

# DETERMINACION DE METALES PESADOS EN SEDIMENTO DEL LAGO COCIBOLCA, NICARAGUA

Sarria-Sacasa, K. y Lacayo-Membreño, J.

## RESUMEN

El estudio se realizó en junio de 1997 en doce estaciones de muestreo del lago Cocibolca, analizando once metales pesados en sedimentos superficiales. La concentración máxima de plomo  $12.96 \text{ mg.kg}^{-1}$ , cadmio  $2.13 \text{ mg.kg}^{-1}$ , cobalto  $26.59 \text{ mg.kg}^{-1}$ , mercurio  $0.195 \text{ mg.kg}^{-1}$ , manganeso  $2,311.94 \text{ mg.kg}^{-1}$ ; níquel  $11.45 \text{ mg.kg}^{-1}$  fue en el punto N9709; de arsénico fue de  $2.44 \text{ mg.kg}^{-1}$  en el punto N9713; de cinc fue  $90.83 \text{ mg.kg}^{-1}$  en el punto N9711. El punto N9709 presentó el mayor número y las concentraciones más altas de metales pesados coincidiendo con las depresiones tectónicas, las cuales pudieran estar asociadas a una falla en la cadena volcánica. Se realizó una comparación de las concentraciones en sedimentos del Lago Cocibolca con las concentraciones del lago Dufaul de Canadá, que según la literatura no contiene contaminación antropogénica, observándose que las concentraciones de metales pesados en el lago son valores naturales. Se consideran valores naturales los siguientes: plomo y cinc  $<50$ ; mercurio  $1.0$ ; arsénico  $15$ ; cadmio  $0.8$ ; cobalto  $40.0 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

## INTRODUCCION

El Lago de Nicaragua o Lago Cocibolca cubre un área de  $8264 \text{ Km}^2$ , ocupa el décimo lugar entre los lagos más extensos del mundo. Su superficie está situada a 31 metros sobre el nivel del mar y aunque se ha afirmado que la profundidad llega a 70 metros al sureste de la Isla de Ometepe, sondeos practicados únicamente en la mitad occidental del Lago no sobrepasaron los 23 metros, sin embargo, a pesar de su poca profundidad, se presta para la navegación. Se encuentra separado del pacífico apenas por un Istmo de 20 Km. y desagua en el mar Caribe por medio del río San Juan haciendo un recorrido de 200 km. (Incer, 1984).

Las riberas del lago son arenosas, pedregosas en algunas partes y cenagosas en otras. El sedimento del fondo está constituido por un cieno gris pardusco, arcilla de textura cerosa y fango orgánico. En el lago existen numerosas islas de origen volcánico entre las que se mencionan la isla de Ometepe, la isla Zapatera, el Archipiélago de Solentiname, frente a San Carlos, las Isletas al sur de Granada, éstas están constituidas por más de 300 islotes, que circundan a la península de Aseses, siendo la mayor de todas La Guanábana (Incer, 1984).

Por la ribera sur desembocan en el Lago varios ríos procedentes de Costa Rica que bajan de la cordillera volcánica del Guanacaste y entran a Nicaragua recorriendo los escasos tres km. que separan la frontera de la costa sur del lago. Entre estos ríos se mencionan el Sapoá, Sábalos, Orosí, Toro, Pizote, Cucaracha, Guacalito, Zapote, Papaturre y Frío (Incer, 1984).

En Septiembre de 1993 el CIRA-UNAN (Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos) realizó un muestreo de agua y sedimentos donde se analizaron 6 metales pesados de el río San Juan y en la parte sureste del Lago Cocibolca. Con el propósito de mejorar el conocimiento del contenido de los metales pesados en este ecosistema acuático y establecer una línea base en las estaciones muestreadas, el CIRA-UNAN realizó en 1997 el presente estudio determinándose once metales pesados en sedimentos superficiales en doce estaciones de muestreo en el Lago Cocibolca.

## **METODOLOGIA**

### **Muestreo**

Las doce estaciones de muestreo del Lago Cocibolca, fueron previamente establecidos haciendo uso de un sistema de posición geográfica (Geographic position systems, GPS), para la correcta ubicación de los sitios muestreados. Las coordenadas geográficas de las diferentes estaciones de muestreo en sedimentos Lago Cocibolca son presentadas en la tabla 1.

### **Colecta y tratamiento de muestra**

Inicialmente las muestras de sedimentos superficiales fueron colectados en junio de 1997 en doce estaciones del Lago Cocibolca utilizando una draga Ekman (0-5 cm). Las muestras de sedimentos fueron secadas a temperatura ambiente, maceradas, tamizadas a un diámetro de 600  $\mu\text{m}$  con el propósito de separar las partículas más grandes (arenas) y la materia extraña (hojas, etc.), para luego ser almacenadas en frascos de polietileno hasta su análisis.

### **Análisis de las muestras**

#### **Análisis de cadmio, cinc, cobre, cromo, cobalto, níquel, manganeso y plomo**

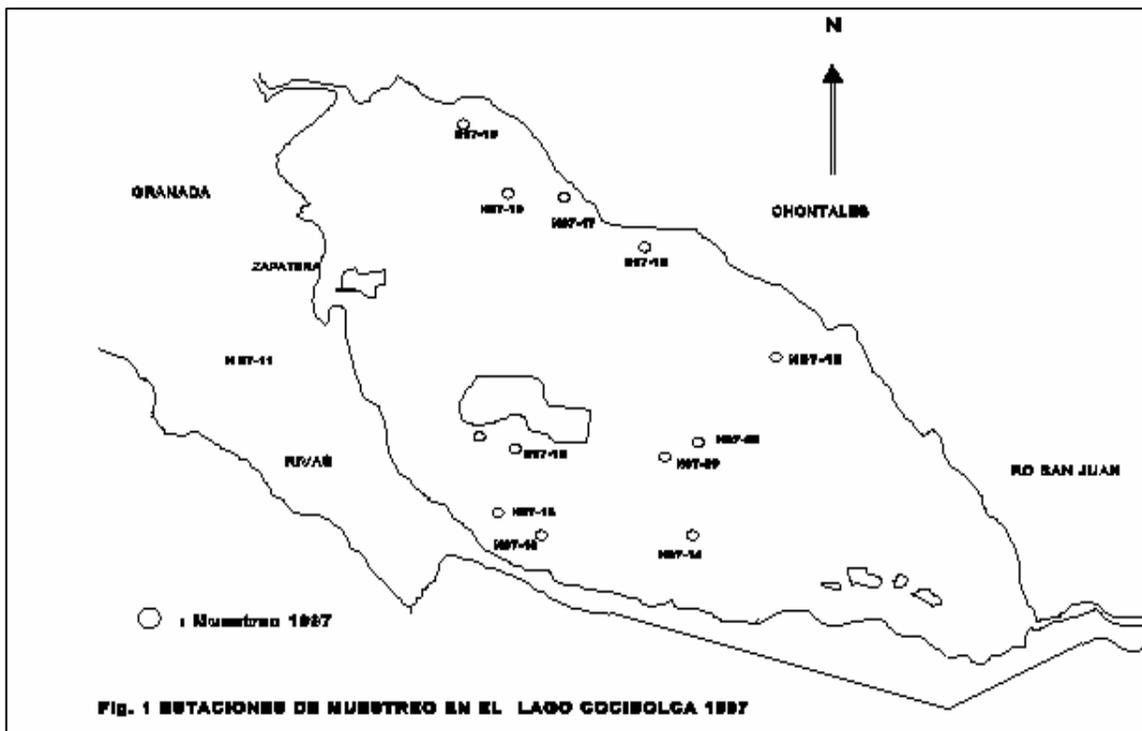
Los métodos empleados para la digestión y análisis de cadmio, cinc, cobre, cromo, cobalto, níquel, manganeso y plomo en sedimentos fueron los del Standard Methods (1985) y Varian (1979), utilizando Espectrometría de Absorción Atómica con llama. Para ello fue necesaria una lixiviación del contenido de estos metales en las muestra, fueron pesados 1.5 gramos de sedimento en balones de 100 ml, luego fueron adicionados 6 ml de una mezcla de 1:3 de  $\text{HNO}_3$ -HCl concentrado y se digitaron en un baño maría a 80EC durante una hora con agitación constante, posteriormente las muestras fueron aforadas a 100 ml con agua destilada y analizadas con un espectrofotómetro de Absorción Atómica VARIAN SpectrAA-20 con una llama aire acetileno determinando la cantidad de estos metales presentes en la solución.

Tabla 1. Coordenadas Geográficas de la Estaciones de Muestreo en el Lago Cocibolca, 1997

Estaciones de Muestreo	Coordenadas		Profundidad (metros)
	N	O	
N-9708	111 31.827'	851 15.640'	22.9
N-9709	---	---	---
N-9710	111 20.600'	851 26.100'	33.2
N-9711	111 27.500'	851 39.400'	10.4
N-9712	111 25.300'	851 35.000'	10.7
N-9713	111 15.500'	851 31.200'	14.0
N-9714	111 18.250'	851 08.500'	9.0
N-9715	111 42.704'	851 18.132'	9.0
N-9716	111 51.052'	851 25.052'	7.0
N-9717	111 56.914'	851 35.045'	7.0
N-9718	111 55.464'	851 40.100'	8.5
N-9719	121 01.637'	851 42.806'	7.0

### Análisis de arsénico

El contenido de arsénico total en los sedimentos fue lixiviado previo a la digestión. La digestión de 0.25 gramos de muestra fue realizada en un baño maría con 5 ml de HCl (37%) y de tres (3) porciones de 0.5 ml de peróxido de hidrógeno al 30% agregadas cada 20 minutos a una temperatura entre 90 y 100 EC durante 30 minutos previniendo la pérdida por evaporación del arsénico logrando alcanzar el máximo estado de oxidación As(V). La reducción es realizada en dos etapas, la primera es realizada con la adición de 10 ml de Ioduro de potasio al 10% antes de aforar las muestras a 100 ml con agua destilada y colocarlas en la oscuridad por 50 minutos alcanzando el estado As(III) y luego una segunda reducción con Borohidruro de sodio en medio ácido hasta la formación de la arsina (AsH<sub>3</sub>). Este hidruro gaseoso es llevado a una celda de absorción por una corriente de nitrógeno sobre una llama aire acetileno, para liberar el arsénico en estado fundamental, la cantidad de arsénico presente en la solución luego fueron leídas con un espectrofotómetro de Absorción Atómica VARIAN SpectrAA-20 con VGA-76.



### Análisis de mercurio

El contenido de mercurio total en los sedimentos fue lixiviado previo a la digestión. La digestión de 0.20 gramos de muestra fue realizada en un baño maría, posteriormente fueron digeridos con 10 ml de una mezcla ácida de dicromato de potasio y ácido nítrico concentrado (0.1% w/v y al 50% v/v, respectivamente) disuelta en agua deionizada, la temperatura del baño maría debe estar aproximadamente a de 60 1C para prevenir la pérdida de mercurio por evaporación por media hora para luego aforar las muestras a 100 ml con agua destilada, en la etapa de digestión se logra alcanzar el máximo estado de oxidación del mercurio total ( orgánico e inorgánico). La reducción del mercurio es realizada con una solución de Borohidruro de sodio en medio ácido hasta la formación el vapor de mercurio elemental ( $Hg^0$ ). Este vapor es llevado a una celda de absorción por una corriente de nitrógeno, la cantidad de mercurio presente en la solución luego fueron leídas con un espectrofotómetro de Absorción Atómica VARIAN SpectrAA-20 con VGA-76.

### Análisis de selenio

El método utilizado para la determinación de selenio en sedimentos es similar al empleado para la determinación de arsénico en sedimento, obviando el paso de la adición de Ioduro de potasio en la etapa final del procedimiento, por lo que después de la digestión, se procede aforar las muestras a 100 ml con agua destilada, para luego ser leídas con un espectrofotómetro de Absorción Atómica VARIAN SpectrAA-20 con VGA.

## Control analítico

La reproducibilidad de los métodos fue controlada realizando análisis por duplicado a cada muestras y para cada metal en el sedimento, habiéndose obtenido una desviación estándar relativa menor que el 5 %. Rutinariamente la exactitud de los métodos analíticos es confirmada por el análisis de muestra de referencia de una matriz similar con los analitos a estudiar (Tabla 3). A la vez se analizan blancos con el objetivo de evaluar y monitorear la introducción potencial de metales contenidos en los reactivos químico utilizados en los procesos de análisis de los analitos presentes en las muestras de sedimentos. A la par del los análisis de las muestras se analizó un lote de muestras a las cuales se les adicionó un estándar de concentración conocida con el objetivo de conocer sus porcentajes de recuperación en sedimentos (Tabla 2) los cuales estuvieron entre 70 y 122%. Los límites de detección de los métodos utilizados para los análisis en esta matriz son reflejados en la misma tabla 2.

## RESULTADOS

Los resultados de los diferentes metales pesados determinados en los sedimentos del Lago Cocibolca son presentados en la tabla 2. El arsénico mostró un rango de concentraciones entre 0.49 a 2.44 mg.kg<sup>-1</sup>, con un valor promedio de 1.50 mg.kg<sup>-1</sup>, la mayor concentración fue determinada en la estación N 97-13. El cadmio presentó un contenido medio de 1.42 mg.kg<sup>-1</sup> con un rango entre 0.15 a 2.13; este valor es aproximadamente 14 veces mayor que el menor contenido ubicado en el punto N 97-08. El contenido de cinc varió en un rango de 9.91 a 90.83 mg.kg<sup>-1</sup>, es decir, que el punto N 97-11 es 10 veces más que el contenido determinado en el punto N 97-08.

El contenido de cobalto en los sedimentos del Lago fueron considerados bastantes uniforme, sus niveles de concentración variaron entre 13.83 a 26.59 mg.kg<sup>-1</sup>, con una concentración media de 17.61 mg.kg<sup>-1</sup>. El cobre presentó un rango entre 7.38 a 344.84 mg.kg<sup>-1</sup>. En los puntos N 97-11, N 97-10, N 97-09 y N 97-12 en un orden decreciente presentan los mayores contenidos de cobre en los sedimentos, su distribución en las otras estaciones de estudio presentan una cierta similitud a excepción de los puntos N 97-08 y N 97-16.

El cromo se mantuvo en un rango de 5.09 a 12.08 mg.kg<sup>-1</sup> con una concentración media de 9.1 mg.kg<sup>-1</sup> el mayor contenido corresponde al punto N 97-17. Los niveles de manganeso presentaron un rango de 137.72 a 2 311.94 mg.kg<sup>-1</sup> con una concentración media de 788.18 mg.kg<sup>-1</sup> su mayor contenido fue determinado en el punto N 97-09, su distribución es bastante uniforme a excepción de los puntos N 97- 09 ( 2 311mg.kg<sup>-1</sup>) y N 97-13 (1 560 mg.kg<sup>-1</sup>).

El contenido de mercurio en determinado presentó una concentración media de 0.11 mg.kg<sup>-1</sup> el rango vario de 0.02 a 0.20 mg.kg<sup>-1</sup>, éste es 10 veces mayor que el primero, el nivel más alto correspondió al punto N 97-09. La concentración de níquel en los sedimentos estuvieron entre 1.94 y 11.45 mg.kg<sup>-1</sup>, el contenido medio fue de 9.25 mg.kg<sup>-1</sup>; el mayor contenido correspondió al estación de muestreo N 97-09.

Las concentraciones de plomo en los sedimentos se consideraron bastantes uniformes,

éstos mostraron variaciones de 1.63 a 12.69 mg.kg<sup>-1</sup>, la concentración media determinada es de 4.62 mg.kg<sup>-1</sup>, en el punto N 97-09 se presentó la mayor concentración de plomo. El selenio presentó un rango bastante uniforme en todas las estaciones de muestreo, presentó un rango de concentración bastante reducido entre 0.13 y 0.58 mg.kg<sup>-1</sup> y una concentración promedio de 0.36 mg.kg<sup>-1</sup>.

**Tabla 2 Concentraciones de arsénico, cadmio, cinc, cobalto, cobre, cromo, manganeso, mercurio, níquel, plomo y selenio en sedimentos del Lago Cocibolca, expresados en mg.kg<sup>-1</sup>.**

Elementos	N 9708	N 9709	N 9710	N 9711	N 9712	N 9713	N 9714	N 9715	N 9716	N 9717	N 9718	N 9719	Limite de detección	% de Recobro
Arsénico	0.49	1.56	1.36	1.27	1.23	2.44	1.39	1.59	0.95	1.31	2.15	1.77	0.110	70 - 122
Cadmio	0.15	2.13	1.04	1.56	1.45	1.69	1.35	1.44	1.19	1.55	1.76	1.81	0.012	80 - 105
Cinc	9.91	75.05	76.76	90.83	52.28	33.85	35.98	62.81	19.34	44.16	43.22	50.45	0.062	88 - 115
Cobalto	13.83	26.59	14.73	17.71	16.75	19.87	17.53	15.96	26.43	19.07	19.68	20.77	0.082	80 - 95
Cobre	14.29	145.51	234.74	344.84	107.05	56.92	63.29	95.08	7.38	64.45	68.29	73.07	0.250	90 - 108
Cromo	5.27	6.65	8.43	10.11	11.07	9.26	8.12	10.41	5.09	12.08	11.38	11.36	0.500	90 - 118
Manganeso	511.15	2311.94	761.88	555.29	812.61	1560.00	692.44	794.99	137.72	408.93	449.32	461.93	2.060	83 - 102
Mercurio	0.137	0.195	0.165	0.117	0.121	0.113	0.112	0.097	0.022	0.061	0.072	0.038	0.002	70 - 115
Níquel	1.94	11.45	8.91	10.02	10.83	10.25	8.18	10.32	8.09	10.92	10.78	9.36	0.820	76 - 98
Plomo	2.97	12.96	7.31	5.94	5.54	7.25	2.66	1.97	2.35	2.63	2.31	1.63	0.500	75 - 100
Selenio	0.138	0.178	0.481	0.364	0.376	0.556	0.584	0.496	0.221	0.395	0.366	0.273	0.030	75 - 100

**Tabla 3 Concentraciones de arsénico, cadmio, cinc, cobalto, cobre, cromo, manganeso, mercurio, níquel, plomo y selenio en materiales de referencia en sedimentos, expresados en mg.kg<sup>-1</sup>.**

Muestra	Arsénico	Cadmio	Cinc	Cobalto	Cobre	Cromo	Manganeso	Mercurio	Níquel	Plomo	Selenio
SPEX-SOIL	400	10	100	100	50	40	100		100	100	400
NBS-2704								1.44 ± 0.07			
CIRA-UNAN	398	9.27	97	97	47	38	98	1.4	96	95	395
% R.S.D.	2.15	4.82	3.55	3.52	3.21	3.01	2.06	4.9	4.12	3.19	2.91

## **DISCUSION**

La deposición de sedimentos recibidos de las aguas de escorrentía o ríos que drenan en los lagos es un fenómeno físico importante para estos cuerpos de agua. Debido a la baja velocidad del agua que fluye a través de los lagos o reservorios los sedimentos tienden a deponerse en el fondo. La mayor parte de los sedimentos consisten o son productos de la descomposición a la intemperie de rocas preexistentes, esta masa contiene minerales detritales y minerales nuevos formados después del transporte y separación del tamaño del grano en suspensión y sedimentación. Se ha considerado el tema de los sedimentos como un aspecto importante dentro del estudio de la calidad del agua, debido a la incidencia de los mismo en procesos relacionados con el aumento de la turbidez, color y estrictamente de naturaleza mecánica como la erosión, la colmatación de los cauces de los ríos y otros cuerpos de agua (EPA, 1994).

### **Arsénico**

El contenido de arsénico en los sedimentos del Lago Cocibolca puede ser considerado sin contaminación o bien que sus concentraciones son normales. Huang & Liaw, 1978 determinaron un rango 2.7 a 13.2 mg.kg<sup>-1</sup> para el contenido de arsénico total de 10 lagos de Canadá. Moore & Ramamoorthy (1984), determinó un rango de 5 - 15 mg.kg<sup>-1</sup> en materiales de fondos no contaminados. A su vez estos resultados fueron comparados con los niveles de arsénico total encontrados en los sedimentos de los Lagos Asososca (2.6 a 16.5 mg.kg<sup>-1</sup>, Cruz 1992) y Xolotlán (5.37 a 8.65 mg.kg<sup>-1</sup>, Lacayo, 1992) que fueron considerados rangos normales para sedimentos de agua dulce, es decir, que no presentaron contaminación hasta ese momento. Aun el máximo valor determinado en la estación N 97-13, está por debajo de los rangos encontrados en áreas no contaminadas.

### **Cadmio**

Las concentraciones de cadmio total en los sedimentos del Lago Cocibolca, muestran niveles un poco por encima de los niveles encontrados en sedimentos de ríos no contaminados que presentan un rango de 0.4 a 0.8 mg.kg<sup>-1</sup>, sin embargo, niveles de ríos contaminados varían entre 30 a 400 mg.kg<sup>-1</sup> (Forstner, 1980). DE BOO, 1989 determinó concentraciones críticas de cadmio encontradas en suelo arcilloso de 1.0 mg.kg<sup>-1</sup> y en Netherlands, han sido encontrados niveles de 0.3 mg.kg<sup>-1</sup> en la arena y 0.4 mg.kg<sup>-1</sup> en arcilla (Merian, 1991). Por otro lado la similitud entre los resultados encontrados en los sedimentos del Lago Cocibolca hace pensar que estos valores son naturales de la zona.

### **Cinc**

la concentración media de cinc en los sedimentos del Lago Cocibolca se encuentra en el límite de los 50 mg.kg<sup>-1</sup> encontrados para sedimentos de áreas no contaminadas por Moore en 1984. En las estaciones N 97-09, N 97-10, N 97-11 y N 97-12 se determinaron las concentraciones más altas de cinc, esto coincidiendo con los resultados obtenidos para el cobre determinado en los mismos punto, esto puede explicarse ya que el cinc generalmente es encontrado en la naturaleza como Sulfuro de cinc y muy a menudo asociado a otros sulfuros como los sulfuros de plomo, cobre, cadmio y Hierro (Moore & Ramamoorthy, 1984).

### **Cobalto**

Las concentraciones de cobalto obtenidas en los sedimentos del Lago Cocibolca presentan concentraciones similares en todas las estaciones de muestreo, por lo que pueden ser consideradas como naturales de la zona en estudio y sus alrededores en general el contenido de cobalto en suelo es de 1 - 40 mg.kg<sup>-1</sup> (Pais, 1997), los contenidos de cobalto dependen de las características geoquímicas del mismo, el contenido de materia orgánica del suelo y de las arenas.

### **Cobre**

El contenido de cobre en los sedimentos del Lago Cocibolca se encuentran por arriba de los concentraciones encontradas para sedimentos de agua dulce no contaminados que contienen niveles < 20.0 mg.kg<sup>-1</sup> (Moore & Ramamoorthy, 1984). Las altas concentraciones de cobre en los sedimentos de las estaciones N 97-09, N 97-10, N 97-11 y N 97-12 puede ser explicada por la rápida absorción del cobre por los sedimentos cuando estos reciben residuos con altos contenidos de cobre (Moore & Ramamoorthy, 1984). Sin embargo, Cruz en 1992 encontró concentraciones de cobre en los sedimentos del Lago Asososca en un rango de 36.6 a 73.3 mg.kg<sup>-1</sup>, estas concentraciones fueron consideradas naturales, además Moore, (1979) detecto concentraciones de cobre en sedimentos del los lagos Articos en un rango de 7.0 a 62.2 mg.kg<sup>-1</sup> peso seco.

### **Cromo**

El rango de los niveles de cromo total determinados en los sedimentos del Lago Cocibolca pueden ser considerados de orden natural y sin contaminación por estar por debajo de los niveles encontrados por Bowen (1979) de 70 a 90 mg.kg<sup>-1</sup> y Kemp (1978) de 26 a 60 mg.kg<sup>-1</sup>, ambos autores consideraron estos rangos de concentraciones de origen natural en las áreas respectivas de estudio. Las concentraciones de cromo total en los sedimentos de las estaciones de muestreo N 97 10, 11, 12, 13, relativamente altas respecto a las demás pueden estar asociadas a industrias o a productores artesanales de cuero en la zona de Rivas, así como, en la estaciones N 97-14 frontera sur con Costa Rica y las estaciones N 97 15, 18, 19 y 17 frente a Chontales, siendo este último donde se presento la mayor concentración.

### **Manganeso**

El contenido de manganeso determinado en los sedimentos del Lago Cocibolca en la mayoría de las estaciones muestreadas presento concentraciones bastantes uniformes. En los puntos N 97-09 y N 97-13 se destacan valores bastantes altos, sin embargo, esto pueden estar estrechamente relacionado a tipo de minerales presentes en la zona, los minerales que contienen manganeso son muy comunes y están ampliamente distribuidos y casi siempre se presenta en las incrustaciones de la tierra como dióxido de manganeso, Carbonatos y Silicatos (Minear, 1982). El contenido total de manganeso en el suelo es de 200 - 3000 mg.kg<sup>-1</sup>; con un promedio de 545 mg.kg<sup>-1</sup> (Pais, 1997), por lo que no puede considerarse estos contenidos como una contaminación.

## **Mercurio**

El rango de concentraciones del mercurio presentado en los sedimentos del Lago Cocibolca puede ser considerado de origen natural, ya que el rango detectado en sedimentos de agua dulce del Lago Dufaul, Canadá varió de 0.07 a 0.14 mg.kg<sup>-1</sup> peso seco, este rango de concentraciones se consideró normal por Speyer, 1980. Moore & Ramamoorthy (1984) determinaron que para sedimentos de fuentes no contaminados contienen concentraciones de mercurio menores de 1 mg.kg<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos no presentan entre si grandes variaciones por los que se puede considerar que su distribución es bastante uniforme, presentando dos zonas bien marcadas entre la parte suroeste y noreste del lago.

## **Níquel**

Las concentraciones de níquel en los sedimentos del Lago Cocibolca presentan concentraciones bastantes uniformes a excepción de el punto N 97-08, sin embargo, estas concentraciones son consideradas de naturales, ya que el níquel rara vez es considerado un contaminante significativo para sedimentos de agua dulce, el rango de concentraciones raras veces excede los 50 a 100 mg.kg<sup>-1</sup> ( Moore & Ramamoorthy 1984).

## **Plomo**

Las concentraciones de plomo en los sedimentos del Lago Cocibolca son considerados naturales al compararlos con los resultados obtenidos por Moore & Ramamoorthy (1984). El rango de concentraciones plomo total en sedimentos de áreas no contaminadas varia entre de 2 a 50 mg.kg<sup>-1</sup> dependiendo de la naturaleza de las rocas adyacentes (Moore & Ramamoorthy, 1984).

## **Selenio**

El contenido de selenio determinado en los sedimentos del Lago Cocibolca presentan valores relativamente uniformes en todas las estaciones de muestreo. Estas concentraciones pueden ser consideradas naturales. Estos valores no son significativos comparados con los niveles de selenio encontrados en depósitos volcánicos sulfurados mayores de los 120 mg.kg<sup>-1</sup> (Minear, 1982). El contenido total de Selenio en suelo es de 0.1 a 2.0 mg.kg<sup>-1</sup> (Pais, 1997).

Los mayores contenidos de metales pesados fueron determinados en la estación de muestreo N 97-09, esto podría estar relacionada a una depresión detectada en este sitio y al carácter volcánico del mismo.

## CONCLUSIONES

El contenido de los metales pesados determinados en los sedimentos del Lago Cocibolca o Lago de Nicaragua para este estudio se determina que son concentraciones naturales y sin contaminación comparadas con sedimentos de áreas no contaminadas.

La estación de muestreo en N9709 que presentó las mayores concentraciones de cadmio, cobalto, mercurio, manganeso, níquel y plomo, esto probablemente se debe a que en este sitio existe una depresión tectónica que puede estar asociada a una falla proveniente de la cadena volcánica.

Las concentraciones detectadas para estos metales en los sedimentos de las estaciones muestreadas en el Lago Cocibolca pueden ser consideradas como una línea para poder determinar en el futuro cualquier alteración o cambio que ocurra en este ecosistema acuático.

## REFERENCIAS

- Bowen, H.j.M. 1979. Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press, London-New York-Toronto-Sydney-San Francisco.
- Cruz, G.A., Fomsgaard I., Lacayo J., 1992. Plomo, arsénico, cadmio y cobre en el Lago Asososca, Nicaragua. Chemosphere.
- De Boo, W. 1989. Cadmium in Soil and Crops. Toxicol. environ. Chem., in press.
- EPA, 1994. Water Quality Standards Handbook: Second Edition. Section: 2-26.
- Forstner, U. 1980, Hutzinger, O. (ed): The Handbook of Environmental Chemistry, vol.3, Part A, pp. 59 -107, Springer, Berlin-Heidelber-New York.
- Huang, P.M., & Liaw W.K. 1979. Adsorption of arsenite by lake sediments, International Revue der Gesamten Hydrobiologie 64:263-271.
- Incer, Jaime, 1984. Geografía Básica de Nicaragua. pp. 45.
- Pais István, 1997. Handbook of Trace Elements. pp. 99, 118, 124, 129, 146.
- Kemp, A.L.W., J.D.H. William, R.L., Thomas and M.L. Gregory, 1978. Impact of Man's activities on the chemical composition of the sediments of lakes superior and huron. Water, Air and Soil Pollution 10:381-402.
- Lacayo , R. M., G. A. Cruz, M. J. Lacayo. R.S. Calero., I. Fomsgaard. 1992. Arsénico en el Lago Xolotlán, Nicaragua. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 49:463-470.
- Merian, E., 1991, Metals and their compounds in the Environment, Occurrence, Analysis and Biological Relevance. p. 7, 8, 818, 971 - 977.

Moore, J.W. and S. Ramamoorthy, 1984. Mercury, Heavy Metals in Natural waters, Applied Monitoring and Impact Assessment. p 125 - 137, 100 - 110, 28 - 51, 77 - 86.

Moore, J. W., V.A. Beaubien, and D. J. Sutherland, 1979. Comparative effects of sediments and water contamination on benthic invertebrates in four lakes. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 23:840 -847.

Minear, Roger A., 1982. Water Analysis. Vol. 1 , Inorganic Species. pp. 25-28, 31-33, 33 -35, 35-38.

Speyer, M.R., 1980. Mercury and Selenium concentration in Fish, sediments and water of two northwestern Quebec lakes. Bulletin of Environmental Contamination and toxicology 24:427-432.

Standard Methods for Examination Water and Wastewater. 1985.

Varian. Analytical Methods for Graphite Tube Atomizers. 1988. p 42,43, 44, 53.

Varian. Analytical Methods for Flame Spectroscopy. 1979. pp. 10, 12, 14, 39.

Varian. VGA-76, Vapor Generation Accessory (Operational Manual). 1984. pp. 16, 17