Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente 34 (1 & 2): 5-23 (1995); 4 Figs., 6 Tablas

ASPECTOS GEOQUIMICOS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL ECOSISTEMA MARINO COSTERO DE JOSE, ESTADO ANZOATEGUI, VENEZUELA

BONILLA R., J.[1], J. FERMÍN[2], B. GAMBOA & M. CABRERA[3].

1.- Instituto Oceanografico de Venezuela, Depto. Oceanografía UDO. Av. Universidad, Cerro Colorado, Cumaná, Venezuela.
2.- Instituto Universitario de Tecnología, Cumaná.
3.- Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, UDO.

RESUMEN: Se analiza la evolución geoquímica de la materia orgánica e inorgánica en sedimentos superficiales del bioecosistema Marino Costero de Jose, área geográfica del asentamiento de la Industria Petrolera y Petroquímica. El contenido orgánico guarda una relación típica con el tamaño del grano de grado textural arcilla-limosa (81,98 %) predominando; arena (14,08%) y grava (3,08%). El C-Org. es bajo (0,375%) a moderado (3,91%) en la región oriental del Muelle de Jose, en sedimentos arcilla-limosa. En las cercanías del Muelle y al norte del mismo el contenido de C-Org., oscila entre 3,72 a 3,91%, indicando un aporte de materia orgánica exógena desde la costa al medio ambiente. Hacia mar afuera a nivel de las Isletas el C-Org. decrece por la influencia de la hidrodinámica de sus aguas que ejercen lavado y arrastre de la materia orgánica del sedimento. No así, el N-Org. que es alto en casi todo el ecosistema (0,152-0,285%) excepto en la región litoral costera más oriental donde los valores son bajos (0,032-0,052%). Esto indica la divergencia de los procesos biogeoquímicos. La razón C/N (3,8 a 15,7) determina un amplio rango de variabilidad de la materia carbonada y nitrogenada prevaleciendo la deposición de la materia orgánica nitrogenada sobre la descomposición del material fresco . En general, se encontró alta concentración de cadmio (1,07 a 2,10 µg/g) al occidente y hacia el mar abierto. El cobre (4,71 - 18,24 µg/g), el plomo (5,72-20,2 µg/g) y cinc (35,82-161,80 µg/g) son elevados en la región oriental. El cromo (10,15-96,50 µg/g) es muy alto en sedimentos de grado textural arcilla-limosa. La concentración de Cd; y Cu se podría considerar moderados en comparación con los valores de otras regiones de sedimentos no contaminados . EL Zn, Pb y Cr señalan indicios de contaminación y su origen es antropogénicos industrial. El comportamiento de metales pesados esenciales y potencialmente tóxicos de los sedimentos superficiales del ecosistema costero de Jose se ubican decrecientemente en el siguiente orden : Zn > Cr > Cu > Pb > Cd.

ABSTRACT: The goechemical evolution of the organic and inorganic matter in surface sediments of the bioecosystems marine coast of Jose, in the geographical area of the settlement of the petroleum and petrochemical industry were analyzed.The organic content holds a typical relationship with the grain size predominating of grade textural muddy-clay (81.98%), sand (14.08%) and grave (3.08%). The C-Organic is low (0.35 %) to moderate (3.91%) in the eastern region of the Muelle of the Jose, in sediments muddy-clay. In the vicinity of the Muelle of Jose and the north, the content of C-Organic fluctuares between 3.72 a 3.91%, indicating a contribution of exogenous organic matter from the continental coast to the marine enviroment. Toward far shore sea to the level of Las Isletas of Piritu, the C-organic decreases by influence of the hydrodynamics processes of ther water masses that washes and pull off the organic matter along the sediments. Not being so for, the N-org, wich is high in almost all the ecosystem (0.152 to 0.285%) except in the near-shore coast where the values are low (0.032 to 0.052 %). This indicates the variabillty of the biochemical processes. The ratio C/N (3.8 to 15.7) determines a wide range of variabillty of the carbonaceous and introgenous matter, prevalling the deposition of the nitrogenous organic matter over the decomposition processes of the fresh material. In general, a high content of the metal Cd (1.07 to 2.10 µg/g), to the west ad the caribbean open sea, was found. The Cu (4.71 to 18.24 µg/g), the Pb (5.72 to 20.2 µg/g) and the zn (35.82 to 161.80 µg/g) contents are high in the eastern region. The Cr (10.15 to 96.50 µg/g) values is very in sediments with muddyclay textural grade. The concentrations of Cd and Cu could be considered moderate in comparison with the values of the regions with no contaminated sediments. The values of Zn, Pb and Cr indicate contamination whose source is industrial antropogenic. The behavior the average content of essential and potentially toxic heavy metals in the surface sediments of the coastal ecosystem of Jose, were ubicated decreasingly in the following order Zn > Cr > Cu > Pb > Cd.

INTRODUCCION

Las investigaciones oceanográficas y la hidrobiogeo-químicas en las masas de agua y sedimentos del litoral costero de mares y océanos han demostrado que éstos son bioecosistemas muy fértiles que pueden albergar el mayor potencial productivo biológico y orgánico si lo comparamos con el mar afuera; por ser bioecosistemas de transición entre el continente y el océano, que están altamente influenciados por la surgencia costera, a los cuales le llega el aporte antropogénico divergente exógeno, acumulándose en ellos los materiales orgánicos e inorgánicos que son acarreados por la escorrentía límnica y la dinámica costera. Hidrobiogeoquímicamente esto suplementa abundantes especies químicas de diversa índole y ricos nutrientes nitrogenados y fosforados orgánicos e inorgánicos y favorece la regeneración de los mismos desde el fondo, caracterizándolos como un ecosistema de gran fertilidad biológica y orgánica, como es el bioecosistema marino costero del Complejo Criogénico de Jose.

Para un mayor aprovechamiento del biopotencial acuático y biogeoquímico de los sedimentos del fondo del ecosistema costero de Jose es necesario lograr condiciones óptimas del medio ambiente para lo obtención de mejores beneficios socio económicos. Para lo cual, estas áreas deben ser protegidas de una manera cónsona y adecuada de la contaminación y polución inducida por el hombre: industrial, doméstica, agrícola, urbanística, tecnológica, atmosférica y la escorrentía continental, que pueden incrementar los procesos bióticos y abióticos alterando el equilibrio hidrobioecológico y biogeoquímico. El río Neverí constituye un aporte neto superficial de una gama de sustancias antropogénicas que alteran e influencia marcadamente el área costera de Jose que es compensado por los procesos fotosintéticos naturales y la difusión del oxígeno desde sistemas contiguos y la atmósfera (BONILLA, *et al.* 1986; BONILLA, 1989 y BONILLA, 1993).

Geoquímicamente el efecto orgánico es tan importante como el inorgánico siendo los metales trazas los que recientemente se les está prestando la atención que merecen, ya que representan un gran potencial de índices contaminantes, usándose como trazadores para la circulación y mezcla en el océano señalando características no conservativas con corto tiempo de residencia, además son integrantes fundamentales de las fuentes antropogénicas de desechos industriales de la escorrentía límnica continental y son bioacumulables en los sedimentos costeros en una forma incontrolable lo cual es peligroso para la biota marina, al hombre y con un marcado deterioro del ambiente costero (BISHOP, 1983; GAMBOA, *et al.* 1986; UDO-CORPORVEN, 1990, 1991, 1992; BONILLA, 1993). Entre los agentes contaminantes que en mayor medida son responsables del deterioro y alteración de la hidrobioecología y biogeoquímica costera del ecosistema de Jose, sin duda alguna uno de los más importantes desde el punto de vista económico, peligroso en el momento de una catástrofe irreparable por un derrame y de gran atención pública es el «PETROLEO» (BOTELLO, 1979; CEDEÑO, *et al.* 1986; CEDEÑO & BONILLA, 1989).

Tomando en cuenta el rápido incremento industrial, tecnológico, urbanístico, además de las diversas playas en la región estudiada y de las áreas adyacentes, siendo el ecosistema costero de Jose el receptáculo del flujo de efluentes exógenos antropogénicos de diversos tipos de contaminantes y tomando en consideración la residencia temporal y la dinámica de sus aguas, la variación estacional de la intensidad de los eventos de surgencia generada por los efectos de los vientos alisios (E-NE) prevaleciendo durante el año (OKUDA, 1981), es de vital importancia conocer las características geoquímicas que prevalecen en los sedimentos superficiales del bioecosistema marino costero de Jose.

AREA DE ESTUDIO

ECOSISTEMA DE JOSE.

La región investigada se encuentra ubicada meridionalmente desde el área costera del Morro de Barcelona, delimitado por los 10°09' 06" N hasta el litoral de la costa de Jose a los 10° 09' 00" de latitud norte y en el meridiano longitudinal en la dirección este-oeste se encuentra enmarcada por los 64° 43' 06" y los 64° 55' 00" a nivel de las islas de Píritu afuera y adentro, albergando en el litoral costero la Planta de Fraccionamiento del Complejo Criogénico de Oriente y la Petroquímica de Pequiven, también se ubica la ciudad de Barcelona y la escorrentía del río Neverí, que arrastra los desechos domésticos, industriales y agrícolas. Se comunica al noroeste con la masa de agua de la Bahía de Pozuelos a través del paso entre la Isla Borracha y el Morro de Barcelona. (Fig. 1A)

El complejo lagunar Píritu-Unare, de gran importancia científica y socioeconómica son las regiones adyacentes que pueden recibir la mezcla y el efecto del flujo contaminante por la dirección unidireccional prevaleciente de la corriente superficial, en sentido este-oeste. Granulométricamente los sedimentos del área de Jose están dominados por la fracción arcilla-limosa en un 82% hacia el noreste y en menor proporción la arenosa al suroeste (muelle)-oeste en un 15%. El área de Jose se caracteriza por ser una zona desprotegida y de mar abierto con predominancia de los vientos alisios del Noreste que producen una constante agitación y oleaje que causan perturbación en el litoral costero. De acuerdo al sentido predominante de la corriente superficial Este a Oeste, son transportados hacia el ecosistema en estudio toda una gama de efluentes antropogénicos contaminantes de diversa índole, propios del área y de las áreas circunvecinas, cambiando su flujo direccional en la época de lluvias por la existencia de contracorrientes (HERRERA & FEBRES, 1981) esto junto con la hidrogeodinámica que existe en el bioecosistema, determina que éste no esté contaminado, sino temporalmente, lo cual guarda relación con el tiempo de permanencia de las masas de agua en el área costera (OKUDA, 1981).

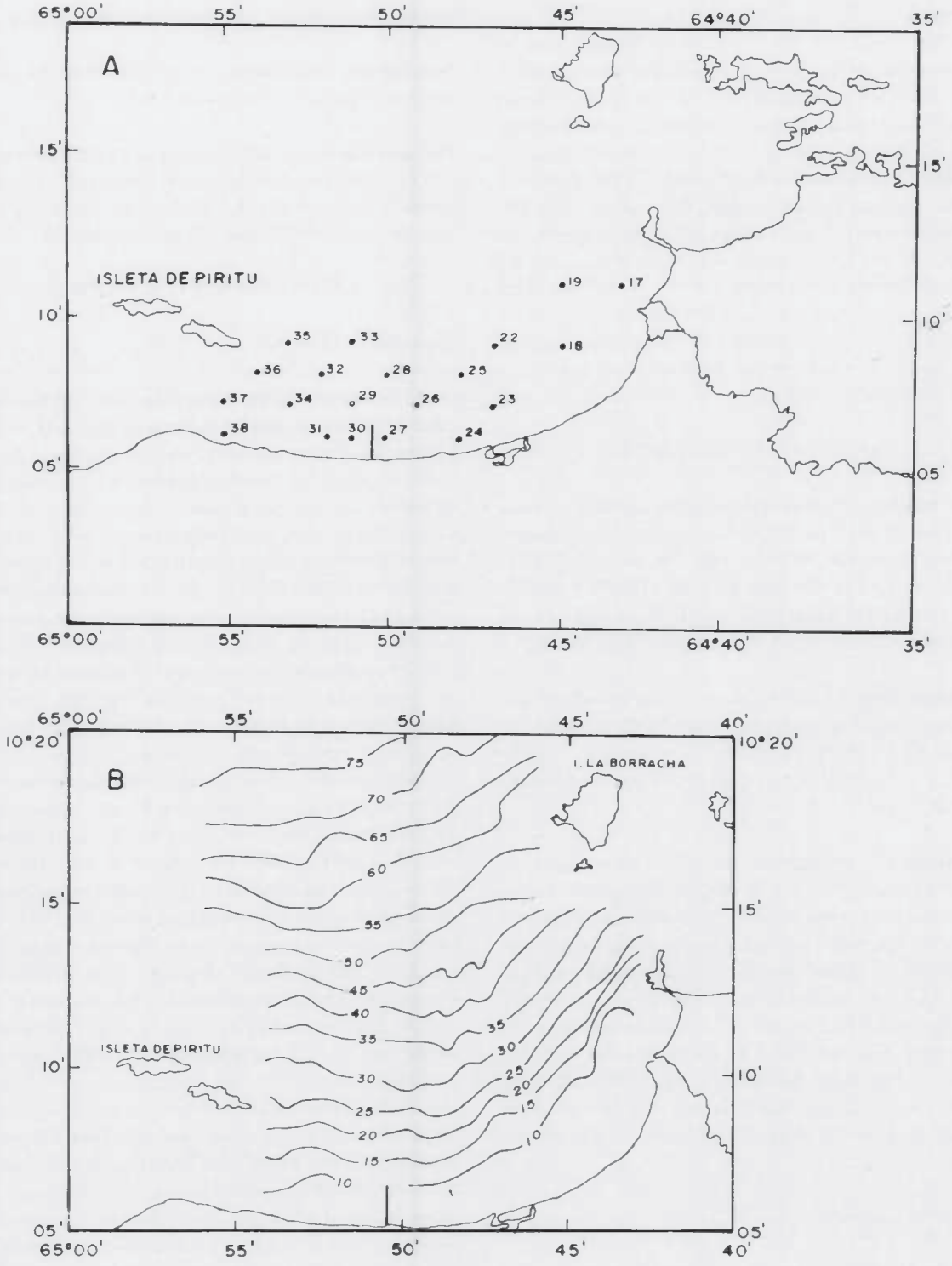


Fig. 1.- Mapa del bioecosistema de Jose indicando: A) La ubicación de las Estaciones de recolección de las muestras. B) La batimetría de la región en estudio.

Batimetría:

Se realizaron las mediciones batimétricas al bioecosistema de Jose (Fig. 1-B), la cual está representada por isóbatas de intervalos de 5 m. Se tipifica que la topografía del fondo del relieve submarino de toda el área estudiada es muy regular, estando caracterizada por una suave pendiente hacia el norte, siendo ésta más pronunciada en la misma dirección norte, evidenciándose a nivel de las Isletas de Píritu la profundidad de 25 m. En la parte más meridional de las Isletas de Píritu a la latitud 10° 15' N, las isóbatas evidencian una reducción del gradiente radial de incremento en la profundidad de la columna de agua, de aproximadamente 5 m/milla en profundidades superiores a 55 m.

MUESTREO Y METODOS

Los sedimentos superficiales fueron captados con una draga tipo Peterson de 0.02 m^2 de área, en 20 estaciones del ecosistema del litoral costero de Jose (Fig. 1.A) durante los cruceros oceanográficos GII-8901 al GII-8909, a bordo del buque Guaiquerí II del Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente.

Sedimentos: El sedimento se preservó refrigerado hasta su análisis.Fue secado mediante liofilización por 72 horas a -50 °C, en un liofilizador Virtis Unitrap, modelo 10-100 y pulverizados mecánicamente con un mortero eléctrico Fisher.

Análisis Geológico: Se utilizaron técnicas sedimentológicas clásicas para determinar la granulometría y la textura. Se les eliminó las sales al sedimento mediante el lavado y los granos se dispersaron con una solución de Pirofosfato de Sodio ($NaPO_3$). Se tamizó el material húmedo a través de un tamiz de 0,00625 mm (> 4 phi), para separar la fracción gruesa, arenosa de la correspondiente fina, limo arcilla. Las fracciones del material grueso se obtuvieron mediante agitación mecánica en RoTAp y a la fracción fina se le aplicó el método de la pipeta (Krumbein, 1934 según Roa-Morales & Berthois, 1975.

Análisis Geoquímico.

Carbono Orgánico: Se usó el método de combustión húmeda, con ácido sulfocrómico 0,4 N, corrigiéndose el error causado por los cloruros de acuerdo a Okuda, 1964.

Nitrógeno Orgánico: Se analizó por el método semimicrokjeldalh (Bonilla & Lin, 1979).

Metales trazas: Se utilizó la técnica de Carmody *et al.*, (1973), determinándose los metales trazas por espectrofotometría de absorción atómica en un espectrofotómetro Perkin - Elmer, modelo 403.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Aspectos Geológicos

El conocimiento de los sedimentos superficiales que cubren el fondo del mar litoral en las costas del Criogénico de Jose se caracterizan como un ente geológico de moderada actividad, con diversos ambientes biosedimentarios, dentro de un sistema acuático costero muy dinámico, evidenciado por sus condiciones prevalecientes hidrodinámicas e hidrogeoquímicas que los rigen. Estos sedimentos típicos del ecosistema de Jose son una mezcla muy compleja de materiales orgánicos e inorgánicos introducidos a través de los agentes de transporte: escorrentía límnica continental (principalmente el material detrítico en suspensión acarreado por el río Neverí), deposición eólica, erosión de la línea de costa por la acción de las corrientes y el oleaje, procesos «in situ» físicos, biológicos y biogeoquímicos y de las actividades humanas. Esta gama de reacciones caracteriza las fuentes antropogénicas y biogénicas que tipifican los sedimentos que predominan en el área del Complejo Criogénico de Jose. Estos sedimentos juegan un papel de vital relevancia en los procesos metabólicos y son de importancia primordial ya que es el fiel reflejo de lo que sucede en la columna de agua. Así, en épocas de intensos vientos alisios que generan persistentes eventos de afloramiento como los que se suceden en el mar costero adyacente al Criogénico de Jose y que eventualmente pueden llegar a ocupar todo el litoral costero del ecosistema en estudio. Este fenómeno le aportan grandes cantidades de material detrítico orgánico e inorgánico a la fase sedimentaria y que dadas las condiciones diagenéticas y geológicas que prevalecen en la región litoral de Jose, como en su tasa de sedimentación y la velocidad e intensidad de los diversos procesos bióticos y abióticos que favorecen y proporcionan los materiales orgánicos y los remineralizados para los consumidores heterótrofos en especial los organismos bentónicos.

Granulometría y Textura.

La composición granulométrica y la textura del grano sedimentario superficial del lecho marino del litoral costero del Complejo Criogénico de Jose (Tabla 1 y Fig. 2) de acuerdo al tamaño general del grano caracterizado por el promedio gráfico Mdf = 9,0 f señala un predominio de arcillas gruesas cuyas partículas son de diámetro menor de 0,0039 mm. Es importante destacar que los tamaños de granos gruesos de estos sedimentos arcillosos corresponden también a material fino (arcilla fina más coloide a arcilla media y limo muy fino), a excepción de las Ests. 30 y 31 al oeste del muelle de Jose, donde la mediana Mdf = 7,0-7,60 f nos indica que predomina el material limo-arcilloso, son sedimentos constituidos por grano fino (0,0078 mm) que van desde arcillas finas más coloide a limo medio y fino a arcilla media, y en cambio los sedimentos de las estaciones 36 (Mdf = 2,50 f) son de textura arena fina con grano prevaleciente de diámetro 0,117 mm a arena media fina, más coloide, y la Est. 34 con una mediana Mdf = 0,25 f nos indica una predominancia de arena muy gruesa de granos con diámetro de 1,19 mm. El grado textural dominante en los sedimentos superficiales en casi la totalidad del bioecosistema costero del Complejo Criogénico de Jose de acuerdo al tamaño del grano fino prevaleciente, según la Tabla 1 corresponde a la fracción Arcilla-Limosa de 81,98% y el tipo de grado textural Arena con 14,94%. Es importante resaltar que la fracción Grava se encuentra representada con 3,08% y está formada principalmente por restos de conchas (Ests. 29, 32, 34, 36 y 37) indicativos de la gran influencia biogénica en estos sedimentos. Hay que destacar que la clase textural arena es predominante en las Ests. 34 (36,4%) y 36 (72,4 %) al sureste de la Isleta de Píritu. Una distribución más amplia de las clases texturales de los sedimentos superficiales del bioecosistema de Jose se indican en la Fig. 2, desde el litoral costero en dirección meridional hasta el norte de la Isla La Borracha a los 10° 20' N. Se aprecia la existencia clara del predominio del grado textural de grano fino la Arcilla-Limosa (77,14%), como en los sedimentos superficiales más costeros (Tabla 1).

Se evidencia especialmente que la fracción Arcillosa con el 56,47% de la composición granulométrica ocupa el sector central cuyo límite inferior llega hasta el borde

TABLA 1 CARACTERISTICAS GRANOLUMETRICAS DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES

Est.	Grava %	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clasificación
22	-	0,1	25,1	74,8	arcilla-limosa
23	-	18,2	29,3	52,5	arcilla-limosa
24	-	42,8	12,4	44,8	arcilla-limosa
25	-	0,9	21,4	78,7	arcilla-limosa
26	-	4,1	22,0	73,9	arcilla-limosa
27	-	1,0	32,5	66,5	arcilla-limosa
28	-	0,3	26,3	73,4	arcilla-limosa
29	0,4	10,6	21,5	67,5	arcilla-limosa
30	-	0,7	55,9	43,4	limo- arcillosa
31	-	4,9	51,3	43,8	limo-arcillosa
32	1,2	20,5	28,1	50,2	arcilla-limosa-arenosa
33	-	0,7	24,9	74,4	arcilla-limosa
34	34,0	36,4	7,0	22,6	grava-arenosa-arcillosa
35	-	5,2	22,7	72,1	arcilla-limosa
36	3,6	72,4	3,6	20,4	arena-arcillosa
37	13,2	27,6	10,0	49,2	arcilla-arena-arenosa
38	-	7,9	29,7	62,4	arcilla-limosa
$\overline{X}$	3,088	14,94	24,89	57,09	arcilla-limosa

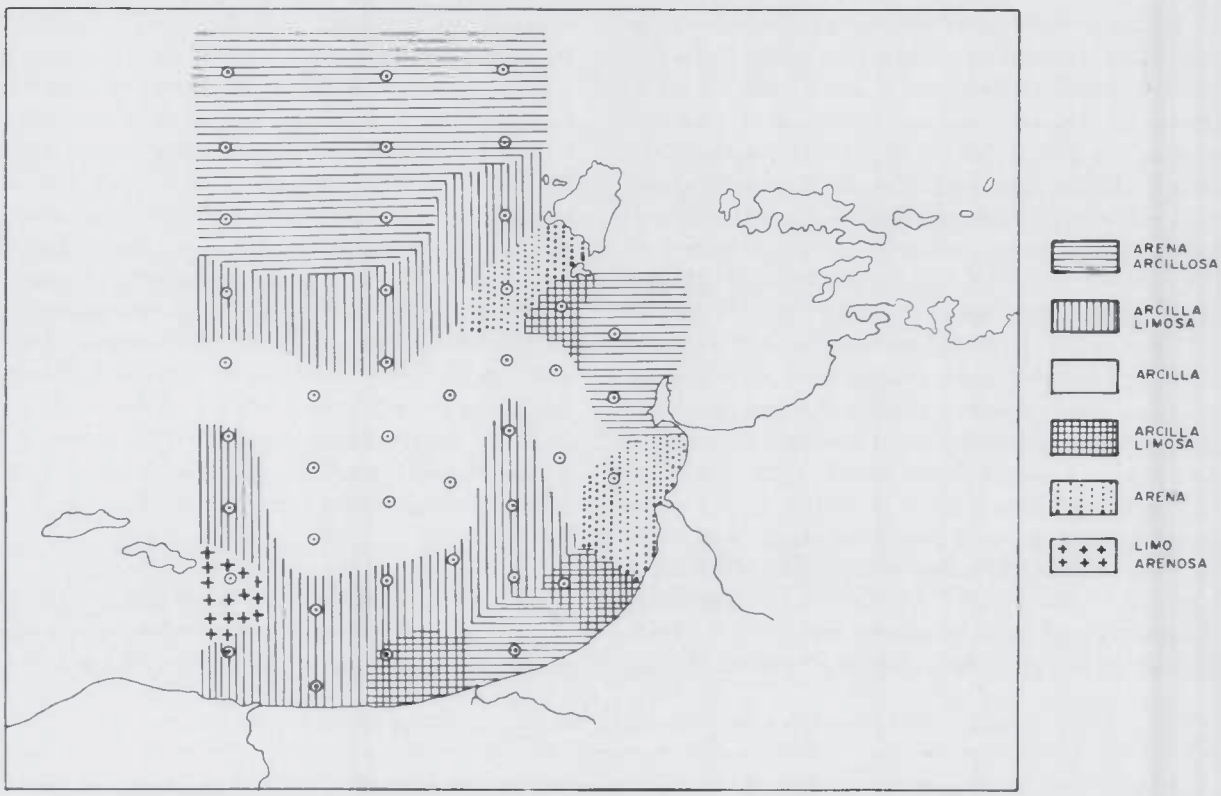


Fig. 2.-Distribución espacio - temporal en sentido meridional y longitudinal de la composición granulométrica y las clases texturales del grano sedimentario prevaleciente en los sedimientos superficiales del litoral costero del Complejo Criogénico de Jose.

norte de las Isletas de Píritu y el superior a la latitud media del extremo norte del Morro de Barcelona, representa ± 33% del área. Las Arcillas-Limosas delimitan a las Arcillas (representan el 30% del lecho marino) y comprenden desde la línea costera en el occidente hasta el límite superior en la latitud correspondiente al extremo Noroeste y Suroeste de la Isla La Borracha. Las Arenas-Arcillosas presentan la distribución más irregular entre las clases texturales, ocupan una amplia parte del lecho marino que se extiende meridionalmente desde el norte del Morro de Barcelona al Noroeste y Sur de la Isla La Borracha hasta los 10° 20' N y en el litoral costero está delimitada por la Arcilla-Limosa al norte y la Arcilla-Arenosa al oeste y este, ocupa casi el 25% del área total (Fig. 2).

Las Arenas, granulométricamente representan el 14,94%, con una distribución espacial irregular, ocupando el 10% del lecho costero de Jose, se ubican en la desembocadura del río Neverí y en el Sur-Oeste de la Isla La Borracha. La clase textural de grado Arcilla-Arenosa, se encontró formando parte del litoral costero más oriental de las Isletas de Píritu y del muelle de Jose. Se caracteriza el sedimento superficial que forma el cordón costero por presentar espacialmente una distribución textural muy diversa (Fig. 2) en relación con el grado de la composición granulométrica prevaleciente meridionalmente o más alejada de la costa.

En la Tabla 2, se reseña la composición granulométrica de acuerdo al grado textural predominante en los sedimentos superficiales del bioecosistema de Jose, prevaleciendo el grano fino de grado Arcilla con un contenido

TABLA 2 COMPOSICION GRANOLUMETRICA DE ACUERDO A LA FRACCION PR DOMINANTE

	GRAVA	ARENA						LIMO					ARCILLA			
	G	ARMG	ARG	ARM	ARF	ARMF	ART	LG	LM	LF	LMF	LT	ARGG	ARCM	ARCFC	ARCT
Est.	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
22						0,1	0,1	1,7	3,2	5,2	15,0	25,1	2,5	16,6	55,7	74,8
23					0,4	17,8	18,2	13,0	9,4	4,8	2,1	29,3	2,3	15,2	35,0	52,5
24					0,1	42,7	48,8	8,0	1,2	0,7	1,7	12,4	0,3	11,6	32,9	44,8
25						0,9	0,9	0,9	4,5	6,7	9,3	21,4	6,4	25,7	46,6	78,7
26						4,1	4,1	6,1	9,8	2,9	3,2	22,0	11,7	21,6	40,6	73,9
27						1,0	1,0	4,7	6,0	11,9	9,9	32,5	3,3	23,7	39,5	66,5
28						0,3	0,3	0,3	9,2	10,5	6,3	26,3	8,2	7,7	57,5	73,4
29	0,4	0,2	0,8	2,3	3,8	2,7	10,6	7,5	7,6	4,5	1,9	21,5	9,9	19,3	38,3	67,5
30						0,7	0,7	12,1	20,2	16,1	7,5	55,9	2,8	0,8	39,8	43,4
31					0,9	4,0	4,9	13,8	17,6	10,8	9,1	51,3		16,4	27,4	43,8
32	1,2	2,3	2,7	4,5	6,4	3,4	20,5	4,8	8,0	8,1	7,2	28,1	4,0	0,4	45,8	50,2
33						0,7	0,7	1,0	4,2	9,7	10,0	24,9	0,9	6,1	67,4	74,4
34	34,0	10,5	7,3	6,7	5,4	5,5	36,4	1,2	2,2	1,6	2,0	7,0	1,5	9,9	11,2	22,6
35					1,2	4,0	5,2	3,2	5,3	9,0	5,3	22,7	9,1	7,8	55,2	72,1
36	3,6	4,0	6,2	26,8	27,0	7,4	72,4	1,2	0,1	1,7	0,6	3,6	1,1	2,2	17,1	20,4
37	13,2	2,4	2,2	5,0	9,4	7,1	27,6	1,4	1,6	2,9	4,1	10,0	2,9	1,6	44,7	49,2
38						7,9	7,9	4,8	4,6	16,1	4,2	29,7	9,1	17,1	36,2	62,4
$\overline{X}$	3,08	1,41	1,13	2,67	3,21	6,52	14,94	5,04	6,75	7,25	5,85	24,89	4,47	11,98	40,64	57,09

G: Grava
ARMG: Arena Muy Gruesa
ARG: Arena Gruesa
ARM: Arena Media
ARF: Arena Fina
ARMF: Arena Muy Fin
ART: Arena Total

LG: Limo Grueso
LM: Limo Medio
LF: Limo Fino
LMF: Limo Muy Fino
LT: Lino Total

ARCG: Arcilla Gruesa
ARCM: Arcilla Media
ARCFC: Arcilla Fina+Coloide
ARCT: Arcilla Total

total de 20,4 a 78,7% y una media de 57,09%, predominando dentro de esta fracción textural la Arcilla Fina + Coloide oscilando entre 11,2% a 67,4% con una media de 40,64%, siguiendo en importancia la Arcilla Media (11,98%) y la Arcilla Gruesa (4,47%) luego las partículas Limosas con el Limo Total fluctuando entre 3,60-55,9% y la media 24,89%, donde las fracciones que la conforman desde el Limo Grueso a Limo Medio Fino guardan relación en el contenido del tamaño del grano. En la fracción gruesa granulométricamente prevalece el grado Arena Total (0,1-72,4%) y Grava (0,4-34,0%); donde las fracciones que componen la clase textural arena; desde Arena Media Gruesa (ARMG) incrementa el contenido granulométrico de 1,41% a un grano más fino Arena Media Fina con 6,52 % (Tabla 2).

CARACTERISTICAS GEOQUIMICAS

Materia Orgánica e Inorgánica.

El estudio del contenido y evolución de la materia orgánica e inorgánica presente en los sedimentos superficiales costeros de mares y océanos, conjuntamente con el aporte antropogénico; terrígeno de origen orgánico e inorgánico, el flujo de desechos exógeno al medio marino, la rata de sedimentación, al igual que la clase textural que prevalece granulométricamente en el medio ambiente sedimentario marino costero, juegan un papel determinante en la evolución hidrobiogeoecológica del ecosistema ya que permiten dilucidar los procesos metabólicos, controla y ayuda al entendimiento de los cambios diagenéticos y a los mecanismos biogeoquímicos de biodegradación y remoción orgánica que puedan estar ocurriendo en ellos, que de una u otra forma afecta directa o indirectamente la hidrodinámica del bioecosistema marino en especial el litoral costero.

La materia orgánica es la fuente energética primaria del sistema sedimentario, donde los agentes bióticos y abióticos juegan un papel prevaleciente, principalmente las bacterias que son los más importantes agentes biológicos que determinan los cambios diagenéticos, lo que conlleva a una transformación orgánica e inorgánica tanto en su composición geoquímica original, así como en las propiedades físico-químicas y biogeoquímicas del sedimento.

El más importante aspecto de la contaminación de los ambientes marinos costeros lo constituyen los metales pesados, estos en los sedimentos marinos litorales representan la mayor parte de la materia inorgánica los cuales actualmente con el avance tecnológico y científico de la era moderna son ampliamente estudiados para conocer su origen, evolución, concentración y distribución para así poder determinar el grado de contaminación o alteración a que han sido sometidos los bioecosistemas acuáticos naturales. Los elementos trazas en los sedimentos actúan como «esenciales y tóxicos» dependiendo de la especiación química del elemento traza que hace alterar drásticamente la biodisponibilidad o toxicidad, al igual que los mecanismos de adsorción, desorción, complejación química e intercambio iónico y bioacumulación por organismos vivos, y esta última varía de metal a metal y en gran escala por la variedad de los organismos biodepositadores (PITA y HAYNE, 1975; SHIBER, 1980; BISHOP, 1983), que pueden bioconcentrarlos a muy elevados niveles. A su vez, los sedimentos marinos costeros actúan como «trampas» acumulando grandes cantidades de metales (GAMBOA *et al.*, 1986). Por otra parte, la abundante distribución y evolución de algunos elementos trazas son controlados por los procesos metabólicos de microorganismos como las bacterias y algas. Los metales pesados entran a los ambientes marinos naturales a través de procesos químicos y mecánicos sobre la corteza terrestre. Sin embargo, la actividad humana introduce grandes cantidades de metales trazas. Las dos fuentes principales de origen antropogénico la constituyen los desechos municipales e industriales que incluyen efluentes químicos, agrícolas, impresos, textiles, industria de curtiembre (tanino), del cemento, petroleras y petroquímicas y pesquera etc., que llegan al mar por escorrentía de ríos y aguas de lluvias, por descargas directas de albañales al océano o a través de la atmósfera.

Carbono Orgánico

La distribución espacial del C-org. en los sedimentos superficiales del Criogénico de Jose (Fig. 3) es regular y su contenido (Tabla 3) se caracteriza por valores moderadamente altos de 3,91% en la Est. 27 al este del muelle de Jose, a bajos de 0,375% (Est. 23) más al este del mismo. Su evolución espacio-temporal guarda relación directa con el tamaño y tipo de grano predominante característico desde arcilla-limosa a sedimento de grano textural arenoso. Según la Fig. 3-A, los valores más elevados del contenido de C-org. de acuerdo a las isolíneas de distribución de 2,0 a > 3,5% aparecen claramente ubicados en el cordón litoral hacia el sur de las isletas de Píritu, muelle del Criogénico de Jose, en el área de desembocadura del río

Neverí y meridionalmente en la latitud 10° 10' N hacia mar afuera, frente al Criogénico de Jose, a nivel de las Isletas de Píritu (Este) a la longitud 64° 55' W y al oeste de la desembocadura del río Neverí a la longitud 64° 45' W, indicando el aporte orgánico al ecosistema. Los valores bajos de C-org simbolizados por las isolíneas de < 0,5 a 2,0%, comprenden la mayor parte del ecosistema en estudio ± el 60%, en clases texturales desde arcilloso-limoso-arenoso; arena-arcillosa; arena-limosa a tipo arena de contenido orgánico moderadamente elevado a muy bajo. No obstante, en líneas generales el contenido de C-org. es bajo si lo comparamos con otras áreas que presentan texturalmente una composición granulométrica similar (Tabla 4) lo que indica, que en el ecosistema de Jose la hidrodinámica que lo tipifica ejerce sobre el lecho marino costero un efecto de lavado y arrastre de la materia orgánica fresca lo que incide en una baja tasa de sedimentación, favoreciendo la transformación rápida de la materia orgánica en la superficie del sedimento lo cual conduciría, aparentemente, a la incorporación de muy poca materia orgánica estable que por esta razón es la lenta descomposición, no utilizando todo el oxígeno combinado (Aston & Hewitt, 1977; De La Lanza, 1986) lo que determina una prolongada estabilidad fisicoquímica del medio.

En general la discrepancia en el contenido del C-org. con una clara tendencia a predominio de baja concentración del mismo, está indicando el grado de actividad biogeoquímica que prevalece en los sedimentos superficiales del ecosistema Complejo Criogénico de Jose.

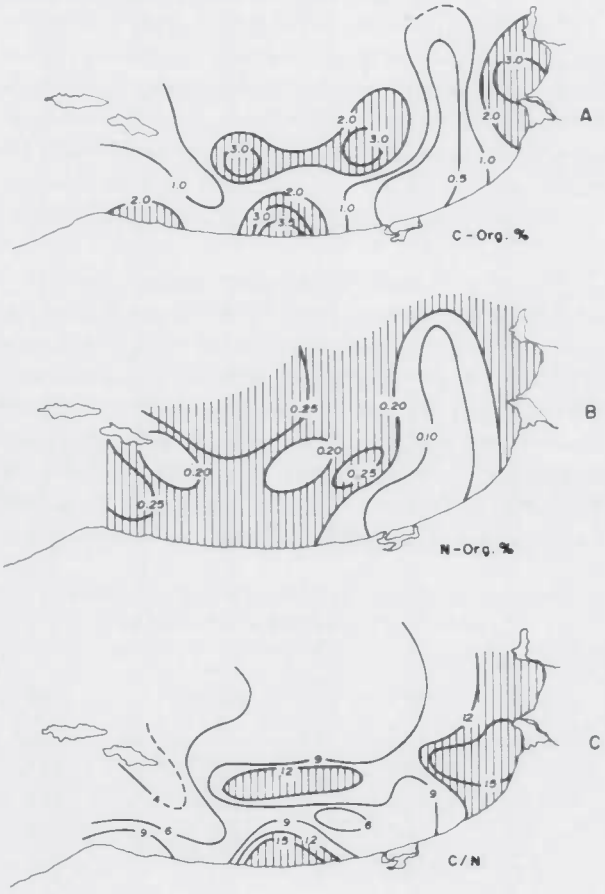


Fig. 3. Distribución espacial: (A) Carbono orgánico (%), (B) Nitrógeno orgánico (%) y (C) razón C/N en los sedimentos superficiales del ecosistema Criogénico de Jose.

Nitrógeno Orgánico

La evolución espacio temporal de la especie química nitrogenada N-Org. (Fig. 3-B) en los sedimentos del bioecosistema de Jose es comparable a la del C-Org., siendo más homogénea la distribución del N-Org. Las más altas concentraciones de esta especie nitrogenada oscilan entre 0,201 ~ 0,285% (Tabla 3) ocupando más del 80% del área del ecosistema de Jose, las cuales están delimitadas por las isolíneas de valor 0,20% (Fig. 3-B) indicando que las isolíneas que demarcan una concentración > 0,25% se ubican al sur de las Isletas de Píritu, al noreste de las mismas y al norte del Criogénico de Jose, hacia mar afuera en el meridiano 10° 09' 30" N.

Los valores del N-Org. que están comprendidos entre las isolíneas de 0,20% a 0,25% ocupan la mayor parte del ecosistema de Jose (Fig. 3-B). Los bajos a moderados valores de N-Org. oscilando entre 0,032 a 0,153% (Tabla 3) están delimitados por las isolíneas < 0,20% (Fig. 3-B) ubicándose las más bajas concentraciones de esta especie química nitrogenada en una lengua de distribución meridional desde el litoral costero (10° 06' N) hasta la latitud 10° 11' N y de amplitud longitudinal entre 64° 45' a 64° 48' W. Esta marcada discrepancia del contenido de N-Org., con una clara dominancia de las altas concentraciones en casi todo el ecosistema de Jose es indicativo de una intensa actividad biológica y de procesos geoquímicos «in situ». Además, existe un aporte neto orgánico al ecosistema de origen exógeno de diversa índole antropogénica «industrial, doméstico, agrícola y la escorrentía límnica conti-

nental». STEVENSON & CHENG, (1972) y SWEENEY *et al.*, (1978); aducen que una combinación de varios factores son los responsables de la discrepancia orgánica, influyendo: (1) Composición granulométrica; (2) actividad de los organismos que viven en la interfase agua-sedimentos; (3) biomasa bentónica; (4) condiciones ambientales dependiendo de la actividad biogeoquímica de 0 - 20 cm en los sedimentos (RAINE & PATCHING, 1980; HUNT & WHELAN, 1980; BONILLA *et al.*, 1985 y 1993; DE LA LANZA, 1986).

El contenido medio de la especie nitrogenada N-Org. de 0,198% es comparable al reportado por BONILLA & OKUDA, (1971) en los sedimentos de la Laguna Las Marites (0,21%); similar al obtenido por BONILLA & GONZÁLEZ, (1992) en los sedimentos de la laguna de Píritu (0,21%). Sin embargo, estas concentraciones son inferiores, si las comparamos con los valores de 0,280% de Bahía de Bergantín, según BONILLA *et al.*, (1986); de 0,431% de la Fosa de Cariaco; de 0,400% del Golfo de Cariaco reportados por BONILLA *et al.*,(1985) y de 0,84% de sedimentos de la laguna de Campoma, según BONILLA & GARCÍA, (1975). No obstante son superiores a los valores medios de 0,121% encontrados en los sedimentos de Guanta-Pertigalete; de 0,109% en Puerto la Cruz; de 0,111% en Bahía de Pozuelos y de 0,104% en Bahía de Barcelona obtenidos por BONILLA *et al.*, (1986); esta variación regional que se aprecia comparativamente en los valores del nitrógeno orgánico en los diferentes bioecosistemas sedimentarios evidencian la formación natural «in situ», el aporte exógeno y el efecto biogeoquímico en estos sedimentos por la acción bacteriana principalmente durante la diagénesis y de procesos abióticos.

TABLA 3 MATERIA ORGANICA EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL ECOSISTEMA DE JOSE.

Est.	C-Org. %	N-Org. %	C/N
17	3,29	0,233	14,1
18	0,500	0,032	15,6
19	0,403	0,042	9,7
22	2,08	0,224	9,3
23	0,357	0,052	6,9
24	0,982	0,149	6,6
25	3,13	0,261	12,0
26	1,23	0,221	5,6
27	3,91	0,249	15,7
28	2,22	0,153	14,5
29	1,56	0,201	7,8
30	3,72	0,243	15,3
31	1,52	0,215	7,0
32	3,26	0,242	13,5
33	1,73	0,282	6,1
34	0,983	0,212	4,7
35	1,68	0,272	6,2
36	0,579	0,152	3,8
37	1,68	0,285	5,9
38	2,35	0,248	9,5
$\overline{X}$	1,86	0,198	9,5

Razón C/N.

La distribución espacial de las razones C/N en los sedimentos superficiales del bioecosistema de Jose, muestra un comportamiento evolutivo similar al C-Org. (Fig. 3-C). La razón C/N de 3,8 a 15,7 (Tabla 3) están indicando un amplio rango de variabilidad de la materia orgánica carbonada y nitrogenada prevaleciendo la deposición orgánica nitrogenada sobre la descomposición del material fresco. Los elevados rangos de la razón C/N se delimitan por la isolínea de valor 12 a > 15 (Fig. 3-C) ubicados en la región litoral del Criogénico de Jose hacia el norte del mismo estando meridionalmente a nivel de las Isletas de Píritu y hacia el área de la desembocadura del río Neverí, regiones que se caracterizan por contener una alta concentración de carbono orgánico, estando el resto del ecosistema de Jose dominado por las isolíneas de < 12 a 4. La marcada variabilidad de la razón C/N, está demostrando que el contenido orgánico depende más de la naturaleza, cantidad y calidad de la materia orgánica y raramente del tipo y textura del sedimento (BONILLA *et al.*, 1989).

Otra causa de esta discrepancia de la razón C/N es debida a la alteración de los procesos biogeoquímicos por la divergente naturaleza de la materia orgánica que causa una perturbación del equilibrio geoquímico (C/N = 10) entre la sedimentación y descomposición de la materia orgánica fresca. Las relativas altas razones de C/N (12,6 a 15,9 en la Tabla 3) en el litoral costero, indican una intensa actividad biológica y abiótica con predominio de la descomposición orgánica, con mayor liberación del nitrógeno, ya que es degradado más rápidamente que el carbono. La mayor dominancia en el bioecosistema de Jose es de las bajas razones C/N 3,8 a 9,7 lo que indica divergencia en los

TABLA 4 CARACTERISTICAS ORGANICAS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE BIOECOSISTEMAS COSTEROS DEL ORIENTE VENEZOLANO

AREAS	C-ORGANICO %			N-ORGANICO %			RAZON C/N			HUMEDAD %		
	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM
1. Laguna Unare	3,00	0,50	1.64	0,30	0,10	0,20	16,0	5,0	9,5			
2. Laguna Unare	5,00	0,53	2.72	1.15	0,05	0,57	16,1	1,8	6,5			
3. Laguna Unare	4,02	0,86	2.59	0,31	0,15	0,22	17,7	5,8	11,6	68,38	27,06	56,00
4. Laguna Unare	4,11	0,91	1.97	0,23	0,06	0,17	18,3	6,0	11,7	69,93	24,01	57,24
3. Laguna Píritu	4,02	0,65	2,64	0,30	0,07	0,20	17,0	9,6	13,5	64,40	22,63	48,31
5. Laguna Píritu	3,17	0,71	2.17	0,34	0,07	0,21	14,1	8,5	10,7	64,67	33,10	54,00
4. Laguna Píritu	3,04	0,13	1,61	0,39	0,05	0,18	16,5	1,2	9,6	69,11	20,30	58,23
3. Laguna Tacarigua	13,02	1,95	6,70	0,64	0,06	0,28	14,2	20,4	26,5	75,56	30,19	50,50
3. Laguna Mariles	8,49	0,34	3,38	0,40	0,02	0,18	34,7	9,0	20,7	64,83	21,90	44,22
3. Laguna Restinga	12,42	1,44	5,60	0,62	0,16	0,27	36,1	15,0	22,8	76,22	32,14	58,16
6. Ensenada Grande	6,00	0,50	1,96	0,50	0,05	0,19	16,0	5,0	9,5			
7. Golfo de Cariaco	8,86	0,30	4,18	0,92	0,02	0,40	17,6	7,7	11,3	59,19	46,12	51,60
8. Fosa de Cariaco	6,28	4,29	5,56	0,82	0,32	0,43	19,2	6,8	13,6	51,80	46,14	48,32
8. Fosa de Cariaco	2,21	1,15	1,60	0,19	0,06	0,12	21,5	8,8	14,3	56,90	24,90	44,32
4. Bahía Bergantín	2,34	0,97	1,70	0,39	0,07	0,19	22,2	5,0	11,5	61,10	27,10	49,04
4. Criogénico de Jóse	2,63	1,46	1,93	0,27	0,04	0,18	31,2	5,3	17,2	58,70	32,96	45,23
4. Costas de Pto. Píritu	1,72	0,29	1,13	0,16	0,01	0,09	55,5	6,6	15,8			
9. Criogénico de Jóse	3,91	0,36	1,86	0,29	0,03	0,20	15,7	3,8	9,5			

1. OKUDA *et al.*, 1985; 2. LONGA & BONILLA, 1987 (Interfase); 3. BONILLA & CEDEÑO, 1980; 4. UDO-CORPOVEN, 1992; 5. BONILLA & GONZÁLEZ, 1992; 6. LÓPEZ & OKUDA, 1968; 7. BONILLA & LIN, 1979; 8. BONILLA, 1993 Y 1995 (este trabajo).

procesos bióticos y abióticos, prevaleciendo la deposición de origen antropogénico de diversa índole que incrementan el contenido de la especie química nitrogenada (RAINE & PATCHING, 1980; BONILLA *et al.*, 1986 y BONILLA & GONZÁLEZ, 1992).

Según la Tabla 4, se compara el contenido orgánico (carbono y nitrógeno), la razón C/N y la permeabilidad del sedimento, en diferentes bioecosistemas costeros, indicando una gran discrepancia orgánica, siendo el C-org. muy elevado en las albúferas, así como en el Golfo de Cariaco y la Fosa de Cariaco por ser ecosistemas sedimentarios divergentes con influencia marcada de mecanismos bióticos naturales y abióticos exógenos de origen antropogénicos divergentes y muy variables como lo reflejan las razones C/N.

El contenido hídrico está indicando el grado de permeabilidad y de impermeabilidad del sedimento de los divergentes bioecosistemas, señalando una relación directa con el predominio textural: tamaño y tipo de grano sedimentario prevaleciendo en cada biotopo. El contenido hídrico está demostrando que en los divergentes ecosistemas prevalece el sedimento de textura fina que los tipifica como altamente impermeables (BONILLA & GONZÁLEZ, 1992 y BONILLA, 1993).

TABLA 5 METALES PESADOS EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL ECOSISTEMA DE JOSE

Est.	Cd (µg/g)	Cu (µg/g)	Cr (µg/g)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)
17	0,78	17,93	83,42	17,53	145,93
18	0,73	12,51	65,91	13,93	87,93
19	0,68	9,85	28,96	7,63	81,65
22	0,75	18,19	41,77	20,21	158,89
23	0,65	7,50	25,55	9,91	81,73
24	0,54	4,71	10,15	6,41	56,96
25	0,31	16,71	81,83	8,17	168,14
26	0,43	14,81	85,12	11,70	147,78
27	0,76	17,70	81,77	16,96	148,79
28	0,76	16,78	96,50	13,40	161,80
29	0,76	14,23	81,23	16,93	135,99
30	0,43	14,23	65,10	13,44	138,96
31	0,65	14,18	63,66	16,90	128,63
32	1,53	15,26	27,80	15,63	63,72
33	1,07	16,79	42,46	16,89	77,05
34	2,10	13,35	19,43	16,16	35,82
35	0,76	17,08	92,42	16,92	66,58
36	0,76	8,17	49,28	16,95	66,58
37	1,30	15,81	90,66	5,74	65,75
38	1,52	18,24	16,85	5,72	70,18
$\bar{X}$	0,86	14,20	57,49	13,36	107,76

Metales Trazas.

La distribución espacial y contenido de metales pesados en los sedimentos superficiales del ecosistema de Jose se esquematizan en las Fig. 4 y las Tablas 5 y 6.

Cadmio (Cd).

Las concentraciones de Cd oscilaron entre 0,31 - 2,10 µg/g (Tabla 5), señalando en la Fig. 4 que las isolíneas de distribución temporal del Cd, un ligero incremento en sus concentraciones de Este a Oeste donde se aprecia el máximo valor de 2,10 (µg/g Est. 34) al sur-este de las Isletas de Píritu adentro.

Es interesante resaltar que casi la totalidad del ecosistema en estudio es dominado por una concentración más homogéneamente distribuida de Cd de 0,31 - 0,78 µg/g, que se encuentra por debajo del valor de Cd 1,0 µg/g para sedimentos no contaminados (Tabla 6) estando las concentraciones más altas de Cd de 1,03 - 2,10 µg/g (Tabla 5) ubicada al noroeste del muelle de Jose y al sur de las isletas de Píritu. Estos valores de Cd son inferiores a 2,60 y 5,15 µg/g obtenidos, al sur de las isletas y a 15,37 µg/g en el oeste del muelle de Jose reportado en el informe final UDO-CORPOVEN, 1992; lo que indica un incremento de Cd por aporte antropogénico en el transcurso del tiempo en especial la influencia exógena hacia el oeste del muelle de Jose, desde biotopos adyacentes al mismo.

Cobre (Cu).

El rango de variación de cobre en los sedimentos superficiales del ecosistema de Jose fue de 4,71 µg/g (Est. 24) a 18,24 µg/g (Est. 38) en el litoral costero con un promedio de 14,20 (Tabla 5) comparable al reportado por GAMBOA *et al.*, 1986; para Bahía de Guanta (16,46 µg/g); Bahía de Bergantín (13,33 µg/g); Bahía de Barcelona

TABLA 6 CARACTERIZACION DE METALES PESADOS ESENCIALES Y POTENCIALMENTE TOXICOS EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL ORIENTE VENEZOLANO

SEDIMENTO SUPERFICIAL		METALES PESADOS (µg/g)					
		Cd	**Cr**	**Cu**	**Pb**	**Ni**	**Zn**
1.	No contaminado	1,0	20,0	10,0	5,0	10,0	110,0
2.	Jóse Oeste	1,50	54,89	14,73	10,88		91,37
2.	Jóse Oeste	0,60	60,39	13,77	12,39		132,01
2.	Jóse	0,88	57,49	14,34	11,50		108,22
3.	Jóse	1,54	14,42	15,16	16,72	39,42	102,41
4.	Jóse	2,81	37,96	20,0	9,67	30,54	82,26
2.	Bahía Bergantin	1,88	29,90	14,94	28,83		127,05
4.	Bahía Bergantin	2,39	25,17	11,96	21,86	27,44	92,83
5.	Bahía Pozuelos			9,25		11,68	90,05
5.	Bahía Pertigalete			8,37		20,42	118,12
5.	Bahía Bergantin			13,33		45,60	292,72
5.	Bahía Guanta			16,46		25,07	120,29
5.	Bahía Barcelona			13,15		13,07	108,21
6.	Cuenca Tuy Orinoco			12,11			57,18
7.	Desembocadura Río Tuy			28,0			68,00
8.	Boca Serpientes			14,70			113,70
8.	Estuario Boca Grande			12,67			109,80
9.	Laguna Píritu			5,68		32,75	91,76
10.	Laguna Las Maritas			12,85			34,01
11.	Pto. La Cruz - Pertigalete		84,0	49,0	78,0		155,0
11.	Costas Edo. Anzoátegui		118,0	41,0	57,50		138,0
11.	Bahía Barcelona		135,0	42,0	44,0		212,0
12.	Esta. Investigación	0,86	57,49	14,20	13,26		107,76

1.- MUHAMAD, 1992; FERGUSON, 1990.
2.- UDO CORPOVEN, 1990
3.- UDO-CORPORVEN, 1991
4.- UDO-CORPOVEN, 1992
5.- GAMBOA *et. al.*, 1986
6.- GAMBOA & BONILLA, 1983
7.- MOGOLLÓN *et. al.*, 1986
8.- SALAZAR, 1989
9.- BONILLA & GONZÁLEZ, 1992
10.- SALAZAR, *et. al.*, 1986
11.- MOGOLLÓN, *et. al.*, 1989
12.- BONILLA, 1993 y 1995

(13,15 µg/g); Bahía de Pozuelos (9,25 µg/g) y Bahía de Pertigalete (8,37 µg/g), siendo inferior al contenido de Cu (20,0 µg/g) del área de Jose (Tabla 6) reportados en el informe científico UDO-CORPOVEN (1992); y a las concentraciones de Cu 41,0 (µg/g) de los sedimentos superficiales de las costas del Estado Anzoátegui, contaminados por metales trazas de origen antropogénico divergentes como producto del aporte de efluentes domésticos, de las actividades de la industria petrolera, petroquímica y la escorrentía límnica continental, es comparable al valor de Cu (42,0 µg/g) de Bahía de Barcelona y Puerto La Cruz - Pertigalete (Cu: 49,0 µg/g) según MOGOLLÓN *et. al.*, (1989). Los valores de Cu encontrados en los sedimentos superficiales del Complejo Criogénico de Jose, de acuerdo a esta investigación (Tabla 5) y los reportados por los autores antes mencionados (Tabla 6) son muy superiores a los obtenidos para sedimentos no contaminados (FERGUSSON, 1990 y MUHAMAD, 1992) según la Tabla 6.

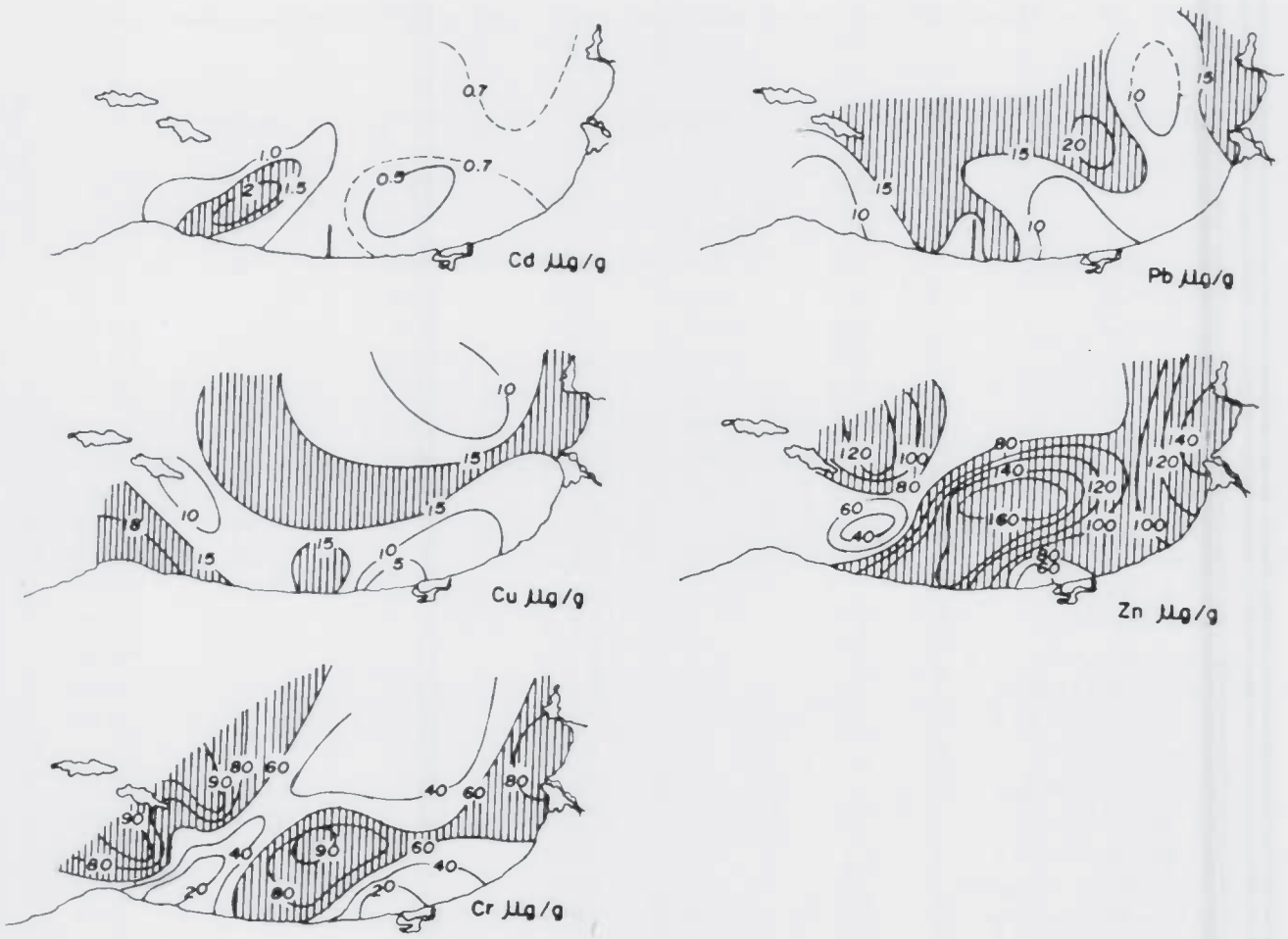


Fig. 4. Evolución espacio temporal del contenido de metales pesados: Cadmio (Cd,µg/g); Cobre (Cu, µg/g), Cromo (Cr, µg/g); Plomo (Pb, µg/g) y Cinc (Zn, µg/g), en los sedimentos supeficiales del bioecosistema Criógeno de Jose.

En la Fig. 4 se aprecia la distribución espacial del Cu, hacia el sector más oriental del muelle de Jose (Est. 24); se observan incrementos en las concentraciones del Cu (4,71 a 18,19 (µg/g) desde el litoral costero hacia mar afuera (Est. 22). Sin embargo, los valores más elevados del Cu están delimitados por la isolínea > 15 µg/g (Fig. 4), que se ubica meridionalmente desde 10°09' a nivel de la desembocadura del río Neverí hasta los 10° 12' Morro de Barcelona formando a esta altura un pasaje longitudinalmente hasta el noreste de las Isletas de Píritu. En el litoral costero se encontraron altas concentraciones de Cu en el muelle de Jose y al sur de las Isletas de Píritu. Esta distribución espacio-temporal del Cu está indicando que existe un gran aporte exógeno de este metal al ecosistema. Es de hacer notar que la distribución espacial de Cu guarda cierta relación con la fracción granulométrica predominante y la textura del grano. El Cu entra al mar vía efluentes domésticos, industriales y descargas atmosféricas, que es luego biodepositado y acumulado en el sedimento, por los procesos biogeoquímicos.

Cromo (Cr).

El intervalo de fluctuaciones de Cr en los sedimentos superficiales del ecosistema de Jose fue de 10,15 µg/g a 96,50 µg/g con una media de 57,49 µg/g (Tabla 5) superior a las reportadas para sedimentos no contaminados (Tabla 6) y en los de la región occidental del muelle de Jose que oscilaron entre 16,3 a 71,8 µg/g (UDO-CORPOVEN,

1992); pero inferiores al contenido de Cr en sedimentos contaminados de las costas del estado Anzoátegui con un valor medio de 118,0 µg/g; de Puerto la Cruz-Pertigalete con una concentración de 84,0 µg/g y Bahía de Barcelona con una acumulación de 135,0 µg/g, obtenidos por MOGOLLÓN *et-al* (1989); comparable a los reportados para sedimentos contaminados y de una potencialidad tóxica alta de Bahía de Cardena 49,8 a 34,8 µg/g (ARENCIBIA *et. al.*, 1992); Bahía de La Habana con un valor de 50,1 a 343 µg/g (GONZÁLEZ *et. al.*, 1985); Bahía Chesapeake (EUA) con 75,0 µg/g (SINEX *et. al.*, 1980) y del estado de Veracruz (México) con una concentración promedio de Cr de 75 µg/g (BOTELLO *et. al.*, 1992). La principal fuente de Cromo, al ecosistema de Jose es antropogénico de origen exógeno por desechos industriales y municipales acarreados por la escorrentía de los ríos Unare y Neverí. La distribución espacio temporal del cromo en los sedimentos del Complejo Criogénico de Jose se representa en la Fig. 4 siendo más irregular que la del Cd y el Cu, estando la mayor parte del bioecosistema en estudio dominado por elevadas concentraciones de Cr, delimitadas por la isolínea 60 µg/g; lo cual demarca frentes de alta incidencia acumulativa de este metal en las áreas cercanas a las costas del Morro de Barcelona desembocadura del río Neverí (65,41 a 83,42 µg/g); muelle de Jose (65,10 a 96,50 µg/g) y un aumento progresivo hacia la isleta de Píritu adentro (49,28 a 92,42 µg/g), que abarca desde el litoral costero hacia mar afuera demarcando que las isletas de Píritu sirven de barrera para la acumulación del material inorgánico transportado por las corrientes y contracorrientes superficiales (UDO-CORPOVEN, 1992) que imperan en esa región.

Las concentraciones de cromo, guardan cierta relación con la textura del sedimento ubicándose los valores más elevados en los sedimentos finos del tipo arcilla; arcilla-limosa y arcilla-arenosa.

Plomo (Pb).

Las concentraciones de plomo en los sedimentos superficiales del bioecosistema de Jose están comprendidos entre 5,72 (Est. 38) a 20,21 µg/g (Est. 22) para un promedio de 13,36 µg/g (Tabla 5), estando muy superior al valor de 5 µg/g reportado para sedimentos no contaminados (Tabla 6), pero sus valores son ligeramente superiores a los obtenidos posteriormente en la misma área geográfica en Jose de 12,39 µg/g (UDO-CORPOVEN, 1990) y 9,67 µg/g (UDO-CORPOVEN, 1992), siendo inferiores al valor 17,62 µg/g de Jose en una región meridionalmente más amplia, llegando hasta el meridiano 10° 20' N (UDO-CORPOVEN, 1991), y a las concentraciones de Bahía de Bergantín de 28,83 µg/g y 21,86 µg/g (UDO-CORPOVEN, 1990 y 1992). Este valor de Pb potencialmente tóxico en los sedimentos superficiales del área de Jose está muy por debajo de las concentraciones reportadas para sedimentos contaminados de las costas del Edo. Anzoátegui (Pb: 57 µg/g); Bahía de Barcelona (Pb: 440 µg/g); Puerto la Cruz-Pertigalete (Pb: 78,0 µg/g), según MOGOLLÓN *et al.*, 1989 y los sedimentos del estado de Veracruz (México) con 37,5 µg/g de Pb (BOTELLO *et al.*, 1985); de las Bahías de La Habana de 86,0 a 397,0 µg/g (GONZÁLEZ *et al.*, 1985) y Cárdenas con valores de Pb de 24,8-32,7 µg/g en Cuba (ARENCIBIA *et al.*, 1992), y la Bahía de Chesapeake (EUA) con una concentración de Pb de 91,0 µg/g (SINEX *et al.*, 1980).

Las fuentes principales de Pb al ecosistema marino son exógenas, terrestres, atmosférica y por bioacumulación. La evolución espacio-temporal del Pb se representa en la Fig. 4; con un comportamiento diferente al Cd, Cu, Cr y Zn, caracterizándose los bajos valores de Pb delimitados por la isolínea de 10 µg/g hacia el litoral costero y al noroeste de la desembocadura del río Neverí, excepto al este del muelle de Jose donde se ubica un foco de elevadas concentraciones de Pb delimitadas por las isolíneas de 15 µg/g, con un incremento latitudinal uniforme de 15,63 a 20,21 µg/g a nivel de las Isletas de Píritu y en el área más oriental del ecosistema en estudio entre la playa Maurica y el Morro de Barcelona (17,53 µg/g), altamente influenciada por el aporte antropogénico de los desechos domésticos e industriales y de la escorrentía continental del río Neverí, además el tránsito de diversos tipos de embarcaciones en el área, según BISHOP, (1983); el rango de concentración de Pb para sedimentos oceánicos profundos es de 27 a 45 µg/g y en los sedimentos contaminados del océano de Irish por causa de las descargas industriales la acumulación de Pb llega de 80 a 600 (µg/g).

Cinc (Zn).

El contenido de cinc fluctúa entre 35,82 µg/g (Est. 34) a 168, 14 µg/g (Est. 25), con un promedio de 107,76 µg/g (Tabla 5), estando la concentración media del Zn en el rango de sedimentos no contaminados de 110,0 µg/g (Tabla 6). En general, el contenido del Zn aquí reportado es comparable al registrado para el mismo ecosistema de Jose en un rango de 82,26 a 132,01 µg/g (Tabla 6); UDO-CORPOVEN,

1990, 1991 y 1992, indicando una aparente disminución de los valores de Zn desde 1990 a 1992, esto puede ser debido a una mayor actividad biótica.

Las concentraciones del Zn en Bahía de Bergantín (Tabla 6) señalan un fenómeno similar con un aporte de Zn de 292,72 µg/g (GAMBOA *et al.*, 1986) y niveles de 127,05 y 92,83 µg/g (UDO-CORPOVEN, 1990 Y 1992), superiores y comparable a la cantidad del elemento Zn de los sedimentos del ecosistema de Jose en esta investigación, esto sugiere una reducción del metal Zn en Bergantín quizás por ser ampliamente utilizados por las plantas y los organismos marinos por ser un metal esencial. El contenido de Zn en los sedimentos superficiales del ecosistema de Jose es superior al de la Cuenca Tuy Cariaco (57,18 µg/g); al valor de 68,0 µg/g de la desembocadura del Río Tuy (Tabla 6) y a los valores de Zn de 11,5 a 41,1 µg/g en los sedimentos Cubanos de Bahía de Cárdenas (ARENCIBIA *et al.*, 1992) y el contenido de Zn de los sedimentos costeros de México con niveles de 88,6 µg/g en Veracruz.

Las concentraciones del Zn en Bahía de Bergantín (Tabla 6) señalan un fenómeno similar con un aporte de Zn de 57,2 µg/g de Quintana Roo y 20,4 µg/g de Campecha (BOTELLO *et al.*, 1992); siendo bajo si se compara con los valores de Zn de 138,0 µg/g de las costas del Edo. Anzoátegui; de Zn 155,0 µg/g Puerto La Cruz-Pertigalete y Zn 212,0 µg/g de Bahía de Barcelona (MOGOLLÓN *et al.*, 1989), y muy inferior a los registros de Zn de 148,0 - 987,0 µg/g en sedimentos de Bahía de Habana (GONZÁLEZ *et al.*, 1985) y a la acumulación de Zn en Bahía Chesapeake (EUA) de 450 µg/g (SINEX *et al.*, 1980). La distribución horizontal del elemento traza Zn se registra en la Fig. 4; con una evolución espacial bien definida y muy similar a la del Cr estando casi el 80% del ecosistema estudiado dominado por las elevadas concentraciones del elemento cinc como se refleja en la misma Fig. 4, delimitado por la isolínea > 80 µg/g, que demarca focos de elevados valores de Zn desde el litoral costero del muelle de Jose (137,48 µg/g) hacia mar afuera con flujo noreste (168,14 µg/g) que recibe el aporte de la escorrentía del río Neverí (145,93 µg/g) y el flujo antropogénico exógeno de la Bahía de Pozuelos que viene del este hacia el suroeste. Las isletas de Píritu actúan como una barrera de retención del elemento cinc (133,0 µg/g) en el influjo antropogénico desde el mar afuera hacia el litoral costero. La Fig. 4 hace resaltar que el elevado aporte antropogénico del Zn, forma un pasaje bien definido de relativos bajos valores (35,82 - 77,05 µg/g), con drenaje desde el norte hacia el sur-oeste, o en sentido contrario dependiendo de la dinámica sedimentaria que predomina en el ecosistema para la época. En general, el contenido de los metales trazas esenciales y potencialmente tóxicos en los sedimentos superficiales del bioecosistema Criogénico de Jose, que tienen orígenes de diversas fuentes antropogénicas relacionadas directamente con las actividades de crecimiento demográfico, urbanístico y tecnológico en especial por las industrias petroleras, y petroquímicas. También, su génesis puede ser como lo reseñan CHESTER & VOUTSINOU (1981); residual, los cuales se encuentran localizados en las estructuras reticulares de los componentes minerales de los sedimentos, y no residuales los que se incorporan a los sedimentos por los mecanismos abióticos de absorción, desorción, intercambio iónico y complejación química.

Las concentraciones medias de metales pesados esenciales y potencialmente tóxicos de los sedimentos superficiales del bioecosistema de Jose decrecen en el siguiente orden Cinc > Cromo > Cobre > Plomo > Cadmio.

CONCLUSIONES

1.- El contenido y evolución del C-ORG, en los sedimentos superficiales de la región marino costera de Jose es bajo a moderado, debido al influjo antropogénico, a pesar de la fracción textural arcilla-limosa predominante.

2.- El N-ORG, es relativamente alto en todo el bioecosistema, lo que es indicativo del gran aporte orgánico exógeno de origen antropogénico y confirma la intensa actividad biótica y abiótica in situ.

3.- Los metales trazas Cd, Cu, Cr, Pb y Zn, son relativamente elevados en los sedimentos superficiales del ecosistema marino costera de Jose y guardan una relación típica de incremento en su concentración con el decrecimiento del tamaño de las partículas sedimentarias de textura arcilla-limosa y es el reflejo del intenso flujo deposicional antropogénico in situ y exógeno industrial (petrolera y petroquímica) doméstico, escorrentía limnica etc, que esta contaminando y alterando el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema.

4.- El contenido medio de los metales pesados esenciales y potencialmente tóxicos de los sedimentos superficiales del bioecosistema Criogénico de Jose se ubican decrecientemente en el orden siguiente Zn > Cr > Cu > Pb > Cd.

AGRADECIMIENTO

Los autores, expresan un sincero reconocimiento al personal científico y técnico al Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela por su invalorable contribución en la obtención y confiabilidad de la data. A los profesores G. CEDEÑO y W. SENIOR por haber facilitado la planificación oceanográfica y los análisis geoquímicos, a A. MÁRQUEZ (T.S.U.), a J. HERNÁNDEZ (dibujante), a L. RIVERO (secretaria) por su valioso y desinteresado aporte. A la empresa petrolera CORPOVEN por el financiamiento y logística de campo para la obtención de la data y a todas aquellas personas que de una u otra forma nos incentivaron para llevar a feliz culminación la presente investigación, con miras a tratar de contribuir en el presente y en el futuro a una mejor conservación y utilización del Bioecosistema Marino-Costero del Complejo Criogénico de Jose.

REFERENCIAS

ASTON, S. R. & C. N. HEWITT. 1977. Phosphorus and CARBON Distribution in a Polluted Coastal Environment. Estuarine. & Coastal. Mar. SC5 (1&2): 243-254.

ARENCIBIA, G., C. CARRODEGUAS & T. ROMERO. 1992. Contaminación por Metales Pesados en los Sedimentos de la Bahía de Cárdenas Cuba. Ciencias-Marinas, Vol. 18(1):167-18O.

BISHOP, P. L. 1983. Marine Pollution and its Control. Mc. GRAW-HILL. Inc., Seriesmin Water Resources and Environmental Engineering 357 p.p.

BONILLA R., J. & T. OKUDA. 1971. Condiciones hidrográficas del agua y Características Químicas de los Sedimentos de la Laguna de Las Marites (Margarita) *Bol. Inst.Oceanogr. de Vzla. Univ. Oriente*. 1O (1):3-12.

BONILLA R., J. & A. GARCIA. 1975. Estudio de algunos parámetros químicos en los sedimentos de la Laguna de Campoma, *Lagena*.35-36: 55-60.

BONILLA R., J. & A. L. LIN. 1979. Materia Orgánica en los sedimentos superficiales de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Vzla. Univ. Oriente*. 18 (1&2): 37-52.

BONILLA R., J. 1982. Algunas Características Geoquímicas de los Sedimentos Superficiales del Golfo de Cariaco. Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Vzla. Univ. Oriente*. 21 (1&2): 135-155.

BONILLA R., J., Y. POYER & B. GAMBOA.1985. Características Geoquímicas en Núcleos de Sedimentos de la Región Nor-Oriental y Río Orinoco-Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Vzla.Univ. Oriente*., 24. (1&2): 43-61.

BONILLA R., J., G. CEDEÑO & B. GAMBOA.1986. Características Químicas en sedimentos de la Bahía de Pozuelos y Areas Adyacentes. *Bol.Inst. Oceanogr. de Vzla. Univ. Oriente*. 25 (1&2):215-231.

BONILLA R., J. & G. CEDEÑO. 1989. Características orgánicas del Biosistema Lagunar Tacariguas-Unare-Píritu Venezuela. *Bol. Inst. Oceanograf. de Vzla. Univ. Oriente*, 28 (1&2): 225-237.

BONILLA R., J. & J. C. SALAZAR. 1990. Características Hidrográficas del Sistema Estuarino Deltaico del Río Orinoco Venezuela, Interciencia, 15(6): (en prensa).

BONILLA R., J. & C. GONZÁLEZ.1992. Algunos Aspectos Geológicos y Características Químicas en los Sedimentos de la Laguna de Píritu.Edo. Anzoategui. Venezuela. *Biol. Inst. Oceanogr. de Vzla. Univ.Oriente*. 31. (1&2).

BONILLA R., J., W. SENIOR., J. BUGDEN., O.C. ZAFIRIOU & R. JONES. 1993. Seasonal Distribution of Nutrients and Primary Pro ductivity in the eastern Caribbean as the influence by the Orinoco river *J. Geophys Res*. 98: 2245-2259.

BONILLA R., J. 1993. Características Hidrogeoquímicas: Comportamiento y significado de modelos Estadísticos Multivariantes en el Bioecosistema Marino Coste-

ro de Jose.Edo. Anzoátegui., Vzla.UDO. Trab. Asc. Prof. Titular. 231 pp.

BOTELLO, A.V.1990. Impacto Ambiental de los Hidrocarburos Organo-clorados y de microorganismos patógenos específicos en Lagunas Costeras de México. Inf. Téc. Final. 1989-1990. Proyecto OEA-CONACY T (MEXICO) 69 pp.

BOTELLO, A.V.,G. VELEZ & G. DIA-GONZÁLEZ.1992. La Contaminación en Zonas Costeras del Golfo de México: Un Diagnosis Frente Marítimo, Vol. II,Sec. A: 129-137.

BURTON, J. D. & P. J. STATMAM.1988. Trace metals, astracers in the Oceans. Phil. Transs. R. Soc. Londres. 325:127-145.

BLOUGH, N. H., D. C. ZAFIRIOU & J. R. BONILLA.1993. Optical absorption spectra of water from the Orinoco river onflow.Terrestrial input of colored organic matter to the Caribbean. *J. Geophys. Res.* 98: 2271-2278.

CEDEÑO, G., B. GAMBOA & J. R. BONILLA. 1986. Presencia de hidrocarburos y residuos de alquitrán en costas del estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. de Vzla. Univ. Oriente*, 28 (1&2): 84-91.

CHESTER, R. & F. G. VOUTSINOV. 1981. The initial assesment of trace metal polution in Coastal sediments. *Mar. Poll.Bull.* 12(3): 84-91.

DE LA LANZA, G.1986. Materia orgánica en los sedimentos del sistema Laguna Huizache y Caimanero: importancia y significado en modelos de prediccion: An.. Inst. Cienc. Del. Mar. y Linnol, *Univ. Auton. México*, 13 (1): 251-286.

FERGUSSON, J. E. 199O. The heavy metal elements chemistry. Environ mental impact and Health Effects, Pergamon Pres, N.Y.

FERMIN, J., J. BONILLA & M. CABRERA. 1994. Análisis de Correlación Canónica entre las variables de materia orgánica e inorgánica en los sedimentos superficiales del Ecosistema Criogénico de Jose Venezuela. Latin American Congress on Organic Geochemistry. Bucaramanga. Colombia.

GAMBOA, B. & J. BONILLA .1983. Distribución de metales pesados (Fe, Mn C u y Zn) en sedimentos superficiales de la Cuenca Tuy-Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. de Vzla. Univ. Oriente.* 22 (1&2):1O3-11O.

GAMBOA B., J. BONILLA & G. CEDEÑO. 1986. Concentración de algunos metales pesados de sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos y Areas Ayacentes,Edo. Anzoategui. *Bol. Inst. Oceanogr. de Vzla. Univ. Oriente*, 25 (1&2): 233-240.

GONZÁLEZ, H. 1985. Contaminación de los sedimentos por metales pesados . Cap. 13.Investigaciones y Control de la Contaminación de la Bahía de La Habana.Vol. 1,11 ., 201-206.

MOGOLLÓN, J. L., H. FRENTZIEN & C. BIFANO.1987. Contaminación en sedimentos de la Cuenca del río Tuy y controles geoquímicos que actuan en el sistema . Act. Cient. Vzla., 38:47-58.

MOGOLLON, J. L., A. RAMÍREZ & C. BIFANO 1989. Determinación de niveles de contaminación en sedimentos costeros del estado Anzoategui. VII Congreso Geológico Venezolano, Barquisimeto. Edo.Lara Venezuela. 1121-123O.

MUHAMAD, S. 1992. Toxic Metal chemistry in Marine Environments. Marcel Dekker,Inc. N.Y.,35O pp.

OKUDA,T.1981. Análisis hidroquímico de la Bahía de Pozuelos y sus áreas adyacentes, Venezuela *Bol. Inst. Oceanogr. de Vzla.Univ. Oriente*,2O (1&2): 11-22.

RAIME, R. C. T. & J. W. PATCLING.1980. Aspects of carbon and nitrogen cycling in a shallow marine environment. *J.Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 47. (2): 127-228.

ROA-MORALES, P. & L. BERTHOIS.1975. Manual de Sedimentología. Caracas, Venezuela. 3O3 pp.

SALAZAR, J.C., J. BONILLA & B. GAMBOA.1986. Metales pesados y Materia Orgánica en los Sedimentos Superficiales de la Laguna las Marites *Bol. Inst. Oceanogr. de Vzla. Univ. Oriente*, 25(1&2):137-154.

SINEX, S.A., A. CASTILLO & G.R. HELZ.1980. Accuracy of acid extraction methods for trace metals in sediments. *Anal. Chem.*, 52 (14): 2342-2346.

STEVENSON, A. J. & C.N. CHENG. 1972. Organic geochemistry of the Argentine. basin sediments:Carbon-Nitrogen relatioship and quaternary correlation . Geochim.Cosmnochin Acta. 36:653-671.

SWEENEY, R. E., K. K. LIU & I. R. CAPLAN. 1978. Oceanic nitrogen isotopes and their uses in determining the source of sedimentary nitrogen stable isotope in the Earth Science.DSIR BULL., 22O: 9-26.

UDO-CORPOVEN.199O. Estudio ambiental del ecosistema marino de la Bahía de Bergantín y Area de Jose. Informe final, IOV-UDO. Tomo II.

UDO-CORPOVEN.1991. Caracterización ambiental del área de Jose. (AFEAM). IOV-UDO.

UDO-CORPOVEN. 1992. Estudio Ambiental de las Costas del Estado Anzoategui.Proyecto EACA. Area de Jose.Informe final IOV-UDO.