

Características de la meiofauna bentónica en la Bahía de Cienfuegos y algunos aspectos de su ecología

ALEJANDRO HERRERA MORENO y JESÚS SÁNCHEZ GARCÍA

RESUMEN

Se presentan los resultados de dos muestreos realizados en la Bahía de Cienfuegos, en agosto y noviembre de 1979, con el objetivo de estudiar las comunidades meiobentónicas y su relación con algunos factores ecológicos.

Al tratar los resultados del crucero de agosto mediante un análisis discriminante, la Bahía quedó dividida en tres áreas ecológicas; las zonas de las desembocaduras de los cuatro ríos, la porción NE, y la porción SW. Para cada una de ellas se presentan las funciones discriminantes y se discute la posible influencia de los factores analizados sobre las características del meiobentos. La mayor pobreza de la meiofauna se observó en los fondos de fango arcilloso, poco consolidados, que presentaron los más altos valores orgánicos, así como un alto déficit de oxígeno y expulsión de sulfuro de hidrógeno; las zonas más abundantes fueron los fondos con algún porcentaje de arena, que presentaron menores valores orgánicos, valores más altos de oxígeno, y más bajos de sulfuro de hidrógeno.

Los resultados del crucero de noviembre, si bien mostraron un cambio en el régimen hidroquímico, confirmaron, de forma general, las áreas establecidas, aunque se evidencia la necesidad de otros estudios para precisar mejor sus límites geográficos.

1. INTRODUCCIÓN

La Bahía de Cienfuegos ha sido objeto de numerosos estudios desde el punto de vista físico (TOMCZAK y GARCÍA, 1975; S. Ochoa, inédito¹), geológico (O. Avello y Y. Pavlidis, inédito²; J. L. Juanes, inédito³), de la calidad de su medio (S. Ochoa y cols., inédito⁴; A. Areces y cols., inédito⁵), de las pesquerías del camarón (SUÁREZ, 1973; N. Bessonov y cols., inédito⁶), y otros, pero hasta el presente nadie había abordado en esta bahía el estudio de las comunidades bentónicas, a pesar de su importancia en la dieta de organismos de interés comercial como el camarón (LASERRE, 1979) y su valor como indicadores de la calidad ambiental (REISH, 1959).

Presentado en el Primer Seminario Científico de la Sociedad Cubana de Ciencias Biológicas, mayo de 1980. Manuscrito aprobado el 22 de octubre de 1981.

A. Herrera Moreno pertenece al Instituto de Oceanología y J. Sánchez García al Instituto de Matemática, Cibernética y Computación, ambos de la Academia de Ciencias de Cuba.

Por tal motivo, el presente trabajo tiene como objetivo la evaluación de estas comunidades y el análisis de algunos factores ecológicos que influyen sobre las características y la distribución del bentos en la Bahía.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En los meses de agosto y noviembre de 1979, se realizaron dos muestreos en la Bahía; en cada uno se aplicó una estrategia diferente para el estudio del meiobentos. En el primer muestreo, se ubicaron 19 estaciones en la Bahía (Fig. 1) y se tomaron tres muestras de sedimento en cada una. En el segundo, variamos el criterio utilizado inicialmente de tomar tres réplicas por estación; esta vez, ubicamos un mayor número de estaciones y tomamos una sola muestra en cada una (Fig. 2). Este cambio de estrategia respondió al interés de detallar aún más las distintas áreas que se habían delineado en la Bahía en el primer muestreo.

Debido a la estrecha relación observada entre las características de la fauna y los distintos tipos de sedimentos, decidimos ubicar las estaciones de este segundo muestreo siguiendo un criterio de asignación proporcional entre los distintos tipos de fondo, para lo cual utilizamos el mapa de distribución de sedimentos elaborado por O. Avello y Y. Pavlidis (inédito²) (Fig. 3).

Inicialmente se planificó un tamaño de muestra igual a 60, asignando 40 recursos al área de fango arcilloso, que ocupa aproximadamente un 65 % de la Bahía, y 20 recursos al área restante (35 %), formada por los tipos de sedimentos diferentes de fango arcilloso y que presentan arena en distintos porcentajes (fango microalevrítico, arena fina, y arena media).

La distribución de los recursos en ambas áreas se realizó de forma aleatoria, empleando un sistema de cuadrantes de 1 cm², superpuesto a un mapa de la Bahía en escala 1:50 000. Sin embargo, debido a dificultades surgidas durante el muestreo, la asignación real se resumió a 32 muestras en el área de fango arcilloso y 22 en la restante, para un total de 54 muestras (Fig. 2).

Las 19 estaciones iniciales (Fig. 1) se mantuvieron fijas para el muestreo físico-químico en agosto y noviembre, y en cada una de ellas se colectaron muestras de agua del nivel de fondo, con una botella Nansen, para análisis de salinidad, oxígeno disuelto, y sulfuro de hidrógeno; se registró la temperatura de fondo por medio de termómetros reversibles y se tomaron muestras de sedimento, con una sonda de Bacescu, para análisis de carbono orgánico y porcentaje de humedad.

La salinidad se determinó por medio de un salinómetro inductivo digital, y el oxígeno disuelto y el sulfuro de hidrógeno, según los métodos del NEW BALTIC MANUAL (1972). A partir de los datos de salinidad y temperatura, se realizaron los cálculos de las concentraciones de saturación y los déficit de oxígeno. El carbono orgánico se

¹ "Estudio de la circulación en la Bahía de Cienfuegos".

² "Consideraciones generales sobre la sedimentación de algunas bahías del Archipiélago cubano".

³ "Estudio de los sedimentos de la Bahía de Cienfuegos".

⁴ "Estudio preliminar sobre los contaminantes de mayor influencia en la corrosividad del agua de mar en la Bahía de Cienfuegos, en la zona de la Empresa de Fertilizantes Nitrogenados".

⁵ "Consideraciones sobre el estado cualitativo de la Bahía de Cienfuegos en agosto de 1979".

⁶ "Resultados de las investigaciones oceanográficas pesqueras en la Bahía de Cienfuegos en los primeros días del mes de noviembre de 1968, con respecto a la distribución del camarón".

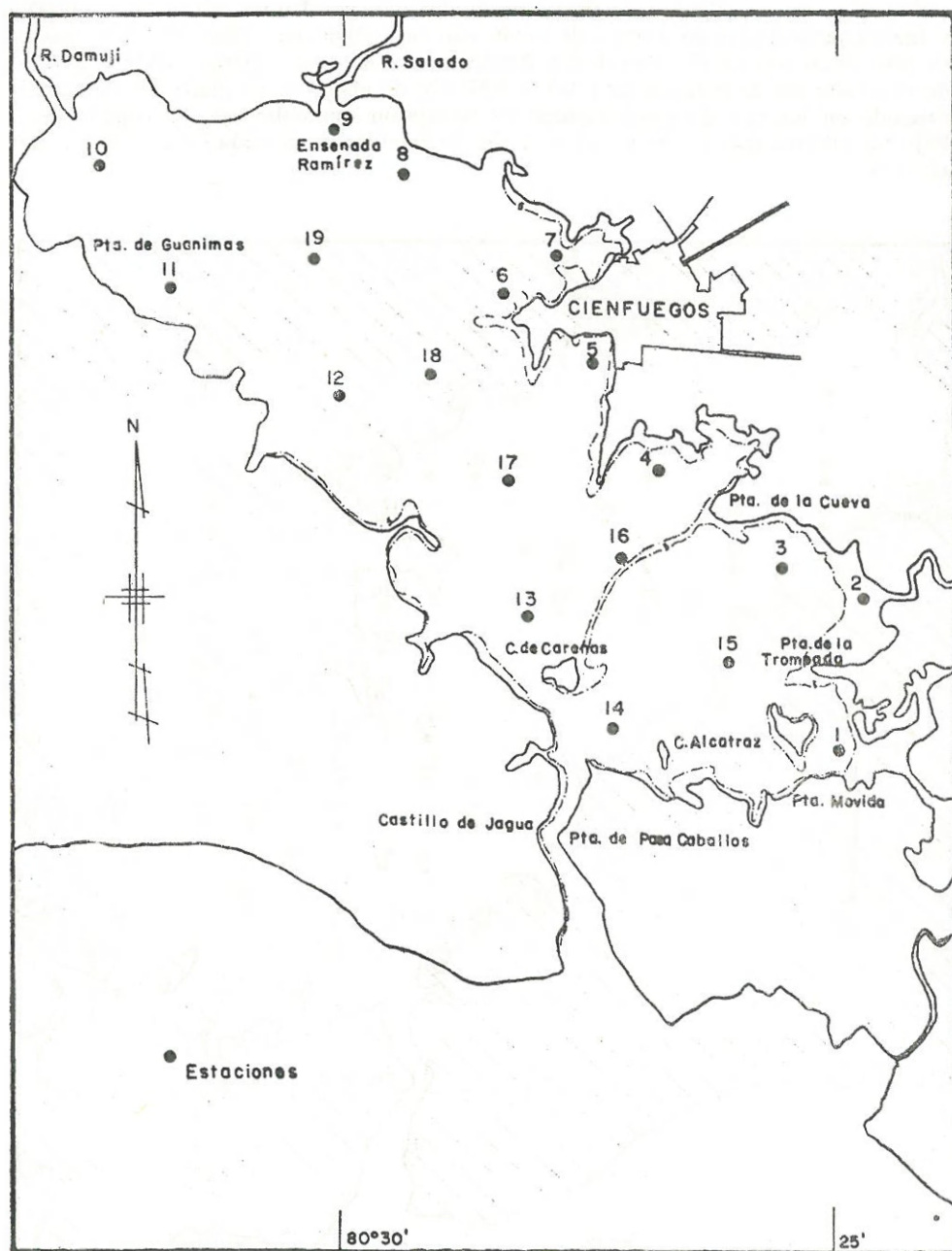


FIG. 1. Mapa de las estaciones utilizadas en el crucero de agosto.

determinó por medio de un microanalizador elemental y el porcentaje de humedad, por diferencia de pesada, tras secar la muestra de sedimento hasta peso constante.

Las muestras del meiobentos se tomaron de los 10 primeros centímetros del sedimento, con un cilindro de muestreo modificado por LALANA y GONZÁLEZ (1978), y fueron preservadas en sobres de nylon con formalina neutralizada al 4 %, hasta su procesamiento en el laboratorio, donde las mismas se hicieron pasar a través de una columna de tamices de 1, 0,5, y 0,25 mm de abertura de malla. Del material retenido en los dos últimos tamices se extrajeron manualmente los organismos, bajo un microscopio estereoscópico, a fin de calcular la densidad y el número de táxones.

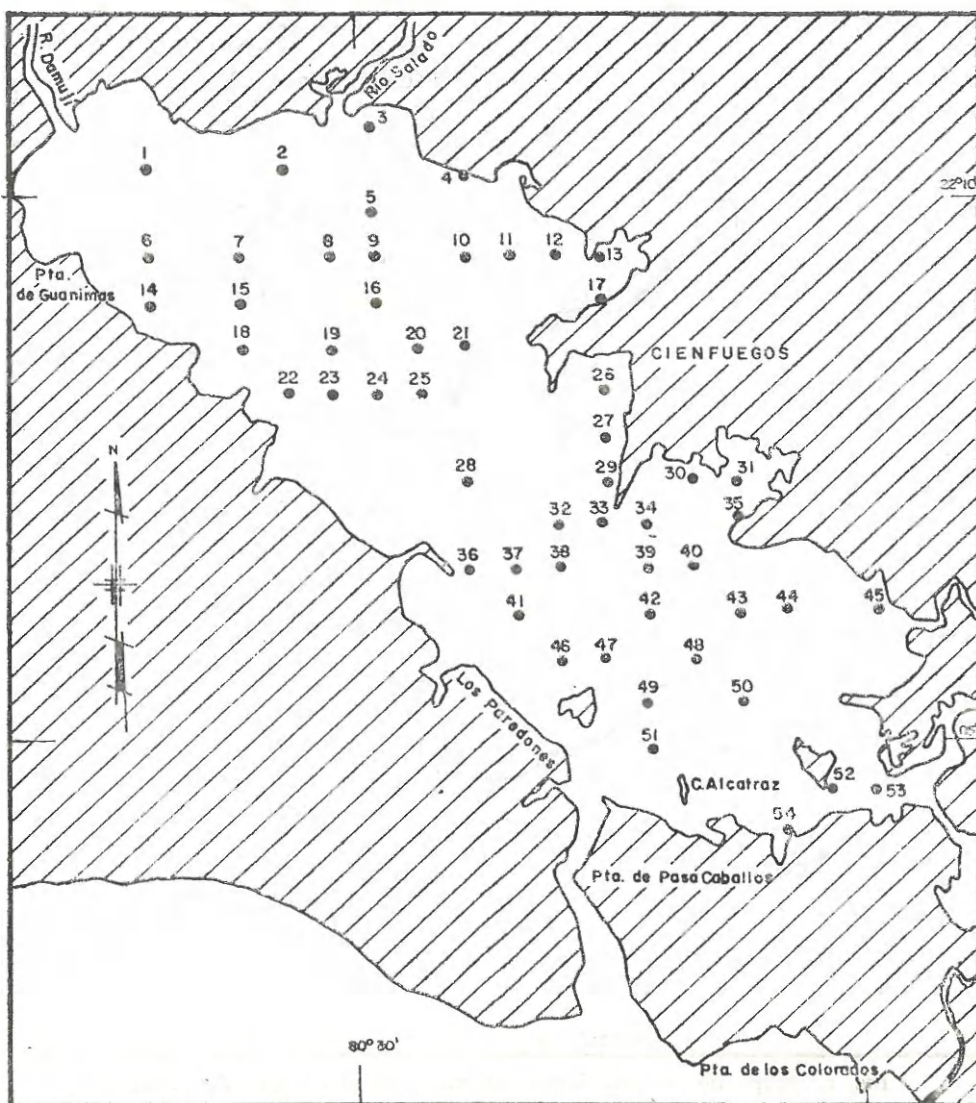


FIG. 2. Mapa de las estaciones utilizadas en el crucero de noviembre.

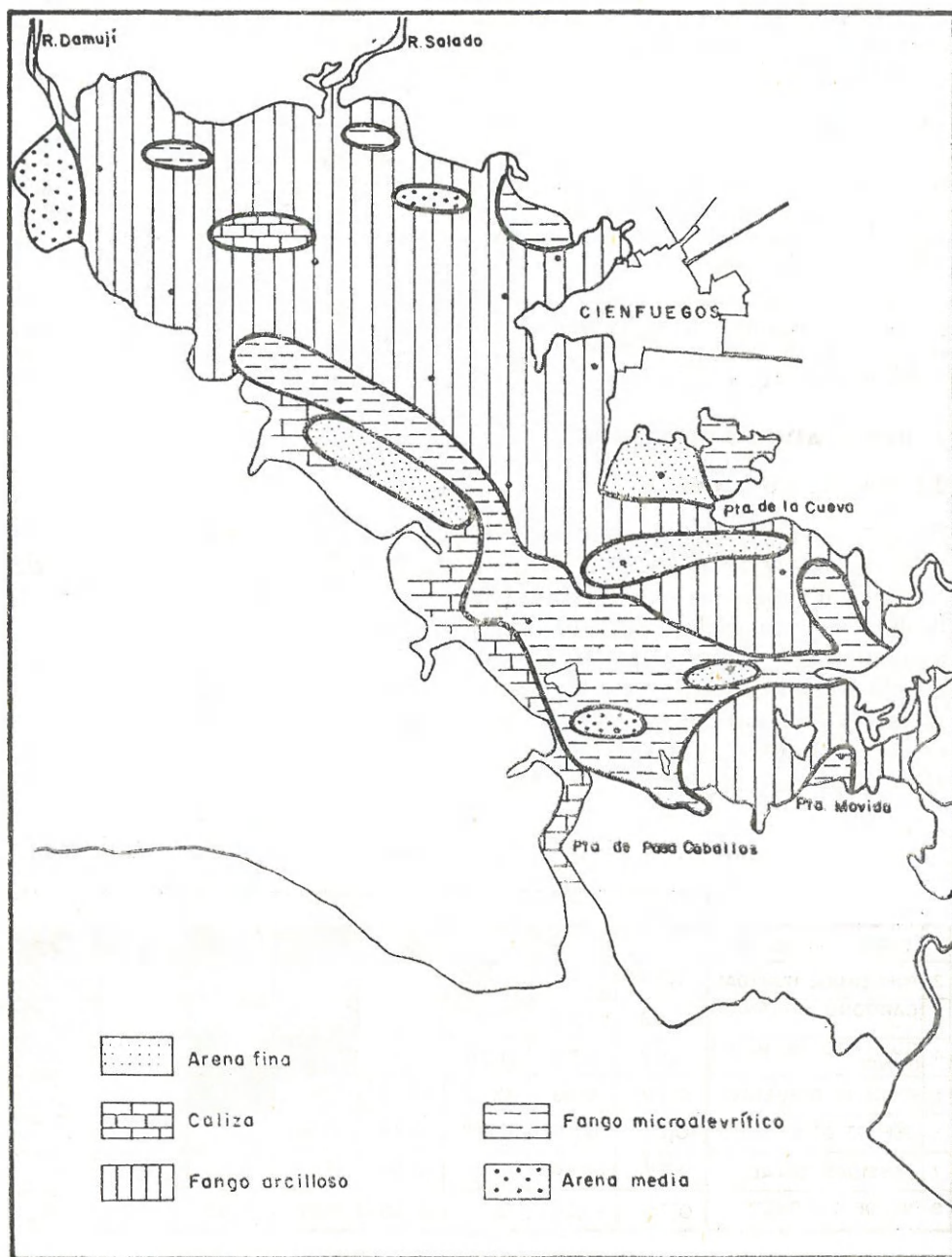


FIG. 3. Mapa de distribución de sedimentos en la Bahía de Cienfuegos (según O. Avello y Y. Pavlidis, inédito²).

A partir de los resultados de los factores analizados en el primer muestreo, y teniendo en cuenta que sus valores mostraban una notable tendencia a agruparse, se les aplicó el método de clasificación jerárquica de ANDERBERG (1973); se excluyeron las estaciones cercanas a las desembocaduras de los ríos, ya que esta agrupación resultaba obvia, y se utilizó la distancia euclidiana para construir la matriz de similitud. Para calcular las distancias entre los individuos, se siguió el criterio de promedio entre grupos, el cual, según BOESCH (1977), es uno de los más usados en biología y ofrece clasificaciones muy ajustadas a la realidad.

Debido a que este método separó las estaciones dentro de la Bahía en dos grupos, se empleó posteriormente el análisis discriminante para k poblaciones (ANDERSON, 1958), y se incorporó, esta vez, el grupo de las estaciones cercanas a los ríos, con el fin de establecer si las tres agrupaciones podían considerarse áreas ecológicas diferentes en la Bahía.

A los resultados del segundo muestreo no se les aplicó el análisis discriminante sino que solamente se trataron los datos de densidad de organismos según el método de clasificación jerárquica. Finalmente, se realizó un análisis de correlación entre todos los factores estudiados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Crucero de agosto

En este crucero, cuyos resultados se muestran en la Tabla 1, se observó una distribución heterogénea de los factores hidroquímicos en el nivel de fondo, así como una alta correlación de los mismos con los factores biológicos y los del sedimento (Fig. 4); todos mostraron una tendencia a formar grupos, que fue chequeada inicialmente a través del método de clasificación jerárquica (ANDERBERG, 1973) y comprobada posteriormente por medio del análisis discriminante (ANDERSON, 1958). Los factores involucrados en dicho análisis fueron: en el agua, oxígeno disuelto (OD), sulfuro de hidrógeno, y déficit de oxígeno; en el sedimento, carbono

MATRIZ DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACIÓN

	1	2	3	4	5	6	7	8
1 DIÁMETRO MEDIO								
2 PORCENTAJE HUMEDAD	-0,58							
3 CARBONO ORGÁNICO	-0,43	0,64						
4 SULFURO DE HIDRÓGENO	-0,57	0,38	0,35					
5 OXÍGENO DISUELTO	0,72	-0,68	-0,50	-0,79				
6 DÉFICIT DE OXÍGENO	-0,72	0,68	0,55	0,74	-0,99			
7 DENSIDAD TOTAL	0,75	-0,64	-0,48	-0,52	0,67	-0,69		
8 No. DE TÁXONES	0,74	-0,54	-0,64	-0,58	0,61	-0,63	0,72	

0,3 \leq ρ < 0,5
 0,5 \leq ρ < 0,7
 0,7 - 1,0

FIG. 4. Matriz de los coeficientes de correlación entre los factores bióticos y abióticos estudiados,

TABLA 1. Valores de los factores físicos, químicos, y biológicos en el crucero de agosto.

Estación	Profundidad (m)	OD (mg/l)	SH ₂ (Ug-at-l)	Déficit de oxígeno	Md (mm)	Carbono orgánico (%)	Humedad (%)	Densidad total de organismos (org./cm ²)	Densidad nemátodos
1	0,5	4,54	0,80	1,57	0,0050	3,38	55,70	21,47	16,46
2	1,5	5,60	0,50	0,54	0,0049	3,56	39,76	18,73	17,80
3	11,0	3,07	1,80	2,97	0,0050	3,36	66,13	1,13	0,70
4	5,0	4,35	0,91	2,04	0,160	2,39	40,07	11,16	10,80
5	5,0	1,41	0,50	5,54	0,0070	5,52	75,01	4,23	4,16
6	4,5	1,88	5,77	4,19	0,0039	4,50	49,21	3,70	3,03
7	6,0	0,97	4,50	4,87	0,0040	4,21	76,26	1,57	1,57
8	8,0	0,95	4,51	5,36	0,0050	2,89	30,57	0,80	0,77
9	3,0	6,04	0,11	0,12	0,0048	3,84	68,31	12,93	12,83
10	2,0	7,13	0,00	0,00	0,0046	3,19	64,55	8,87	8,53
11	8,0	0,31	4,50	5,80	0,0038	3,42	70,98	1,13	1,13
12	4,0	6,54	0,00	0,00	0,170	2,76	41,10	5,10	4,70
13	7,0	4,67	0,90	1,37	0,015	0,62	34,66	14,33	10,30
14	7,0	4,71	1,00	1,33	0,300	2,43	35,47	19,93	8,87
15	10,0	3,78	1,00	2,27	0,160	1,12	46,38	5,83	3,86
16	5,0	4,59	2,00	1,44	0,150	3,51	44,58	14,96	14,53
17	18,0	2,90	1,90	3,24	0,0048	4,24	66,94	0,89	0,77
18	18,0	0,00	3,90	6,00	0,0043	3,65	73,99	0,40	0,37
19	10,0	0,00	5,77	6,00	0,0038	3,32	76,36	1,97	1,93

orgánico y diámetro medio de la partícula (Md); y entre los bióticos, densidad total de organismos y densidad de nemátodos.

Los resultados del análisis discriminante arrojaron tres grupos bien distinguibles: uno, formado por las estaciones cercanas a las desembocaduras de los cuatro ríos (Grupo I-Área I); otro, que ocupa la porción *N* y *E* (Grupo II-Área II); y otro, que ocupa la porción *S* y *W* y el lóbulo *NE* (Grupo III-Área III), según se indica en la Fig. 5.

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos al evaluar las funciones discriminantes de clasificación para cada una de las observaciones, donde se destaca que en los Grupos I y II la coincidencia resultó del 100 %, mientras que en el Grupo III sólo un individuo se clasificó fuera del mismo (Estación 12).

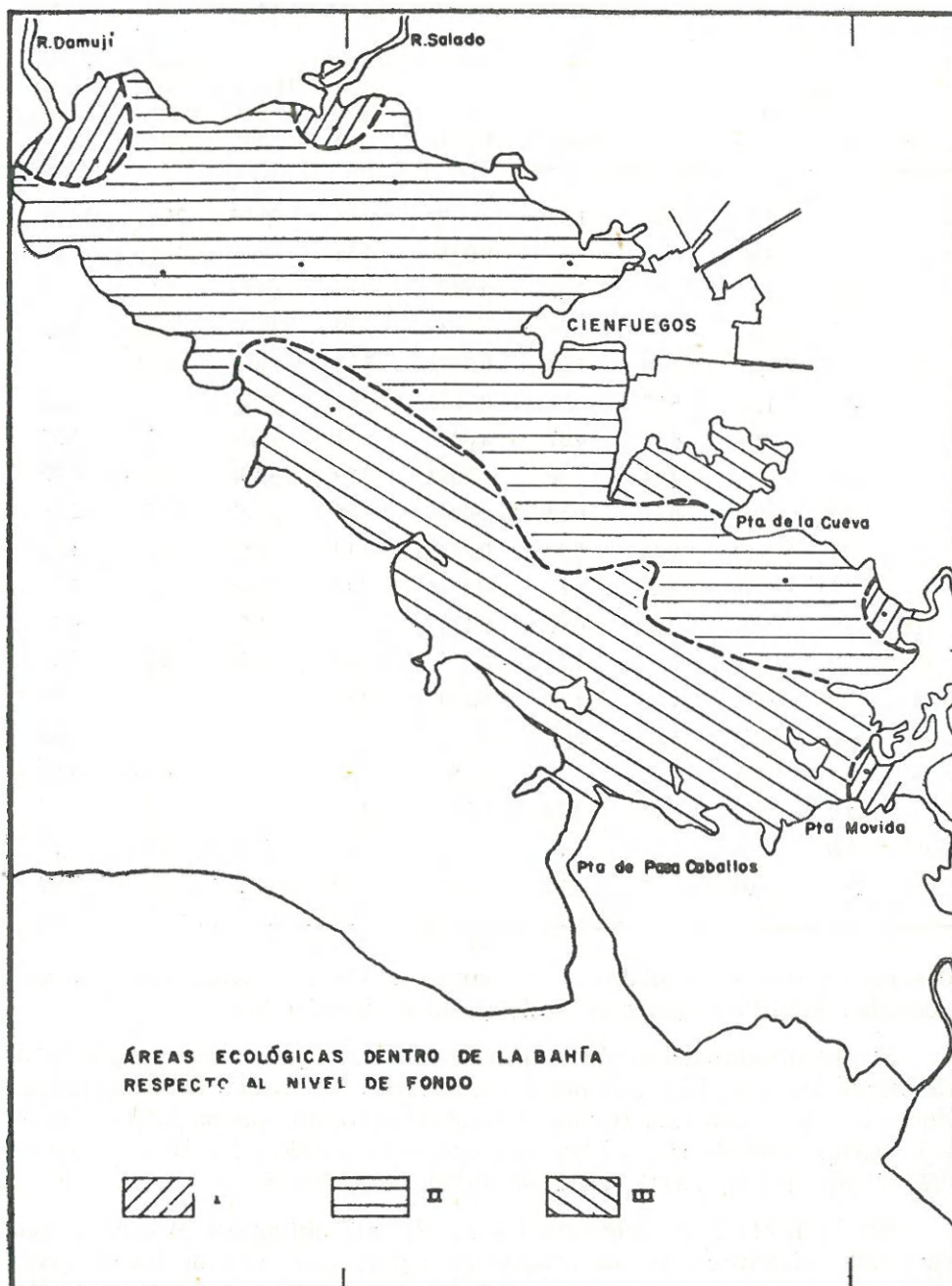


FIG. 5. Áreas ecológicas dentro de la Bahía de Cienfuegos, respecto al nivel de fondo.

TABLA 2. Resultados de la evaluación de las funciones discriminantes de clasificación para cada una de las observaciones.

	Estación	No. de observaciones	Probabilidad asociada a la mayor función discriminante	Grupo (según el discriminante)
Grupo I	1	1	1,00000	I
	2	2	1,00000	I
	9	3	1,00000	I
	10	4	1,00000	I
Grupo II	3	1	0,59837	II
	5	2	0,99972	II
	6	3	0,99984	II
	7	4	0,99978	II
	8	5	0,99998	II
	11	6	0,99999	II
	17	7	0,99999	II
	18	8	1,00000	II
	19	9	1,00000	II
Grupo III	4	1	0,99999	III
	12	2	0,89989	II
	13	3	0,99998	III
	14	4	0,99999	III
	15	5	1,00000	III
	16	6	1,00000	III

La Tabla 3 muestra los coeficientes de las funciones asociadas a cada grupo; debe señalarse que la primera función resulta notablemente diferente respecto a las dos restantes, lo que reafirma la agrupación establecida. Dichos coeficientes pueden ser utilizados posteriormente en otras investigaciones con parámetros similares, ya que con sólo sustituir los datos en las ecuaciones de las funciones discriminantes halladas, pueden establecerse similitudes ecológicas entre regiones distintas, sobre la base de un criterio estadístico adecuado.

En cuanto a la Estación 12, que como ya habíamos mencionado fue ubicada, según el análisis discriminante, en el Grupo II, consideramos que la misma debe mantenerse dentro del grupo inicialmente propuesto

TABLA 3. Coeficientes de las funciones discriminantes asociadas a cada grupo.

	Funciones discriminantes		
	I	II	III
Constantes	- 480,75	- 414,87	- 388,40
Coeficientes	- 729,48	- 298,22	- 262,15
	129,05	119,72	117,22
	20,87	19,98	18,64
	429,44	108,07	90,86
	417,83	95,27	77,48
	- 431,86	- 99,09	81,15
	21,48	5,60	5,59
	117,44	115,58	110,38
	7,11	7,95	7,44

(Grupo III), ya que la mayor parte de sus factores —entre ellos el Md y el carbono orgánico— resultan similares a los de este grupo. Al parecer, el hecho de que esta estación tenga la menor densidad de organismos dentro de su agrupación, ha pesado en el análisis, por encima de otros factores, y ha dado lugar a su ubicación en el Grupo II, que es el que posee las menores densidades del área. Aunque la misma puede constituir, quizás, una situación intermedia entre ambas áreas, consideramos que debe permanecer dentro del Grupo III, por las razones antes expuestas y por el hecho de que esta agrupación, como explicaremos posteriormente, no puede constituir un criterio rígido, debido al bajo número de estaciones y la brevedad del presente estudio.

A continuación, analizaremos en cada una de las áreas establecidas la situación de la fauna en relación con los factores ambientales estudiados.

3.11 ÁREA I

Las cuatro estaciones ubicadas en las cercanías de las desembocaduras de los ríos presentaron sedimentos de fango arcilloso bien consolidados y con valores orgánicos similares a los reportados para lagunas costeras enriquecidas (HERRERA y VALLE, 1980). Además, los valores de oxígeno disuelto fueron altos, y los de sulfuro de hidrógeno, bajos, relacionado esto, posiblemente, con el flujo del río y la escasa profundidad, que permiten la renovación, por intercambio, con la atmósfera.

Aunque tales características permiten la presencia de altas densidades de organismos en todas las estaciones, se observaron diferencias en

la composición cualitativa entre ellas, pues las estaciones 9 y 10, ubicadas en la porción más al N, presentaron una composición cualitativa con predominio casi exclusivo de nemátodos, lo que resulta similar a la del área adyacente (Área II); mientras que en las estaciones 1 y 2, ubicadas en la porción S, presentaron una composición particular, consistente en nemátodos, poliquetos, y oligoquetos, y, en un porcentaje más bajo, tanaidáceos, nemertinos, bivalvos, y copépodos, composición que resulta bien diferente de la que presentaron, en general, los fondos de fango arcilloso.

Las características de la fauna en las estaciones 9 y 10 parecen indicar que las mismas están sometidas a algún tipo de impacto, hecho que puede estar relacionado con el vertimiento de residuales industriales en ambos ríos, que en el caso particular del Damují tiene una notable influencia sobre la Bahía (SUÁREZ, 1973), pues se encuentra altamente contaminado (BASU *et al.*, 1975).

De forma contraria, las características faunísticas en las estaciones 1 y 2 parecen indicar que en esta área existen mejores condiciones para el desarrollo de una fauna diversa.

Debemos aclarar que en el caso de estas cuatro estaciones, resulta difícil arribar a conclusiones definitivas a partir de los datos de un solo muestreo, pues en los estudios de los ríos se hace necesario, generalmente, evaluar toda su trayectoria, ya que la entrada de contaminantes en cualquier punto de su curso desencadena una serie de eventos que van desde una zona de degradación hasta una final de recuperación, de modo que la masa de agua puede llegar a la desembocadura habiendo restaurado, en parte, sus características originales (McKENTHUM, 1969). Esto debe tenerse en cuenta al estudiar esta bahía, pues muchas de las sustancias contaminantes son vertidas en los ríos, a una distancia considerable de sus desembocaduras.

3.12 ÁREA II

La composición de la biocenosis muestra densidades de organismos extremadamente bajas, con predominio exclusivo de nemátodos, aunque en un bajo porcentaje también aparecieron algunos poliquetos.

En esta área, los sedimentos fueron fangos arcillosos con un bajo Md, aunque este factor, por sí solo, no explica las bajas densidades, pues, de hecho, HERRERA y VALLE (1980) han reportado densidades de la meiofauna muy elevadas y mayor diversidad de grupos en lagunas costeras con igual tipo de sedimento.

Sin embargo, independientemente de que el Md pueda resultar el mismo, debemos considerar que los fangos arcillosos pueden presentar diverso grado de consolidación (de lo cual es un índice el porcentaje de humedad), el cual resulta de gran importancia para la fauna bentónica, pues el mismo se traduce en un cierto grado de estabilidad de depósito.

Según ALLER y DODGE (1974), los sedimentos con mayor contenido de agua resultan más inestables debido a la poca cohesión de sus partículas y su gran movilidad, lo que mantiene el desarrollo de la comunidad en un estado inmaduro y reduce la diversidad. Comparativamente, los fondos de fango arcilloso donde se han reportado altas concentraciones de la meiofauna (HERRERA y VALLE, 1980) son sedimentos mucho más consolidados, e incluso, dentro de la misma Bahía, en los sedimentos de las estaciones cercanas a los ríos (Área I) que presentaron mayores densidades de organismos, se observa una mayor consolidación y menores valores del porcentaje de humedad.

En cuanto al contenido orgánico, podemos decir que los valores encontrados resultan similares a los reportados por HERRERA y VALLE (1980) para las zonas más enriquecidas de la Laguna de Guayabal, donde dichos autores reportan también densidades muy altas de organismos, por lo que no creemos que los valores orgánicos por sí solos sean responsables de las características que se observan en la fauna.

No obstante, dado que la estabilización de la materia orgánica en el sedimento involucra procesos aeróbicos y anaeróbicos que afectan al agua por remoción del oxígeno disuelto y expulsión de nutrientes como amonio y fosfato (FILLOS y MOLOF, 1972), el efecto de la degradación orgánica en el sedimento crea, en condiciones de escasa renovación, condiciones anóxicas inadecuadas para el desarrollo de la fauna.

Este aspecto, a diferencia de la laguna estudiada por HERRERA y VALLE (1980), que presentaba un eficiente intercambio, resulta particularmente importante en el área que analizamos, pues en la misma se distinguen dos factores que atentan contra una adecuada renovación: el esquema de circulación de la Bahía, que establece un área superior de intercambio restringido (TOMCZAK y GARCÍA, 1975), y el hecho de que el valor de transparencia para toda el área resulta, en esta época, inferior a los dos metros (S. Ochoa, inédito¹), lo que, a nuestro entender, reduce las posibilidades de renovación de oxígeno en las capas inferiores, por producción del fitoplancton.

Las características de los factores hidroquímicos son un reflejo de lo anteriormente planteado. Así, vemos que los valores de oxígeno disuelto —factor éste de obvia importancia para la vida marina— resultan extremadamente bajos, llegando, incluso, a una total ausencia del mismo en algunas estaciones. De igual forma, su distribución coincide con lo señalado por N. Bessonov y cols. (inédito⁶), SUÁREZ (1973), y S. Ochoa (inédito¹), pues se observa un área superior, con tendencia al estancamiento (Fig. 6), que en nuestro estudio encontramos extendida algo más al S.

Una tendencia similar tuvieron los valores de sulfuro de hidrógeno, que aun cuando no pueden considerarse elevados, mostraron una alta correlación negativa con el oxígeno disuelto (Fig. 4), relacionado con los

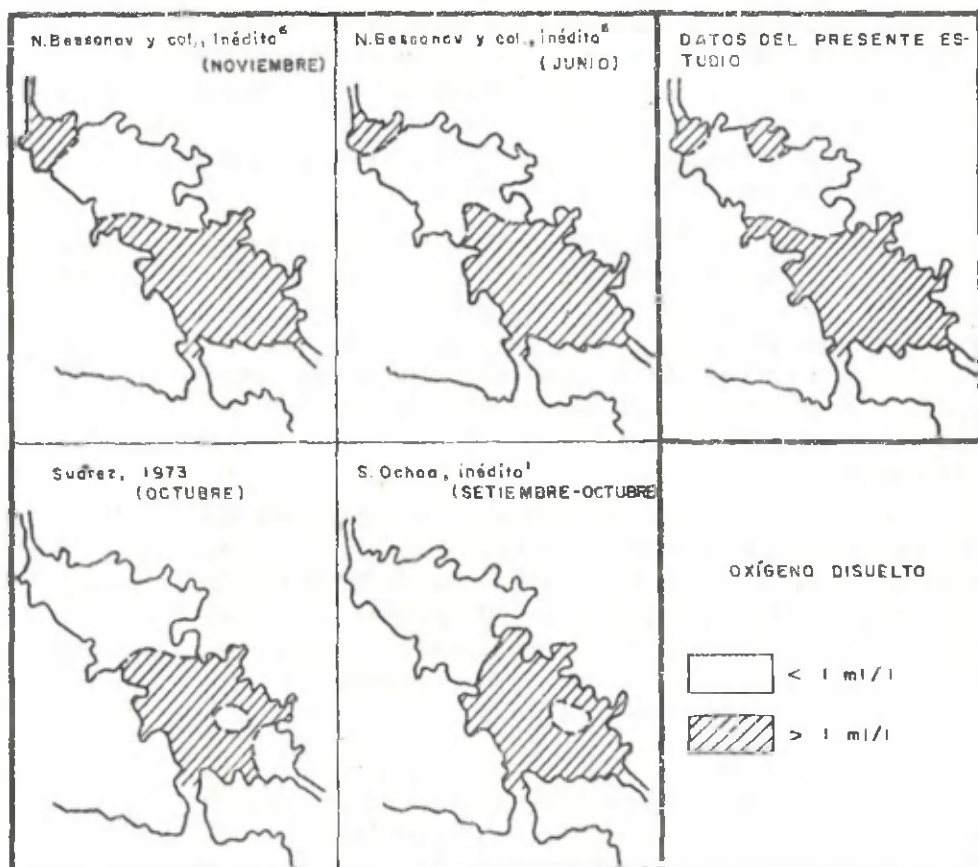


FIG. 6. Distribución de los valores de oxígeno disuelto en el nivel de fondo, según varios autores.

procesos de reducción que tienen lugar en los sedimentos anaeróbicos, aunque, según BELLA *et al.* (1972), el sulfuro de hidrógeno resulta más peligroso, debido a su toxicidad, que la disminución de oxígeno que el mismo causa.

ELMGREN (1975) encontró una zonación de la meiofauna relacionada con las concentraciones de oxígeno disuelto, y señaló que los fondos continuamente pobres en este elemento sustentaban también comunidades muy pobres, consistentes sólo en nemátodos y planteó que este hecho señala a la meiofauna como un buen indicador de las condiciones de oxígeno del fondo, en un largo período de tiempo. Bajo esta afirmación, podríamos considerar que las características faunísticas halladas en esta área la revelan como una zona deficitaria de oxígeno.

Finalmente, podemos decir que los factores analizados no deben verse de forma aislada, pues las altas correlaciones encontradas entre los

parámetros del agua y del sedimento, así como su agrupación en el análisis discriminante, son un reflejo de la íntima relación que existe entre las características del fondo y la calidad del agua ubicada sobre él, ya que la demanda de oxígeno que ejerce el fondo depende de factores como la textura del sedimento (PAMATMAT y FENTON, 1968) y el grado de enriquecimiento orgánico (KANWISHER, 1962).

De esta forma, en el área analizada, los sedimentos poco consolidados y con cierta carga orgánica, los bajos valores de oxígeno disuelto en el agua, y la presencia de sulfuro de hidrógeno, unido a una renovación poco eficiente, parecen contribuir a mantener la comunidad meiobentónica en un pobre estado de desarrollo, aunque no debe descontarse el posible efecto de otros factores no tenidos en cuenta en el presente estudio.

3.13 ÁREA III

Esta área presentó valores de densidad de organismos mayores que los del área anterior y semejantes a los encontrados por D. Ibarzábal (comunicación personal) en iguales sedimentos de la Bahía de Cárdenas. Se observó una mayor diversidad, con predominio de nemátodos, poliquetos, y oligoquetos, aunque en un porcentaje más bajo aparecieron también grupos como copépodos, nemertinos, sipuncúlidos, tanaidáceos, cumáceos, anfípodos, ostrácodos, y otros.

Este cambio notable en la composición cualitativa está relacionado con el aumento del Md, ya que dicha área presentó fondos de fango microalevítico, arena fina, y arena media, con un Md entre 0,015 y 0,30 mm. Es conocido que el aumento del tamaño de las partículas favorece el desarrollo de una amplia biocenosis intersticial (JAKOBI, 1971), hecho que se refleja en el aumento de la densidad de organismos en el tamiz de 0,5 mm.

Además, el contenido orgánico resultó inferior al del Área II y los valores del porcentaje de humedad resultaron también mucho más bajos, lo que puede indicar un carácter más estable de los sedimentos.

Analizando ahora los factores hidroquímicos, vemos que el área presentó valores altos de oxígeno disuelto y bajos de sulfuro de hidrógeno, indicadores de una renovación más eficiente, lo que coincide con la distribución reportada por diversos autores (Fig. 6), con el esquema de circulación de la Bahía señalado por TOMCZAK y GARCÍA (1975), y puede ser, a su vez, una consecuencia de la disminución del contenido orgánico del sedimento, que se traduzca en una reducción de su demanda de oxígeno.

De forma general, podemos decir que las condiciones de esta área no resultan tan críticas para el desarrollo de la meiofauna, la cual, si bien no alcanza el desarrollo de las comunidades de áreas costeras limpias (A. Herrera, datos inéditos), presenta las mismas características de la

fauna que habita los sedimentos similares de otras bahías eutróficas, como la de Puerto Padre (A. Areces y A. Herrera, inédito⁷).

Finalmente, el diagrama de interacciones de la Fig. 7 muestra de forma resumida las relaciones entre las características de la meiofauna y los dos grupos de factores abióticos analizados, en el agua y el sedimento, los cuales se encuentran, a su vez, estrechamente relacionados.

En las distintas áreas, ambos grupos parecen influir de la forma que ya hemos discutido, y particularmente el Md determina la existencia de asociaciones diferentes en los distintos tipos de sedimentos, hecho éste que se refleja, en el caso de los sedimentos fangosos, en el aumento de la

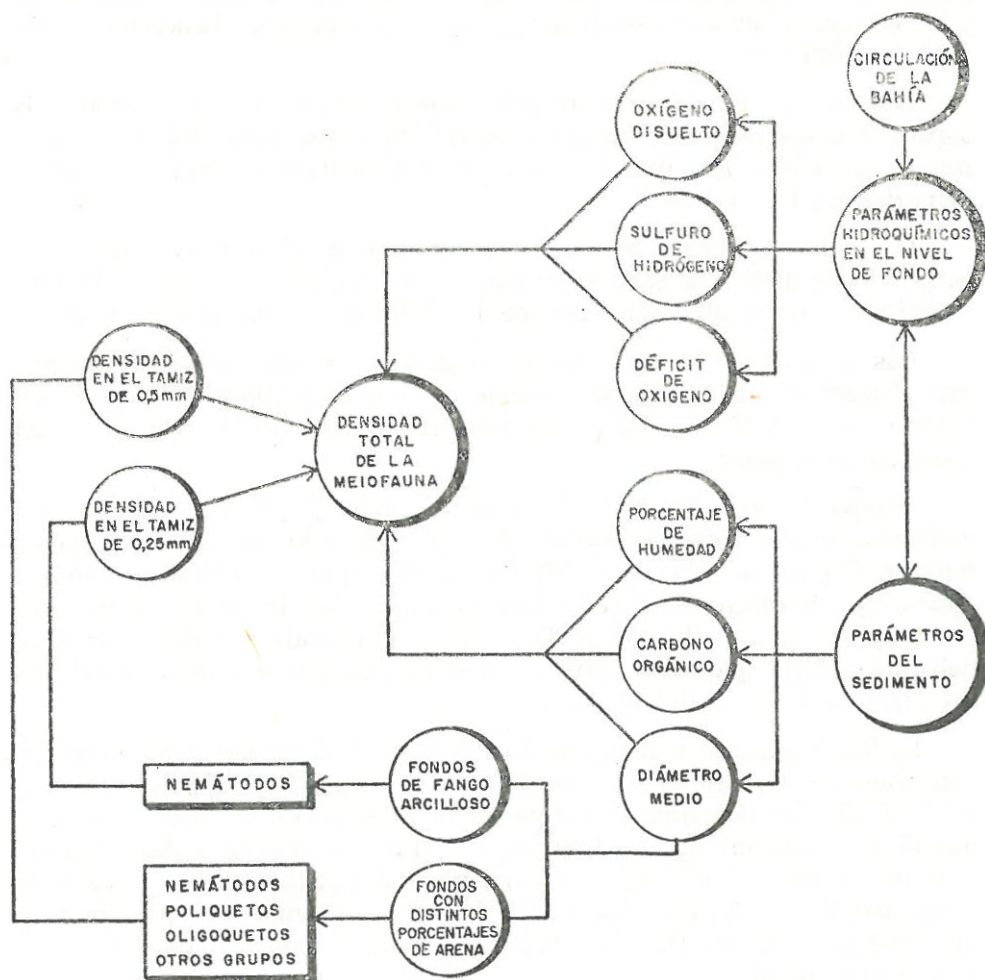


FIG. 7. Diagrama de interacciones del bentos con los parámetros ecológicos estudiados en la Bahía de Cienfuegos.

⁷ "Criterios preliminares sobre la contaminación en la Bahía de Puerto Padre".

densidad de organismos en el tamiz de 0,25 mm, y en el caso de los sedimentos diferentes de este tipo, en el aumento de la densidad en el tamiz de 0,5 mm.

Aunque los datos del crucero de noviembre serán expuestos a continuación, debemos aclarar que los mismos coinciden con el esquema planteado.

3.2 Crucero de noviembre

En este crucero, en concordancia con lo planteado por TOMCZAK y GARCÍA (1975) para esta época, se encontró una distribución más uniforme de los parámetros hidroquímicos, por lo que no se halló relación entre éstos y los restantes factores estudiados, y no fue posible la realización del análisis discriminante.

Los valores de oxígeno disuelto, aunque mostraron una tendencia similar a la del muestreo anterior, fueron más altos en todas las estaciones (entre 4,33 y 7,27 mg/l) y no se detectó sulfuro de hidrógeno en el agua del nivel de fondo.

Los valores de carbono orgánico, aunque resultaron algo mayores, mantuvieron de forma general su tendencia espacial, reafirmando la existencia de regiones diferentes dentro de la Bahía, en cuanto a este factor.

Las características de la fauna coinciden con los resultados del primer crucero en cuanto a composición cualitativa y cuantitativa y distribución espacial, si bien las densidades resultaron mucho más bajas en todas las estaciones.

Aunque la variación en la estrategia de muestreo permitió una mejor definición de las áreas, se destaca que hubiera sido necesario un mayor número de puntos en la región SW de la Bahía (Fig. 8). Además, se encontraron ligeras diferencias en la distribución de los tipos de sedimentos, en comparación con el mapa de O. Avello y Y. Pavlidis (inédito²), aunque debemos aclarar que estas variaciones se han basado solamente en observaciones cualitativas del sedimento.

La Fig. 8 muestra el mapa de distribución de densidades del meiobentos, obtenido tras aplicar el método de clasificación jerárquica (ANDERBERG, 1973) para determinar una escala de valores. Como puede verse, se mantiene la relación de los organismos con el tipo de fondo: las menores densidades (entre 0 y 3 organismos/cm²) se registraron en los fondos de fango arcilloso, y las mayores (entre 4 y 13 organismos/cm²), en los fondos diferentes de este tipo, los cuales presentaron también, en general, la mayor diversidad.

Aunque las variaciones estacionales del esquema de circulación de la Bahía influyen en la distribución de los factores hidroquímicos, las características de los factores bióticos y del sedimento parecen confirmar, en

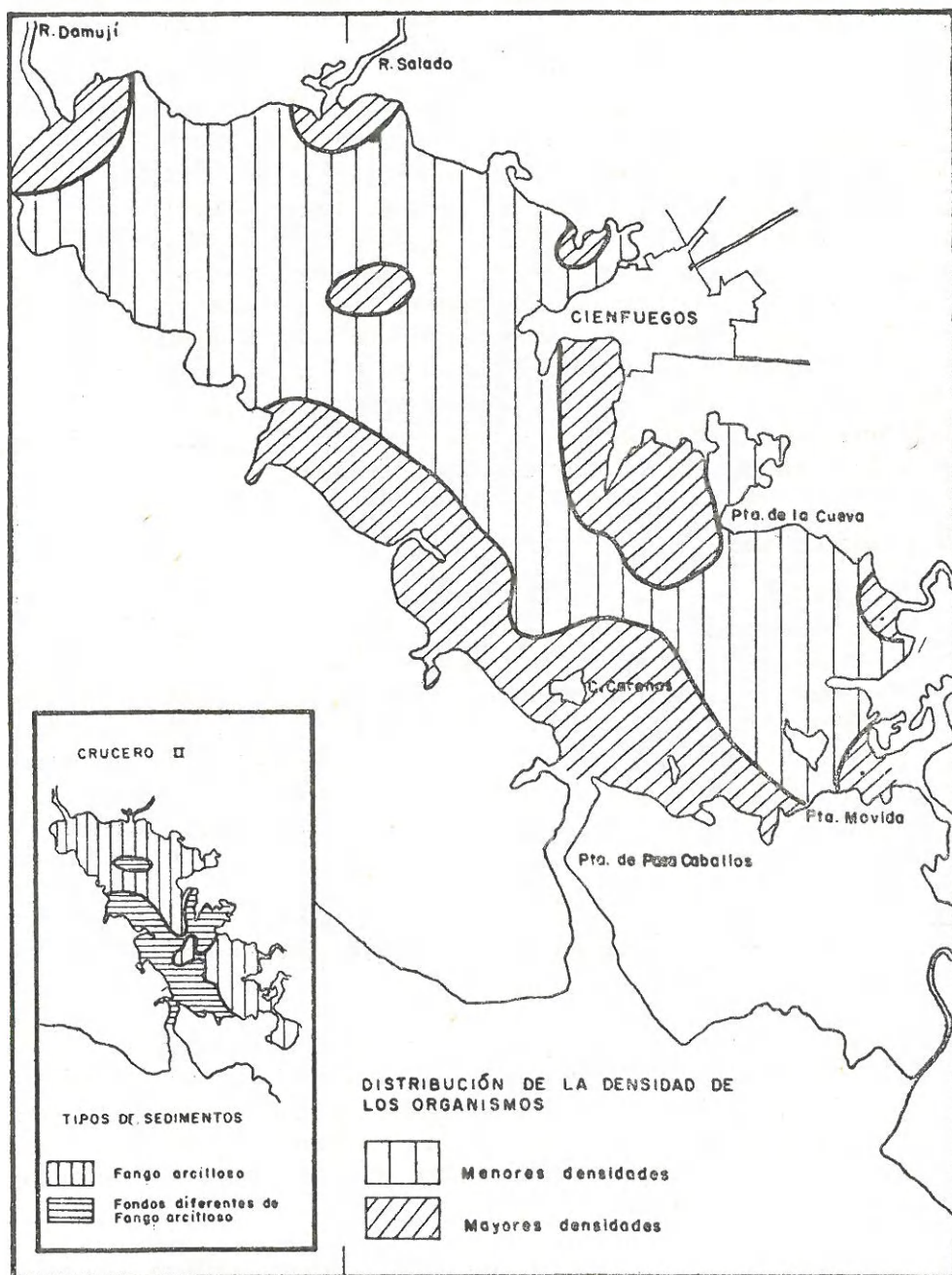


FIG. 8. Distribución de las densidades de organismos en la Bahía de Cienfuegos en el crucero de noviembre. (Se muestra en el margen inferior izquierdo la distribución de los sedimentos, con fines comparativos.)

este muestreo, la existencia de diferentes áreas ecológicas en la Bahía de Cienfuegos, cuyos límites geográficos deben coincidir de forma general con lo señalado en las Figs. 5 y 8, pues la brevedad del presente estudio nos impidió obtener un mayor grado de precisión en este sentido.

Por tal motivo, esta división espacial de la Bahía de Cienfuegos constituye sólo una aproximación hasta el presente, ya que únicamente con una investigación detallada durante todo el ciclo anual puede llegarse a resultados más concluyentes. No obstante, debemos señalar que esta división coincide con los criterios de TOMCZAK y GARCÍA (1975), quienes plantearon zonas con diferentes características en su circulación, así como con los criterios de diversos autores (Fig. 6), que han reportado áreas diferentes dentro de la Bahía, en cuanto a los valores de oxígeno disuelto, y con lo reportado por SUÁREZ (1973), que obtuvo los menores rendimientos de camarones (lb/h) en los arrastres efectuados en el área señalada como II en el presente estudio, que es la que posee condiciones más desfavorables para el desarrollo de la fauna.

4. CONCLUSIONES

1. La aplicación del análisis discriminante a los resultados del crucero de agosto, arrojó la existencia de tres áreas dentro de la Bahía: una, formada por las cuatro zonas cercanas a las desembocaduras de los ríos Damují, Salado, Caonao, y Guanaroca; otra, que ocupa la porción N y E; y otra, la porción S y W, y el lóbulo NE, las cuales difieren en la textura del sedimento y su contenido orgánico, las concentraciones de oxígeno disuelto, sulfuro de hidrógeno y el déficit de oxígeno en el agua del nivel de fondo, y las características cualitativas y cuantitativas de la meiofauna.
2. Las funciones discriminantes halladas para cada una de las áreas pueden resultar de utilidad para establecer similitudes ecológicas entre regiones diferentes.
3. La mayor pobreza de la fauna se observó en los fondos de fango arcilloso, que presentaron los más altos valores orgánicos, poca consolidación, y alto déficit de oxígeno y expulsión de sulfuro de hidrógeno; y la mayor abundancia, en los fondos con algún porcentaje de arena, que tuvieron menor contenido orgánico, más altos valores de oxígeno, y más bajos de sulfuro de hidrógeno.
4. Los resultados del crucero de noviembre parecen confirmar la existencia de áreas ecológicas diferentes dentro de la Bahía, aunque es evidente la necesidad de otros estudios para obtener una mayor precisión en sus límites geográficos.

5. RECOMENDACIONES

TOMCZAK y GARCÍA (1975), atendiendo al esquema de circulación de la Bahía de Cienfuegos por ellos discutida, recomendaron que los vertimientos industriales debían efectuarse preferentemente en la vertiente W, para facilitar así la salida de las aguas contaminadas. Al analizar los resultados ecológicos de nuestro trabajo, se evidencia la necesidad de insistir en dicha recomendación, pues el área NE presenta características bastante desfavorables para la recepción de contaminantes, las cuales podrían agravarse si se incrementan las fuentes de contaminación por dicha zona.

RECONOCIMIENTO

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la compañera Mayra Maurisset, por su cooperación en la separación e identificación de los organismos; al buzo Jorge Oliva, por su eficiente trabajo en la toma de muestras; a la tripulación de la embarcación "Octubre Rojo", por su valiosa ayuda en los muestreos; así como a todos los compañeros que, de una forma u otra, hicieron posible la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- ALLER, R. C., y DODGE, R. E. (1974): Animal-sediment relationships in a tropical lagoon, Discovery Bay, Jamaica. *J. Mar. Res.*, 32(2):209-232.
- ANDERBERG, M. R. (1973): *Cluster analysis for applications*. Academic Press, Nueva York, 359 pp.
- ANDERSON, T. W. (1958): *An introduction to multivariate statistical analysis*. John Wiley and Sons, Nueva York, 374 pp.
- BASU, A. K., PERIGO, E., SUAREZ, G., y VAZQUEZ, B. (1975): Algunos aspectos de contaminación en 3 estuarios cubanos. *Resúmenes Invest. INP/CIP*, 2: 232-233.
- BELLA, D. A., RAMM, A. E., y PETERSON, P. E. (1972): Effects of tidal flats on estuarine water quality. *J. Water Pollution Control Fed.*, 44(4):541-556.
- BOESCH, D. F. (1977): Application of numerical classification in ecological investigations of water pollution. *Ecol. Res. Ser.*, EPA-600/3-77-033:1-115.
- ELMGREN, R. (1975): Benthic meiofauna as indicator of oxygen conditions in the North Baltic Proper. *Proc. Third Baltic Symp. Mar. Biol.*, 239:265-277.
- FILLOS, J., y MOLOF, H. (1972): Effect of benthal deposits on oxygen and nutrients economy of flowing waters. *J. Water Pollution Control Fed.*, 44(4):644-662.
- HERRERA, A., y VALLE, R. del (1980): Características de la meiofauna bentónica en la laguna y zona costera de Guayabal, en relación con el grado de contaminación. *Rev. Cien. Biol.*, 5:29-45.
- JAKOBI, H. (1971): On the interstitial fauna of the Continental Shelf of the State of Paraná (Preliminary Report). En *Fertility of the sea* (John D. Costlow, ed.), Gordon and Breach Science Publishers, Nueva York, pp. 209-213.
- KANWISHER, J. (1962): Gas exchange of shallow marine sediments. *Symp. Environm. Chem. Mar. Sedim.*, occas. publ., 1:13-19.
- LALANA, R., y GONZALEZ, G. (1978): Estudio comparativo de dos métodos de muestreo del macro y microbentos con una descripción de un nuevo modelo de tubo muestreador. *Ciencia. Invest. Mar.*, 8(40):33-48.

- LASERRE, P. (1979): Ecology of marine meiobentos. En *Memorias del Seminario sobre Ecología Bentónica y Sedimentación de la Plataforma Continental del Atlántico Sur*, UNESCO (Montevideo, 9-12 de mayo), pp. 269-272.
- McKENTHUM, K. M. (1969): Aquatic environments. En *The practice of water pollution biology*, U. S. Department of the Interior, Fed. Water Pollution Control Administration, Division of Technical Support, pp. 7-18.
- NEW BALTIC MANUAL (1972): Method for sampling and analysis of physical, chemical and biological parameters. *Coop. Res. Rep. Ser. A*, 29:1-145.
- PAMATMAT, M. M., y FENTON, D. (1968): An instrument for measuring subtidal benthic methabolism *in situ*. *Limnol. Oceanogr.*, 13(3):537-540.
- REISH, D. J. (1959): An ecological study of pollution in Los Angeles, Long Beach Harbors, California. *Atlan Hancock Found. Publ.*, occas. paper, 22:1-119.
- SUAREZ, G. (1973): Factores fisioecológicos que limitan la distribución del camarón *Penaeus schimitti* en la Bahía de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Roumaine Biol.*, 18(5):359-383.
- TOMCZAK, M., Jr., y GARCÍA, C. (1975): A numerical model of the circulation in Cienfuegos Bay, Cuba. *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, 3(4):391-412.

ABSTRACT

Results of two surveys carried out at Cienfuegos Bay, in August and November, 1979, with the objective of studying the meiobenthic communities and their relationship with some ecological factors, are presented.

After subjecting the results of the August survey to a discriminant function analysis, the bay was divided into three ecological areas: the zones near the rivers' mouths, and the northeastern and southwestern portions. Discriminant functions for each one of the three areas are presented, and factors influencing the meiofaunal characteristics are discussed. The poorest zones of the meiofauna were the low consolidated clay muddy bottoms, which showed the highest organic contents, as well as a high deficit of oxygen and the expulsion of hydrogen sulphide; the richest ones were the bottoms with a certain percentage of sand, which showed low organic values, high values for dissolved oxygen, and low ones for hydrogen sulphide.

Results of the November survey — although showing a change in the hydro-chemical regime — confirmed the presence of different regions inside the bay, but other studies are necessary to establish their precise geographical limits.

CDU 591.524.11:577.4[26.04] [729.1]