

CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA ENSENADA GRANDE DEL OBISPO, ESTADO SUCRE – VENEZUELA.

J. BONILLA¹, S. ARANDA², C. RAMÍREZ², J. MOYA² & A. MARQUEZ¹

¹ *Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.*
jbbonilla@sucre.udo.edu.ve

² *Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias, Cumaná, Venezuela.*

RESUMEN: Se evalúa la calidad de los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo (EGO), en 10 estaciones, con base al contenido de A y G, hidrocarburos, azufre, consumo de O₂, DQO, razón DQO/S, carbonatos, permeabilidad, ion cloruro y metales trazas, esenciales y tóxicos que han sido introducidos al ecosistema por diversas fuentes naturales y antropogénicas. Se utilizó la metodología clásica del análisis geoquímico estandarizados para la obtención de la concentración absoluta de los parámetros estudiados. Es un ecosistema geologicamente de origen tectónico, caracterizado por un sistema de fallas transversales, que es entrante rocoso más importante de la península de Araya. Los sedimentos son típicamente arenas y arenas finas-arcillosas, con un contenido de aceites y grasas (7,04 – 58,69 µg/g) y de hidrocarburos (6,36 – 829,17 µg/g), que indican penetración exógena antrópica igualmente el escaso contenido de azufre (0,143 – 1,06‰) y el consumo de O₂ que es relativamente alto (200,42 – 396,97 mg/kg); la concentración de DQO (32,59 – 45,91 µg/g); corroborado por las elevadas razones DQO/S (30,8 – 293,7). Moderados valores de carbonatos de calcio (7,54 - 61,20%) de incidencia biogénica y un contenido hídrico de tendencias permeables (H₂O: 31,03 – 37,40%), con relativos altos valores de cloruros (32,90 – 77,39 µg/g). Los metales trazas esenciales y tóxicos señalan una variabilidad en su concentración de Fe (40,92 – 179,51 µg/g); Mn (30,07 – 86,12 µg/g); Cu (5,38 – 63,92 µg/g); Zn (25,18 – 71,08 µg/g); Cd (0,09 – 0,76 µg/g); Ni (11,78 – 40,56 µg/g); Cr (5,54 – 38,84 µg/g); Pb (3,80 – 49,78 µg/g), el grado de afectación contaminante es exógeno de diversas fuentes de origen antropogénico, aunado a la hidrodinámica del Golfo de Cariaco que influyen en el transporte de estos hacia la costa norte afectando al ecosistema EGO. El alto contenido de metales trazas tóxicos: Cu, Ni, Cr y Pb indica contaminación. Se estableció el grado de afectación por metales trazas esenciales y tóxicos en el orden decreciente **Fe>Mn>Zn>Cr>Pb>Ni>Cu>Cd**.

Palabras claves: sedimento, metales trazas, Ensenada Grande del Obispo

Abstract: The region under study geomorphologically comprises a cluster of islands known as Roques Archipelago. Geologically, its superficial sediments are calcarenitic sands of biogenic origin whose prevailing grains are skeletal bioclasts set within a sandy texture granulometrically composed of coarse-to-fine sandy dolomites. Classic marine geochemistry assays were used in order to chemically quantify the organic content of the sediments, (Org.- C; Org.- N; C/N ratio; TOM; Carbohydrates; Oils and Fats (O & F); CaCO₃), the reducing parameters (O₂ consumption, COD), and sediment permeability in 16 survey stations. Overall, the organic content of these sediments was found to be low though variable in Organic - C (0.296 to 0.790%; X=0.459%); Organic - N (0.031 to 0.070%; X=0.048%), with a C/N ratio of (6.6 to 13.4; X=9.5) which indicates a tendency to equilibrium between the freshly deposited material and the abiotic incidence. TN (5.77 to 11.05%; X=8.84%); TOM (2.52 to 12.41%; X=7.08%), TP (0.30 to 3.52%; X=1.90%); Carbohydrates (1.53 to 4.51 mg/g; X=2.88 mg/g); hydrocarbons (0.018 to 0.179 mg/g; X=0.065 mg/g); O & F (0.69 to 0.306 mg/g; X=0.146 mg/g). Calcite (CaCO₃) was found to be of high content (97.97 to 99.80%; X= 99.02%), bearing a calcic incidence of marine and terrigenous grains with a prevalence of bioclastic skeletons. The reducing parameters showed similar characteristics and low contents: O₂ consumption (16.64 to 46.21 ppm; X=35.80 ppm); COD (5.31 to 17.38 mg/g; X=11.18 mg/g), and high permeability (H₂O: 20.08 to 30.26%; X=24.54%). The chloride ion revealed scant or null interference (1.91 to 7.74 mg/g; X=5.65 mg/g), thus indicating that sandy sediments here are permeable, of good environmental quality, and have a tendency towards organic fertility of low or null reducing index, characteristic of the hydrogeodynamics that typifies them.

Key words: sediment, metal content, Ensenada Grande del Obispo

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones oceanográficas y la hidrobiogeoquímica de las masas de agua y de los

sedimentos del litoral costero de mares y océanos han demostrado que estos son ecosistemas muy fértiles, que pueden albergar un gran potencial productivo biológico y orgánico si comparan con mar afuera. Esto se debe a

que son regiones de transición entre las zonas costeras de mares y océanos, los cuales están altamente influenciadas por la surgencia costera, que debido a su hidrodinámica contribuye al aporte exógeno de origen antropogénico, acumulando en ellos los materiales orgánicos e inorgánicos que son transportados por la escorrentía límnic continental, la pluviométrica y la hidrodinámica costera. Hidrobiogeoquímicamente esto se complementa con abundantes especies químicas de diverso origen, ricos en nutrientes nitrogenados, fosforados, orgánicos e inorgánicos que favorecen la regeneración de los mismos desde el fondo hacia la columna de agua, caracterizándolos como un ecosistema de gran fertilidad biológica y orgánica (BONILLA *et al.*, 1994). En las áreas costeras los procesos hidrodinámicos se desarrollan con mayor rapidez y las características hidrográficas, hidroquímicas, biológicas y geoquímicas, se hallan afectadas por el aporte continental (agua-sedimento), por las precipitaciones pluviométricas, la acción eólica y las características topográficas y geomorfológicas del fondo marino.

Algunas características biogeoquímicas y fisicoquímicas de los sedimentos marinos pueden ayudar a comprender mejor el sistema de corrientes; el estado de la condición óxido-reductora imperante en el fondo; la densidad de población de la fauna bentónica; la actividad de los microorganismos y la naturaleza del depósito sedimentario. También, los sedimentos contienen acumulaciones de minerales detríticos y precipitados químicos, así como sustancias de origen orgánico de gran importancia económica (BONILLA & LIN 1979; BONILLA 1982, 1993).

La naturaleza, granulometría y características fisicoquímicas de los sedimentos de la plataforma continental son típicas para cada área del fondo oceánico. El origen de los sedimentos puede ser continental (terrágeno o antropogénico) o marino (antropogénico, organógeno o biogénico, hidrogénico o cosmogénico), predominando el material organógeno sobre el terrígeno en la parte más alejada del litoral en el mar abierto (CARABALLO 1968).

Otra razón de gran interés científico es que los sedimentos marinos actúan como “trampas”, acumulando grandes cantidades de metales pesados, facilitando la obtención de información de la fuente contaminante (GAMBOA *et al.*, 1986).

Uno de los aspectos importantes de la contaminación de los ambientes marinos costeros lo constituyen los metales pesados. Éstos, en los sedimentos litorales, representan la mayor parte de la materia inorgánica. El interés por éstos, es poder determinar el grado de contaminación o alteración a que han sido sometidos los ecosistemas acuáticos y por ello es que son ampliamente estudiados para conocer su origen, evolución, concentración y distribución. El Golfo de Cariaco representa una de las áreas más importantes en la producción pesquera de la región nororiental de Venezuela, formando parte de él, se encuentra el ecosistema Ensenada Grande del Obispo. Este es el más importante entrante geológico de la costa norte y conjuntamente con El Saco, constituyen las dos zonas de mayor impacto ecológico en su cuerpo de agua. Esto se debe a que estos ecosistemas están protegidos por cordones de manglares, por lo que representan viveros naturales que se transforman en zonas estratégicas para la protección de la fauna, especialmente para la cría de especies juveniles de importancia comercial (RUIZ 1992; DE GRADO 1997).

En la Ensenada Grande del Obispo se han realizado cultivos experimentales de ostiones y, en un futuro, podrán hacerse también desde el punto de vista piscícola con un fin comercial; ya que esta área tiene una ventaja topográfica para el cultivo pesquero debido a que es relativamente profunda, está protegida del oleaje y acordonada por manglares.

Se conocen algunos trabajos previos en el área de estudio realizados por BONILLA (1967), DE GRADO (1997) sobre aspectos de la ecología y bioquímica de *Crassostrea rhizophorae*. Otros como los de LÓPEZ & OKUDA (1968), OKUDA *et al.* (1968, 1978ab), BENÍTEZ & OKUDA (1985), BONILLA & LIN (1979), BONILLA (1982) y BONILLA *et al.* (1993, 1998), quienes investigaron sobre las características hidrobiológicas y geoquímicas del área, señalando el efecto del influjo antropogénico y del intercambio de las aguas entre el interior de los ecosistemas y el exterior.

Recientemente BONILLA *et al.* (1994), BONELLS (1996) y MARTÍNEZ (1996), han evaluado el efecto contaminante causado por el drenaje de afluentes exógenos y formación “*in situ*” de hidrocarburos petrogénicos tanto en la columna de agua como en los sedimentos del Golfo de Cariaco; así como también el aporte y la concentración

de los metales pesados en los sedimentos del golfo y la rada del Puerto Pesquero de Cumaná, lo que se puede considerar como un indicio de lo que sucede en los sedimentos de la Ensenada Grande del Obispo. Tomando en consideración que esta ensenada no se ha estudiado sistemáticamente desde la década de los 80, se hace necesario conocer su calidad y condiciones ambientales actuales que sirvan de línea base para el próximo avance industrial, científico y tecnológico, como lo es el futuro establecimiento de un puerto de aguas profundas y el posible asentamiento petrolero en su costa norte que puede traer como consecuencia negativa el deterioro paulatino del actual bioecosistema del Golfo de Cariaco con las consabidas consecuencias para la Ensenada Grande del Obispo.

ÁREA DE ESTUDIO

La Ensenada Grande del Obispo (Fig.1) está localizada en la parte centro occidental de la costa sur de la Península de Araya, a los 10° 34' y 10° 36' Lat. N; y a los 64° 01' y 64° 04' Long. W dentro del área del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Es un cuerpo de agua caracterizado por una depresión de forma aproximadamente rectangular, con su eje principal orientado en sentido NE -SO, de unos 4,82 km. que es la máxima extensión de la ensenada en dirección E - O; siendo su amplitud de 2,25 km en dirección N-S, tomando como límite la orilla de la cala El Destiladero, al norte, y la línea imaginaria que une las puntas El Infierno (O) y El Lance, al sur, su área total comprende $3,2 \times 10^6 \text{ m}^2$ y un volumen de agua de $37 \times 10^6 \text{ m}^3$. (OKUDA *et al.*, 1968, 1978; BONILLA *et al.*, 1998).

La entrada de la ensenada hacia el sur, de 60 m de profundidad, que la comunica con el Golfo de Cariaco, tiene una anchura de 0,5 km. Su profundidad es inferior a 30 metros y en su parte central oscilan de 20 a 25 metros para luego reducirse hacia la zona sublitoral. Las irregularidades geomorfológicas de sus fondos son tipificadas por su formación geológica de origen tectónico, ya que están constituidas por una serie de fallas transversales (CARABALLO 1973).

La libre comunicación al sur con las aguas del Golfo de Cariaco hace que el efecto antrópico de ellas se deje sentir en el cuerpo de agua de la ensenada con mayor intensidad durante la época seca de eventos de afloramiento. Durante la estación de lluvias es muy escasa

la escorrentía continental hacia esta ensenada, favoreciendo al cordón litoral donde se ubica en forma irregular el mangle rojo *Rhizophora mangle* (BONILLA *et al.*, 1998).

MATERIALES Y METODOS

Los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo, fueron tomados en 10 estaciones con una draga Diez Laffont de 0,02 m² de área, (Fig. 1), durante el Crucero Oceanográfico Hidrogeoquímico OQ-97 a bordo de la embarcación "Sagitario" de la empresa Alimentos Margarita.

Sedimento: El material sólido fresco se preservó en empaques plásticos y se refrigeró a 4°C hasta su análisis, en el laboratorio de geoquímica marina. La porción de sedimento para los análisis geoquímicos se secaron por 72 horas a -50°C en un liofilizador Virtis-Unitrap, modelo 10-100 y se pulverizaron mecánicamente en un mortero eléctrico Fisher.

ANÁLISIS GEOQUÍMICOS

ACEITES Y GRASAS E HIDROCARBUROS: Se determinaron por la técnica de extracción y cuantificación de mezclas complejas lipofílicas según CARIPOL (1980).

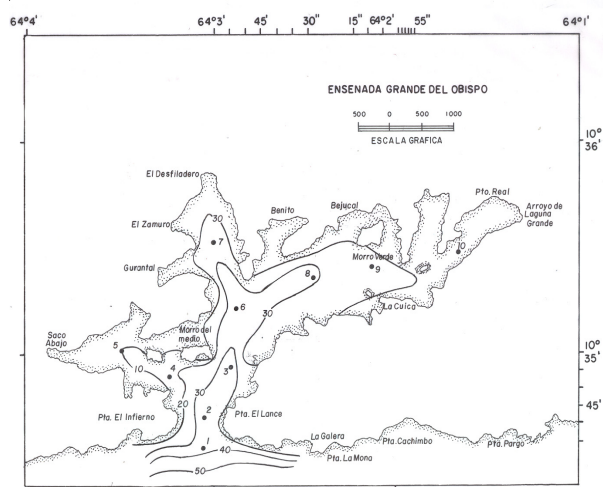


Figura 1.- Mapa de la Ensenada Grande del Obispo indicando las estaciones de recolección de los sedimentos superficiales y la batimetría.

AZUFRE: Se conoció el contenido del Azufre mediante la técnica de TOMIYAMA & KANSACKI (1951). Se pesaron de 0,2 a 2,0 g de sedimento fresco, se refluaron y destilaron mediante Kjeldahl y titulación yodométrica por retroceso, del exceso de yodo con tiosulfato de sodio 0,01N.

CONSUMO DE OXIGENO: Se detectó mediante la incubación de las muestras de sedimentos, durante 24 horas, usando el método de Winkler, según BONILLA & LIN (1979).

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (D Q O): Se determinó por la metodología descrita para aguas en APHA-AWWA-WPCF (1992). Adaptada al sedimento, según guía práctica de análisis de D Q O (BONILLA & MÁRQUEZ, com. pers).

RAZON DQO/S: Mediante el cociente entre los valores de DQO y el azufre.

CARBONATO DE CALCIO: Se tomó como el índice de la concentración de carbonato, mediante la pérdida de masa, tratando las muestras de sedimento con HCL 6 mol/l, hasta que este no presente mas efervescencia por efecto del CO₂ (BARNES 1959).

PERMEABILIDAD: El contenido hídrico nos confirma el grado de permeabilidad del sedimento, se cuantificó por liofilización, secando los sedimentos frescos a -50°C durante 72 h (BONILLA & GONZÁLEZ 1992).

ION CLORURO: Se determinó potenciométricamente mediante el uso de electrodos selectivos. Se extrae el contenido de los cloruros de 0,5g de sedimento en tubo de ensayo con 20ml de agua químicamente pura, mediante agitación mecánica por 5 minutos. Se centrifuga y filtra en balón aforado de 100 ml, tomándose una alícuota de 5ml para la medición de los cloruros (mg/l).

METALES TRAZAS: Los metales pesados se cuantificaron utilizando la técnica de CARMODY *et al.* (1973), descrita por GAMBOA & BONILLA (1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CALIDAD DE LOS SEDIMENTOS

En general se puede considerar como un sedimento costero saludable, ambientalmente, aquel que representa una condición de equilibrio hidrobiogeológico y geoquímico en relación con la hidrodinámica y geodinámica que rige para cada sistema, que presenta una condición natural de elevada fertilidad biológica y orgánica. Esta condición de equilibrio biótico y abiótico se rompe en los sedimentos por el drenaje de escorrentías incontrolladas de diversos afluentes exógenos de origen antrópico a los ecosistema del litoral costero de mares y océanos como una consecuencia de la tecnología del modernismo actual, que conlleva a un desequilibrio en la calidad y condición ambiental de los cuerpos de agua y sedimentos hasta degradarlos (MOGOLLÓN *et al.*, 1989; BONILLA 1993; BONILLA & GONZÁLEZ 1992 y ARANDA 1999).

ACEITES Y GRASAS

En la Fig. 2A se representa mediante isolíneas la distribución horizontal del contenido de aceites y grasas en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo. Se aprecian focos concéntricos de incidencia antropogénica, tanto en la región de la boca (Ests. 1 y 2) como en la cala El Destiladero (Est. 7) donde la isolínea de 30 ppm divide al ecosistema en dos áreas bien definidas, la de altas concentraciones en la región de la boca al sur Est. 1 (33,13 ppm) y Est. 2 (30,29 ppm) y al norte en la cala El Destiladero (Est. 7; 58,69 ppm); y los más bajos valores en aproximadamente el 80% del ecosistema. La concentración de aceites y grasas fluctúa entre valores de 6,36 ppm (Est. 4) a 58,69 ppm (Est. 7) con una media de 20,18 ppm (Tabla 1) en este ecosistema, se puede inferir que las fuentes de origen de estos contaminantes son exógenas de tipo antropogénico divergente, caracterizando los valores de aceites y grasas de la entrada (boca del ecosistema) por el influjo mediante el transporte de diversos contaminantes, debido al efecto de la hidrodinámica típica del Golfo de Cariaco. Los valores de aceites y grasas del litoral norte son debidos a la penetración de la escorrentía continental, aunado a la afectación por transporte de embarcaciones de la pesca artesanal.

En la variación estacional (Fig. 2B), se corrobora lo expresado anteriormente; es decir la concentración de este parámetro tiende a la regularidad en su fluctuación, destacándose que en las Ests. 1 y 2 se encuentran valores que pueden ser considerados como elevados (Tabla 1) si se comparan con el resto de las estaciones, excepto en la

Est. 7 que fue donde se encontró la mayor concentración. Y el valor más bajo se detectó en la Est. 4, siendo comparable al de las Ests. 3 y 5. Se puede considerar que las altas concentraciones de aceites y grasas en estos sedimentos son de origen exógeno antropogénico, mediante la influencia de las aguas del Golfo de Cariaco.

HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos son el grupo más estable dentro de las moléculas orgánicas en sedimentos recientes y pueden persistir por largo período de tiempo geológico. En general, los sedimentos son capaces de acumular hidrocarburos y algunos pueden preservarlos o dispersarlos después de la biodegradación de la materia orgánica por los microorganismos marinos especialmente las bacterias, o de los mecanismos geoquímicos "in situ", como la óxido-reducción química y la polimerización. Estos hidrocarburos pueden provenir de diferentes orígenes (biogénico o antropogénico) en el medio ambiente, (FARINGTON *et al.*, 1977; BONILLA 1982). La contaminación persistente por productos tóxicos produce la desaparición gradual de peces y mariscos y/o merma en la productividad del ecosistema, creando condiciones adversas para la reproducción y cría de especies juveniles de importancia comercial. En este sentido, el incremento de productos químicos, como hidrocarburos en estos ambientes de circulación restringida, puede a muy corto plazo impactar al ambiente de la ensenada reduciendo el número de especies, y causando efectos impredecibles, (CEDEÑO & BONILLA 1992).

En la Fig. 2C se observa la distribución por isolíneas del contenido de hidrocarburos alifáticos en los sedimentos superficiales de la EGO. Se aprecia que la concentración de hidrocarburos es de incidencia antropogénica con dos focos concéntricos de contaminación. Uno se encuentra en la región oriental del ecosistema (Ests. 9 y 10) e indica que la fuente de influencia exógena es del continente y es aportada por la escorrentía línica hacia el ecosistema, siendo los sedimentos en esta zona de granos finos con tendencia a la impermeabilidad y características prevalecientes de arenas-finas-arcillosas, los cuales retienen mayor cantidad de materia orgánica y por ende mayor contenido de hidrocarburos. Mientras que el otro foco contaminante se ubica en el canal de la región central, lo que indica que la fuente de influencia degradante también es exógena

de origen antropogénico proveniente de la costa sur del Golfo de Cariaco, la cual es transportada y depositada por el efecto que ejerce la hidrodinámica del mismo sobre la ensenada. A esto se le suma el hecho de que los sedimentos en esta zona son principalmente arenas gruesas altamente permeables, pobres en materia orgánica de origen biogénico.

La Fig. 2D muestra la distribución por estaciones del contenido de hidrocarburos alifáticos en los sedimentos del ecosistema en estudio. En general la concentración de hidrocarburos alifáticos es elevada en los sedimentos superficiales de la EGO, fluctuando entre 35,35 $\mu\text{g/g}$ (Est. 8) y 829,17 $\mu\text{g/g}$ (Est. 3) con una media de 253,0 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 1). Se encontró una concentración cercana al máximo de 775,0 $\mu\text{g/g}$ en la Est. 9. Estas concentraciones elevadas se localizan en la Est. 3, que representa la región central de mayor influjo antrópico del Golfo de Cariaco y la Est. 9, la cual pertenece a la región oriental del ecosistema con aporte exógeno de escorrentía continental. Estos altos valores de

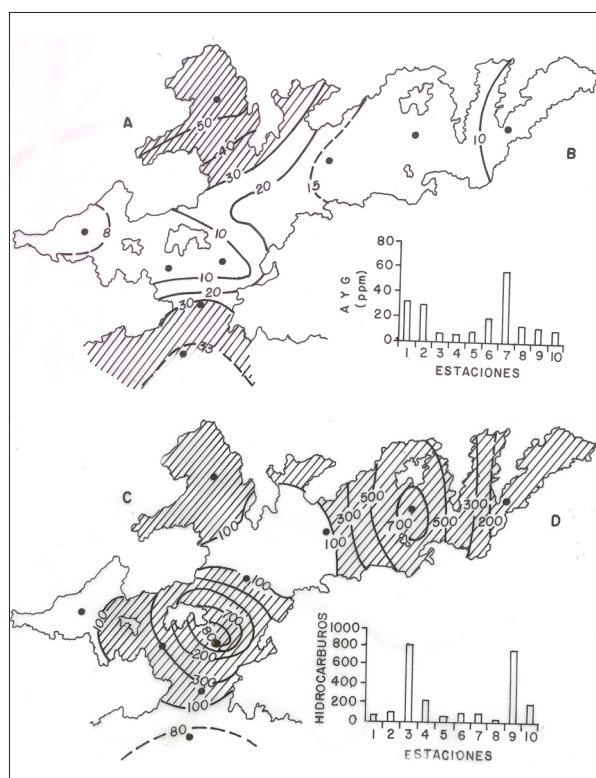


Figura 2.- Distribución horizontal (A y C) del contenido de los aceites y grasas (ppm) e hidrocarburos (mg/g) y por estaciones (B y D) en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

hidrocarburos están confirmando el efecto degradante mediante hidrocarburos petrogénicos.

MATERIA INORGANICA

La condición ambiental y la calidad de un sedimento se puede estimar por el control del efecto contaminante causado por el aporte de material orgánico e inorgánico de origen antrópico, a los ecosistemas marinos costeros.

PARÁMETROS REDUCTORES

Los sedimentos marinos, catalogados como reductores, de lagunas, golfos, ensenadas, bahías, estuarios, etc., se caracterizan mediante los índices de consumo de oxígeno, demanda química de oxígeno y azufre, permitiendo estimar su degradación y los índices de contaminantes, encontrándose los valores más altos en los ecosistemas donde los sedimentos contienen la menor cantidad de CaCO_3 y valores elevados de materia orgánica (BONILLA & LIN 1979; BONILLA & GONZÁLEZ 1992; BONILLA 1993; FUENTES *et al.*, 1997; ARANDA 1999).

Durante la oxidación de la materia orgánica y la sulfato reducción de los sedimentos, se libera H_2S , provocando el agotamiento total del oxígeno, acompañado de un aumento de las condiciones reductoras (ROMANKEVICH 1984) y de un enriquecimiento orgánico, en los sedimentos de textura fina, limo-arcillosa (BONILLA 1993; BONILLA *et al.*, 1995; GONZÁLEZ 1995).

AZUFRE

El contenido de azufre evidencia el grado de intensidad abiótica mediante la descomposición de la materia orgánica por acción de bacterias sulfato reductoras, produciéndose sulfuro de hidrógeno por utilización de la energía potencial del oxígeno combinado. La formación de azufre es esencialmente biogénica, controlada por estas bacterias sulfato reductoras y por la calidad y cantidad de materia orgánica que se deposita en los ambientes anóxicos del agua y de los sedimentos.



Diferentes especies químicas pueden ser encontradas en ambientes óxicos y anóxicos, las más importantes son: SO_4^{2-} , HS^- , S^{2-} y S_2^{2-} , ya que afectan la química de los metales trazas (SADIQ 1992).

La distribución horizontal del contenido de azufre es de tendencia uniforme y se representa en la Fig. 3A, con un sentido algo diferente a la del consumo de oxígeno, donde la isolínea de 0,30‰ delimita al ecosistema en dos regiones, la de altos valores desde la boca, en un canal direccional de distribución hacia la parte centro-sur y norte donde las concentraciones sufren una leve disminución. El resto del sistema está caracterizado por valores menores de 0,30‰, ubicados en la región oeste (cala El Saco), región norte (cala El Destiladero) y la región oriental hasta la cala Puerto Real, excepto en el área de su boca, lo que está indicando una mayor incidencia antrópica proveniente del Golfo de Cariaco. Esto quiere decir que las pequeñas cantidades de azufre contenidas en los sedimentos de esta ensenada no son de origen biogénico natural, sino de origen exógeno antropogénico.

La variación estacional del azufre (Fig. 3B), señala una distribución irregular, con una relativa disminución desde la Est. 1 (1,057‰) hasta la parte más interna en el oriente, Est. 10 (0,146‰), fluctuando entre 0,143‰ (Est. 9) y 1,057‰ (Est. 1) con un valor promedio de 0,355‰ (Tabla 1). Esto está indicando que a pesar del constante influjo de material degradante exógeno de origen antropogénico, el contenido de azufre no es muy alto si se compara con sistemas lagunares caracterizados por poseer sedimentos finos limo-arcillosos y de altísimo contenido orgánico; sin embargo, en el ecosistema en estudio, los sedimentos son arenas medias y arenas-finas-arcillosas de bajo contenido orgánico, además su hidrogeodinámica ejerce una depuración que regula los mecanismos abióticos. Este bajo contenido de azufre también está confirmando el lavado del material sedimentario causado por la influencia de la hidrodinámica del Golfo de Cariaco, la cual afecta directamente a esta ensenada; sin embargo el contenido de azufre en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo se puede considerar como relativamente alto (0,355‰) si se compara con los valores reportados por BONILLA (1977) en los sedimentos del Golfo de Paria, los cuales oscilan entre 0,020‰ y 0,260‰, a pesar de que estos sedimentos son lodos de color gris-negro-verdoso a gris-marrón; lo cual confirma que la concentración de azufre en los sedimentos del Golfo de Paria es de origen biogénico, relacionada directamente con el tipo de grano fino (lodo) prevaleciente; sin embargo las altas concentraciones encontradas en la ensenada, se deben principalmente al

influjo de origen antropogénico que afecta a esta zona.

De acuerdo al contenido de azufre, los sedimentos pueden considerarse como moderadamente reductores, siendo sus valores más bajos al valor promedio de 0,437‰ reportado por FUENTES (1998) para los sedimentos de la Laguna de Chacopata, caracterizados como de relativa acción reductora; Igualmente al valor de 0,588‰ en los sedimentos de la Bahía de Bergantín y de 0,634‰ en los sedimentos de la Bahía de Barcelona, reportado por BONILLA *et al.* (1986) y considerados como sedimentos de moderado poder reductor. También los valores de azufre en los sedimentos de la ensenada son inferiores al valor promedio de 23,39‰ (Tabla 3) para los sedimentos del Puerto Pesquero de Cumaná reportado por GONZÁLEZ (1995) y al de 6,42‰ obtenido por BONILLA & GONZÁLEZ (1992) en los sedimentos de la Laguna de Píritu, catalogados como ecosistemas altamente reductores y son comparables a los reportados por BONILLA & GARCÍA (1975) para la Laguna de Campoma (0,557 a 2,41‰) y al obtenido por BONILLA & OKUDA (1971) para la Laguna de Las Marites (0,380‰), los cuales indican cierta condición reductora de los sedimentos.

CONSUMO DE OXÍGENO

El contenido de oxígeno en los sedimentos marinos puede ser alterado por diferentes procesos bióticos y

abióticos, siendo el de mayor relevancia el proceso abiótico de descomposición de la materia orgánica. Esto se debe a la acción bacteriana de microorganismos sobre el material fresco, los cuales utilizan como fuente potencial el oxígeno y la energía química producida en el mecanismo de mineralización para su metabolismo.

La Fig. 3C muestra la distribución espacial del consumo de oxígeno en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo. La concentración fluctúa entre 194,89 ppm (Est. 6) y 396,97 ppm (Est. 1) con una media de 271,98 ppm (Tabla 1). Se aprecia que la isolínea de 250 ppm separa al ecosistema en dos regiones bien definidas de alta incidencia reductora, la de bajos valores ubicados con dirección hacia la parte central-este donde los sedimentos son de tipo arenoso, con un moderado contenido de CaCO_3 . Las altas concentraciones se encuentran en el resto del ecosistema desde la boca hacia el oeste (cala El Saco), al norte (cala El Destiladero) y en la región más oriental (cala Puerto Real), con tendencia similar a la evolución de A y G, tipificados por sedimentos de arenas finas de contenido orgánico y bajos valores de CaCO_3 , excepto en la región de la boca hacia el oeste.

Los altos valores de consumo de oxígeno sugieren la posible incidencia de materia orgánica de origen antropogénico que afecta a los sedimentos y los caracteriza como reductores, además del tipo de grano

TABLA 1. Contenido de aceites y grasas, hidrocarburos, parámetros reductores, carbonato, contenido hídrico y cloruros en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

Est.	A y G ppm	HC mg/g	Azufre ‰	Con. O ₂ ppm	DQO mg/g	Razón DQO/S	CaCO ₃ %	H ₂ O %	Cloruro mg/g
1	33,13	78,90	1,057	396,97	32,59	30,8	58,64	32,85	77,39
2	30,29	109,92	0,501	335,28	45,21	90,2	61,20	33,28	50,79
3	7,04	829,17	0,366	200,42	29,39	80,3	7,54	31,41	59,08
4	6,36	230,90	0,413	236,62	19,94	48,3	55,35	31,49	52,59
5	8,74	58,77	0,176	291,99	29,18	165,8	53,81	37,11	43,68
6	19,97	97,93	0,241	194,89	67,01	278,1	21,67	37,40	32,90
7	58,69	100,73	0,186	326,69	54,62	293,7	19,56	36,38	56,24
8	14,02	35,34	0,324	229,88	38,09	117,6	8,89	31,03	40,41
9	13,33	775,0	0,143	226,75	18,59	130,0	50,08	32,77	51,15
10	10,28	210,0	0,146	280,32	35,75	250,0	18,56	35,28	41,16
Máx.	33,13	829,17	1,057	396,97	67,01	293,7	61,20	37,40	77,39
Min.	6,36	35,35	0,143	194,89	18,59	30,8	7,54	31,03	32,90
X	20,18	253,0	0,355	271,98	37,04	148,5	35,53	33,90	50,54
Ds	16,43	211,01	0,307	66,04	15,09	85,0	22,01	2,44	12,38

arenoso fino que se encuentra en estas regiones de la ensenada, donde hay materia orgánica, controlado por la geoquímica, debido al mayor requerimiento de oxígeno por estos sedimentos para llevar a efecto los procesos abióticos de la descomposición de dicha materia orgánica aunado a la abundante flora y fauna de estas zonas que aportan una considerable cantidad de materia orgánica.

La variación por estaciones (Fig. 3D) señala una tendencia irregular. Es interesante resaltar que el consumo de oxígeno por los sedimentos en este ecosistema en general es alto, lo que está indicando el gran aporte de material orgánico exógeno de diversas fuentes de origen antropogénico hacia este ecosistema, como lo reflejaron también las especies nitrogenadas, debido al efecto de la hidrodinámica del Golfo de Cariaco sobre la Ensenada Grande del Obispo.

El consumo de oxígeno por los sedimentos de este ecosistema es moderadamente alto (271,98 ppm) si se compara con los reportados en la Tabla 3, por FUENTES

et al. (1997) y FUENTES (1998) para los sedimentos de la Laguna de Chacopata (132,99 ppm); BONILLA & GONZÁLEZ (1992) en los sedimentos de la Laguna de Píritu (92,78 - 319,94 ppm) e inferior según BONILLA *et al.* (1986) para la Bahía de Barcelona (319,97 ppm) y Puerto Pesquero de Cumaná (990,50 ppm) de acuerdo a GONZÁLEZ (1995), caracterizados como ecosistemas de alta acción reductora. Sin embargo los valores de consumo de oxígeno para la Ensenada Grande son elevados si se comparan con los reportados por BONILLA & OKUDA (1971) en los sedimentos superficiales de la Laguna de Las Marites de 81,8 ppm y los obtenidos por BONILLA & GARCÍA (1975) en la Laguna de Campoma de 183,85 ppm, caracterizados como sedimentos de bajo poder reductor. El poder reductor que caracteriza a estos sedimentos de la ensenada, confirma el efecto del drenaje antrópico exógeno tipificado por la hidrogeodinámica que regula al ecosistema.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La demanda química de oxígeno, al igual que el consumo de oxígeno y el azufre, es un parámetro que indica la capacidad reductora de los sedimentos de un ecosistema y puede ayudar a comprender el estado de deterioro, y determina la condición y la calidad del sedimento de un ecosistema.

En la Fig. 4A se muestra la concentración de la DQO en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo. Sus valores oscilan entre 18,59 µg/g (Est. 9) y 67,01 µg/g (Est.6) con un valor medio de 37,04 µg/g (Tabla 2). El comportamiento de la distribución espacial de este parámetro es divergente al del consumo de oxígeno y con cierta similitud al de azufre. Se aprecia un leve incremento desde la zona sur en el área de la boca hacia la región centro-norte (cala El Destiladero) y en la región más oriental del ecosistema (cala Puerto Real), siendo la isolínea de 30 µg/g la que señala este incremento. Los relativos bajos valores están ubicados hacia el oeste (cala Saco Abajo) y en una parte de la región oriental. En el área de la boca se encuentran los más altos valores de consumo de oxígeno, azufre y DQO, lo que corrobora una vez más el aporte de afluentes exógenos de origen antropogénico hacia la ensenada, producto de la hidrodinámica del Golfo de Cariaco. En líneas generales, el área que se caracteriza por poseer sedimentos de textura arenosa de grano grueso, tiene cantidades más altas de DQO y azufre, lo que evidencia el fenómeno anterior.

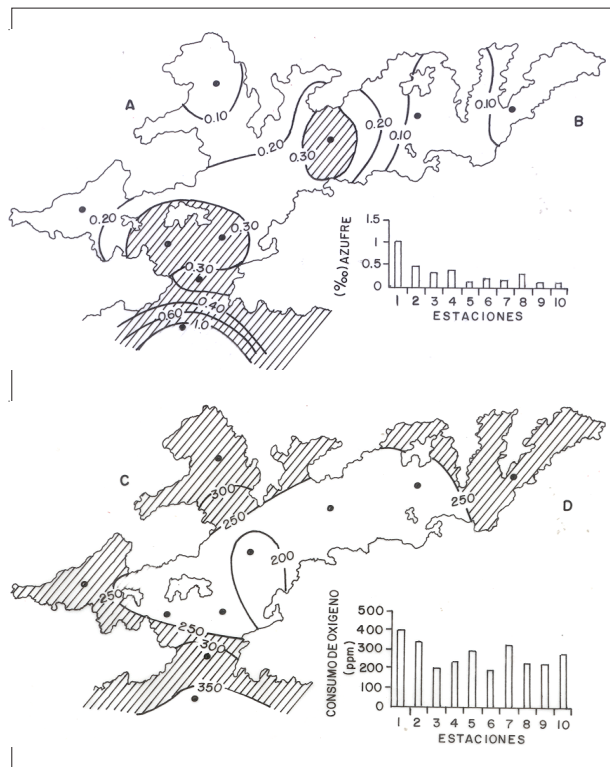


Figura 3.- Evolución horizontal (A y C) del contenido de azufre (%) y consumo de oxígeno (ppm) y por estaciones (B y D) en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

La Fig. 4B, muestra la variación por estaciones de la DQO en los sedimentos del ecosistema en estudio. Como se puede observar la distribución tiende a la irregularidad, con valores relativamente altos, indicativos de sedimentos de moderada acción reductora, manifestando una relevante productividad primaria autóctona.

Según la Tabla 3 valores inferiores de DQO han sido reportados por FUENTES *et al.* (1997) de 27,37 $\mu\text{g/g}$ para los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata.

RAZON DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO Y AZUFRE (DQO/S)

La razón DQO/S en los sedimentos superficiales de la EGO, fluctúa entre 30,8 (Est. 1) a 293,7 (Est. 7) con una media de 148,5 (Tabla 1), valores que pueden ser considerados como altos en el cuerpo de la ensenada (Ests. 5 a 10 y relativamente bajas de las Ests. 1 a 4), corroborando el efecto de la influencia antrópica del Golfo de Cariaco, ubicándose la menor razón en la Est. 1 (30,8), de alto contenido de azufre (1,06%) y moderado DQO (32,59 $\mu\text{g/g}$), lo que caracteriza a estos sedimentos como de poder reductor.

Las Fig.4 (C y D), con la distribución horizontal y por estaciones, confirman lo expresado antes donde la isolínea de 100 cuantifica la capacidad reductora de altas

razones DQO/S en el 80% del ecosistema de menor incidencia reductora que las isolíneas que reflejan los menores índices ubicadas desde la boca al canal central, de mayor penetración antrópica y relativo poder reductor. Similar fenómeno reportaron FUENTES *et al.* (1997) en los sedimentos de la Laguna de Chacopata de altos valores de las razones DQO/S (44,5–1066,0) indicando bajo poder reductor del sedimento, en comparación con la baja razón DQO/S 13,1 en sedimentos de la Laguna de Píritu (BONILLA & GONZÁLEZ 1992), caracterizados como sedimentos altamente reductores.

CARBONATO DE CALCIO

La calcita es la más estable, la aragonita se forma en el agua o en los sedimentos y se transforma gradualmente a calcita. La distribución de la calcita está controlada,

TABLA 2. Caracterización de la materia inorgánica en base al contenido de metales trazas ($\mu\text{g/g}$) esenciales y potencialmente tóxicos en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

Est.	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Ni	Cr	Pb
1	90,61	43,89	5,38	63,76	0,56	16,06	38,84	16,73
2	99,63	45,89	6,56	55,28	0,76	12,14	31,51	26,26
3	45,17	43,61	5,64	38,74	0,37	12,34	19,62	29,53
4	56,51	46,46	17,76	34,72	0,35	11,78	16,71	49,78
5	80,82	86,12	63,92	41,46	0,18	11,93	12,16	32,35
6	179,51	43,50	6,28	33,12	0,68	18,57	15,99	9,83
7	123,21	45,78	5,48	25,98	0,10	11,88	5,54	3,80
8	98,60	61,90	7,62	71,08	0,28	12,44	21,22	7,91
9	40,92	46,52	7,60	25,18	0,09	13,82	12,84	4,76
10	135,87	30,07	26,76	68,04	0,12	40,56	25,24	9,11
Máx	179,51	86,12	63,92	71,08	0,76	40,56	38,84	49,78
Mín	40,92	30,07	5,38	25,18	0,09	11,78	5,54	3,80
X	95,09	49,37	15,30	45,74	0,35	16,15	19,97	19,01
Ds	51,63	14,98	18,09	17,37	0,24	8,86	9,80	15,03

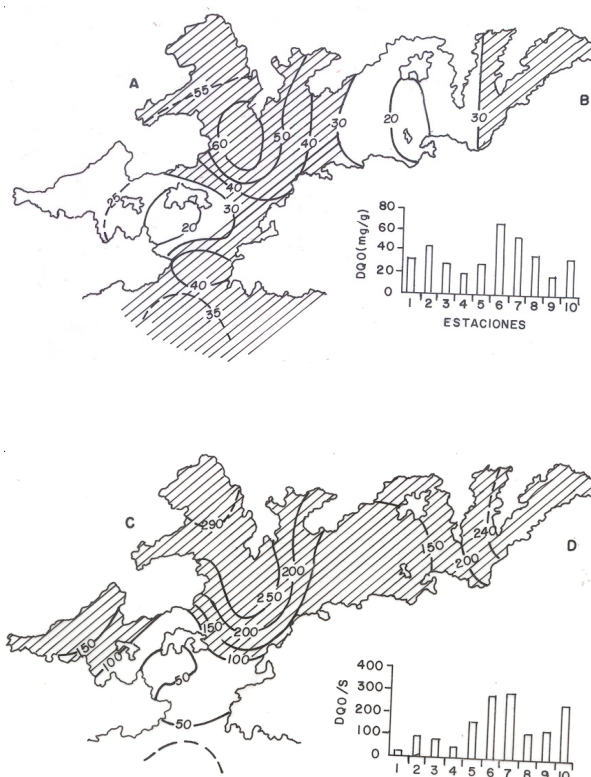


Figura 4.- Distribución espacial (A y C) de la demanda química de oxígeno (mg/g), la relación de la DQO y azufre, por estaciones (B y D) en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

tanto en los sedimentos como en el agua del mar, por la velocidad de formación del CaCO_3 y su fijación en el agua, adhesión con otros compuestos no cálcicos, grado de saturación, cambios día genéticos y la vecindad de la capa béntica.

En la Fig. 5A, se aprecia la evolución espacial del contenido de CaCO_3 en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo, representado por las isolíneas de distribución, en las cuales la de 20% demarca al ecosistema en dos áreas bien definidas; una de mayor incidencia calcarenítica desde el sur en la región de la boca (Ests. 1 y 2) hacia la región oeste (Ests. 4 y 5) y en dirección hacia el sector centro y el oriental (Est. 9), caracterizados por un bajo contenido de carbono orgánico y unas concentraciones moderadas de fósforo total. La región de bajos valores está representada por las isolíneas menores que 20% de CaCO_3 , encontrándose ubicadas desde la región sur-central a norte (Ests. 3, 7 y 8) y en la parte más oriental del ecosistema (Est. 10). Estos bajos valores se corresponden con la mayor incidencia del carbono orgánico y a la vez confirman que estos sedimentos son típicamente calcareníticos con una deposición bioclástica, lo cual se corrobora con el tipo de grano prevaleciente en este ecosistema, coincidiendo con una relativa alta concentración de fósforo.

La Fig.5B, muestra la distribución por estaciones de dicho parámetro, la cual se presenta irregular a las especies químicas orgánicas (N-org y C-org), ya que están en relación indirecta, pero directa con el tipo de grano arenoso prevaleciente en el ecosistema. El contenido de CaCO_3 fluctúa entre 7,54% (Est. 3) y 61,20% (Est. 2) con un valor medio de 35,53% (Tabla 2A), principalmente se encuentran los altos valores en la entrada de la ensenada. Se pueden destacar valores comparables al valor máximo en la Est. 1 (58,64%), Est. 4 (55,35%), Est. 5 (53,81%) y Est. 9 (50,08%), lo cual caracteriza a los sedimentos de origen biogénico, tipificándolos de mayor incidencia calcarenítica, indicando una tendencia a la permeabilidad.

El valor promedio de CaCO_3 (35,53%) obtenido para los sedimentos de esta ensenada es comparable al reportado para los sedimentos de: Guanta–Pertigalete (31,77%); Bahía de Bergantín (34,73%); Bahía de Pozuelos (33,18%) por BONILLA *et al.* (1986), siendo mayor que el obtenido por SALAZAR *et al.* (1986) para los sedimentos de la Laguna de Las Marites, el cual es de 24,3%, siendo

éstos de textura arenosa del tipo calcarenítico. También son los valores de CaCO_3 superiores a los reportados por BONILLA *et al.* (1986) para sedimentos de Puerto La Cruz (28,33%) y Bahía de Barcelona (20,32%). Mientras que para los sedimentos de la Laguna de Chacopata, según FUENTES *et al.* (1997), el contenido de CaCO_3 es más alto (45,64%), indicando homogeneidad en el cuerpo de la laguna.

Los altos valores de CaCO_3 obtenidos en los sedimentos superficiales de la EGO, están indicando la capacidad de adsorción y retención de fósforo, como lo confirman sus concentraciones (SADIQ 1992). Aunado a la influencia del aporte antrópico, a pesar de ser sedimentos de textura arenosa, con deposición de tendencia clástica y bioclástica.

CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido hídrico en los sedimentos marinos, lacustres y costeros, indica el grado de permeabilidad de estos y guarda relación con su composición granulométrica, tipo y textura del grano predominante.

La Fig. 5C muestra la distribución por isolínea del contenido hídrico en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo, cuyos valores oscilan entre 31,03% (Est. 8) y 37,4% (Est. 6) con un valor medio de 33,90% (Tabla 2), señalando una homogeneidad hídrica en los sedimentos del cuerpo de la ensenada, de tendencia a la permeabilidad, como consecuencia de la granulometría prevaleciente. Se observa que la isolínea de 34% divide al ecosistema en dos regiones, la de valores moderadamente altos situados en la zona de las calas (Saco Abajo, Destiladero y Puerto Real), donde los sedimentos se caracterizan por ser de grano fino, tipificados por las arenas-finas-arcillosas, debido a que los valores hídricos no son tan elevados como para los sedimentos finos arcillosos. Mientras que en el resto del ecosistema donde los valores del contenido de humedad son un poco más bajos de 34%, los sedimentos son de grano grueso como las arenas. Esta distribución del contenido hídrico es similar a la de los aceites y grasas, consumo de oxígeno y diferente al CaCO_3 . De acuerdo a esta distribución los sedimentos superficiales de la EGO se caracterizan por tener una composición granulométrica de arenas medias a arenas-finas-arcillosas.

La variación por estaciones (Fig. 5D) corrobora el fenómeno expresado para la distribución por isolíneas. En líneas generales todo el cuerpo de la ensenada está representado por sedimentos de granos arenosos, pero encontrándose en algunas regiones sedimentos de granos arenosos medios a finos y en otras zonas los de arenas más gruesas. En las zonas de granos finos, es de esperarse encontrar mayor contenido de materia orgánica y metales trazas, ya que son parámetros químicos que se acumulan fácilmente en sedimentos finos.

Valores similares del contenido de humedad (30,88%) han sido reportados por FUENTES *et al.* (1998), para los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata, los cuales se han caracterizado como sedimentos arenarcillosos. Sin embargo, se han encontrado valores mucho más altos en los sedimentos de la Laguna de Unare de 56,0% reportado por BONILLA & CEDEÑO (1989); 54,0% en los sedimentos de la Laguna de Píritu por BONILLA & GONZÁLEZ (1992); 50,50% en los sedimentos de la Laguna de Tacarigua por BONILLA & CEDEÑO (1989); 51,60% para los sedimentos del Golfo de Cariaco por BONILLA & LIN (1979), los cuales corresponden a sedimentos de textura fina que los tipifica como altamente impermeables.

ION CLORURO

El cloro en la forma de ión cloruro (Cl⁻) es un parámetro que causa interferencia en la determinación de la concentración de carbono orgánico en los sedimentos marinos, por lo que es de vital importancia conocer el contenido de dicho parámetro.

El contenido de ión cloruro Fig. 6 (A y B) se representa espacialmente por la uniformidad evolutiva de las isolíneas de valores mayores de 40 µg/g que se ubican en el 95% del ecosistema, estando las menores concentraciones en el oeste (Est. 5) en el sur-este (Est. 6) y las isolíneas de alto contenido (mayor que 70 µg/g) en el área de la boca confirmando el efecto antrópico, que transporta hasta aquí material detrítico con altas concentraciones de Cl⁻. La concentración de ion Cl⁻ fluctúa entre 32,90 µg/g (Est. 6) y 77,39 µg/g (Est. 1) con un valor promedio de 50,54 µg/g (Tabla 2).

Estos valores de ion cloruro en los sedimentos de la ensenada se pueden considerar como relativamente altos, indicando un posible efecto a la fracción C-org y que el proceso de sedimentación tiene tendencia uniforme con incremento hacia el área de la boca.

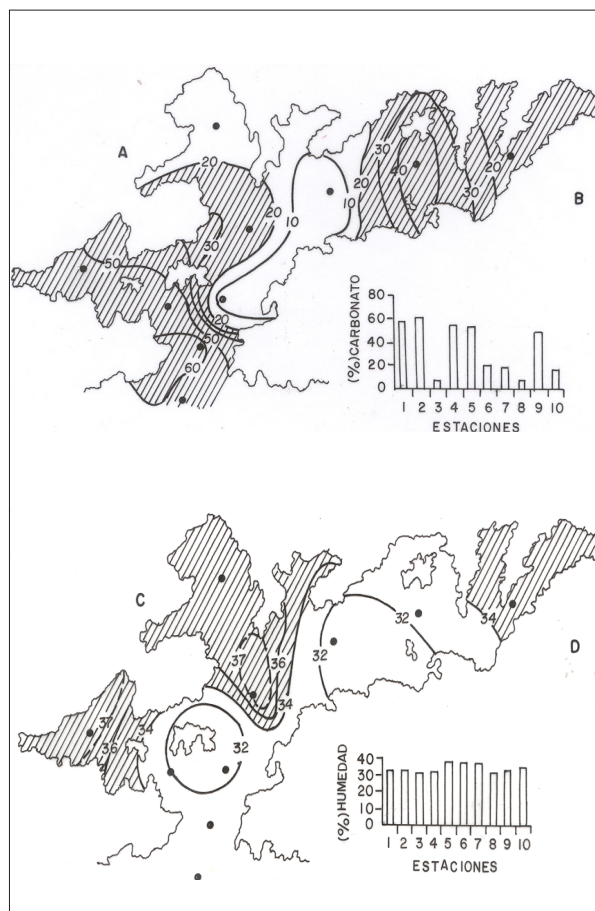


Figura 5.- Evolución horizontal (A y C) del contenido (%) del carbonato de calcio (CaCO₃), la permeabilidad (H₂O) y por estación (B y D) en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande de Obispo.

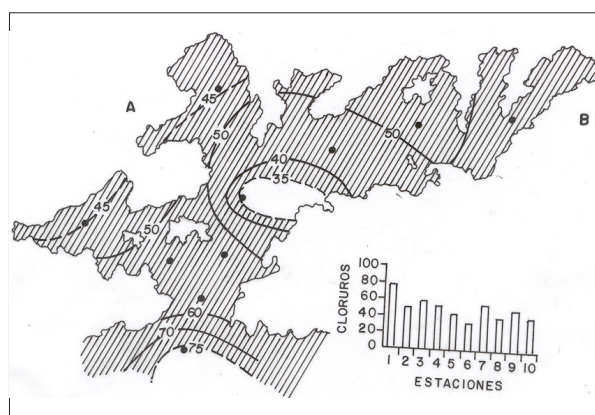


Figura 6.- Distribución espacial (A) y por estaciones (B) de los valores del ion cloruro en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

TABLA 3. Caracterización geoquímica de los sedimentos superficiales de algunos ecosistemas del oriente venezolano.

AREAS INVESTIGADAS	PARAMETROS REDUCTORES			METALES TRAZAS (µg/g)							
	Con. O ₂ (ppm)	S (‰)	DQO (mg/g)	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Ni	Cr	Pb
¹ No contaminado	-	-	-	-	1,1x10 ⁻³	10,0	110,0	1,0	10,0	20,0	5,0
² Contaminado	-	-	-	-	72,73	41,0	138,0	-	-	118,0	57,5
² Desembocadura Tuy	-	-	-	-	-	28,0	68,0	-	-	-	-
³ Jose	-	-	-	-	-	14,20	107,76	0,86	-	57,49	13,36
^{4,6} Bahía de Bergantín	74,31	0,588	-	-	-	11,96	92,83	2,39	27,44	25,17	21,86
^{5,6} Bahía de Pozuelos	138,93	0,278	-	-	-	9,25	90,05	-	11,68	-	-
^{5,6} Bahía de Pertigalete	60,79	0,344	-	-	-	8,37	118,12	-	20,42	-	-
^{5,6} Bahía de Guanta	-	-	-	-	-	16,46	120,29	-	25,07	-	-
^{5,6} Bahía de Barcelona	150,09	0,634	-	-	-	13,15	108,21	-	13,07	-	-
^{7,6} Laguna Píritu	100,27	0,252	-	-	-	5,68	91,76	-	32,75	-	-
⁸ Puerto pesquero	990,5	23,39	-	22411,21	97,32	72,38	275,93	1,11	24,04	38,80	66,77
⁹ Golfo de Paria	244,53	0,081	-	-	-	-	-	-	-	-	-
¹⁰ Cuenac Tuy orinoco	-	-	-	-	-	12,11	57,18	-	-	-	-
¹¹ Boca Serpientes	-	-	-	-	-	14,70	113,70	-	-	-	-
¹¹ Estuario Boca Grande	-	-	-	-	-	12,67	109,80	-	-	-	-
¹² Laguna de Chacopata	132,99	0,437	27,37	9120,0	24,84	4,32	14,90	0,23	5,43	20,38	8,66
¹³ Laguna Maritas	-	-	-	-	-	12,85	34,01	-	-	-	-
Esta investigación	271,98	0,355	37,04	95,09	49,37	15,30	45,74	0,35	16,15	19,97	19,01

¹ SADIQ 1992; ² MOGOLLÓN *et al.*, 1989; ³ BONILLA *et al.*, 1995; ⁴ UDO-CORPOVEN 1992; ⁵ GAMBOA *et al.*, 1986; ⁶ BONILLA *et al.*, 1986; ⁷ BONILLA & GONZÁLEZ 1992; ⁸ GONZÁLEZ 1995; ⁹ BONILLA 1997; ¹⁰ GAMBOA & BONILLA 1983; ¹¹ SALAZAR 1989; ¹² FUENTES 1998; ¹³ SALAZAR *et al.*, 1986.

METALES TRAZAS

Los metales trazas en los ecosistemas naturales oceánicos, marinos y lacustre, constituyen uno de los aspectos más importantes de la polución, ya que son la representación de la materia inorgánica antropocaa, la cual es considerada como esencial y tóxica dependiendo tanto de la especiación química del elemento traza como de su contenido (BONILLA *et al.*, 1995; ARANDA 1999).

Los metales que entran al mar como producto de las emisiones terrestres pueden disolverse en el agua o ser transportados y depositados directamente a los sedimentos marinos. La biota marina bioacumula metales

del agua de mar durante la degradación del material biogénico detrital y pueden absorberlos o liberarlos directamente a los sedimentos. De esta manera, hay un aumento considerable de la concentración de éstos a medida que pasa por cada nivel trófico de las cadenas alimenticias, con el subsecuente peligro para la salud del hombre como consumidor final (CLARK, 1975).

La actividad humana se considera como la principal fuente antrópica que introduce metales al ecosistema marino, como son los desechos municipales e industriales que llegan al mar por escorrentías límnicas, pluviométricas o vía atmosférica (BISHOP, 1983; BONILLA, 1993).

La distribución horizontal y por estaciones de los metales trazas Fe, Mn, Cr, Pb, Ni, Zn, Cu y Cd se muestran en las figuras 7 a la 10 y en la Tabla 2. De acuerdo a sus concentraciones estos metales se encuentran en los sedimentos superficiales de la ensenada Grande del Obispo en orden decreciente de la siguiente manera: Fe > Mn > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu > Cd. La reactividad y toxicidad de estos elementos, así como su impacto en la vida acuática varía de acuerdo a la especiación de cada metal.

HIERRO

El hierro, al igual que el manganeso y el cinc, se puede considerar como micro elemento metálico esencial, ya que es requerimiento de varios metal-proteínas, particularmente las metal-enzimas. El Fe es de menor concentración en el agua de mar, pero puede ser el de mayor concentración en el material suspendido y en los sedimentos marinos (SADIQ 1992).

El hierro en forma de compuestos químicos, está distribuido por todo el mundo y ocupa el cuarto lugar en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Es un metal esencial para la biota marina, ya que se constituye como elemento nutritivo para su metabolismo (SADIQ 1992). Los principales minerales de hierro son las hematitas, la goetita, la magnetita, la siderita y el hierro del pantano (limonita). Se utiliza principalmente en la industria de la fundición, el acero y la metalurgia.

La Fig.7A muestra cómo está distribuido horizontalmente el hierro en los sedimentos superficiales de la ensenada Grande del Obispo, el cual fluctúa entre 179,51 µg/g (Est. 6) y 40,92 µg/g (Est. 9) con un valor promedio de 95,09 µg/g (Tabla 2), siendo su evolución diferente a la de los otros metales. Como puede apreciarse, la isolínea de 80 µg/g divide al ecosistema en dos regiones; una de relativos bajos valores, comprendida entre la región central-sur-oeste (Est. 3 y 4) y en dirección a la región noreste, y la otra región más amplia representada por los valores altos de hierro en el ecosistema. Esta abarca la entrada del ecosistema Est. 1 (90,61 µg/g) y Est. 2 (99,63 µg/g), la cala Saco Abajo (Est. 5), gran parte de la región sur-centro-norte incluyendo la cala El Destiladero (Est. 7) y la región más oriental del ecosistema en la cala Puerto Real (Est. 10).

Los relativos bajos valores de hierro, se corresponden

con el tipo de grano grueso predominante en estas áreas del ecosistema y también a la baja tasa de sedimentación del material suspendido, lo cual puede ser producto de bajos valores de pH que disuelven la fase particulada del metal y por desorción vuelve a la columna de agua en forma iónica.

MARTÍN *et al.* (1993) indicaron que la remoción del hierro a bajas salinidades ocurre por la floculación y precipitación de los oxihidróxidos coloidales debidos a los cambios en el pH y la fuerza iónica. El comportamiento del hierro particulado está asociado al pH, sugiriendo que los procesos de adsorción, floculación o formación de coloides tienen influencia en los procesos de precipitación a pH mayores de 8, puesto que a valores menores, este elemento permanece en solución.

Las altas concentraciones de hierro, están indicando que favorecen los procesos de floculación, complejación y adsorción a pH mayores de 8, haciendo que el metal precipite hacia los sedimentos en forma de óxidos o hidróxidos. La concentración de este metal está en relación directa con los demás parámetros estudiados, especialmente con el tipo de grano arenoso-limoso-arcilloso presente en las calas (los sedimentos de grano fino son capaces de retener grandes cantidades de metales trazas), así como también, el alto consumo de oxígeno y demanda química de oxígeno en esas regiones.

En líneas generales, se puede apreciar que la ensenada es un ecosistema que posee una moderada fertilidad orgánica, a pesar del lavado o remoción del material orgánico, ya que el hierro es un elemento nutritivo esencial que sirve como alimento y no representa peligro para los organismos marinos.

En la Fig. 7B se observa la distribución por estaciones del hierro para el ecosistema en estudio. En esta se corrobora el fenómeno expresado para la Fig. 7A, donde las menores concentraciones se encuentran en las Est. 3 (45,17 µg/g), Est. 4 (56,51 µg/g) y Est. 9 (40,92 µg/g) y el elevado contenido en el resto de las estaciones bajo estudio. Esta evolución tiende a la irregularidad, confirmando la distribución heterogénea del hierro en todo el cuerpo de la ensenada.

Valores muy elevados de hierro (1481,50 ppm) han sido reportados por SALAZAR *et al.* (1986) para los

sedimentos de textura limosa de la Laguna de Las Marites, donde el intercambio de aguas es restringido por una barra arenosa, provocando el estancamiento de éstas; mientras que en la Ensenada Grande ocurre todo lo contrario, por la hidrodinámica que ejerce el lavado o remoción del material fino e impidiendo la rápida deposición del hierro.

También se reportaron valores de Fe (95,09 µg/g) más elevados, donde las concentraciones oscilaron entre 6189,18 µg/g para la costa sur, 21369,11 µg/g para el transecto central y 15249,09 µg/g en la costa norte en los sedimentos del Golfo de Cariaco (MARTÍNEZ 1996). Se aprecia en la costa sur los menores valores, aún siendo en esta zona donde se encuentran asentadas las industrias pesqueras, los astilleros de construcción naval, puertos pesqueros, etc.; lo que quiere decir que por efecto de la hidrodinámica del golfo el flujo antrópico con los metales (hierro) son transportados hacia el norte del golfo, afectando así directamente a la EGO.

MANGANESO

Es un elemento que se encuentra en muchas rocas y minerales, se considera esencial para los organismos marinos. Es altamente reactivo en ambientes acuáticos y presenta una alta capacidad de adsorción en forma de óxidos coloidales, lo cual contribuye en el comportamiento de otros elementos dentro de los estuarios (MORRIS & BALE 1979).

La Fig. 7C representa la distribución horizontal mediante isóneas del contenido de Mn en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo diferente a la del Fe. Las concentraciones de este metal oscilan entre 30,07 µg/g y 86,12 µg/g con un valor promedio de 49,37 µg/g (Tabla 2). Como se puede apreciar hay una división concéntrica por el contenido del metal Mn en el ecosistema mediante la isónea de 50 µg/g, observándose las relativas altas concentraciones en el oeste del ecosistema (cala Saco Abajo) y en la región sur-centro-norte, en el resto del cuerpo de la ensenada los valores son más bajos que los anteriores, haciendo que la concentración de Mn se aproxime ligeramente a la uniformidad.

En la Fig. 7D se observa la distribución por estaciones del Mn en los sedimentos del ecosistema en estudio, la cual tiende a la regularidad y corrobora lo expresado

anteriormente. Los bajos valores de Mn indican que se acentúa el proceso de lavado y remoción del material fino de elevado contenido orgánico, aunado a los procesos de dilución del metal que pueden estar ocurriendo en los sedimentos.

En el país no existen regulaciones en cuanto a la concentración máxima de metales en sedimentos contaminados; sin embargo, la comparación se realiza tomando en cuenta las regulaciones de la EPA (Environmental Protection Agency) de los Estados Unidos, quienes han realizado numerosas investigaciones en sedimentos que no son sometidos a influjos de origen antropogénico; es decir, que no están contaminados. Para esta investigación las comparaciones se realizaron con los valores publicados por la EPA y

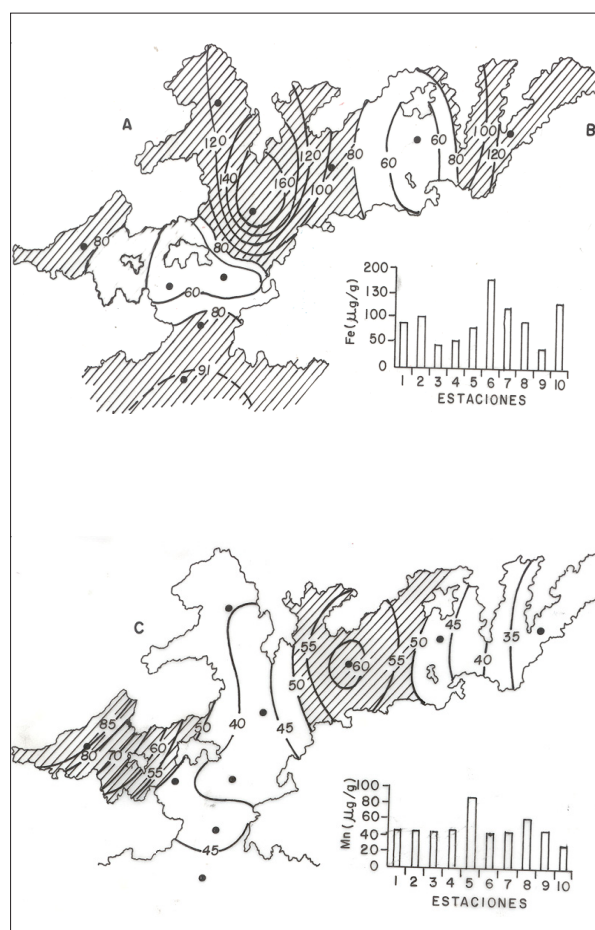


Figura 7.- Evolución horizontal (A y C) del contenido (µg/g) de hierro (Fe) y manganeso (Mn) y por estaciones (B y D) en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

reportados por SADIQ (1992) y se compararon con otros ecosistemas del nororiente venezolano (Tabla 3).

La concentración de manganeso para este ecosistema, es muchísimo menor que la reportada para sedimentos no contaminados ($1,1 \times 10^3 \mu\text{g/g}$) a pesar del influjo antrópico, lo que confirma una vez más la gran influencia que ejerce la hidrodinámica del Golfo de Cariaco, haciendo que gran parte de este metal sea removido o que sea de origen biogénico, debido a la presencia de manglares y el que proviene de la costa sur del golfo (antropogénico) no llega a sedimentarse en el fondo de la ensenada.

Concentraciones mayores de Mn, han sido reportadas por SALAZAR *et al.* (1986) de $95,57 \mu\text{g/g}$ para la Laguna de Las Marites; $123 \mu\text{g/g}$ para la Bahía de Barcelona por MOGOLLÓN *et al.* (1989) y $97,32 \mu\text{g/g}$ para los sedimentos del Puerto Pesquero de Cumaná, obtenido por GONZÁLEZ (1995); caracterizando a estos ecosistemas como de alto contenido orgánico, tipo de sedimentos finos y sobretodo en el Puerto Pesquero, con elevada capacidad reductora, bajo contenido de carbonatos indicando alto índice de incidencia contaminante.

En general, la concentración de Mn en los sedimentos superficiales de este ecosistema es menor que la del hierro y ambos son considerados como esenciales hasta cierto límite de concentración. Los procesos de corrosión que se efectúan en diferentes ambientes naturales producen óxidos de hierro y manganeso que pueden ser incorporados a los sedimentos como partículas detritales, por lo que se considera que el material litogénico es de suma importancia en los sedimentos marinos.

COBRE

El cobre frecuentemente se encuentra en aleación con otros metales como el oro, plata, bismuto y plomo, apareciendo en pequeñas partículas en rocas. Las principales fuentes del cobre son la calcopirita y la bornita, sulfuros mixtos de hierro y cobre. Tiene una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades, como son su elevada conductividad del calor y la electricidad, la resistencia a la corrosión, así como su maleabilidad y ductilidad; debido a esto su principal uso es en la industria eléctrica y mecánica.

La contaminación por metales pesados, como el cobre, puede afectar la fotosíntesis y desarrollo de las algas, así

como las primeras etapas de desarrollo de los animales marinos (huevos, larvas, etc.) pudiendo causar la muerte de los mismos (UNESCO 1976; ARANDA 1999).

El Cu entra al mar, vía afluentes domésticos e industriales, descargas atmosféricas, circunnavegación de diversos tipos de embarcaciones y luego es biodepositado y acumulado en los sedimentos, mediante los procesos biogeoquímicos (BONILLA *et al.*, 1995; BONILLA *et al.*, 2002).

La distribución por isolíneas del cobre (Fig. 8A) es divergente al de los demás metales pesados estudiados. Sus concentraciones fluctúan entre $5,38 \mu\text{g/g}$ y $63,92 \mu\text{g/g}$ con una media de $15,30 \mu\text{g/g}$ (Tabla 2). Este metal es considerado como esencial para los organismos marinos, pero cuando su concentración excede la de $10,0 \mu\text{g/g}$ para sedimentos no contaminados (SADIQ 1992), este metal comienza a ser perjudicial, ya que se convierte en tóxico (Tabla 3).

Como se puede observar la isolínea de $10,0 \mu\text{g/g}$ delimita al ecosistema en dos regiones, la de valores elevados en la zona oeste (cala Saco Abajo) y la este (cala Puerto Real), con valores hasta de $60 \mu\text{g/g}$, lo que demuestra una elevada acumulación de Cu en el área de la cala donde los sedimentos son de grano arena fina. La zona de menores valores se ubica desde el área de la boca hacia la cala El Destiladero (zona norte) y el área central donde los sedimentos son de grano grueso. La concentración de Cu se incrementa desde el área de la boca hacia las partes más internas, lo que confirma el origen exógeno antropogénico de dicho metal hacia los sedimentos de este ecosistema.

La variación por estaciones (Fig. 8B) muestra una tendencia irregular de la concentración de Cu en los sedimentos de la ensenada, lo cual corrobora el fenómeno expresado anteriormente. Cabe destacar que los elevados valores de Cu pueden ser de origen residual y/o no residual; en el primer caso el cobre forma parte de la estructura reticular de los componentes minerales de los sedimentos; mientras que en el segundo caso, el cobre se ha ido incorporando a los sedimentos de soluciones acuosas, por medio de diferentes procesos, tales como adsorción, complejación química e intercambio iónico.

La concentración de Cu en los sedimentos de la EGO, de $15,30 \mu\text{g/g}$ es comparable a la obtenida por MARTÍNEZ

(1996) de 17,99 $\mu\text{g/g}$ para los sedimentos superficiales de la costa norte del Golfo de Cariaco; a la de 15,16 $\mu\text{g/g}$ y 14,20 $\mu\text{g/g}$ en el área del Criogénico de Jose reportado por UDO-CORPOVEN (1992) y BONILLA *et al.* (1995) y 16,46 $\mu\text{g/g}$ en los sedimentos de la Bahía de Guanta, Bahía de Bergantín (11,96 $\mu\text{g/g}$); Bahía de Barcelona (13,15 $\mu\text{g/g}$), por GAMBOA *et al.* (1986) (Tabla 3). Valores inferiores de Cu han sido reportados por BONILLA & GONZÁLEZ (1992) de 5,68 $\mu\text{g/g}$ para los sedimentos de la Laguna de Píritu; 9,25 $\mu\text{g/g}$ en los sedimentos de la Bahía de Pozuelos y 8,37 $\mu\text{g/g}$ en los sedimentos Bahía de Pertigalete por GAMBOA *et al.* (1986); observándose concentraciones muy bajas en estos ecosistemas que se ven sometidos a los influjos exógenos provenientes de la industria petrolera y petroquímica, lo que llevaría a pensar que las concentraciones de Cu deberían ser mayores en estos ecosistemas que en la EGO, pero no es así, debido a que éstos son bioecosistemas que se encuentran en mar abierto donde la hidrodinámica ejerce un mayor lavado o remoción de los sedimentos, por lo que disminuye la concentración de cobre. No obstante, MOGOLLÓN *et al.* (1989) reporta valores de Cu de 42,0 $\mu\text{g/g}$ en los sedimentos de la Bahía de Barcelona y de 49,0 $\mu\text{g/g}$ en Pto. La Cruz-Pertigalete y para el área de las costas del Edo. Anzoátegui, valores de 41,0 $\mu\text{g/g}$ (UDO-CORPOVEN 1992), lo que indica un incremento contaminante por este metal con el tiempo.

CINC

El cinc no existe libre en la naturaleza, sino que se encuentra como óxido de cinc (ZnO) en el mineral cincita y como silicato de cinc ($2\text{ZnOSiO}_2\text{H}_2\text{O}$) en la hemimorfita. También se encuentra como carbonato de cinc (ZnCO_3) en el mineral esmitsonita, como óxido mixto de hierro y cinc ($\text{Zn}(\text{FeO}_2)\text{O}_2$) en la franklinita, y como sulfuro de cinc (ZnS) en la esfalerita, o blenda de cinc. El metal se usa principalmente como capa protectora o galvanizador para el hierro y el acero, como componente de distintas aleaciones, especialmente del latón y en la construcción.

La Fig. 8C muestra la distribución horizontal, mediante isolíneas, del contenido de Zn en los sedimentos superficiales del ecosistema Ensenada Grande del Obispo. Sus valores oscilan entre 71,08 $\mu\text{g/g}$ (Est. 8) y 25,18 $\mu\text{g/g}$ (Est. 9) con una media de 45,74 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 2), la cual está muy por debajo del valor de 110,0 $\mu\text{g/g}$ de cinc para sedimentos no contaminados (SADIQ 1992), lo que indica

que la ensenada no está contaminada por cinc; es decir, que hay un equilibrio en el ecosistema que puede ser debido a una mayor actividad biótica, ya que este es un metal esencial, tanto para la flora como para la fauna marina. Si su concentración excediera la de 110,0 $\mu\text{g/g}$, se podría inferir la probable degradación de la zona.

La isolínea de 50 $\mu\text{g/g}$ divide al ecosistema en dos regiones bien marcadas, una de altos valores que se ubican en el área de la boca al sur, en dirección de la región sur-centro-norte hacia la parte más oriental de la ensenada (cala Puerto Real); y la de relativos bajos valores ubicados desde la parte central hacia el occidente y norte del ecosistema.

Esta distribución por isolíneas es de tendencia similar a la de la MOT, N-org, Fe, Pb, Cr, pero diferente a la de Mn y Cu y demás parámetros investigados.

Por la tendencia concéntrica como se encuentran distribuidas las isolíneas, se aprecia un incremento focal en la concentración de Zn desde la entrada de la ensenada y bordeando la costa sur hasta llegar a depositarse en la región central hacia el extremo oriental. Esto permite inferir que estas concentraciones de cinc son principalmente de origen exógeno antropogénico, acarreadas y depositadas en el fondo de la ensenada por el efecto de la hidrodinámica del Golfo de Cariaco y la escorrentía continental; esto corrobora el hecho de que la mayor concentración se encuentra depositada en donde el sedimento es de tamaño de grano arena gruesa con una moderada concentración de materia orgánica total. Sin embargo, las altas concentraciones de Zn en la cala Puerto Real están relacionadas con el tipo de grano de textura fina (arenas-finas-arcillosas) aunado a la franja litoral de mangle en esta zona con un alto contenido orgánico.

En la Fig. 8D se observa la variación por estaciones, la cual es un poco irregular y confirma lo expresado anteriormente. Es decir, las concentraciones de Zn encontradas en los sedimentos superficiales de la EGO pueden provenir de fuentes exógenas de origen antropogénico y de origen natural biogénico.

MARTÍNEZ (1996) encontró valores de Zn por encima de 50 $\mu\text{g/g}$ en la entrada de la ensenada, al igual que en esta investigación; sin embargo valores superiores fueron reportados por SALAZAR (1985) de 120,9 $\mu\text{g/g}$ para los

sedimentos de la región estuarina-delataica del Orinoco; 107,76 $\mu\text{g/g}$ obtenido por BONILLA (1993) y BONILLA *et al.* (1995) para los sedimentos superficiales del ecosistema marino de Jose; 138,0 $\mu\text{g/g}$ para sedimentos de las costas del Edo. Anzoátegui; 155,0 $\mu\text{g/g}$ en Pto. La Cruz-Pertigalete; 212,0 $\mu\text{g/g}$ en los sedimentos de la Bahía de Barcelona, reportados por MOGOLLÓN *et al.* (1989); 91,76 $\mu\text{g/g}$ en la Laguna de Píritu por BONILLA & GONZÁLEZ (1992). Siendo éstos ecosistemas alterados en la calidad (agua-sedimento) y ambientalmente, por estar contaminados por metales trazas de origen antropogénico divergente como producto del aporte de afluentes domésticos, de las actividades de la industria petrolera, petroquímica y la escorrentía límica continental. Esto comprueba que el contenido de cinc en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo es de mayor efecto de origen exógeno antropogénico, proveniente de la costa sur del Golfo de Cariaco, donde son drenados los diversos afluentes industriales y domésticos. Sin embargo, en líneas generales la ensenada no presenta en sus sedimentos contaminación por cinc.

CADMIO

El cadmio es considerado como uno de los elementos químicos más biotóxicos (especialmente en su forma Cd^{2+}) en los ecosistemas marinos, a los que penetra por deposición atmosférica, por la descarga de diversos afluentes, bioacumulación y de la escorrentía límica (SADIQ 1992).

Este metal sólo existe como componente principal de un mineral, la greenockita (sulfuro de cadmio). La principal utilización de cadmio en la industria es en la fabricación de acumuladores, pigmentos y estabilizantes. El cadmio y las disoluciones de sus compuestos son altamente tóxicos, con efectos acumulativos similares a los del envenenamiento por mercurio.

La Fig. 9A muestra la evolución horizontal por isolíneas del contenido de cadmio en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo, con cierta tendencia a la del Ni y diferente a la de los demás metales estudiados. La concentración de este metal fluctúa entre 0,09 $\mu\text{g/g}$ (Est. 9) y 0,76 $\mu\text{g/g}$ (Est. 2) con una media de 0,35 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 2). Como se puede observar estas concentraciones están por debajo de la concentración de 1,0 $\mu\text{g/g}$ para sedimentos no contaminados (SADIQ 1992) y en la Fig. 9A se muestra cómo la isolínea de 0,50 $\mu\text{g/g}$ delimita al ecosistema con los valores más altos en el área de la boca y en una zona concéntrica de

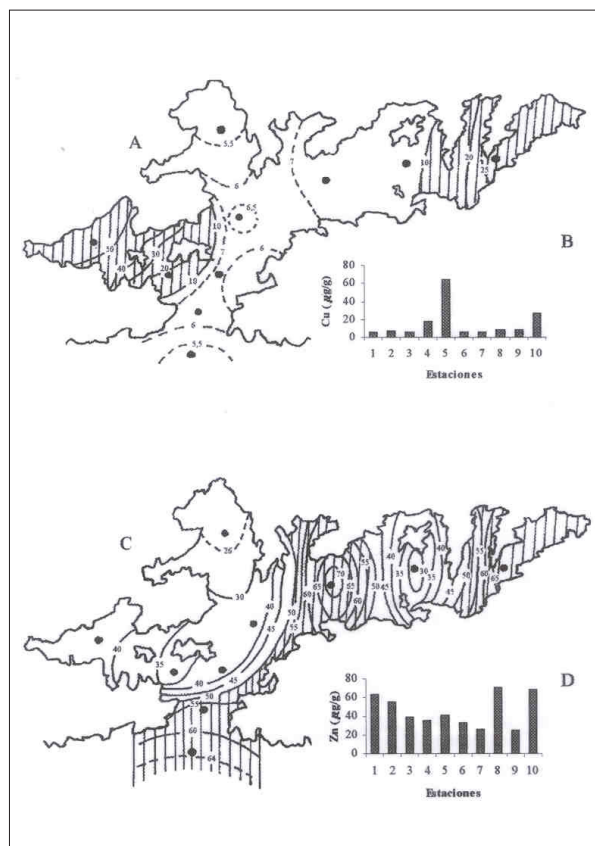


Figura 8.- Distribución espacial (A y C) del contenido (mg/g) de cobre (Cu) y zinc (Zn) y por estaciones (B y D) en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

la región sur-central, lo que demuestra que el contenido de Cd es de origen exógeno antropogénico, proveniente de las descargas de desechos que drenan al Golfo de Cariaco, influenciada por su hidrodinámica. Esto también se demuestra por las concentraciones tan bajas de Cd en más de 60% del cuerpo del ecosistema principalmente las que se encontraron en el área de las calas donde los sedimentos son de grano fino.

La distribución por estaciones del contenido de Cd (Fig. 9B) tiene tendencia a la irregularidad y es diferente a los demás metales estudiados. Aquí se observa cómo la concentración de cadmio disminuye desde la Est. 1 (0,56 $\mu\text{g/g}$) hacia la Est. 10 (0,12 $\mu\text{g/g}$), lo que corrobora el fenómeno demostrado en la figura anterior.

Valores superiores que los reportados en esta investigación (0,35 $\mu\text{g/g}$) han sido encontrados en los

sedimentos de los siguientes ecosistemas: 0,86 $\mu\text{g/g}$ para el área Jose (UDO-CORPOVEN 1992); 2,39 $\mu\text{g/g}$ en la Bahía de Bergantín (UDO-CORPOVEN 1992), estando estos dos ecosistemas afectados directamente por los afluentes de la industria petrolera, petroquímica, cemento, etc.; 1,11 $\mu\text{g/g}$ en el puerto pesquero de Cumaná y 3,30 $\mu\text{g/g}$ en el transecto central del Golfo de Cariaco (MARTÍNEZ 1996), demostrando que el golfo también se ve afectado por la contaminación por cadmio y se va acumulando en su área central, ya que es la más profunda.

En líneas generales, los sedimentos superficiales de la EGO no se encuentran contaminados por Cd, aunque se observa la penetración de cantidades trazas de Cd, originada por la hidrodinámica del Golfo de Cariaco.

NIQUEL

La Fig. 9C muestra la concentración de níquel, mediante la distribución espacial por isolíneas de los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo siendo ésta diferente a la evolución espacial de los demás metales estudiados. Los valores oscilan entre 11,78 $\mu\text{g/g}$ (Est. 4) y 40,56 $\mu\text{g/g}$ (Est. 10) con una media de 16,15 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 2). Se observa que la isolínea de 15 $\mu\text{g/g}$ regionaliza al ecosistema, encontrándose focos concéntricos de los mayores valores en la boca (Est. 1), parte de la región central (Est. 6) y en el extremo de la región oriental (Est. 10).

En líneas generales, los valores de Ni en los sedimentos de la ensenada son elevados si se compara con los reportados por SADIQ (1992) de 10,0 $\mu\text{g/g}$ para sedimentos no contaminados por este metal. Esto es indicativo de una marcada contaminación por Ni en los sedimentos del ecosistema EGO, la cual es proveniente de fuentes exógenas de origen antropogénico, que por el efecto de la hidrodinámica del golfo causan un gran impacto contaminante en su costa norte afectando así a la Ensenada Grande del Obispo. También este metal litológicamente puede estar formando parte de la constitución de algunos minerales presentes en los sedimentos del ecosistema, lo que puede estar causando el incremento en la concentración de Ni.

La variación por estaciones del Ni en los sedimentos del ecosistema en estudio se representa en la Fig. 9D. Se puede apreciar que la distribución es muy regular en todo el cuerpo de agua de la ensenada y diferente a la de los demás metales estudiados. Se observa que hay un

incremento brusco en la concentración de Ni en la Est. 10, la cual se ubica en la parte más oriental del ecosistema donde los sedimentos son de textura fina indicativo de un aporte mediante aporte pluvimétrico de escorrentía continental. Pero en líneas generales las concentraciones de Ni en los sedimentos de la ensenada (Tabla 2) están muy por encima del valor sugerido para sedimentos no contaminados (SADIQ 1992).

Concentraciones más elevadas de Ni que en los sedimentos de la Ensenada Grande fueron encontrados en sedimentos del Criogénico de Jose de 39,42 $\mu\text{g/g}$ (UDO-CORPOVEN 1992), Bahía de Bergantín de 45,60 $\mu\text{g/g}$ (GAMBOA *et al.*, 1986), en los sedimentos de la Laguna de Píritu de 32,75 $\mu\text{g/g}$ (BONILLA & GONZÁLEZ 1992), en los sedimentos de la costa norte del Golfo de Cariaco de 22,80 $\mu\text{g/g}$ (MARTÍNEZ 1999) y Puerto Pesquero de Cumaná de 24,04 $\mu\text{g/g}$ (GONZÁLEZ 1995). Valores inferiores de 11,68 $\mu\text{g/g}$ y 13,07 $\mu\text{g/g}$ fueron reportados por GAMBOA *et al.* (1986) en los sedimentos de las bahías de Pozuelos y de Barcelona, respectivamente. Cabe destacar que estos ecosistemas se encuentran afectados mayoritariamente por los afluentes provenientes del asentamiento de la industria petrolera y petroquímica, así como por la escorrentía límica continental. Esto indica que podrían ser más elevadas sus concentraciones que en la ensenada, pero no es así, debido a que estas dos bahías se encuentran en mar abierto. Es decir, son ecosistemas donde hay una mejor depuración y la renovación de las aguas es mayor, por lo que la concentración de metales disminuye; en cambio, la ensenada es un cuerpo de agua semicerrado donde se acumulan y depositan fácilmente los metales pesados (BONILLA *et al.*, 1998).

CROMO

El cromo es un metal muy abundante en la superficie terrestre y es considerado como potencialmente tóxico que afecta a los organismos marinos y que tiene efectos nocivos en seres humanos. El contenido de cromo en los sedimentos marinos costeros es mayor que en los de mar abierto; proviniendo de las descargas de afluentes industriales, de la pesca, etc. La principal utilización de este metal es en la industria química, metalúrgica, etc.

La distribución horizontal del cromo (Fig. 10A) en los sedimentos superficiales de la EGO, es similar a la del Zn, Pb y Fe, también a la de la MOT. Sus valores

oscilan entre 5,54 $\mu\text{g/g}$ (Est. 7) y 38,84 $\mu\text{g/g}$ (Est. 1), con un promedio de 19,97 $\mu\text{g/g}$ (Tabla 2).

La isolínea de 15 $\mu\text{g/g}$ divide al ecosistema en dos regiones bien delimitadas, ubicándose las isolíneas de bajas concentraciones (5,56 $\mu\text{g/g}$ a 12,84 $\mu\text{g/g}$) en la cala occidental (Saco Abajo), Est. 5 y en la cala norte (El Destiladero), Est. 7 y en la región oriental (Est. 9); y las isolíneas de altos valores que abarcan aproximadamente el 90% del cuerpo de la ensenada en una forma de lengua direccional desde la boca hacia la parte más oriental, estando las concentraciones de Cr cerca del límite para sedimentos no contaminados por este metal, de 20 $\mu\text{g/g}$ (SADIQ 1992), de acuerdo a la evolución de las isolíneas. Estas altas concentraciones pueden ser de origen antropogénico y/o litogénico, ya que esta ensenada por su formación geomorfológica tectónica está compuesta granulométricamente por arenas del mismo origen, de grano grueso a fino, capaces de retener metales pesados,

pero no en tan altas cantidades como en el caso del Cr. Esto está indicando que hay indicios de contaminación por Cr en los sedimentos de este ecosistema, el cual proviene del drenaje de las aguas de desechos divergentes vertidas en la costa sur del golfo de Cariaco y que por efecto direccional de la hidrodinámica, están causando gran impacto en su costa norte, afectando principalmente a la Ensenada Grande del Obispo. Parte de esas moderadas concentraciones pueden deberse a que los sedimentos de textura arenosa de esta área en su constitución mineralógica contengan cromo de origen litogénico. Esta evolución por isolíneas del Cr es semejante a la del Zn y presenta un patrón de distribución similar al del Fe, pero diferente al de Mn, lo que permite concluir que de alguna manera el Cr precipita en los sedimentos adsorbido o coprecipitado en mayor concentración con el óxido de hierro que con el óxido de manganeso y probablemente con alguna fuente exógena común (MARTÍNEZ 1996, 1999; ESPINOZA 2000).

La distribución estacional del metal cromo (Fig. 10B) en los sedimentos de este ecosistema es regular y diferente a la de los metales Fe, Mn, Cu y Zn, indicando el Cr una mayor influencia antrópica, corroborando lo expresado en la distribución por isolíneas.

La concentración de cromo (19,97 $\mu\text{g/g}$) en la EGO (Tabla 3) es inferior al valor de 118,0 $\mu\text{g/g}$ para sedimentos contaminados de las costas del Edo. Anzoátegui, Puerto La Cruz-Pertigalete con valores de 84,0 $\mu\text{g/g}$ y Bahía de Barcelona con un contenido de 135,0 $\mu\text{g/g}$ (MOGOLLÓN *et al.*, 1989), también es inferior al de 57,49 $\mu\text{g/g}$ en los sedimentos de las costas de Jose (BONILLA *et al.*, 1995) y 38,80 $\mu\text{g/g}$ en los sedimentos del Puerto Pesquero de Cumaná (GONZÁLEZ 1995). Las altas cantidades de Cr en la ensenada son de origen antropogénico, donde prevalecen las arenas-arcillosas, capaces de retener este metal, principalmente en su entrada, Est. 1 (38,64 $\mu\text{g/g}$) y Est. 2 (31,51 $\mu\text{g/g}$), lo que indica cierta degradación por el metal traza Cr en la calidad de los sedimentos de la ensenada.

PLOMO

El plomo es uno de los metales que se encuentra ampliamente distribuido por todo el planeta asociado a la galena, que es sulfuro de plomo. Se emplea en grandes cantidades en la fabricación de baterías y en el

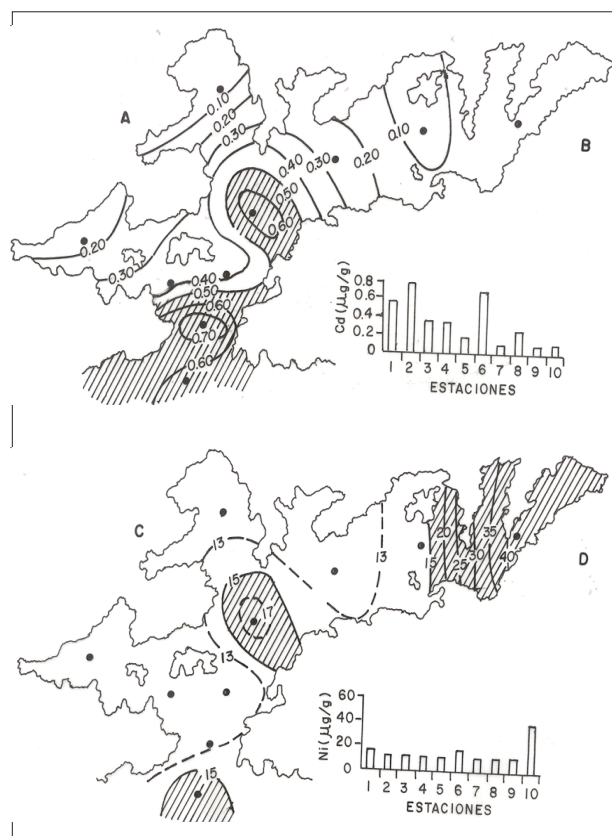


Figura 9.- Evolución horizontal (A y C) del contenido (mg/g) de cadmio (Cd) y níquel (Ni) y por estaciones (B y D) en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

revestimiento de cables eléctricos. Entre las numerosas aleaciones de plomo se encuentran las soldaduras, el metal tipográfico y diversos cojinetes metálicos. Una gran parte del plomo se emplea en forma de compuestos, sobre todo en pinturas y pigmentos. El plomo es un metal que afecta seriamente a la biota marina en cantidades trazas, ya que es altamente tóxico y al igual que los demás metales se adhiere a los sedimentos de textura fina con alto contenido orgánico cuando se encuentra en forma particulada.

La Fig. 10C muestra la distribución espacial por isolíneas de la concentración de Pb en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo, la cual fluctúa entre 3,8 µg/g (Est. 7) y 49,78 µg/g (Est. 4) con un valor medio de 19,01 µg/g (Tabla 2), siendo de tendencia semejante a la evolución del Cr, Fe, Mn y Zn. Se puede apreciar que la isolínea de 5 µg/g divide al ecosistema en dos regiones bien delimitadas, las isolíneas de bajas concentraciones de Pb hacia la cala El Destiladero Est. 7 (3,80 µg/g) y en la zona oriental Est. 9 (4,76 µg/g); siendo las isolíneas de altos valores las que ocupan aproximadamente un 95% de todo el cuerpo de la ensenada.

Estas elevadas concentraciones según la Tabla 3, se encuentran muy por encima del valor de 5 µg/g de Pb para sedimentos no contaminados (SADIQ 1992). El Pb un metal altamente tóxico, que no representa ningún beneficio biológico para las especies marinas. Es indicativo de que existe una degradación de la calidad de los sedimentos en esta ensenada por este metal, la cual es indudablemente de origen exógeno antropogénico, proveniente de la costa sur del Golfo de Cariaco por efecto de su hidrodinámica y también por un importante tráfico de diferentes tipos de embarcaciones, mayormente con motores fuera de borda, que circunnavegan por el golfo y así depositan el Pb que se acumula en los sedimentos superficiales.

Este metal puede ser introducido al golfo por fuentes exógenas, terrestres, atmosféricas y por bioacumulación, también por la deposición de dicho metal a los sedimentos a causa de la combustión de la gasolina, la cual genera especies como di, tri y tetra alquil y tetra metil de plomo (LANDING *et al.*, 1992; SADIQ 1992), las cuales son las más tóxicas. Por otra parte el metal plomo puede estar asociado con el Fe a través de los óxidos de hierro y con los carbonatos. SADIQ (1992) señala que el

Pb puede ser adsorbido en la superficie de las partículas sólidas de los óxidos de hierro y manganeso y que en la superficie del agua del mar tiende a precipitar debido a los cambios de pH y la fuerza iónica. Esto se corrobora con las moderadas concentraciones de Fe y Mn obtenidas en los sedimentos de la ensenada.

La variación por estaciones en el contenido de Pb (Fig. 10D) se muestra un poco irregular, con valores en general bastante elevados, sobretodo desde la entrada de la ensenada hacia sus zonas más internas, lo que confirma una vez más el hecho de que el contenido de plomo en este ecosistema sea netamente de origen antropogénico.

Valores inferiores de Pb a los obtenidos en la Ensenada Grande del Obispo (19,0 µg/g), han sido reportados en el área de Jose de 11,50 µg/g y 9,67 µg/g (UDO-CORPOVEN 1992) y de 13,36 µg/g (Tabla 3) según BONILLA *et al.* (1995), para la misma zona. Estas marcadas diferencias pueden deberse a una mayor influencia de corrientes en estas zonas de mar abierto donde prevalece la remoción del material particulado, aún cuando es una región de afectación petrolera, petroquímica y escorrentía límnic, en donde los desechos exógenos de afluentes contaminantes es mucho mayor. Sin embargo se han encontrado mayores concentraciones en la Bahía de Bergantín de 28,83 µg/g (UDO-CORPOVEN, 1992) y en sedimentos considerados como contaminados por el metal Pb de las costas del Estado Anzoátegui (57,0 µg/g); en los de la bahía de Barcelona (44,0 µg/g); en los de Puerto La Cruz–Pertigalete (78,0 µg/g), reportados por MOGOLLÓN *et al.* (1989). Así como los valores de 66,77 µg/g (Tabla 3) obtenidos en los sedimentos del Puerto Pesquero de Cumaná (GONZÁLEZ 1995).

Las concentraciones del metal traza Pb, encontradas en los sedimentos superficiales de la EGO, están indicando una degradación paulatina de la calidad de éstos, pero no tan contaminados como en otros bioecosistemas del litoral costero del oriente venezolano. Según BISHOP (1983) los sedimentos oceánicos profundos presentan un rango de concentración de Pb de 27-45 µg/g y los sedimentos altamente contaminados del océano de Irish, acumulan Pb de 80 - 600 µg/g, debido a las descargas industriales.

CONCLUSIONES

1. El contenido y distribución de los aceites y grasas e hidrocarburos en los sedimentos de la Ensenada Grande del Obispo reflejan su calidad, en parte regulados por la gran influencia de los afluentes de origen exógeno antropogénico que están caracterizando el grado de deterioro de este ecosistema.

2. De acuerdo a los valores de los parámetros reductores: consumo de oxígeno, azufre, demanda química de oxígeno y razón DQO/S, los sedimentos superficiales de la EGO se caracterizan por poseer un índice moderadamente de incidencia reductora.

3. El bajo contenido de humedad en los sedimentos superficiales del ecosistema Ensenada Grande del Obispo, indica que predomina la clase textural arenas a arenas-finas-arcillosas, con alta tendencia a la permeabilidad.

4. El contenido y distribución de los metales trazas esenciales y tóxicos (Cu, Ni, Cr y Pb) en los sedimentos del ecosistema en estudio, sobrepasa el límite de concentración para los no contaminados por estos metales, lo que confirma una elevada influencia antrópica, provocada por el flujo direccional inducido por la hidrodinámica del Golfo de Cariaco, que está degradando al bioecosistema.

5. Las concentraciones obtenidas de los metales trazas Fe, Mn, Zn y Cd en los sedimentos de la EGO, se encuentran por debajo del límite para sedimentos no contaminados, lo que demuestra que no hay contaminación por estos metales en el ecosistema; es decir, hay mayor remoción y menor sedimentación.

6. El contenido de los metales trazas esenciales y tóxicos en los sedimentos superficiales del ecosistema EGO, señala en líneas generales una fuerte influencia exógena divergente de origen antropogénico, promovida por la hidrodinámica típica del golfo; encontrándose sus concentraciones en el siguiente orden: Fe > Mn > Zn > Cr > Pb > Ni > Cu > Cd.

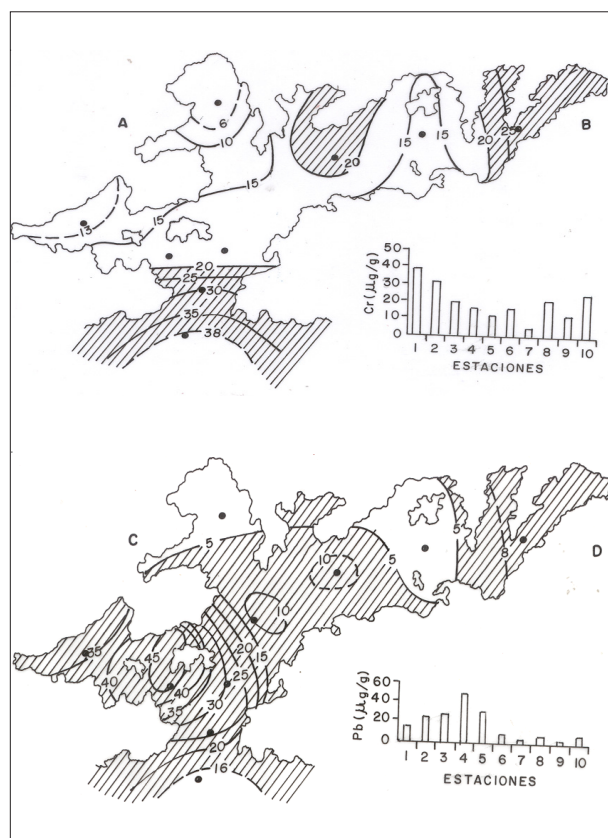


Figura 10.- Distribución horizontal (A y C) del contenido ($\mu\text{g/g}$) de cromo (Cr) y plomo (Pb) y por estaciones (B y D) en los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan un sincero reconocimiento al personal científico y técnico del Departamento de Oceanografía de Instituto Oceanográfico de Venezuela por su desinteresada y valiosa contribución en la obtención de la data, en especial a FELICIA BRITO. Al Post-Grado en Ciencias Marinas del IOV por la logística operacional en la obtención de las muestras y a todas aquellas personas que de una u otra forma nos motivaron para llevar a la culminación de esta investigación.

REFERENCIAS

- ARANDA, S. 1999. *Condiciones geoquímica de los sedimentos superficiales de la Ensenada Grande del Obispo*. Trab. Grad. Lic. Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela 93 pp.
- APHA – AWWA – WPCF. 1992. *Standard Methods for the Examination of Wastewater*. 18th ed. APHA – AWWA – WPCF Washington. USA. 410 pp.
- BARNES, H. 1959. *Apparatus and Methods of Oceanography*. Part one: Chemical. Allen & Unwin Ltd. 339 pp.

- BENÍTEZ, J. & T. OKUDA. 1985. Variación estacional de las diversas formas del nitrógeno en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 24(1&2):185-198.
- BISHOP, L. 1983. *Marine Pollution and its Control*. Series in Water Resources and Environment Engineering. McGraw - Hill Inc. New York. 357 pp.
- BONELLS, D. 1996. *Contaminación por Hidrocarburos en el Agua Superficial del Golfo de Cariaco y Río Manzanares*. Trab. Asc. Prof. Agregado, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 42 pp.
- BONILLA, J. 1967. *Estudio de las Condiciones Ambientales y de la Composición Química del Ostión, Crassostrea rhizophorae, en la Laguna Grande y la Bahía de Mochima*. Trab. Grad. Lic. Biología Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 44 pp.
- . 1975. *Condiciones Hidroquímicas del Agua y Características Fisicoquímicas de los Sedimentos del Golfo de Paria, Durante la Expedición Oceanográfica, LS-7302*. Trab. Asc. Prof. Agregado, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 29 pp.
- . 1977. Condiciones Hidroquímicas del Agua y Características Fisicoquímicas de los Sedimentos del Golfo de Paria, Durante la Expedición LS-7302. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 16(1&2):99-114.
- . 1978. Evaluación de Algunas Técnicas de Extracción Para Hidrocarburos en Sedimentos Marinos por Cromatografía de Columna y Capa Fina. *Laguna*, 41- 42:61-68.
- . 1982. Algunas Características Geoquímicas de los Sedimentos Superficiales del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*. 18(1&2):133-155.
- . 1993. *Características Hidrogeoquímicas: Comportamiento Multivariante en el Bioecosistema Marino Costero de Jose, Edo. Anzoátegui, Venezuela*. Trab. Asc. Prof. Titular, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 231 pp.
- . & A. GARCÍA. 1975. Estudio de Algunos Parámetros Químicos en los Sedimentos de la Laguna de Campoma. *Laguna*, 35-36:55-60.
- . & A. LIN. 1979. Materia Orgánica en los Sedimentos de los Golfos de Paria y Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 18(1&2):37-52.
- . & C. GONZÁLEZ. 1992. Algunos Aspectos Geoquímicos de los Sedimentos de la Laguna de Píritu, Edo. Anzoátegui. Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 31(1&2):27-44.
- . & G. CEDEÑO. 1989. Características Orgánicas del Bioecosistema Lagunar Tacarigua-Unare-Píritu, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 28(1&2):225-237.
- . & T. OKUDA. 1971. Condiciones Hidroquímicas del Agua y Características Químicas de los Sedimentos de la Laguna de Las Marites (Margarita). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 10 (1):81-91.
- , G. CEDEÑO & B. GAMBOA. 1986. Características Químicas de los Sedimentos de la Bahía de Pozuelos y Áreas Adyacentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 25(1&2):215-231.
- , J. FERMÍN, B. GAMBOA & M. CABRERA. 1995. Aspectos Geoquímicos de los Sedimentos Superficiales del Ecosistema Marino Costero de Jose, Estado Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 34(1&2):5-23.
- , J. FERMÍN & C. GONZÁLEZ. 1998. Análisis Estadístico Multivariante Aplicado al Grado Textural y a los Aspectos Geoquímicos de los Sedimentos del Ecosistema Marino Costero de Jose, Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente*, 37(1&2):53-62.
- , Y. POYER & B. GAMBOA. 1985. Características geoquímicas en núcleos de sedimentos de la región nor-oriental y río Orinoco de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 24(1&2):43-61.

- _____, W. SENIOR., J. BUGGEN., O. ZAFIRIOU & R. JONES. 1993. Seasonal Distribution of Nutrients and Primary Productivity in the Eastern Caribbean as Influenced by the Orinoco River. *J. Geophys. Res.* 98:2245-2257.
- _____, A. QUINTERO., M. ALVAREZ., A. DE GRADO., H. GIL., M. GUEVARA., G. MARTÍNEZ., & S. SANT. 1998. Condición Ambiental de la Ensenada Grande del Obispo, Estado Sucre, Venezuela. *Scientia*, 13(1):35-41.
- CARABALLO, L. 1968. Sedimentos Recientes de la Bahía de Mochima. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 7(2):45-64.
- _____. 1973. Estudio Fisiográfico - Sedimentológico y Geología Histórica de la Ensenada Grande del Obispo (Estado Sucre, Venezuela.) *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 12(2):29-77.
- CARIPOL, 1980. Manual para Vigilancia de la Contaminación por Petróleo. Comisión Oceanográfica Intergubernamental. UNESCO. 83 pp.
- CARMODY, D., B. PEARCE & W. YASSO. 1973. Trace Metals in Sediments of New York Bight. *Mar. Poll. Bull.*, 1(9):132-135.
- CEDENO, G & J. BONILLA. 1992. Contaminación por Hidrocarburos en las Lagunas de Tacarigua, Unare y Píritu, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 31(1&2):63-72.
- CLARK, B. 1975. Metals in the sea. *Mar. Poll. Bull.* 6(6):1-2.
- DE GRADO, A. 1997. Estudio de la Ictiofauna de Ensenada Grande del Obispo (Laguna Grande), Edo. Sucre, Venezuela. *Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela*, 113 pp.
- ESPINOZA, L. 2001. *Geoquímica de los sedimentos superficiales del Golfo de Cariaco y del Río Manzanares*. Trab. Grad. Lic. Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 90 pp.
- FAO, 1979. *Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 5 – Statical Test. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Ed. Möller. Technical paper 182. 130 pp.
- FARRINGTON, W., M. FREW., P. GSCHEND & B. TRIPP. 1977. Hydrocarbons in Cores of Northwestern Atlantic Coastal and Continental Margin Sediments. *Estuar & Coastal Mar. Sci.* 5:793-808.
- FERMÍN, J. & J. BONILLA. 1998. Aplicación de Análisis Estadísticos Multivariante al Contenido de Metales Pesados en Sedimentos de la Bahía de Bergantín, Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Scientia*. 12(1):25-42.
- FUENTES, M. 1998. *Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la laguna de chacopata, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. M.Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 130 pp.
- _____, J. BONILLA & J. FERMÍN. 1997. Algunas Características Químicas de los Sedimentos Superficiales de la Laguna de Chacopata. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 36(1&2):69-79
- GAMBOA, B & J. BONILLA . 1983. Distribución de metales pesados (Fe, Mn, Cu, y Zn) en sedimentos superficiales de la cuenca Tuy-Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez. Univ. Oriente*. 22(1&2):103-110.
- _____, J. BONILLA & G. CEDENO. 1986. Concentración de Algunos Metales Pesados en Sedimentos Superficiales de la Bahía de Pozuelos y Areas Adyacentes. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 25(1&2):233-240
- GONZÁLEZ, C. 1995. *Caracterización Ambiental: Calidad del Agua y Sedimentos del Ecosistema Puerto Pesquero de Cumaná, Edo. Sucre. Venezuela*. Trab. Asc. Prof. Asociado, Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela, 71 pp.
- HEDGES, I. 1992. Global Biogeochemical Cycles: Progress And Problems. *Marine Chemistry. Elsevier Science Publishers B. V.*, Amsterdam. 39:67-93.

- LANDING, W., W. LYONS & W. OREM. 1992. Nutrient Cycling And The Biochemistry of Mn, Fe, and Zn in Jelly Fish Lake, Palao. *Limnol. Oceanogr.* 36:515-525.
- LÓPEZ, L. & T. OKUDA. 1968. Algunas Observaciones sobre Características Fisicoquímicas de los Sedimentos y Distribución de la Fauna Macrobentónica de la Laguna Grande del Obispo, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 7(1):107-127.
- MARTÍN, J., D. GUAN., F. ELBAZ-POULICHET., A. THOMAS & V. GORDEV. 1993. Preliminary Assessment of the Distribution of Some Trace Elements (As, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn) in a Pristine Aquatic Environment in the Lena River Estuary (Russia). *Mar. Chem.* 43:185-199.
- MARTÍNEZ, G. 1996. *Contenido de Metales Pesados en los Sedimentos Superficiales del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Asc. Prof. Asistente, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 65 pp.
- _____. 1999. *Especiación de Metales Pesados en la Cuenca baja y Pluma del Rio Manzanares, Edo. Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 160 pp.
- MOGOLLÓN, J., A. RAMÍREZ & C. BIFANO. 1989. *Determinación de Niveles de Contaminación en Sedimentos Costeros del Estado Anzoátegui*. VII Congreso Geológico Venezolano, Barquisimeto, Edo. Lara, Venezuela. 1121-1230.
- MORRIS, A. & A. BALE. 1979. Effect of Rapid Precipitation of Dissolved Mn in River Waters on Estuarine Mn Distributions. *Nat.* 229:303-327.
- MUDARRA, O. 2000. *Hidrogeoquímica de la Ensenada de Puerto Escondido, Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Química Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 150 pp.
- MURPHY, J. & J. RILEY. 1962. A Modified Single Solutions Method for the Determination of Phosphate in Natural Waters. *Anal. Chem. Acta.* 27:31-36.
- OKUDA, T. 1964. Some Problems for the Dertermination of Carbonic Organic in Marine Sediments. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 3(1&2):106-117.
- _____. & J. GÓMEZ. 1964. Distribución del carbono y nitrógeno orgánico de los sedimentos en la región nororiental de Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 3(1&2):91-105.
- _____. , A. BENÍTEZ., A. GARCÍA & E. FERNÁNDEZ. 1968. Condiciones Hidrográficas y Químicas en la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo, desde 1964 a 1966. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 7(2):7-37.
- _____. , A. GARCÍA., B. GAMBOA & E. FERNÁNDEZ. 1978b. Variación Estacional del Fósforo y Nitrógeno Inorgánico en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 17(1&2):89-104.
- _____. , J. BENÍTEZ., J. BONILLA & G. CEDEÑO. 1978a. Características Hidroquímicas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente* 17(1&2):69-82.
- POCKLINGTON, R & J. LEONARD. 1979. Terrigenous Organic Matter in Sediments of the St. Laurence Estuary and the Fjord. *Fish. Res. Board. Can.* 36:1250-1255.
- ROMANKEVICH, A. 1984. *Geochemistry of Organic Matter in the Ocean*. Springer-Verlag. Berlin. 329pp.
- RUIZ, L. 1992. *Estructura de las Comunidades de Peces en dos Localidades del Saco-Golfo de Cariaco, Venezuela*. Trab. Asc. Prof. Titular, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 58 pp.
- SADIQ, M. 1992. *Toxic Metal Chemistry in Marine Environments*. Marcel Dekker, Inc. New York, 389 pp.
- SALAZAR, J. 1989. *Condiciones Hidrogeoquímicas de la Región Estuarina-Deltaica del Orinoco Durante el Mes de Noviembre de 1985*. Trab. Grad. M. Sc Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 128 pp.
- _____. , J. BONILLA & B. GAMBOA. 1986. Metales Pesados

- y Materia Orgánica en los Sedimentos Superficiales de la Laguna de Las Marites. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 25(1&2):137-154.
- TOMIYAMA, T & M. KANZAKI. 1957. A Semimicro Method for Determination of Sulfide Contained in Muddy Deposits. *Bull. Jap. Scient. Fish.* 17(4):115-121.
- UDO.-CORPOVEN. 1992. Estudio Ambiental de las Costas del Estado Anzoátegui. Proyecto EACA-Area de Jose. Informe final. IOV-UDO.
- UNESCO, 1976. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution. Review of Harmful Substances, *Reports and Studies* N° 2, New York. 24 pp.
- VALDERRAMA, H. 1981. A New Spectrophotometric Method for the Determination of Total Nitrogen and Fosforous in Sea Water. *Mar. Res. Rfa.* 134-137.

RECIBIDO: 08 de mayo 2001

ACEPTADO: 14 de noviembre 2003