



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO.

FACULTAD DE QUÍMICA

DETERMINACIÓN DE METALES ADSORBIDOS EN
SEDIMENTO EN LA SONDA DE CAMPECHE.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

ARMANDO JIMÉNEZ RODRÍGUEZ



MÉXICO, D. F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE RODOLFO TORRES BARRERA

VOCAL VICTOR MANUEL LUNA PABELLO

SECRETARIO FELIPE VÁZQUEZ GUTIÉRREZ

1er. SUPLENTE ALFONSO DURAN MORENO

2do. SUPLENTE JOSÉ AGUSTÍN GARCÍA REYNOSO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

ASESOR FELIPE VÁZQUEZ GUTIÉRREZ

SUSTENTANTE ARMANDO JIMÉNEZ RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTOS.

Al Dr. Felipe Vázquez Gutiérrez por darme la oportunidad de colaborar en el proyecto, por sus enseñanzas y por haber dirigido este trabajo.

Al Biólogo Adrián Díaz por apoyarme en la elaboración del trabajo, por sus enseñanzas, comentarios y por todas las experiencias que hemos compartido.

Al Biólogo Antonio Frausto por ser la primera persona en enseñarme lo básico y darme las bases para ser un buen analista.

Al M en C: Héctor Alexander por el tiempo que dedico en compartir sus conocimientos, espero seguir aprendiendo mucho más de su experiencia.

A PEMEX por el apoyo para la realización del proyecto UNAM- 132

A Edgar, Roberto, Livia, Daniel, Alejandro, Balbina, Angélica, Ariel, Raúl, Ricardo, Humberto, Marco, Azucena, por el apoyo y las buenas experiencias vividas a bordo del buque.

A los miembros selectos del laboratorio de Físicoquímica: Isabel, Gustavo, Arcelia, Víctor, Gerardo, Rafa, Juan, y Tony por la convivencia de cada día.

A la tripulación del Buque Justo Sierra por el apoyo en el recolección de muestras.

A mis amigos Rubén y Daniel por compartir grandes momentos de mi vida.

DEDICATORIAS.

A mi Padre. Por todas tus enseñanzas de vida, por todo tu apoyo en las experiencias buenas y malas, el saber que cuento contigo como un amigo, un hermano y sobre todo como un gran padre que me da ánimos para seguir escalando peldaños. Gracias por confiar en que podía lograrlo.

A mi madre. Por todo el amor que me has dado con tus enseñanzas, tus cuidados, tus desvelos, tus llamadas de atención y tu gran paciencia. Gracias mama eres la mejor. Te amo.

A Patty. Por ser tú por todos esos grandes momentos que hemos pasado juntos por haberme ayudado, desde la facultad hasta poder lograr esto, y estar ahí con tu inmenso amor. Pero sobre todo Gracias por el querer compartir tu vida con migo. PYA por siempre.

A mi hijo. Por darme esa infinita alegría, por tu llanto, por tu gran risa, por sorprenderme cada día con algo nuevo, por darme la motivación para poder seguir realizándome en la vida. Gracias Bawis.

A mi hermana. Gracias por compartir desde el momento mas difícil hasta las travesuras mas locas, sabes que te quiero y cuentas con migo para lo que necesites.

INDICE DE CONTENIDO.

Capitulo 1 RESUMEN.....	1
Capitulo 2 OBJETIVOS.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivo específicos.....	2
Capitulo 3 INTRODUCCION.....	3
Capitulo 4 MARCO TEORICO.....	4
Sedimentos.....	4
Metales.....	5-6
Capitulo 5 AREA DE ESTUDIO.....	7-9
Capitulo 6 METODOLOGIA.....	10
Toma de muestra.....	10
Tratamiento de muestra.....	11-12
Análisis de muestras.....	12-18
Capitulo 7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
Aluminio.....	19-23
Bario.....	23-27
Cadmio.....	27-31
Cobalto.....	31-35
Cromo.....	35-39
Hierro.....	40-43
Níquel.....	43-47
Plomo.....	47-51
Vanadio.....	51-55
Replicas.....	55-59
Integración de resultados.....	60-63
Capitulo 8 CONCLUSIONES.....	64
Capitulo 9 REFERENCIAS.....	65-66

RESUMEN.

La mayoría de los metales son ampliamente utilizados en las diversas ramas de la industria en la región costera del Golfo de México, incluidas el refinado del petróleo y la producción de fertilizantes. Las operaciones de perforación petrolera se caracterizan por la liberación descontrolada de petróleo, y algunas veces son catastróficas por lo que se toman algunas precauciones para prevenirlas. Sin embargo, ocasionalmente ocurren accidentes y grandes cantidades de petróleo y metales pueden ser introducidos al mar.

Adicionalmente los efluentes domésticos son otra fuente importante al aportar hacia los ríos descargas enriquecidas de Níquel, Cromo, Cobre, Plomo, Zinc, Cadmio y Plata.

La importancia de estudiar las concentraciones de los metales pesados en el ambiente costero y estuario se debe a que éstos son muy movilizados por el hombre y son potencialmente tóxicos para los organismos acuáticos. Los metales traza esenciales (Fe, Mn, Co, Zn, Cu, Ni) y tóxicos (Cd, Hg, Cr, Pb, etc.),

El área de estudio, se realiza en la zona Sur del Golfo de México, en la Bahía de Campeche entre las coordenadas 18°15'00" a 21°30'00" Norte y 89°00'00" a 95°00'00" Oeste, la Sonda de Campeche se ve influenciada en su borde costero por aportes de agua dulce provenientes de la descarga de varios ríos y la presencia de la Laguna de Términos que recibe a su vez el aporte de 5 ríos.

El objetivo de este trabajo es determinar la concentración de los metales adsorbidos en sedimento marino en la Sonda de Campeche. Por la técnica espectrofotometría de absorción atómica – horno de grafito (Al, V, Cr, Co, Ni, Ba, Pb y Cd), y por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica – flama (Fe).

Para poder analizar la variación espacial de los metales totales en la sonda de Campeche y ver que efectos se están produciendo.

Las muestras fueron colectadas a bordo del B/O "Justo Sierra" de la UNAM, y el procesamiento y análisis de muestras se realizó en el laboratorio de Físicoquímica Marina, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

De acuerdo con los resultados, en general se observó mayor concentración de los metales Co, Cr, Ni, y V, en la parte de superficie y menor concentración en la parte profunda.

El Hierro y el Aluminio fueron los metales adsorbidos con mayores concentraciones en el área de estudio y están asociados a los aportes terrestres.

OBJETIVOS

Objetivo general.

Determinación de metales adsorbidos en sedimento marino en la Sonda de Campeche.

Objetivos específicos.

- 1) Determinar las concentraciones de Al V Cr Co Ni Ba Pb Cd por la técnica espectrofotometría de absorción atómica – horno de grafito.
- 2) Determinar las concentraciones de Fe por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica – flama.
- 3) Analizar la variación espacial de los metales totales en la sonda de Campeche.

INTRODUCCION.

La zona costera es un amplio espacio de interacciones del mar, la tierra y la atmósfera, se caracteriza por ser un ecosistema en el que interactúan las propiedades y características físicas y químicas de sus aguas, por las fuerzas y procesos que forman, mantienen y modifican áreas y sistemas de esa zona, por las relaciones entre las aguas, los sedimentos, la línea de costa, el clima, los organismos vivientes de la comunidad y los movimientos de materia y energía provenientes de las aguas y tierras continentales próximas y del ambiente marino (Yáñez – Arancibia, 1982)

El piso oceánico puede ser dividido en una serie de regiones topográficas. En el borde de la tierra, situada entre el límite de la marea alta y baja puede estar una playa. Mar adentro hay una terraza somera con una pendiente de 0.1° la cual es el término de la placa continental. Esta puede variar en amplitud de unas pocas millas a varios cientos de millas, y termina generalmente a una profundidad de 150 -200 m, por arriba del borde de la pendiente continental. La cual tiene un área de aproximadamente 7.6 % del piso oceánico y en la mayor parte de las regiones es una extensión sumergida de la placa continental (Riley, 1989).

Los depósitos enormes de minerales, petróleo y gas natural, que se encuentran bajo el peso de la placa continental representan una gran riqueza la que hasta ahora se empieza a explotar. Las aguas situadas por encima de algunas partes de la placa son altamente fértiles, y es en estas áreas donde se encuentran las principales pescas marinas (Riley, 1989).

El piso oceánico profundo, está sembrado con nódulos de ferro manganeso, los cuales son ricos en metales valiosos como el cobre, níquel y zinc los minerales mas abundantes que actualmente están siendo explotados (Mero, 1965).

La mayoría de los metales son ampliamente utilizados en las diversas ramas de la industria en la región costera del Golfo de México, incluidas el refinado del petróleo y la producción de fertilizantes. Las operaciones de perforación petrolera se caracterizan por la liberación descontrolada de petróleo, y algunas veces son catastróficas por lo que se toman algunas precauciones para prevenirlas. Sin embargo, ocasionalmente ocurren accidentes y grandes cantidades de petróleo y metales pueden ser introducidos al mar.

Adicionalmente los efluentes domésticos son otra fuente importante al aportar hacia los ríos descargas enriquecidas de Níquel, Cromo, Cobre, Plomo, Zinc, Cadmio y Plata.

Las concentraciones de los metales adsorbidos en el área petrolera muestran concentraciones similares a las observadas en las otras áreas.

MARCO TEÓRICO.

Sedimentos.

Los sedimentos consisten de diversos componentes individuales, los cuales pueden ser clasificados en diversas formas. Los componentes sedimentarios en una fracción detrítica –transportada como material sólido - y una fracción no detrítica -transportada como material disuelto - (Krynine, 1948). El esquema sugerido por Goldberg (1954) es probablemente el mas significativo en términos de nuestros conocimientos de los procesos involucrados en la sedimentación marina. En esta clasificación los componentes de los sedimentos están divididos en cinco amplias categorías: Litogenos, cosmogenicos, hidrogenicos, biogénicos y agua intersticial (Figura 4-1).

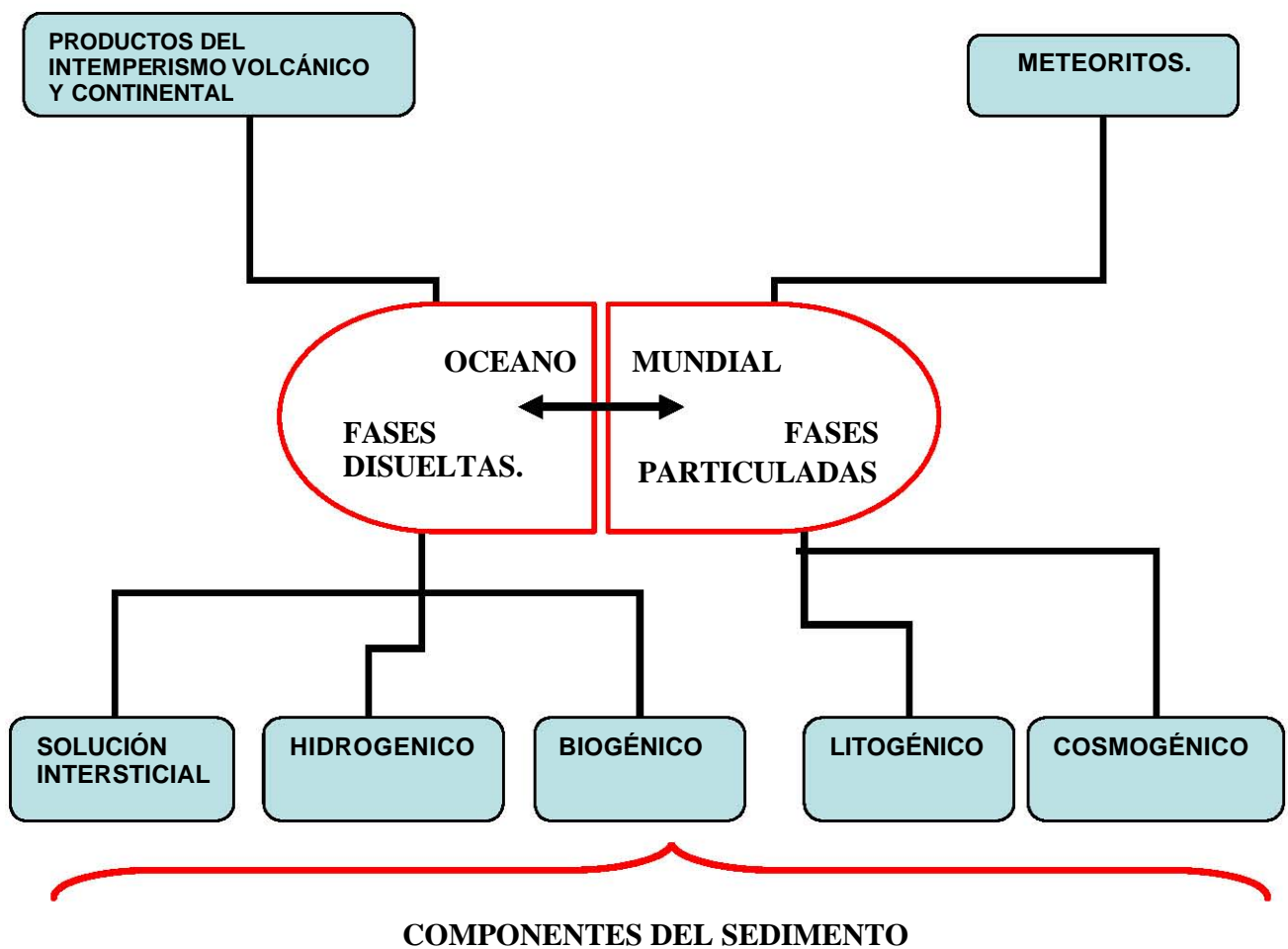


Figura 4-1. La clasificación de los componentes delos sedimento (Goldber,1964).

Los componentes Litogenicos son definidos como aquellos provenientes de la erosión de la tierra, vulcanismo submarino o por el intemperanismo submarino donde la fase sólida no sufre mayor cambio durante su residencia en el agua de mar.

Los componentes Hidrogenicos están definidos como aquellos que resultan de la formación de la materia sólida en el mar por reacciones inorgánicas.

Los componentes Biogénicos son aquellos producidos en la biosfera, e incluyen material inorgánico de conchas y materia orgánica.

Los componentes Cosmogénicos son aquellos derivados de fuentes extraterrestres.

Los sedimentos que se depositan en los fondos oceánicos, forman diferentes capas, llamadas estratos, que se colocan de diversas formas, generalmente paralelos, de acuerdo con el tipo de sedimento y las características del ambiente en donde está ocurriendo el proceso.

Metales.

Los metales pesados son elementos con elevados pesos atómicos, superiores a 44,956 y una densidad superior a 5 gr/cm^3 , excluyendo a los grupos Alcalino y Alcalinotérreo.

Aunque algunos son imprescindibles para el desarrollo de las funciones vitales de los organismos, los denominados esenciales como cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, vanadio y estroncio, en cantidades excesivas son perjudiciales e incluso letales para los seres vivos. Los metales pesados no esenciales comúnmente implicados en problemas de contaminación son: cromo, cadmio, mercurio, plomo, arsénico y antimonio (Kennish, 1992).

En las aguas superficiales, los metales pesados existen en forma de coloides, partículas, y como fases disueltas, aunque debido a su baja solubilidad estas últimas suelen presentar concentraciones muy bajas en forma iónica o complejos organometálicos. En las formas coloidales y partículas aparecen como hidróxidos, óxidos, silicatos, sulfuros, o adsorbidos en minerales del grupo de las arcillas, sílice y materia orgánica. La solubilidad de los metales pesados en las aguas superficiales está controlada por el pH, el tipo de ligantes en los que se encuentran adsorbidos, el estado de oxidación de las fases minerales y el ambiente redox del sistema (Connell y Miller, 1984).

La química del agua controla la tasa de adsorción/desorción de los metales hacia y desde el mar. La adsorción elimina el metal del agua y lo almacena en el sedimento marino, mientras que la desorción devuelve los metales al agua, favoreciendo su movilización. La desorción de los metales suele producirse debido a los siguientes cambios físico-químicos en el agua:

- Aumento de la salinidad. Se produce una competitividad entre los metales y los cationes por rellenar huecos.
- Disminución del potencial redox. Normalmente bajo condiciones deficitarias de oxígeno.
- Disminución del pH. Se produce un incremento de la competitividad entre los metales y los iones de hidrógeno por rellenar huecos, además de producirse una disolución de los complejos metal-carbonato, liberándose los iones del metal en el agua.

Una inversión de estas condiciones favorece la adsorción de metales por los minerales o sedimento del mar.

La importancia de estudiar las concentraciones de los metales pesados en el ambiente costero y estuario se debe a que éstos son muy movilizados por el hombre (fuentes antropogénicas) y son potencialmente tóxicos para los organismos acuáticos. Los organismos expuestos a estos contaminantes, pueden acumular los metales en sus tejidos a concentraciones más altas que las que normalmente se encuentran en el ambiente (proceso conocido como bioacumulación) y algunos de estos organismos son consumidos por el hombre dado su valor comercial (Páez y Frías, 2001).

Como consecuencia del acelerado incremento demográfico y desarrollo industrial ribereño de las últimas décadas, el flujo hacia el medio ambiente marino de una gran variedad de materiales naturales y sintéticos, se ha elevado considerablemente, contribuyendo a modificar y deteriorar la zona costera. Entre estos materiales, los metales pesados constituyen uno de los contaminantes críticos de lagos, estuarios y lagunas costeras. A diferencia de otros contaminantes como pesticidas, bifenilos policlorinados e hidrocarburos del petróleo, algunos elementos metálicos actúan a nivel bioquímico como micronutrientes y/o toxinas, dependiendo de la concentración y de la especie química de éstos (Förstner y Wittmann, 1979).

Los metales pesados son transportados desde los continentes en solución, adheridos o formando parte de las estructuras químicas de los diversos minerales que componen al material suspendido. Durante su transporte, un almacenamiento temporal o permanente tiene lugar en el material sedimentario de las aguas de escurrimiento, lagunas costeras, puertos y finalmente los océanos. El aporte de estos elementos por otra parte puede ser discontinuo, regular e irregular desde las descargas industriales, domésticas y naturales, pero su flujo hacia la biota puede ser constante desde los distintos reservorios del cuerpo de agua afectado, el cual puede ser favorecido por las mareas, difusión y corrientes inherentes al cuerpo receptor (Elliott et al., 1985).

Los metales pesados son parte fundamental de las fuentes antropogénicas provenientes de desechos domésticos, agrícolas e industriales, los cuales son peligrosos para la biota marina, el hombre y el deterioro ambiental en general. Bajo este escenario, los sedimentos, uno de los principales reservorios de estos elementos, actúan como recursos secundarios de contaminación en el medio ambiente marino (Rubio et al., 1996). Los metales trazas presentan concentraciones relativamente elevadas en los sedimentos superficiales de las zonas costeras alteradas por el hombre y guardan una relación de su concentración con el tamaño de las partículas y la cantidad de materia orgánica sedimentarias, alterando el equilibrio ecológico y biogeoquímico del ecosistema (Sadiq, 1992). En tal sentido, la determinación de metales en los sedimentos es un buen indicador del origen de los contaminantes en el medio y de los impactos que éstos pueden producir en la biota marina.

Los ríos constituyen una de las principales vías de transporte de metales a las zonas costeras, debido a la gran afinidad que tienen estos elementos para ser transportados en el material suspendido (Guillen, 1982; Mogollón y Bifano, 1985; Zhang, 1992). Así, las costas con influencia de ríos constituyen uno de los ecosistemas más sensibles a ser afectados, ya que los metales, al entrar en contacto con la zona marina, sufren procesos que, junto con algunos factores ambientales, permiten su acumulación en los sedimentos. La biodisponibilidad de metales en los sedimentos tiene una acción directa sobre algunas especies acuáticas, muchas de las cuales acumulan altas concentraciones con efectos crónicos en sus poblaciones.

LOCALIZACIÓN DE ÀREA DE ESTUDIO.

El área de estudio, se realiza en la zona Sur del Golfo de México, en la Bahía de Campeche entre las coordenadas 18°15'00" a 21°30'00" Norte y 89°00'00" a 95°00'00" Oeste (Figura.3-1). Teniendo sus límites en tierra al Oeste en Punta Zapotitlán, Veracruz y al Este en Puerto Progreso, Yucatán. Es decir se incluyen en su totalidad los estados de Tabasco y Campeche.

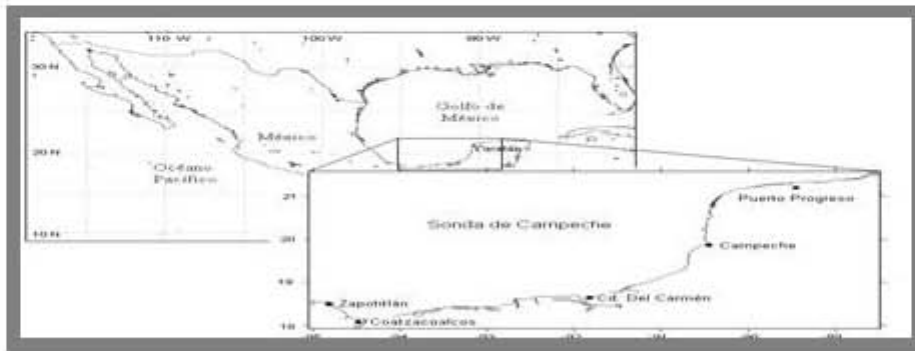


Figura 5-1 Área de estudio.

El Golfo de México, es una cuenca oceánica semicerrada tiene un área aproximada de 2 millones de km^2 , un volumen de agua de 20 millones de km^3 y su dimensión Este -Oeste es alrededor de 1,600 Km. En su parte occidental tiene una extensión Norte-Sur de 1,300 km y entre Yucatán y Florida mide aproximadamente 900 km. En la parte Este, frente a las costas de Campeche y Yucatán una amplia y somera plataforma, mientras que la parte Oeste presenta una plataforma estrecha, la cual puede alcanzar profundidades mayores a 1000 m cerca de la costa.

En su parte costera, está presente el área natural protegida de la Laguna de Términos, Campeche; El Parque Ecológico de la Laguna de Meacoacán, Tabasco; el área natural protegida de Ría de Celestum, Yucatán; así como, áreas de gran sensibilidad social como la Península de Atasta, Camp. Y el sistema lagunar de Carmen, Pajonal -Machona, Tab. En mar abierto, además se encuentran áreas coralinas de gran importancia como la de Cayo Arcas y Triángulos

En su parte marina presenta, un área de transición sedimentológica entre las provincias deltaica (al Oeste) y carbonatada (al Este) del Golfo de México donde las principales fuentes de sedimentos son el sistema fluvial Grijalva -Usumacinta y la plataforma carbonatada de Yucatán, además de la importante descarga de la Laguna de Términos sobre la plataforma continen tal (Yáñez -Arancibia y Sánchez -Gil, 1988a; Vázquez et al. , 2000).

Asociada al área de estudio también este presente una zona de alta sensibilidad ambiental y social, que corresponde a una pesca elevada y es altamente dependiente de la parte costera y la desembocadura de los ríos que drenan al Sur del Golfo de México

Es evidente que la Sonda de Campeche se ve influenciada en su borde costero por aportes de agua dulce provenientes de la descarga de varios ríos y la presencia de la Laguna de Términos que recibe a su vez el aporte de 5 ríos.

Los ríos Grijalva y Usumacinta constituyen una amplia red fluvial que ha formado en su desembocadura una llanura deltáica; esos ríos se originan en la Serranía de Alto Chucumatan, Guatemala. Tamayo (1962), considera que la ramificación de esta red comprende el 90% de la superficie de Tabasco y a gran parte de Campeche y Chiapas.

El Río San Pedro y San Pablo es un afluente del Río Grijalva; ha formado un amplio sistema estuarino que incluye al Río Palizada y a las lagunas situadas al Oeste de la Laguna de Términos.

El Río Tonalá nace en la Sierra Madre de Chiapas y su cuenca de captación es pequeña. Esta corriente es afectada sensiblemente por la marea, que según Tamayo (1962) regresa 35 km y es transmitida a los afluentes. Este río erosiona rocas marinas y continentales del Paleozoico al Cenozoico.

El Río Chumpán se origina en la llanura costera de Campeche, drena la porción occidental de la Península de Yucatán y vierte su caudal en la Laguna de Términos a la que aporta materiales carbonatados de grano fino procedentes de las rocas y de los sedimentos marinos y costeros del Pleistoceno al Reciente.

El Río Candelaria fluye hacia el extremo oriental de la Laguna de Términos, su área de captación es de aproximadamente 7,7 00 km²; esta corriente se inicia en Guatemala y su cauce erosiona rocas carbonatadas marinas así como sedimentos marinos y costeros del Pleistoceno al Reciente.

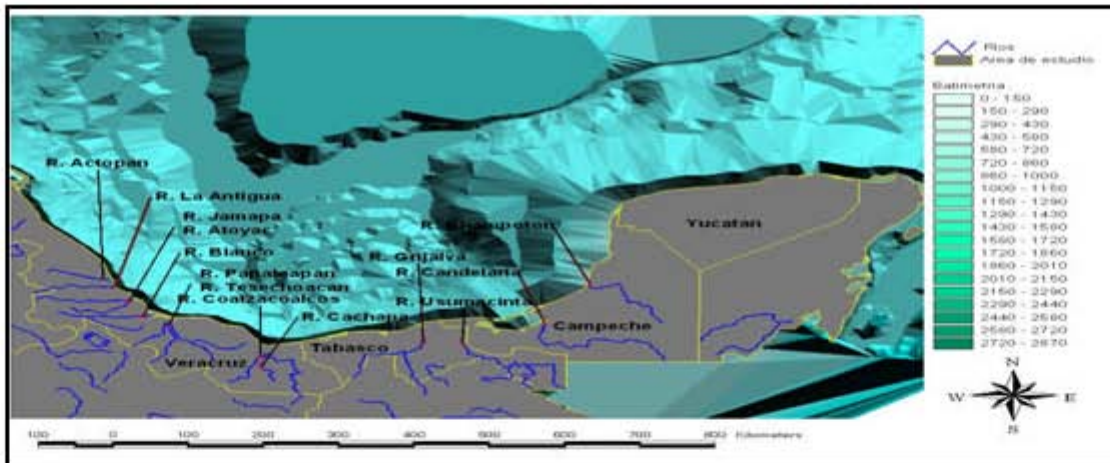


Figura 5-2. Principales ríos de la Vertiente del Golfo de México según INEGI.

Se realizaron controles de calidad en las tareas de campo y laboratorio, se analizaron muestras duplicadas, así como límite de detección y cuantificación de método.

Debido a la complejidad y tamaño del área de estudio, en el presente análisis se agrupan las estaciones de la siguiente forma:

- a) Red de infraestructura
- b) Red de emanaciones naturales
- c) Red de monitoreo

La localización de las estaciones y la manera conforme se llevaron a cabo el derrotero de trabajo se muestra en al Figura 3-3.

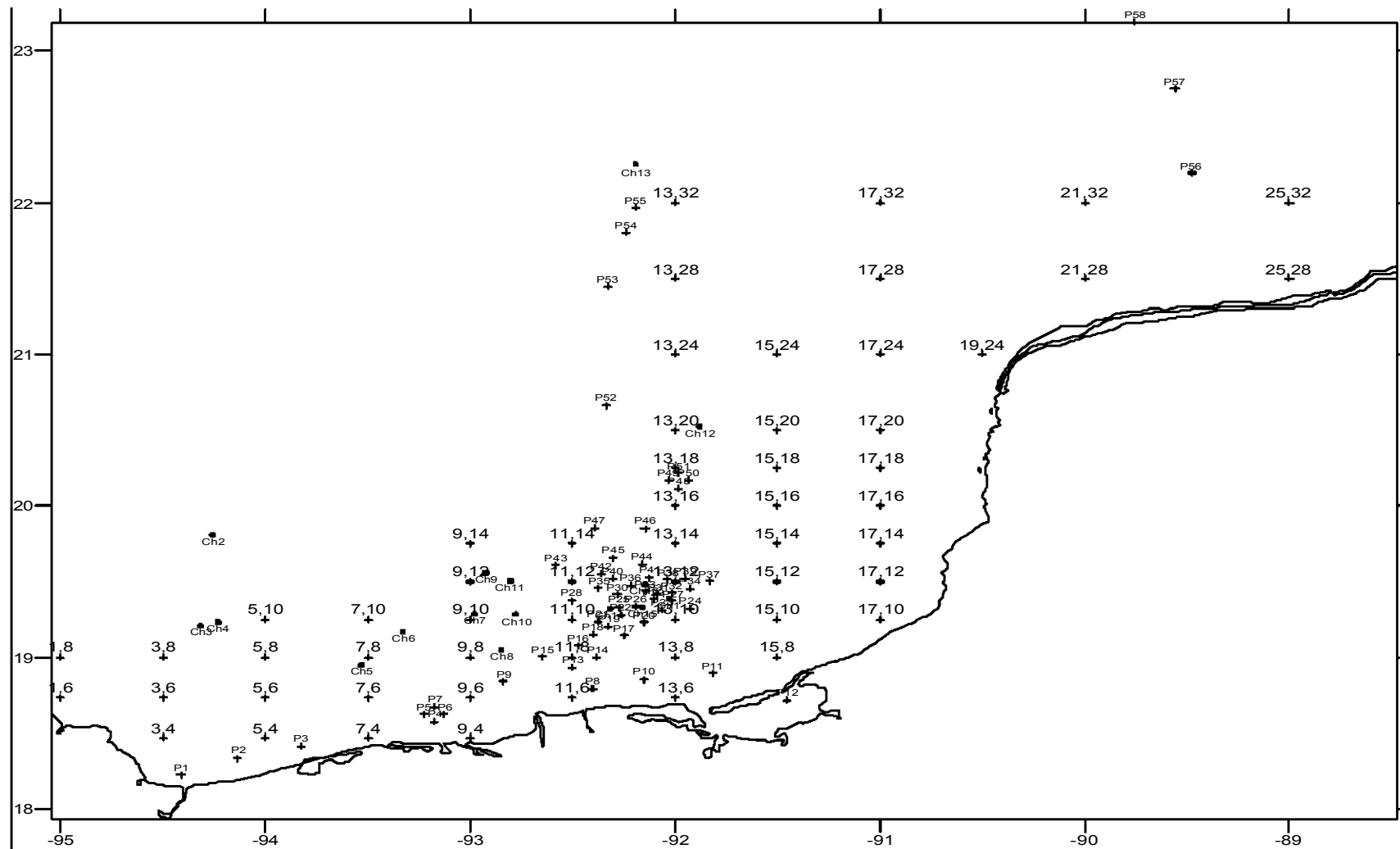


FIGURA 5-3. UBICACION DE ESTACIONES DE MUESTREO.

METODOLOGÍA

Debido a la complejidad y tamaño del área de estudio, en el presente análisis se agruparon las estaciones de la siguiente forma:

- a) Red de infraestructura (Plataformas).
- b) Red de emanaciones naturales (Chapopoteras).
- c) Red de monitoreo

Toma de muestra.

Las muestras fueron colectadas en la Sonda de Campeche y áreas colindantes del sur del Golfo de México. Las muestras fueron colectadas, a bordo del B/O "Justo Sierra" de la UNAM. Las muestras del sedimento fueron colectadas con un nucleador de caña y el núcleo de sedimento fue tomado del centro con un tubo de PVC de 2.5 pulgadas (Figura 4-1). Las muestras se seccionaron a 0-1 4-5 y 8-10 cm y se conservaron a 4°C.



Figura 6-1 Toma de muestra de sedimento.

Tratamiento de muestras.

Se homogenizo la muestra y se determino el % de humedad, una vez que se obtuvo el % de humedad se calculo el peso que representan 5.0 g de sedimento en seco de cada muestra.

Se peso la cantidad de sedimento que representa 5.0 g de sedimento en seco y se le agrego ácido acético glacial (suprapuro) 0.1 M. (Figura 6-2).



Figura 6-2. Pesado de muestras y agregado de ácido acético glacial.

Se lixiviaron las muestras 18 ± 2 horas en los agitadores sincrónicos (Figura 6-3).



Figura 6-3 Agitadores sincrónicos.

Después se filtraron las muestras con un filtro de 45 μ en un frasco de plástico y se procedió al análisis de los metales (Figura 6-4).



Figura 6-4. Filtrado de muestra.

Análisis de muestras.

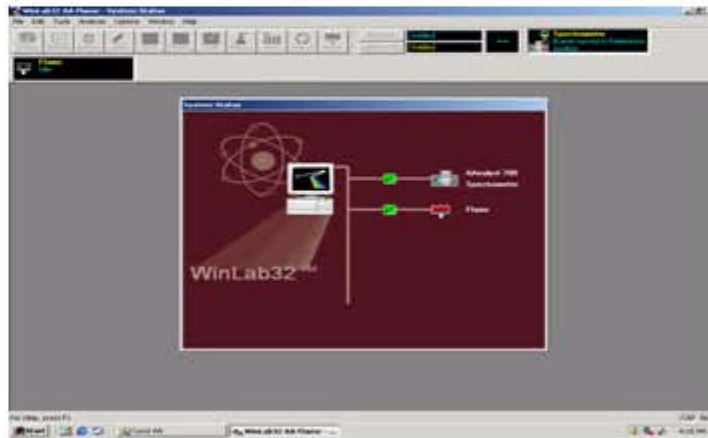
El análisis de las muestras se realizó en el Espectrofotómetro Analyst 700 PerkinElmer (Figura 6-5).



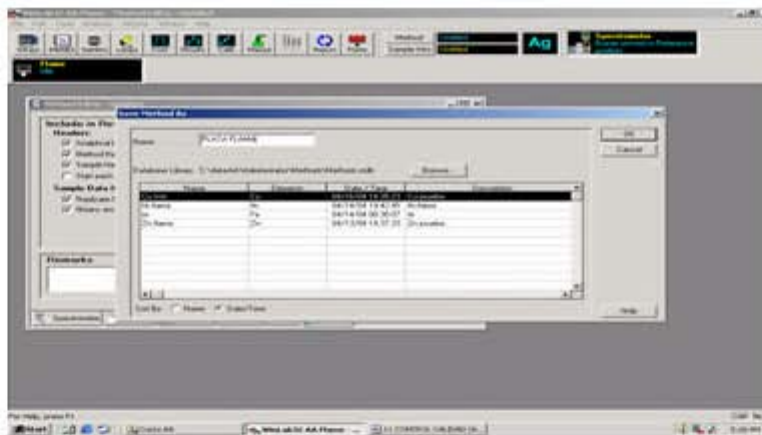
Figura 6-5. Espectrofotómetro Analyst 700 Perkin Elmer.

Método de espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar metales en el modalidad FLAMA.

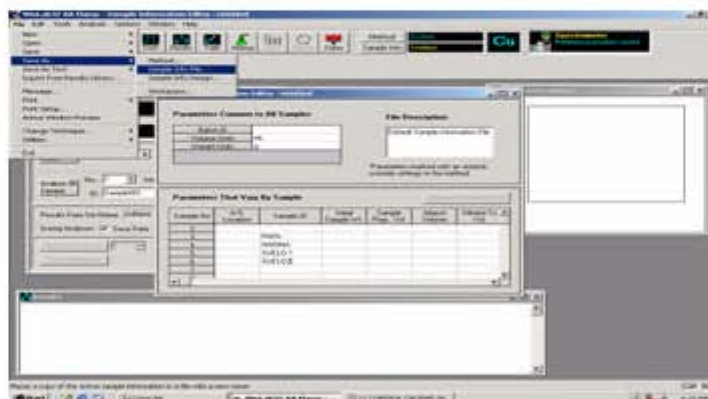
Se enciende el regulador de voltaje, el espectrofotómetro y la computadora. Se presiona el icono que representa WIN LAB 32 for Analyst 700.



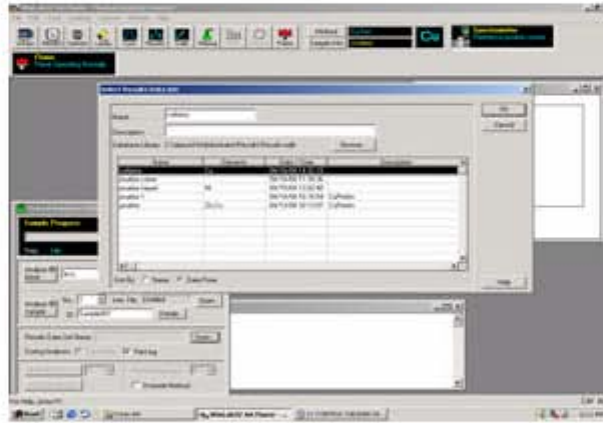
Se selecciona el método que se utilizara:



Se creó un archivo de muestras que se analizarán con el nombre y número consecutivo.



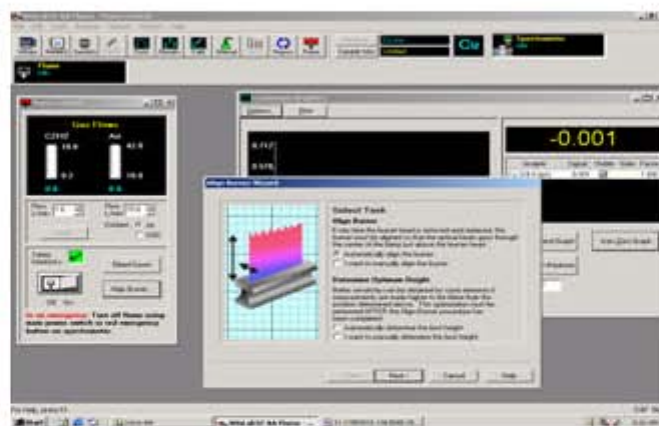
Para almacenar los resultados fue necesario, en la misma ventana dar clic en “Result Data Set Name” y aparecer un recuadro en donde se ingresa el nombre del elemento, fecha y alguna observación del mismo.



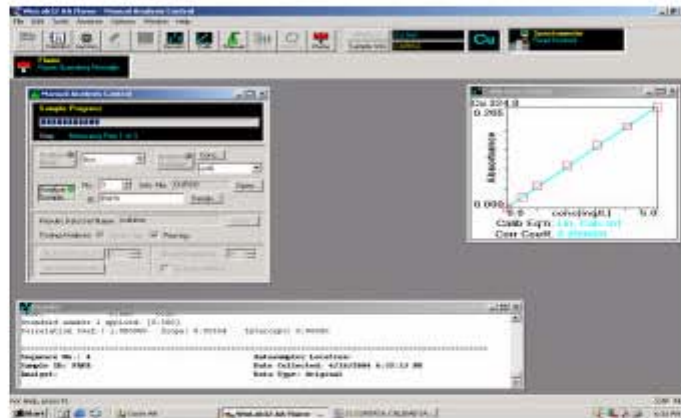
Se encendió la lámpara, esto se realiza en el icono Lamp y despliega un recuadro en el cual nos indica donde se colocó la lámpara.



Se alinea el quemador.



Se inyecta un blanco de calibración que dio cero de concentración.
Se inyecta la curva de calibración, el coeficiente de correlación debe tender a 1.



Se inyectaron las muestras colocando cada muestra en el capilar



Cuando se termina la inyección de muestras se cerro las ventanas y apaga la flama del quemador al apagarse la flama del quemador se purgo los gases se apago la lámpara se cierran todos los programas, válvulas de gases y se apaga el regulador principal del equipo.

Método espectrofotometría de absorción atómica para cuantificar metales pesados modalidad horno de grafito.

Se enciende el regulador de voltaje y el espectrofotómetro y la computadora. Se presiona el icono que representa WIN LAB 32 for Analyst 700.

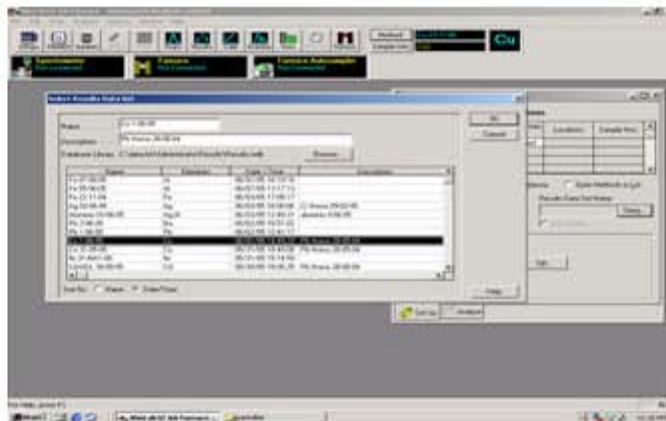


Se selecciona el método que se utilizo para cada metal (Aluminio, Bario, Cadmio, Cromo, Cobalto, Níquel, Plomo y Vanadio.)



Se creo un archivo con las muestras que se analizaran, con el nombre y numero consecutivo.

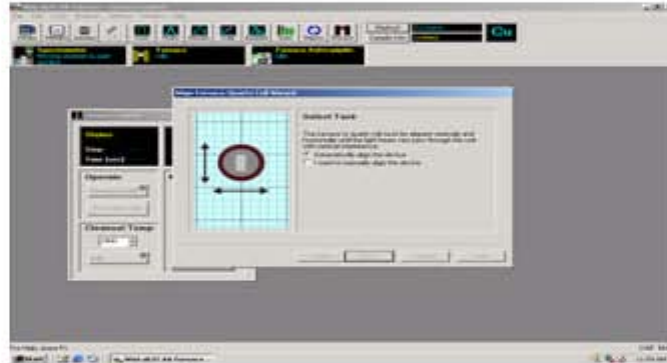
Para almacenar los resultados damos un clic en “Result Data Set Name” y abrimos otra ventana donde pondremos nombre del elemento, fecha. Y alguna observación acerca de los resultados y cerramos la ventana con OK.



Se enciende la lámpara, esto se realiza en el icono Lamp y despliega un recuadro en el cual nos indica donde se coloco la lámpara.



Se alinea el horno de grafito haciendo clic en el icono de Align Furnace, aparece en pantalla un recuadro para alinear automáticamente y le damos clic en Next.

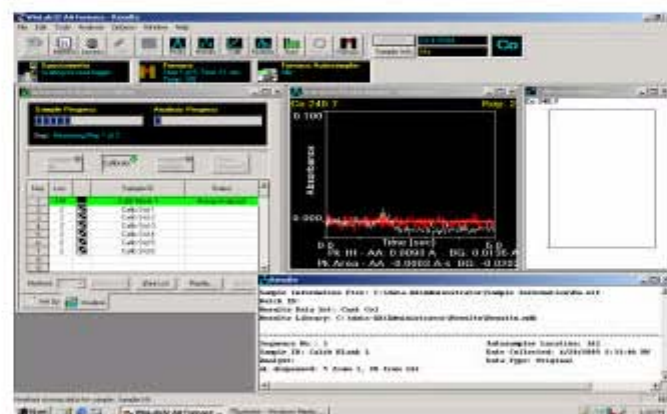


Se alinea el inyector en el tubo de grafito se asegura que el tubo entre correctamente en el tubo de grafito con la ayuda de los tornillos que tiene el Muestreador a un costado del equipo.

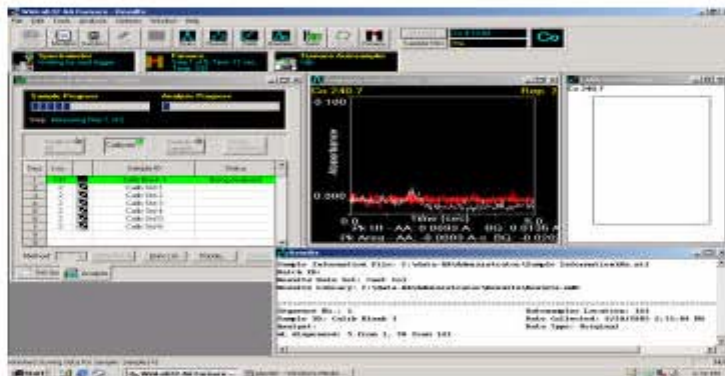


Se alinea la profundidad ad dentro del tubo de grafito, En la pantalla principal de alineación damos click en el icono, “Check autosampler tip alignment in the graphite tube”, para alinear la profundidad dentro del tubo de grafito.

Se inyecta la curva de calibración, en la cual el coeficiente de correlación debe tender a 1.



Se inyectaran las muestras que están dentro del carrusel. Las muestras que no entraron dentro de la curva, fueron diluidas hasta que la concentración caiga aproximadamente en el punto medio de la curva.



Al término de la inyección se apaga la lámpara, se cierran las ventanas de trabajo del equipo y se apaga el equipo.

Cálculos

Los resultados se reportarán de acuerdo a la siguiente formula:

$$\frac{(\text{Concentración reportada}) \times \text{aforo (100mL)}}{\text{gr de muestra (5.0 g aprox.)}} = \text{Valor} - \text{Valor blanco} = \text{Valor Real}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Aluminio.

La distribución de aluminio adsorbido en el sedimento del primer nivel muestra un valor máximo de 821.491 µg/kg con un promedio de 218.988 ± 132.849 µg/kg, en el segundo nivel este valor fue 719.633 µg/kg con un promedio de 287.412 ± 143.531 µg/kg y en el tercer nivel el valor máximo fue de 1051.58 µg/kg con un promedio de 464.72 ± 216.27 µg/kg.

En la red de monitoreo para el primer nivel, la concentración mas alta se presento en la estación 13 -6 con 695.14 µg/kg, par a el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 5-4 con 555.82 µg/kg y para el tercer nivel correspondió a la estación 9-4 782 µg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 15 -14 con 26.53 µg/kg para el primer nive l, para el segundo nivel en la estación 15 -14 con 41.38 µg/kg y en el tercer nivel la estación 15-16 con 90.08 µg/kg. (Figura 7-1).

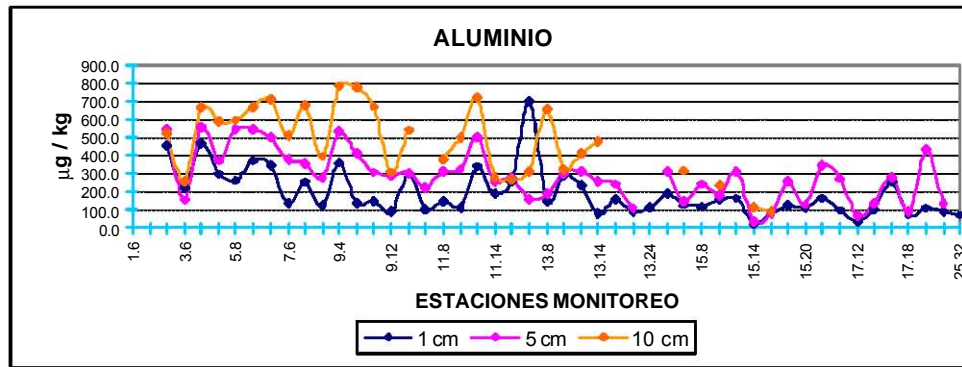


Figura 7-1. Comparación de valores de concentración de aluminio en sedimentos en red de Monítoreo.

En la red de emanaciones naturales, las estaciones con los mayores registros corresponden para el primer nivel a la estación CH -15 con 266 µg/kg en el segundo nivel a la estación CH-8 con 374 µg/kg y para el tercer nivel la estación CH-9 con 982.µg/ kg, y las estaciones con los menores registros corresponden a las estaciones CH-9 con 43.20 µg/kg para el primer nivel la CH -14 con 53.30 µg/kg para el segundo nivel y para el tercer nivel a la estación CH-6 con 166.63 µg/kg. (Figura 7-2).

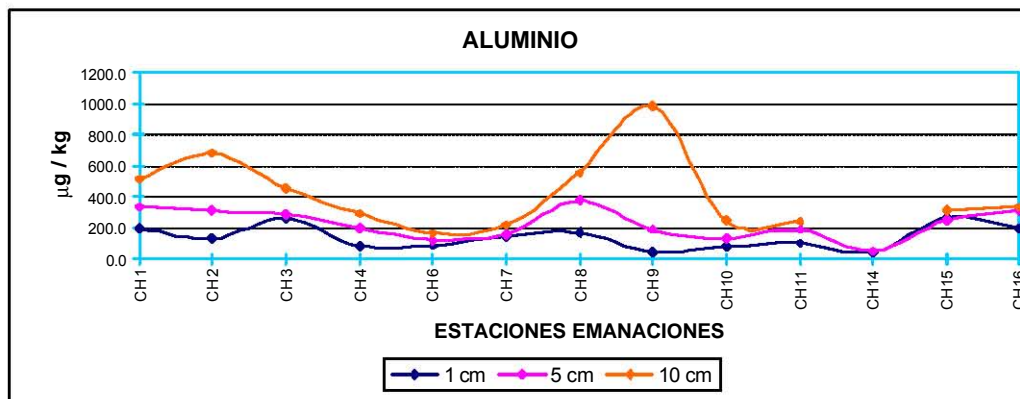


Figura 7-2. Comparación de valores de concentración de aluminio en sedimentos en red de Emanaciones

Para la red infraestructura, las estaciones con los valores mas altos corresponden a la estación, P-9 con 708 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el primer nivel, a la estación P -9 con 719 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el segundo nivel y la estación P -6 con 1051 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en le tercer nivel, los menores registros fueron en el primer nivel la estación P-23 con 37.93 $\mu\text{g}/\text{kg}$, la estación P- 39 del segundo nivel con 67.56 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y la estación P-37 con 113.34 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el tercer nivel. (Figura 7-3).

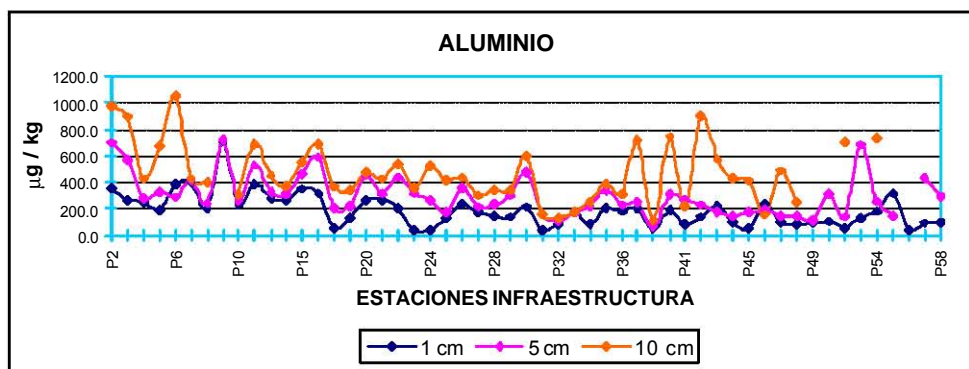


Figura 7-3. Comparación de valores de concentración de aluminio en sedimentos en red de Infraestructura.

Primer nivel (0 - 1cm)

En general se observa que existe una zona de baja concentración en la parte N y E; en la zona de las plataformas marinas se observa un área puntual de alta concentración. La concentración de este metal adsorbido, en la parte Norte de la Península de Yucatán se encuentra por debajo de los 10.00 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Figura 7-4). La parte W, presenta mayores concentraciones.

A partir de las bocas de la laguna de Términos, Campeche, se observan aportes costeros motivados por la deposición de los sedimentos en éstas áreas someras (Figura 7-4). Los aportes más importantes en la zona de estudio se dan en la zona Norte de las plataformas donde se aprecia concentraciones de valores más altos (Figura 7-4) y los cuales se desplazan por las corrientes marinas de fondo hacia la parte más profunda del Golfo de México. Se aprecia que existe, en la zona Noroeste, un ligero aumento de concentración de aluminio, seguramente debido a las actividades antropogénicas de la zona y las vertientes de los ríos cercanos como es el Coatzacoalcos así como una pluma de concentración de aluminio originada desde el río Grijalva.

Hacia la zona Noroeste del área de plataformas marinas existe un nodo de concentración formado probablemente por las corrientes profundas marinas, los aportes fluviales y las actividades antropogénicas del área (Figura 7-4).

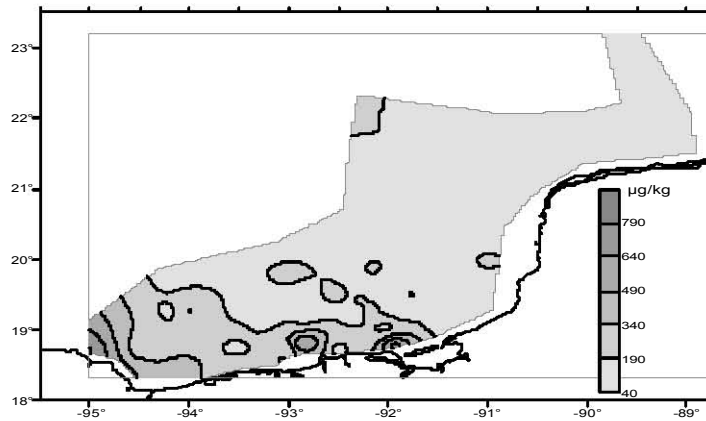


Figura 7-4. Distribución de concentraciones de aluminio en sedimentos nivel de 0-1 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Para el segundo nivel, en la parte Este del sistema lagunar Carmen -Pajonal-Machona, se registro un nodo de concentración de aluminio que se puede apreciar con mayor claridad en el segundo y tercer nivel, motivado por la remoción de los sedimentos por vientos, lanchas y organismos marinos. En la parte Oeste de la zona de las plataformas marinas se aprecia un aumento de concentración (Figura 7-5), debido a las actividades petroleras de la zona, resuspensión de sedimentos y el flujo de las corrientes del fondo.

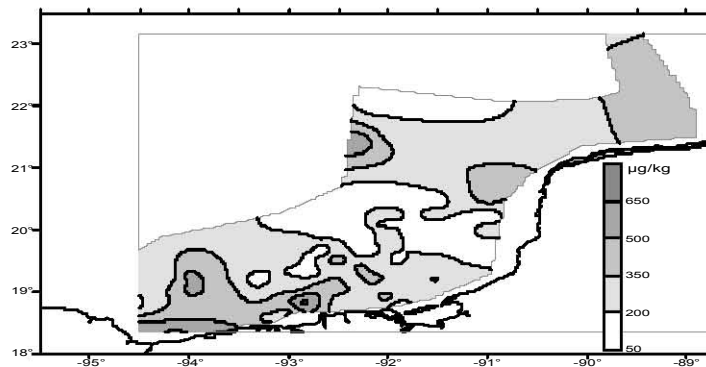


Figura 7-5. Distribución de concentraciones de aluminio en sedimentos nivel de 4-5 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

En el tercer nivel se presentan concentraciones bajas (Figura 7-6) al Este de la zona de estudio. En la zona de las plataformas se observan concentraciones intermedias y altas, la parte W muestra concentraciones bajas e intermedias. Hacia la zona profunda la concentración se incrementa en este nivel.

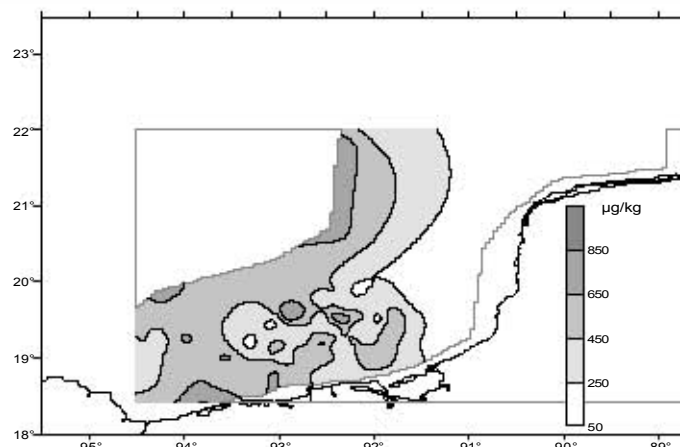


Figura 7-6. Distribución de concentraciones de aluminio en sedimentos nivel de 10 cm de profundidad, (µg/kg).

Los diagramas de caja muestran el comportamiento del aluminio en los tres niveles muestreados en cada una de las diferentes redes de muestreo. Para el primer nivel se observa que el mayor rango de datos salientes se presenta en la red de muestreo del monitoreo y el menor para la red de emanaciones naturales. Los valores de la mediana se encuentran cerca de la normal y al cuartil de 25% (Figura 7-7).

Para el segundo nivel el rango de datos salientes muestra un intervalo semejante en la red de monitoreo e instalaciones petroleras, ésta última solamente presenta datos salientes; la mediana se aproxima a la normal y al cuartil del 25% (Figura 7-8).

Para el tercer nivel se observa el mayor intervalo de datos salientes en la red de instalaciones petroleras, con un dato saliente en la red de emanaciones naturales e instalaciones petroleras; la mediana tiende al cuartil del 25%, excepto en la red de monitoreo (Figura 7-9).

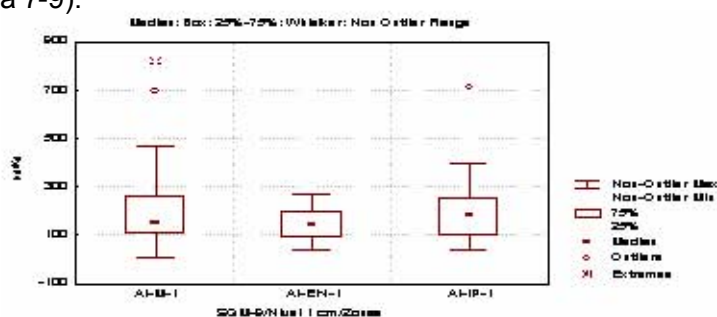


Figura 7-7. Diagrama de caja del aluminio en sedimentos al nivel de 0-1 cm de profundidad.

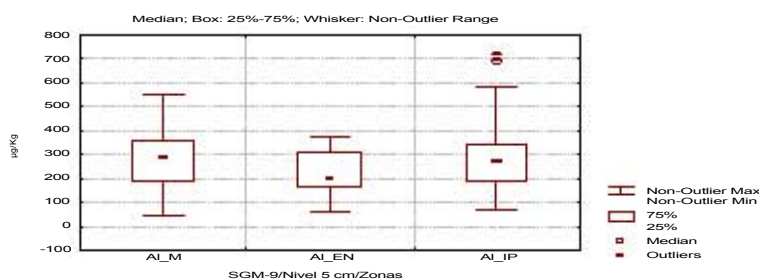


Figura 7-8. Diagrama de caja del aluminio en sedimentos al nivel de 4-5 cm de profundidad.

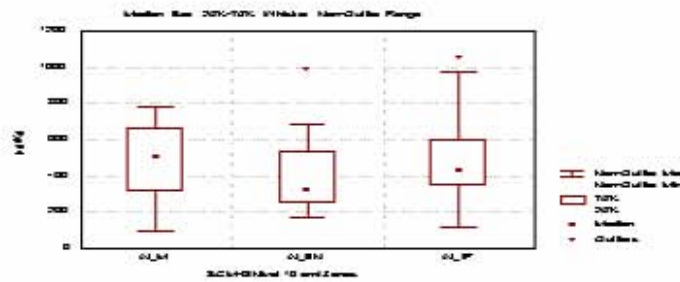


Figura 7-9. Diagrama de caja del aluminio en sedimentos al nivel de 8–10 cm de profundidad

Bario.

El Bario presentó un valor máximo de concentración de 98.288 µg/kg en el primer nivel con un valor promedio de 38.713 ± 14.240 µg/kg, en el segundo nivel este valor fue un poco menor con un máximo de 68.893 µg/kg y un promedio de 35.136 ± 14.068 µg/kg, y en el tercer nivel el valor máximo de 83.562 µg/kg y un promedio de 34.919 ± 12.362 fue mayor que el del segundo nivel, pero menor que el del primer nivel, valor promedio de concentración de bario fue de 37.923 ± 14.747 µg/kg.

En la red de monitoreo para el primer nivel, la concentración mas alta se presento en la estación 5-10 con 68.716 µg/kg, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la misma estación 5-10 con 68.635 µg/kg y para el tercer nivel correspondió a la estación 5-8 con 75.188 µg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 7-4 con 12.466 µg/kg en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 13.20 con 6.168 µg/kg y en el tercer nivel la estación 7-4 con 10.622 µg/kg. (Figura 7-10).

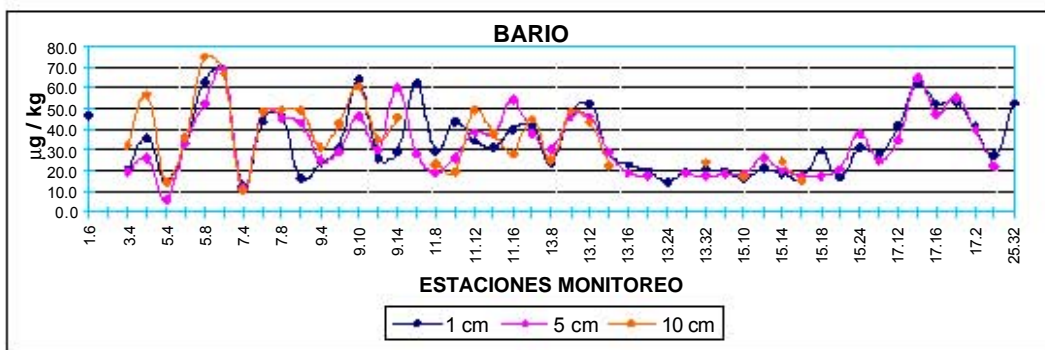


Figura 7-10. Comparación de valores de concentración de bario en sedimentos red de Monitoreo.

En la red de emanaciones naturales, la estaciones con los mayores registros corresponden a la estación CH -3 para los tres niveles, así, en el primer nivel con 69.107 µg/kg, en el segundo nivel con 63.28 µg/kg y para el tercer nivel con 77.166 µg/kg, y las estaciones con los menores registros corresponden a las estaciones CH -11 con 20.354 µg/kg para el primer nivel, a la estación CH-6 con 19.516 µg/kg para el segundo nivel y para el tercer nivel a la estación CH-11 con 30.559 µg/kg. (Figura 7-11).

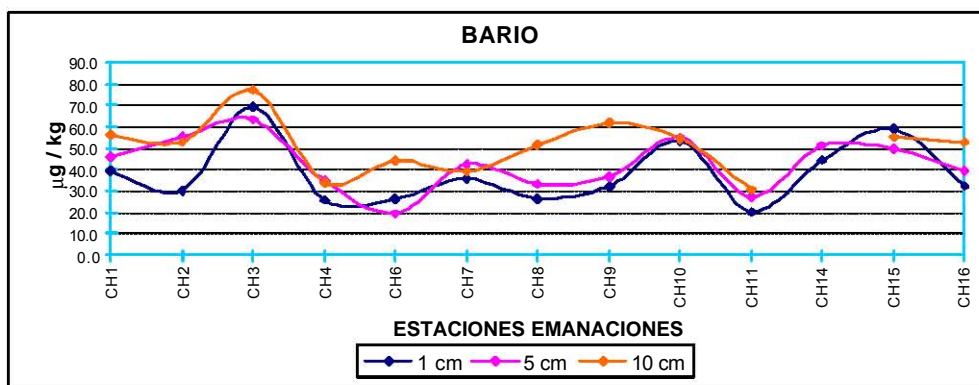


Figura 7-11. Comparación de valores de concentración de bario en sedimentos en red de Emanaciones.

Para la red infraestructura, las estaciones con los valores mas altos corresponden a la estación, P-30 con 98.288 µg/kg para el primer nivel, a la estación P-25 con 68.893 µg/kg para el segundo nivel y la estación P -23 con 83.562 µg/kg en le tercer nivel, los menores registros fueron en la estación P-4, el primer nivel con 11.500 µg/kg, el segundo nivel con 8.533 µg/kg y con 16.008 µg/kg para el tercer nivel. (Figura 7-12).

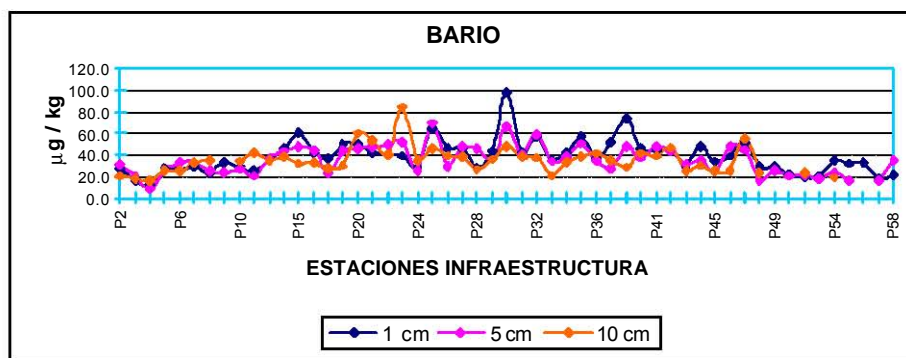


Figura 7-12. Comparación de valores de concentración de bario en sedimentos en red de Infraestructura

Primer nivel (0-1cm).

Se observa una zona de alta concentración frente a las costas de la Ciudad de Campeche que se extiende a las costas de Yucatán, probablemente debido a la presencia de los sedimentos carbonatados de la zona. Se continúa observando valores de alta concentración hacia la zona profunda del área de estudio parte W, se observan concentraciones altas en la zona de las plataformas marinas (Figura 7-13).

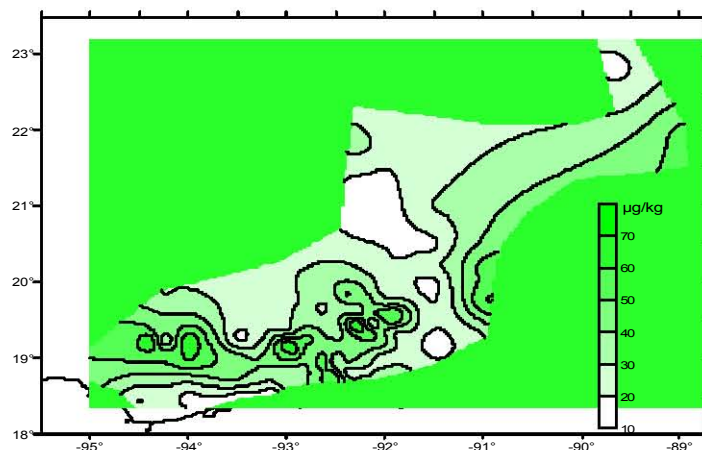


Figura 7-13. Distribución de concentraciones de bario en sedimentos al nivel de 01 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Segundo nivel (4-5 cm).

En este nivel, aún se alcanza a percibir una concentración intermedia en la parte NO de la zona de las plataformas marinas; se mantiene la concentración alta en Campeche, la parte N de la Península de Yucatán mantiene con concentraciones intermedias a esta profundidad. Es importante señalar que para este nivel se observa con claridad la dirección de las corrientes de fondo, que han dado forma a los núcleos de alta concentración y que mantienen una zona W de alta concentración. Es clara una franja de baja concentración que divide la parte carbonatada y la terrígena (Figura 7-14).

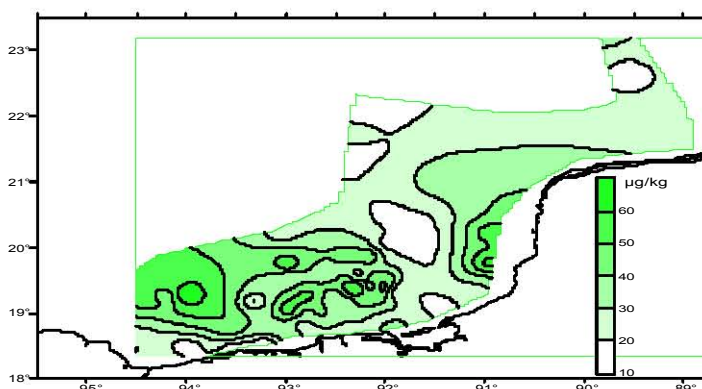


Figura 7-14. Distribución de concentraciones de bario en sedimentos al nivel de 45 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Tercer nivel (8-10cm).

Se observa que el área N y E presentan menores concentraciones que las registradas en la el área centro y W de la zona de estudio. La zona de las plataformas marinas muestra una concentración baja que se incrementa hacia la parte W y que alcanzan su mayor concentración frente a las costas del río Coatzacoalcos (Figura 7-15).

Finalmente para el bario adsorbido, se puede señalar que su disminución en superficie muestra un mejor manejo de los lodos de perforación en el área. En niveles más profundos del sedimento se alcanza a percibir que los procesos geoquímicos han incorporado al bario estructuras minerales, ya que la concentración es baja.

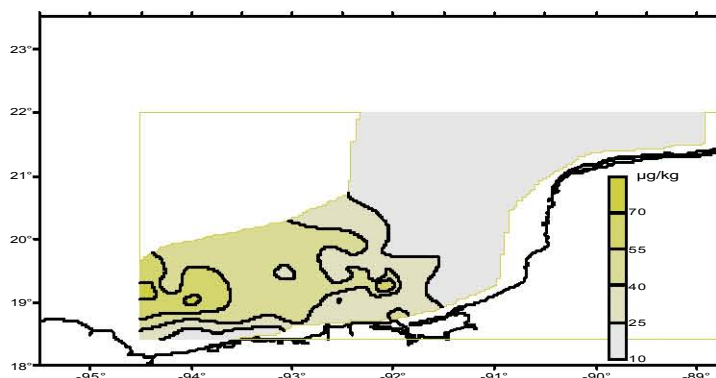


Figura 7-15. Distribución de concentraciones de bario en sedimentos al nivel de 810 cm de profundidad, (µg/kg).

Los diagramas de cajas indican que las muestras de sedimentos del primer nivel de las emanaciones naturales no presentan valores extremos o salientes del intervalo (Figura 7-16), la red de instalaciones petroleras muestra a dos valores salientes, los intervalos de datos salientes son semejantes en las tres redes de muestreo. La mediana muestra una cercanía a la normal y el cuartil del 25%.

El mayor intervalo para los datos salientes se presenta para las muestras de sedimentos del segundo nivel para la red de las instalaciones y el menor para el de las emanaciones naturales (Figura 7-17); la mediana tiende al cuartil de 25% y se presenta un sesgo negativo.

Para el tercer nivel, se observa el mayor rango de datos salientes en la red de monitoreo, se observa un valor extremo en al red de instalaciones petroleras, debido a las actividades de exploración; La mediana tiende al cuartil del 75% y la normal presenta un sesgo positivo (Figura 7-18).

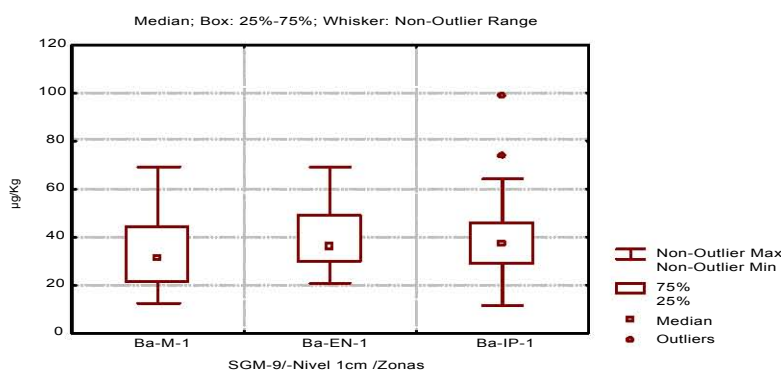


Figura 7-16. Diagrama de caja del bario en sedimentos al nivel de 0–1 cm de profundidad.

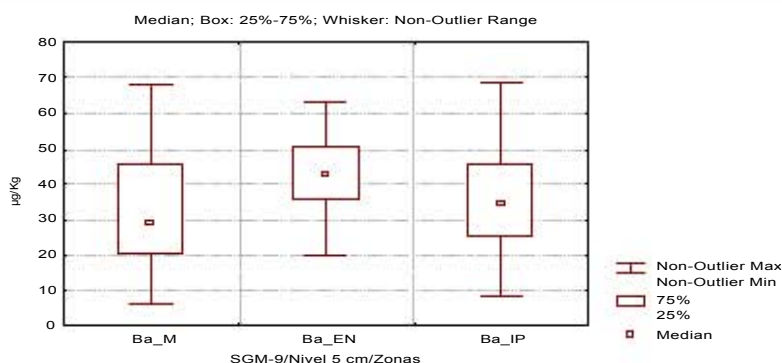


Figura 7-17. Diagrama de caja del bario en sedimentos al nivel de 4–5 cm de profundidad.

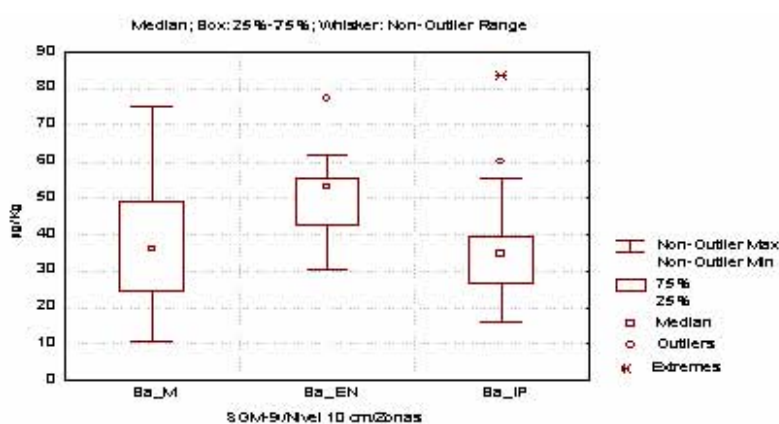


Figura 7-18. Diagrama de caja del bario en sedimentos al nivel de 8–10 cm de profundidad 2004.

Cadmio.

La distribución de cadmio en el área de estudio presentó un valor máximo de concentración de 113.957 µg/kg en el primer nivel con un valor promedio de 34.400 ± 22.677 µg/kg, en el segundo nivel este valor fue un poco mayor con un máximo de 118.752 µg/kg y un promedio de 36.611 ± 26.309 µg/kg, y en el tercer nivel el valor máximo de 100.378 µg/kg y valor promedio de concentración de 38.136 ± 25.968 µg/kg.

En la red de monitoreo para el primer nivel, la concentración mas alta se presento en la estación 13-10 con 113.957 µg/kg, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 11-12 con 118.752 µg/kg y para el tercer nivel correspondió a la estación 5-8 con 95.987 µg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 9-14 con 4.774 µg/kg en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 15-24 con 7.053 µg/kg y en el tercer nivel la estación 7-6 con 8.361 µg/kg. (Figura 7-19).

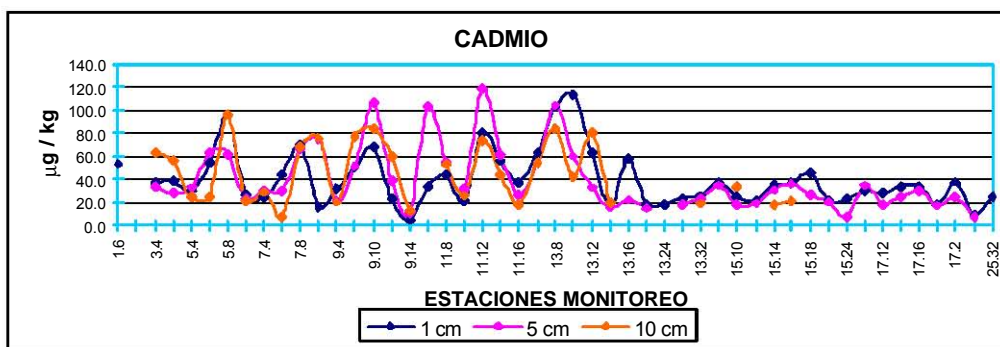


Figura 7-19. Comparación de valores de concentración de cadmio en sedimentos en red de Monitoreo

En la red de emanaciones naturales, las estaciones con los mayores registros corresponden a la estación CH -6 para los tres niveles, así, en el primer nivel con 86.995 µg/kg, en el segundo nivel con 93.792 µg/kg y para el tercer nivel con 100.378 µg/kg, y las estaciones con los menores registros corresponden a las estaciones CH -14 con 10.512 µg/kg para el primer nivel, a la estación CH-14 con 2.718 µg/kg para el segundo nivel y para el tercer nivel a la estación CH-1 con 10.420 µg/kg. (Figura 7-20).

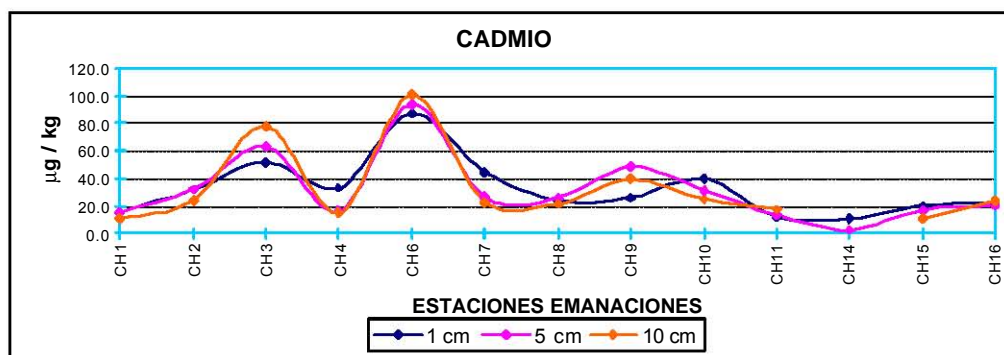


Figura 7-20. Comparación de valores de concentración de cadmio en sedimentos en red de Emanaciones

Para la red infraestructura, las estaciones con los valores mas altos corresponden a la estación, P-27 con 99.078 µg/kg para el primer nivel, a la estación P-28 con 116.391 µg/kg para el segundo nivel y la estación P -28 con 94.554 µg/kg en le tercer nivel, los menores registros fueron en la estación P-48 en el primer nivel con 3.673 µg/kg, la P -52 en el segundo nivel con 3.363 µg/kg y la P-48 con 2.175 µg/kg para el tercer nivel. (Figura 7-21).

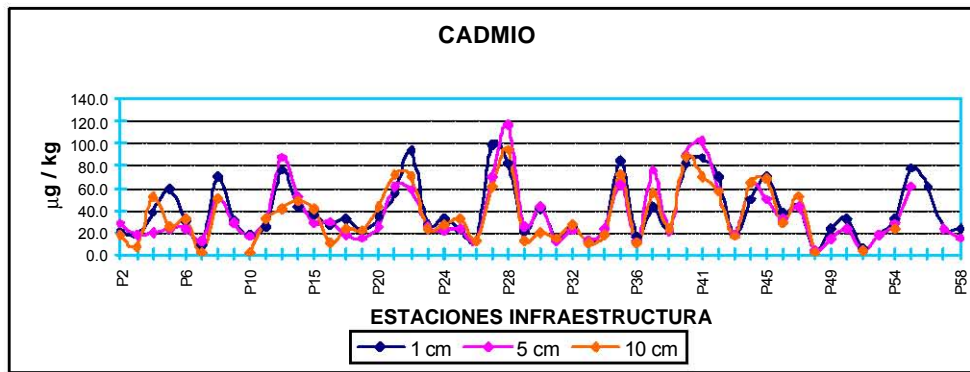


Figura 7-21. Comparación de valores de concentración de cadmio en sedimentos en red de Infraestructura.

Primer nivel (0 - 1 cm).

Se presenta una franja de concentración homogénea en la parte profunda del área de estudio; discretos núcleos de concentración alta se ubican en la parte S y W de la zona de las plataformas marinas y hacia el río Coatzacoalcos (Figura 7-22); se alcanza a percibir concentraciones moderadas, posiblemente provenientes del Mar Caribe. Los aportes costeros son escasos.

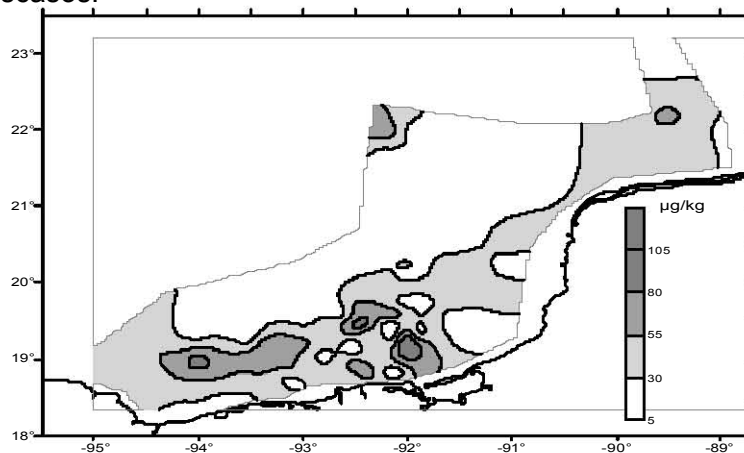


Figura 7-22. Distribución de concentraciones de cadmio en sedimentos al nivel de 01 cm de profundidad. (µg/kg).

Segundo nivel (4-5 cm).

Se observa una zona N de baja concentración, interrumpida en la zona profunda, por la presencia de una pequeña zona de mediana concentración. La zona de las plataformas marinas muestra concentraciones de bajas a altas (Figura 7 -23). Es notorio en este nivel el aporte de los ríos Grijalva y San Pedro – San Pablo. La parte W, mantiene una concentración intermedia y baja hacia la parte costera y la profunda. Es notoria la distribución de los sedimentos modificada por los procesos físicos, biológicos y geoquímicos.

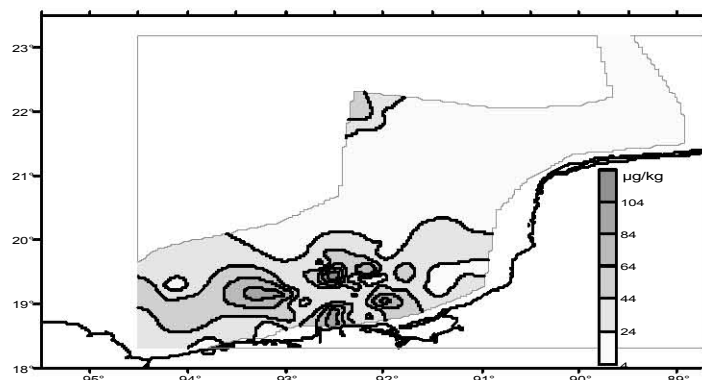


Figura 7-23. Distribución de concentraciones de cadmio en sedimentos al nivel de 45 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Tercer nivel (8-10cm).

Se mantiene la zona N con baja concentración, semejante al nivel anterior; la zona de plataformas marinas muestra concentraciones bajas a altas. La parte W muestra concentraciones altas en su parte central y se alcanzan a percibir pequeños aportes costeros en parte de Tabasco y la laguna de Términos (Figura 7-24). Se puede apreciar que frente a la laguna de Términos y en toda la zona de plataformas existe un aumento de concentración de cadmio seguramente debido a las actividades de perforación y extracción de petróleo de esta área.

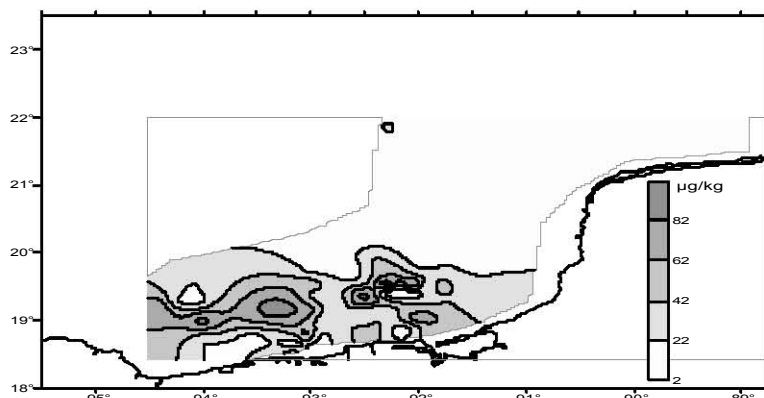


Figura 7-24 Distribución de concentraciones de cadmio en sedimentos al nivel de 8-10 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Los diagramas de caja muestran la presencia de datos extremos y salientes para la red de monitoreo en las dos primeras profundidades y la mediana tiende al cuartil del 25%, para el tercer nivel la mediana muestra una cercanía a la norma (Figura 7-27). Las emanaciones naturales muestran en el menor intervalo de datos salientes y la mediana tiene una tendencia alternada; se presentan datos extremos en las dos últimas profundidades. Para las estaciones de la red de instalaciones petroleras, los diagramas de caja muestran el mayor intervalo de datos salientes y el menor número de datos salientes; la mediana tiende al cuartil del 25% y se presentan sesgos negativos de distribución (Figuras 7-25, 7-26 y 7-27).

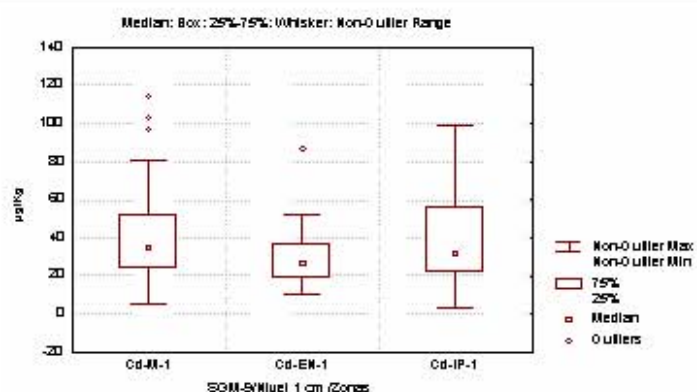


Figura 7-25. Diagrama de caja del cadmio en sedimentos al nivel de 0–1 cm de profundidad

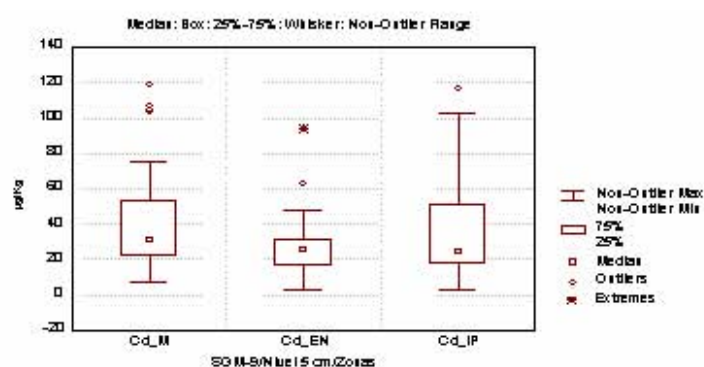


Figura 7-26 Diagrama de caja del cadmio en sedimentos al nivel de 4–5 cm de profundidad, campaña oceanográfica SGM-9, 2004.

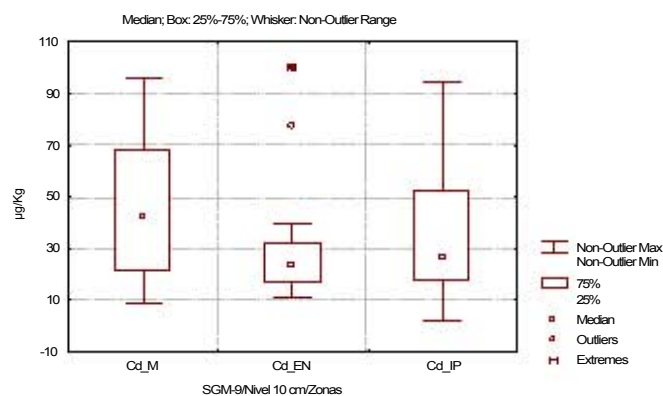


Figura 7-27. Diagrama de caja del cadmio en sedimentos al nivel de 8–10 cm de profundidad

Cobalto.

Para el cobalto la distribución de concentraciones en el área de estudio presentó un valor máximo de concentración de 2.840 µg/kg en el primer nivel con un valor promedio de 1.649 ± 0.455 µg/kg, en el segundo nivel un máximo de 2.290 µg/kg y un promedio de 1.197 ± 0.384 µg/kg, y en el tercer nivel un valor máximo de 1.723 µg/kg y valor promedio de concentración de 1.098 ± 0.282 µg/kg.

En la red de monitoreo para el primer nivel, la concentración mas alta se presento en la estación 17 -10 con 2.148 $\mu\text{g}/\text{kg}$, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 13-12 con 1.929 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y para el tercer nivel a la estación 11-16 con 1.589 $\mu\text{g}/\text{kg}$, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 15.18 con 0.251 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 5-10 con 0.092 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y en el tercer nivel la estación 15-14 con 0.110 $\mu\text{g}/\text{kg}$. (Figura 7-28).

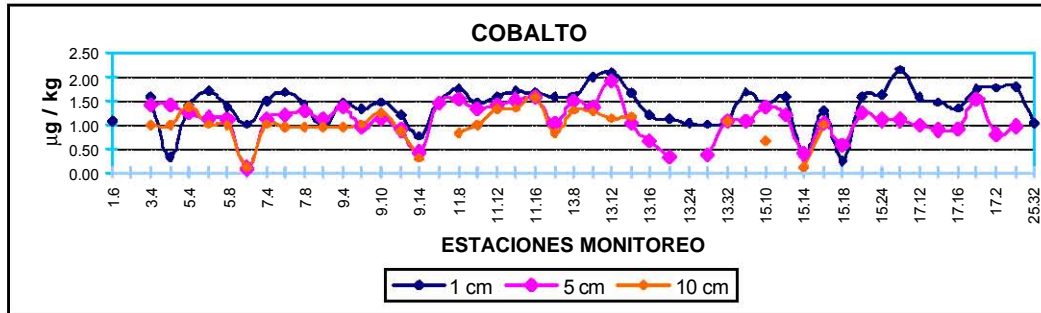


Figura 7-28. Comparación de valores de concentración de cobalto en sedimentos en red de Monitoreo

En la red de emanaciones naturales, la estaciones con los mayores registros corresponden a la estación CH -10 con 2.015 $\mu\text{g}/\text{kg}$, la CH-11 en el segundo nivel con 1.686 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y para el tercer nivel la estación CH-8 con 1.416 $\mu\text{g}/\text{kg}$, y las estaciones con los menores registros corresponden a las estaciones CH -16 con 1.707 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el primer nivel, a la estación CH-14 con 0.966 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el segundo nivel y para el tercer nivel a la estación CH-9 con 0.894 $\mu\text{g}/\text{kg}$. (Figura 7-29).

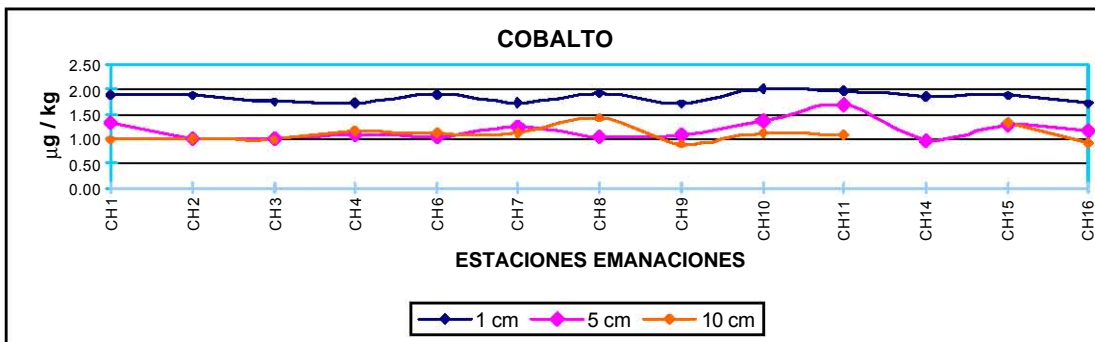


Figura 7-29. Comparación de valores de concentración de cobalto en sedimentos en red de Emanaciones.

Para la red infraestructura, las estaciones con los valores mas altos corresponden a la estación, P-32 con 2.840 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el primer nivel, a la estación P-54 con 2.290 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el segundo nivel y la estación P-23 con 1.773 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en el tercer nivel, los menores registros fueron en la estación P-3 en el primer nivel con 1.003 $\mu\text{g}/\text{kg}$, la P-57 en el segundo nivel con 0.121 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y la P-52 con 0.526 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el tercer nivel. (Figura 7-30).

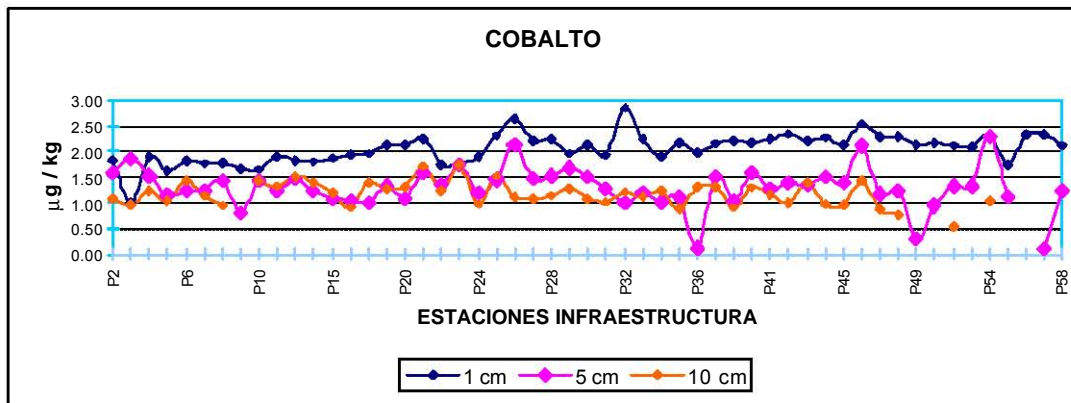


Figura 7-30. Comparación de valores de concentración de cobalto en sedimentos en red de Infraestructura

Primer nivel (0-1cm).

Se observa un aporte en la parte N de la Península de Yucatán proveniente del Mar Caribe y que se disminuye al finalizar la zona carbonatada, posteriormente la concentración se vuelve a incrementar en la zona de las plataformas marinas y disminuye hacia la parte W del área de estudio. Se puede apreciar un aumento de concentración por las corrientes provenientes del Mar Caribe (Figura 7-31). Los aportes costeros son escasos y parte de la zona profunda presenta valores elevados de concentración.

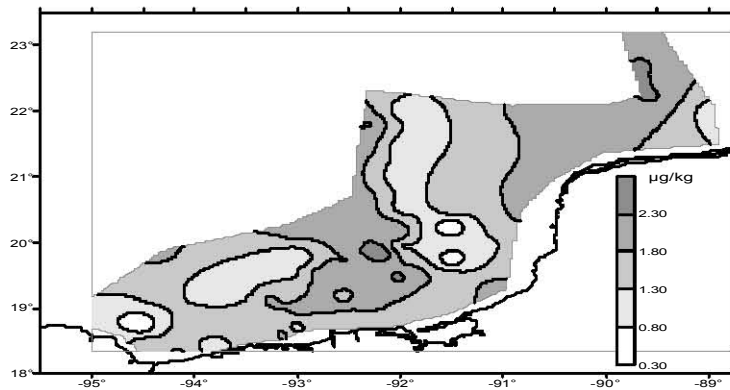


Figura 7-31 Distribución de concentraciones de cobalto en sedimentos al nivel de 0-1 cm de profundidad, (µg/kg).

Segundo nivel (4-5 cm).

Bajo el mismo comportamiento presentado en el primer nivel, se observa un aumento de concentración debido a las aportaciones de la resuspensión de los sedimentos y aunque no es tan claro como en el nivel anterior, se puede apreciar un aporte en la zona costera debida a los ríos cercanos, en la zona W se observa un pequeño nodo de mayor concentración cercano a la desembocadura del río Coatzacoalcos y otro nodo cerca del río Grijalva. Por último se observa una concentración elevada en la zona de las plataformas marinas, que mantiene esta concentración en la parte S (Figura 7-32).

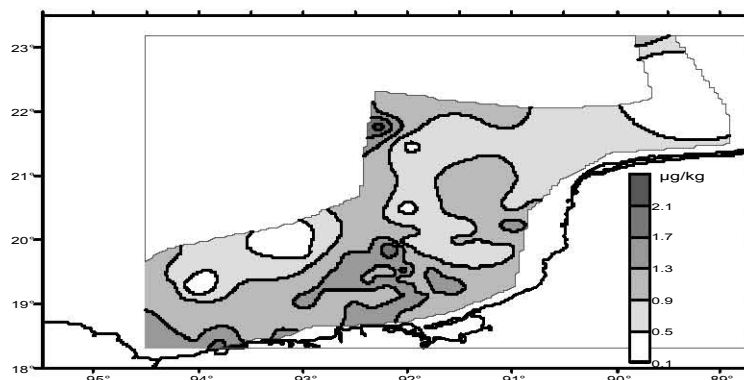


Figura 7-32. Distribución de concentraciones de cobalto en sedimentos al nivel de 45 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Tercer nivel (8-10cm).

Se mantiene una zona N de concentración intermedia que tiene límites en la zona carbonatada; en la zona de las plataformas marinas la concentración es alta y se sigue manteniendo al S de las plataformas marinas (Figura 7-33). La concentración disminuye hacia la zona profunda y se incrementa hacia las costas de Tabasco.

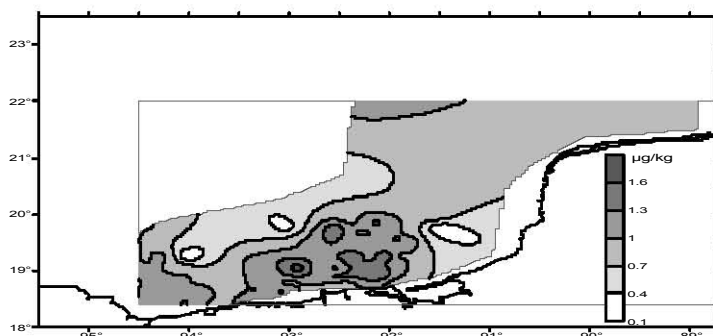


Figura 7-33. Distribución de concentraciones de cobalto en sedimentos al nivel de 810 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Los diagramas de caja muestran el menor rango de datos salientes para las estaciones de la red de emanaciones naturales en los tres niveles de profundidad; se presentan valores salientes y la mediana tiene a los cuartiles de 25 y 75%. EL diagrama de caja de la red de monitoreo muestra a la mediana cercana a los cuartiles del 25 y 75% y con sesgos negativos y un positivo para el primer nivel. La red de instalaciones petroleras presenta para el primer nivel y el segundo nivel el mayor rango de valores extremos; la mediana tiene al cuartil del 75% y a la normal (Figuras 7-34, 7-35 y 7-36).

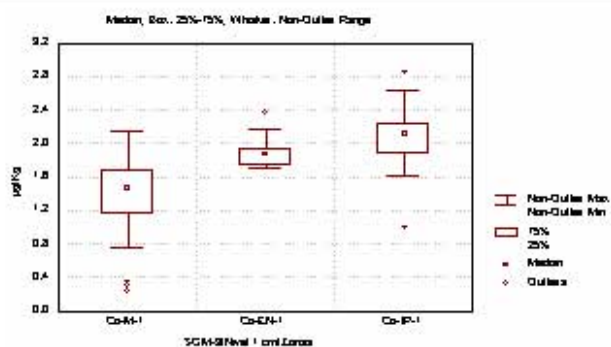


Figura 7-34. Diagrama de caja del cobalto en sedimentos al nivel de 0–1 cm de profundidad

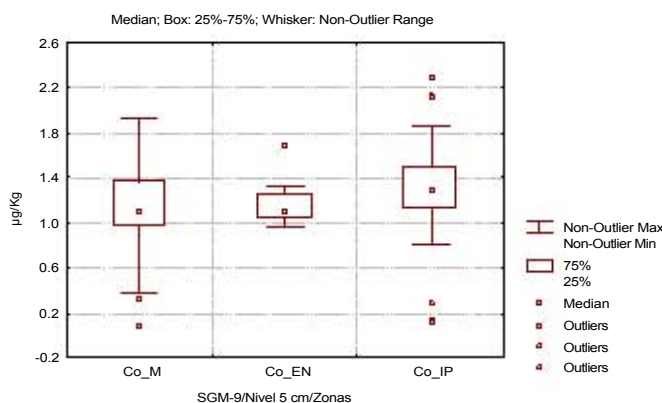


Figura 7-35. Diagrama de caja del cobalto en sedimentos al nivel de 4–5 cm de profundidad

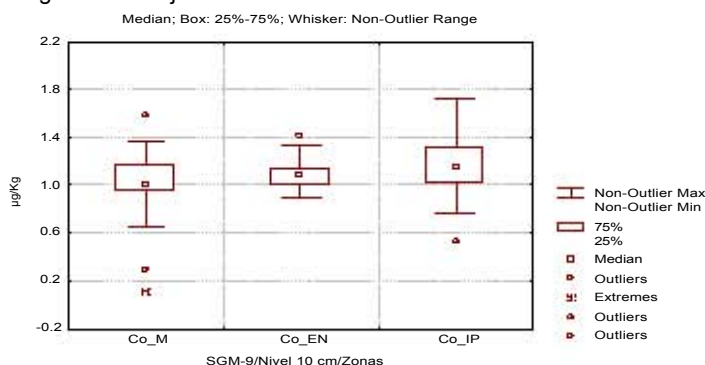


Figura 7-36. Diagrama de caja del cobalto en sedimentos al nivel de 8–10 cm de profundidad

Cromo.

La distribución concentración del cromo para el primer nivel muestra un valor máximo de 5.197 µg/kg y un promedio de 2.937 ± 0.862 µg/kg, para el segundo nivel un máximo de 6.175 µg/kg y un promedio de 2.492 ± 0.856 µg/kg, y en el tercer nivel un valor máximo de 5.175 µg/kg y valor promedio de concentración de 2.137 ± 0.728 µg/kg.

En la red de monitoreo para el primer nivel, la concentración mas alta se presento en la estación 11.6 con 4.487 µg/kg, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 11-6 con 6.175 µg/kg y para el tercer nivel a la estación 11-12 con 3.255 µg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 17-20 con 0.149 µg/kg en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 15-20 con 1.235 µg/kg y en el tercer nivel la estación 9-12 con 1.088 µg/kg. (Figura 7-37).

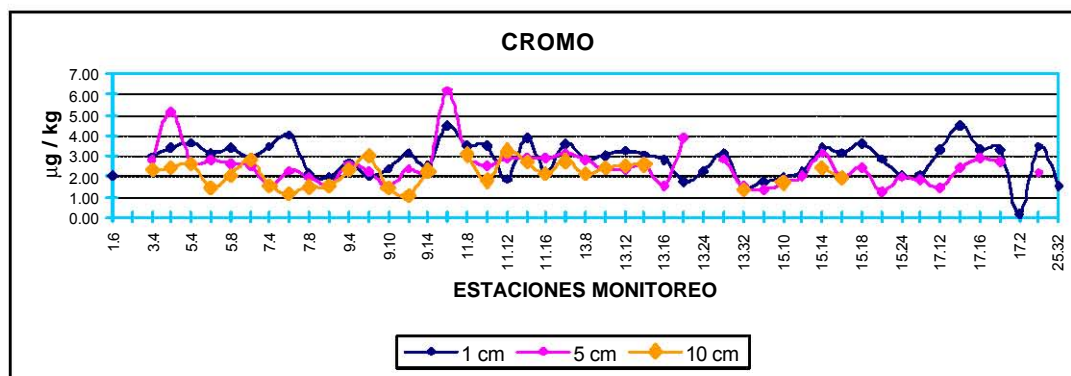


Figura 7-37. Comparación de valores de concentración de cromo en sedimentos en red de Monitoreo

En la red de emanaciones naturales, las estaciones con los mayores registros corresponden a la estación CH -4 con 4.715 µg/kg, la CH-6 en el segundo nivel con 3.207 µg/kg y para el tercer nivel la estación CH-16 con 3.223 µg/kg, y las estaciones con los menores registros corresponden a las estaciones CH-7 con 2.074 µg/kg para el primer nivel, a la estación CH-7 con 1.699 µg/kg para el segundo nivel y para el tercer nivel a la estación CH-1 con 1.354 µg/kg (Figura 7-38).

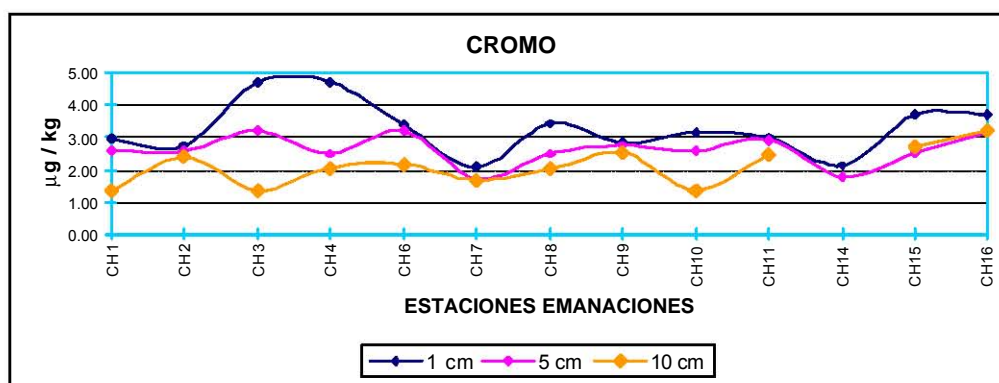


Figura 7-38. Comparación de valores de concentración de cromo en sedimentos en red de Emanaciones

Para la red infraestructura, las estaciones con los valores mas altos corresponden a la estación, P-58 con 5.197 µg/kg para el primer nivel, a la estación P-55 con 4.561 µg/kg para el segundo nivel y la estación P-46 con 5.175 µg/kg en el tercer nivel, los menores registros fueron en la estación P -11 en el primer nivel con 1.638 µg/kg, la P -53 en el segundo nivel con 0.724 µg/kg y la P-48 con 0.654 µg/kg para el tercer nivel (Figura 7-39).

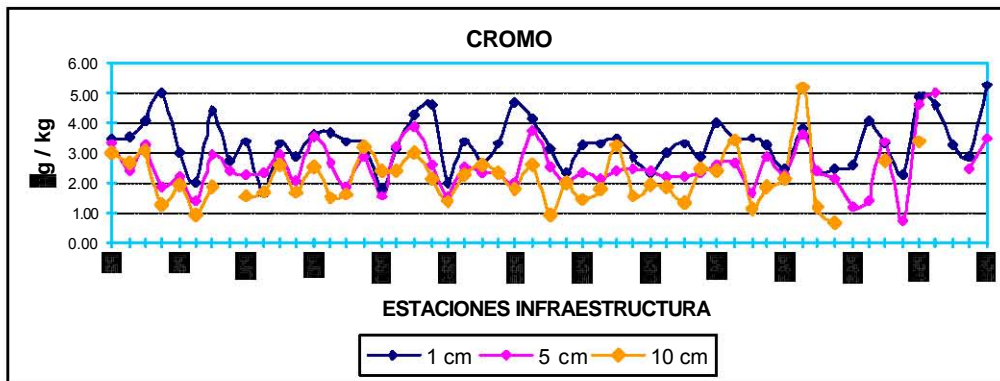


Figura 7-39. Comparación de valores de concentración de cromo en sedimentos en red de Infraestructura.

Primer nivel (0-1cm).

Se puede apreciar un posible aporte de las corrientes del Mar Caribe y la resuspensión de los sedimentos que afectan a la parte NE de la zona de estudio y que provocan un aumento de concentración. También se observa un aporte en la zona costera Oeste debido probablemente del río Coatzacoalcos y a los ríos de Tabasco; La concentración en la zona de las plataformas marinas es intermedia (Figura 7-40).

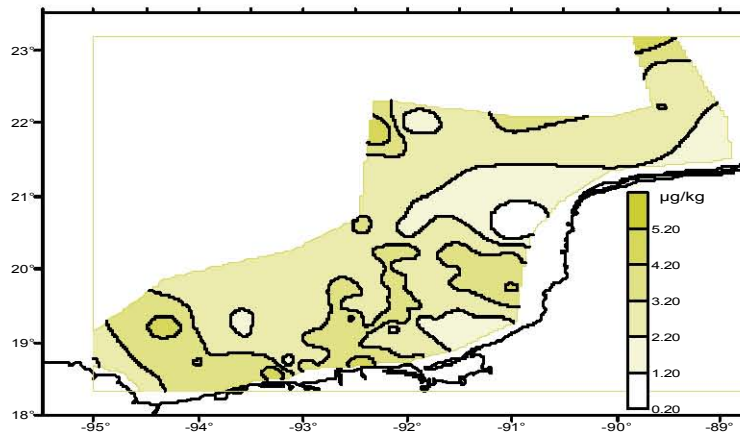


Figura 7-40. Distribución de concentraciones de cromo en sedimentos al nivel de 0-1 cm de profundidad, (µg/kg).

Segundo nivel (4-5 cm).

Como lo observado en el primer nivel, se aprecia un posible aporte del Mar Caribe y los efectos de la resuspensión de los sedimentos (ocasionados por los vientos y las corrientes de fondo) que inciden la parte N y NE de la zona de estudio y que aumentan de concentración. Se alcanza a apreciar un aumento de concentración en la zona costera W debido probablemente del río Coatzacoalcos y a los ríos San Pedro -San Pablo y Grijalva. En este nivel las concentraciones de cromo en la zona de plataformas marinas son más bajas comparada con la de otras zonas de este mismo nivel, lo cual se debe probablemente a los aportes de cromita que contienen las costas de Tabasco (Figura 7-41).

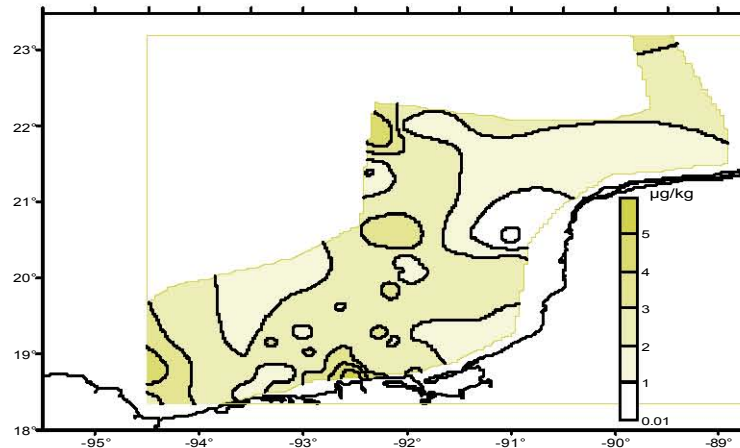


Figura 7-41. Distribución de concentraciones de cromo en sedimentos al nivel de 4- 5 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Tercer nivel (8-10cm).

Existe un aporte importante debido a la desembocadura del río Coatzacoalcos al Oeste de la zona de estudio que provoca una zona de mayor concentración de cromo. Pero en toda la costa se pueden observar aportes de este metal debido a las corrientes fluviales y los ríos, tales como el río Grijalva, San Pedro – San Pablo y río González. En la parte Este de la zona de estudio, se forma un área de concentración que tiene origen probablemente en las aportaciones de las corrientes del Norte de la Península de Yucatán y por las resuspensión de los sedimentos debido a los efectos de las corrientes de fondo y los vientos.

La zona de las plataformas marinas, presenta valores bajos e intermedios de concentración, en la parte O la zona profunda presenta menores concentraciones, respecto a la zona profunda de la parte N (Figura 7-42).

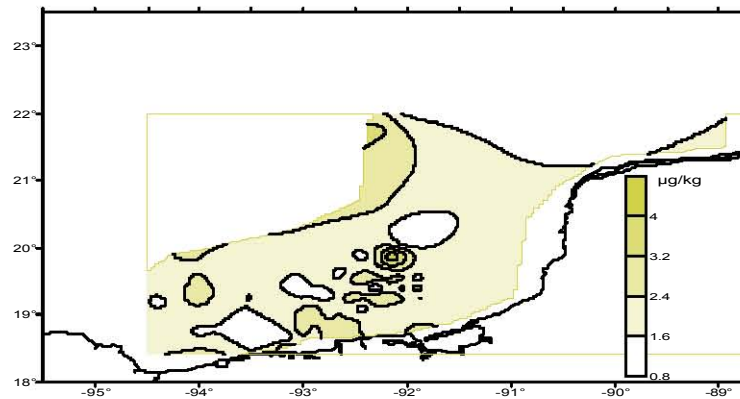


Figura 7-42. Distribución de concentraciones de cromo en sedimentos al nivel de 8-10 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Los diagrama de cajas para la red de monitoreo muestra intervalos de datos similares para el primero y segundo nivel, es menor para el tercer nivel, solamente el segundo nivel presenta datos extremos y salientes; la mediana tiende al cuartil del 7 5% y a la normal. Para la red de emanaciones naturales, el segundo nivel presenta el intervalo de datos

salientes más pequeño y con dato saliente; La mediana tiende al cuartil del 25% y a la normal. La red de instalaciones petroleras, muestra la mayor cantidad de datos salientes e intervalo, la mediana tiende al cuartil del 25% y existen sesgos negativos (figuras 7-43, 7-44 y 7-45).

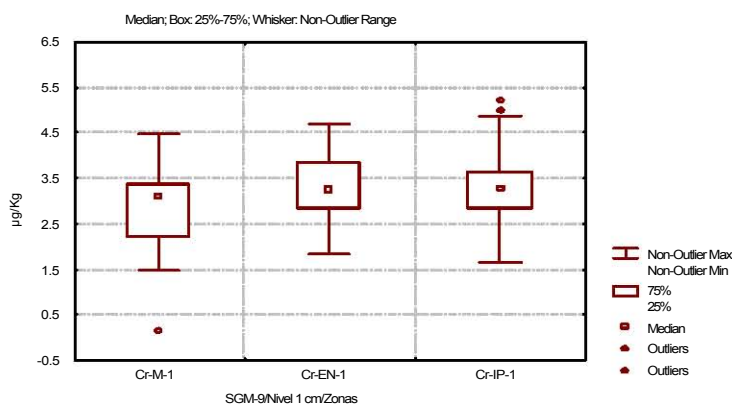


Figura 7-43. Diagrama de caja del cromo en sedimentos al nivel de 0-1 cm de profundidad

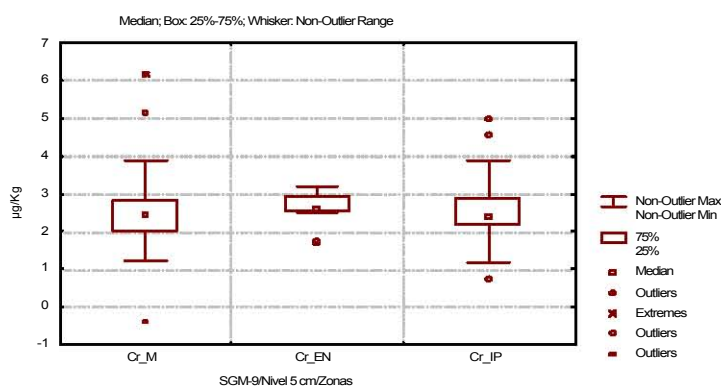


Figura 7-44. Diagrama de caja del cromo en sedimentos al nivel de 4-5 cm de profundidad

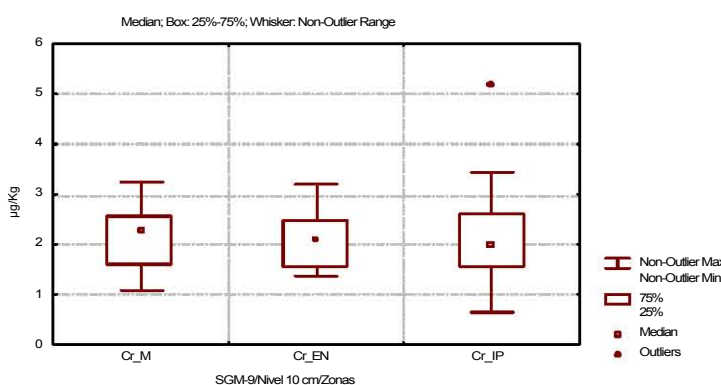


Figura 7-45. Diagrama de caja del cromo en sedimentos al nivel de 8-10 cm de profundidad

Hierro.

La concentración de hierro encontrada en la zona de estudio, presentó un valor máximo para el primer nivel de 12.095 mg/kg y un promedio de 5.361 ± 2.381 mg/kg, para el segundo nivel un máximo de 11.642 mg/kg y un promedio de 5.151 ± 2.387 mg/kg, y en el tercer nivel un valor máximo de 12.560 mg/kg y valor promedio de concentración de 5.838 ± 2.399 mg/kg.

En la red de monitoreo para el primer nivel, la concentración mas alta se presento en la estación 15-18 con 11.689 mg/kg, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 13-16 con 11.617 mg/kg y para el tercer nivel a la estación 13-10 con 8.510 mg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 17 -18 con 2.122 mg/kg en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 17 -14 con 2.156 mg/kg y en el tercer nivel la estación 9-6 con 1.033 mg/kg (Figura 7-46).

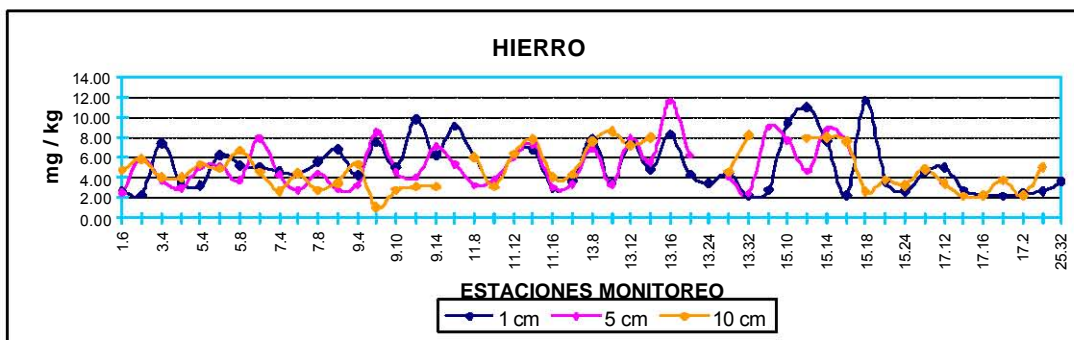


Figura 7-46. Comparación de valores de concentración de hierro en sedimentos en red de Monitoreo

En la red de emanaciones naturales, las estaciones con los mayores registros corresponden a la estación CH -15 con 11.554 mg/kg, la CH-11 en el segundo nivel con 11.642 mg/kg y para el tercer nivel la estación CH -16 con 11.074 mg/kg, y las estaciones con los menores registros corresponden a las estaciones CH-2 con 2.243 mg/kg para el primer nivel, a la estación CH -3 con 2.19 mg/kg para el segundo nivel y para el tercer nivel a la estación CH-2 con 2.000 mg/kg (Figura 7-47).

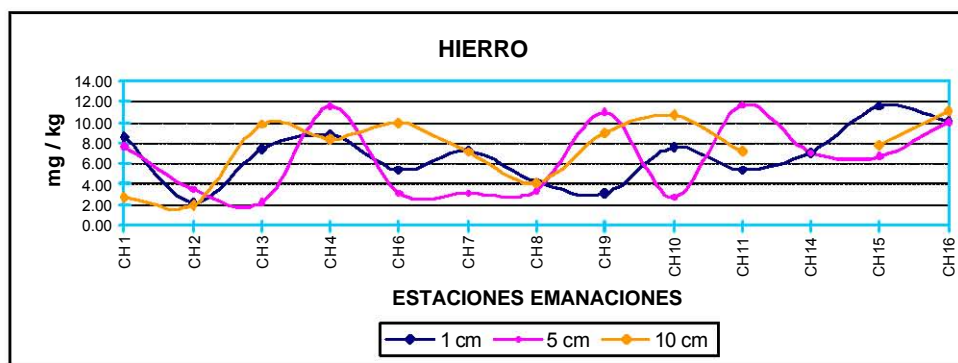


Figura 7-47. Comparación de valores de concentración de hierro en sedimentos en red de Emanaciones

Para la red infraestructura, las estaciones con los valores mas altos corresponden a la estación, P-18 con 10.980 mg/kg para el primer nivel, a la estación P -31 con 11.203 mg/kg para el segundo nivel y la estación P -40 con 12.560 mg/kg en el tercer nivel, los menores

registros fueron en la estación P -4 en el primer nivel con 1.824 mg/kg, la P -5 en el segundo nivel con 2.353 mg/kg y la P-18 con 2.505 mg/kg para el tercer nivel (Figura 7-48).

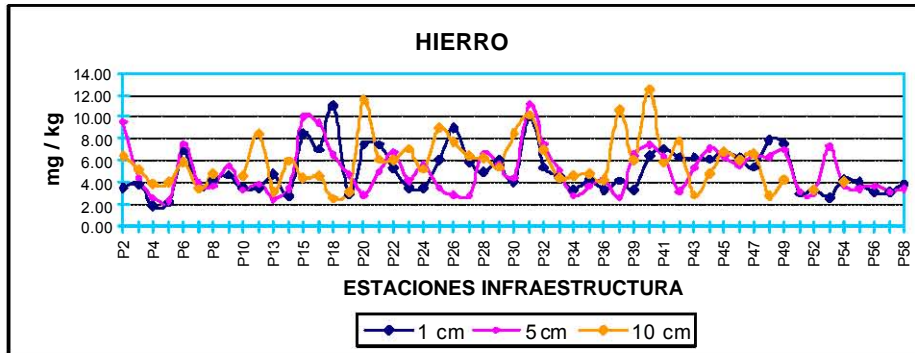


Figura 7-48. Comparación de valores de concentración de hierro en sedimentos en red de Infraestructura

Primer nivel (0-1cm).

Existe una baja concentración en la parte N y NE de la zona de estudio y un aumento en la zona Oeste. También se observa un aumento de la concentración en la parte Norte de la zona de plataformas petroleras que muy probablemente se debe a las actividades antropogénicas realizadas. Esta baja concentración de hierro adsorbido en la parte N y NE se debe principal mente al tipo de sedimento calcáreo que caracteriza a esta zona; mientras que la parte W presenta sedimentos más terrígenos y finos, los cuales tienen mayor afinidad por este elemento debido a sus cargas en la retícula cristalina (Figura 7-49).

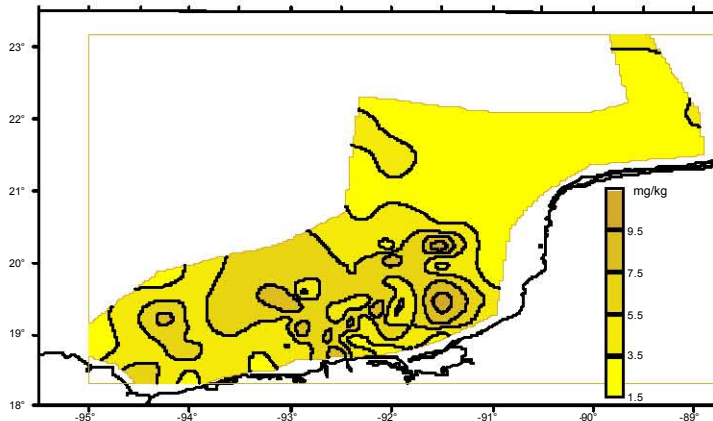


Figura 7-49. Distribución de concentraciones de hierro en sedimentos al nivel de 0.1 cm de profundidad, (mg/kg).

Segundo nivel (4-5 cm).

Como lo observado en el primer nivel en este segundo nivel, a zona N mantiene una baja concentración que se incrementa hacia la Sonda de Campeche. La zona de las plataformas marinas que mantienen una concentración de intermedia a alta, motivada por las actividades de exploración. Los aportes costeros más notorios se presentan en la laguna de Términos y el río Coatzacoalcos. La parte W muestra valores bajos de este metal adsorbido (Figura 7-50).

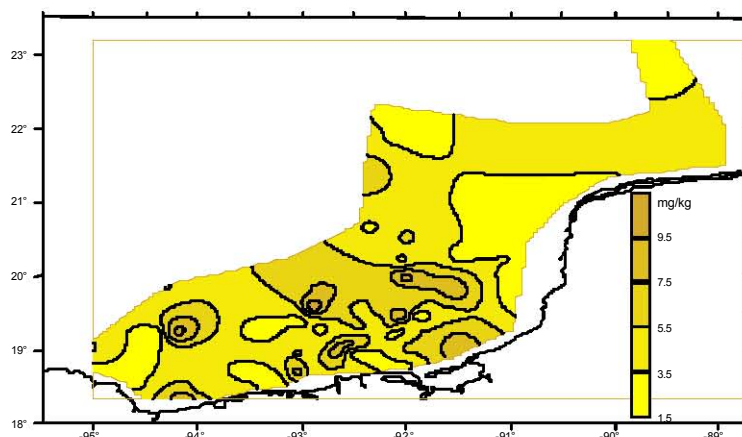


Figura 7-50. Distribución de concentraciones de hierro en sedimentos al nivel de 4-5 cm de profundidad, (mg/kg).

Tercer nivel (8-10cm).

En este nivel, se registran dos zonas muy marcadas de concentración en la parte N y E, la primera esta al Este de la zona de estudio con concentraciones intermedias y la segunda en la parte profunda con baja concentración. En la zona de las plataformas marinas se mantienen las concentraciones altas que disminuyen hacia el N de esta zona. La parte W incrementa la concentración respecto a los otros niveles (Figura 7-51).

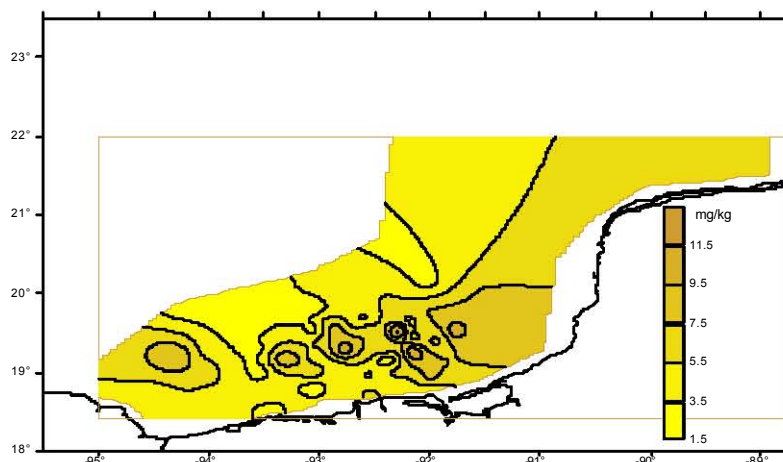


Figura 7-51. Distribución de concentraciones de hierro en sedimentos al nivel de 8-10 cm de profundidad, (mg/kg).

Los diagramas de caja muestran que las concentraciones de hierro en la red del monitoreo para el primer nivel presentan un intervalo de datos salientes grande, respecto a los otros dos niveles; La mediana presenta valores cercanos al cuartil de 25% y existen sesgos negativos. Para la red de emanaciones naturales, en el segundo nivel se presenta el mayor intervalo de cuartiles; la mediana tiene a la normal y a los cuartiles del 75%. Los mayores extremos se presentan para la red de instalaciones en el tercer nivel; la mediana tiende al cuartil del 25% y se presenta sesgo negativo (Figuras 7-52, 7-53 y 7-54).

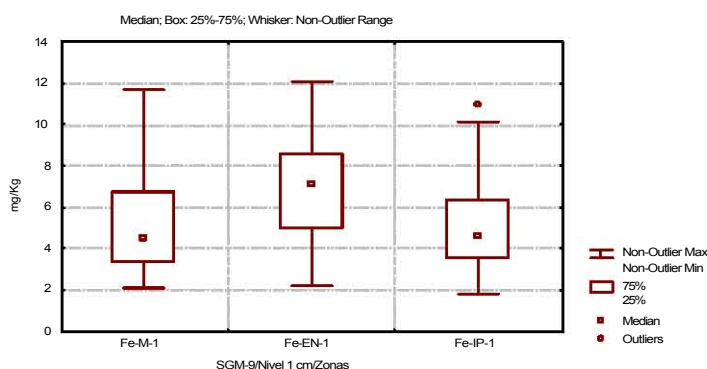


Figura 7-52. Diagrama de caja del hierro en sedimentos al nivel de 0–1 cm de profundidad.

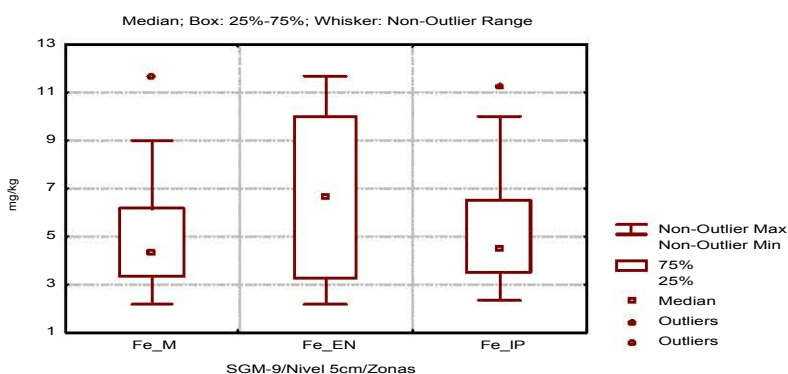


Figura 7-53. Diagrama de caja del hierro en sedimentos al nivel de 4–5 cm de profundidad.

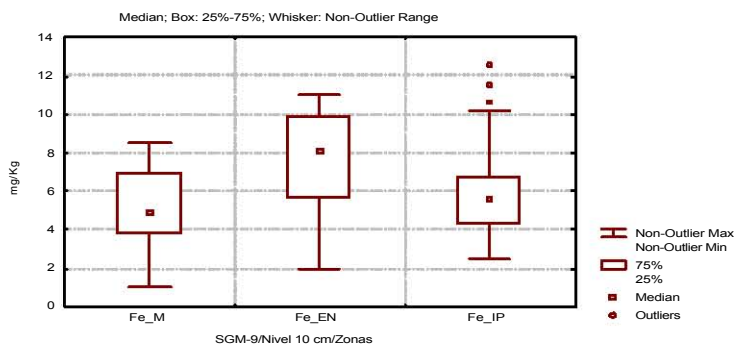


Figura 7-54. Diagrama de caja del hierro en sedimentos al nivel de 8–10 cm de profundidad

Níquel.

Para el níquel se encontró en su distribución de concentraciones a lo largo de la zona de estudio que tuvo un máximo para el primer nivel de $2.877 \mu\text{g}/\text{kg}$ y un promedio de $1.585 \pm 0.495 \mu\text{g}/\text{kg}$, para el segundo nivel un máximo de $2.229 \mu\text{g}/\text{kg}$ y un promedio de $1.147 \pm 0.428 \mu\text{g}/\text{kg}$, y en el tercer nivel un valor máximo de $2.293 \mu\text{g}/\text{kg}$ y valor promedio de concentración de $1.157 \pm 0.406 \mu\text{g}/\text{kg}$.

En la red de monitoreo para el primer nivel, la concentración mas alta se presento en la estación 13 -16 con 2.351 $\mu\text{g}/\text{kg}$, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 15.10 con 1.877 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y para el tercer nivel a la estación 3-8 con 1.617 $\mu\text{g}/\text{kg}$, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 25.32 con 0.732 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 17 -10 0.452 con 0.526 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y en el tercer nivel la estación 7-10 con 0.324 $\mu\text{g}/\text{kg}$. (Figura 7-55).

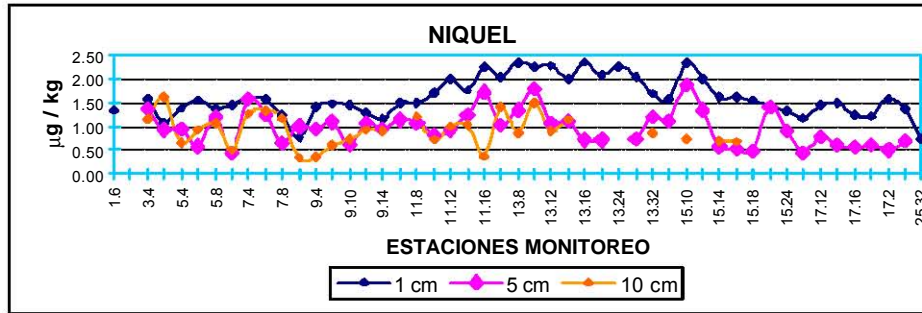


Figura 7-55. Comparación de valores de concentración de níquel en sedimentos en red de Monitoreo

En la red de emanaciones naturales, las estaciones con los mayores registros corresponden a la estación CH -10 con 2.504 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en el primer nivel, la CH-4 en el segundo nivel con 2.155 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y para el tercer nivel la estación CH-11 con 2.163 $\mu\text{g}/\text{kg}$, y las estaciones con los menores registros corresponden a las estaciones CH -1 con 1.476 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el primer nivel, a la estación CH-14 con 0.947 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el segundo nivel y para el tercer nivel a la estación CH-2 con 0.608 $\mu\text{g}/\text{kg}$. (Figura 756).

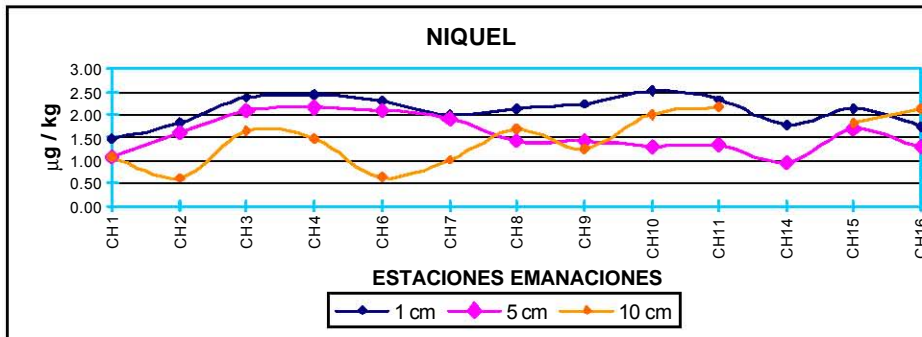


Figura 7-56. Comparación de valores de concentración de níquel en sedimentos en red de Emanaciones

Para la red infraestructura, las estaciones con los valores mas altos corresponden a la estación, P-2 con 2.877 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el primer nivel, a la estación P-8 con 2.229 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el segundo nivel y la estación P-14 con 2.293 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en le tercer nivel, los menores registros fueron en la estación P-48 en el primer nivel con 1.207 $\mu\text{g}/\text{kg}$, la P -48 en el segundo nivel con 0.589 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y la P-54 con 0.677 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el tercer nivel. (Figura 7-57).

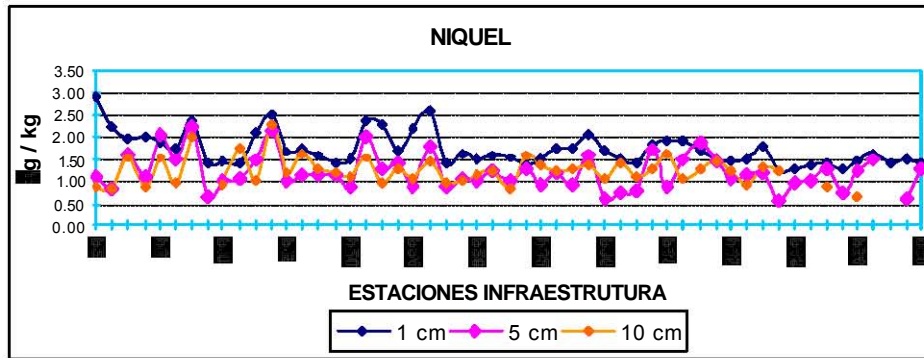


Figura 7-57. Comparación de valores de concentración de níquel en sedimentos en red de Infraestructura

Primer nivel (0-1cm).

Se observa una baja concentración de níquel en la parte N y E, probablemente debida a la baja retención (o adsorción) de los sedimentos calcáreos de este metal y un aumento de concentración en la parte Oeste que contienen sedimentos constituidos por limos y arcillas. Se observa con claridad un aporte del río Coatzacoalcos formándose una pluma de concentración alta que se desplaza hacia el Oeste en las costas de Tabasco. Frente a la laguna de Términos, se alcanza a percibir un nodo de mayor concentración de níquel y una pluma tenue proveniente del sistema lagunaza Carmen – Pajonal – Machona. En la zona de las plataformas marinas, se observa un incremento hacia la parte W de la área y un decremento hacia la parte E (Figura 7-58).

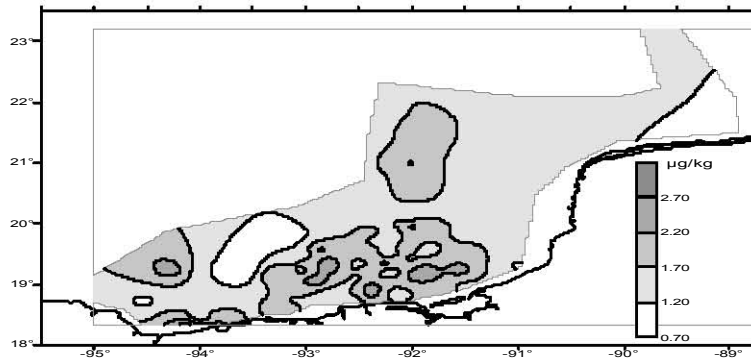


Figura 7-58. Distribución de concentraciones de níquel en sedimentos al nivel de 0-1 cm de profundidad, (µg/kg).

Segundo nivel (4-5 cm).

Existen probables aportaciones del Mar Caribe al N de la Península de Yucatán que inciden en la concentración de la zona E del área de estudio. Al igual que en el primer nivel, se observa que frente a la laguna de Términos, existen nodos de mayor concentración de níquel debidos a las actividades petroleras; también se presenta una pluma tenue de dicho metal proveniente de las aportaciones de los ríos Grijalva, San Pedro – San Pablo (Figura 7-59). En el área de las plataformas marinas, se alcanzan a observar núcleos de alta concentración y esta área se mantiene en concentraciones próximas a las analizadas en el primer nivel.

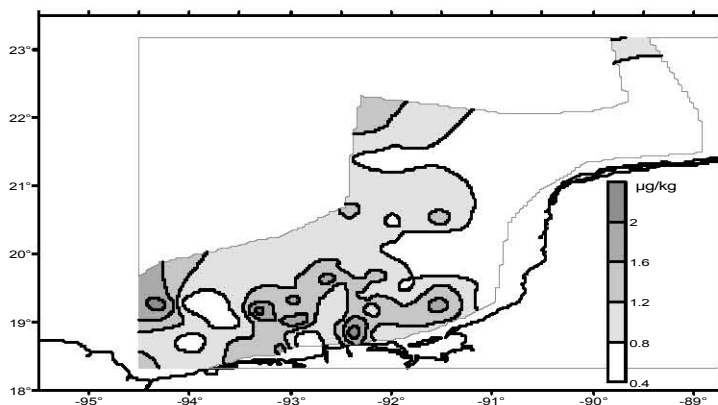


Figura 7-59. Distribución de concentraciones de níquel en sedimentos al nivel de 45 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Tercer nivel (8-10cm).

El cambio horizontal de este metal adsorbido, es bastante homogéneo; presentando una zona de alta concentración en la parte central y NW de las plataformas marinas, hacia la parte N del área de estudio se puede observar un punto de concentración que se encuentra asociado a la perforación y exploración de un pozo, las zonas de concentración también se encuentran cerca de la zona de chapopoterías en la parte SW de la zona de plataformas marinas. Se observa una concentración moderada en la parte N de la Península de Yucatán, que después decrece al internarse hacia la Sonda de Campeche (Figura 7-60).

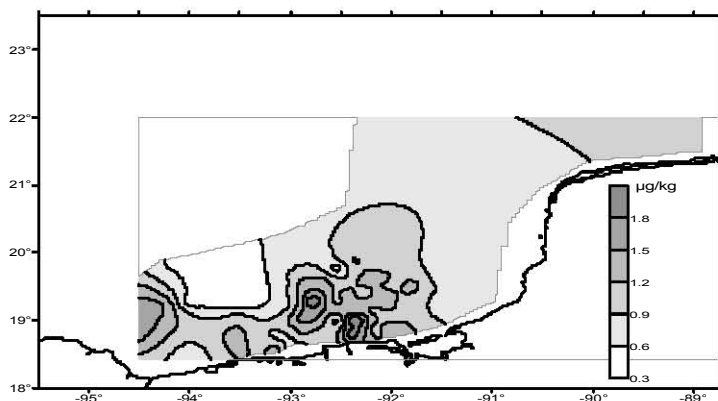


Figura 7-60. Distribución de concentraciones de níquel en sedimentos al nivel de 8-10 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Los diagramas de caja para la red de monitoreo, muestran un mayor intervalo de datos salientes para el primer nivel; la mediana tiende a la normal, no se presentan datos extremos o salientes. Para la red de emanaciones naturales la mediana tiende a los cuartiles del 25 y 75% y se observan sesgos positivos y negativos. El mayor intervalo de datos salientes se presenta para las muestras de la red de infraestructura, los valores de la media se ubican dentro de la normal para la red de monitoreo en los tres niveles, solo se registran datos extremos en la red de instalaciones para el segundo y tercer nivel (Figuras 7-61, 7-62 y 7-63).

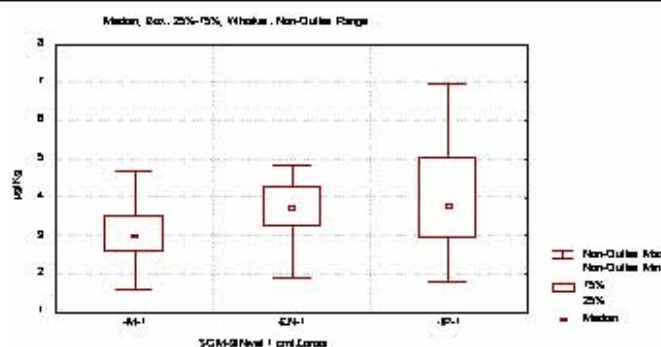


Figura 7-61. Diagrama de caja del níquel en sedimentos al nivel de 0–1 cm de profundidad.

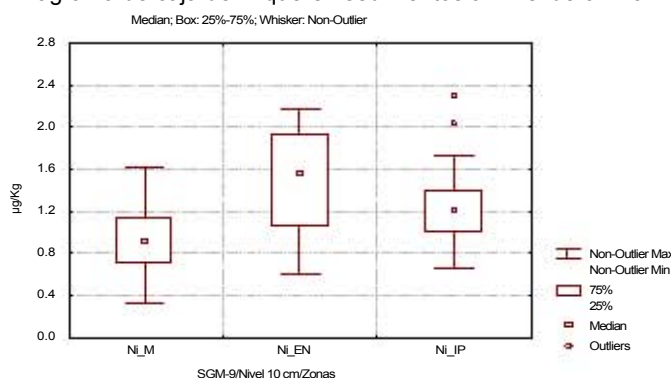


Figura 7-62. Diagrama de caja del níquel en sedimentos al nivel de 4–5 cm de profundidad.

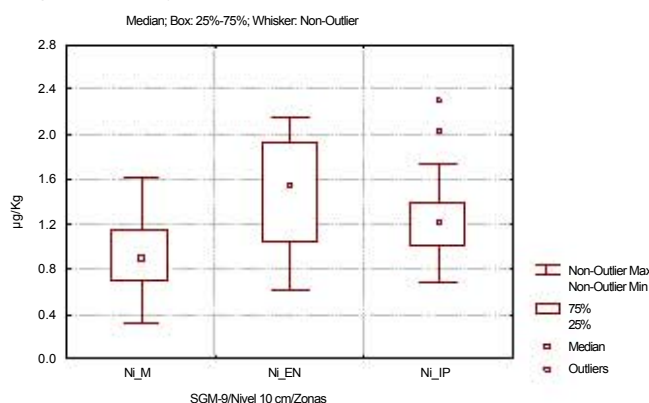


Figura 7-63. Diagrama de caja del Níquel en sedimentos al nivel de 8–10 cm de profundidad.

Plomo.

La distribución de plomo en la zona de estudio mostró un valor máximo de concentración de 2.976 µg/kg y un promedio de 1.265 ± 0.556 µg/kg, para el segundo nivel un máximo de 2.404 µg/kg y un promedio de 1.078 ± 0.489 µg/kg, y en el tercer nivel un valor máximo de 2.128 µg/kg y valor promedio de concentración de 0.968 ± 0.462 µg/kg.

En la red de monitoreo para el primer nivel la concentración mas alta se presento en la estación 11 -12 con 1.954 µg/kg, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 7-4 con 2.356 µg/kg y para el tercer nivel a la estación 11-16 con 1.974 µg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 13 -8 con 0.021 µg/kg en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 15 -16 con 0.021 µg/kg y en el tercer nivel la estación 15-16 con 0.071 µg/kg. (Figura 7-64).

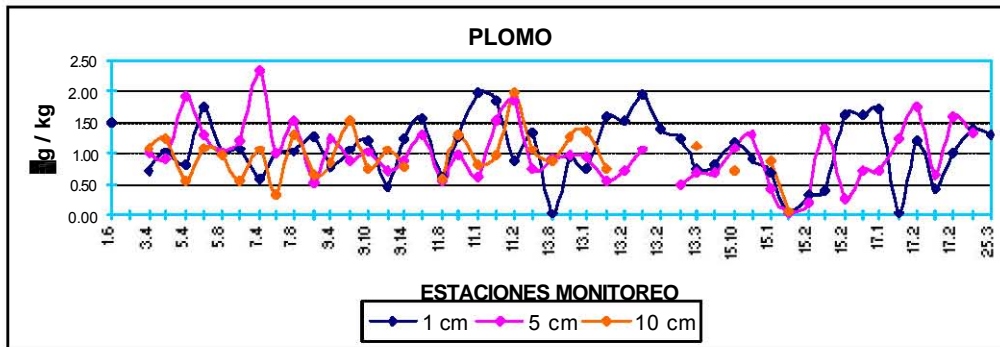


Figura 7-64. Comparación de valores de concentración de plomo en sedimentos en red de Monitoreo

En la red de emanaciones naturales las estaciones con los mayores registros corresponden a la CH-9 con 2.356 μg/kg, la CH-10 en el segundo nivel con 2.404 μg/kg y para el tercer nivel la estación CH-2 con 2.128 μg/kg, y las estaciones con los menores registros corresponden a las estaciones CH15 con 0.739 μg/kg para el primer nivel, a la estación CH-16 con 0.274 μg/kg para el segundo nivel y para el tercer nivel a la estación CH-16 con 0.773 μg/kg (Figura 7-65).

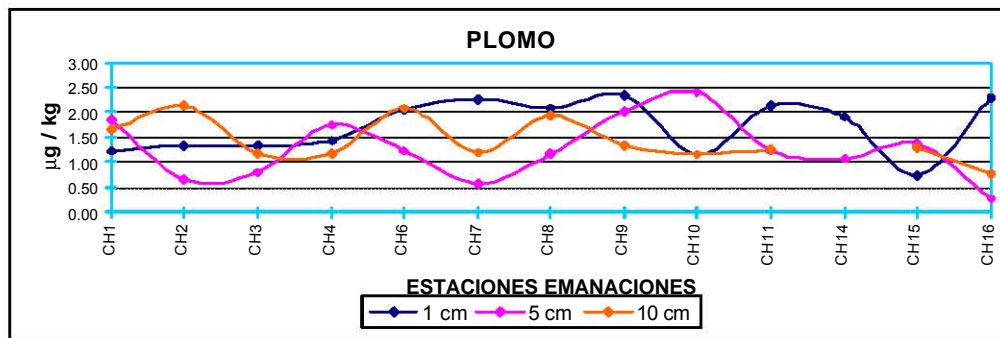


Figura 7-65. Comparación de valores de concentración de plomo en sedimentos en red de Emanaciones

Para la red infraestructura las estaciones con los valores mas altos corresponden a la estación, P-35 con 2.976 μg/kg para el primer nivel, a la estación P-34 con 2.157 μg/kg para el segundo nivel y la estación P-15 con 1.944 μg/kg en el tercer nivel, los menores registros fueron en la estación P-57 en el primer nivel con 0.222 μg/kg, la P-57 en el segundo nivel con 0.062 μg/kg y la P-30 con 0.036 μg/kg para el tercer nivel (Figura 7-66).

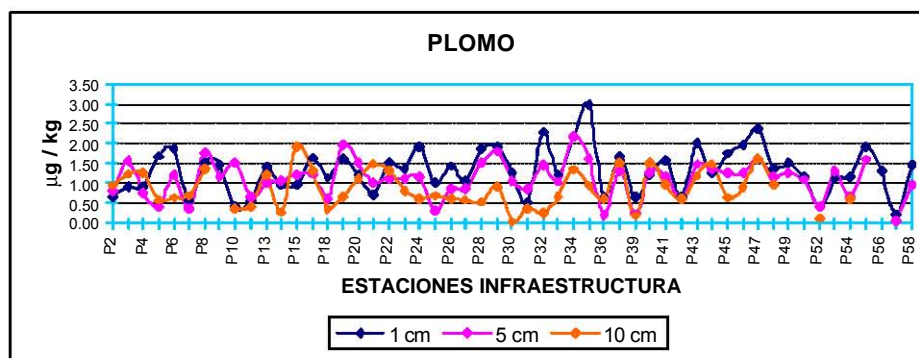


Figura 7-66. Comparación de valores de concentración de plomo en sedimentos en red de Infraestructura

Primer nivel (0-1cm).

Para el primer nivel de plomo adsorbido en sedimentos se aprecia una distribución heterogénea. En la parte N de la zona de estudio, se puede observar una concentración intermedia de plomo. En la parte W la concentración se mantiene similar a la de la zona N del área de estudio. Es notoria una zona de baja concentración en la parte E, frente a las costas de Campeche, motivada posiblemente por procesos geoquímicos y a la baja concentración del metal durante la época de muestreo. En la zona de las plataformas marinas se aprecia una concentración alta que disminuye fuera de esta zona (Figura 767).

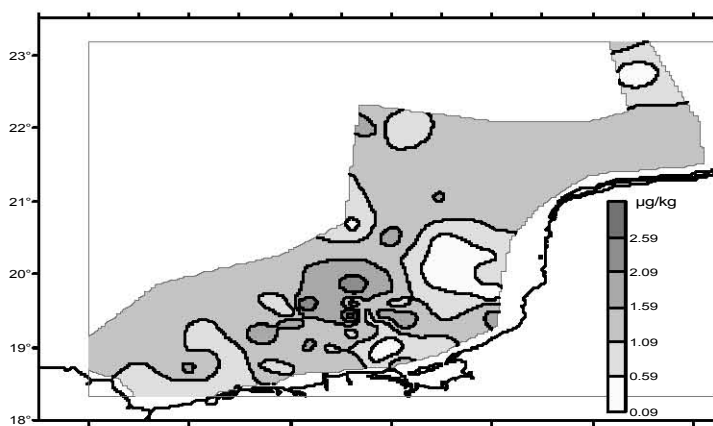


Figura 7-67. Distribución de concentraciones de plomo en sedimentos al nivel de 0-1 cm de profundidad, (µg/kg).

Segundo nivel (4-5 cm).

Para este segundo nivel se observa un comportamiento diferente al encontrado en el primer nivel, con zonas definidas de concentración, la primera se ubica al N y E de la zona de estudio con las concentraciones de bajas a intermedias. La segunda esta ubicada en la parte W con concentraciones más elevadas y un aporte claro en el sistema lagunar Carmen -Pajonal-Machona. La zona de las plataformas marinas presenta valores de bajos a intermedios que se incrementa hacia al parte exterior SW. Concentraciones altas Las están asociadas a las costas y concentraciones bajas a la zona profunda. Cerca de la costa se aprecia una pequeña pluma de mayor concentración conformada por las aportaciones de las desembocaduras de los ríos Grijalva, San Pedro – San Pablo. También se observan nodos bien definidos en la zona de plataformas marinas, seguramente provocados por la actividad petrolera (Figura 7-68).

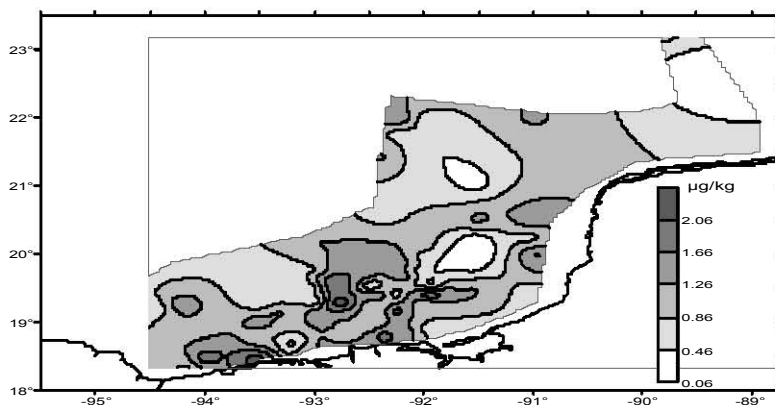


Figura 7-68. Distribución de concentraciones de plomo en sedimentos al nivel de 45 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Tercer nivel (8-10cm).

Nuevamente se observan dos zonas de concentración, al igual que lo registrado en los dos niveles anteriores. La primera zona esta ubicada al N y E de la zona de estudio con concentraciones bajas y la segunda zona se ubica en la parte Oeste con concentraciones más elevadas. La zona de las plataformas marinas muestra concentraciones de bajas a altas. Es notoria la franja de concentración alta que abarca del río Grijalva al González (Figura 7-69).

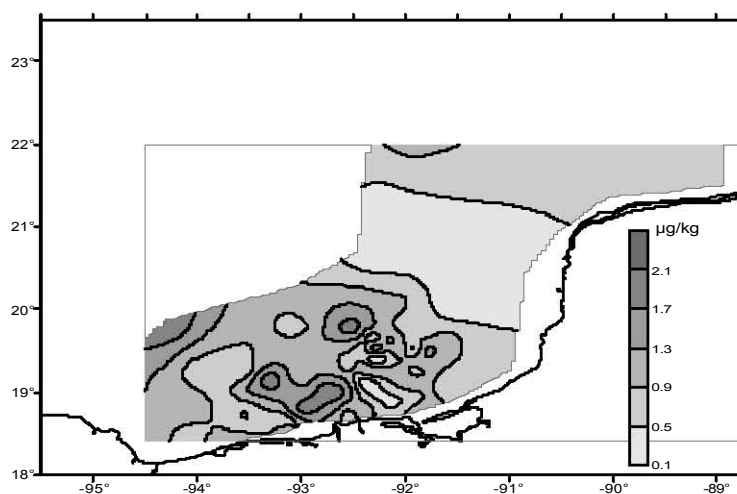


Figura 7-69. Distribución de concentraciones de plomo en sedimentos al nivel de 8-10 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Los diagramas de caja muestran para la red de monitoreo intervalos de datos salientes grandes para el primer o y segundo nivel; la mediana tiende al cuartil del 25 y 75%, se observan sesgos negativos y positivos y valores salientes. Para la red de emanaciones naturales los intervalos de los cuartiles de 25% y 75% son amplios y para el segundo nivel se alcanza el mayor intervalo; La mediana tiende al cuartil del 25% y se presentan sesgos negativos. En la red de instalaciones petroleras, se muestra una mediana cercana al cuartil del 25% y cercana a la norma; El intervalo de datos salientes es amplio en los tres niveles (Figuras 7-70, 7-71 y 7-72).

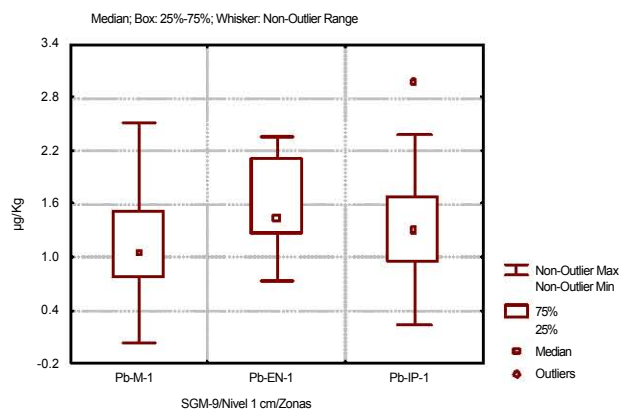


Figura 7-70. Diagrama de caja del plomo en sedimentos al nivel de 0–1 cm de profundidad 2004.

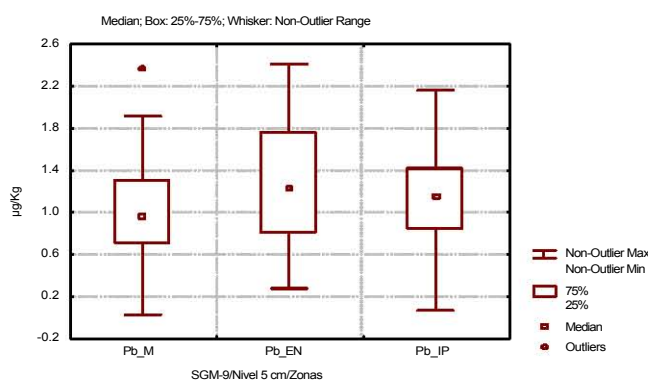


Figura 7-71. Diagrama de caja del plomo en sedimentos al nivel de 4–5 cm de profundidad.

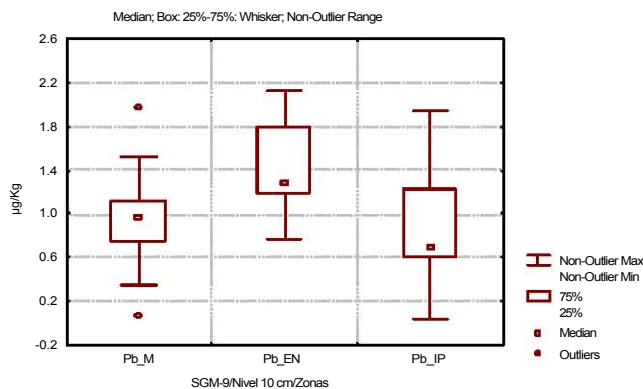


Figura 7-72. Diagrama de caja del plomo en sedimentos al nivel de 8–10 cm de profundidad.

Vanadio.

La distribución horizontal de concentraciones de vanadio en la zona de estudio muestra en el primer nivel un valor máximo de concentración de 2.964 µg/kg y un promedio de 1.768 ± 0.448 µg/kg, para el segundo nivel un máximo de 2.264 µg/kg y un promedio de 1.516 ± 0.421 µg/kg.

µg/kg, y en el tercer nivel un valor máximo de 2.155 µg/kg y valor promedio de concentración de 13.329 ± 0.421 µg/kg.

En la red de monitoreo para el primer nivel, la concentración mas alta se presento en la estación 13-6 con 2.908 µg/kg, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 15-24 con 2.085 µg/kg y para el tercer nivel a la estación 11 -16 con 1.950 µg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 15 -10 con 0.402 µg/kg en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 15-10 con 0.209 µg/kg y en el tercer nivel la estación 15-10 con 0.346 µg/kg. (Figura 7-73).

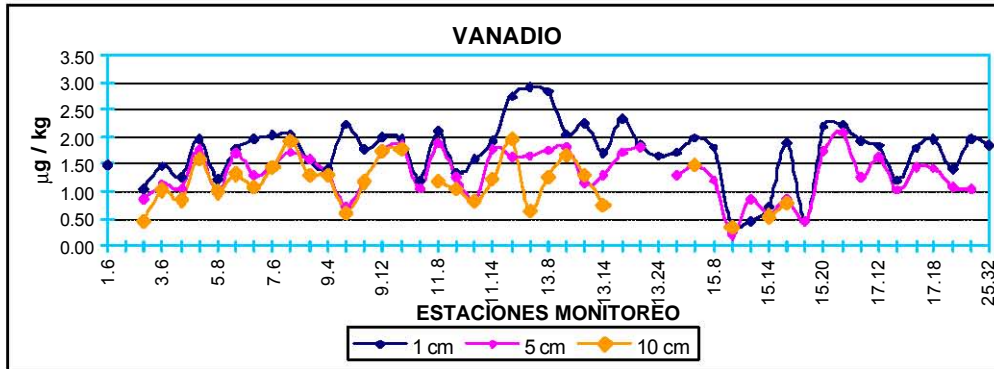


Figura 7-73. Comparación de valores de concentración de vanadio en sedimentos en red de Monitoreo

En la red de emanaciones naturales, las estaciones con los mayores registros corresponden a la CH-10 con 2.964 µg/kg, la CH-16 en el segundo nivel con 2.235 µg/kg y para el tercer nivel la estación CH -15 con 2.155 µg/kg, y las estaciones con los menores registros corresponden a las estaciones CH-6 con 1.643 µg/kg para el primer nivel, a la estación CH-2 con 1.361 µg/kg para el segundo nivel y para el tercer nivel a la estación CH-2 con 1.192 µg/kg. (Figura 7-74).

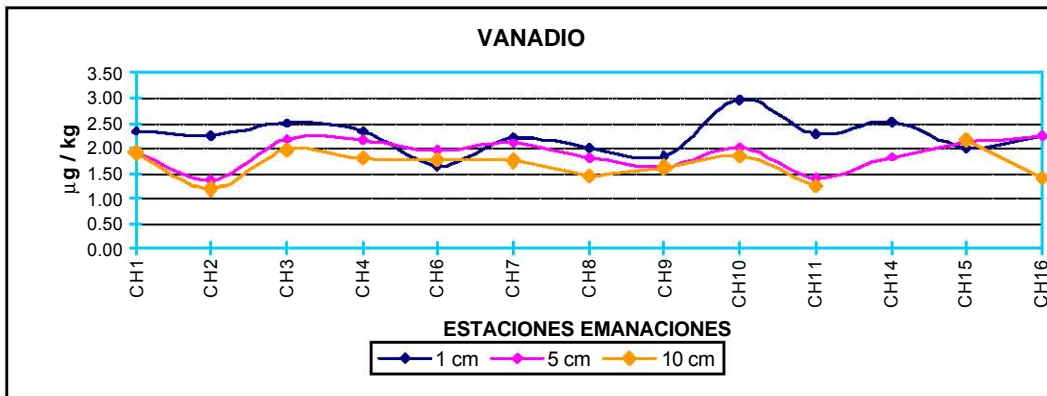


Figura 7-74. Comparación de valores de concentración de vanadio en sedimentos en red de Emanaciones.

Para la red infraestructura, las estaciones con los valores mas altos corresponden a la estación, P-35 con 2.734 µg/kg para el primer nivel, a la estación P-35 con 2.264 µg/kg para el segundo nivel y la estación P-33 con 1.960 µg/kg en le tercer nivel, los menores registros fueron en la estación P -23 en el primer nivel con 1.365 µg/kg, la P -5 en el segundo nivel con 0.763 µg/kg y la P-5 con 0.324 µg/kg para el tercer nivel (Figura 7-75).

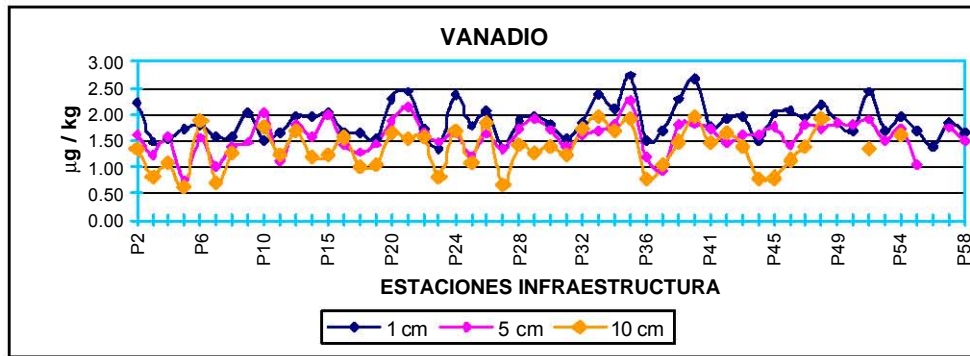


Figura 7-75. Comparación de valores de concentración de vanadio en sedimentos en red de Infraestructura

Primer nivel (0-1cm).

La distribución horizontal, muestra una distribución heterogénea, con valores intermedios y altos en la zona N y las costas de Campeche, provenientes de los aportes del Mar Caribe y la resuspensión de los sedimentos motivada por los vientos y los organismos del bentos. Se presentan una zona W con valores intermedios y altos, la zona de las plataformas marinas muestra valores elevados. Es notoria una zona de baja concentración frente a la boca de Puerto Real de la laguna de Términos, que se extiende hacia el norte (Figura 7-76).

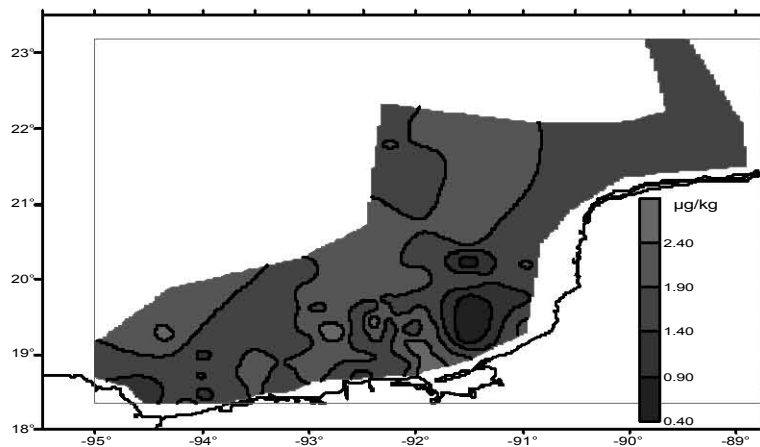


Figura 7-76. Distribución de concentraciones de vanadio en sedimentos al nivel de 01 cm de profundidad, (µg/kg).

Segundo nivel (4-5 cm).

Se presenta una zona N de baja concentración que en la Península de Yucatán se incrementa por el aporte del Mar Caribe. La concentración se incrementa hacia la Sonda de Campeche y la zona de las plataformas marinas. La parte W presenta bajas concentraciones debido probablemente a la geoquímica y asimilación biológica tan compleja presentada por el vanadio, procesos que pueden provocar que este elemento salga rápidamente del ecosistema (Nriagu, 1998). Se alcanza a apreciar pequeños núcleos de alta concentración, relacionados principalmente con la presencia de las

chapopoterías naturales hacia el N de la zona de las plataformas marinas. La concentración se incrementa hasta alcanzar la plataforma continental, motivada principalmente por las corrientes que forman giros anticiclónicos que mueven al cuerpo de agua hacia la parte Norte del área de estudio. Se mantiene la zona de baja concentración frente a la boca de Puerto Real (Figura 7-77).

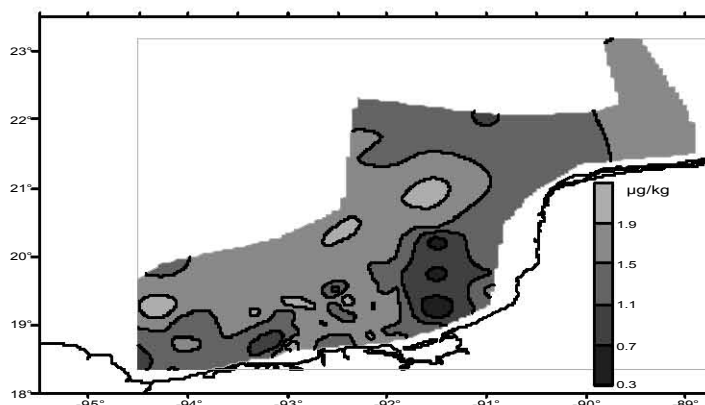


Figura 7-77. Distribución de concentraciones de vanadio en sedimentos al nivel de 45 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Tercer nivel (8-10cm).

En el tercer nivel, la distribución de las corrientes profundas ha moldeado este nivel y que se observan las dos corrientes que mantienen la distribución y redistribución de contaminantes, nutrientes, sólidos suspendidos, etc., en la zona. La zona costera presenta concentraciones bajas y la parte profunda mayores concentraciones. En este nivel la zona de las plataformas marinas, mantiene concentraciones bajas a altas. Se mantiene la zona de baja concentración frente a la boca de Puerto Real (Figura 7-78).

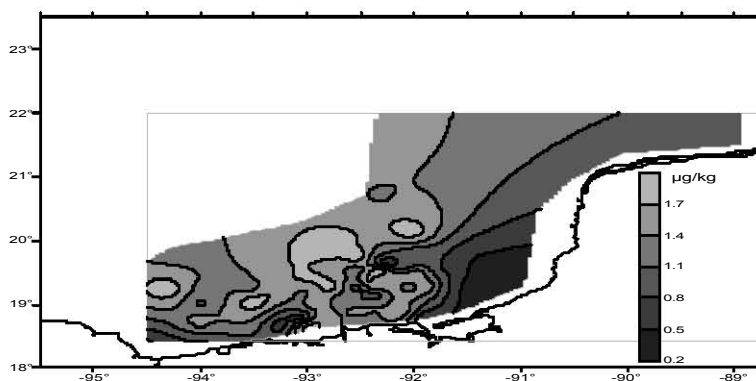


Figura 7-78. Distribución de concentraciones de vanadio en sedimentos al nivel de 810 cm de profundidad, ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Para la red de monitoreo los diagramas de caja, muestran el mayor intervalo de datos salientes en los tres niveles de profundidad; solamente en el primer nivel se presentan datos salientes y la mediana muestra cercanía al cuartil del 25 y 75%, se observan sesgos negativos y positivos. Para la red de emanaciones naturales la mediana tiende al cuartil del 75% y el intervalo de cuarteles es pequeño, respecto a los otros dos niveles, solamente se presenta un dato saliente en el primer nivel. En la red de instalaciones la distribución de los datos es más normal y la mediana se encuentra cerca de esta

tendencia; solamente en el primer nivel se presentan datos salientes (Figuras 7-79, 7-80 y 7-81).

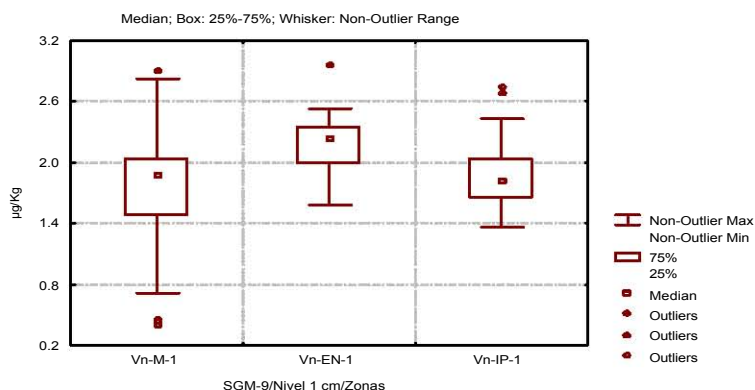


Figura 7-79. Diagrama de caja del vanadio en sedimentos al nivel de 0–1 cm de profundidad

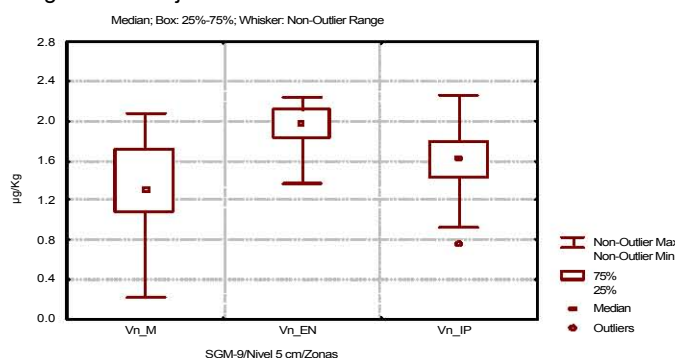


Figura 7-80. Diagrama de caja del vanadio en sedimentos al nivel de 4–5 cm de profundidad.

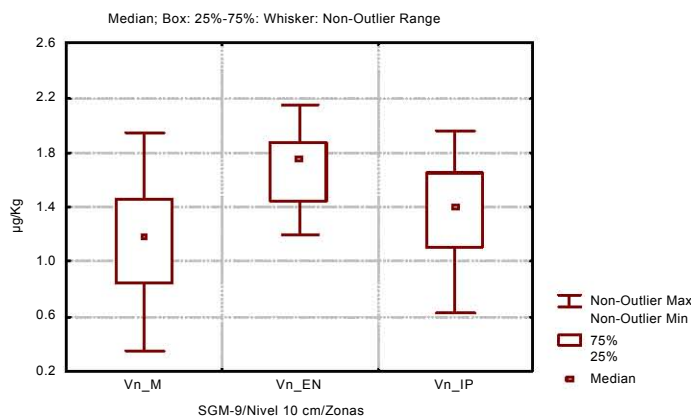


Figura 7-81. Diagrama de caja del vanadio en sedimentos al nivel de 8–10 cm de profundidad.

Replicas en estaciones.

Con el fin de establecer un control de calidad en la colecta de muestras se realizaron replicas de muestras en las estaciones 9,6, 13,6 y CH -08, se presentan las concentraciones de los perfiles.

El aluminio, muestra en general un incremento con respecto a la profundidad que alcanza valores mayores a los 450 µg/kg en la estación 9,6a (Figura 7-82a); también se alcanza a

observar a la profundidad de 2 cm una disminución de este metal debido a procesos geoquímicos. Respecto a la variación de los datos entre replicas se observa una variación significativa entre las replicas de la estación 9,6, debido probablemente a un factor natural o al procedimiento de extracción. Las replicas de las otras estaciones muestran valores semejantes que se encuentran dentro de la desviación estándar de las dos mediciones realizadas.

En contraste el bario, muestra cambios heterogéneos motivados posiblemente por la actividad antropogénica de exploración desde hace más de dos décadas en la zona de estudio. No obstante, es notorio un incremento a los 10 cm de profundidad en las estaciones analizadas (Figura 7-82b). Las replicas de las estaciones presentan valores próximos y se encuentran dentro de las desviaciones de las mediciones realizadas, excepto para las replicas de las emanaciones naturales.

El perfil del cadmio, en general muestra una disminución de la concentración respecto a la profundidad debido a las actividades antropogénicas (Figura 7-82c). Las principales variaciones se muestran de los 4 – 6 cm de profundidad, motivadas principalmente por los procesos geoquímicos y el flujo vertical de agua intersticial y de metales adsorbidos. Las replicas de muestran valores cercanos dentro de la desviación estándar de las dos determinaciones, excepto para la profundidad antes señalada.

Para el cobalto, nuevamente se alcanza a percibir una disminución respecto a la profundidad motivada por las actividades antropogénicas actuales. Es importante señalar la importancia de los procesos geoquímicos en la transformación de los metales adsorbidos en el perfil vertical de los sedimentos; en este punto es importante señalar que otros parámetros como potencial redox, textura, ácido sulfhídrico. Las concentraciones de las replicas para este metal muestran valores similares dentro de la desviación estándar de las dos determinaciones (Figura 7-83a).

Para el cromo, se alcanza a percibir una disminución de este metal respecto a la profundidad motivado por los procesos geoquímicos. La mayor concentración en superficie es debida a la actividad antropogénica y la presencia de cromita en las costas de Tabasco. Las replicas de este metal muestran poca variación (Figura 7-83b).

El hierro respecto a la profundidad muestra un decremento en los primeros 4 cm de profundidad y posteriormente mantiene una concentración o aumenta sin llegar a las concentraciones de superficie. Las concentraciones entre las replicas son similares, a pesar de ser un metal muy reactivo desde el punto de vista geoquímico (Figura 7-83c).

El níquel, mantiene una ligera disminución respecto a la profundidad, el cual es menor a una unidad de concentración (Figura 7-84a). Esto es importante ya que este metal está fuertemente asociado con la presencia del petróleo crudo. Las replicas muestran una reproducción alta.

Respecto al plomo adsorbido, su concentración en estos 20 cm de profundidad se mantiene casi constante, con una disminución en la mayor profundidad. Esto se debe a que el comportamiento del plomo total es diferente al plomo adsorbido por la geoquímica de este elemento en los sedimentos marinos. Las replicas muestran poca similitud en algunas profundidades debido a lo señalado anteriormente (Figura 7-84b).

Contrario a este comportamiento el vanadio muestra una disminución respecto a la profundidad. Las replicas son bastante próximas entre ellas (Figura 7-84c).

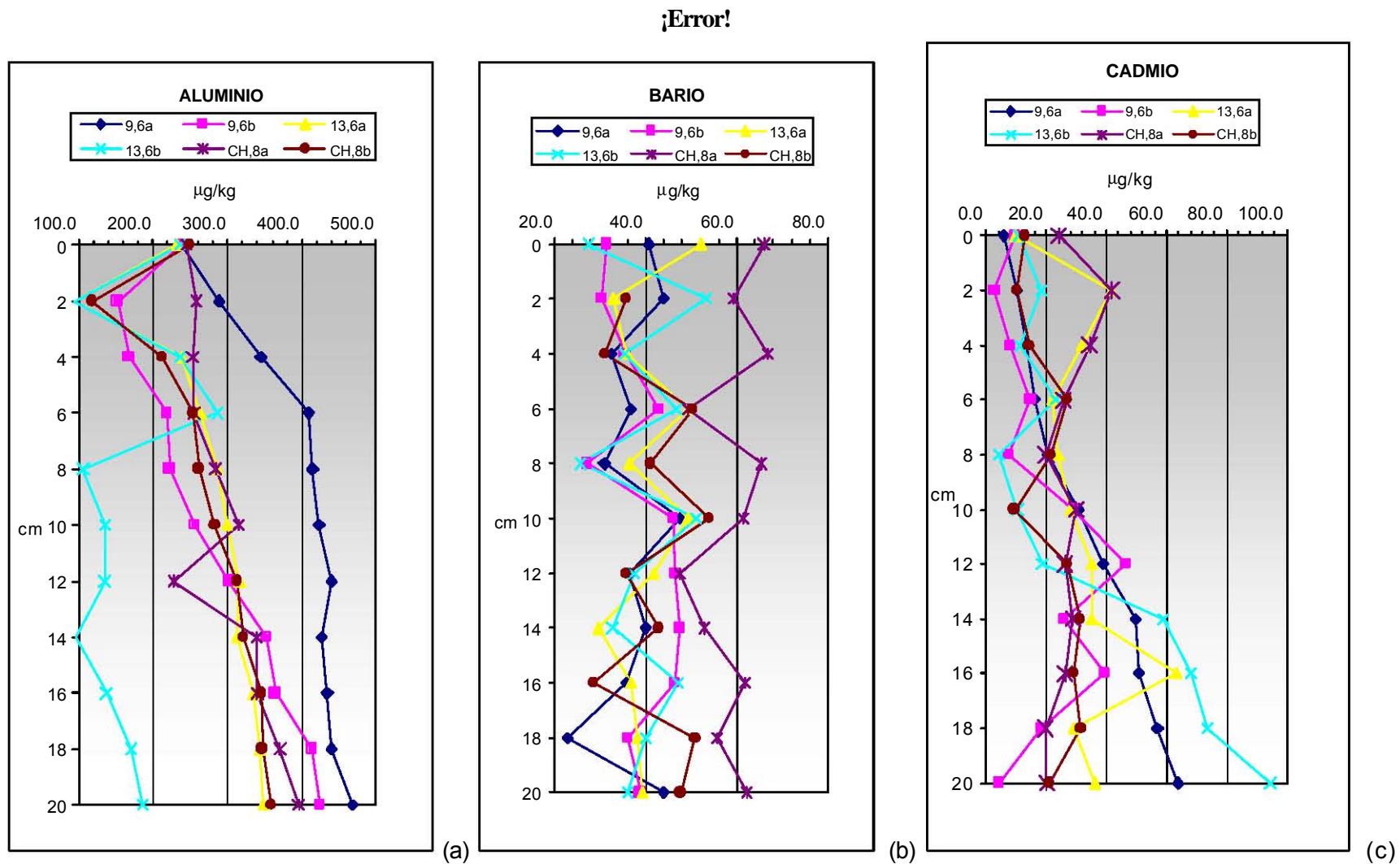


Figura 7-82. Perfiles verticales del aluminio (a), bario (b), Cadmio (c) en sedimentos marinos.

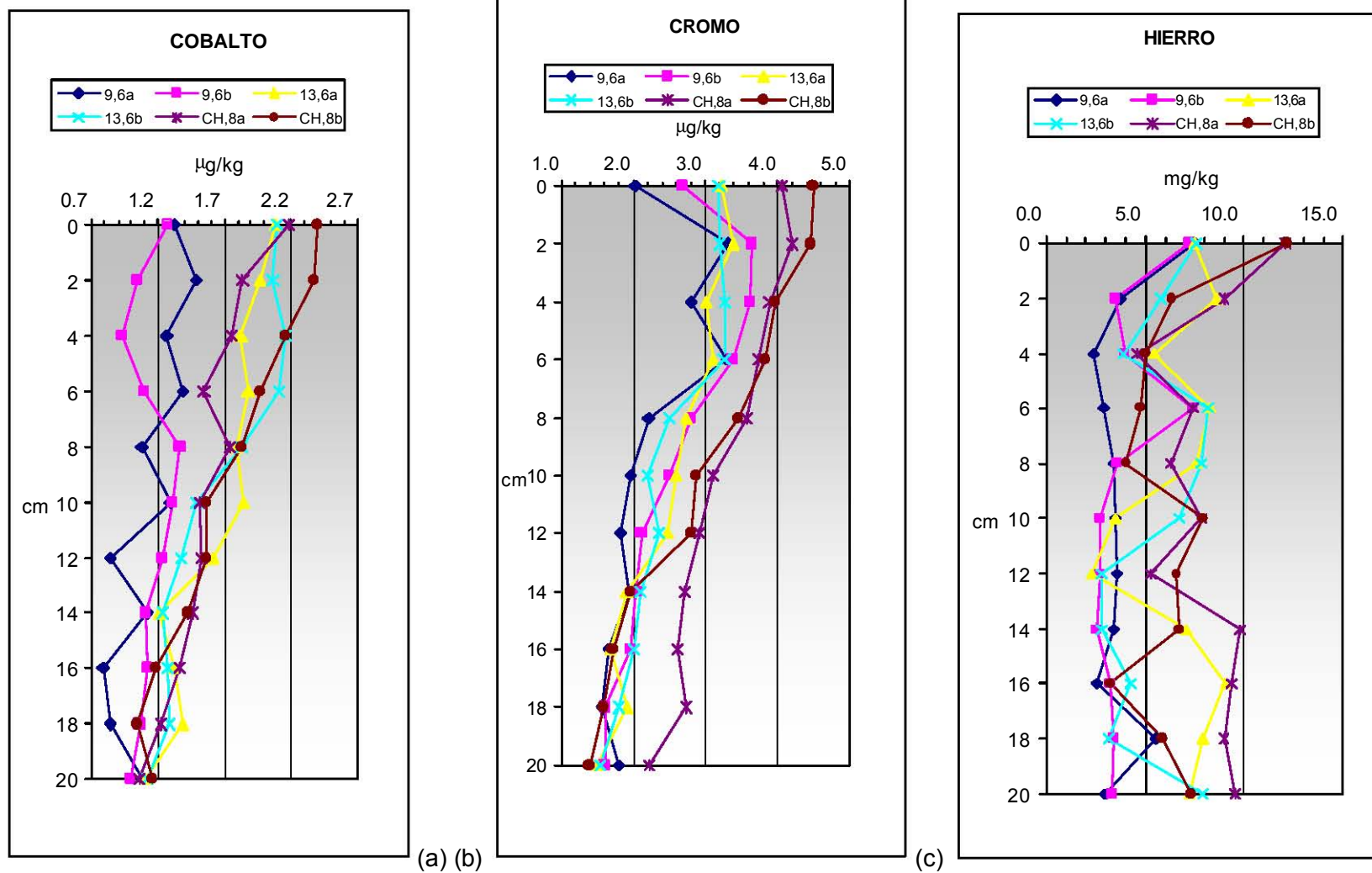


Figura 7-83. Perfiles verticales del Cobalto (a), Cromo (b) y Hierro (c) en sedimentos marinos.

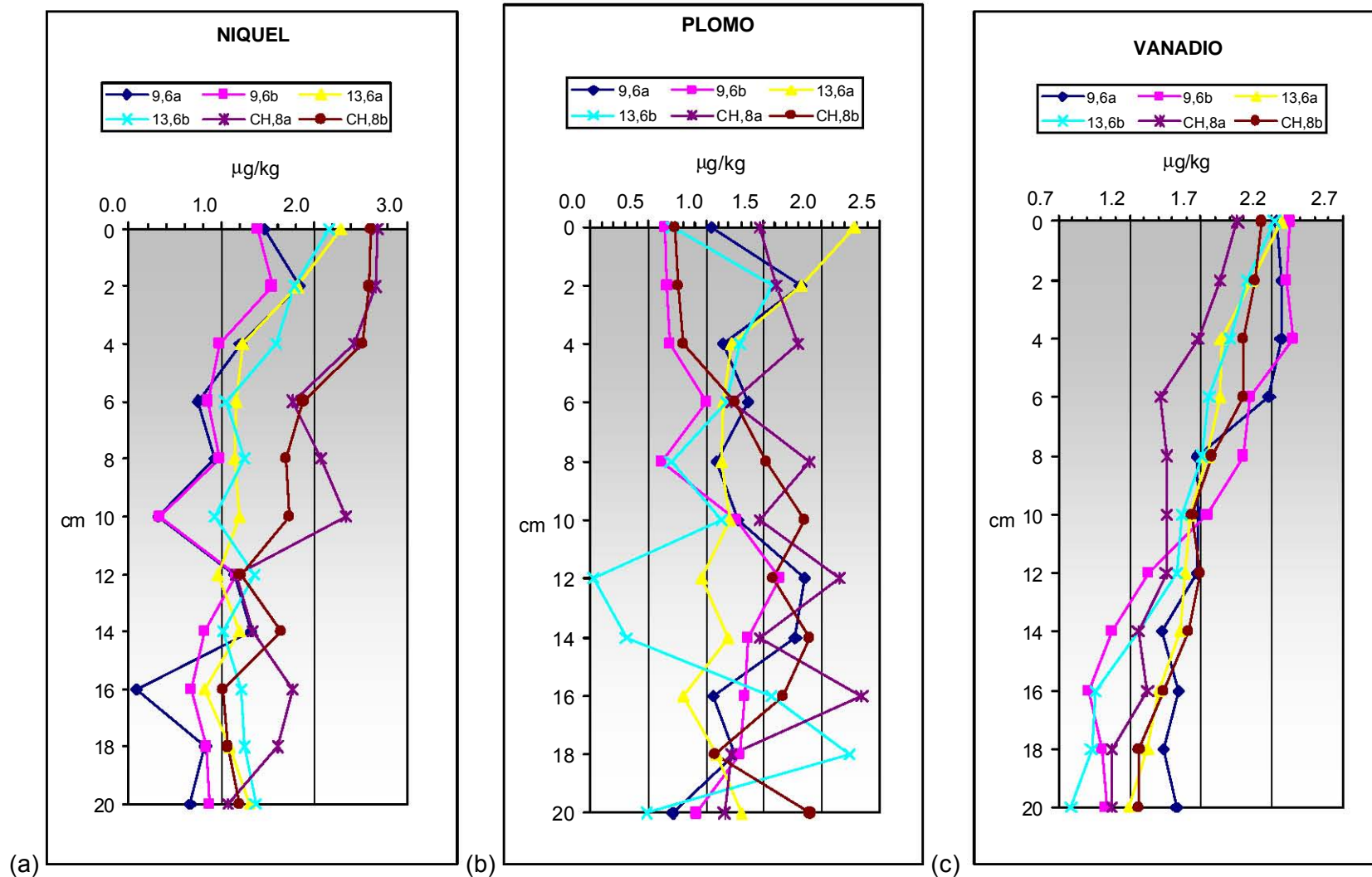


Figura 7-85. Perfiles verticales del Níquel (a), Plomo (b) y Vanadio (c), en sedimentos marinos.

INTEGRACION DE RESULTADOS.

Los metales Adsorbidos fueron normalizados con la concentración de aluminio y el logaritmo₁₀, debido a que este elemento tiene una mejor representación como aporte natural, además; el logaritmo₁₀ fue seleccionado debido a que represento el mejor coeficiente de determinación (Figuras 7-86, 7-87 y 7-88; Murphy y Morrison, 2002). El hierro, mostró menor definición, debido a que presenta mayores interacciones geoquímicas en el sedimento, esto origino un menor coeficiente de determinación, respecto al aluminio en los tres niveles se presento el mismo caso. (Figuras 7-86, 7-87 y 7-88; Canfield y Berner, 1985)

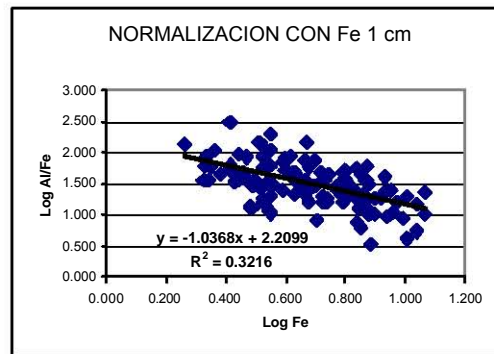
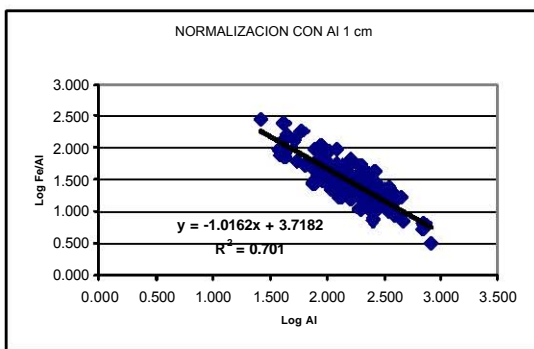


Figura 7-86. Relación entre logaritmos del aluminio y hierro con sus normalizaciones 1 cm.

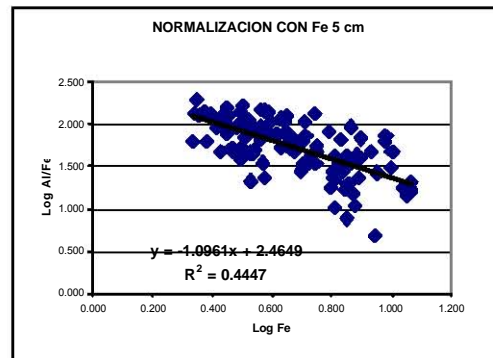
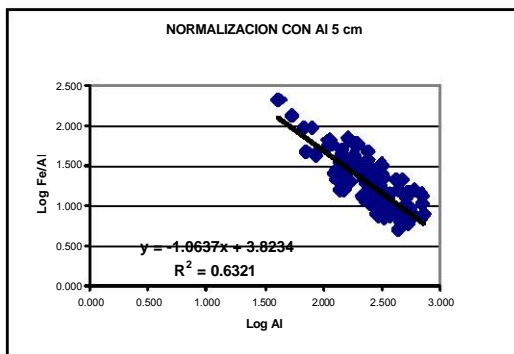


Figura 7-87. Relación entre logaritmos del aluminio y hierro con sus normalizaciones 5 cm.

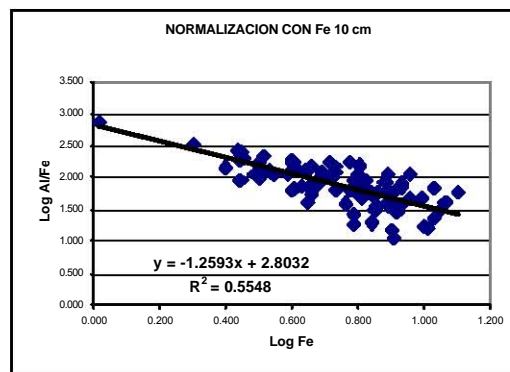
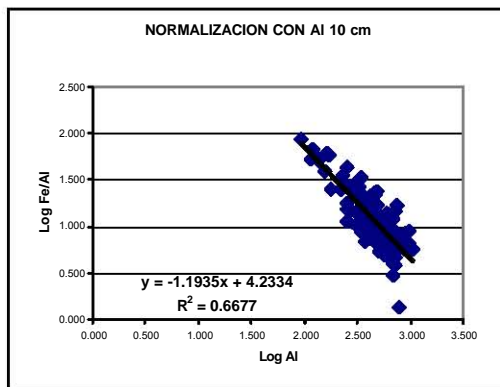


Figura 7-88. Relación entre logaritmos del aluminio y hierro con sus normalizaciones 10 cm.

Para el análisis de componentes principales de metales adsorbidos normalizados en los tres niveles 1cm, 5cm y 10cm se usó el método de rotación varimax, para tres factores, se nombro al factor 1, = “aporte petrolero antropogénico”, al factor 2, = “aporte antropogénico”, y al factor 3, = “aporte terrestre” (Figuras 7-88, 7-89 y 7-90).

Variable	Petrolero antropogénico 1	Antropogénico 2	Terrestre 3
Fe/Al	0.312879	0.239165	0.886863
V/Al	0.864560	0.183111	0.367556
Cr/Al	0.554190	0.417251	0.603235
Co/Al	0.858550	0.268617	0.296376
Ni/Al	0.670717	0.412446	0.520752
Cd/Al	0.288041	0.902563	0.272426
Ba/Al	0.750020	0.185345	0.455826
Pb/Al	0.811285	0.361944	0.186607
Expl.Var	3.643134	1.487071	1.961353
Prp.Totl	0.455392	0.185884	0.245169

Figura 7-88. Factores de Carga (varimax normalizada) los señalados con rojo > 0.70 para 1cm.

Variable	Petrolero antropogénico 1	Antropogénico 2	Terrestre 3
Fe/Al	0.335515	0.190124	0.862398
V/Al	0.821906	0.068638	0.441453
Cr/Al	0.373381	0.431289	0.734453
Co/Al	0.753233	0.206726	0.396975
Ni/Al	0.759072	0.358360	0.307120
Cd/Al	0.159522	0.938511	0.211819
Ba/Al	0.739309	-0.009408	0.520261
Pb/Al	0.834611	0.186272	0.123495
Expl.Var	3.339664	1.313615	2.060734
Prp.Totl	0.417458	0.164202	0.257592

Figura 7-89. Factores de Carga (varimax normalizada) los señalados con rojo > 0.70 para 5cm.

	Petrolero Antropogénico 1	Antropogénico 2	Terrestre 3
Fe/Al	0.594983	0.251985	0.649733
V/Al	0.866380	0.281122	0.208532
Cr/Al	0.361603	0.259595	0.810527
Co/Al	0.707699	0.155235	0.552637
Ni/Al	0.845449	0.096770	0.353996
Cd/Al	0.090959	0.778775	0.409410
Ba/Al	0.748967	0.421963	0.274214
Pb/Al	0.313905	0.849075	0.050659
Expl.Var	3.118760	1.748848	1.798688
Prp.Totl	0.389845	0.218606	0.224836

Figura 7-90. Factores de Carga (varimax normalizada) los señalados con rojo > 0.70 para 10cm. Para el primer y segundo nivel (1cm y 5cm) el Hierro y Cromo mostró un aporte terrestre; mientras que el Cadmio presentó un aporte antropogénico. El Vanadio, níquel, bario plomo y cobalto mostraron aportes petroleros, debido a su asociación con el petróleo crudo y en anterior uso de bario en las actividades de exploración (Figura 7-91 y 7-92).

Para el tercer nivel (10cm) Hierro y Cromo mostraron un aporte terrestre, Cadmio y Plomo presentaron un aporte antropogénico. El Vanadio, Níquel, Bario y Cobalto mostraron aportes petroleros estos mostraron un orden de influencia petrolera de Ni > V > Ba > Co (Figura 7-93).

Factor Loadings, Petrolero/antropogenico vs. Antropogenico vs. Terrestre

Rotation: Varimax normalized
Extraction: Principal components

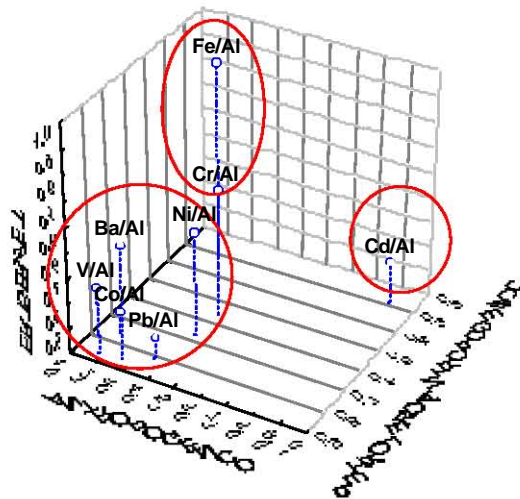


Figura 7-91. Componentes principales de los metales adsorbidos 1cm

Factor Loadings, Petrolero/Antropogenico vs. Antropogenico vs. Terrestre.

Rotation: Varimax normalized
Extraction: Principal components

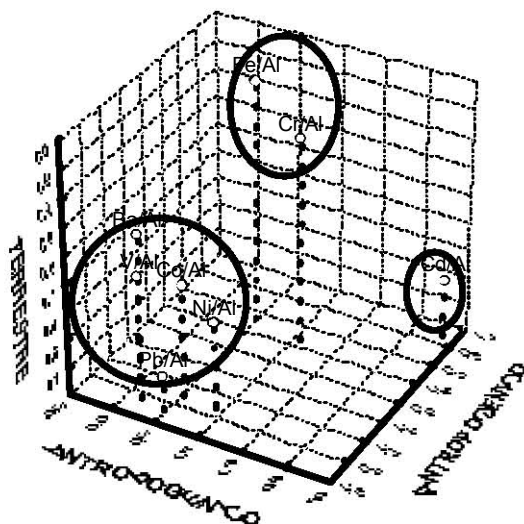


Figura 7-92. Componentes principales de los metales adsorbidos 5cm

Factor Loadings, Petrolero/Antropogenico vs. Antropogenico vs. Terrestre

Rotation: Varimax normalized
Extraction: Principal components

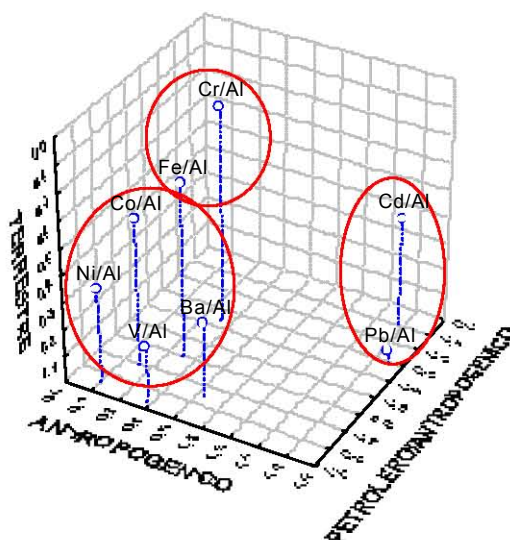


Figura 7-93. Componentes principales de los metales adsorbidos 10cm.

CONCLUSIONES.

Respecto a otros estudios realizados por el laboratorio en el área, la concentración del vanadio y níquel, se mantiene o se incrementa ligeramente, sin llegar a niveles que dañen al ecosistema marino.

Existe un claro aporte de las descargas de los ríos de los metales Al, Fe, Cd, Co, Cr, Pb.

Las concentraciones del cromo en las costas de Tabasco están influenciadas por su cromita natural.

En general se observa mayor concentración de los metales en la parte de superficie y menor concentración en la parte profunda.

Las concentraciones de los metales adsorbidos en el área petrolera muestran concentraciones similares a las observadas en las otras áreas.

Las concentraciones más altas en el área de estudio fueron de Hierro y Aluminio que están asociados a los aportes terrestres.

El Vanadio, Níquel, Bario y Cobalto mostraron aportes petroleros, debido a su asociación con el petróleo crudo y en anterior uso de bario en las actividades de exploración, estos mostraron un orden de influencia petrolera de Ni > V > Ba > Co.

REFERENCIAS.

Bowen, H. Trace elements in Biochemistry. Academic Press. New York. 245 pp. 1966.

Breder, R. Optimization studies for reliable trace metal analysis in sediments by atomic absorptions spectrometric methods. Fresenius Z. Anal. Chem.1982395-402313

Bruland, KW. Oceanographic distribution of cadmium, Zinc, nickel and copper in the north Pacific. Earth Planet Sci Lett 1980; (47): 176-198.

Caccia VG, Millero FJ, Palanques A. The distribution of trace metals in Florida Bay sediments. Mar Pollut Bull 2003; (46): 1420-1433.

Canfield D.E. y Berner, R. A. 1985. Diagenesis of iron in modern marine sediments. Geol. Soc. Am., Abstr. Programs; Vol/Issue: 17; 98. annual meeting of the Geological Society of America; 28 Oct 1985; Orlando, FL, USA

Chavez; S. G, (1981). Elementos de oceanografía. Editorial continental, México.

Connell, D.W., G.J. Miller. 1984. Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. John Wiley & Sons, NY.

Cotton, F.; Wilkinson, G. Basic Inorganic Chemistry. John Wiley & Sons (Eds.) 590 pp. 1976.

Eisler, R. Trace metal concentrations in marine organisms. Pergamon Press, New York. 687 pp. 1990.

Elliott, N.G., R. Swain y D.A. Ritz The influence of eyelic exposure on the acomulation of heavy metals by Mytilus edúlis. Mar. Environ. Res.198517-3015

Forstner, U. y G.T.W. Wittman Metal Pollution in the Acuatic Enviroment. Springer - Verlag, Berlin, Germany1979,486 p.

Goldeberg, E.D. (1954). Jour. Geol. 62, 249.

Guillen R (1982) Análisis químico de los elementos: Cu, Cr, Pb, Zn, Cd, Ni, Fe, Co, As, Hg, y carbono orgánico en los sedimentos del Río Tuy. Trabajo Especial de Grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 73 pp.

Kennish, M.J., (1992). Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL

Kuenen, Ph. H. (1950). "Marine Geology". John Wiley, New York.

Garcia, R. L., Soto, C. M.,Jara, M. M., A., Gomez. A. A. Fracciones geoquímicas de Cd, Cu y Pb en sedimentoas costeros superficiales de zonas ostricolas del Estado de Sonora, México, Rev. Int. Ambient. 20(4) 159-167, 2004.

McCullough, J., Hazen, T.C., Benson, S.M., Metting, F.B., and Palmisano, A.C. (1999). Bioremediation of Metals and Radionucleids...What it is and how it works. Office of Biological and Environmental Research of the U.S. Department of Energy's Office of Science. NABIR primer LBNL-42595. Available at: <http://www.lbl.gov/NABIR/primer>

Mogollón J, Bifano C (1985) Estudio geoquímico de contaminación por metales pesados en sedimentos de la cuenca del Río Tuy. Memorias VI Congreso Geológico Venezolano. p. 1928.

Páez, F.; Frías, M. Bioacumulación, distribución y efectos de los metales pesados en los peneidos. En: Camaronicultura y medio ambiente. Unidad Académica Mazatlán. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Autónoma de México. Mazatlán, Sinaloa, México. 244-270 pp. 2001.

Riley J. Introducción a la Química Marina. 1ª ed. México. Ed AGT S. A. 1989

Rubio B, Gago L, Vilas F, Nombela M, Garcia -Gil S, Alejo I, Pazos O (1996) Interpretación de tendencias históricas de contaminación por metales pesados en testigos de sedimentos de la Ría de Pontevedra. Thalassas 12: 137-152.

Ruiz JM, Saiz Salinas JI. Extreme variation in the concentration of trace metals in sediments and bivalves from the Bilbao estuary (Spain) caused by the 1989-90 drought. Mar Environ Res 2000; (49): 307-317.

Sadiq M (1992) Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker. New York. 390 pp.

Zhang J (1992) Transport of particulate heavy metal towards the China Sea: A preliminary study and comparison. Mar. Chem. 40: 61-178.