

BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
VOLUMEN 29, NO. 1, 1995, PP. 1 - 16

CONTENIDO TOTAL DE Cd, Cu, Cr, Mn, Hg, Ni Y Pb
EN SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE UNA
ESTACIÓN DE PISCICULTURA DEL MUNICIPIO
PÁEZ, ESTADO ZULIA, VENEZUELA

HENDER URDANETA

Centro de Investigaciones Biológicas
Facultad de Humanidades y Educación
Universidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo 4001-A
Estado Zulia, Venezuela

RESUMEN

Mediante digestión ácida y espectrometría de absorción atómica se determinó el contenido total de Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganeseo (Mn), Mercurio (Hg), Niquel (Ni) y Plomo (Pb) en sedimentos superficiales de lagunas de cultivo de una estación de piscicultura situada en el Municipio Páez, Estado Zulia, Venezuela. Al analizar respectivamente los valores determinados mensualmente en cada laguna mediante análisis de varianza y test de medias de los rangos múltiples de Duncan, se observaron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre las concentraciones de los metales Cu, Hg, Ni y Pb de las lagunas cuatro y nueve con respecto a la uno; igualmente, entre los meses de sequía y de lluvia. Las concentraciones medias ($\mu\text{g/g}$) de los metales (Cd, 0.55 ± 0.12 ; Cu, 27.40 ± 6.45 ; Cr, 10.69 ± 7.22 ; Mn, 0.38 ± 0.27 ; Hg, 0.11 ± 0.03 ng/g; Ni, 29.19 ± 8.59 y Pb, 22.65 ± 11.07) fueron menores a las registradas en otras zonas de Venezuela y del mundo consideradas como contaminadas por actividades antropogénicas.

Palabras claves: Cadmio, Cobre, Cromo, Manganeseo, Mercurio, Niquel, Plomo, sedimentos, piscicultura, espectrometría atómica, Venezuela.

Recibido: 08 Diciembre 1994

Aceptado: 04 Julio 1995

ABSTRACT

TOTAL CONTENT OF Cd, Cu, Cr, Mn, Hg, Ni AND Pb
IN SUPERFICIAL SEDIMENTS OF A FISH CULTURE
FARM, PÁEZ MUNICIPALITY, ZULIA STATE,
VENEZUELA

Via acid digestion and atomic absorption spectrometry, the total content of Cadmium (Cd), Copper (Cu), Crome (Cr), Manganese (Mn), Mercury (Hg), Nickel (Ni), and Lead (Pb) was determined in superficial sediments in aquaculture ponds at a fish culture station, Páez Municipality, Zulia State, Venezuela. Using analysis of variance and Duncan's multiple mean range test from monthly samples, we observed significant differences ($P < 0.01$) in Cu, Hg, Ni and Pb concentrations in ponds four and nine as compared to pond number one, during both dry and rainy periods. Mean metal concentrations (Cd, 0.55 ± 0.12 ; Cu, 27.40 ± 6.45 ; Cr, 10.69 ± 7.22 ; Mn, 0.38 ± 0.27 ; Hg, 0.11 ± 0.03 ng/g; Ni, 29.19 ± 8.59 y Pb, 22.65 ± 11.07) were lower than in other Venezuelan and world areas considered contaminated by human activities.

Key words: Cadmium, Copper, Crome, Manganese, Mercury, Nickel, Lead, sediment, fish culture, atomic absorption spectrometry, Venezuela.

Received: 08 December 1994

Accepted: 04 July 1995

INTRODUCCIÓN

La contaminación de los ecosistemas acuáticos por la introducción de elementos o compuestos, entre ellos los metales pesados, Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganeseo (Mn), Mercurio (Hg), Níquel (Ni) y Plomo (Pb), como consecuencia de las actividades antropogénicas, a venido en aumento en los últimos años; así los sedimentos de algunos medios acuáticos se han convertido en importantes sumideros de metales pesados, sobre todo los que sirven

de receptores a ríos, estuarios y deposiciones atmosféricas (GESAMP 1993, Ntekim y Okom 1993, Van de Kamer *et al.* 1993, Galloway y Likens 1979, Fjeld *et al.* 1994). Los metales son principalmente adsorbidos por los granos finos del sedimento al depositarse las partículas sobre los fondos de los cuerpos de agua (Hakanson y Jansson 1983).

En Venezuela se han realizado estudios de metales pesados utilizando espectrometría atómica en sedimentos del Golfo Triste (Lagarde 1982); Cuenca Tuy-Cariaco (Gamboa y Bonilla 1983); ríos, lagunas y canales de la ciudad de Cumaná y alrededores (Ruíz y Krishna 1984); Cuenca del Lago de Valencia (Mogollón y Bifano 1989); y del Lago de Maracaibo (Ortega 1978, Ferrer y Soto 1978, Moran y Prieto 1979, Prieto 1987, Barco 1989, Murillo 1990).

A pesar de la importancia que tiene la determinación, distribución y comportamiento de los metales pesados en los sedimentos superficiales de los medios acuáticos artificiales, entre ellos los destinados a la acuicultura, donde pueden llegar a manifestar sus propiedades tóxicas sobre los peces (Haider 1977) o sus consumidores, entre ellos el hombre como último eslabón de la cadena trófica (Burton 1991, Adams *et al.* 1992, Sijm *et al.* 1992), en Venezuela la literatura científica no reporta estudios relacionados con la presencia de metales pesados en los sedimentos de los medios mencionados.

En el presente trabajo como parte de un proyecto donde se pretende evaluar la calidad de los medios acuáticos utilizados en piscicultura en el Estado Zulia, específicamente en el Municipio Páez, se determinó mediante espectrometría atómica y análisis estadístico la presencia y comportamiento de los metales Cd, Cu, Cr, Mn, Hg, Ni y Pb por su potencial tóxico (Haider 1977, Burton 1991, Adams *et al.* 1992, Sijm *et al.* 1992).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de Estudio

La estación de piscicultura Don Bosco tiene como objetivo la reproducción y engorde de peces nativos del Río Limón, entre ellos, *Prochilodus reticulatus* (Bocachico), *Mylossoma acanthogaster* (Pámpano de río) y *Potamorhina laticeps* (Manamana), asimismo *Colossoma macropomum* (Cachama) y *Colossoma brachypomus* (Cachama) de los llanos venezolanos. Una parte de los peces es vendida en la etapa de alevine para ser cultivada (engorde) en otras regiones del estado y del país, la restante es cultivada y consumida principalmente en el Municipio Páez.

La estación de piscicultura se localiza en la costa Noroeste de la Cuenca del Lago de Maracaibo, específicamente, en la subcuenca del Río Limón, a 3 km del poblado denominado Molinete, en el Municipio Páez, Estado Zulia, Venezuela (Fig.1). El área esta sujeta a una temperatura superior a los 25 °C, precipitación 130 - 250 mm, con un régimen de vientos predominante del Noreste.

La estación está formada por cuatro lagunas de 0.25 ha cada una, dos de 1.0 ha y 2.5 ha respectivamente, una laguna de 0.18 ha y cinco lagunetas que ocupan un área de 0.25 ha; la profundidad de las lagunas está comprendida entre 0.75 m y 1.5 m. La fuente de agua es el Río Limón, éste se forma por la unión de los ríos Guasare y Socuy; el agua es bombeada, se hace pasar por filtros de grava y permanece estancada en las lagunas; periódicamente se repone el agua que se pierde por evaporación.

Los suelos de las lagunas están conformados por sedimentos aportados principalmente por el Río Limón, son de color gris-verde oliva, constituidos por arenisca, lutitas y calizas.

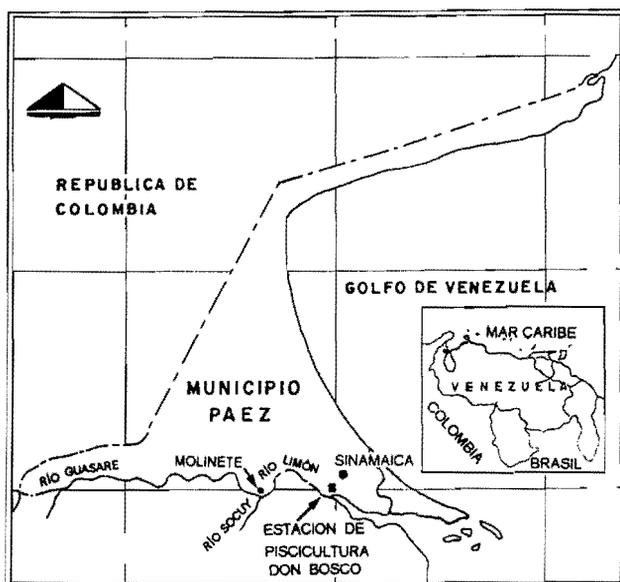


FIGURA 1. Ubicación de la Estación de Piscicultura Don Bosco, en el Municipio Páez, Estado Zulia, Venezuela.

Análisis Experimental

Se seleccionaron tres lagunas de piscicultura al azar, se identificaron como lagunas 1, 4 y 9, se realizaron muestreos mensuales desde Enero de 1992 hasta Julio de 1992. Para cada laguna se establecieron diez puntos de muestreo, cinco a 1.0 m de la orilla y cinco en el centro, éstos permanecieron fijos para todos los muestreos realizados.

Se tomaron muestras superficiales (0 - 20 cm) de cada punto de muestreo y se colocaron en un solo recipiente, por laguna; esto se hizo por triplicado.

Las muestras se secaron por evaporación a temperatura ambiente (15 días), siempre evitando que se contaminaran con partículas atmosféricas; se tamizaron y se tomó la fracción más fina (*grano* < 0.2 mm) para la determinación de los metales.

Reactivos.- Los reactivos químicos utilizados para la digestión fueron de grado analítico (grado metales traza). Las soluciones madres de Cd, Cu, Cr, Mn, Hg, Ni, y Pb (ca 1000 mg/L) se elaboraron partiendo de concentrados estándar Titrisol (EM Science). Las soluciones patrón se prepararon para cada análisis mediante diluciones seriadas de las soluciones madres utilizando agua tridestilada para Cd, Cu, Ni, Mn y Pb; HCl al 2.0 % para Cr y HNO₃ al 0.025 % para Hg.

Equipos.- En la determinación de Hg se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica (EAA) Varian modelo AA-20 con un kit analizador de Hg Varian modelo 64. Para caracterizar los metales Cd, Cu, Cr, Mn, Ni y Pb se utilizó un EAA con llama Perkin - Elmer modelo 3100. En la medición de algunos parámetros fisicoquímicos del sedimento se utilizó un pHmetro de campo Hanna Instrument y un salinómetro Fisher.

Digestión de las muestras y determinación de los metales.- Para el análisis de Hg se pesaron 5.0 g de sedimento seco por triplicado, la digestión se realizó mediante el método de Agemian y Chau para sedimentos ricos en materia orgánica (Di Giulio y Ryan 1987), para ello, se depositaron las muestras pesadas en envases utilizados para medir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) con 15 ml de una solución ácida de H₂SO₄ y HNO₃ concentrado(2:1), los envases con las muestras se colocaron en baño de María a 60° C por dos horas, después de su enfriamiento se les agregó respectivamente 10.0 ml de una solución al 15 % de KMnO₄ (Permanganato de Potasio), transcurridos 30 minutos se les adicionó una solución al 5 % de K₂S₂O₈ (Persulfato de Potasio), las mezclas fueron mantenidas a 10 ± 1° C durante doce horas, luego fueron diluidas a 100.0 ml con agua tridestilada. El exceso de KMnO₄ fue reducido por adición de 5.0 ml de una solución de HCL.NH₂OH (Hidrocloruro de Hidroxilamina), luego se filtraron. Los blancos se trataron con los mismos reactivos, sin las muestras, pero siguiendo el mismo procedimiento.

Las determinaciones de Hg se realizaron mediante espectrometría de absorción atómica con vapor frío, en el laboratorio de análisis instrumental de la Escuela de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia. El límite de detección del método para Hg en los muestreos fue 25 ng/L.

Para la determinación del Cd, Cu, Cr, Mn, Ni y Pb se pesó 1.0 g de sedimento seco por triplicado, se colocaron en digestores (Bomba Parr 4745) con 3.0 ml de HNO₃ concentrado y 1.5 ml de H₂O₂ al 30 %, los digestores se colocaron en una estufa a $150 \pm 5^\circ$ C por dos horas, se dejaron enfriar y el producto resultante fue resuspendido con agua tridestilada hasta 15.0 ml, luego se filtró; las concentraciones de los metales mencionados se determinaron con espectrometría de absorción atómica con llama, en el laboratorio de análisis instrumental del CICASI - Zulia (Centro de Investigaciones del Carbón - Zulia). El límite de detección del método para cada metal fue respectivamente: 1.2 mg/L, 40 mg/L, 20 mg/L, 1.2 mg/L, 30 mg/L y 10 mg/L para los metales Cd, Cu, Cr, Mn, Ni y Pb.

La exactitud del método aplicado a la determinación de los metales se evaluó con un estándar certificado de sedimento NIST 1645 (National Institute of Standard Technology).

Parámetros Fisicoquímicos del Sedimento

En el laboratorio de la estación piscícola, a cada muestra se le determinó pH y salinidad, para ello se adicionó agua tridestilada, se agitó y se filtró, los valores se midieron con equipos de campo. También se determinaron el % de humedad mediante el método estándar (APHA 1990), la densidad, relacionando peso y volumen (g/ml) y el % de materia orgánica con el método de Walkley y Black (Moran 1986, Roa 1991). Para ello se colocó 1.0 g de sedimento seco en un elenmeyer de 500.0 ml, se agregaron 10.0 ml de K₂Cr₂O₇ (Dicromato de Potasio) 1.0 N y 20.00 ml de H₂SO₄ al 98 %. La mezcla se agitó suavemente por un minuto, se dejó en reposo por 30.0

minutos, cumplido el tiempo se le adicionó agua destilada hasta alcanzar 200.0 ml, más 10.0 ml de H_3PO_4 al 85 %, 0.2 g de NaF y 30 gotas del indicador difenilamina, luego se tituló la solución con una sal ferrosa ($(NH_4)Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) con la finalidad de reducir el remanente de $K_2Cr_2O_7$.

Análisis Estadístico

Los resultados se tabularon y se analizaron mediante el uso de media aritmética (\bar{x}), intervalo (I), análisis de varianza (ANAVA) de dos vías, Test de medias de los rangos múltiples de Duncan (TMRMD) (Montgomery 1976, Cochram y Cox 1981, Miller y Miller 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precisión relativa entre los triplicados de cada muestra analizada fue < 5 %. Las concentraciones de los metales determinados en el sedimento de la NIST fueron menores a los certificados, probablemente debido a que en la digestión no se utilizó un reactivo capaz de disolver los silicatos. Los porcentajes promedio de error fueron < 7 % (Cd, 4 %; Cu, 3 %; Cr, 4.5 %; Mn, 2.6 %; Hg, 6.5 %; Ni, 3.3 % y Pb, 4.3 %).

La tabla 1 contiene las concentraciones medias (\bar{x}) e intervalos (I) de los metales determinados en el sedimento de las lagunas de cultivo. En ella se aprecia que la mayor concentración media de Cd, Cu, Cr, Hg y Pb se caracterizó en la laguna 4; la de Mn y Ni en la laguna 9, por otro lado la menor concentración media de los metales se determinó en la laguna 1. Asimismo el intervalo permitió observar que la mayor concentración media de Cd, Cu, Cr, Hg y Pb se caracterizó en la laguna 4, y la de Mn y Ni en la laguna 9. Al considerar la concentración media total de los metales caracterizados sin discriminar lagunas se apreció que la mayor concentración la ofreció el Ni y la menor el Hg.

TABLA 1. Concentraciones medias ($\mu\text{g/g}$) e intervalos de los metales pesados analizados en el sedimento de las lagunas de piscicultura (Enero 1992 - Julio 1992).

Lagunas	Cd	Cu	Cr	Mn	Hg*	Ni	Pb
\bar{x}	0.42 ± 0.1	20.14 ± 7.7	< LD	0.07 ± 0.01	0.70 ± 0.02	16.32 ± 5.2	5.27 ± 2.24
I	0.52	27.12	< LD	0.08	0.09	20.02	7.20
	0.30	11.72		0.05	0.03	10.80	2.12
\bar{x}	0.66 ± 0.2	32.47 ± 12	15.88 ± 1.5	0.51 ± 0.01	0.13 ± 0.05	32.89 ± 6.8	27.30 ± 7.59
I	0.96	42.32	17.01	0.52	0.19	36.41	25.1
	0.47	18.92	14.20	0.51	0.09	24.00	8.9
\bar{x}	0.6 ± 0.1	29.59 ± 6.5	13.44 ± 3.5	0.57 ± 0.01	0.12 ± 0.04	33.77 ± 8.4	25.45 ± 7.31
I	0.82	35.52	16.01	0.58	0.18	40.03	32.7
	0.49	21.99	9.60	0.56	0.07	24.00	18.1
\bar{x}	0.55 ± 0.1	27.40 ± 6.3	10.69 ± 7.2	0.38 ± 0.27	0.11 ± 0.03	29.19 ± 8.6	22.65 ± 11.07

n = 21, * = ng/g, \bar{x} = media aritmética, I = Intervalo, LD = Límite de Detección, \bar{x} = media total.

También a través de la desviación estándar ($DS \pm$) se pudo observar variación entre las concentraciones respectivas de los metales Cu, Ni y Pb determinadas mensualmente en cada laguna y las del Cr en las lagunas 4 y 9.

El ANAVA indicó diferencias significativas ($P < 0.01$) entre las concentraciones respectivas de los metales Cu, Hg, Ni y Pb al considerar las lagunas y meses de muestreo como factores de variación. El TMRMD al considerar el factor laguna señaló diferencias significativas ($P < 0.01$) entre las lagunas 4 y 9 con respecto a la 1. También, entre Mayo, Junio y Julio (época de lluvias) con respecto a Enero, Febrero, Marzo y Abril (época de sequía).

Las diferencias significativas indicadas por el ANAVA y TMRMD probablemente se debieron a las diferencias existentes entre las características fisicoquímicas del sedimento en las lagunas 4 y 9 al compararlas con las de la 1, destacándose el % de materia orgánica (MO), lo que se correspondió con lo esperado, a mayor presencia de MO, mayor acumulación de metales pesados. Esto último estuvo probablemente relacionado con el tipo de cultivo íctico que se realizó en ellas (Tabla 2). En las lagunas 4 y 9 el cultivo era semiextensivo, se combinó la producción por fertilización de las lagunas con estiércol de ganado y alimento suplementario, mientras que en la laguna 1 era de tipo extensivo, producción netamente natural.

En la Tabla 3 se comparan los niveles de las especies químicas analizadas en el sedimento de las lagunas de cultivo con los niveles detectados en el sedimento de otras zonas consideradas como contaminadas por actividades antropogénicas en Venezuela y otras partes del mundo. Esto es debido a que en Venezuela para el desarrollo de la biota acuática en medios naturales o artificiales no existen normas que establezcan límites máximos permisibles de metales pesados en los sedimentos. Se observó que, generalmente, las concentraciones de Cd, Cu, Cr, Mn, Hg, Ni y Pb fueron menores con respecto a las zonas antes señaladas. Igualmente, la Agencia de Protección Ambiental, USA (EPA) (tomado de Gambrell y Khlid

TABLA 2. Características fisicoquímicas del sedimento de las lagunas de piscicultura (Enero 1992 - Julio 1992).

Parámetros		Laguna 1	Laguna 4	Laguna 9
Humedad (%)	\bar{x}	41.52 \pm 16.19	47.61 \pm 12.68	50.11 \pm 16.74
	I	54.37	51.18	68.86
		36.30	41.99	32.05
Densidad (mg/L)	\bar{x}	1.46 \pm 0.05	1.60 \pm 0.02	1.57 \pm 0.03
	I	1.47	1.62	1.62
		1.45	1.57	1.54
Materia Orgánica	\bar{x}	1.35 \pm 0.17	5.22 \pm 0.51	4.95 \pm 0.21
	I	1.51	5.79	5.15
		1.22	4.25	4.70
Salinidad (‰)	\bar{x}	0.25 \pm 0.05	0.07 \pm 0.01	0.10 \pm 0.01
	I	0.30	0.09	0.11
		0.4	0.08	0.09
pH	\bar{x}	8.21 \pm 0.27	7.68 \pm 0.13	7.75 \pm 0.04
	I	8.50	7.80	7.80
		7.90	7.50	7.70

n = 21, I = Intervalo, \bar{x} = media aritmética.

1983) considera como sedimentos contaminados por metales pesados, los que superan entre otras las concentraciones siguientes: Pb, 50 mg/g; Cu, 50 mg/g; Cd, 50 mg/g; Ni, 50 mg/g y Cr, 100 mg/g.

En base a lo observado se puede señalar que en el sedimento de las lagunas de cultivo los metales caracterizados ofrecieron concentraciones menores a las detectadas en medios acuáticos considerados antropogénicamente contaminados y con alto potencial tóxico.

TABLA 3. Concentraciones de metales pesados en sedimentos superficiales de algunas zonas de Venezuela y otras áreas del Mundo.

Zonas	n	Cd**	Cu**	Cr**	Mn**	Hg*	Ni**	Pb**	Fuente
Lagunas de Piscicultura	21	0.55	27.40	10.69	0.38	0.11	29.19	22.65	Este trabajo
Bahía El Tablazo		0.56	33.25	106.90		46.5		31.54	Morán 1986
Lago de Maracaibo						59.0		206.7	Barco 1989
Lago de Valencia	32		44.00				61		Losada <i>et al.</i> 1987
Cuenca Río Tuy		1.20	19	85	190		41	22	Mogollón <i>et al.</i> 1987
Época de Sequía		5.50	165	310	930		9	111	
Cuenca Río Tuy		1.40	31	36	180		39	24	Mogollón <i>et al.</i> 1987
Época de Lluvia		3.00	182	126	1000		81	97	
Río Manzanares	15	1.41	7.22	20.10	41.87				Hurtado y Sherestha 1988
Lago Ebrie, Africa	14	1.80	33.57	61.29	254.24				Kouadio y Trefry 1987
North Carolina, USA	14					13.29			Di Giulio y Ryan 1987
Table Bay Harbour, Africa	46	0.60	93	10	53	400	14	86	Payne y Boonstra (eds) 1989
North Ontario, Canadá						60			Di Giulio y Ryan 1987
Bight Bonny South	29	0.30		6.40	20.84	7.20			Nrekim y Okom 1993
Eastern Nigeria, Africa		1.60		46.10	606.80	45.50			

* = ng.g⁻¹, ** = µg.g⁻¹

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo se realizó gracias al apoyo financiero del Centro de Investigaciones Biológicas, Facultad de Humanidades y Educación, Univ. del Zulia; Laboratorio de Análisis Instrumental, Facultad de Ingeniería, Univ. del Zulia; Estación de Piscícola Don Bosco y Laboratorio de Análisis del CICASI (Centro de Investigación del Carbón, Zulia).

LITERATURA CITADA

- Adams, W., R. Kimerle y J. Barret. 1992. Sediments quality and aquatic life assessment. *Environ. Sci. Technol.* 26: 1864-1875.
- APHA. 1990. Métodos standard para el análisis de aguas. Edic. 19. New York, 979 pp.
- Barco, L. 1989. Determinación de Hg, Pb y Zn en el agua y sedimento del Lago de Maracaibo. Tesis de Postgrado, Fac. Ingeniería, Univ. del Zulia, Maracaibo, 190 pp.
- Burton, G. 1991. Assessing the toxicity of sediments. *Environ. Toxicol. Chem.* 10: 1585-1627.
- Cochran, W. y G. Cox. 1981. Diseños experimentales. Edit. Trillas, México, 661 pp.
- Di Giulio, R. y E. Rayan. 1987. Mercury in soils, sediments, and clams from a North Carolina Peatland. *Water, Air, and Soil Pollution* 33(1 - 2): 205 - 219.
- Ferrer, G. y F. Soto. 1978. Control de la concentración de ciertos metales pesados en agua y sedimento de la zona frontal de El Tablazo, Lago de Maracaibo. Fac. Ingeniería, Univ. del Zulia, 135 pp.

- Fjeld, E., S. Rognerud y E. Steinnes. 1994. Influence of environmental factor on heavy metal concentration in lake sediments in southern Norway indicated by path analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51: 1708-1720.
- Galloway, J. y G. Likens. 1979. Atmospheric exchange of metal deposition in Adirondack lake sediments. *Limnol. Ocean.* 24(23): 427-433.
- Gamboa, B. y J. Bonilla. 1983. Distribución de metales pesados (Fe, Mn, Cu y Zn) en sedimentos superficiales de la Cuenca Tuy - Cariaco. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 22 (1 - 2): 103 - 110.
- Gambrell, R. y R. Khlid. 1983. Characterization of trace and toxic material in sediments of lake being restored. *J. Water Pollution* 55(9): 1201 - 1210.
- GESAMP. 1993. Anthropogenic influences on sediment discharge to the coastal zone and environmental consequences. *Report and Studies* 52: 1 -67.
- Haider, G. 1977. Modificaciones hematológicas en peces tratados con diferentes metales pesados. *Trabajos sobre histopatología de los peces.* Edit. Acribia: 36 - 48.
- Hakanson, L. y M. Jansson. 1983. *Principles of lake sedimentology.* Springer - Verlag, New York, 316 pp.
- Hurtado, C. y K. Shrestha. 1988. Concentraciones de metales traza en sedimentos del Río Manzanares. *Acta Científica Venezolana* 39(S1): 85.
- Kouadio, I. y J. Trefry. 1987. Sediments trace metal contamination in the Ivory, West Africa. *Water, Air and Soil Pollution* 32(1-2): 145-154.

- Lagarde, G. 1982. Concentración de metales pesados en *Donax denticulatus* y en sedimentos de Golfo Triste. Acta Científica Venezolana 33(S1): 85.
- Losada, A., J. Giraud y Y. Fermin. 1987. Distribución de metales potencialmente contaminantes del Lago de Valencia. Tesis de Grado, Escuela Química, Univ. Central Venezuela, 145 pp.
- Miller, J. C. y J. N. Miller. 1993. Estadística para Química Analítica. Edit. Addison-Wesley Iberoamericana SA, Venezuela, 211 pp.
- Mogollón, J., H. Krentzien y C. Bifano. 1987. Contaminación en sedimentos de la Cuenca del Río Tuy y controles geoquímicos que actúan en el sistema. Acta Científica Venezolana 38(1): 47-58.
- Mogollón, J. y C. Bifano. 1989. Contaminación por Cu, Ni y Zn en sedimentos de la Cuenca del Lago de Valencia. Acta Científica Venezolana 40(2): 155-156.
- Montgomery, D. 1976. Design and analysis of experiments. Ed. John Wiley & Sons, New York, 418 pp.
- Moran, M. 1986. Determinación de metales pesados en sedimentos utilizando digestión ácida con Bomba Parr. Trabajo Especial de Grado, Fac. Ingeniería, Univ. del Zulia, 44 pp.
- Moran, R. y L. Prieto. 1979. Control de la concentración de Hg en agua y sedimento de la zona frontal del complejo petroquímico El Tablazo, Lago de Maracaibo. Tesis de Grado, Escuela Química, Fac. Ingeniería, Univ. del Zulia, 42 pp.
- Murillo, A. 1990. Determinación de Mercurio en sedimentos localizados en la costa adyacente al complejo petroquímico de El Tablazo (Lago de Maracaibo). Trabajo Especial de Grado, Fac. Ingeniería, Univ. del Zulia, 56 pp.

- Ntekim, E. y G. Okom. 1993. Trace metal distribution in the sediments of the Bight Bonny, South Eastern Nigeria. *Coastlines of Western Africa, Vol. on Coastlines of the World*. Edit. L. Awosica, A. Chidi and P. Shroader, U. S. A., 142-152 pp.
- Ortega, J. 1978. Contribución a la determinación de la línea básica de concentración de metales pesados, en las aguas del Lago de Maracaibo, zona frontal Petroquímica El Tablazo. Trabajo de Ascenso, Escuela Química, Fac. Ingeniería, Univ. del Zulia, 43 pp.
- Payne, A. y H. Boonstra, Edit. 1989. Heavy metal, Carbon and hydrocarbons in the sediments of Table Bay Harbour. *Spec. Rep. Sea Fish. Res. Inst. South Africa* 4: 26.
- Prieto, L. 1987. Determinación de Hg con preconcentración por intercambio iónico. Tesis de Postgrado, Fac. Ingeniería, Univ. del Zulia, 75 pp.
- Roa, P. 1991. Sediments and quaternary study of the coastal lagoon of Unare (Venezuela). *Proceedings 7th Symposium on Coastal and Ocean Management* 3: 2271-2283.
- Ruiz, X. y P. Krishna. 1984. Determinación de Hg y otros metales pesados en los sedimentos de ríos, lagunas, canales y tanques de la ciudad de Cumaná, Estado Sucre. *Acta Científica Venezolana* 35(S1): 172.
- Sijm, D. , W. Seinen y A. Opperhuizen. 1992. Biomagnification study in fish. *Environ. Sci. Technol.* 26: 2162-2174.
- Van de Kamer, J., K. Wulffraats, A. Kramer y M. Waltmans. 1993. Water Quality in the Southern North Sea. *Coastlines of the Southern North Sea, Volume on Coastlines of the World*. Edit. R. Hillen and H. Janverhagan, U S A, 145-161 pp.