

## Determinación de Pb en agua y sedimento de dos lagunas hipersalinas y su relación con pH, calinidad y sulfato

Coribell Nava<sup>1</sup>, Elizabeth Gutiérrez<sup>2\*</sup> e Hilda Ledo de Medina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología. <sup>2</sup>Laboratorio de Química Ambiental, Departamento de Química. Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Maracaibo 4011, Venezuela

Recibido: 23-06-97 Aceptado: 30-11-98

### Resumen

La presencia de contaminantes como el Pb, ha despertado el interés por el estudio de zonas con influencia industrial. Este estudio se llevó a cabo en dos lagunas hipersalinas ubicadas al sur del Polígono de las Peonías (Maracaibo-Venezuela) de las que se extrae sal de forma artesanal para consumo humano y Las muestras de sedimento y agua se tomaron manualmente durante 7 meses en los años 95 y 96. El sedimento se tomó de la zona bajo la cubierta de sal. La concentración de Pb en el sedimento liofilizado y el agua se determinó mediante EAA con llama. Igualmente se estableció la relación con el pH, salinidad y sulfato este último determinado mediante el método turbidimétrico estándar. Los valores promedio son los siguientes: **Laguna 1:** Concentración de Pb en sedimento (mg/Kg) 46.9; concentración de Pb en agua (mg/L) 3.49; pH 7.41;  $SO_4^{-2}$  (mg/L) 10.095.2; Salinidad (g/L) 58.5. **Laguna 2:** Concentración de Pb en sedimento (mg/Kg) 49.5, concentración de Pb en agua (mg/L) 3.79; pH 7.31;  $SO_4^{-2}$  (mg/L) 8.220.92; Salinidad (g/L) 169.048. No existen diferencias significativas entre la concentración de Pb en ambas lagunas indicando que el metal proviene de la misma fuente. En la laguna 1, la concentración de Pb en el sedimento tuvo correlación multiplicativa positiva con el sulfato y lineal negativa con el pH, mientras que el Pb en el agua presentó correlación lineal negativa con la salinidad. En la laguna 2 tanto agua como sedimento presentaron correlación exponencial con el sulfato, mientras que en el sedimento hubo correlación lineal negativa con el pH. Esto parece indicar que el plomo precipita en forma de sulfato a sulfuro. En la laguna 1 la correlación negativa con la salinidad sugiere que el Pb no reacciona con los cloruros sino que induce cambios que propician la precipitación de este como agregados del sedimento. Esto puede deberse a que al aumentar la salinidad aumentan los sólidos en suspensión atrapando el metal.

**Palabras clave:** Hipersalino; plomo; sulfato.

## Determination of Pb in water and sediment of two salty ponds and its relationships with pH, salinity, and sulphate

### Abstract

The presence of contaminants, as Pb, has awaken interest in the study of zones with industrial influence. The present work was done in two salty ponds located south of Polígono de

\* Autor para la correspondencia. E-mail: elizabet@solidos.ciens.luz.ve

las Peonías (Maracaibo-Venezuela). Sediment and water samples were manually collected during 7 months in 1995 and 1996. The sediments samples were taken under the salty cover. Pb concentrations in the lyophilized sediment and water were determined by FAAS. Likewise, the relationship between these concentrations and pH, salinity and sulphate concentrations was established. Sulphate ion was determined by the turbidimetric standard method. The mean values found are: **Pond 1:** Pb Concentration in sediment (mg/Kg) 46,9; Pb concentration in water (mg/L) 3,49; pH 7,41;  $\text{SO}_4^{-2}$  (mg/L) 10.095,2; Salinity (g/L) 58,5. **Pond 2:** Pb Concentration in sediment (mg/Kg) 49,5; Pb concentration in water (mg/L) 3,79; pH 7,31;  $\text{SO}_4^{-2}$  (mg/L) 8.220,92; Salinity (g/L) 169,048. There is not significant difference between both ponds, showing that the metal comes from the same source. The sediment of pond 1 has multiplicative positive correlation with the sulphate concentration and negative lineal with pH. On the other hand, Pb concentration had lineal negative correlation with the salinity in water samples. In pond 2, both water and sediment showed exponential positive correlation with sulphate concentration, while the sediment had lineal negative correlation with pH. In pond 1 the negative correlation with salinity could suggest that Pb doesn't react directly with chloride, instead induces changes originating its precipitation as aggregates with sediment. This can be due to the increase of suspended ions when the salinity increases which can cause metal trapping.

**Key words:** Lead, salt ponds, sulphate.

### Introducción

Los sistemas hipersalinos son ambientes acuáticos ampliamente distribuidos en todos los continentes y en términos de volúmenes absolutos y porcentuales del agua total de la biosfera, son sólo un poco menos importantes que las aguas dulces. Se sabe que  $125 \times 10^3 \text{ Km}^3$  corresponden al 0.009% para aguas dulces y que  $104 \text{ Km}^3$  representan el 0,008% para salinas interiores (1). Se ha señalado (2) que en Sudamérica existe gran cantidad de cuerpos de agua salada continental, definidos como aquellos que presentan una concentración de sólidos disueltos totales mayor del 3%. En el estado Zulia este tipo de ecosistemas esta repartido en varios municipios. Entre ellos están las salinas ubicada en el Polígono de las Peonías (Municipio Maracaibo) las cuales son explotadas de forma artesanal por los indígenas que viven en la zona tomando un interés especial debido a su relación con la Laguna de las Peonías y por la extracción de sal para consumo humano y animal.

### Descripción del Área de Estudio

El 12 de Junio del año 1968, mediante el decreto 66 emanado por la Gobernación del Estado Zulia, es declarado el Polígono de las Peonías como Parque Metropolitano, debido a que su área verde, representada por manglares, constituye un refugio para gran diversidad de fauna proveniente del Lago de Maracaibo. Así mismo, la Laguna de las Peonías fue designada mediante decreto presidencial 1059 del 2 de abril de 1986 Área Bajo Régimen Especial (ABRAE) puesto que forma parte de las 20.800 hectáreas que conforman la Zona Protectora del Área Metropolitana de la Ciudad de Maracaibo.

Se ubica hacia la zona Noroeste del Lago de Maracaibo, entre Puerto Caballo, Municipio Maracaibo y Santa Cruz de Mara en el Municipio Mara, situándose geográficamente en las coordenadas: latitud Norte  $10^\circ 43' 10''$  y  $10^\circ 45' 50''$ , longitud Este  $71^\circ 35' 2''$  y  $71^\circ 40' 50''$ . De morfometría irregular conforma junto con el planetario Simón Bolívar, lo que se conoce como el Polígono de las Peonías (Figura 1). El agua de la laguna



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.

es alimentada directamente a través de un caño natural denominado Caño Araguato que la comunica con el estrecho del Lago de Maracaibo. Este caño se encuentra aproximadamente a 26 Km de la Bahía del Tablazo

en el cual se han reportado la presencia de estos metales tanto en agua como en sedimento a concentraciones elevadas (3). La acción de las mareas en el Lago produce un intercambio con las aguas de la Laguna de las

Peonías que permite la renovación parcial y constante de éstas (4) así existe la posibilidad de que estos metales estén siendo arrastrados hacia el interior de la Laguna.

Enmarcadas dentro de este parque municipal, hacia la zona sur, se encuentran las salinas artificiales de explotación artesanal las cuales comparten su lecho freático con el de la Laguna de las Peonías entrando en contacto eventualmente con ella por la acción de las lluvias y el viento. Estas lagunas han despertado interés debido a la extracción de sal para consumo humano y animal sin un debido control que permita determinar la calidad del producto a consumir, por su cercanía con la Laguna y por la posible influencia de las industrias metalmeccánicas que se encuentran ubicadas en el municipio y la cercanía con la Bahía del Tablazo.

## Materiales y Métodos

### Elección del área de muestreo

La zona de estudio presenta 4 lagunas de coagulación de sal con una profundidad de aproximadamente 44 cm. De estas se tomaron las 2 lagunas más antiguas y con mayor producción de sal, las cuales se han mantenido sin otra intervención que la extracción del producto. Las restantes lagunas construidas recientemente aun están siendo modificadas estructuralmente. El agua de estas lagunas proviene del mismo lecho freático de la Laguna de las Peonías la cual se alimenta de agua del Estrecho del Lago de Maracaibo.

### Recolección de las muestras

Se tomaron manualmente muestras por triplicado de los 5 cm de sedimento superficial de las dos lagunas de coagulación, la cual representa la zona biodisponible y la que está en contacto con la sal. La recolección se llevo a cabo en envases plásticos de 250 mL. Las muestras fueron mantenidas a -5°C hasta el momento del análisis. El muestreo se inició en diciembre de 1995 y culminó en junio de 1996.

### Determinación de pH, sulfato y salinidad

Se midió el pH de las dos lagunas al momento de la recolección de las muestras con un pHmetro de campo. Se analizó además, la concentración de sulfatos en el agua mediante la técnica turbidimétrica estándar (5).

### Determinación de Pb en el sedimento

Las muestras de sedimento se liofilizaron a -5°C durante 6 horas. De esta se tomaron 0.1 g los cuales fueron digeridos en un reactor de alta presión (tipo Parr) con 3 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado grado analítico y 5 mL de agua desionizada.

El sistema fue colocado en una estufa precalentada a 110°C y mantenida a esta temperatura por 6 horas, con el objeto de digerir toda la materia orgánica del sedimento y parte de la arcilla que se encuentra disponible para el consumo de los organismos vivos. Después de enfriada, la muestra se diluyó con 25 mL de agua desionizada, se filtró y luego se analizó por EAA con llama de aire-acetileno (6). Se utilizó una lámpara de cátodo hueco de Pb con el espectrofotómetro Perkin-Elmer modelo 3000. La longitud de onda usada fue de 283,3 nm y las otras condiciones experimentales para la técnica fueron las recomendadas por el fabricante del equipo.

### Determinación de Pb en el agua

Las muestras de agua se analizaron directamente sin pretratamiento por EAA con llama.

### Análisis estadístico

Se efectuó un análisis de varianza de una cola (ANOVA) para determinar la diferencia entre la concentración de Pb en agua y sedimento de ambas lagunas. También se realizaron análisis de regresión, usando los modelos lineal, multiplicativo y exponencial, entre la concentración de Pb en sedimento y en agua con los parámetros fisicoquímicos determinados.

## Resultados y Discusión

El sedimento, que en general se compone de arena arcillosa y materia orgánica, en este caso posee además una gran cantidad de sales depositadas. Esto le da a la muestra propiedades higroscópicas al ser liofilizada, por lo cual la exactitud de su peso se ve afectada por la humedad ambiental, alterando a su vez la precisión al momento de realizar las lecturas. No obstante, si se observa la Tabla 1, la desviación estándar relativa (para  $n = 9$ ) dentro de las muestras es baja.

La Tabla 2 muestra la concentración y la respectiva desviación estándar relativa

para el Pb en agua. Se observa que, al igual que en las muestras de sedimento, la variación metodológica fue baja.

En la Tabla 3 se aprecia una alta desviación estándar relativa muestral entre los triplicados de sedimento indicando que la distribución del metal en las lagunas no es uniforme probablemente debido al frecuente proceso de extracción de sal. Otro factor importante es el efecto del viento y la forma de la superficie de la laguna, pues los periodos de acumulación son alternados con periodos de resuspensión. El viento induce corrientes que afectan el sedimento el cual es sometido a un constante reagrupamiento (7). En las lagunas estudiadas se

Tabla 1  
Concentración de Pb en el sedimento de las lagunas hipersalinas durante el periodo de muestreo

Mes	Laguna 1		Laguna 2	
	Concentración mg/kg	Desviación Estándar Relativa %	Concentración mg/kg	Desviación Estándar Relativa %
Diciembre	45	0.0	45	0.0
	95	2.7	37.5	6.6
	42.5	1.9	22.5	0.0
Enero	110	7.6	110	4.0
	125	2.0	150	0.55
	32.5	4.4	18	35
Febrero	32.5	11.7	37.5	10.1
	11	0.0	8.5	0.0
	13.5	0.0	15.25	5.4
Marzo	1	0.0	52.5	5.4
	5.75	13.2	35	7.1
	15	58.5	27.5	6.3
Abril	50	0.0	55	7.8
	42.5	0.0	80	10.8
	85	9.4	122.5	0.0-
Junio	235	0.0	42.5	3.3
	22.75	6.3	35	4.1
	21	11.9	30	12.7
Julio	0.11	5.2	47.5	3.0
	0.18	5.2	40	6.2
	0.18	8.4	35	17.9

Tabla 2  
Concentración de Pb en el agua de las lagunas hipersalinas durante el periodo de muestreo

Mes	Laguna 1		Laguna 2	
	Concentración mg/L	Desviación Estándar Relativa %	Concentración mg/L	Desviación Estándar Relativa %
Diciembre	3,12	0	4,89	0,23
	3,3	0,17	4,95	12,2
	3,44	0,36	4,96	0,11
Enero	3,27	0,17	2,41	0
	3,52	0,92	3,14	0,23
	3,74	9,01	3,25	4,2
Febrero	3,75	0,14	3,47	0,16
	3,82	0,30	4,04	0,14
	3,97	0,76	4,08	1,5
Marzo	2,09	0	2,82	0
	3,14	0,55	2,98	0
	3,16	0	3,78	2,2
Abril	2,04	0	3,17	0
	3,1	0,18	3,3	1,8
	3,99	1,3	3,34	0,74
Junio	4,04	0	4,13	0
	3,2	0	4,31	0
	3,96	1,8	4,5	3,0
Julio	3,64	0	3,95	0
	4,36	0,12	4,00	0,29
	4,72	0,27	4,23	0,98

presenta un período de inmovilización del sistema que depende del tiempo que tardan en precipitar las sales para formar la gruesa capa de sal (aproximadamente 2 a 3 meses), con períodos de intensa perturbación al momento de extraer el producto. Esto también podría ocasionar que la distribución de los metales en el sedimento no sea homogénea.

En la Tabla 4 se observa una menor variabilidad muestral entre los triplicados del agua con respecto al sedimento. La variabilidad pudiera ser atribuida a la interferencia generada por la concentración salina de la muestra.

La Tabla 5 muestra que la concentración del metal determinado en el agua se en-

Tabla 3  
Promedio mensual (Dic. 95 - Jul.96) de la concentración de Pb en el sedimento de las lagunas hipersalinas

Mes	Laguna 1		Laguna 2	
	Concentración mg/kg	Desviación Estándar Relativa %	Concentración mg/kg	Desviación Estándar Relativa %
Diciembre	48	48,6	35	32,7
Enero	87,5	55,6	92,5	73,47
Febrero	19	61,88	20,25	74,32
Marzo	7,25	98,2	85	39,75
Abril	57,5	38,33	85	39,75
Junio	92,5	132,4	35	17,55
Julio	37,5	25,79	40	15,40

Tabla 4  
Promedio mensual de la concentración de Pb en el agua de las lagunas hipersalinas

Mes	Laguna 1		Laguna 2	
	Concentración mg/L	Desviación Estándar Relativa %	Concentración mg/L	Desviación Estándar Relativa %
Diciembre	2,29	75,56	4,93	0,76
Enero	3,51	6,69	2,93	15,56
Febrero	3,84	2,92	3,86	8,83
Marzo	2,80	21,88	3,19	16,10
Abril	3,04	1,80	3,27	2,71
Junio	3,73	12,41	4,31	4,28
Julio	4,24	12,96	4,06	3,67

Tabla 5  
Comparación de la concentración de Pb en ambas lagunas con respecto a los valores reportados

Elemento	Agua mg/L		Sedimento mg/kg		Referencia	
	Laguna 1	Laguna 2	Laguna 1	Laguna 2	Agua mg/L <sup>a</sup>	Sedimento mg/kg <sup>b</sup>
Pb	3,49	3,79	43,5	49,75	0,005-0,015	20

<sup>a</sup>Concentración de metales en agua de mar según Forstner (1981). <sup>b</sup>Concentración de metales en sedimento según Lyons *et al.*

cuentra por encima de los valores reportados para el agua de mar en la zona costera superficial (8). En el caso del sedimento, ambas lagunas presentan concentraciones de Pb superiores a las reportadas para lagos hipersalinos (9).

Se han reportado en salinas comerciales concentraciones de Pb en el agua de  $1 \times 10^{-4}$  mg/L. Mayores concentraciones corresponden a salinas saturadas durante el proceso de explotación comercial (10).

Como se observa en las salinas estudiadas, la concentración de Pb en agua es 300 veces mayor a la reportada. Esto puede atribuirse al proceso de evaporación a través del cual se obtiene la sal en estas lagunas artesanales, pues se concentran los metales que puede arrastrar consigo el agua proveniente del Estrecho del Lago de Maracaibo o aquellos que ingresan al sistema a través de las aguas de escorrentía proveniente de las lluvias que pueden contaminar el producto final.

En estudios previos se ha determinado Pb en aguas del Estrecho reportándose concentraciones de 93,10 mg/L (11). Como es sabido, este metal puede ser arrastrado por las corrientes y ser distribuido a grandes distancias, así que este ión pudiera entrar en las lagunas por los movimientos de las mareas.

Así mismo, el Pb es usado en la industria química como estabilizante del PVC a la luz y al calor. Las embarcaciones también pueden ser una fuente de este metal, pues desechan de forma continua aceite y combustible que contienen Pb (11).

También se ha determinado la concentración atmosférica de Pb y  $\text{SO}_4^{-2}$  en la zona Noreste de Maracaibo teniendo un promedio anual de 0,247  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el Pb con lo cual se demostró un enriquecimiento de origen antropogénico. También se ha reportado una concentración de sulfato de 9,785  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lo cual esta muy por encima del estimado para el aerosol marino [12].

De esta forma el particulado atmosférico pudiera ser un factor importante para la presencia del Pb y el sulfato, especialmente en las lagunas, puesto que las altas temperaturas de esta zona provocan que las emisiones de la corteza y la recirculación superficial del polvo sean mayores por el resqueamiento del suelo y por las fuertes corrientes de aire.

También es importante la influencia de las industrias metalmeccánicas que se en-

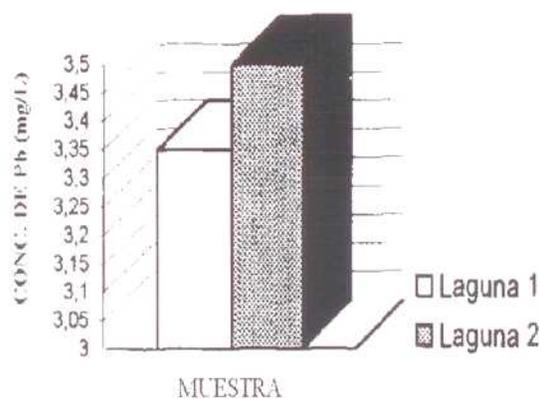


Figura 2. Concentración de plomo en el suplemento de las lagunas.

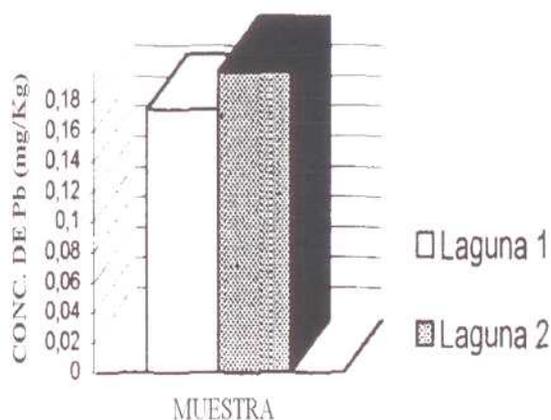


Figura 3. Concentración de plomo en el agua de las lagunas.

cuentran cercanas a la zona de ubicación de las salinas, pues éstas infiltran sus desechos, pudiendo penetrar hasta el lecho freático que alimenta las lagunas o también puede llegar hasta ellas por escorrentía.

Los datos se sometieron a un análisis de varianza el cual indica que no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en cuanto a la concentración de metales tanto en agua como en sedimento entre las lagunas 1 y 2. Las Figuras 2 y 3 muestran gráficamente este hecho, lo que sugiere que la fuente del metal en ambas lagunas es la misma.

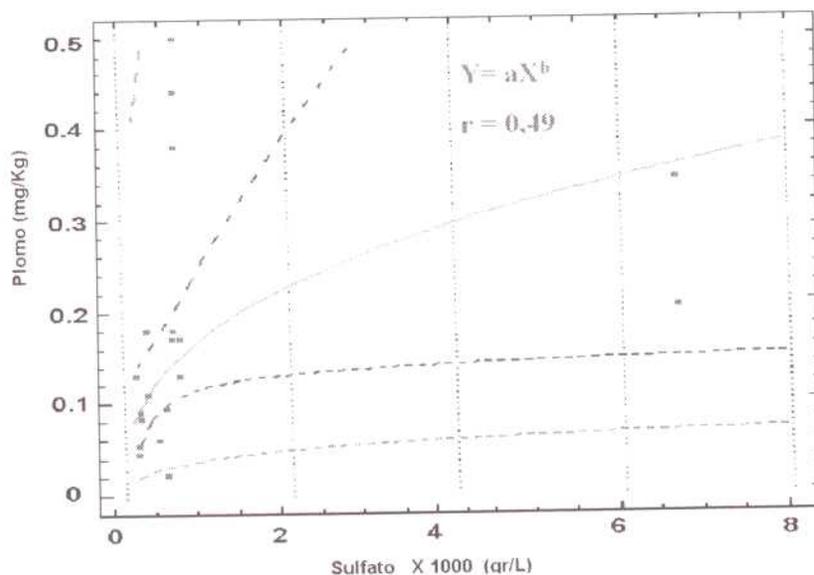


Figura 4. Concentración de  $\text{SO}_4^{-2}$  en el agua Vs. Concentración de Pb en el sedimento de la laguna 1.

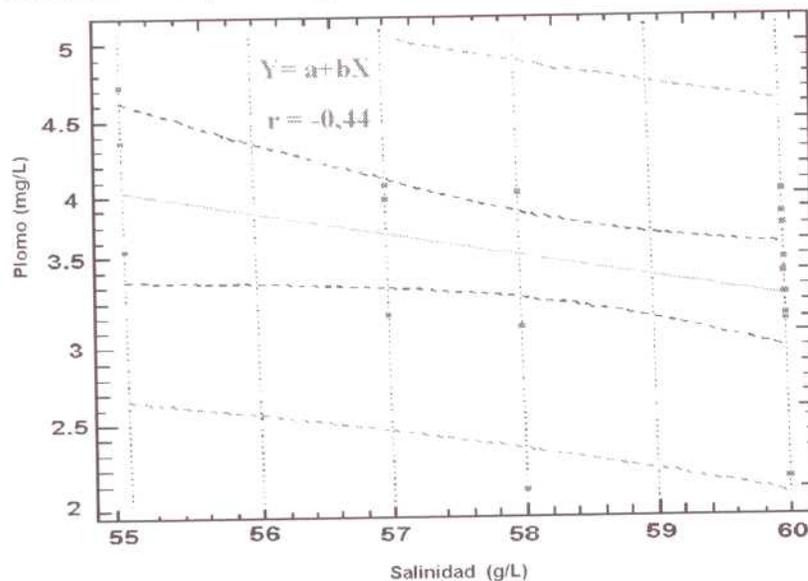


Figura 5. Concentración de Pb en agua Vs. salinidad en la laguna 1.

Como se aprecia en la Figura 4 en la laguna 1 se obtuvo una correlación multiplicativa positiva ( $r = 0,49$ ) entre el sulfato en solución y la concentración de Pb en el sedimento. Así mismo en la Figura 5 se observa una correlación lineal negativa ( $r = -0,44$ ) entre la concentración de Pb en el agua y la salinidad, sugiriendo que los incrementos en la salinidad podrían disminuir el Pb en

solución. El hecho de que la concentración de Pb en sedimento de la laguna 1 no presentara correlación con la salinidad también pudiera indicar que el Pb no reacciona directamente con los cloruros si no que éstos inducen cambios en el medio que propician la formación de agregados con el sedimento.

Tabla 6  
Promedios de los parámetros físico-químicos determinados en las lagunas hipersalinas

Parámetros	Laguna 1	Laguna 2
Sulfato (mg/L)	10.095, 2	8.220,92
pH	7,41	7,31
Salinidad (g/L)	58,5	169,048

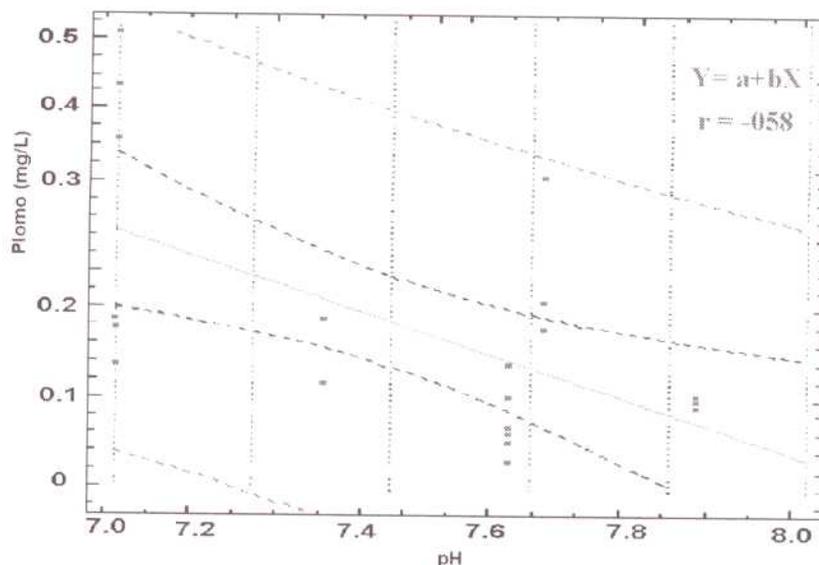


Figura 6. Concentración de Pb en el sedimento y el pH en la laguna 1.

Esta relación puede ser atribuida a varias posibles causas: a) al aumentar la salinidad aumentan también los sólidos en suspensión los cuales atrapan gran parte del metal, b) al aumentar la salinidad aumenta la proporción de otros iones, como por ejemplo el sulfato que pueden reaccionar con el Pb ocasionando su floculación o precipitación. De hecho esta laguna posee 1,2 veces más sulfato que la laguna 2 (Tabla 6).

En presencia de azufre el Pb forma compuestos débilmente solubles que pueden flocular o precipitar. La Tabla 6 muestra que la laguna 1 posee 10.095,2 mg/l (104,5 mM) de  $\text{SO}_4^{=}$  mientras que la laguna 2 tiene 8.220,92 mg/l (85,09 mM). Puesto que el más alto valor reportado en sistemas salinos de uso comercial ha sido de 18 mM (9), estas lagunas pueden ser clasificadas como sali-

nas sulfatadas debido a la predominancia de este ion (13). Así, es posible que el Pb en su mayor parte se encuentre en forma de sulfato o sulfuro los cuales por su baja solubilidad tienden a precipitar inicialmente a la sal y luego al sedimento.

Así mismo, se obtuvo correlación lineal negativa ( $r = -0,58$ ) entre la concentración de Pb en el sedimento y el pH de la laguna 1 (Figura 6) de lo que se infiere que al aumentar el pH disminuye la concentración de Pb en el sedimento.

Se ha establecido que mientras más alcalino sea el pH los metales tienden a precipitar como carbonatos, sulfuros y fosfatos insolubles (14). Sin embargo, se sabe que bajo condiciones alcalinas y en presencia de iones sulfato el Pb forma sales metálicas que puede flotar como pequeñas partículas que

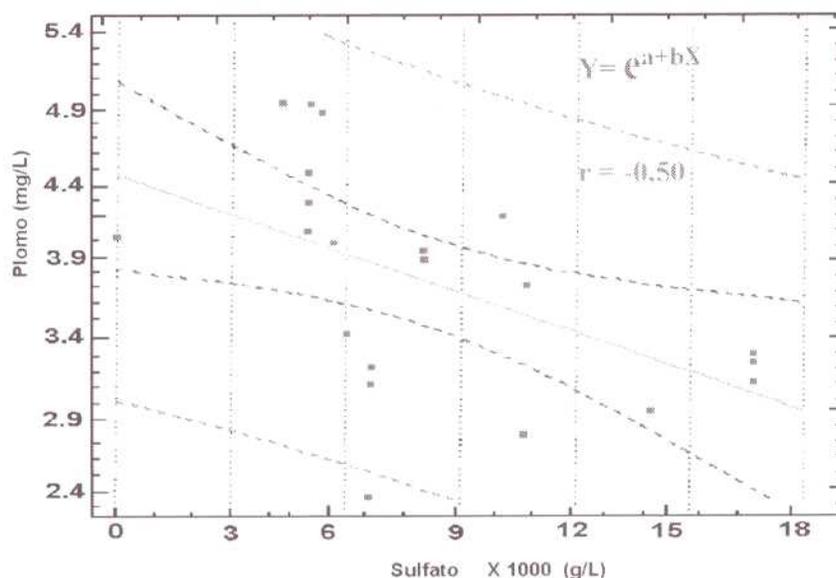


Figura 7. Concentración de Pb en el agua Vs. concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  en la laguna 2.

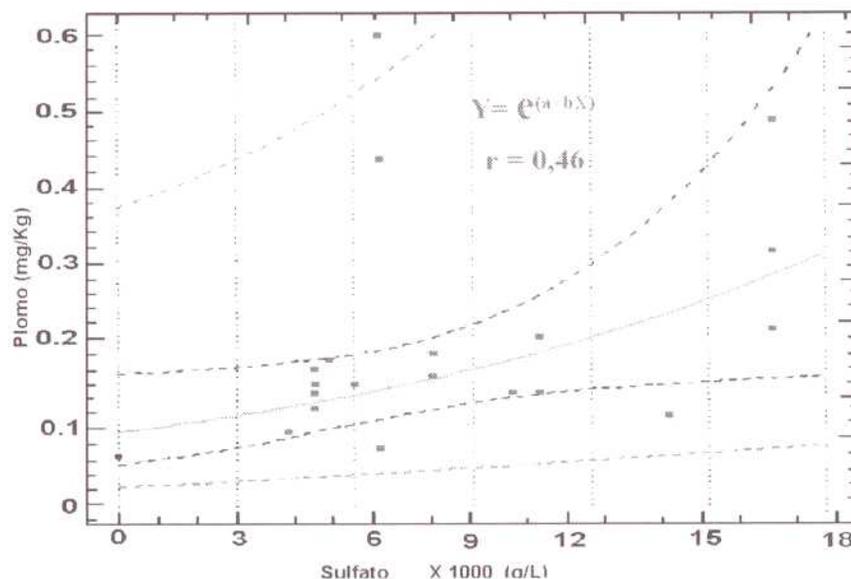


Figura 8. Concentración de Pb en el sedimento Vs. concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  en la laguna 2.

pueden unirse al sedimento o a las algas (15). Este comportamiento pudiera explicar la correlación negativa con el pH ya que al aumentar este también aumenta la probabilidad de que el Pb sea atrapado por los sólidos en suspensión (incluyendo las algas), y por tanto la concentración en el sedimento disminuirá. Igualmente es posible que a ma-

yor pH predominen otras formas más solubles, como los hidroxidos.

En la laguna 2 se observa que el sedimento y el agua presentaron correlación exponencial ( $r = 0,46$ ) y ( $r = -0,50$ ) respectivamente con la concentración de sulfato (Figuras 7 y 8). Estos datos parecen indicar que el Pb precipita en el sedimento en forma de

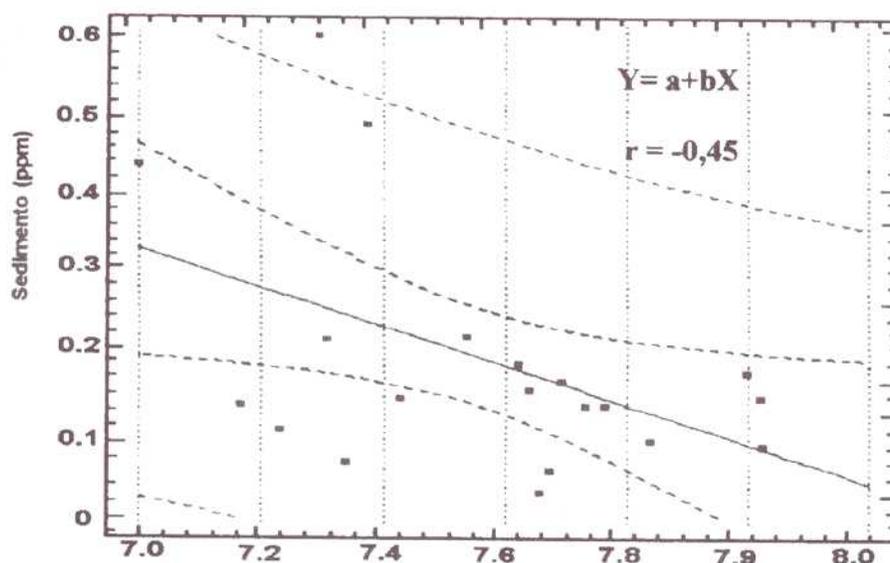


Figura 9. Concentración de Pb en el sedimento Vs. pH en la laguna 2.

sulfato o posiblemente de sulfuro, indicando que a medida que aumenta este ion en solución su probabilidad de reaccionar con el Pb es mayor, lo que está en concordancia con lo hallado por otros autores, quienes determinaron que en aquellas zonas del sedimento ricas en sulfuro también eran encontrados altos valores de Pb (9).

En la laguna 2 no se encontró correlación entre la concentración de Pb en sedimento y en agua con la salinidad lo que pudiera ocurrir por la diferencia en cuanto a la salinidad entre ambas lagunas (Tabla 6). Igualmente, el sedimento presentó correlación lineal negativa ( $r = -0,45$ ) con el pH (Figura 9). En la laguna 2 a diferencia de la laguna 1 se encontró correlación lineal negativa entre el agua y el sedimento ( $r = -0,47$ ). Posiblemente debido a la mayor salinidad exista mayor precipitación de sales que en la laguna 1 por lo que el metal podría permanecer atrapado en los flocúlos formados por los sólidos en suspensión.

### Conclusión

El hecho de que la concentración de Pb en las lagunas sea la misma, hace pensar

que sus relaciones físico-químicas están determinadas por sus diferencias en cuanto a la concentración salina y a la concentración de sulfato. Estos dos parámetros al parecer juegan un papel importante en la distribución del metal en las fases agua-sedimento y aparentemente intervienen en su relación con los sólidos en suspensión.

### Referencias Bibliográficas

1. VALLENTYNE J.R. *The enviromental future*. N. Polunium (Ed), Mac Millan Press 181-211 (1972).
2. WILLIAMS W.D. *Hidrobiología* 81: 1-14 (1981).
3. PARRA, PARDI *Estudio integral sobre la contaminación del lago de Maracaibo y sus efluentes parte II*. Ministerio del ambiente y de los recursos naturales renovables. Dirección general de información e investigación del ambiente. Pags. 235. (1979).
4. ICLAM. Informe. Estudio sobre el comportamiento hidrodinámico de la Laguna de las Peonías. (1988).

5. **Standard methods for examination of water and wastewater.** Seventeenth<sup>th</sup> edition. Editorial Board, U.S.A. 1989.
6. COLINA M., LEDO H., ARAUJO K. **Analyst** 199: 623-625, 1994.
7. ROGNERUD S., FJELD E. National survey of heavy metals in lake sediments and mercury in fish. Statlig program for forurensingsovervåking, 1990.
8. FÖRSTNER, WITMAN G.W. **Metal pollution in the aquatic environment.** Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York. 1981.
9. LYONS W.B, CHIVAS A.R., LENT R.M., WELCH S., KISS E., MAYEWSKII P.A., LONG D.T., CAREY A.E. **Metal concentration in superficial sediments from hypersaline lakes,** Australia, 1990.
10. JAVOR B. **Microbiology and biogeochemical.** Edit. Verlag, 1989.
11. BARCO L. Determinación de mercurio, plomo y zinc en aguas y sedimentos en el Estrecho del Lago de Maracaibo. Tesis de Magister en Ciencias del Ambiente. División de Post-grado. Facultad de Ingeniería. LUZ, 1989.
12. BARRIOS M. Contribución de fuentes regionales a las concentraciones atmosféricas de compuestos de azufre y trazas de metales en la zona nor-este de Maracaibo. Tesis de Magister en Ciencias del Ambiente. División de post-grado. Facultad de Ingeniería. Luz. 1993.
13. MANCERA J.E. **An Inst Mar Punta Betin** 19-20: 121-138, 1989.
14. FÖRSTNER U., **Prosi. Biological Aspects of Freshwater Pollution** (Ed. O. Ravera), Pergamon Press, New York (USA), pp. 129-161, 1979.
15. BECKER E.W. Handbook of microalgal Mass Culture. 1983.