, lo cual puede ser producto de la poca amplitud de las oscilaciones de la TSO en la zona Ecuatorial, lo que no permite obtener valores altos en las interrelaciones de los campos de TSO.

En la mayoría de los trapecios esféricos, dispuestos cerca de las costas del continente, se nota otra orientación de las isocorrelaciones. Aquí como regla, el foco de altas correlaciones ($r = 0.8 - 1.0$) tiene la forma casi circular y las isocorrelaciones $r = 0.2 - 0.6$ tiene forma alargada, paralela al continente. En la zona cercana a los ríos Orinoco y Amazonas, por influencia de estos ríos se forman enormes zonas de baja salinidad, las cuales están aisladas por la dinámica del agua. Este proceso, explicaría la formación de focos locales de correlaciones extremadamente bajas de la TSO. La corriente de Guayana, que transporta las anomalías térmicas a lo largo de las costas del continente, serían el mecanismo general de la formación del régimen térmico en la zona Antillo-Guayanesa.

De forma general, se puede concluir que las particularidades de las correlaciones espaciales de la estructura de la TSO se explican en base la macrocirculación de la capa superior del océano.

La descomposición de las anomalías de la TSO en componentes principales demuestra la compleja estructura de las interrelaciones espacio-temporales en el Atlántico Tropical. Observemos los vectores propios de la matriz de correlación espacial (Tab. 1), en la que se nota que la velocidad de descomposición es muy lenta. El peso principal corresponde a los primeros cuatro miembros de la descomposición, la cual en suma describe el 48.9% de la dispersión de las oscilaciones. A partir del séptimo miembro de la descomposición, la diferencia entre los vectores propios es baja y no logran una acumulación efectiva en la dispersión.

Calificamos la veracidad de los valores calculados de los vectores propios. Según MESHERCKAYA (1970), el empleo de cualquier vector propio λ_k conlleva a representar

TABLA 1 Distribución del campo de las anomalías de la TSO en componentes principales.

Vector	Propio	Aporte %	Acumulación de la Dispersión
1	9,8	24,1	24,1
2	5,1	12,5	36,6
3	2,8	6,9	43,5
4	2,2	5,4	48,9
5	1,6	3,8	52,7
6	1,1	2,7	55,4
7	0,8	1,9	57,3
8	0,7	1,7	59,1
9	0,6	1,5	60,6
10	0,5	1,3	61,9

los campos de la TSO sólo en el caso, si mantiene la relación

$$\lambda_k > 2\sigma^2$$

donde

σ^2 - dispersión de los errores de observación.

Anteriormente fue mostrado que la dispersión media normalizada de las oscilaciones de las series de anomalías de la TSO es de 1,2. Por tanto, en el análisis de los componentes principales es suficiente limitarse a los primeros 4-5 miembros de la descomposición.

La distribución de los primeros vectores propios (Fig. 8) nos permite conocer las particularidades generales de la superposición en el espacio las variaciones de la TSO. Las formas obtenidas para los primeros cuatro primeros vectores propios es cercana a la forma canónica y pueden ser interpretados según GLAGOLEVA (1979), PETROCIAN (1973) Y DELACROIX (1984) de la forma siguiente:

- El primer vector propio conserva sin variaciones su

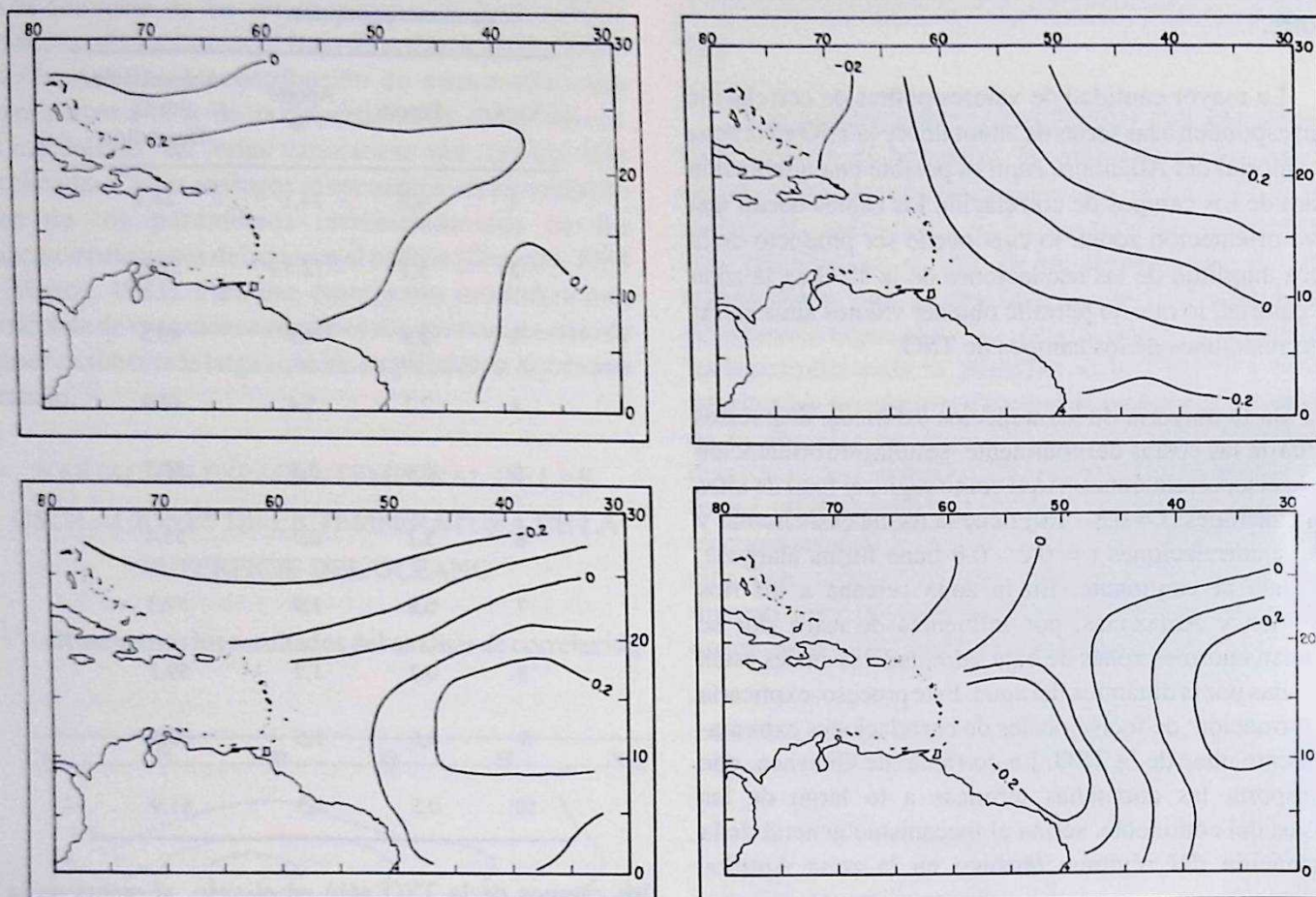


Fig. 8. Campo de los primeros cuatro vectores propios.

signo en toda la región estudiada, varía entre 0.02 - 0.25 y se puede relacionar con las variaciones totales de la TSO de toda la región. Estas variaciones constituyen el 24.9% de las oscilaciones de la TSO en el Atlántico Tropical Occidental.

- El segundo vector propio varía el signo una vez. Tiene signo negativo en la parte norte y en el extremo occidental de la región observada, el signo contrario en la parte sur. La línea de cero está localizado en la zona (20 - 30°) del suroeste al noreste, es característico que los valores negativos del segundo vector propio están prácticamente localizados en la región de influencia de la Corriente Ecuatorial del Norte. Los valores de cero o cercanos a estos, se localizan cerca de la posición de división entre las zonas latitudes medias y tropicales. El valor positivo del segundo vector corresponden a un foco de valores positivos máximos en la latitud (10 - 20°) Lat. Norte al este de los 50° Long. Oeste. Esta región corres-

ponde a la zona de influencia de la contracorriente Ecuatorial.

De esta forma el segundo miembro demuestra las fases contrarias de oscilación de las temperaturas medias mensuales en la Corriente Ecuatorial del Norte y la contracorriente Ecuatorial, es decir, oscilaciones no sincronizadas del régimen térmico implicadas en los elementos de macrocirculación de las aguas superficiales del trópico y subtrópico.

- El tercer vector propio de la distribución describe sólo el 7.9% de las variaciones. Las isolíneas del tercer vector tiene distribución general sureste-noroeste. La parte noroeste tiene valores positivos, los demás valores son negativos. La línea cero de los vectores puede ser interpretada como el límite de influencia de la Corriente de Guyana. La zona de los valores negativos corresponden a las regiones de desplazamiento general de las anoma-

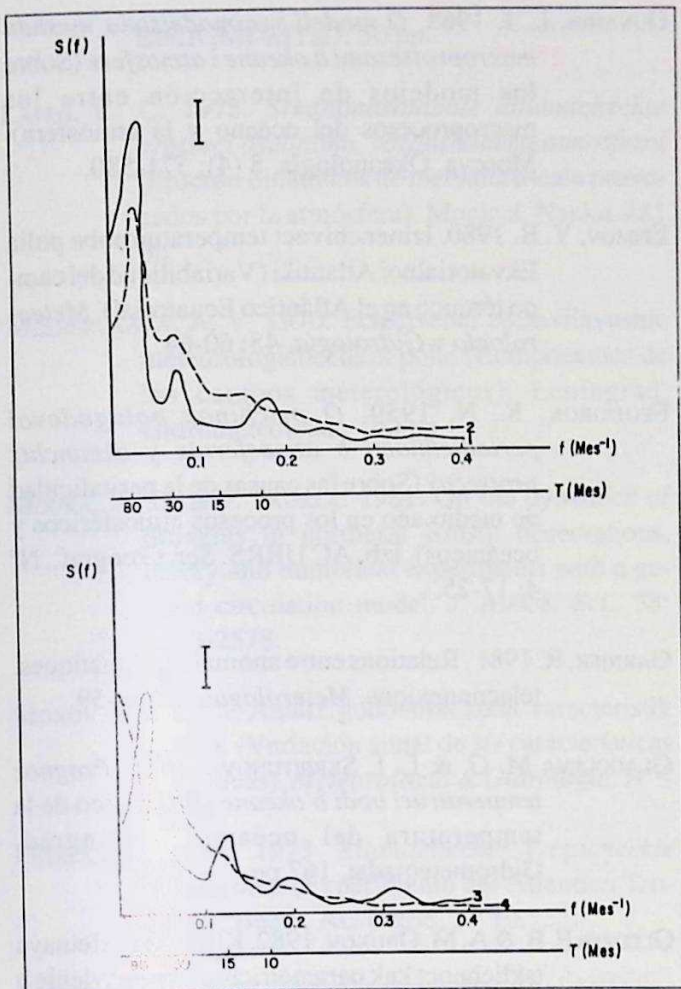


Fig. 9. Funciones espectrales de los primeros cuatro vectores propios.

líneas de la TSO del oeste al noreste y el área de los valores positivos destaca la zona de migración de la Corriente Ecuatorial del Norte en el Atlántico Tropical Central.

- El cuarto vector propio muestra la presencia de varios focos de valores extremos. El aporte de este componente es 5.4%. Este vector describe la conexión de las variaciones de la TSO en la Contracorriente Ecuatorial y la región del Amazonas. Se destaca lo cerrado de las isólinas en la región del Amazonas. Es característico que la variabilidad de la TSO en la Corriente Ecuatorial del Norte y la zona ecuatorial no están relacionadas con el cuarto componente de la distribución.

El análisis espectral de las funciones de los componentes principales (Fig. 9) muestra que:

- El primer vector muestra las principales oscilaciones de la TSO, las cuales son típicas para Atlántico

Tropical en general. Además de las oscilaciones de largo período, se observan tres intervalos en 60 - 90 meses; (5 - 7 años), 25 meses; (dos años), 8 - 10 meses. Los períodos de dos años y 5 - 7 años se presentan como los más intensos en el primer componente.

- El segundo componente principal contiene máximos en los diapasones de oscilación de 5 - 7 años y 2 - 3 años. Aquí el principal campo corresponde a las oscilaciones de largo período.

- El tercer componente principal tiene tres máximos en la densidad espectral. Ellos corresponden a: 5 - 7 años, (3 - 16 meses y 5 - 6 meses).

- En el cuarto componente principal se destacan los diapasones de 2 - 3 años y (5 - 6) meses. Además, se observan oscilaciones significativas de largo período, las cuales superan las series de tiempo empleadas.

Las funciones espectrales obtenidas muestran la marcada diferencia en la estructura espacial de las oscilaciones externas de la TSO. Así, las oscilaciones periódicas de medio año, están relacionadas con las partes adyacentes al continente. Aquí también se registran variaciones de muy largo período. Variaciones de períodos de 13 - 16 meses se registran en la zona de la Corriente Ecuatorial del Norte y en la región de las Antillas, los cuales han sido nombrados anteriormente por CANE (1983) y GARNIER (1981). Pero en los cuatro componentes estadísticos independientes de la descomposición, se destaca un grupo de oscilaciones con períodos similares de 5 - 7 años y 2 - 3 años.

CONCLUSIONES

El campo de las medias mensuales de la temperatura superficial del océano en la parte occidental del Atlántico Tropical tiene forma compleja, heterogénea en el tiempo y en el espacio en la estructura de las oscilaciones.

La variación temporal se forma como resultado de la superposición de oscilaciones de largo período, oscilaciones cíclicas y oscilaciones casuales en la TSO. Los principales intervalos de las oscilaciones periódicas son: (8 - 11) meses, (13 - 15) meses, (2 - 3) años, (5 - 7) años.

La variabilidad espacial se forma en condiciones de heterogeneidad en la distribución de la dispersión de las

oscilaciones casuales de las medias mensuales de la TSO en las zonas ecuatorial, tropicales y en las latitudes medias. Además se observa una relación resaltante en las variaciones de la TSO dentro de cada sistema de macrocirculación general, lo que permitiría resaltar objetivamente las siguientes regiones homogéneas por la variación de la TSO:

Ecuatorial

Antillo-Guyanesa

Contracorriente Ecuatorial del Norte.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco sinceramente a los revisores anónimos por la lectura del manuscrito.

REFERENCIAS

- BALASHOVA, E. B. 1986. Godovie y polugodovie kolevania ckoprocti betrab tropicheskoi zone Atlantichechoba okeana (Oscilaciones anuales de la velocidad del viento en la zona tropical del océano Atlántico). *Tr. VNIIGMI-MTsD*, 122: 48-55.
- BELIAEV, V. I. 1973. *Obrabotka y teoritichechi analiz okeanologicheskix nabludeni* (Procesamiento y análisis teórico de las observaciones oceanográficas). Kiev, Naukova Dumka, 295 pp.
- BOGUSLAVSKI, C. G. 1977. *Temperature pole tropichechoi Atlantiki* (El campo térmico del Atlántico Tropical). Kiev, Naukova Dumka, 164 pp.
- BOKC, D. & T. DSHENKIS. 1974. *Analiz bremennix riadov* (Análisis de las series de tiempo). Moscú, Mir, 242 pp.
- CANE, M. A. 1983. Oceanographic events during El-Niño. *Science* 222 (4629): 1189-1195.
- DELACROIX, T. 1984. EOF analysis of the thermocline depth in the tropical Atlantic ocean. *Trop. Atm. Newslett*, N° 27: 18-19.
- DUVANIN, L. I. 1968. *O modeli vzaimodeistvia meshdu macroprotsesami b okeane i atmosfere* (Sobre los modelos de interacción entre los macroprocesos del océano y la atmósfera). Moscú. *Okeanología*, 8 (4): 571-580.
- EFIMOV, Y. B. 1980. *Izmenchivost' temperatury na polia Ekvatorialnoi Atlantiki* (Variabilidad del campo térmico en el Atlántico Ecuatorial). *Meteorología y Hidrología*, 45: 60-64.
- FEODOROK, K. N. 1959. *O prichinax polugodovoi periodichnosti b atmosfery y okeanicheskix protsecov* (Sobre las causas de la periodicidad de medio año en los procesos atmosféricos y oceánicos). *Izv. AC URRS. Ser. Geograf.*, N° 4: 17-25.
- GARNIER, R. 1981. Relations entre anomalies climatiques. teleconnexions. *Meteorologie*, 27: 49-59.
- GLAGOLEVA M. G. & L. I. SKRIPTUNOVA. 1979. *Prognoz temperatury vodi b okeane* (Pronóstico de la temperatura del océano). Leningrad, Gidrometeoizdat, 167 pp.
- GLEDZER E. B. & A. M. OBUXOV. 1982. *Kbaziduvuxletnaya tsiklichnost kak parametricheskoe yavlenie b klimatologicheskoi sisteme* (El ciclo semi bienal como fenómeno paramétrico en el sistema climatológico). *Izd. AC URRS, FAO*, 18 (11): 1154-1158.
- GRIGORKINA, G. C., P. K. GUBER & V. R. FUKC. 1973. *Prilozhenie k metodam korrelatsionnoy i spektralnoy analiza krupnomashtabnykh okeanologicheskix protsecov* (Métodos prácticos de análisis de correlación y de espectros en los procesos oceanográficos de gran escala). Leningrad, LGU, 172 pp.
- GULIAEV, C. K. & C. C. LAPPO. 1986. Zonalnie klimat Mirovoba okeana (Clima zonal del Océano Mundial). *Meteorología y Hidrología*, 10: 76-84.
- KUZNETSOV, A. A. 1962. *Verxni kbaziadnorodni sloi cebernoi Atlantiki* (La capa superior cuasihomogénea del Atlántico norte). Obninsk,

BNIIGMI-MTsD, 50 pp.

YNIIGMTI, N° 129: 20-29.

- LAPPO, C. C. 1978. *Srednimashtabnie dinamicheckie protseki okeanona, vozbushtaemi atmosferoi* (Proceso dinámicos de mediana escala provocados por la atmósfera). Moscú, Nauka, 181 pp.
- MESHERCKAYA, A. V. 1970. *Ectectvenni coctavliayushie meteorologicheskix polei* (Componentes de los campos meteorológicos). Leningrad, Gidrometeoizdat, 160 pp.
- MOURA, A. D. & J. SKUKLA. 1981. On the dynamics of droughts in northeast Brasil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 38: 2563-2578.
- MOXOV, I. I. 1985. Analiz godovoba xoda xarakteristik klímata. (Variación anual de las características climáticas). *Meteorologiya & Gidrologiya*. N° 9
- PETROCIAN, A. 1973. *Atlanticheckie Tropicheckie Experiment* (Experimento del Atlántico Tropical). Becht. AC URSS, N° 10.
- QUINTERO R. 1991. Régimen termoalino en el Atlántico Tropical Occidental. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 30 (1 y 2): (en prensa).
- SIMONOV, A. I. 1988. Ximico-okeanograficheckie raionirobanie y gidrologicheckie peshim Mirovoba okeana (Regionalización químico-oceanográfica y régimen hidrológico del Océano Mundial). *DAN URSS*, 299 (4): 981-985.
- SHULEIKIN, V. V. 1968. *Fisica Moria* (Física del océano). Moscú, Nauka, 743 pp.
- STEPANOV, V. N. 1982. *Klimatologo statisticheskoe issledovanie termoxlinnix polei Cevernoi Atlantiki* (Estudios estadísticos y climatológicos de los campos termoalinos del Atlántico norte). Moscú, Gidrometeoizdat, 164 pp.
- STEPANOV, V. N. 1985. *Izuchenie klimata Miravobo okeana* (Estudios del clima el Océano Mundial). Tr.
- TAUBER, G. M. 1977. *Ocnovie oboobshchayushie polia vetra Tsentralnoi Atlantiki b svyazi c krupnomashtabnimi atmocfernimi protscami* (Principales particularidades del campo del viento en el Atlántico central en relación con procesos atmosféricos de gran escala). *Tr. GOIM*, 135: 4-16.
- UGRIUMOV, A. I. 1970, 1981. *Teplovoi reshim okeana y dolgosrochnie prognozi pogodi* (Régimen calórico del océano y el pronóstico del tiempo a largo plazo). Leningrad, Gidrometeoizdat, 176 pp.
- . 1985. *Izpolzovanie oboobshchayushie polia vetra b svyazi c krupnomashtabnimi atmocfernimi protscami* (Uso de las particularidades de la interacción atmósfera-océano en los pronósticos del tiempo a largo plazo). Leningrad, Gidrometeoizdat, 150 pp.
- VAINOVCKII, P. A. 1986. *Kompleks program monogamernoba statisticheskoe analiza* (Compendio de programas para el análisis de multivariantes). Leningrad. Fondi LGMI, 28 pp.
- VICOTSKAYA, L. C. & L. A. STROKINA. 1980. *K boprocu ob izmeneniyax klimata okeanov* (Sobre las variaciones climáticas del océano). Tr. GGI, 280 pp.

DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS EN LA BAHIA DE POZUELOS Y AREAS ADYACENTES, ESTADO ANZOATEGUI, VENEZUELA

GILBERTO CEDEÑO F.

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: En la zona costera del Estado Anzoátegui, desde playa Maurica hasta la Bahía de Pertigalete, se observaron películas oleosas y ocasionales residuos de petróleo en estado de degradación y desechos sólidos depositados en la franja litoral. Los hidrocarburos alifáticos presentes en los desechos fueron determinados por espectroscopia infrarroja y cromatografía de gas líquido. Las mayores concentraciones se localizaron a la salida del río Neverí (50 - 90 µg/l), y en la descarga de los efluentes de las refinerías de Corpoven (60 - 80 µg/l). La distribución de los n-alcenos desde n-C₁₇ a n-C₃₂, magnitud de incremento de línea base de los cromatogramas y los compuestos orgánicos no resueltos, indicó el carácter antropogénico de los hidrocarburos los cuales se distribuyeron ampliamente por toda la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes.

ABSTRACT: In the coastal area of Anzoátegui State, from Maurica beach to Pertigalete Bay, a surface film of greasy material, occasional residues of biodegradable petroleum and tar balls on the beach were observed. The aliphatic hydrocarbons produced by this waste were determined by infrared and gas liquid chromatographic techniques. The greatest concentrations were found in the mouth of the Neverí river (50 - 90 µg/l), and near the effluent of Corpoven refinery (60-80 µg/l). The distribution of the n-alkanes from n-C₁₇ to n-C₃₂, the increase of the base line of the chromatograms and the non-resolved organic compounds indicated the petrogenic origin of the hydrocarbons, which were found all over the surface of Pozuelos Bay and adjacent areas.

INTRODUCCION

En la región Noreste del Estado Anzoátegui existe un auge poblacional e industrial que genera agentes externos que van a las aguas de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, algunos de los cuales no son biodegradables y pueden acumularse en los organismos marinos produciendo efectos tóxicos. Otras sustancias permanecen en las aguas balnearias desmejorando la calidad de las playas. De estas sustancias, el petróleo y sus derivados son los principales contaminantes de la región.

Un análisis de la presencia de hidrocarburos del petróleo en la región Noreste del Estado Anzoátegui indica que hay diversas fuentes que podrían contribuir a la contaminación por hidrocarburos petrogénicos en las aguas de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes. En este sentido existe una intensa actividad en el tráfico marítimo debido

a la navegación de ferries, barcos, tanqueros y lanchas de diversos tipos, que vierten aceites lubricantes al mar. Por los muelles de Corpoven se embarca un promedio de 335.000 barriles de petróleo y sus derivados, que representan un peligro potencial, aun cuando los riesgos de derrames por accidentes operacionales tienden a ser minimizados por medidas de seguridad.

Los desechos cloacales municipales, aguas de escorrentía y las emisiones atmosféricas de vehículos automotores y de las refinerías, también son una fuente contaminante permanente.

Las refinerías de Corpoven contribuyen enormemente a la presencia de hidrocarburos de origen petrogénico en la Bahía de Pozuelos. Mientras que el río Neverí, en su largo recorrido, arrastra gran cantidad de aguas de desechos de poblaciones situadas a sus márgenes.

Como producto de la actividad industrial se han observado cinturones de petróleo en proceso de degradación, causados posiblemente por derrames involuntarios. También se ha notado en las aguas superficiales manchas de grasas y aceites lubricantes en gran extensión, especialmente en la zona costera.

Como producto de esas actividades que afectan las aguas de la Bahía de Pozuelos, el papel de los hidrocarburos en el medio marino es de gran interés no sólo por las implicaciones ecológicas, sino también por el desmejoramiento de la calidad de agua. Por esta razón, se ha creído importante realizar un estudio en aguas de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes con el objeto de evaluar el estado de contaminación por hidrocarburos de origen petrogénico, tomando en consideración la existencia de la amplia actividad petrolera en la zona.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio abarca la zona costera del Estado Anzoátegui, desde la Bahía de Pertigalete hasta la desembocadura del río Neverí (Fig. 1), e incluye las bahías de Pertigalete, Guanta y Bergantín. Estas áreas fueron descritas por OKUDA (1981).

Las bahías de Guanta y Pertigalete tienen una gran importancia por ser puertos para la entrada de grandes cargueros; son áreas someras y de circulación restringida.

La Bahía de Bergantín es una zona semicerrada donde se localizan los muelles de Corpoven para la carga y transporte de petróleo y sus derivados. Este muelle es uno de los mayores de América Latina para el embarque del petróleo y sus derivados. A la entrada, y en la parte interna

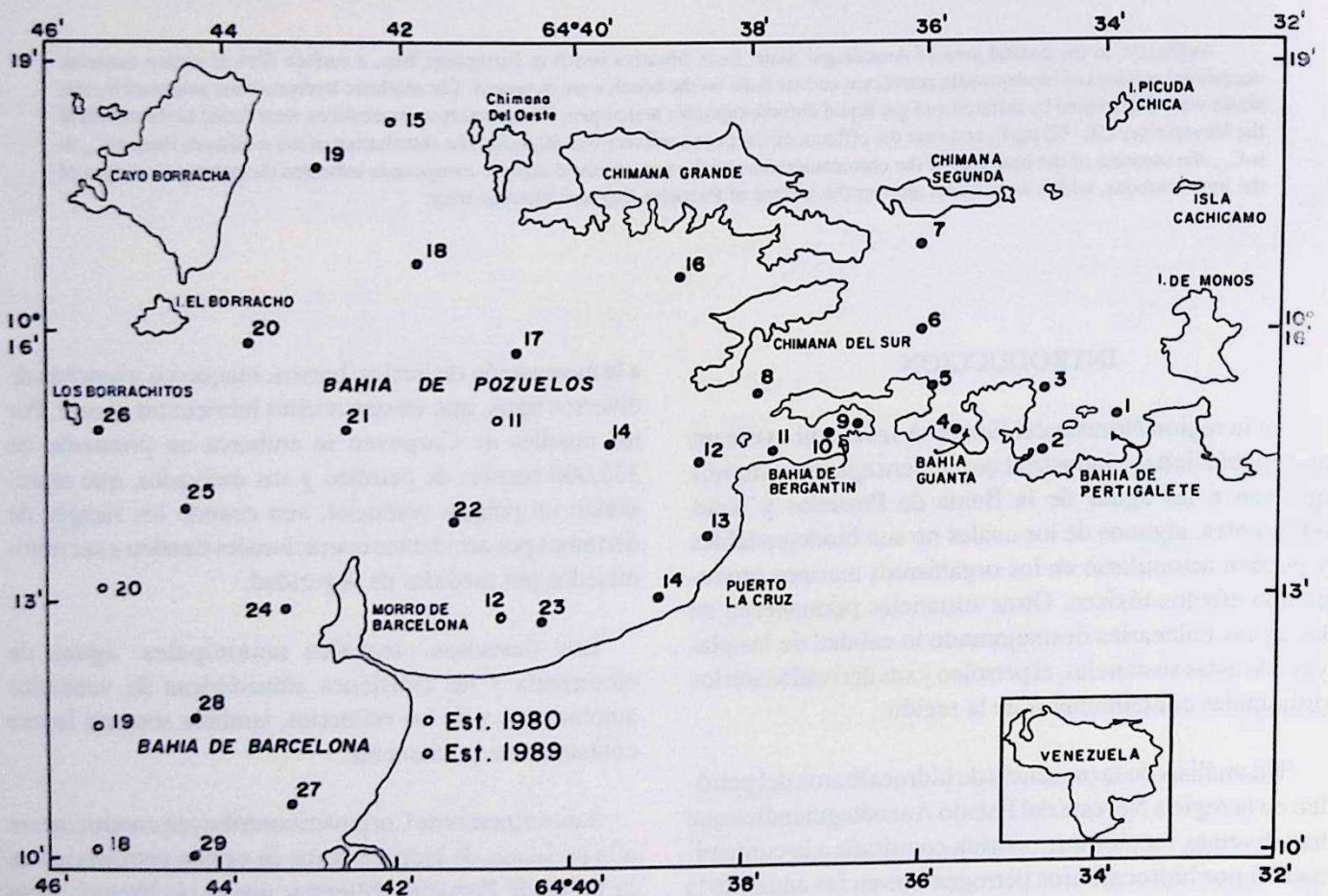


Fig. 1. Distribución de estaciones en la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes.

de la bahía, descargan los efluentes de las dos refinerías de Corpoven.

La Bahía de Pozuelos, situada al Norte del Estado Anzoátegui, está delimitada por un cinturón de islas conformado por Las Chimanas y La Borracha, que forma pasos de comunicación con el Mar Caribe. Al sur se encuentra Puerto La Cruz, ciudad de gran auge industrial y poblacional.

El sentido general de las corrientes y la dirección prevalente del viento en la zona costera propicia la dispersión y transporte de desechos hacia el Oeste de la Bahía de Pozuelos.

METODOLOGIA

Las muestras de agua fueron captadas durante las expediciones realizadas el 3 de Junio de 1980, 24 de Septiembre de 1980 y en Febrero, Mayo y Septiembre de 1989.

Para el análisis cuantitativo de hidrocarburos alifáticos, se tomaron muestras de 2,8 l a 1 m de la superficie del agua con botellas de vidrio y se inactivaron con 2 ml de HCl concentrado. Los hidrocarburos fueron extraídos con dos porciones de 10 ml de tetracloruro de carbono. El tetracloruro fue evaporado en corriente de nitrógeno y en baño de arena a 60°C y el extracto fue separado por cromatografía de capa fina modificada por Cedeño (1979).

Para la cuantificación, la fracción con los hidrocarburos alifáticos totales fue disuelta en tetracloruro y leída en celdas de un cm a 2.930 cm⁻¹, en un espectrofotómetro infrarojo Shimadzu, modelo 400. La concentración fue referida a nonadecano (n-C₁₉).

La separación e identificación de n-alcanos fue realizada en columnas de vidrio de 2 m, empacadas con OV-101 al 3%; en un cromatógrafo Hewlett Packard, modelo 7.800, y en columnas capilares de sílice de 50 m con OV-101 en un cromatógrafo Varian modelo 3.700. Ambos cromatógrafos equipados con detector de ionización a la llama. Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: detector: (280°C), Inyector: 270°C, Horno: 100-200°C/min, fase móvil: nitrógeno a 25 ml/min.

RESULTADOS Y DISCUSION

Un análisis visual de la superficie del agua en la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes indica acumulación de películas oleosas en la cercanía de los puertos de Los Cocos, Corpoven, Punta Meta y Guanta. La presencia de cinturones de petróleo («tar balls») también han sido observados en las playas de la Bahía de Pozuelos. Estos indicios presuponen una contaminación por hidrocarburos de origen antropogénico.

Aspectos cuantitativos de los hidrocarburos disueltos y/o dispersos en la superficie del agua fueron determinados durante la expedición del 3 de Junio de 1980 (Fig. 2). Altas concentraciones fueron encontradas en la desembocadura del río Neverí (90 µg/l) y en el área de influencia en los efluentes de la refinería Corpoven en Puerto La Cruz (80 µg/l).

En la expedición del 24 de Septiembre de 1980 (Fig. 3) se localizaron varias zonas de alta concentración en áreas cercanas a los efluentes de la refinería de Corpoven, en la desembocadura del río Neverí, al sur de la Isla Borracha, en el paso entre esta isla y la Isla Chimana del Oeste. En general los hidrocarburos estuvieron ampliamente distribuidos en todo el área de estudio y las concentraciones fluctuaron entre 15 y 80 µg/l.

Una comparación del comportamiento de los hidrocarburos para ambas expediciones (Figs. 2 y 3) indica fluctuaciones comunes en el patrón de distribución; en este sentido, las concentraciones más elevadas se situaron en las cercanías de la desembocadura del Río Neverí y en la descarga de los efluentes de la Refinería Corpoven a la entrada de la Bahía de Bergantín.

En la distribución mundial de los hidrocarburos en el mar, el aporte de hidrocarburos por los ríos ocupa un lugar significativo con un 39% del total. Mientras que la introducción de hidrocarburos por efluentes de refinería representa un 3% (NAS 1975). Para el área de estudio, el río Neverí en su recorrido de aproximadamente 150 km, recoge los desechos de la ciudad de Barcelona y de pueblos situados a sus márgenes. Mientras que la Refinería Corpoven vierte los efluentes al mar en una forma continua y sistemática, lo cual produce un efecto crónico en las comunidades bentónicas de la Bahía de Bergantín y Bahía de Pozuelos (LIÑERO, 1990).

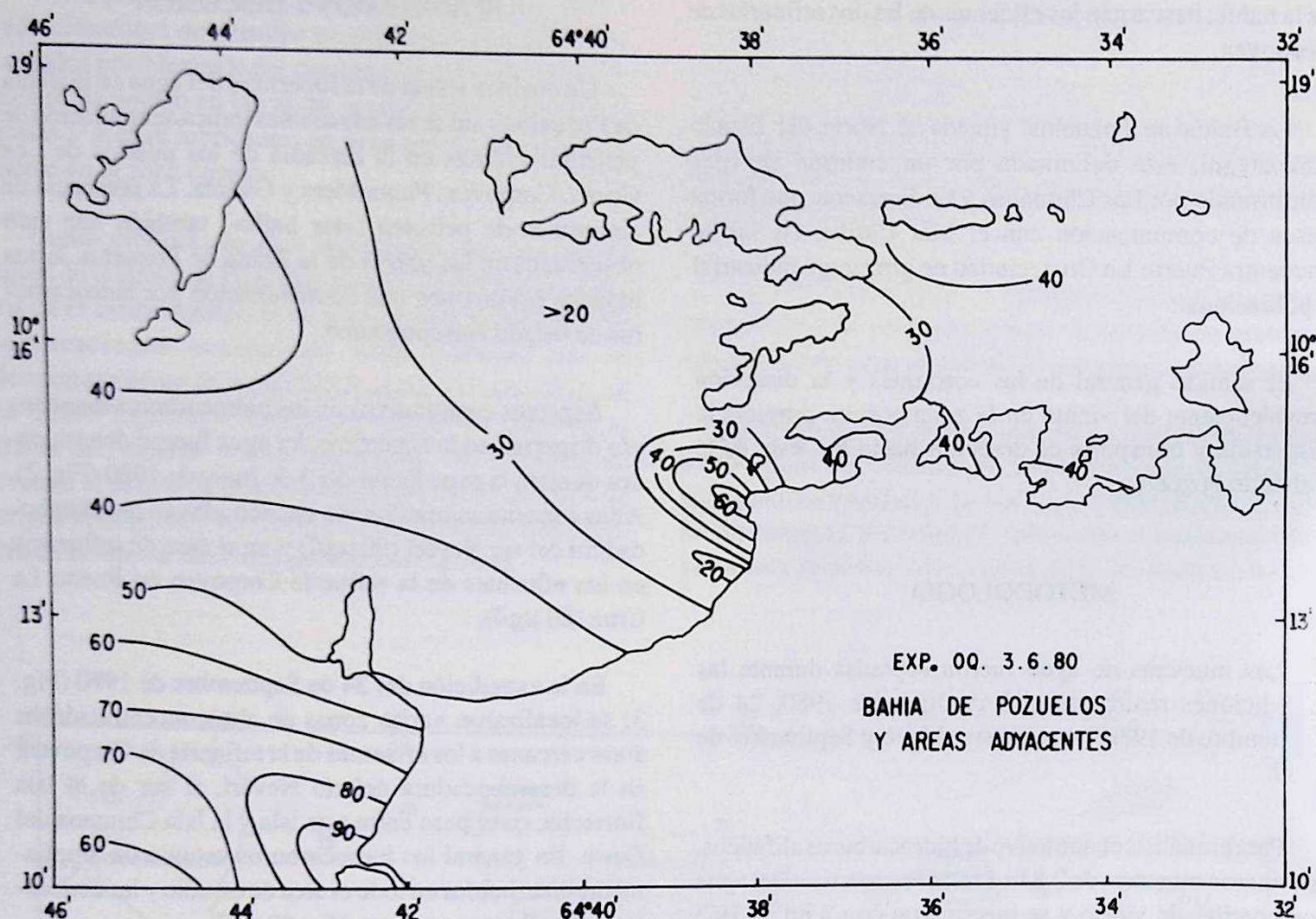


Fig. 2. Distribución horizontal de hidrocarburos ($\mu\text{g/l}$) en la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes durante la expedición 3-6-80.

La presencia de hidrocarburos a la salida de ríos, efluentes de refinerías y puertos, es obvia por el aporte de los productos provenientes del petróleo y sus derivados, por los aceites y grasas de las industrias y por el cambio de los aceites de vehículos automotores. No obstante, en áreas alejadas de la costa, la presencia de hidrocarburos es producida por la dispersión y transporte de la película oleosa superficial, debido a las corrientes y los vientos. En el área de estudio la dirección prevaleciente de los vientos es en el sentido Este-Noreste y las corrientes fluyen hacia el Oeste, transportando hacia otras áreas hidrocarburos desde la zona costera.

En la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes, los hidrocarburos están ampliamente distribuidos y altas concentraciones aparecen en áreas alejadas de la costa. A lo cual contribuye el tráfico marítimo, incluyendo el paso y anclaje de tanqueros, cerca a la isla de La Borracha.

La persistencia de hidrocarburos en estas zonas es un significativo factor en la distribución de los organismos marinos, en la productividad primaria y en la calidad de las playas usadas para propósitos recreacionales.

Los muestreos realizados durante 1989 (Tabla 1), en comparación a los realizados en 1980 (Figs. 2 y 3), indican un incremento en la concentración de hidrocarburos en las aguas superficiales de la Bahía de Pozuelos. En este sentido, altas concentraciones fueron localizadas hacia la parte sur, en las cercanías del Morro de Barcelona y en la desembocadura del río Neverí. Lo que indica que el aumento progresivo de la concentración de hidrocarburos en la zona Noreste del Edo. Anzoátegui se hace cada vez más importante.

Igualmente la persistente distribución de zonas de alta

Tabla 1. Variación de la concentración de hidrocarburos alifáticos en la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes (1989).

Estación	CONCENTRACION ($\mu\text{g/l}$)		
	Febrero	Mayo	Septiembre
11	90	80	45
12	120	111	62
15	110	89	67
18	95	55	39
19	130	140	129
20	85	98	40

concentración de hidrocarburos localizada en la desembocadura del río Neverí, indica una importante fuente de hidrocarburos aportadas al mar.

El análisis de la distribución de n-alcanos por cromatografía de gases permite discernir entre los diferentes orígenes de los hidrocarburos (PHILP & OUNG, 1989).

En este sentido la determinación cualitativa de hidrocarburos de Septiembre de 1980 (Figs. 4, 5, 6) permite distinguir una distribución bimodal con respecto a la mezcla de compuestos no resueltos (UCM); con máximo nivel de $n\text{-C}_{20}$, $n\text{-C}_{21}$ y $n\text{-C}_{29}$ y $n\text{-C}_{30}$. Esta distribución es semejante para toda el área desde la desembocadura del río Neverí hasta la Bahía de Pertigalete e indica un origen común para los hidrocarburos disueltos y/o dispersos, y es independiente de la concentración de los hidrocarburos en el agua.

La distribución bimodal de los hidrocarburos se debe a una contribución de origen petrogénico para la primera distribución, mientras que la segunda distribución es originada por restos de plantas (EGLITON & HAMILTON, 1967). La mezcla de compuestos no resueltos formada por este tipo de distribución bimodal, no indica un decrecimiento por dilución desde el área costera (zona de origen de los hidrocarburos) en dirección costa afuera, sino la existencia de una amplia distribución de los hidrocarburos

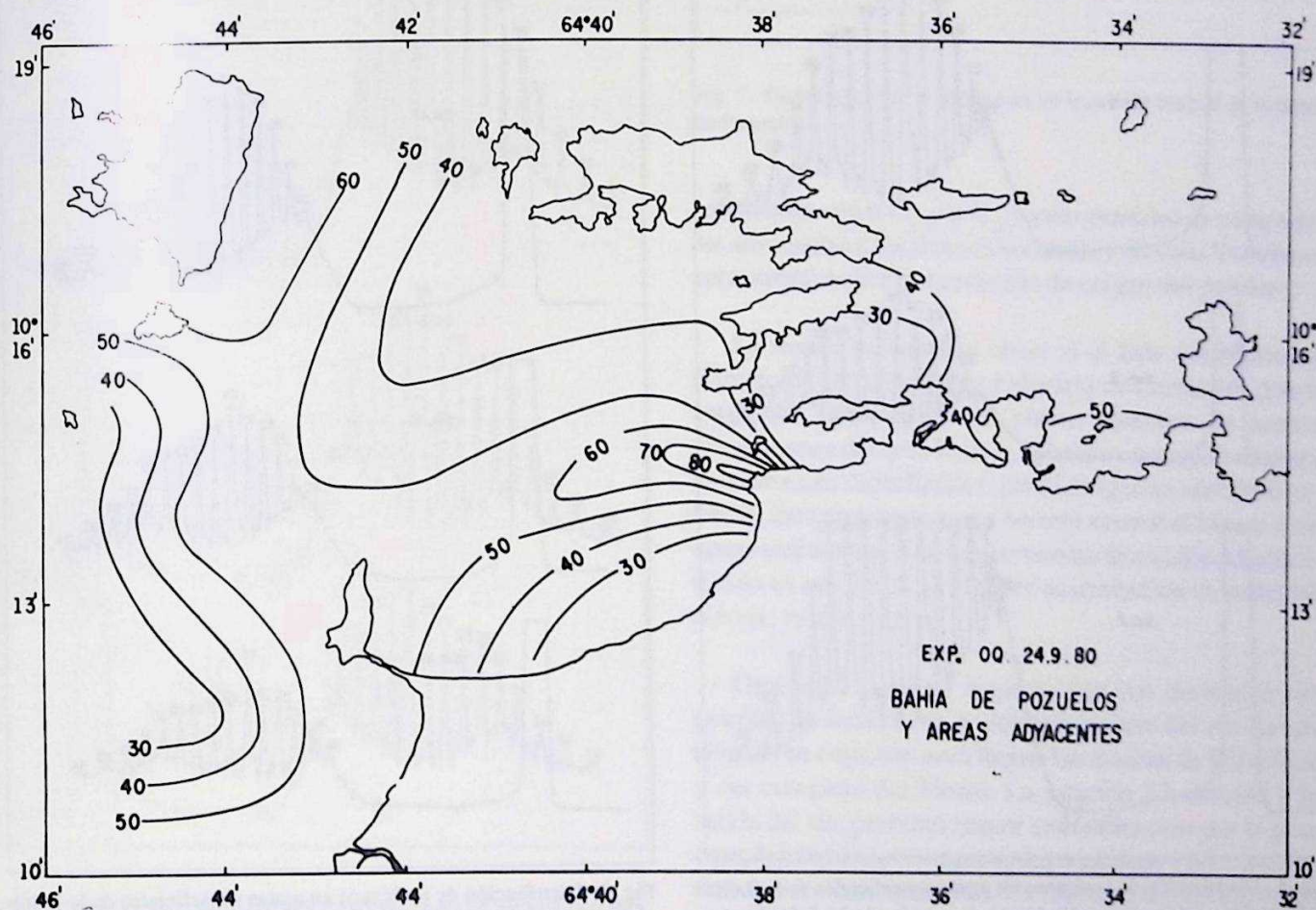


Fig. 3. Distribución horizontal de hidrocarburos ($\mu\text{g/l}$) en la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes durante la expedición 24-9-80.

en la zona estudiada, como fue descrita en la distribución horizontal de los hidrocarburos en la superficie del agua (Figs. 2 y 3).

Sin embargo, en los cromatogramas del presente estudio no existe una clara distribución de los hidrocarburos biogénicos provenientes de las algas marinas las cuales sintetizan hidrocarburos de bajo peso molecular tales como $n\text{-C}_{15}$, $n\text{-C}_{17}$, $n\text{-C}_{19}$ (BLUMER *et.al*, 1971); ni de los

alcanos con átomo de carbono C_{23} , C_{25} , C_{29} , C_{31} de origen terrestre. Los primeros probablemente fueron consumidos por procesos degradativos que tienden a eliminar compuestos de bajo peso molecular.

El aporte terrestre de los n -alcanos en las muestras analizadas referidos a $n\text{-C}_{23}$, $n\text{-C}_{25}$, $n\text{-C}_{27}$ y $n\text{-C}_{29}$ no está bien definido debido a que no se observan diferencias entre los hidrocarburos derivados del petróleo donde la relación de átomo de carbono impares es igual a la unidad.

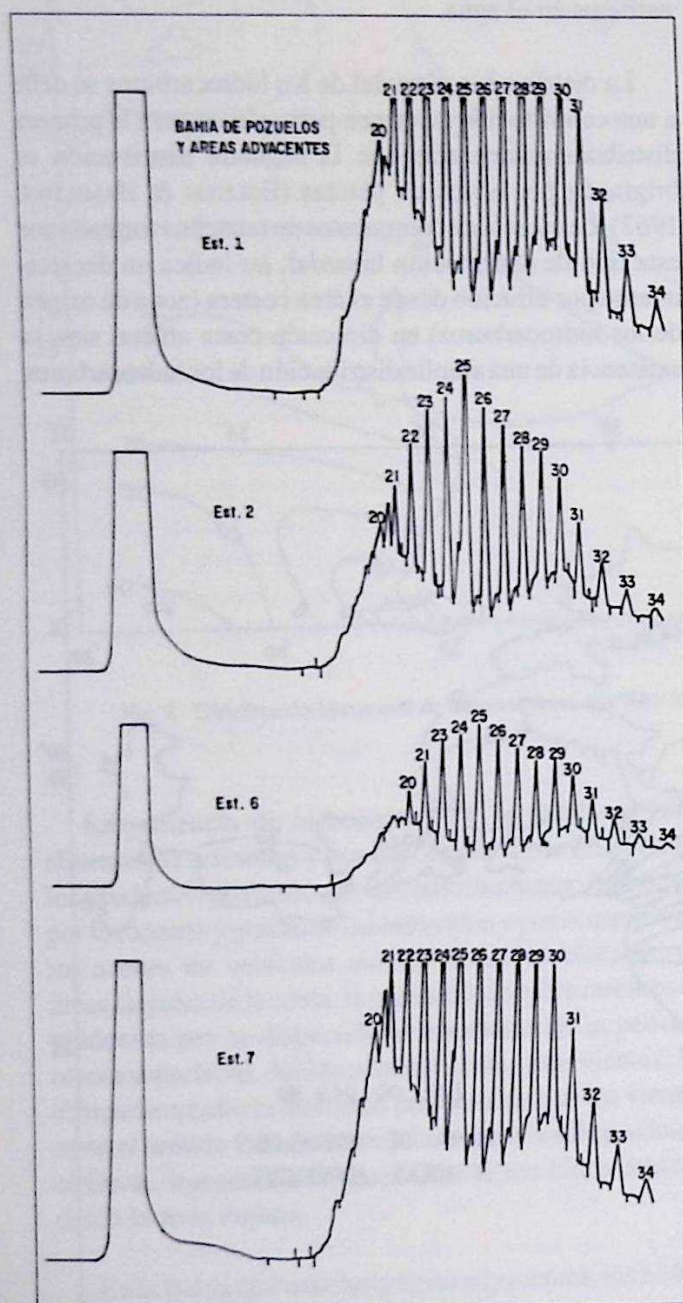


Fig. 4. Distribución de n -alcanos en aguas superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes durante la expedición 24-9-80 (Sector Bahía de Bergantín-Isla Chimanas).

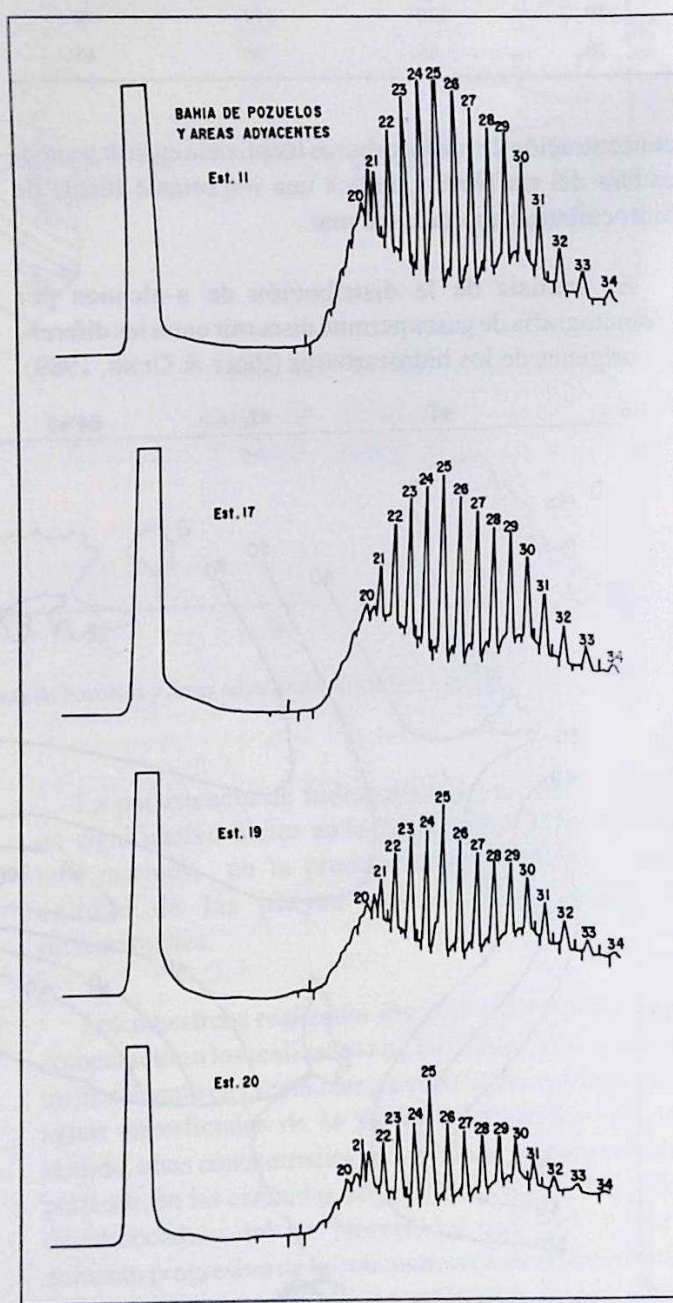


Fig. 5. Distribución de n -alcanos en aguas superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes durante la expedición 24-9-80 (Sector Bahía de Pozuelos).

El análisis reciente de hidrocarburos (Exp. de 1989) en muestras de agua de la Bahía de Pozuelos y de la zona de influencia del Río Neverí indica una distribución diferente para los hidrocarburos tipo n-alcenos. Probablemente sean derivados de gasoil que contienen alcanos en un rango mayor de C_{18} . En la Bahía de Pozuelos (Fig. 7), en un transecto desde el Morro de Barcelona hasta la Chimana Oeste, los n-alcenos mostraron una distribución unimodal

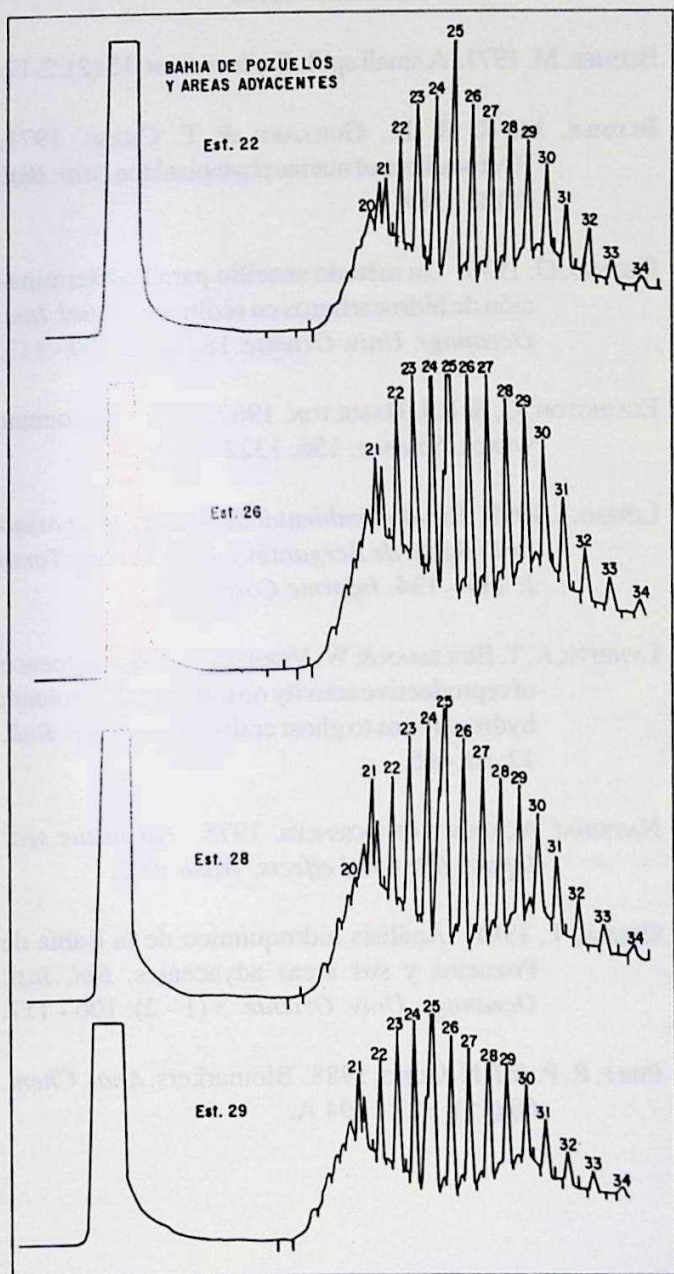


Fig. 6. Distribución de n-alcenos en aguas superficiales de la Bahía de Pozuelos y áreas adyacentes durante la expedición 24-9-80 (Sector Bahía de Pozuelos-Bahía de Barcelona).

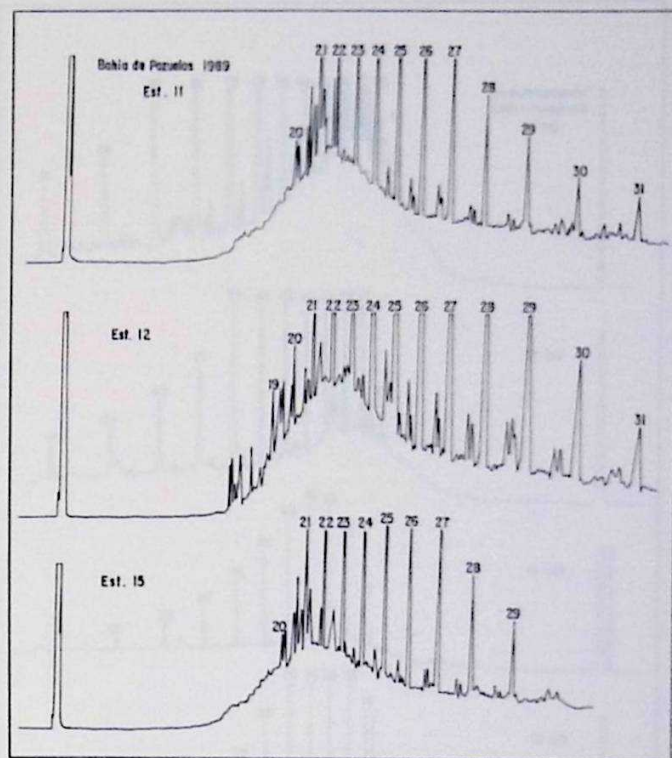


Fig. 7. Distribución de n-alcenos en un transecto central de la Bahía de Pozuelos.

con máximo en $n-C_{21}$ y $n-C_{22}$ y gran cantidad de compuestos adyacentes a los alcanos normales y elevada línea base, característica de hidrocarburos de origen del petróleo.

La mayor cantidad se observó al Este del Morro de Barcelona, cercana al área balnearia de Lecherías, donde es común observar en las playas manchas de aceites provenientes del área Este de la bahía y transportadas por las corrientes superficiales que se dirigen en sentido Este-Oeste. Esta área tiene como barrera natural el Morro y las aguas quizás tengan un mayor tiempo de residencia permitiendo en esa forma una mayor acumulación de películas oleosas en ese sector.

Otra zona de gran impacto por los derivados del petróleo se localiza en la desembocadura del río Neverí (Fig. 8) en cuya cercanía llegan las cloacas de Barcelona y del complejo del Morro. La estación 17, cercana a la salida del río, presentó mayor contaminación por la gran complejidad de sus componentes orgánicos y por cantidad de compuestos no resueltos. Un efecto de la dilución de los hidrocarburos fue observado en áreas más alejadas de la costa en las estaciones 18, 19 y 20.

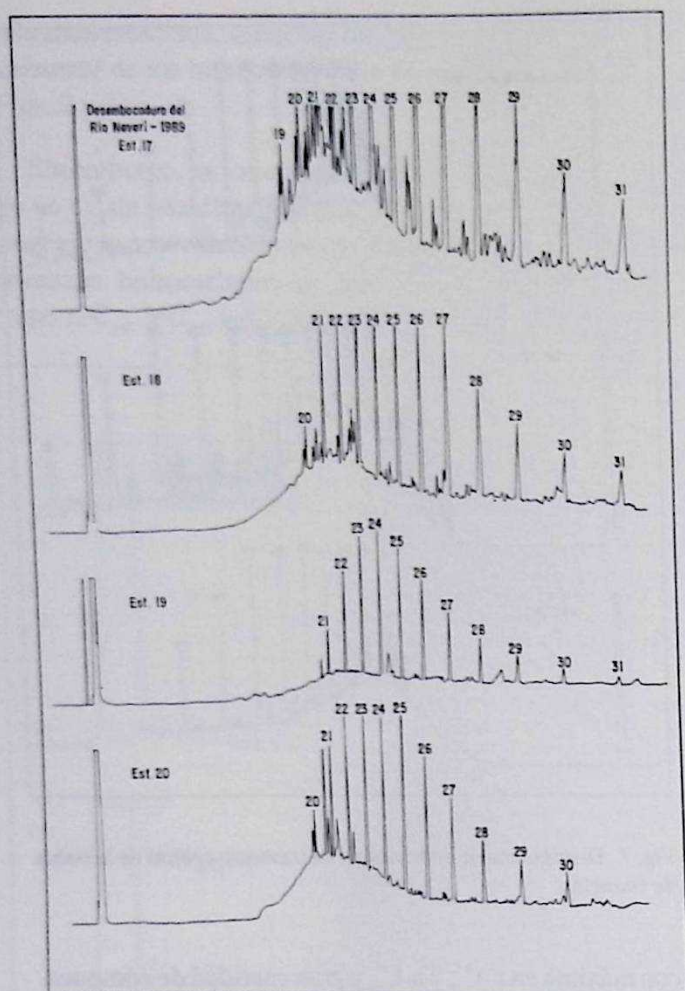


Fig. 8. Distribución de n-alcanos en el área de influencia del Río Neverí..

CONCLUSIONES

Observaciones realizadas desde 1980 hasta 1989 permiten indicar que el deterioro de la franja marino-costera de la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes se ha incrementado sensiblemente.

Las principales fuentes de hidrocarburos provienen no sólo de las refinerías de Corpoven, del tráfico marítimo y del sistema cloacal, sino también del agua drenada por el río Neverí, como ha sido notado visualmente y en forma analítica.

Los hidrocarburos vertidos en la franja litoral afectan la zona costera inmediata y se encuentran ampliamente distribuidos en toda la masa de agua como consecuencia del sistema de corrientes superficiales locales. Pudiendo en esa

forma afectar sensiblemente la biota marina de áreas alejadas de la fuente de hidrocarburos.

La distribución de n-alcanos desde C_{20} a C_{34} , la presencia de UCM, así como de «tar balls» en playas, indican que la fuente de hidrocarburos es de origen antropogénico, derivados del petróleo.

REFERENCIAS

- BLUMER, M. 1971. A small spill. *Environment*. 13 (2): 11-12.
- BLUMER, M. R. R. L., GUILLARD & T. CHASE. 1971. Hydrocarbons of marine phytoplankton. *Mar. Biol.* 8: 183 - 189.
- CEDAÑO, G. 1979. Un método sencillo para la determinación de hidrocarburos en sedimentos. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 18 (1 - 2): 109 - 113.
- EGLINGTON, G. & R.J. HAMILTON. 1967. Leaf epicuticular waxes. *Science*. 156, 1322 - 1335.
- LIÑERO, I. 1990. Estudio ambiental de ecosistema marino de la Bahía de Bergantín y Área de Manejo. Tomo I: 117 - 134. Informe Corpoven.
- LYNETTE, J., T. BIDDLEMAN & W. VERNBERG. 1982. Influence of reproductive activity on toxicity of petroleum hydrocarbons to ghost crabs. *Mar. Pollut. Bull.* 12: 61 - 65.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1975. *Oil in the sea: Inputs, fates and effects*. Wash. D.C.
- OKUDA, T. 1981. Análisis hidroquímico de la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. 3 (1 - 2): 106 - 117.
- PHILP, R. P. & J. N. OUNG. 1988. Biomarkers. *Anal. Chem.* 60 (15): 887 - 894 A.