



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

ESTUDIO GEOQUÍMICO DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL RÍO
CUCHIVERO, MUNICIPIO CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA

JULIO CÉSAR FIGUERA MATA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA

CUMANÁ, 2008

ESTUDIO GEOQUÍMICO DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL RÍO
CUCHIVERO, MUNICIPIO CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA

APROBADO POR:

M.Sc. Gregorio Martínez
Asesor Académico

Jurado Principal

Jurado Principal

INDICE GENERAL

| | |
|-----------------------------------|-----|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTOS | ii |
| LISTA DE TABLAS | iii |
| LISTA DE FIGURAS | iv |
| LISTA DE ABREVIATURAS | vi |
| LISTA DE ABREVIATURAS | vi |
| RESUMEN..... | vii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| METODOLOGÍA | 6 |
| Área de estudio..... | 6 |
| Recolección de las muestras | 8 |
| Métodos analíticos | 8 |
| Nitrógeno y fósforo total..... | 8 |
| Materia orgánica total | 8 |
| Carbono orgánico | 9 |
| Análisis de mercurio | 10 |
| Carbonato de calcio..... | 10 |
| Determinación de metales | 11 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 15 |
| Materia orgánica total (MOT)..... | 16 |
| Carbono orgánico | 17 |
| Nitrógeno total (NT) | 19 |
| Carbonato de calcio..... | 20 |
| Fósforo total (PT)..... | 22 |
| Hierro | 23 |
| Manganeso | 26 |
| Zinc | 28 |

| | |
|------------------------------|----|
| Cobre..... | 30 |
| Níquel..... | 32 |
| Cadmio..... | 34 |
| Cobalto..... | 36 |
| Cromo..... | 38 |
| Plomo..... | 40 |
| Mercurio..... | 42 |
| Análisis de correlación..... | 43 |
| CONCLUSIONES..... | 44 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 45 |
| APENDICE..... | 53 |
| Hoja de Metadatos..... | 61 |

DEDICATORIA

A mis padres: Ezequíela Mata de Figuera y José María Figuera.

A todas aquellas personas quienes motivaron en mí, el coraje y la esperanza necesaria para el cumplimiento de esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por sobre todas las cosas.

A mis padres y hermanos quienes me apoyaron en todo momento.

A FUNDACITE-GUAYANA por el financiamiento del Proyecto Orinoco “Evaluación de las concentraciones de metales pesados en aguas superficiales y sedimentos de fondo del Medio Orinoco” (Código 000606), proyecto en el cual estuvo enmarcada la presente investigación.

De manera muy especial a los Profesores: Gregorio Martínez y Arístides Márquez, por brindarme la confianza y ayuda necesaria para el cumplimiento de los objetivos planteados.

A mis compañeros de estudio: Jesús Bastardo, José Rojas, Alexis Vívenes, Miguel Wetter y Orly García, por su amistad y ayuda incondicional.

A todos, muchísimas gracias.

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Ubicación geográfica para las estaciones en la recolección de las muestras en el río Cuchivero..... | 6 |
| Tabla 2. Resultados obtenidos para coeficientes de variación (Cv), en los patrones certificados según los autores señalados. | 13 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación Geográfica del río Cuchivero y distribución de las estaciones establecidas para el desarrollo de esta investigación. | 7 |
| Figura 2. Flujograma para la metodología empleada en la determinación de la materia orgánica. | 9 |
| Figura 3. Flujograma del procedimiento para el análisis de carbonatos de calcio..... | 11 |
| Figura 4. Flujograma para la metodología empleada en la extracción y determinación de metales en los sedimentos | 14 |
| Figura 5. Distribución del contenido de materia orgánica (%) en los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 16 |
| Figura 6. Distribución del contenido de C-orgánico (%) en los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 18 |
| Figura 7. Distribución del contenido de NT (mg/kg) en los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 19 |
| Figura 8. Distribución del contenido de PT (mg/kg) en los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 22 |
| Figura 9. Concentraciones de Fe en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 24 |
| Figura 10. Concentraciones de Mn en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 27 |
| Figura 11. Concentraciones de Zn en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 29 |
| Figura 12. Concentraciones de Cu en las fracciones obtenidas en los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 31 |
| Figura 13. Concentraciones de Ni en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del Río Cuchivero. | 33 |

| | |
|---|----|
| Figura 14. Concentraciones de Cd en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 35 |
| Figura 15. Concentraciones de Co en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 37 |
| Figura 16. Concentraciones de Cr en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 39 |
| Figura 17. Concentraciones de Pb en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero..... | 42 |

LISTA DE ABREVIATURAS

MOT = Materia Orgánica Total

NT = Nitrógeno Total

PT = Fósforo Total

F₁ = Fracción 1

F₂ = Fracción 2

F₃ = Fracción 3

F₄ = Fracción 4

RESUMEN

En la presente investigación se estudió la distribución y el comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales del río Cuchivero estado Bolívar, Venezuela. Para ello se determinó el contenido de materia orgánica total, metales trazas, carbonato de calcio, carbono orgánico, fósforo y nitrógeno total. Se establecieron 10 estaciones de muestreo desde su desembocadura, en el Orinoco medio, hasta el sector Guaniamo, río adentro. El contenido de materia orgánica se mantuvo muy bajo durante todo el estudio (0,8%), debido probablemente al caudal elevado que presenta el río en la zona. El mayor contenido de metales se observó en la fracción residual (F_4), lo que supone una presencia importante de metales asociados a partículas minerales muy estables. El nitrógeno y fósforo total mostraron valores altos en comparación con los valores obtenidos para la materia orgánica. Esto sugiere la influencia de agentes externos al sistema sedimentarios que aportan cantidades importantes de nutrientes. También, se evidencia la capacidad que tiene el sedimento para acumular dichos nutrientes. Los contenidos de carbono orgánico y carbonato de calcio mostraron como valores máximos 0,09% y 2,61%, respectivamente. En general los resultados obtenidos en el presente estudio en comparación con valores obtenidos para sistemas con alta capacidad reductora, son bastante bajos

Palabras o Frases Claves: Sedimentos, Nutrientes, Materia Orgánica

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la calidad de las cuencas hidrográficas han adquirido gran interés en las últimas décadas, dado el incremento de población en sus riberas y al creciente grado de la industrialización. El desarrollo no controlado de estas actividades, podría causar un desequilibrio a los cuerpos de agua y sedimentos.

Se conocen como sedimentos al conjunto de agregados con un gran número de partículas insolubles de material no consolidado, los cuales han sido llevados al fondo de los lagos, mares y ríos por diferentes agentes de transporte. Su estudio es, hoy en día, uno de los tópicos más interesantes dentro de la geoquímica y de considerable valor científico en los estudios geodinámicos. Los sedimentos tienen una relevante importancia, tanto en las condiciones hidroquímicas del medio ambiente como en los procesos de circulación metabólica de los materiales del fondo. Algunas características geoquímicas y fisicoquímicas de los sedimentos pueden informar sobre las condiciones del ecosistema imperante, el estado de las condiciones oxidoreductoras del mismo, la abundancia y composición de la fauna bentónica, la actividad de los microorganismos y la naturaleza del depósito sedimentario (García, 2006).

Los organismos micro y macrobentónicos ejercen efectos mecánicos y activan la transformación de la materia orgánica presente en el sedimento, alterando las propiedades físicas, químicas y biológicas de los mismos. Asimismo, el consumo de oxígeno y los procesos de oxidación orgánicos están directamente relacionados con la deposición de la materia orgánica y los cambios geoquímicos que ocurren en los sedimentos (Salazar et al., 1986).

El contenido y la distribución de la materia orgánica e inorgánica presente en

los sedimentos; el aporte antropogénico terrígeno; el flujo de desechos exógenos al medio acuático; la tasa de sedimentación y la textura prevaleciente en el medio, juegan un papel determinante en el comportamiento biogeoquímica del ecosistema. Además permiten dilucidar los procesos metabólicos, fortaleciendo la comprensión de los cambios diagenéticos y los mecanismos biogeoquímicos de degradación de la materia orgánica en el medio (López, 2002).

En 1983, la UNESCO, a través del proyecto Casal/Comar, estableció como área de interés prioritaria las zonas costeras de América latina y sus principales afluentes, entre ellos: lagunas, ensenadas, ríos, estuarios y deltas; principalmente en lo concerniente a los problemas de contaminación, sedimentación, absorción, desorción, proceso de mezcla, ciclos geoquímicos que regulan el aporte y dispersión de la materia orgánica (Castellar, 2004).

El ciclo de la materia orgánica es uno de los procesos más importantes para determinar las propiedades químicas y geológicas de los sedimentos y en los cuerpos de agua. Su descomposición es la principal ruta de regeneración de los elementos nutritivos que contribuyen al mantenimiento de la fauna acuática. En ella, los compuestos fosforados son directamente mineralizados en iones fosfato y los nitrogenados son transformados inicialmente en iones amonio, los cuales son oxidados a iones nitrito y finalmente a nitrato. También la presencia de materia orgánica en los sedimentos, contribuye a la adsorción y retención de compuestos químicos considerados contaminantes. Estos compuestos se incorporan a los sedimentos y/o material en suspensión y algunos permanecen durante largos periodos de tiempo, por lo que se consideran persistentes. Con este término se designa a los metales o compuestos orgánicos que resisten la degradación durante esos periodos de tiempo, como es el caso de la especie metilmercurio y ciertos metales. Estos compuestos pueden entrar en la cadena alimentaría y acumularse de tal modo que los organismos en los niveles superiores presenten altas concentraciones en sus cuerpos

(Espinoza, 2001).

Un ecosistema acuático se considera saludable ecológicamente, cuando presenta una condición de equilibrio hidrodinámico y geoquímica entre el cuerpo de agua y su sedimento. En consecuencia, el ecosistema, debe mantener una elevada fertilidad biótica y abiótica. Estas condiciones de equilibrios bióticos y abióticos en los sedimentos, se rompen por el drenaje incontrolado de diversos afluentes antropogénicos, como un efecto del desarrollo tecnológico que conlleva a un desequilibrio en la calidad ambiental de los cuerpos de agua y sedimentos (Bonilla y Márquez, 2002).

Otro aspecto de gran interés científico radica, en la capacidad que tienen los sedimentos límnicos para acumular cantidades considerables de metales pesados. El estudio de metales pesados permite evaluar el grado de contaminación presente en el sistema sedimentario y dado el avance tecnológico de la era moderna, son un factor de vital importancia para las investigaciones geoquímicas (Teixeira et al. 2001).

La importancia en el estudio geoquímico de metales pesados presentes en los sedimentos, radica en determinar el grado de contaminación o alteración al que han sido sometidos los ecosistemas acuáticos así como evaluar el origen y distribución de los metales en estos cuerpos de agua (García, 2006). Hoy en día, los metales pesados son indicadores de la calidad ambiental de todo flujo de agua, debido a su toxicidad y especialmente al comportamiento bioacumulativo. Los metales pesados, forman asociaciones con sustancias minerales y orgánicas, mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, formación de combinaciones químicas, acumulándose en el medio ambiente, principalmente en los sedimentos de ríos, lagos y mares (Marval, 2002).

La prueba más utilizada para analizar los metales en el sedimento, es la

extracción selectiva o secuencial. Éste método se basa en el ataque sucesivo de la muestra por reactivos con grado creciente de extractabilidad: agua, disoluciones salinas, ácidos débiles, agentes quelatantes, reductores u oxidantes. (Martinez et al., 2000).

Los ríos constituyen un medio importante para recibir y transportar los productos del proceso de meteorización y de las actividades antropogénicas de una determinada región. Por consiguiente, el conocimiento de los procesos que controla la composición química de los sedimentos y distribución de las distintas especies químicas en la fase sedimentaria, es de suma importancia para entender el comportamiento de un determinado elemento en el ciclo geoquímico y el proceso de meteorización a una escala global. En 1977, el Instituto de Geoquímica de la Universidad Central de Venezuela (actualmente Instituto de Ciencia de la Tierra), inició el estudio geoquímico de los ríos de la Guayana Venezolana con dos objetivos principales: primero, obtener a corto, mediano y largo plazo la información básica que permitiese planificar adecuadamente los proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico, minero y de agua potable en sus cuencas; segundo: conocer los procesos de meteorización química en la zona y los parámetros que controlan la distribución de los elementos químicos entre las diferentes fases del sistema fluvial (Yáñez y Ramírez, 1988).

En la actualidad no se conocen registros o estudios científicos sobre la calidad de los sedimentos en el río Cuchivero y sus afluentes, por lo tanto, la presente investigación generará información de línea base para establecer sus condiciones geoquímicas. Esta investigación se plantea como objetivo general, conocer algunas características geoquímicas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero mediante la determinación del contenido de materia orgánica, carbonato de calcio, nitrógeno total, fósforo total, porcentaje de carbono orgánico, concentración de metales pesados (Fe, Mn, Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Hg), las asociaciones existentes

entre parámetros orgánicos e inorgánicos, así como determinar el posible grado de contaminación. Para ello, se contó con el apoyo de las instalaciones del Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela y del Instituto Limnológico de la UDO, Núcleo Bolívar. Este trabajo forma parte del Proyecto Orinoco financiado por FUNDACITE-GUAYANA (Código 000606): “Evaluación de las concentraciones de metales pesados en aguas superficiales y sedimentos de fondo del Medio Orinoco”

METODOLOGÍA

Área de estudio

La provincia de Cuchivero está situada en la parte occidental del escudo Guayanés Venezolano, con grandes extensiones de rocas plutónicas (granitos alcalinos y cuarzo monzonita) y una serie de rocas volcánicas (riolitas, rioldacita y dacita) de edad proterozoicas. Gran parte de estas rocas afloran en las cuencas de los ríos Paragua y Cuchivero, proporcionado a toda la región condiciones geológicas especiales. Su extensión abarca una distancia aproximada de 50 km aguas abajo, desde las minas de diamante del sector Guaniamo hasta el Puente Cuchivero en la carretera nacional Bolívar-Amazonas.

Tabla 1. Ubicación geográfica para las estaciones en la recolección de las muestras en el río Cuchivero.

| Estación | Longitud oeste (grados) | Latitud norte (grados) |
|----------|-------------------------|------------------------|
| 1 | 65,970 | 7,620 |
| 2 | 65,972 | 7,632 |
| 3 | 65,974 | 7,639 |
| 4 | 65,975 | 7,646 |
| 5 | 65,976 | 7,658 |
| 6 | 65,968 | 7,652 |
| 7 | 65,958 | 7,648 |
| 8 | 65,949 | 7,649 |
| 9 | 65,953 | 7,659 |
| 10 | 65,952 | 7,670 |

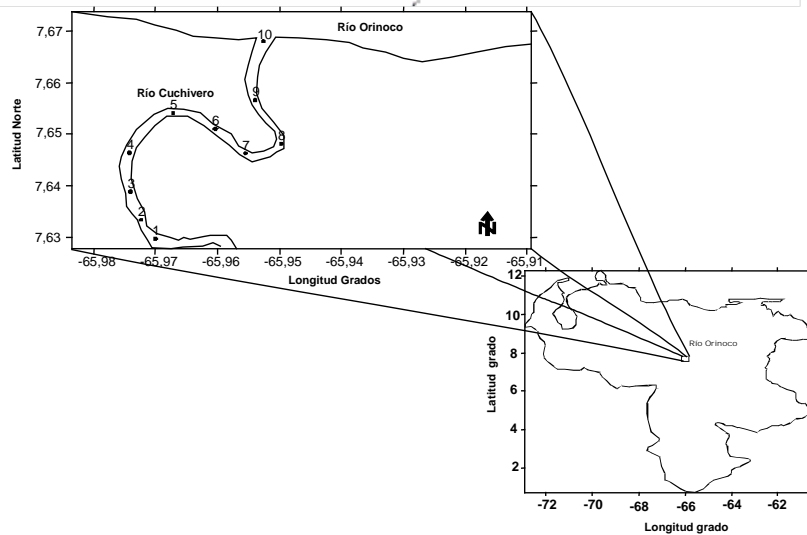
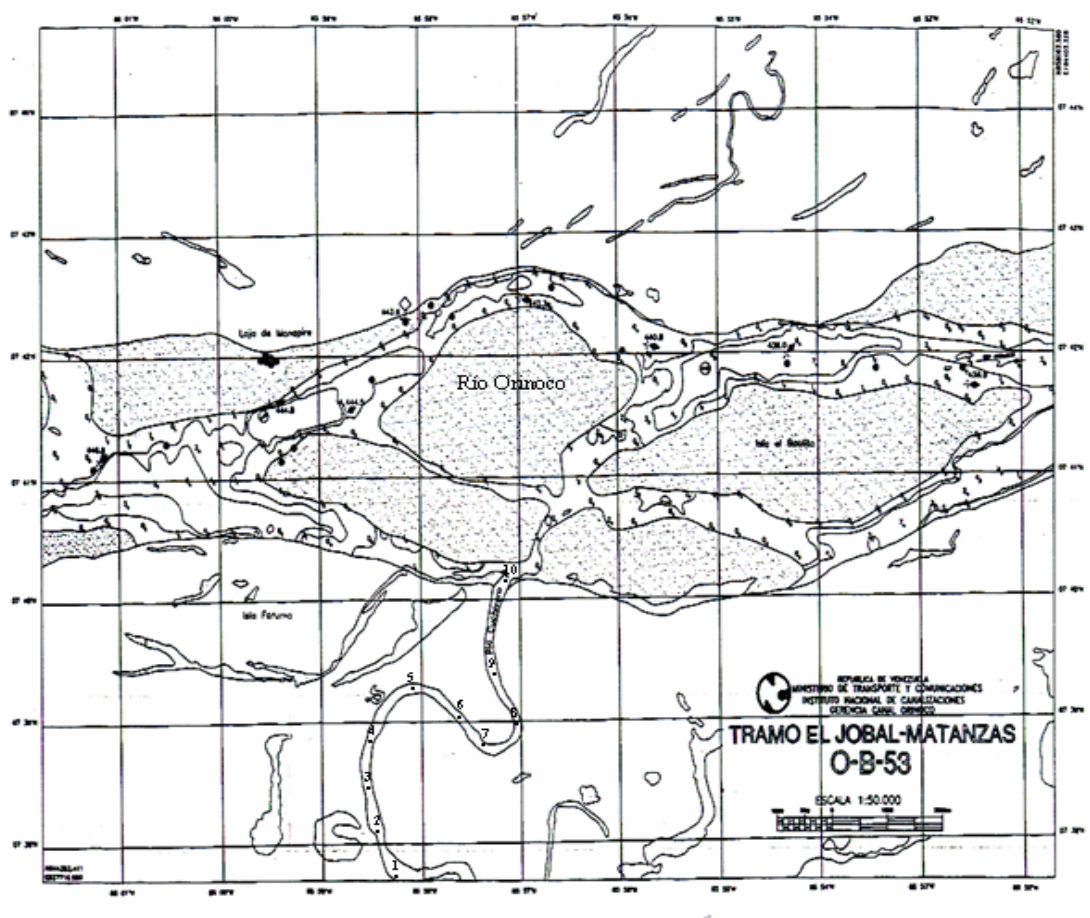


Figura 1. Ubicación Geográfica del río Cuchivero y distribución de las estaciones establecidas para el desarrollo de esta investigación.

Recolección de las muestras

Se establecieron diez estaciones de muestreo en el río Cuchivero, desde su desembocadura en el río Orinoco hasta el sector de Guaniamo, 50 km río arriba. Las muestras se recolectaron utilizando una draga tipo Diez Laffont de 0,02m² de área, se almacenaron en bolsas de polietileno a bajas temperaturas y se trasladaron al Departamento de Oceanografía del Instituto Oceanográfico de Venezuela. El secado se realizó en una estufa a 60°C, excepto las muestras utilizadas para analizar mercurio las cuales fueron secadas a temperatura ambiente. Posteriormente, se pulverizaron y se guardaron en envases de polietileno hasta su análisis.

Métodos analíticos

Nitrógeno y fósforo total

Para el análisis de NT y PT, se utilizó el método descrito por Valderrama (1981), el cual se basa en la oxidación simultánea de los compuestos de nitrógeno y fósforo.

A 50 mg de sedimento seco, se le agregaron 100 ml de agua desionizada y 5 ml de reactivo oxidante constituido por peroxodisulfato de potasio, ácido bórico y hidróxido de sodio en una relación 6:4:3. Se colocaron en frascos de vidrio con tapas herméticas durante 30 minutos y se sometieron a digestión, a 15 Psi de presión, en un autoclave. Transcurrido este tiempo, las muestras fueron extraídas y dejadas en reposo. Luego fueron llevadas a un espectro fotómetro de absorción atómica.

Materia orgánica total

Se determinó mediante la mineralización total de la materia orgánica por calcinación a altas temperaturas (Bonilla y Márquez, 2002).

Se pesaron 2 g de la muestra en un crisol previamente tarado. Se secaron a 110°C durante 12 horas; luego se calcinaron en una mufla durante 12 horas más. Una

vez fría, la muestra se pesó. Este procedimiento se repitió hasta obtener una masa constante del calcinado.

La diferencia del peso del crisol con muestra sin calcinar y calcinado, representa la cantidad de materia orgánica perdida por ignición.

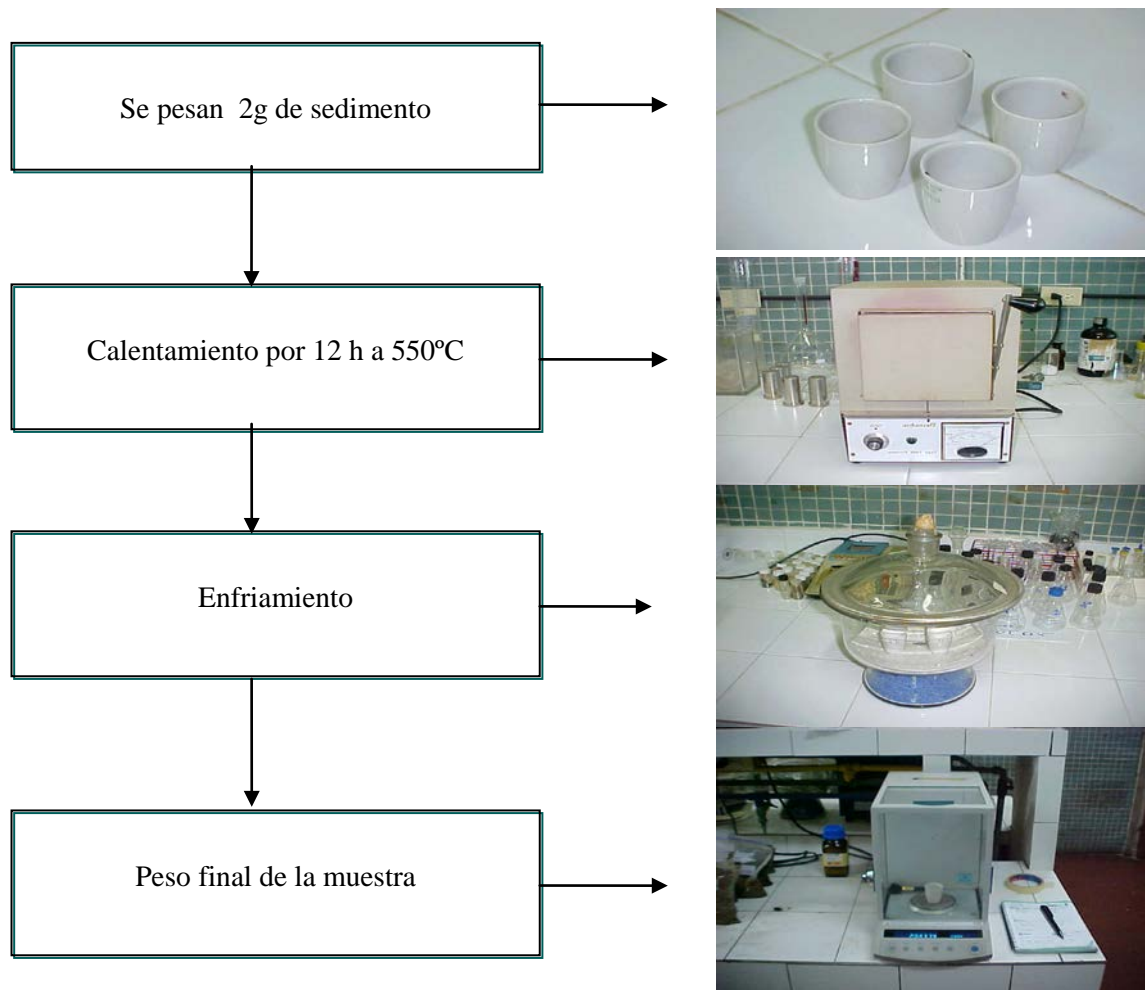


Figura 2. Flujoograma para la metodología empleada en la determinación de la materia orgánica.

Carbono orgánico

En el presente análisis se utilizó el método de Allinson (1965), el cual se fundamenta en la siguiente ecuación de óxido reducción:



El método consiste en la oxidación del carbono orgánico por una mezcla oxidante de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), en exceso y ácido sulfúrico (H_2SO_4). Luego el exceso se titula con sal de Mohr, usando difenilamina como indicador.

Para la determinación, se pesaron 0,5 g de la muestra, posteriormente se colocaron en un erlenmeyer de 125 ml, se le adicionaron 10 ml de ácido sulfocrómico $0,4 \text{ mol.l}^{-1}$ y se calentó por 12 min hasta ebullición. La solución se filtró y el residuo se lavó con 15 ml de agua destilada, luego, a la solución se le añadieron 8 gotas de difenilamina como indicador, titulando el exceso de dicromato con sal de Mohr ($0,2 \text{ mol.l}^{-1}$).

Análisis de mercurio

En la determinación de mercurio, se utilizó el método CVAA (Cool Vapour Atomic Absorption), que consiste en la reducción del mercurio presente en la muestra, a mercurio metálico, mediante una digestión con ácido nítrico al 1,5% V/V. Para ello, se pesó 1g de la muestra de sedimento seco en un erlenmeyer de 125 ml. Este sedimento, se sometió a digestión con una mezcla de ácido nítrico y peróxido de hidrógeno a 70°C , por tres horas. La solución resultante se filtró en balones aforados de 125 ml y se enrrasó con agua desionizada, posteriormente, el mercurio se reduce a mercurio metálico haciéndolo reacción con borohidruro de sodio (NaBH_4). El vapor de mercurio liberado se transporta por medio de bombeo con nitrógeno gaseoso hasta la celda de absorción de un espectrofotómetro de absorción atómica.

Carbonato de calcio

A 0,5 g de la muestra previamente macerada, se le agregaron 25 ml de HCl $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$ en exceso. La muestra se calentó a ebullición para eliminar el CO_2 .

El exceso de ácido se tituló con NaOH $0,2 \text{ mol.l}^{-1}$ utilizando azul de bromofenol como indicador. Se titularon blancos reactivos para el HCl.

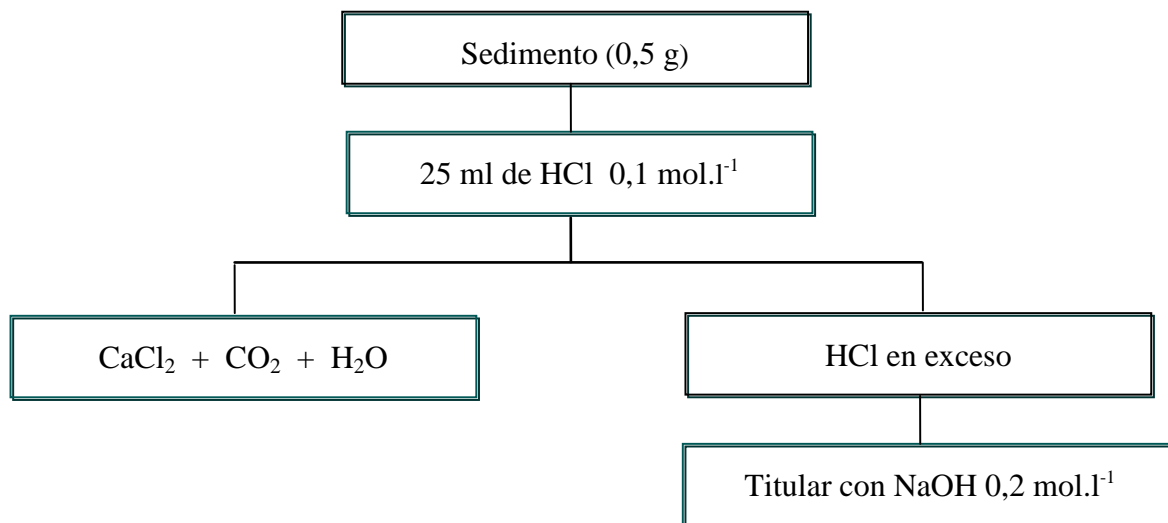
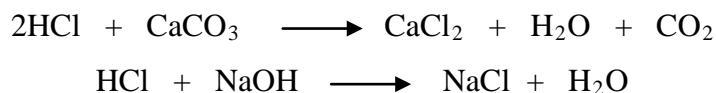


Figura 3. Flujograma del procedimiento para el análisis de carbonatos de calcio.

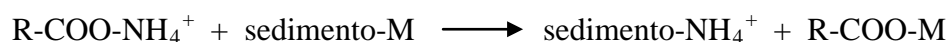
Reacciones involucradas.



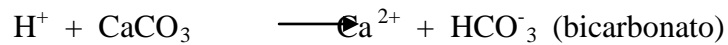
Determinación de metales

Para la determinación de la concentración total y el fraccionamiento químico de los metales, se utilizó el método descrito por Tessier *et al.* 1979. El método describe extracciones en cuatro etapas, utilizando 2 gramos de sedimento seco.

Primera etapa (fracción 1). Se utilizaron 15 ml de un buffer de acetato de amonio 1 mol.l^{-1} a pH 7 con la finalidad de extraer los metales intercambiables que se encuentran adsorbidos a la parte superficial del sedimento. Esto se hace con agitación continua durante 2 horas a la temperatura del laboratorio.



Segunda etapa (fracción 2). El residuo de la fracción 1, se colocó en un enlermeyer de 125 ml y se le agregan 15 ml de ácido acético al 25 %, para extraer los metales asociados a los iones carbonato durante 4 horas, a temperatura ambiente.



Tercera etapa (fracción 3). Al residuo de la segunda etapa, se le agregan 10 ml de ácido acético al 25% y 10 ml de peróxido de hidrógeno al 30%. La solución después de filtrada, se ajusta a pH 2 y se calienta durante 2 horas, a 85°C. El residuo se trata con 5 ml de acetato de amonio 3,2 mol.l⁻¹ en ácido nítrico 20% (V/V). En esta etapa, se extraen los metales adsorbidos a los óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso presentes en la materia orgánica.

Cuarta etapa (Fracción 4). El residuo del paso anterior, se trata con 10 ml de ácido nítrico, ácido clorhídrico y ácido perclórico en una relación 3:2:1 durante 2 horas, a 100°C. Esto permite la mineralización total del sedimento, luego se filtró en balones aforados de 25 ml.



Las concentraciones de los metales estudiados se determinaron utilizando un espectrofotómetro de absorción atómico marca Perkin Elmer 3110 con llama de aire acetileno y corrector de fondo de deuterio.

Es importante aclarar que la exactitud del método ha sido suficientemente estudiada, algunos autores como. Martínez *et al.* (2002); Castellar (2004); Fermín (2002) y García (2006) han estudiado dicha metodología utilizando patrones certificados de la Environmental Resource Associates ® (cat # 540 for Inorganic Trace Metals Lot # 237).

Todos los autores señalados, muestran valores para coeficientes de variación por debajo de 2,5%, confirmando la utilidad del método en el análisis de los metales. Los resultados se muestran en la tabla 3.

Además de la exactitud, la precisión también es importante para certificar los datos experimentales. En tal sentido, se hizo un análisis repetitivo por cuadruplicado de la muestra para los parámetros: materia orgánica total, carbono orgánico, carbonato de calcio, nitrógeno total y fósforo total, con la finalidad de garantizar plenamente la reproducibilidad de los mismos. Los resultados se muestran en la tabla A9 del apéndice.

Tabla 2. Resultados obtenidos para coeficientes de variación (Cv), en los patrones certificados según los autores señalados.

| Autores | Metales | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Cr | Co | Ni | Zn | Fe | Mn | Cu | Pb | Cd |
| Martínez (2002) | 0,90 | n.d | 1,52 | 0,59 | 1,13 | 2,10 | 2,05 | 1,97 | 1,14 |
| Castelar (2004) | 0,53 | 0,35 | 0,49 | 1,96 | 1,77 | 0,26 | 0,30 | 0,30 | 0,31 |
| Fermín (2002) | 0,41 | n.d | 0,90 | 1,63 | 0,85 | 1,33 | 0,74 | 1,60 | 2,04 |
| García (2006) | 0,49 | 0,42 | 0,77 | 0,45 | 0,88 | 0,89 | 0,56 | 1,71 | 1,03 |

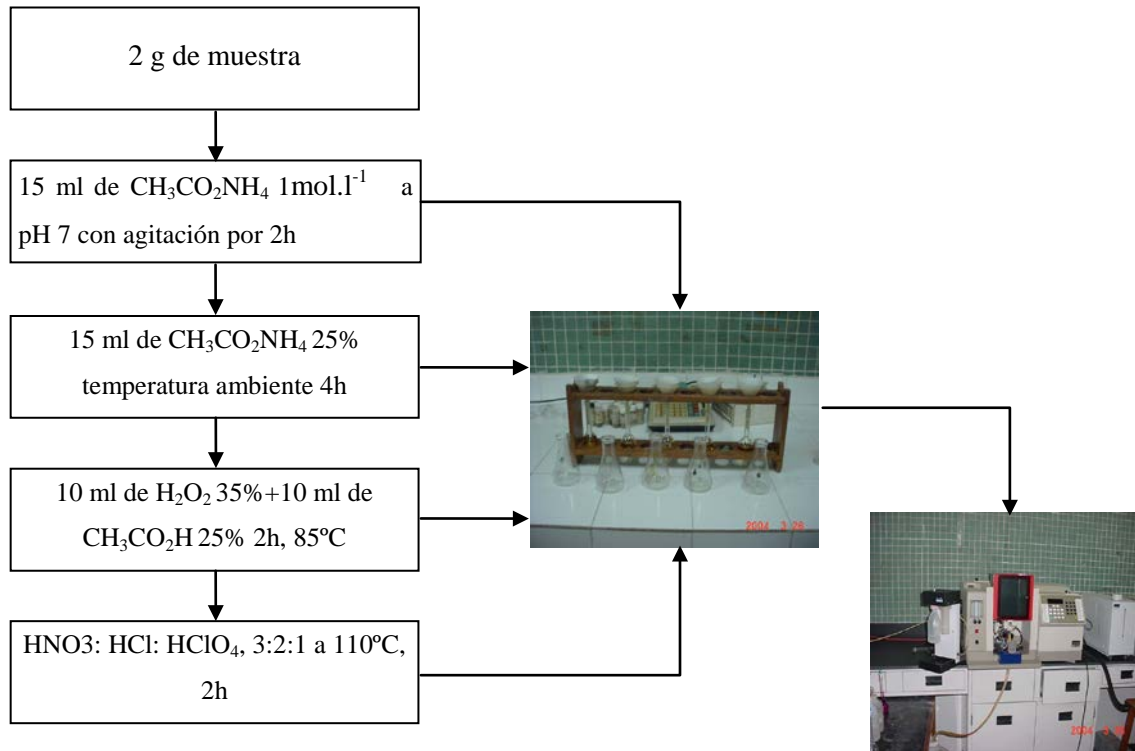


Figura 4. Flujograma para la metodología empleada en la extracción y determinación de metales en los sedimentos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los organismos mantienen una continua y compleja interacción con el entorno donde habitan y desarrollan sus procesos vitales. Como consecuencia de su evolución y desarrollo, han logrado adaptarse a ese entorno y han generado mecanismos adecuados de defensa y protección para enfrentar situaciones riesgosas del entorno (Martínez, 2002)

Sin embargo, debido a los cambios profundos en el medio, por la actividad del hombre y la creciente explotación de la naturaleza, el entorno ha comenzado a provocar problema ante los cuales muchos mecanismos de defensa resultan ineficientes. Este es, el aspecto central de los problemas actuales que plantea la creciente contaminación ambiental (López, 2002)

En el presente trabajo, se pretende enfocar esta problemática a través de la óptica y metodología que plantea la geoquímica como ciencia que estudia el sedimento. En primer lugar, es necesario destacar la influencia del hombre en el comportamiento geológico de algunos parámetros, orgánicos e inorgánicos. Por ejemplo, algunos estudios han demostrado que la concentración de plomo en la atmósfera ha aumentado más de cien veces en los últimos trescientos años y variaciones de magnitud similar o superior, se dan para muchos otros parámetros: sulfatos, fosfatos, nitratos y metales (Yáñez y Ramírez, 1988).

En el caso de metales que se encuentran en contacto directo con sistemas fluviales, pueden ser considerados como tóxicos o no tóxicos a pesar que dicha clasificación es relativa, ya que, aunque algunos son esenciales (Fe, Zn, Mn, Ca), cuando son asimilados en exceso por los organismos, se transforman en tóxicos o perjudiciales. En consecuencia, es importante tener presente que varios de los metales

reconocidos como tóxicos para casi todos los organismos (Pb, Hg, Cr, Co), están ubicados en el sistema periódico de los elementos, muy cerca de otros que son considerados esenciales. Así, cuando entran en el organismo compiten y dificultan su funcionamiento (Camacho, 2000).

Materia orgánica total (MOT)

La materia orgánica es la fuente energética primaria del sistema sedimentario. En ella, los organismos bióticos y abióticos producen su transformación, alterando las propiedades física y química de los sedimentos. La acumulación progresiva de materia orgánica en los sedimentos, esta relacionada con la descomposición de materiales residuales bioquímicamente estables donde están presentes proteínas, ácidos grasos, carbohidratos, hidrocarburos y sustancias húmicas (Espinoza, 2001).

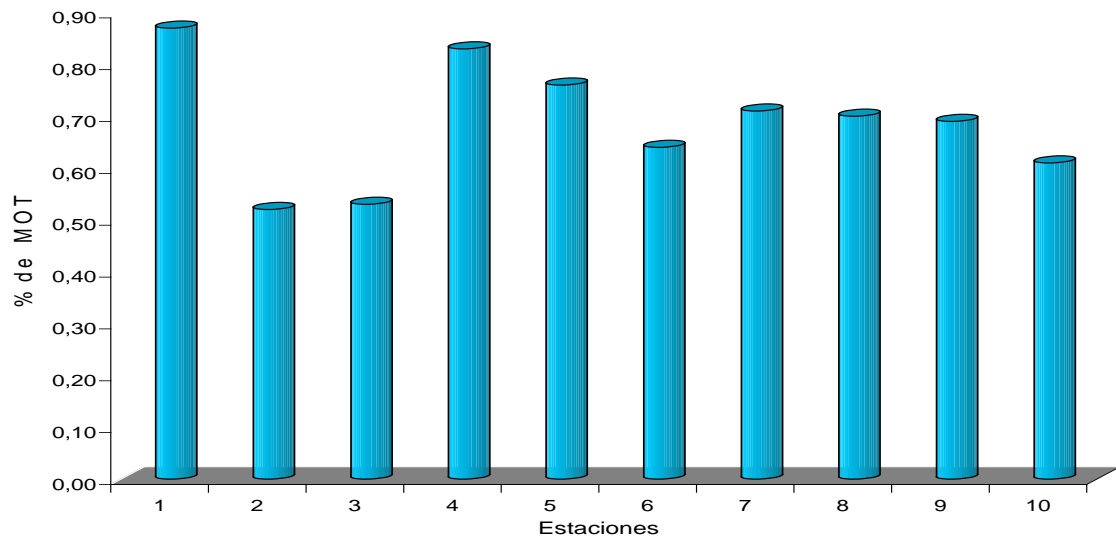


Figura 5. Distribución del contenido de materia orgánica (%) en los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

Los contenidos de MOT en los sedimentos superficiales del río Cuchivero se presentan en la figura 5, donde se observa su distribución a través de toda la región estudiada, con valores que fluctúan entre 0,52% y 0,87%, promedio de 0,69%. El

máximo se ubicó en la estación 1 y el mínimo en la estación 2. Las concentraciones de MOT son bajas y con pocas variaciones entre las estaciones, indicando que en la región no se están favoreciendo los procesos bióticos y que existe una tasa de sedimentación muy baja. Este hecho se debe, probablemente, al lavado o arrastre que ejerce sobre el fondo la hidrodinámica del río, aunado a un flujo muy pobre de materia orgánica proveniente de afluentes antropogénicos. En consecuencia, la poca cantidad de materia orgánica que logra depositarse, se transforma rápidamente permitiendo una elevada estabilidad física y química del sistema sedimentario.

Páez-Osuna *et al.* (1986) y Lanza y Cáceres (1984) señalan como zona de alta contaminación aquellas que presentan contenidos de materia orgánica igual o superior al 20 %. Los resultados obtenidos muestran valores muy por debajo del valor señalado. Este hecho sugiere, que el sedimento presenta una condición de equilibrio hidrodinámico y geodinámico en relación con la cantidad de materia orgánica, por lo tanto, se puede considerar como saludable ambientalmente en cuanto a este parámetro.

Carbono orgánico

Éste parámetro, puede ofrecer una idea sobre la fertilidad del sedimento superficial de un ecosistema. Su contenido se encuentra en una relación directa de menor a mayor cantidad de acuerdo al tipo de grano que forma el sedimento. EN los sedimentos de constitución limosa o arcillosa, pueden acumularse las mayores concentraciones de carbono orgánico (Dássele, 2004).

Los contenidos de carbono orgánico obtenidos en los sedimentos superficiales del río Cuchivero, se presentan en la figura 6 y en la tabla (A5) del apéndice, observándose un comportamiento similar en todas las estaciones. Los valores se ubican entre 0.06% y 0.09%.

Es importante señalar que a partir de la estación 6, hubo un incremento del porcentaje de 0,07% a 0,09% estación 10, en la desembocadura del río Cuchivero con el Orinoco. El incremento del carbono orgánico a medida que se desplaza hacia la desembocadura del río, supone un cambio en las condiciones geoquímicas y geodinámicas características de la zona y del tipo de grano presente en el sedimento, ya que, los niveles de caudal y corriente disminuyen influyendo en la precipitación de las partículas más fina. En consecuencia, estas comienzan su sedimentación a medida que las condiciones cambian cuando el río se acerca a su desembocadura en el Orinoco.

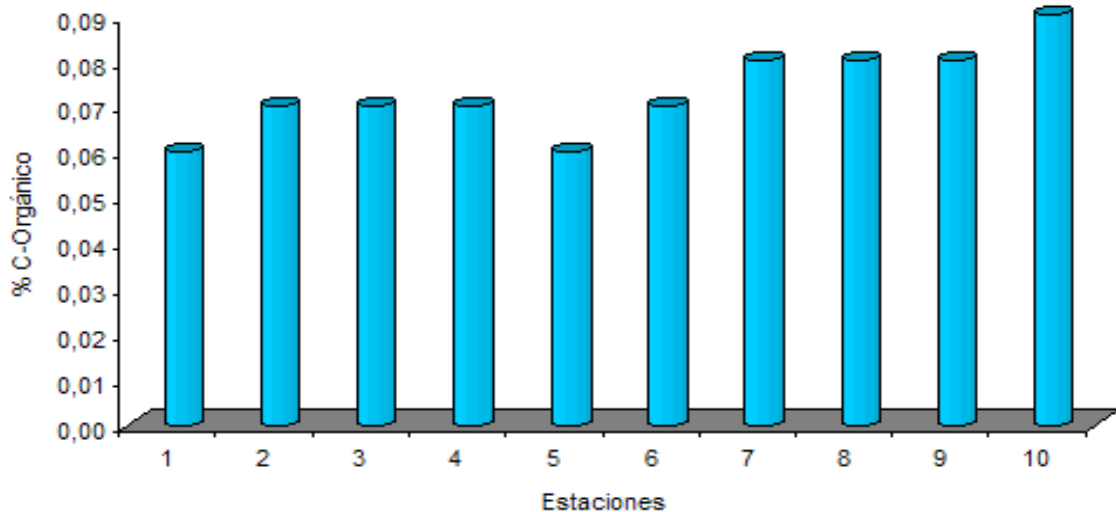


Figura 6. Distribución del contenido de C-orgánico (%) en los sedimentos superficiales del río Cuchivero

Bonilla *et al.* (1995) reportaron para el medio Orinoco, concentraciones entre 1,52 y 2,20%, superiores a las encontradas en el presente estudio. Sin embargo, García (2006), para la zona media del mismo, reportó valores comprendidos entre 0,03 y 0,52 %, muy similares a los determinados para este ecosistema. En consecuencia, el comportamiento de toda la actividad hidrodinámica que desarrolla

el Orinoco en torno a la desembocadura del Cuchivero, podría estar controlando el comportamiento del parámetro en el sedimento de la zona. Así, el mayor valor obtenido se observa en la estación 10.

Nitrógeno total (NT)

El contenido de NT está caracterizado por la presencia de un comportamiento variado y totalmente diferente al comportamiento expresado para la materia orgánica.

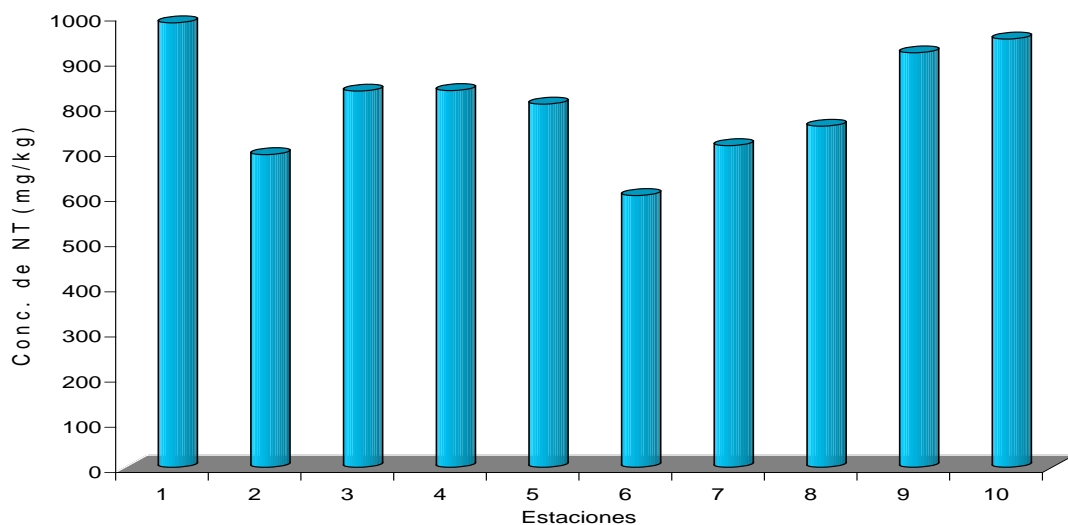


Figura 7. Distribución del contenido de NT (mg/kg) en los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

En la figura 7, se observa las concentraciones del NT, predominando valores relativamente altos que varían entre 601,98 mg/kg (estación 6) a 948,60 mg/kg (estación 1). Los valores más bajos se observan entre la estación 6, estación 2 (692,7 mg/kg), estación 7 (712,55 mg/kg) y estación 8 (755,48 mg/kg), todas las demás estaciones presentan valores superiores a 755,40 mg/kg. La alta concentración de NT, confirma la existencia de una mayor actividad biótica, influenciada por los mecanismos de mineralización. Es decir, el aumento o disminución del NT en el sedimentos no esta relacionado con la cantidad de MOT, pero si con la proporción de

materia orgánica descompuesta. Así, cuando la descomposición es mayor la presencia de nitrógeno en el sedimento aumenta y la cantidad de MOT disminuye, el nitrógeno se transforma desde especies orgánicas a nitritos, nitratos y amonios. Por otra parte, las mayores concentraciones observadas en las estaciones (1, 9 y 10), pudieran estar relacionadas con cambios introducidos por actividades domésticas e industriales que se desarrollan en la zona.

García (2006), para los sedimentos superficiales del Orinoco medio, reportó 505,60 mg/kg como valor promedio, similar a los reportados en el presente estudio.

Carbonato de calcio

Los carbonatos, son componentes geoquímicos que reflejan el balance orgánico e inorgánico del carbono de un determinado sistema sedimentario. Por lo tanto, su determinación y estudio, es de vital importancia para determinar la actividad biogénica prevaleciente (García, 2006).

Los contenidos de carbonato de calcio obtenidos en los sedimentos superficiales del río Cuchivero, se presentan en la figura 9 y en la tabla A5 del apéndice

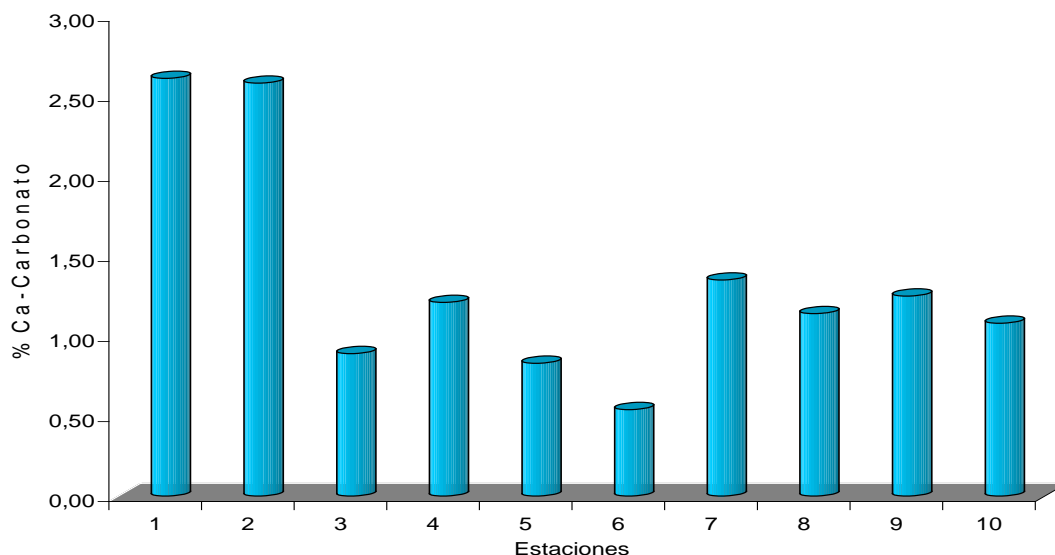


Figura 9. Distribución del contenido de CaCO_3 (%) en los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

El gráfico muestra las mayores concentraciones en las estaciones 1 y 2 con 2,61 % y 2,58 % respectivamente. La estación 6 muestra el valor más bajo (0,54 %) y de la estación 7 en adelante se observa un comportamiento similar con valores comprendidos entre 1,08 % (estación 10) y 1,35 % (estación 7). En términos generales, los contenidos de carbonato de calcio obtenidos en el presente estudio, son bajos si se comparan con el valor máximo 8,05% encontrado por García (2006) en sedimentos superficiales del medio Orinoco. Por otra parte, Yáñez y Ramírez (1999) señalan que el proceso de meteorización en el escudo de Guayana y medio Orinoco es complejo, hasta el punto que la disolución de cuarzo prevalece por encima de la disolución de minerales carbonatados. Esta diferencia en los procesos de meteorización, está presente en las cuencas de los ríos Parguaza, Caroní y Cuchivero lo que reduce de manera significativa la presencia de carbonatos en sedimentos de estos ríos. También, se evidencia en las estaciones 5 y 6, las concentraciones de carbonatos más bajas, de comportamiento similar a las encontradas para la materia orgánica. Los resultados obtenidos en el análisis de la materia orgánica como en el

carbonato de calcio, podrían influir en la capacidad de absorción, retención y reducción que presenta el sedimento, lo que limita la incorporación y permanencia de metales en las fracciones biodisponibles.

García (2006), en sedimentos del medio Orinoco, encontró 0,84 % como valor mínimo similar al valor 0,83 % encontrado para la estación 5. Estos resultados concuerdan con lo expresado por Yáñez y Ramírez (1999)

La figura 8 representa el contenido de fósforo total en los sedimentos superficiales del río.

Fósforo total (PT)

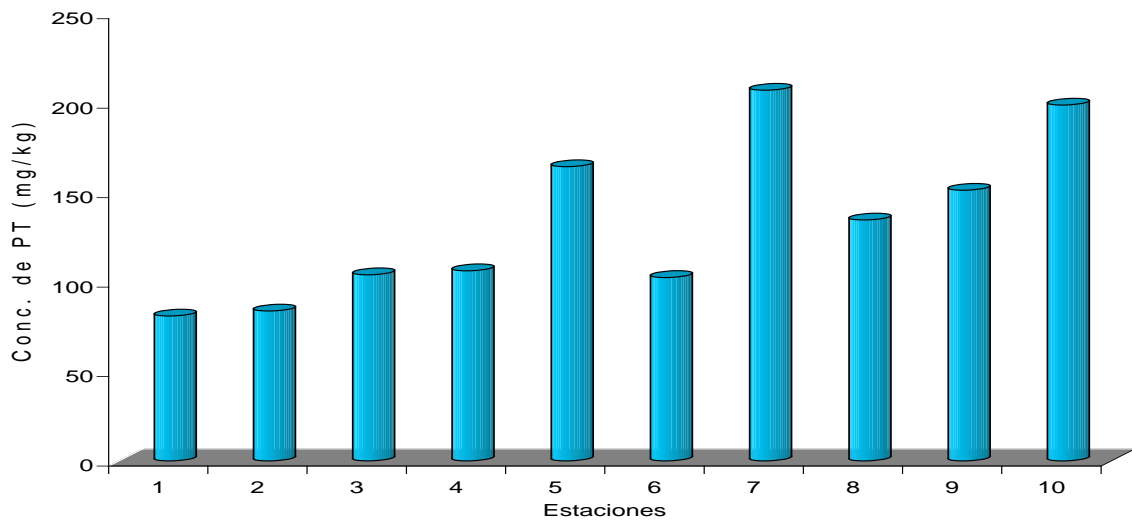


Figura 8. Distribución del contenido de PT (mg/kg) en los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

El gráfico señala una distribución creciente, observándose su valor más bajo en la estación 1 (80,94 mg/kg), con aumento progresivo hasta la estación 10 (198,85 mg/kg) y un máximo en la estación 7 (207,15 mg/kg)

En general, los valores del PT son muy altos si comparan con el contenido de materia orgánica y bajos respecto al contenido de nitrógeno. Esto indica, la presencia de compuestos altamente nitrogenados provenientes probablemente de afluentes que drenan hacia el río. También podría existir una relación directa entre el contenido de PT y el de CaCO_3 , ya que, el contenido de este último es alto en comparación con el contenido de materia orgánica, lo que supone la presencia del fósforo unido con el calcio.

En consecuencia, el fósforo antropogénico reacciona con el calcio del carbonato para formar fosfato cálcico una masa sólida de dureza moderada que se acumula en el fondo de ríos, lagos y mares. Esta especie, es considerada la forma más importante que controla las concentraciones del fósforo en los sedimentos (Espinoza, 2001). Finalmente los altos valores del PT y NT en los sedimentos superficiales del río demuestran la gran capacidad acumulativa del sedimento en condiciones naturales. Esto se debe, a las condiciones geoquímicas del sedimento y actividades biológicas que permiten adsorber o intercambiar el fósforo desde la columna de agua al sedimento y viceversa.

De Lanza (1994) señala que la mayor parte del fósforo antropogénico incorporado a corrientes de agua, se encuentra como fosfato y entra a la matriz del sedimento por adsorción de hasta un 50% del contenido original. Así, gran parte del fósforo detectado en el presente estudio, podría estar siendo incorporado por esta vía. Valores similares a los encontrados en el presente estudio (185-225 mg/kg) han sido reportado por García (2006) en sedimentos del Orinoco medio y (180-240 mg/kg) reportadas por Bonilla *et al.* (1995) para sedimentos del Orinoco (Zona Oriental)

Hierro

El hierro aparece como el elemento de transición más ampliamente presente entre los seres vivos, desde las bacterias hasta el hombre. Es el segundo elemento

metálico más abundante en la naturaleza, encontrándose principalmente como Fe_2O_3 y FeO . En aguas naturales este elemento se encuentra en sus estados Fe^{2+} y Fe^{3+} y debido a la presencia del oxígeno disuelto se precipita como hidróxido de hierro cuando aumentan los niveles de pH (Klavins, 2001).

La figura 9 muestra la distribución por estacines y por fracciones del Fe en los sedimentos superficiales del río Cuchivero. Los valores se ubican entre 0,14 mg/kg (estación 10) y 1,17 mg/kg (estación 7) para F_1 ; 31,19 mg/kg (estación 10) y 95,69 mg/kg (estación 3) para F_2 ; 9,81 mg/kg (estación 1) y 54,24 mg/kg (estación 5) para F_3 ; 328,45 mg/kg (estación 1) y 366,90 mg/kg (estación 5) para F_4 , observándose una evolución con cierta irregularidad a través de todas las estaciones.

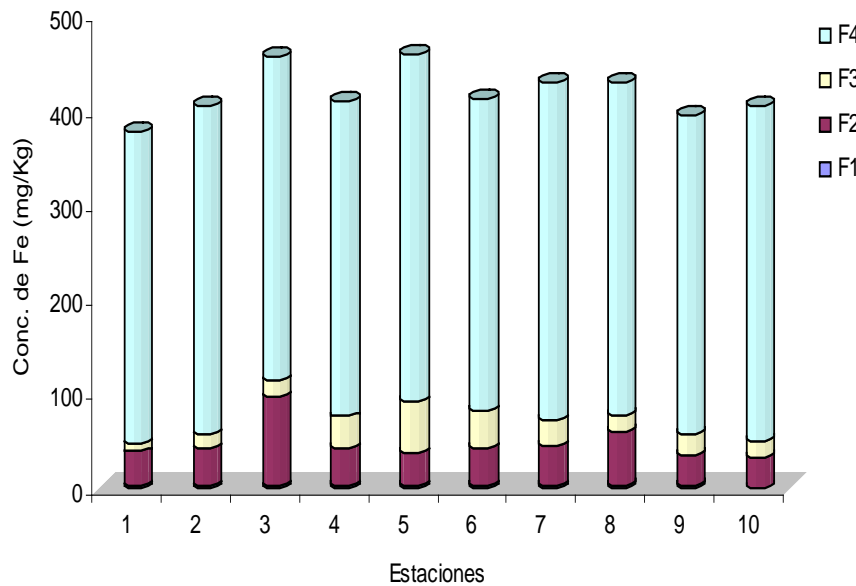


Figura 9. Concentraciones de Fe en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero

La fracción F_1 muestra los valores más bajos en comparación con los obtenidos para F_2 , F_3 y F_4 .

Los valores relativamente bajos del hierro en F_1 reflejan la escasa influencia que ejercen fuentes litogénicas sobre el sistema sedimentario. En consecuencia, la concentración baja del metal en F_1 y alta en F_4 , supone la presencia del mismo formando parte de compuestos altamente mineralizados que se consolidan con el transcurso del tiempo, y no adsorbido a la superficie de las partículas depositadas en el sedimento. Esto sugiere, que las fracciones asociadas a los metales intercambiables, no contribuyen de manera importante al contenido total del metal en el sedimento. Así, la presencia del mismo podría estar siendo regulada por la erosión que se produce cuando corrientes de aguas fluyen a través del suelo incorporando partículas minerales al sedimento.

En F_2 la concentración de Fe es baja si se compara con F_4 , pero alta con respecto a F_1 , lo que indica una presencia importante del metal asociado al carbonato de calcio. Estos metales son considerados intercambiables porque se encuentran adsorbidos en la superficie de las partículas más finas presentes en el sedimento y pueden interactuar de manera directa con los cuerpos de aguas.

Los valores altos del metal en F_4 , probablemente, están asociados a la presencia del Fe como parte de estructuras mucho más estables que requieren condiciones fuertes de oxidación, como las asociaciones del Fe con aluminosilicatos, sulfuros y óxidos muy estables. Si se toma en consideración las condiciones geológicas de la zona, es lógico que F_4 presente las mayores concentraciones, ya que, el sedimento con el transcurso de los años probablemente, fue incorporando partículas mineralizadas con altos contenidos de hierro provenientes de la cuenca del río Cuchivero. Estas partículas una vez incorporadas a la matriz del sedimento, no son extraídas con las condiciones de reacción señaladas para las otras tres fracciones. Valores similares a los encontrados en la F_4 , fueron reportados por García (2006) en sedimentos del Orinoco. El autor señala, que el hierro en la desembocadura de los ríos en la zona, tiene mayor presencia en los sedimentos, ya que, se incorpora cuando

las partículas se precipitan por los procesos de turbulencia que se generan. En el presente estudio, este comportamiento se observa para los parámetros: carbono orgánico, NT y FT. Por otra parte, las mayores concentraciones del metal obtenidas en F₄ sugieren que probablemente, éste no fue incorporado por vías litogénicas, ya que, apenas se detectó la presencia del mismo en F₁.

Manganeso

El manganeso es un elemento traza de poca abundancia en aguas de ríos, estando presente en mayores cantidades en sedimentos. Su valor funcional parece estar asociado esencialmente, a dos características. Por un lado como Mn²⁺ se comporta como un ácido de Lewis y en estados de oxidación superiores, es un agente oxidante siendo sus estados de oxidación más relevantes II, III y IV. En ambientes acuáticos, es altamente reactivo y presenta alta capacidad de adsorción en forma de óxidos coloidales (Gacía, 2006).

La figura 10 señala el fraccionamiento y distribución por estacional del Mn en los sedimentos superficiales del río Cuchivero. Este metal muestra un comportamiento diferente al mostrado por el Fe observándose concentraciones que van desde 9,62 mg/kg (estación 1) a 15,05 mg/kg (estación 6) para F₁, 19,18 mg/kg (estación 10) a 31,92 mg/kg (estación 1) para F₂, 10,22 mg/kg (estación 3) a 19,10 mg/kg (estación 5) para F₃ y 5,37 mg/kg (estación 10) a 24,93 mg/kg (estación 3) para F₄. Como se puede apreciar, las concentraciones están por debajo de las observadas para el hierro con excepción de la fracción 2 donde los valores de Mn fueron mayores.

Es interesante destacar el hecho de que el manganeso en F₁, esté en mayor concentración que el hierro. Esto sugiere aportes litogénico que podrían estar incorporando cantidades importantes del metal al agua y posteriormente al sedimento.

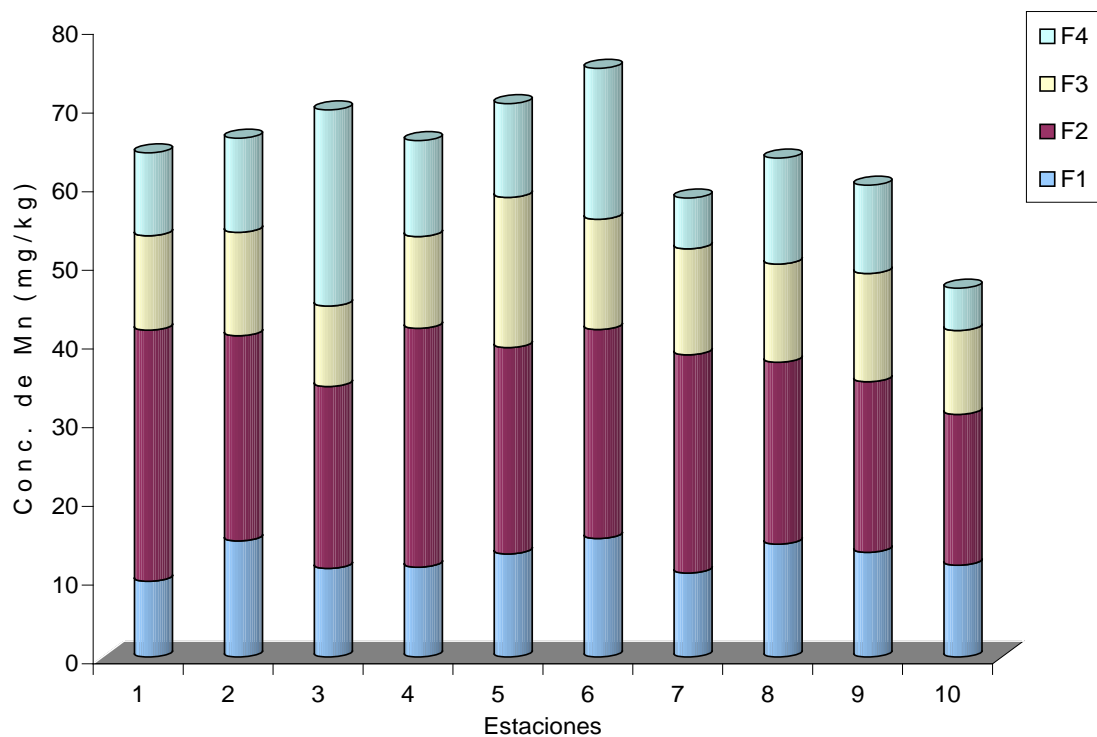


Figura 10. Concentraciones de Mn en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

La fracción 2 muestra valores mayores del metal, lo que indica una presencia del mismo asociado a las partículas más finas presente en el sedimento. También se observa un comportamiento regular entre las estaciones 5 y 7 evidenciando poca variación en las condiciones geoquímicas que controlan la presencia del sedimento en la zona.

En la fracción 3 las concentraciones encontradas fueron similares a las observadas en F₁, pero mayores que F₄, probablemente porque el metal en las fracciones no biodisponibles (F₃ y F₄) está asociado mayoritariamente a óxidos, hidróxidos y a la materia orgánica más que a las estructuras mineralizadas presente en el sedimento.

Concentraciones similares del Mn, 50,62 mg/kg han sido reportadas por Marval (2002), para el material suspendido de la región central del Delta del Orinoco y por García (2006) con valores comprendido entre 21,53 mg/kg y 98,67 mg/kg para sedimentos de la misma zona. Algunos ecosistemas pueden ser considerados de alto contenido orgánico y elevada capacidad reductora cuando presentan cantidades elevadas de materia orgánica (Castellar, 2004), situación que no se presenta para los sedimentos superficiales de este río. Sin embargo, las concentraciones más elevadas del metal encontradas en F₃, sugieren la incorporación de metales adsorbido a la materia orgánica presente en el sedimento. También la presencia del metal podría estar siendo regulada por los procesos de corrosión que se efectúan en diferentes ambientes produciendo óxidos de hierro y manganeso que pueden ser incorporados a los sedimentos como partículas detritales. La concentración de Mn en los sedimentos superficiales del ecosistema, es menor que la del Fe y ambos son considerados como esenciales hasta cierto límite de concentración.

Zinc

El zinc, en la naturaleza se encuentra en forma de sulfuro, carbonatos, silicatos, óxidos y en sistemas acuáticos, se encuentra formando halógenos e hidróxidos según las condiciones redox del medio. Según Fuentes (1998), la materia orgánica y especialmente las arcillas que contienen illita y esmectita favorecen la absorción del Zn. La amplia difusión y utilización del zinc por los seres vivos, hace pensar que éste reúne una serie de características únicas que lo hacen adecuado para cumplir eficientemente con todas las funciones de las que participa dentro y fuera de los organismos vivientes. También éste elemento, forma solo complejos incoloros y diamagnéticos lo que dificulta su estudio en algunas ocasiones (López, 2002).

La figura 11 representa la distribución por fracciones del Zn en los sedimentos superficiales del río Cuchivero. Sus valores oscilan entre 0,65 mg/kg

(estación 2) F₁ y 5,91 mg/kg (estación 3) F₄, con valores promedios de (1,07 mg/kg) F₁, (2.50 mg/kg) F₂, (1.73 mg/kg) F₃ y (3.72 mg/kg) F₄ (Tabla A3).

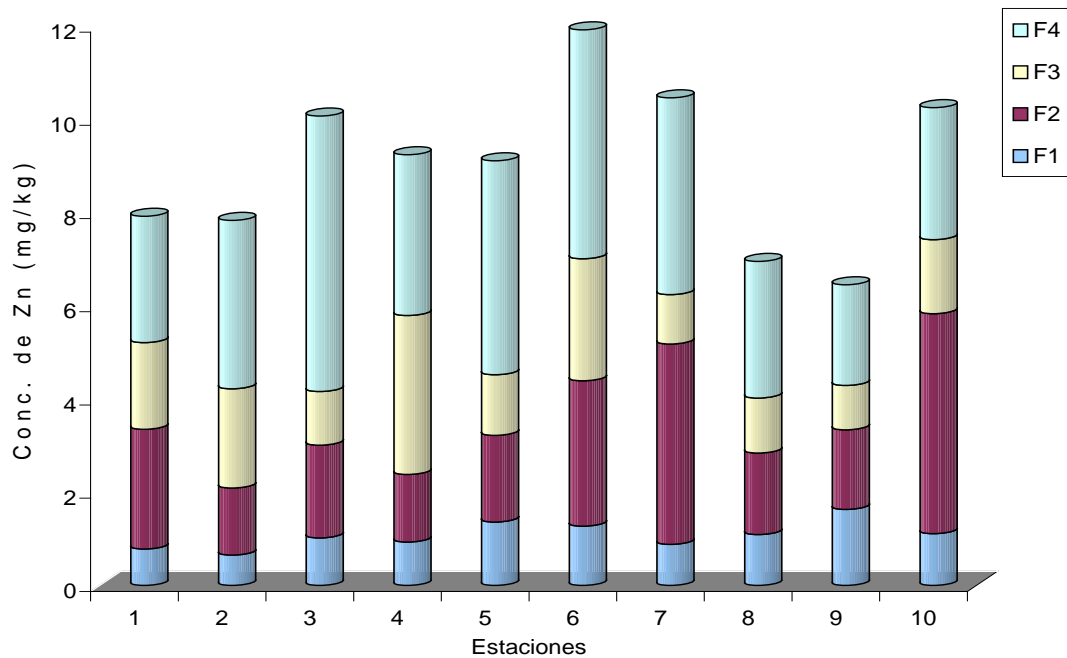


Figura 11. Concentraciones de Zn en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

Las concentraciones totales de Zn encontradas en el presente estudio, están por debajo del valor 110,0 mg/kg de zinc utilizados para cuantificar sedimentos no contaminados (Sadiq 1992), lo que indica una poca incidencia del metal al entorno. En términos generales podemos decir, que su evolución en las cuatro fracciones fue irregular mostrando sus valores más bajos en F₁ donde las concentraciones del metal no excedieron 1,36 mg/kg, diferente a F₂ donde los valores oscilaron entre 1,44 mg/kg (estación 2) y 4,72 mg/kg (estación 10).

En F₃ el comportamiento es mucho más irregular, encontrándose valores por debajo de 1,0 mg/kg con un máximo de 3,41 mg/kg (estación 4). Para F₄ se observan

los valores más elevados que van desde 2,16 mg/kg (estación 9) hasta 5,91 mg/kg (estación 3).

En comparación con los valores obtenidos para el Fe y Mn, se observa un equilibrio en el ecosistema asociado a una menor actividad de los procesos geoquímicos que controlan la incidencia del metal al medio sedimentario, así como también la presencia de mecanismos que conducen la degradación del metal incorporado.

Valores superiores a los encontrados en la presente investigación 120,9 mg/kg, han sido reportados por Salazar *et al.* (1985) para los sedimentos de la laguna de las marites y 91,76 mg/kg en el Delta del Orinoco por Bonilla *et al.* (1995), siendo estos ecosistemas alterados en la calidad de sus aguas y sedimentos por metales de origen antropogénicos producto de afluentes industriales. Las concentraciones bajas del metal en las cuatro fracciones, indican una presencia escasa de afluentes que aporten cantidades importantes del metal, así, la poca cantidad de zinc presente en el sedimento es controlada fácilmente por la actividad geológica y procesos hidrodinámicos que se desarrollan en la zona.

Cobre

El cobre es el tercer metal de transición más abundante en el cuerpo humano y en la naturaleza. Se ha identificado un número relativamente grande de metaloproteínas que lo contienen. El cobre está relacionado con sistemas y procesos que involucran la utilización de oxígeno por parte de sistemas biológicos, apareciendo en el transporte de oxígeno a diversas oxidasas y oxigenasas; está presente también en sistemas transportadores de electrones (Castellar, 2003). La vía de penetración a sistemas acuáticos está determinada por las escorrentías continentales y los afluentes de origen antrópicos divergentes (domésticos, industriales, demográficos, etc). Este elemento en los sedimentos acuáticos puede

existir bajo formas particuladas y disueltas, siendo los ríos unos de los principales medios de transporte (Teixeira *et al.* 2001).

La distribución del cobre (Figura 12) muestra una marcada diferencia en las cuatro fracciones, con valores que oscilan entre 0,05 mg/kg (estación 7) F₁ y 2,41 mg/kg (estación 5) F₄.

Este metal es considerado esencial para los organismos que habitan un determinado ecosistema, pero cuando su concentración total en sedimentos excede 10 mg/kg, comienza a ser perjudicial o tóxico (Sadiq, 1992).

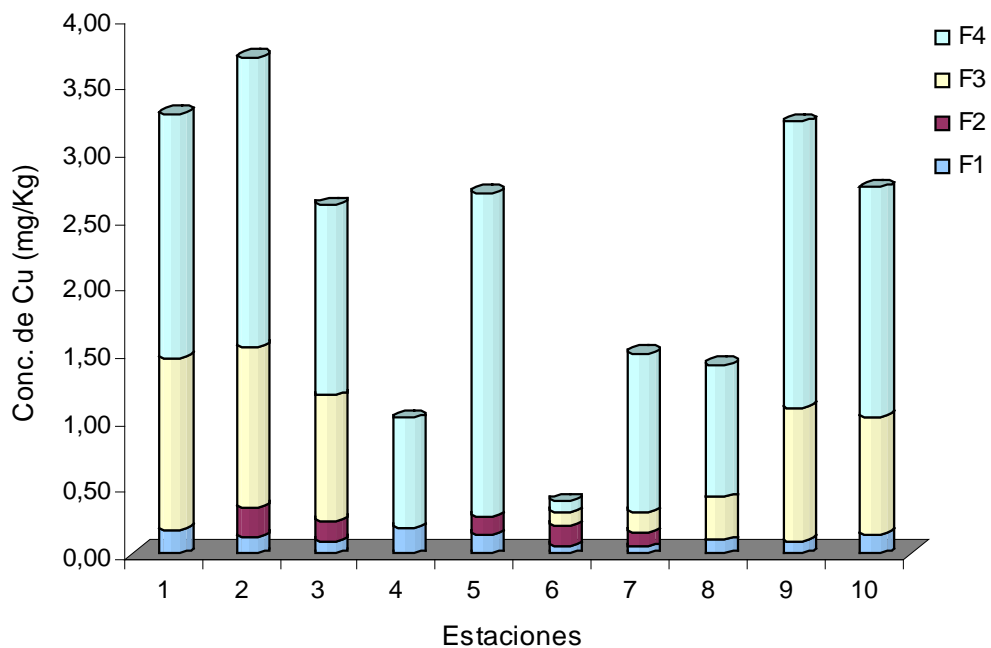


Figura 12. Concentraciones de Cu en las fracciones obtenidas en los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

Las concentraciones del metal en el sedimento son sumamente bajas con excepción de su valor máximo (2,41 mg/kg), lo que sugiere una presencia escasa del metal en la zona y la poca incidencia que tienen fuentes litogénicas sobre la incorporación del mismo al entorno. Esto se evidencia según los valores encontrados en F₁ donde las concentraciones no exceden 0,2 mg/kg. Es decir, considerando que F₁ es la fracción donde se extraen los metales asociados a la superficie de las partículas más finas (extracción con acetato de amonio), entonces, F₁ debería mostrar concentraciones importantes del metal si el medio está siendo afectado por la incorporación de efluentes exógenos que contengan cantidades significativas del elemento. Estos resultados concuerdan con lo expresado anteriormente; la hidrodinámica del río provoca un arrastre sobre la parte superficial del fondo y no permite la consolidación de las partículas depositadas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, son similares a los valores promedios del metal encontrados por García (2006), de 5,18 mg/kg y Marval (2002), de 4,85 mg/kg para sedimentos del medio Orinoco.

Níquel

El níquel es un elemento que puede estar presente en muchos minerales, óxidos, carbonatos y silicatos de hierro. También se encuentra asociado al azufre en el mineral pirrolita y al magnesio en la garnerita. Éste metal se encuentra en aguas naturales y en sedimentos arcillosos de alto contenido en materia orgánica donde la especie Ni²⁺, puede ser absorbida con facilidad (Fuentes 1998). Estudios recientes señalan, que el níquel puede ser liberado de los sedimentos a la columna de agua teniendo asociaciones y perfiles semejantes a los nutrientes especialmente como el fosfatos. (Espinoza, 2000)

La distribución del níquel presenta un comportamiento irregular, con valores no detectados en las estaciones 4, 5, 6 y 8, como lo muestra la figura 13.

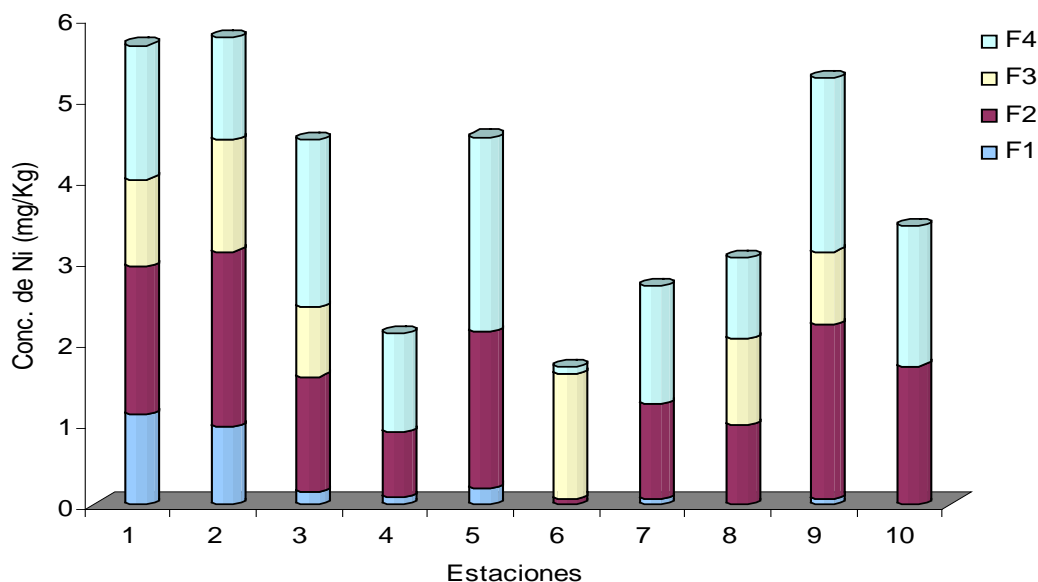


Figura 13. Concentraciones de Ni en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del Río Cuchivero.

Los mayores valores al igual que para el hierro y el zinc, se presentan en F₄ con un máximo de 2,40 mg/kg (estación 7) y un mínimo entre las concentraciones detectadas de 0,081 mg/kg (estación 6) en la F₂. Estos valores, son menores a 10 mg/kg reportado para concentraciones totales en sedimentos no contaminados por Sadiq (1992), por lo tanto, el sedimento del río no se encuentra contaminado con níquel. La concentración máxima obtenida en el presente estudio es similar a la encontrada por Fuentes(1998) para sedimentos del Humedal Chacopata con 3,43 mg/kg y sumamente bajo en comparación con valores reportados para sistemas de alta incidencia antrópica como la ensenada de puerto escondido, donde se han detectado concentraciones por encima de 16,15 mg/kg (Mudarra, 200), al igual que el valor 25,05 mg/kg determinados por (Castellar, 2004) en sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fe. Cabe destacar, que las mayores concentraciones del metal encontradas en F₄, probablemente, no están relacionadas con fuentes litogénicas que incorporan progresivamente cantidades considerables del metal, si no, con el arrastre

de partículas mineralizadas provenientes de las estructuras que conforman el tipo de rocas prevaleciente en la zona. Al igual que el hierro y el zinc, el níquel puede reaccionar con átomos de oxígeno y silicio para formar estructuras muy estables como silicatos y óxidos del metal.

Cadmio

El cadmio en los ecosistemas acuáticos es considerado como tóxico, especialmente su forma catiónica Cd^{2+} . La principal vía de entrada a los sedimentos, es de origen antrópico, vía deposición atmosférica y por la descarga de diversos efluentes exógenos. En los sedimentos la adsorción de cadmio es influenciada por el contenido de materia orgánica y carbonatos (Kirby *et al.* 2001).

El contenido de cadmio en los sedimentos superficiales del río Cuchivero, varió desde 0,02 mg/kg (estación 5) F₃ hasta 0,21 mg/kg (estación 8) F₂ con valores promedio de (0,02 mg/kg) F₁, (0,13 mg/kg) F₂, (0,02 mg/kg) F₃ y (0,03 mg/kg) F₄.

La figura 14, muestra la presencia del cadmio en toda la región, encontrándose las mayores concentraciones en F₂, con valores superiores a 0,10 mg/kg desde la estación 1 hasta la estación 6, indicando un comportamiento regular en cuanto a la concentración del metal en la zona. Seguidamente los valores descienden desde la estación 7 (0,05 mg/kg) hasta la estación 10 (0,08 mg/kg) con un máximo en la estación 8 (0,21 mg/kg).

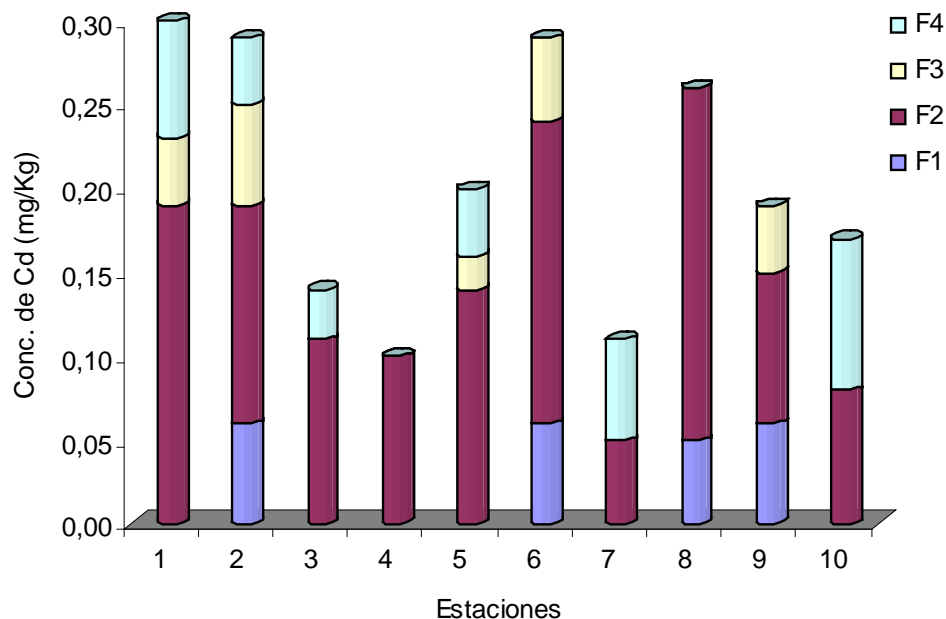


Figura 14. Concentraciones de Cd en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero

En consecuencia, las mayores concentraciones del metal encontradas en F₂, indican la adsorción del mismo sobre las partículas más finas del sedimento asociadas a los carbonatos. Por otra parte, se puede observar que en la F₃ las estaciones donde se detectó la presencia del metal, es precisamente donde existen las mayores concentraciones de materia orgánica, lo que sugiere una relación directa con el contenido de la misma.

En F₁ y F₃ apenas se detectó la presencia del metal, con valores sumamente bajos que no excedieron 0,06 mg/kg, indicando que el ión acetato no extrajo cantidades importantes del metal. Sénior y Castañeda (1997) en los sedimentos de la Bahía de Pozuelos, reportaron valores del metal (0,03 - 0,14 mg/kg) similares a los reportados en el presente estudio, pero en comparación con los obtenidos por Castelar (2003) en los sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fe (0,19 a 0,65 mg/kg) y

López (2002) en los sedimentos superficiales del la Laguna de Píritu (0,92 mg/kg como valor máximo), son sumamente bajos. En consecuencia, el ecosistema no se encuentra afectado por cantidades importantes del metal.

En F₄ no se evidencia una presencia importante del metal con valores no detectados en las estaciones 4, 8 y 9 y un máximo de 0,09 mg/kg en la estación 10. Esto indica, una mayor asociación del cadmio con la materia orgánica. Además, la escasa presencia del metal en las cuatro fracciones, pone en evidencia una vez más, la poca influencia de agentes contaminantes con cadmio sobre el sistema sedimentario.

Cobalto

Este metal es duro, tiene alto punto de fusión y baja reactividad. Puede existir en la naturaleza como sulfuros y en los sedimentos formando asociaciones con el manganeso. Su distribución en la tierra es amplia y conforma aproximadamente el 0,001% del total de las rocas ígneas de la corteza terrestre (Landaeta, 2002).

La figura 15 muestra la distribución por estaciones y fraccionamiento geoquímico del Cobalto en los sedimentos superficiales del río Cuchivero. Con valores no detectados en todas las estaciones para la F₁ y apenas detectados solo en tres estaciones (1), 4 y 5 en la F₂. Los valores detectado en la F₂ fueron: 0,03 mg/kg (estación 1); 0,05 mg/kg (estación 4) y 0,09 mg/kg (estación 8).

Las fracciones 3 y 4 muestran las mayores concentraciones del metal. Estos valores oscilan entre 0,07 y 0,63 mg/kg en la fracción 3, y entre 0,09 y 1,11 mg/kg para la fracción 4.

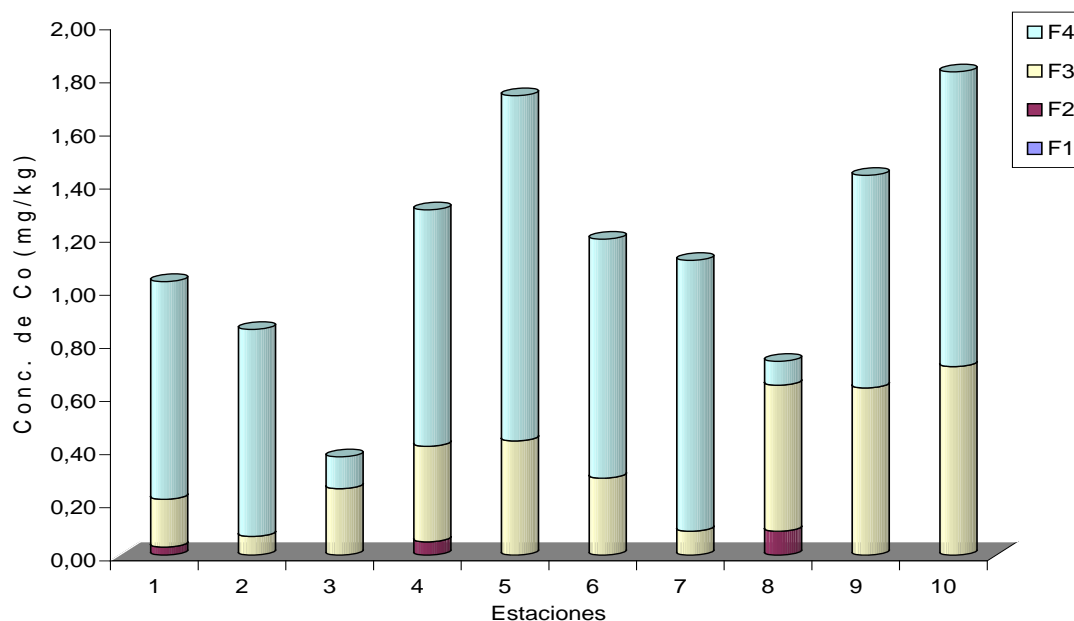


Figura 15. Concentraciones de Co en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero

Este metal puede entrar a ríos, lagos y mares depositándose en el sedimento cuando el agua de lluvia corre a través del suelo y rocas que lo contienen, o por desechos domésticos e industriales incorporados a las partículas más finas del sedimentario, como las arcillas. También puede liberarse por reducción de los óxidos que lo contienen a la columna de agua, cuando cambian las condiciones redox de los sedimentos. Probablemente, la no presencia del metal en la fracción 1, está relacionada con este hecho. Las concentraciones encontradas en F₃ sugieren la presencia del metal adsorbido sobre los óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso presente en el sedimento. Así mismo, la poca presencia del metal en la fracciones 2 sugiere una escasa influencia de agentes externos al sistema sedimentario tales como, las descargas domésticas e industriales que contienen cantidades significativas de metales, los cuales se adsorben progresivamente a los carbonatos. En consecuencia, la poca presencia del metal en el sedimento, indica la incorporación de éste a través de fuentes naturales como las escorrentías que arrastran partículas contentivas del metal presente en la zona.

García (2006) reportó una concentración del metal de 0,92 mg/kg en sedimentos del Orinoco medio, similar a las encontradas en el presente estudio (tabla A3). Los valores bajos de las concentraciones encontradas en la zona sugieren que no existe una incidencia considerable del metal sobre el sistema sedimentario.

Cromo

El cromo es un metal abundante en la naturaleza, altamente tóxico que puede existir en diferentes estados de oxidación, siendo los más comunes Cr^{+3} y Cr^{6+} . El contenido de cromo en ambientes acuáticos reducidos, se manifiesta de manera más activa debido a las condiciones de oxidación del medio, existiendo en sus estados Cr^{3+} , Cr^{4+} y Cr^{5+} . La principal ruta de ingreso al sistema sedimentario, son los afluentes domésticos e industriales (Espinoza, 2001).

La distribución por estaciones y fraccionamiento geoquímico del cromo en los sedimentos superficiales del río Cuchivero, se muestran en la figura 16. Los valores se ubicaron entre 0,04 mg/kg en la estación 9 (F_2) y 1,29 mg/kg en la 5 (F_4). Los valores promedios fueron (0,144 mg/kg); (0,15 mg/kg); (0,48 mg/kg) y (1,05 mg/kg) para F_1 , F_2 , F_3 y F_4 respectivamente. En las estaciones 1, 2, 7, 8 y 10 para la F_1 , no se detectó la presencia del metal.

En la F_1 la evolución por estaciones del metal exhibe un comportamiento irregular, mostrando un valor alto de la concentración (0,93 mg/kg) en la estación 9. Este hecho sugiere, la influencia de agentes externos al sistema sedimentario de la zona, probablemente por la incorporación de descargas domésticas que arrastran cantidades importantes del metal hacia el río. En consecuencia, las condiciones hidrodinámicas y geoquímicas del mismo varían según las estaciones, ya que, para las estaciones 1, 2, 7, 8 y 10 no se detectó la presencia del metal y en las estaciones 3, 4, 5 y 6 los valores no exceden 0,20 mg/kg.

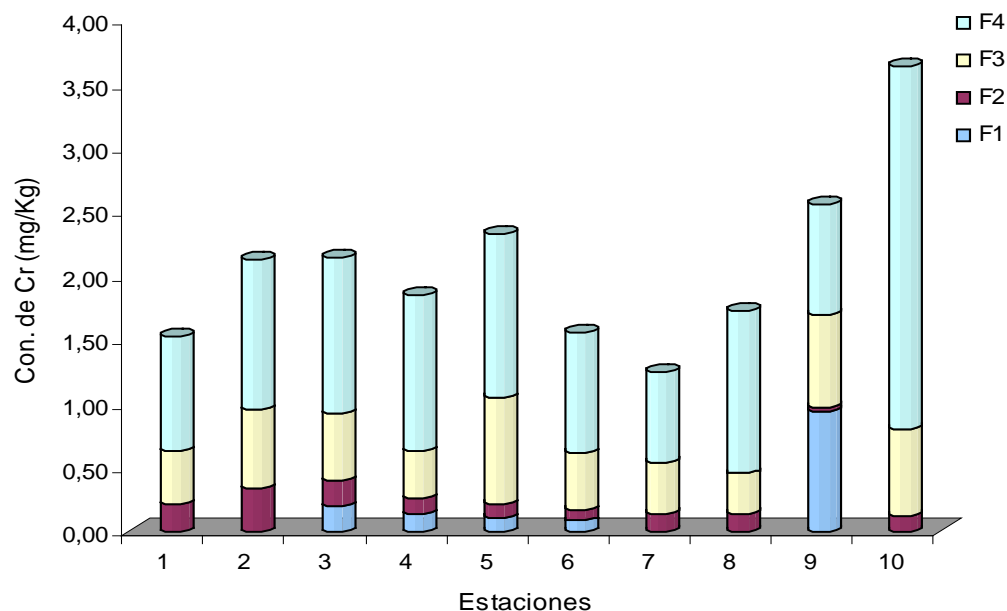


Figura 16. Concentraciones de Cr en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

La fracción 2 muestra valores similares a los detectados en la fracción 1 con un valor mínimo de 0,04 mg/kg (estación 9) y un máximo de 0,33 mg/kg (estación 2). Sin embargo, en todas las estaciones de la fracción 2 a diferencia de la fracción 1, fue detectada la presencia del metal, lo que indica una presencia del mismo asociado a la materia orgánica y a los carbonatos. En consecuencia, se puede considerar que el cromo en los sedimentos del río y especialmente en la estación 9 es bioacumulado con facilidad, ya que, la existencia de éste en aguas y sedimentos está estrechamente relacionada con los iones carbonato. Así mismo, los hidróxidos de cromo $\text{Cr}(\text{OH})_3$ pueden precipitarse a pH básico depositándose sobre las partículas más finas del sedimento presentes en la materia orgánica como las arcillas y limos. (Camacho y Arriendas, 2000).

García (2006) reportó concentraciones totales del metal de 1,15 a 2,84 mg/kg similares a las encontradas en el presente estudio, para sedimentos del Orinoco medio

e inferiores al valor de 20 mg/kg reportado para sedimentos no contaminados por (Sadiq, 1992). Por lo tanto, el ecosistema no se encuentra contaminado por la presencia de éste metal.

Las fracciones 3 y 4 reportaron las concentraciones más alta, con valores detectados entre 0,31 mg/kg estación 8 y 0,83 mg/kg estación 5 (F₃), 0,71 mg/kg estación 7 y 1,29 mg/kg estación 5 (F₄). Estos valores pueden estar relacionados con las condiciones de oxidación del medio en donde el Cr⁺³ puede reaccionar con el oxígeno, óxidos de hierro y manganeso incorporándose por mecanismos de coordinación a los silicatos y a otros compuestos minerales como la cromita FeOCr₂O₃ (Forstner, 1981).

Plomo

Este metal se usa desde hace más de 5 mil años y sus efectos tóxicos fueron señalados por los griegos, árabes y romanos. Durante el imperio romano, ocurrieron intoxicaciones debido al uso intensivo de vasijas y muchos otros implementos de plomo. También muchos pintores en esa época, sufrieron intoxicaciones por el continuo contacto con pinturas a base de plomo. El aire de las grandes ciudades ha sido contaminado crecientemente por la combustión de naftas, conteniendo tetraetilplomo, como antidetonante.

El plomo se encuentra en el medio ambiente asociado principalmente con el material particulado. Su acumulación en los sedimentos lignicos, se debe en gran parte, a las disoluciones y precipitaciones de ese material cuando entra en contacto con los cuerpos de aguas. Las principales cantidades de plomo disueltas, se encuentra como PbCO₃ y PbOH⁺ las cuales se precipitan cuando cambian los niveles de pH y temperatura. Las fuentes más comunes de contaminación en los ecosistemas acuáticos, son de tipo antropogénica, por emisiones de descargas domesticas e

industriales que contribuyen a la bioacumulación. Siendo un factor de aporte de plomo, la combustión de gasolina y diesel de vehículo (Marval, 2002).

A parte de este plomo ambiental, la mayor fuente de incorporación a los seres humanos es la dieta, la que afortunadamente no permite una adsorción muy intensa debido a la fácil formación de compuestos insolubles, tales como el fosfato $Pb_3(PO_4)_2$, o el carbonato básico $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$. Parte del plomo adsorbido es rechazado por el organismo, de tal manera que éste tiende a depositarse en los huesos, por la presencia del calcio (López, 2002).

La distribución estacional del plomo en los sedimentos superficiales del río Cuchivero (figura 17), muestra valores no detectados en todas las estaciones para las fracciones 1 y 2.

En consecuencia, no existe plomo en forma biodisponible lo que indica que el ecosistema no se encuentra afectado por la presencia del mismo.

En la fracción 3 apenas se detectó plomo en la estación 5 (0,06 mg/kg) y en la estación 9 (0,07 mg/kg). Los valores detectados del metal en esta fracción, probablemente están relacionados con fuentes litogénicas que incorporan al sedimento formas inorgánicas del metal como los $PbCO_3$ y $PbOH^+$. Así mismo, las concentraciones encontradas en F_4 sugieren la presencia de minerales como los silicatos, feldespatos y magnetitas que son sumideros importantes de plomo en los sedimentos (Adriano, 1986).

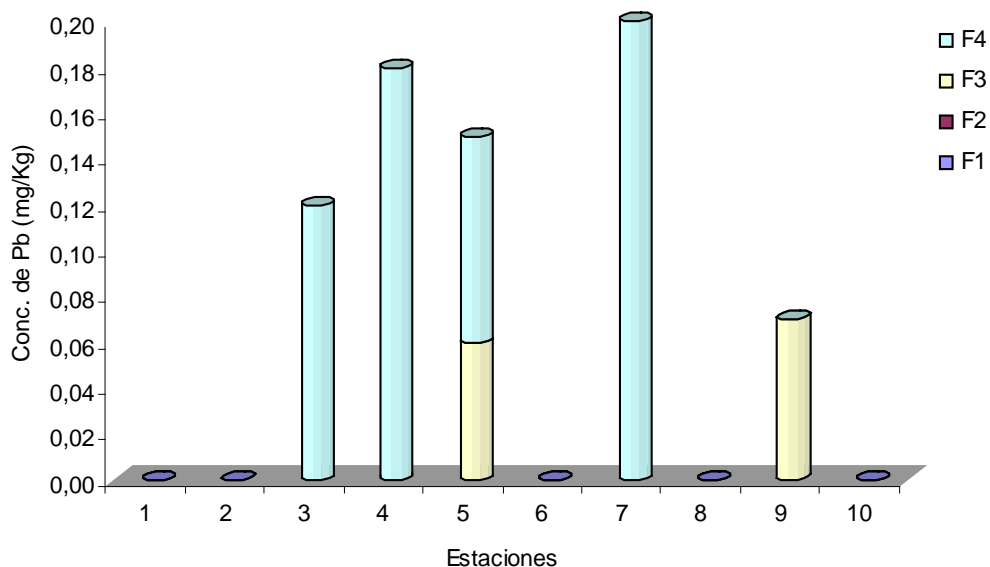


Figura 17. Concentraciones de Pb en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero

Mercurio

El mercurio es un elemento que reviste gran importancia en el análisis de especies químicas en sedimentos, ya que, se considera tóxico en cualquiera de sus formas. En su forma elemental suele ser más tóxico de lo que habitualmente se presupone y en su forma Hg^+ , el mercurio es un agente tóxico muy agudo. Más tóxico resultan ser sus derivados organometálicos como el dimetilmercurio y el catión CH_3Hg^+ , que son producidos por bacterias alquilantes presentes en la materia orgánica del sedimento. La metilación del mercurio que ocurre en sistemas fluviales, conduce a la acumulación del mismo en organismos vivos que forman parte de la dieta humana.

En el presente trabajo, no se detectó la presencia de mercurio en ninguna de las estaciones estudiadas. En consecuencia, las actividades mineras que se desarrollan en la zona no están incidiendo en la incorporación del metal al sistema. Sin embargo, es

recomendable el estudio del metal asociado a la columna de agua, ya que, la movilidad de las distintas especies presentes en sedimentos, le permite desprenderse o incorporarse con facilidad.

Análisis de correlación

La matriz de correlación de Pearson, realizada a los parámetros materia orgánica y metales asociados a la fracción 3 en los sedimentos superficiales del río Cuchivero (Tabla A10 del apéndice). Indica que la materia orgánica no refleja ninguna correlación significativa con el contenido de metales estudiados en esta fracción. En consecuencia, los metales en F₃ podrían tener una relación directa con los óxidos de Fe y Mn presentes en el sedimento. Esta relación puede ser de origen natural, debido a los bajos valores obtenidos para la materia orgánica. Así, la relación de los metales con los óxidos, no sucede por la adsorción de metales debido a la presencia de materia orgánica, sino, por incorporación directa. El Mn muestra una correlación significativa positiva con el Pb ($r = 0,671$) y el Fe ($r = 0,797$). Tanto el Pb como el Mn mostraron sus concentraciones más altas en esta fracción (F₃) y según los resultados obtenidos en la correlación, evidencian una relación en cuanto a la incorporación y presencia de sus contenidos al sedimento. El Fe, también mostró valores considerables en F₃, superiores a los obtenidos para el Pb y su correlación con el Mn es mayor. Esto indica que las fuentes de incorporación para Fe y Mn, están mucho más relacionadas. Podría existir en el sedimento la adsorción de ambos metales sobre los óxidos e hidróxidos presentes en la materia orgánica. También se observan correlaciones significativas para Cr y Pb ($r = 0,726$), Cr y Mn ($r = 0,802$), Cu y Fe ($r = -0,816$), Cd y Ni ($r = 0,703$).

García (2006), en sedimentos del Orinoco Medio, encontró poca correlación de metales con la materia orgánica. Similares a los encontrados en el presente estudio.

CONCLUSIONES

El contenido de carbono orgánico presente en los sedimentos superficiales del río Cuchivero, varió entre 0,06% y 0,07%. En consecuencia, los bajos contenidos de materia orgánica, suponen una condición de equilibrio hidrodinámico y geodinámico asociada a una baja capacidad reductora.

El análisis de carbonato de calcio, reveló poca presencia de este, apenas 2,61% como valor máximo. Los resultados obtenidos en el análisis de carbonato de calcio, podrían influir en la capacidad de absorción, retención y reducción que presenta el sedimento, limitando la incorporación y permanencia de metales en las fracciones biodisponibles.

Los valores máximos de nutrientes fueron 984 mg/kg para NT y 785 mg/kg para PT. Considerando que la materia orgánica está presente en pequeñas proporciones, esto supone la incorporación de nutrientes a través de descargas domésticas e industriales provenientes de los alrededores.

El análisis de metales, reveló poca presencia de Pb, Cd y Hg asimismo, en los sedimentos superficiales del ecosistema, la fracción residual (F_4) presentó las mayores concentraciones. Esto supone la presencia de metales formando partes de compuestos minerales. Por otra parte, no se encontró presencia importante de metales pesados en la fracción biodisponible, lo que indica, que no representan un peligro para este ecosistema.

BIBLIOGRAFÍA

Adriano, D. 1986. *Trace elements in the terrestrial environment*. Springer - New York.

Bonilla, J.; Poyer, y. Gamboa, B. 1995. Características geoquímicas en núcleos de sedimentos de la región nororiental y Río Orinoco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. UDO.18*: 28- 47.

Bonilla, R. J, y Márquez, A. 2002. *Métodos para la determinación de material orgánica y carbono orgánico en sedimentos*. Guía práctica. Departamento de Oceanografía. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela.

Camacho, J. y Arrienda, M. 2000. natural chromium contamination of groundwater at León Valley, México. *Journal Geochemical Exploration. 68*: 138 - 141.

Caraballo, L. 1982. El golfo de Cariaco. Parte II. Los sedimentos superficiales y su distribución por el fondo. Fuente de sedimentos. Análisis mineralógico. *Bol. Inst. Oceanogr. UDO. 21*: 20 – 41.

Castellar, F. 2004. *Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales del Golfo de Santa Fe, Edo. Sucre, Venezuela*. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela.

Cherter, R. y Voutsinou F. 1981. The inicial Assesment of Trace Metals Pollution in Coastal Sediment. *Mar Pali. Bull. 12*: 68-79.

Correll, D. 1998. *The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review*, J. Environ Quality.

Crececius, E.; Bothner, M. y Carpenter, R. 1975. Geochemistry of arsenic, antimony, mercury, and related elements in sediment of Puget Sound. *Curr.*

Da Silva, L; Abate, G.; Lichtig, J, y Masini, J. 2002. Heavy metals distribution in recent sediments of, the Tieté-Pinheiros River System in Sao Paulo State, Brazil. *Applied Geochemistry. 16*: 92-98.

Dássele, L.; Camacho, J.; Carriquiry, M. y Ortiz, M. 2004. *The geochemistry and sources of metals and phosphorus in the recent sediments from the Northern gula of California*. *Continental Shelf Research. 21*: 1310-1345.

De la Lanza, G. y Cáceres C. (Ed). 1984. *Lagunas costeras y el litoral mexicano*. Instructivo. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

De la Lanza, G. 1980. Materia orgánica en una Laguna de la Costa de Sinaloa, México (I): Cuantificación total, *Bol. Inst. Oceanog.*13: 215-231.

De la Lanza, G. 1994. *Química de las Lagunas Costeras y el Litoral Mexicano*. Instructivo. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Degens, E. y Mopper K. 1975. *Early diagenesis of organic matter in marine soil*. Soil Sci.

Deuel, E. y Holliday, G. 1997. *Soil remediation for the petroleum extraction industry*. 2da. ed. Penn Well editors. Oklahoma.

Espinoza, E. 2000. *Geoquímica de los sedimentos superficiales de Golfo de Cariaco y del Río Manzanares*, Trabajo de Grado, Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela.

Espinoza, L. 2001. *Aspectos químicos de los sedimentos superficiales de los Litorales Norte Sur del Golfo de Cariaco y efecto del río Manzanares*. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, UDO Cumaná, Venezuela.

Etcheber, S.; Borug, A. y Conrad, D. 1983. Critical aspects of selective extraction of trace metals from estuarine suspended matter, Fe and Mn hydroxides and organic matter interactions, En: *Oir Heavy Metals in the Environment. Proc. Int. Conf. CEP Consultants Ltd.* 27: 990-1000.

Fergusson, J. 1982. *Inorganic Chemistry and the Earth*: Pergamon Press, New York.

Fergusson, J. 1990. *The heavy metals elements chemistry environmental impact and health effects*. Pergamon Press, New York.

Fermín, I. 2002. *Estudio geoquímico de los sedimentos superficiales de la Laguna de Unare, Edo. Anzoátegui, Venezuela*, Trabajo de postgrado. Departamento de Oceanografía. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela.

Finney B. y Huh, C. 1989. History of metal pollution in the southern California Bright: an update. *Environmental Science and Technology.* 31: 294-303.

Forstner, U., y Patchineelam, S. 1981. Chemical association metals in marine deposits with special reference to pollution in the German North Sea. *V__Reunion Cons. International Exploration Marine*, 49-58.

Fuentes, M.; Bonilla, J. y Fermín, J. 1997. Algunas características químicas de los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata. Edo. Sucre. Venezuela. *Bol Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente*. 24: 110-120.

Furster, V y Wittmann, G. 1981. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. McGraw-Hill, New York.

Gadd, G. y Griffiths, A. 1987. *Microorganisms and heavy metal toxicity*. *Microbial Ecol.* 36: 135-260.

Gamboa B., Bonilla R. J. y Cedeño O. 1986. Concentración de algunos metales pesados en sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelo y áreas adyacentes, Edo. Anzoátegui, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. UDO*. 12: 205-215.

García, O. 2006. *Estudio geoquímico de sedimentos recientes del Orinoco medio*, Edo. Bolívar, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela.

González, C. 1995. *Caracterización ambiental: Calidad del agua y sedimentos del ecosistema Puerto Pesquero de Cumaná, Edo. Sucre. Venezuela*. Trabajo de ascenso. Departamento de Ciencias, Universidad de Oriente, Nueva Esparta, Venezuela.

González, H. y Ramírez, M. 1995. *The effect of nickel mining and metallurgical activities on the distribution of heavy metals in Levisa Bay Cuba*. *J. Geochem. Explo.* 27: 120-125.

Hardstedt, R. y Laumond, F. 1980. Zinc, copper and cadmium in zooplankton from the N.W. Mediterranean Sea. *Mar. Poll Bull.* 22: 131-150.

Hea 1994. *Exploration needed for a new mining industry in Venezuela*. *Canadian Min. Metal Bull.*

Henrichs, S. 1993. Early diagenesis of organic matter: the dynamics (rates) of cycling of organic compounds. In *Organic Geochemistry: Principles and Applications*. M. H. Engel and S. A. Macko. ed. New York Plenum.

Holdway, D. 1988. *The toxicity of Chromium to Fish*. In *Nriagu, J. O. And Nieboer, E. (eds), Chromium in the Natural and Human Environments*. Wiley Series in Advances in Environment Science and Technology, Vol. 20. John Wiley and Sons, New York.

Hurtado, C. 1986. *Comportamiento de algunos metales traza en ambiente estuarino*. Trabajo de Grado (MSc. Ciencias Marinas-Oceanografía Química). Universidad de

Oriente- Sucre. Cumaná.

Ikem, A.; Egiebor, O. y Nyavor, K. 2003. Trace elements in water, fish and sediment from Tuskegee Lake, Southeastern USA. *Water, Air and Soil pollution*.

IOV. 1990. *Estudio ambiental del ecosistema marino de la Bahía de Bergantín y área de Jose*. Informe final. Convenio IOV (UDO)-CORPOVEN: Tomo II.

IOV-PALMAVEN. 1999. *Estudio ambiental del río Orinoco*. Informe final. Convenio IOV-PALMAVEN.

Izquierdo C.; Usero, J. y Gracia, I. 1997. Speciation of heavy metals in sediments from salt marshes on the Southern Atlantic Coast of Spain. *Mar. Pollut. Bull.* 19: 100-120.

Jorgensen, B. 1996. *Material flux in the sediment*. En: *Coastal and estuarine studies*. Jorgensen, B. y Richardson, K. (eds.). American geophysical union.

Kallia, V., Ray, P., y Kosrecki, J.: 1981 Surficial sediment of the Arabian Sea *Mar. Geol.* 10: 160-178.

Karageorgis A.; Simulas, A. y Anagnostou, C. 2002. *Use of surface sediments in Pagassitikos Gulf Greece, to detect anthropologic influence*. *Geo-Mar Lett.*

Kersten, M. y Förstner, U. 1991. *Speciation of Trace Elements in Sediments*. In: G. E. Batley (ed.) *Trace Element Speciation: Analytical Methods and Problems*. CRC Press, Boca Raton.

Kirby, J.; Maher, W. y Krikowa, F. 2001. *Selenium, cadmium, and zinc concentration in sediments and mullet (Mugil cephalus) from the Southern Basin of lake Macquarie, NSW, Australia*. *Arch. Enviro. Contam. Toxicol.*

Klavins, M. y Vircaivs, M. 2001. *Metals in sediments of inland waters of Latvia*. *Boreal Env Res.*

Landaeta, R. 2002. *Especiación de metales en sedimentos superficiales de la Región Marino-Costera frente a la ciudad de Cumaná, Estado Sucre, Venezuela*, Trabajo de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Lee, C. Fang, M. y Hsieh, M. 1998.- Characterization and distribution of metals in superficial sediments in Southwestern Taiwan. *Marine Pollution Bulletin.* 23: 410-430.

Lewis, B. y Landing, W. 1992. The investigation of dissolved and suspended-

- particulate trace metal fractionation in the Black Sea *Mar. Chem.*, 98-110.
- Li, Y. 1981. *Ultimate removal mechanism of trace elements from Ocean*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 11: 880-936.
- Lopez, F. 2002. *Determinación de contenido de metales en los sedimentos superficiales de la laguna de Píritu*, Estado Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de posgrado cienci. Mar. Inst. Oceanogr. UDO.
- Márquez, F. 2003. *Algunos aspectos de la condición ambiental, la calidad del agua y sedimentos del Golfo de Santa fe*. Estado Sucre, Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Martin, J. y Knauer, G. A. 1984. VERTEX: *manganese transport though oxygen minima*. *Earth Planet. Sci. Lett.*
- Martínez, G. 1999. *Especiación de Metales Pesados en la Cuenca Baja y Pluma del río Manzanares*, Edo. Sucre, Venezuela. Trabajo de Postgrado Cienc. Mar. Inst. Oceanogr. de Venezuela UDO, Cumaná.
- Martínez, G. 2002. Metales pesados en sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanog. UDO*. 32: 97-68.
- Martínez, G.; Rodríguez, L. y Senior, W. 2002. Especiación de Cd, Zn, Cr y Pb en núcleos de sedimentos de la bahía de Bergantín, Edo. Anzoátegui, Venezuela, *Interciencia*. 29: 151-163.
- Martínez, G.; Senior, W. y Martínez, A. 2000. Concentraciones y comportamiento de metales pesados en una zona estuarina de Venezuela. *Interciencia*. 20: 284-291.
- Martínez, G; Senior, W. y Castañeda J. 1999. *Estudio oceanográfico y calidad de aguas y sedimentos nororiente de Venezuela: Caso del sistema lagunar Unare-Píritu*. Dpto. de Oceanografía, Instituto Oceanográfico de Venezuela. UDO.
- Martínez, M. 2002. *Especiación de Metales Pesados en Columnas de Sedimentos de la Lagunas de Piritu y Unare*, Estado Anzoátegui, Venezuela. Trabajo de Pregado. Departamento de Química, Esc. de Ciencias. UDO, Cumaná.
- Martínez, G. y Senior, W. 2001 Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu, Cr) en el material en suspensión de la pluma del río Manzanares, Edo. Sucre, Venezuela. *Interciencia*. 10: 10-18.
- Marval, M. 2002. *Distribución y comportamiento de mercurio y otros metales pesados en sedimentos superficiales de la región central del Delta del río Orinoco*,

Venezuela. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Esc. De Ciencias. UDO, Cumaná. Venezuela.

Mudarra, O. 2000. *Hidrogeoquímica de la Ensenada de Puerto Escondido, Edo. Sucre-Venezuela*. Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Okuda, T. 1975. Características hidroquímicas del Golfo de Santa Fe y áreas adyacentes. *Bol. Inst. Oceanog. UDO*. 33: 240-259.

Okuda, T.; Benítez A. J.; García, A. J. G. y Fernández, E. 1968. Condiciones hidrográficas y químicas en la Bahía de Mochima y la Laguna Grande del Obispo desde 1964 al 1968. *Bol. Inst. Oceanogr. UDO*. 21: 16-27.

Olivares, M. y Bayron, L. 1971. Algunos corales pétreos de la Bahía de Mochima, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. UDO*. 11: 36-55.

Páez-Osuna F.; Gotello, A. y Villanueva, S. 1986. Heavy metals in Coatzacoalcos estuary and Ostion lagoon, México. *Mar Pollut. Bou*. 29: 131-140.

Peinado, S.; Mogollón, J. y Bifano, R. 1987. *Distribución de Co, Ni y Zn en los componentes de sedimentos de un río tropical contaminado*. Acta Científica Venezolana. 36: 253-280.

Pempkowiak, J; Cossa, D; Sikora, A y Sanjuan, J, 1998. Mercury in water and sediments of the Southem Baltic Sea. *The Science of the Total Environment*.

Ramírez, C. 1999. Geoquímica de sedimentos recolectados en trampas ubicadas en Punta Arenas y Golfo de Cariaco, Edo. Sucre, Venezuela Trabajo de Pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná Venezuela.

Roa, P. y Berthois, L. 1975. *Manual de Sedimentología Tip*. Sorocaima, Caracas, Venezuela.

Rosas, H. 2001. *Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat*. Trabajo de Grado (Dr. Recursos Naturales y Contaminación). Universidad Politécnica de Manresa, España.

Roux, L. S. ; Le Roux, P. y Appriou, A. 1998. Behaviour asid speciation of metallic species Cu, Cd, Mn and Fe during estuarine mixing. *Mar. Pollu Bull*. 9: 61-89.

Rubio, R.; López, J. y Rauret, G. 1991. La especiación sólida de trazas de metales en sedimentos. Aplicación a sedimentos muy contaminados. *Anales de Química*. 35:

599- 605.

Sadiq, M. 1992. *Toxic metal chemistry in marine environments*. Marcel Dekker, Inc., New York.

Sadiq, M. y Alam, I. 1992. Bioaccumulation of cadmium by clams dwelling in different salinity regimes of Saudi coast of the Arabian Gulf. *Water Air Soil Pollut. (in Press)*. 36: 80-95.

Sadiq, M. 1992. *Toxic metal in marine environments*. Marcel Dekker Inc., New York.

SaIazar, J.; Bonilla, J. y Gamboa, B. 1986. Metales pesados y materia orgánica en los sedimentos superficiales de la Laguna Las Marites. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. UDO*. 28: 131-143.

Scraton, M. 1978. Temporal variation in content the Cariaco Trench. *Deep-Sea Res.* 31: 1238-1280.

Senior, W. y Castañeda J. 1997. Evaluación ambiental do las bahías de Bergantín, Pozuelos y Barcelona, ubicadas en las costas del Edo. Anzoátegui. *Informe final, PDVSA*.

Senior, W. 1987. *Manual de métodos de análisis de agua de mar*. Inst. Oceanogr. UDO. Venezuela.

Shanker, R., Subbarao, K V., y Kolla, y. 1987. Geochemistry of sediments from the Arabian Sea. *Mar. Geol.* 42: 215-243.

Shaule, U. y Patterson, C. 1983. *Perturbation of the natural Pb depth profile in the Sargasso Sea by industrial Pb*. In Wong, C. S., Boyler, E., Bruland, K. W., Burton, J. D., and Golberg, E. D. (eds), *Trace Metals in Sea Water*. Plenum Press, New York.

Taylor, P. 1993. The state of the marine environment: A critique of the work and role of the Joint Group of Experts on Scientific Aspect of Marine Pollution (GESAMP). *Mar. Poil. Bull.* 13: 110-138.

Teixeina, E.; Ortiz, L.; Alves, M. y Sánchez. 2001. *Distribution of selected heavy metal in fluvial sediments of the coal mining region of Baixo, Jacú, RS, Brazil*. *Environmental Geology*. 41: 160-169.

Tessier, A., Campbell, P. Bisson, M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metal. *Anal. Chem.* 45: 844-851.

Valderrama, J. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural water. *Mar. Chem.* 19:110-118.

Valderrama, J. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in nature water. *Mar. Chem.* 17: 90-101.

Vogel. 1960. *Química Analítica Cuantitativa*. Vol 1. Editorial Kapelusz, S.A. Argentina.

Wells M y Mayer, E. 1991. Variations in the chemical lability of iron in estuarine coastal and shelf waters and its implication for phytoplankton. *Mar. Chem.* 10:163-185.

Welte, D. 1969. *Organic Matter in Sediments. En: Organic Geochemistry. Methods and Results*. Eglinton, G. y Murphy M. (eds). Springer-Verlag. New York, Heidelberg, Berlin.

Yanes, C. y Ramírez, A. 1988. *Estudio geoquímico de grandes ríos*. Sociedad de Ciencias Naturales.

Zoumis, T.; Schmidt, A.; Grigorova, L. y Calmano, W. 2001. *Contaminants in sediments: Emobilization and demobilisation*. Sci. Total Environ.

APENDICE

Lista de Tablas

- A1. Concentraciones de Fe y Mn (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero
- A2. Concentraciones de Zn y Ni (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.
- A3. Concentraciones de Cd y Co (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.
- A4. Concentraciones de Cu y Cr (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.
- A5. Porcentaje de carbono orgánico, materia orgánica y carbonato de calcio, en los sedimentos superficiales del río Cuchivero.
- A6. Concentraciones de Pb (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.
- A7. Concentraciones de NT (mg/kg), FT (mg/kg) y Hg (mg/kg) obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.
- A8. Concentraciones totales (mg/Kg), de los metales en los sedimentos superficiales del río Cuchivero.
- A9. Datos estadísticos obtenidos en el análisis de precisión para los parámetros MOT, PT, FT, CaCO₃ y C-orgánico.
- A10 Matriz de Correlación de Pearson que trata sobre las relaciones existentes entre la materia orgánica y los metales asociados a la fracción 3.

Tabla A1. Concentraciones de Fe y Mn (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero

| Estaciones | Hierro (Fe) | | | | Manganeso (Mn) | | | |
|------------|-------------------------|-------------------|----------------------------|--|-------------------------|-------------------|----------------------------|--|
| | Acetato de Amonio 0,1 M | Ácido Acético 25% | Ácido Nítrico Peróxido 30% | Residual <small>HNO₃:HCl:HClO₄</small> | Acetato de Amonio 0,1 M | Ácido Acético 25% | Ácido Nítrico Peróxido 30% | Residual <small>HNO₃:HCl:HClO₄</small> |
| 1 | 0,52 | 36,98 | 9,81 | 328,45 | 9,62 | 31,92 | 12,01 | 10,53 |
| 2 | 0,97 | 40,63 | 15,15 | 346,49 | 14,74 | 26,09 | 13,15 | 11,96 |
| 3 | 0,69 | 95,61 | 16,08 | 344,54 | 11,25 | 23,13 | 10,22 | 24,93 |
| 4 | 0,37 | 41,19 | 33,14 | 333,60 | 11,42 | 30,35 | 11,67 | 12,19 |
| 5 | 0,45 | 36,06 | 54,24 | 366,99 | 13,10 | 26,22 | 19,10 | 11,91 |
| 6 | 0,33 | 40,54 | 39,32 | 331,59 | 15,05 | 26,56 | 14,03 | 19,18 |
| 7 | 1,17 | 42,64 | 28,07 | 356,21 | 10,66 | 27,75 | 13,48 | 6,45 |
| 8 | 0,30 | 57,40 | 18,01 | 354,34 | 14,34 | 23,11 | 12,50 | 13,45 |
| 9 | 0,52 | 33,12 | 21,49 | 338,59 | 13,30 | 21,68 | 13,76 | 11,22 |
| 10 | 0,14 | 31,19 | 16,69 | 355,90 | 11,66 | 19,18 | 10,66 | 5,37 |
| Promedios | 0,55 | 45,54 | 25,2 | 345,67 | 12,51 | 25,59 | 13,06 | 12,72 |

Tabla A2. Concentraciones de Zn y Ni (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

| Estaciones | Zinc (Zn) | | | | Niquel (Ni) | | | |
|------------|-------------------------|-------------------|----------------------------|--|-------------------------|-------------------|----------------------------|--|
| | Acetato de Amonio 0,1 M | Ácido Acético 25% | Ácido Nítrico Peróxido 30% | Residual <small>HNO₃:HCl:HClO₄</small> | Acetato de Amonio 0,1 M | Ácido Acético 25% | Ácido Nítrico Peróxido 30% | Residual <small>HNO₃:HCl:HClO₄</small> |
| 1 | 0,78 | 2,57 | 1,86 | 2,71 | 1,12 | 1,82 | 1,07 | 1,65 |
| 2 | 0,65 | 1,44 | 2,13 | 3,61 | 0,96 | 2,16 | 1,37 | 1,26 |
| 3 | 1,02 | 1,99 | 1,15 | 5,91 | 0,16 | 1,42 | 0,86 | 2,06 |
| 4 | 0,93 | 1,45 | 3,41 | 3,45 | 0,09 | 0,81 | 0,00 | 1,21 |
| 5 | 1,36 | 1,86 | 1,30 | 4,59 | 0,21 | 1,92 | 0,00 | 2,40 |
| 6 | 1,27 | 3,12 | 2,62 | 4,91 | 0,00 | 0,08 | 1,53 | 0,09 |
| 7 | 0,88 | 4,30 | 1,06 | 4,22 | 0,07 | 1,18 | 0,00 | 1,45 |
| 8 | 1,09 | 1,75 | 1,18 | 2,93 | 0,00 | 0,98 | 1,07 | 0,99 |
| 9 | 1,63 | 1,71 | 0,95 | 2,16 | 0,08 | 2,14 | 0,90 | 2,14 |
| 10 | 1,11 | 4,72 | 1,59 | 2,83 | 0,00 | 1,71 | 0,00 | 1,72 |
| Promedios | 1,07 | 2,49 | 1,73 | 3,73 | 0,27 | 1,42 | 0,68 | 1,49 |

n.d: concentraciones no detectadas

Tabla A3. Concentraciones de Cd y Co (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

| Estacione | Cadmio (Cd) | | | | Cobalto (co) | | | |
|-----------|-------------------------|-------------------|----------------------------|--|-----------------------|-------------------|----------------------------|--|
| | Acetato de Amonio 0,1 M | Ácido Acético 25% | Ácido Nítrico Peróxido 30% | Residual HNO ₃ :HCl:HClO ₄ | Acetato de Amonio0,1M | Ácido Acético 25% | Ácido Nítrico Peróxido 30% | Residual HNO ₃ :HCl:HClO ₄ |
| 1 | n.d. | 0,19 | 0,04 | 0,07 | n.d. | 0,03 | 0,18 | 0,82 |
| 2 | 0,06 | 0,13 | 0,06 | 0,04 | n.d. | n.d. | 0,07 | 0,78 |
| 3 | n.d. | 0,11 | n.d. | 0,03 | n.d. | n.d. | 0,25 | 0,12 |
| 4 | n.d. | 0,10 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,05 | 0,36 | 0,89 |
| 5 | n.d. | 0,14 | 0,02 | 0,04 | n.d. | n.d. | 0,43 | 1,30 |
| 6 | 0,06 | 0,18 | 0,05 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,29 | 0,90 |
| 7 | n.d. | 0,05 | n.d. | 0,06 | n.d. | n.d. | 0,09 | 1,02 |
| 8 | 0,05 | 0,21 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,09 | 0,55 | 0,09 |
| 9 | 0,06 | 0,09 | 0,04 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,63 | 0,80 |
| 10 | n.d. | 0,08 | n.d. | 0,09 | n.d. | n.d. | 0,71 | 1,11 |
| Promedios | 0,06 | 0,13 | 0,04 | 0,06 | n.d. | 0,06 | 0,36 | 0,78 |

Tabla A4. Concentraciones de Cu y Cr (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

| Estaciones | Cobre (Cu) | | | | Cromo (Cr) | | | |
|------------|-------------------------|-------------------|----------------------------|--|------------------------|-------------------|----------------------------|--|
| | Acetato de Amonio 0,1 M | Ácido Acético 25% | Ácido Nítrico Peróxido 30% | Residual $\text{HNO}_3:\text{HCl}:\text{HClO}_4$ | Acetato de Amonio 0,1M | Ácido Acético 25% | Ácido Nítrico Peróxido 30% | Residual $\text{HNO}_3:\text{HCl}:\text{HClO}_4$ |
| 1 | 0,18 | n.d. | 1,28 | 1,82 | n.d. | 0,21 | 0,41 | 0,90 |
| 2 | 0,13 | 0,21 | 1,20 | 2,16 | n.d. | 0,33 | 0,62 | 1,17 |
| 3 | 0,09 | 0,16 | 0,93 | 1,42 | 0,20 | 0,19 | 0,53 | 1,22 |
| 4 | 0,20 | n.d. | n.d. | 0,81 | 0,13 | 0,13 | 0,37 | 1,21 |
| 5 | 0,14 | 0,14 | n.d. | 2,41 | 0,10 | 0,11 | 0,83 | 1,29 |
| 6 | 0,06 | 0,15 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,45 | 0,94 |
| 7 | 0,05 | 0,11 | 0,15 | 1,18 | n.d. | 0,14 | 0,40 | 0,71 |
| 8 | 0,10 | n.d. | 0,32 | 0,99 | n.d. | 0,14 | 0,31 | 1,27 |
| 9 | 0,09 | n.d. | 1,00 | 2,13 | 0,93 | 0,04 | 0,72 | 0,86 |
| 10 | 0,14 | n.d. | 0,88 | 1,71 | n.d. | 0,12 | 0,68 | 2,83 |
| Promedios | 0,12 | 0,15 | 0,73 | 1,43 | 0,13 | 0,15 | 0,53 | 1,24 |

n.d: concentraciones no detectadas

Tabla A5. Porcentaje de carbono orgánico, materia orgánica y carbonato de calcio, en los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

| Estaciones | C-Orgánico | MOT | CaCO ₃ |
|------------|------------|------|-------------------|
| 1 | 0,06 | 0,87 | 2,61 |
| 2 | 0,07 | 0,52 | 2,58 |
| 3 | 0,07 | 0,53 | 0,89 |
| 4 | 0,07 | 0,83 | 1,21 |
| 5 | 0,06 | 0,76 | 0,83 |
| 6 | 0,07 | 0,64 | 0,54 |
| 7 | 0,08 | 0,71 | 1,35 |
| 8 | 0,08 | 0,70 | 1,14 |
| 9 | 0,08 | 0,69 | 1,25 |
| 10 | 0,09 | 0,61 | 1,08 |
| Promedios | 0,07 | 0,69 | 1,35 |

Tabla A6. Concentraciones de Pb (mg/kg) en las fracciones obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

| Estaciones | Plomo (Pb) | | | |
|------------|-------------------------|-------------------|----------------------------|--|
| | Acetato de Amonio 0,1 M | Ácido Acético 25% | Ácido Nítrico Peróxido 30% | Residual HNO ₃ :HCl:HClO ₄ |
| 1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| 2 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| 3 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,12 |
| 4 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,18 |
| 5 | n.d. | n.d. | 0,06 | 0,09 |
| 6 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| 7 | n.d. | n.d. | n.d. | 0,20 |
| 8 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| 9 | n.d. | n.d. | 0,07 | n.d. |
| 10 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| Promedios | n.d. | n.d. | 0,07 | 0,15 |

n.d: concentraciones no detectadas

Tabla A7. Concentraciones de NT (mg/kg), PT (mg/kg) y Hg (mg/kg) obtenidas de los sedimentos superficiales del río Cuchivero

| Estaciones | NT | PT | Hg |
|------------|---------|---------|-----|
| 1 | 984,6 | 80,94 | n.d |
| 2 | 692,75 | 83,73 | n.d |
| 3 | 833,36 | 103,98 | n.d |
| 4 | 834,52 | 106,23 | n.d |
| 5 | 804,46 | 164,42 | n.d |
| 6 | 601,98 | 102,46 | n.d |
| 7 | 712,55 | 207,15 | n.d |
| 8 | 755,48 | 134,62 | n.d |
| 9 | 918,08 | 151,25 | n.d |
| 10 | 948,56 | 198,85 | n.d |
| Promedios | 808,634 | 133,363 | n.d |

Tabla A8. Concentraciones totales (mg/Kg), de los metales en los sedimentos superficiales del río Cuchivero.

| Estaciones | Cd | Co | Ni | Mn | Fe | Zn | Pb | Cu | Cr |
|------------|------|------|-------|--------|---------|-------|------|------|------|
| 1 | 0,31 | 1,32 | 4,66 | 64,08 | 375,76 | 7,92 | n.d | 3,28 | 1,52 |
| 2 | 0,29 | 0,85 | 5,75 | 65,94 | 403,24 | 7,83 | n.d | 3,71 | 2,66 |
| 3 | 0,14 | 0,37 | 4,51 | 69,53 | 426,92 | 10,07 | 0,12 | 2,62 | 2,14 |
| 4 | 0,11 | 1,33 | 2,11 | 65,63 | 408,32 | 9,24 | 0,18 | 1,01 | 1,84 |
| 5 | 0,22 | 1,73 | 2,22 | 70,67 | 457,74 | 9,11 | 0,07 | 2,69 | 2,33 |
| 6 | 0,29 | 1,19 | 1,7 | 74,82 | 411,78 | 11,92 | n.d | 0,39 | 1,55 |
| 7 | 0,11 | 1,11 | 2,69 | 58,34 | 428,09 | 10,46 | 0,22 | 1,49 | 1,25 |
| 8 | 0,26 | 0,73 | 3,04 | 63,4 | 430,05 | 6,95 | n.d | 1,41 | 1,69 |
| 9 | 0,19 | 1,43 | 2,56 | 59,66 | 406,23 | 6,45 | 0,07 | 3,22 | 2,55 |
| 10 | 0,17 | 1,82 | 3,43 | 46,87 | 403,92 | 10,25 | n.d | 2,73 | 3,63 |
| Promedio | 0,21 | 1,18 | 3,267 | 63,894 | 415,205 | 9,02 | 0,66 | 2,55 | 2,12 |

Tabla A9. Datos estadísticos obtenidos en el análisis de precisión para los parámetros MOT, PT, NT, CaCO₃ y C-orgánico.

| Estaciones | MOT | C-orgánico | CaCO ₃ | PT | NT |
|------------|-------|------------|-------------------|-------|--------|
| 1 | 0,85 | 0,07 | 2,56 | 76,92 | 985,2 |
| 1 | 0,84 | 0,06 | 2,62 | 71,39 | 979,6 |
| 1 | 0,87 | 0,07 | 2,58 | 74,67 | 982,81 |
| 1 | 0,84 | 0,06 | 2,59 | 71,85 | 980,53 |
| Promedio | 0,85 | 0,07 | 2,59 | 73,71 | 982,04 |
| D | 0,014 | 0,005 | 0,025 | 2,59 | 2,51 |
| Cv | 1,64 | 7,2 | 0,96 | 3,51 | 0,58 |

Tabla A10. Matriz de Correlación de Pearson que trata sobre las relaciones existentes entre la materia orgánica y los metales asociados a la fracción 3.

| | M-organ. | Pb F ₃ | Fe F ₃ | Mn F ₃ | Zn F ₃ | Ni F ₃ | Cr F ₃ | Co F ₃ | Cd F ₃ | Cu F ₃ |
|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| M-organica | 1 | | | | | | | | | |
| Pb F ₃ | 0,165 | 1 | | | | | | | | |
| Fe F ₃ | 0,247 | 0,439 | 1 | | | | | | | |
| Mn F ₃ | 0,242 | 0,671 | 0,797 | 1 | | | | | | |
| Zn F ₃ | 0,242 | -0,405 | 0,193 | -0,153 | 1 | | | | | |
| Ni F ₃ | -0,336 | -0,166 | -0,363 | -0,139 | 0,066 | 1 | | | | |
| Cr F ₃ | -0,284 | 0,726 | 0,306 | 0,502 | -0,331 | -0,214 | 1,000 | | | |
| Co F ₃ | -0,129 | 0,092 | -0,117 | -0,228 | -0,143 | -0,376 | 0,361 | 1 | | |
| Cd F ₃ | -0,129 | 0,212 | -0,027 | 0,298 | 0,201 | 0,703 | 0,260 | -0,346 | 1 | |
| Cu F ₃ | -0,311 | -0,048 | -0,816 | -0,458 | -0,257 | 0,425 | 0,207 | 0,102 | 0,399 | 1 |

Hoja de Metadatos

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

| | |
|------------------|---|
| Título | ESTUDIO GEOQUÍMICO DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DEL RÍO CUCHIVERO, MUNICIPIO CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA |
| Subtítulo | |

Autor(es)

| Apellidos y Nombres | Código CVLAC / e-mail | |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| JULIO CÉSAR FIGUERA MATA | CVLAC | |
| | e-mail | jufiguera@cantv.net |
| | e-mail | |
| | CVLAC | |
| | e-mail | |
| | e-mail | |

Palabras o frases claves:

| |
|-------------------------|
| Sedimentos |
| Nutrientes |
| Materia Orgánica |
| |
| |
| |
| |
| |

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

| Área | Subárea |
|----------------|--------------------------|
| Química | Química Analítica |
| | Química Ambiental |
| | |
| | |
| | |

Resumen (abstract):

En la presente investigación se estudió la distribución y el comportamiento geoquímico de los sedimentos superficiales del río Cuchivero estado Bolívar, Venezuela. Para ello se determinó el contenido de materia orgánica total, metales trazas, carbonato de calcio, carbono orgánico, fósforo y nitrógeno total. Se establecieron 10 estaciones de muestreo desde su desembocadura, en el Orinoco medio, hasta el sector Guaniamo, río adentro. El contenido de materia orgánica se mantuvo muy bajo durante todo el estudio (0,8%), debido probablemente al caudal elevado que presenta el río en la zona. El mayor contenido de metales se observó en la fracción residual (F₄), lo que supone una presencia importante de metales asociados a partículas minerales muy estables. El nitrógeno y fósforo total mostraron valores altos en comparación con los valores obtenidos para la materia orgánica. Esto sugiere la influencia de agentes externos al sistema sedimentarios que aportan cantidades importantes de nutrientes. También, se evidencia la capacidad que tiene el sedimento para acumular dichos nutrientes. Los contenidos de carbono orgánico y carbonato de calcio mostraron como valores máximos 0,09% y 2,61%, respectivamente. En general los resultados obtenidos en el presente estudio en comparación con valores obtenidos para sistemas con alta capacidad reductora, son bastante bajos

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

| Apellidos y Nombres | ROL / Código CVLAC / e-mail | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|
| M.Sc. Gregorio Martínez | ROL | CA <input type="checkbox"/> | AS <input checked="" type="checkbox"/> | TU <input type="checkbox"/> | JU <input type="checkbox"/> |
| | CVLAC | | | | |
| | e-mail | gmartinez@cantv.net | | | |
| | e-mail | | | | |
| | ROL | CA <input type="checkbox"/> | AS <input type="checkbox"/> | TU <input type="checkbox"/> | JU <input type="checkbox"/> |
| | CVLAC | | | | |
| | e-mail | | | | |
| | e-mail | | | | |
| | ROL | CA <input type="checkbox"/> | AS <input type="checkbox"/> | TU <input type="checkbox"/> | JU <input type="checkbox"/> |
| | CVLAC | | | | |
| | e-mail | | | | |
| | e-mail | | | | |

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

| | | |
|------|----|----|
| 2009 | 04 | 30 |
|------|----|----|

Lenguaje: ES-VE

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

| Nombre de archivo | Tipo MIME |
|-------------------|-----------|
| TESIS_JF | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Alcance:

Espacial : _____ **(Opcional)**

Temporal: _____ **(Opcional)**

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado en Química

Nivel Asociado con el Trabajo: _____

Área de Estudio:

Licenciatura en Química

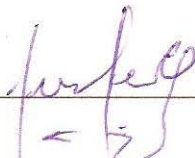
Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5


Derechos:

Yo, Julio C. Figuera M., portador de la C.I. 11 966 184, autorizo a la Biblioteca Central de la UDO-Núcleo de Sucre a la utilización de mi Trabajo de Grado, para ser publicada en su totalidad


AUTOR 1

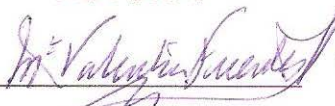
AUTOR 2

AUTOR 3



TUTOR

AUTOR 4



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:



