

DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE METALES TRAZA TOTALES Y EVALUACIÓN DE FACTORES DE ENRIQUECIMIENTO EN UN TAPETE MICROBIANO DE LA SALINA DE GUERRERO NEGRO, BAJA CALIFORNIA SUR.

Chávez Osorio Fanny María (1), Huerta Díaz Miguel Angel (2)

Ingeniería Ambiental, División Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato | fanny_ch95@hotmail.com

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California, Campus Ensenada
| huertam@uabc.edu.mx

Resumen

Un tapete microbiano recolectado de la fosa número 4, ubicada en la Salina de Guerrero Negro, Baja California Sur, México. Fue seccionado en dos capas verticales de aproximadamente 45 mm de grueso, 2 mm de ancho, 18.5 cm de largo. Posteriormente las muestras fueron digeridas totalmente utilizando HNO_3 , HClO_4 y HF . Las concentraciones de metales traza (Co, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn y Al, este último como elemento normalizador) se realizaron por medio de absorción atómica a la flama (AAF). Las muestras también fueron medidas por fluorescencia de rayos-X y posteriormente comparadas con las obtenidas por AAF. Los resultados obtenidos muestran perfiles verticales muy semejantes para todos los elementos analizados. Los elementos Co, Cu, Ni, y Zn presentaron concentraciones más elevadas en su parte media, posiblemente relacionadas con el metabolismo del tapete microbiano, mientras que Fe y Mn presentaron concentraciones constantes con la profundidad del tapete. El orden de abundancia de las concentraciones fue $\text{Cu} < \text{Co} < \text{Ni} < \text{Zn} < \text{Mn} < \text{Fe} < \text{Al}$, mientras que los factores de enriquecimiento (FE, en razón molar) siguieron el orden $\text{Mn} < \text{Fe} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Ni} < \text{Co}$. Los únicos elementos enriquecidos ($\text{FE} > 1$) en el tapete microbiano fueron Zn, Cu, Ni y Co, mientras que Mn y Fe estuvieron, en promedio, ligeramente empobrecidos ($\text{FE} < 1$).

Abstract

A Microbial mat collected in pond number 4, from the Saltern of Guerrero Negro, Baja California Sur, México was sectioned in two vertical layers approximately 45mm of thick 20 mm of wide, 18.5 cm in length. The samples were subsequently totally digested using HNO_3 , HClO_4 and HF . The concentrations of traces metals (Co, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn and Al the latter used as a normalizing element), were measured with with flame atomic absorption (FAA). The samples were also measured with x-ray fluorescence (XRF) spectroscopy and later compared with those obtained with AAF. Results show very similar vertical profiles for all the analyzed elements. The elements Co, Cu, Ni and Zn presented their highest concentrations in the middle portion of de mat, possibly relat the to metabolism of the microbials masts, whereas Fe and Mn presented almost constant concentrations with mat depth. The order of concentration abundance was $\text{Cu} < \text{Co} < \text{Ni} < \text{Zn} < \text{Mn} < \text{Fe} < \text{Al}$, while that of enrichment factors (EF, in molar ratio) followed the order $\text{Mn} < \text{Fe} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Ni} < \text{Co}$. The only enriched elements ($\text{EF} > 1$) in teh microbial mat were Zn, Cu, Ni and Co, while Mn and Fe were, on average, slightly impoverished ($\text{EF} < 1$).

Palabras Clave

Tapete microbiano; metales traza; factor de enriquecimiento; ambiente hipersalino; Guerrero Negro

INTRODUCCIÓN

¿Qué es un tapete microbiano?

[1] Son acumulaciones macroscópicas de microorganismos constituidos por comunidades de organismos heterótrofos, autótrofos, fotoautótrofos y quimioautótrofos, ubicados en bandas estructuralmente coherentes por secreciones viscosas, interdependientes verticalmente, en la interface agua-sedimento de diferentes ambientes acuáticos (Bender *et al.* 1995; Des Marais *et al.* 1995).

Los tapetes microbianos representan uno de los sistemas biológicos más antiguos de la Tierra, en donde han existido desde hace 3,500 Ma, cuando comenzaron a generar el oxígeno presente en nuestra atmósfera. Debido a su antigüedad y a que se ubican en ambientes extremos, como serían los hipersalinos, estos organismos forman sistemas muy complejos y dinámicos que pueden ser utilizados como prototipos para modelos de organismos de otros planetas, entre ellos Marte.

Es entonces importante estudiar su composición química (por ejemplo, metales traza), ya que podrían servir de indicadores de su pasada presencia en la Tierra o, incluso, en otros planetas.

Guerrero Negro

La ciudad de Guerrero Negro, localizada en el Municipio de Muelegé en el Estado de Baja California Sur, México, se encuentra en la costa del Océano Pacífico, cerca de la laguna Ojo de Liebre, al sur del paralelo 28° norte que divide la península de Baja California y Baja California Sur. Guerrero Negro está caracterizado como el sistema hipersalino más grande del Hemisferio Norte, formando parte de la Reserva de la Biosfera de Vizcaíno, (Imagen 1).

En laguna Ojo de Liebre se instaló la Empresa Exportadora de Sal, S.A. DE C. V. (ESSA), representando la salina de mayor producción de sal en el mundo.

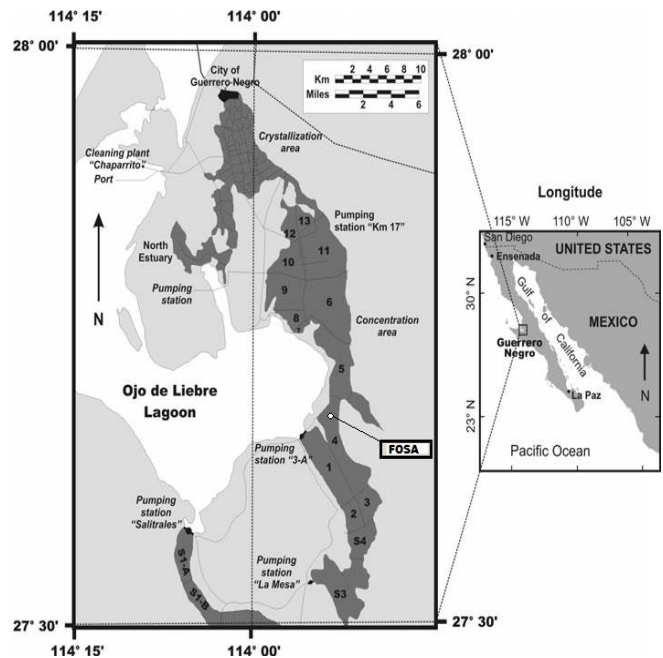


Imagen 1. Ubicación del área de muestreo en la salina de Guerrero Negro. Extracción de tapete microbiano Fosa 4. Descripción del área de muestreo

El sistema de la salina consiste de una serie de 13 estanques de evaporación de 1 a 1.5 m de profundidad (llamada área de concentración), construidos aproximadamente 2 m por encima del nivel del mar, que se extienden por un gradiente de salinidad de 40 unidades prácticas de salinidad (PSU) hasta llegar a la saturación con cloruro de sodio (área de cristalización) (Imagen 1).

Justificación

Las características de los tapetes microbianos sugieren que la distribución vertical de metales traza pudiera estar influenciada por la configuración de los diferentes grupos que conforman el tapete. La hipótesis que se plantea en este trabajo es que las bandas horizontales, conformadas por grupos similares de microorganismos, presentarán distribuciones verticales similares de metales traza.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tapete microbiano objeto de este estudio fue recolectado el 8 de Marzo de 2014 de la Fosa 4, ubicada en la Salina de Guerrero (Imagen 1). El tapete, de forma cuadrada (18.5 x 18.5 cm de lado), fue preservado a -4 °C hasta su análisis posterior en el laboratorio el 23 de Junio de 2015.

Una vez descongelado, se realizaron dos cortes transversales de aproximadamente 2.5 cm de ancho a ambos extremos del tapete. Cada uno de los dos cortes transversales (Perfil-A y Perfil-B) fue seccionado en capas verticales de 2 a 3 mm de ancho, con el corte horizontal siguiendo el límite de la banda correspondiente a esa profundidad de seccionado (Imagen 2).

En total se obtuvieron 17 y 14 bandas para los perfiles A y B, respectivamente, abarcando un rango de profundidad máximo de aproximadamente 45 mm. Cada banda fue secada a 70 °C por 24 h y una vez secas, molidas y pesadas.



Imagen 2. Tapete microbiano, recolectado de la fosa 4 de la Salina de Guerrero Negro, BCS.

Extracción total de metales traza

Cada una de las bandas- muestra fue sujeta a una extracción total para digerir los principales componentes del tapete: carbonatos, oxihidróxilos de Fe y Mn, silicatos, sulfuros y materia orgánica. La extracción consistió en la digestión de 0.5 g de muestra seca en vasos de precipitado de Teflón de 100 mL, cubiertos de un vidrio de reloj de Teflón. La digestión consistió en añadir 15 mL de HNO₃ concentrado y mantener en reflujo a 250 °C por 30 minutos. Posteriormente se evaporó a sequedad a 200 °C, seguido de la adición de 4 mL de HClO₄

concentrado a 250 °C en reflujo durante 30 minutos. La muestra fue dejada enfriar por 30 minutos después los cuales se le añadió 10 mL de HF concentrado a 250 °C. Finalmente el digerido se evaporó a sequedad (5-6 horas) y se transfirió matraces volumétricos utilizando 50 mL de HCl al 5%.

Las concentraciones totales de los metales traza (Al, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni y Zn) fueron determinadas por medio de absorción atómica a la flama (AAF) también por medio de fluorescencia de rayos-X (XRF) comparadas con las obtenidas por AAF.

Normalización con Al y cálculo de factor del enriquecimiento.

Las concentraciones de metales traza son influenciadas por el tamaño de grano de los sedimentos (a menor tamaño de grano, mayores concentraciones de metales) razón por la cual las concentraciones de metales deben ser normalizadas con aluminio (Al), utilizado como un proxy de tamaño de grano para compensar por la variabilidad mineralógica del sedimento. Este elemento es el mejor agente normalizador ya que forma parte estructural de los aluminosilicatos (arcillas), los cuales son las fases depositarias dominantes de los metales en los sedimentos.

El uso del Al como elemento normalizador puede ser usado para calcular los factores de enriquecimiento de elemento traza (FEMe) utilizando la siguiente ecuación:

$$FEMe = \frac{(Me/Al)_{muestra}}{(Me/Al)_{fondo}}$$

En donde, (Me/Al)_{muestra} representa la concentración normalizada con Al- del metal (Me) en la muestra de tapete (razón molar).

Los valores de fondo (Me/Al)_{fondo} representan los valores promedio de la corteza terrestre.

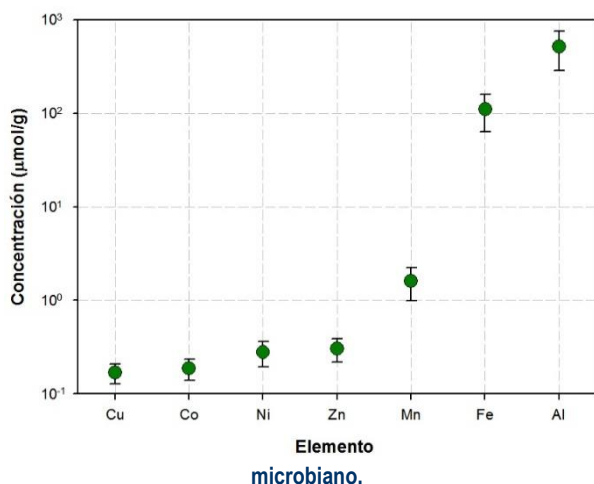
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Absorción atómica a la flama (AAF)

Los resultados obtenidos de los perfiles A y B del tapete microbiano presentaron perfiles verticales muy semejantes para todos los elementos analizados. Desafortunadamente, se tuvieron que eliminar los resultados correspondientes al Pb y Cd, ya que todas sus concentraciones totales se encontraron por debajo de sus respectivos límites de detección.

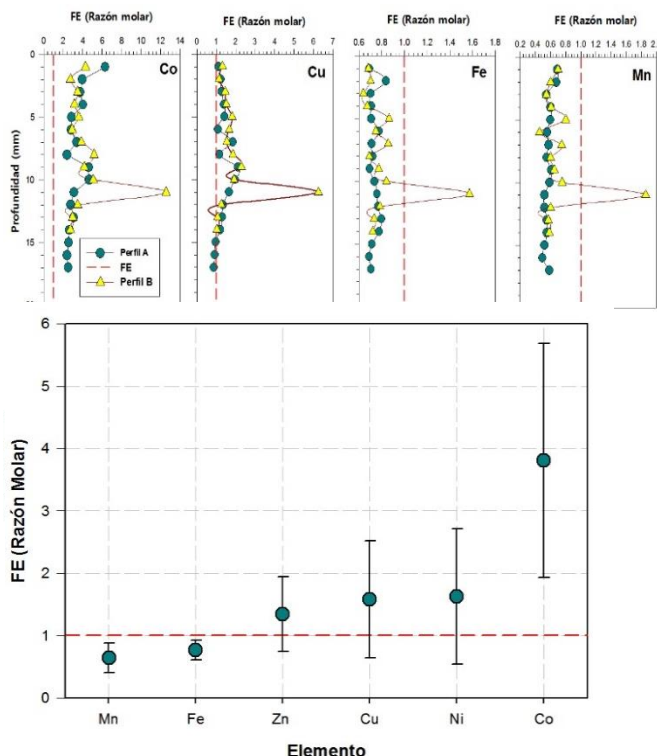
Las concentraciones promedio de los diferentes metales analizados indican que su orden de abundancia fue $\text{Cu} < \text{Co} < \text{Ni} < \text{Zn} < \text{Mn} < \text{Fe} < \text{Al}$ con concentraciones de 0.168 ± 0.039 , 0.187 ± 0.047 , 0.277 ± 0.085 , 0.0305 ± 0.085 , 1.62 ± 0.62 , 110 ± 48 y $520 \pm 236 \mu\text{mol g}^{-1}$, respectivamente (Imagen 3).

Imagen 3. Concentraciones promedio de metales traza en tapete



La forma de los perfiles verticales indica que los elementos Co, Cu, Ni y Zn presentaron concentraciones más elevadas en la parte media del tapete, mientras que el resto de los metales (Fe, Mn) presentaron concentraciones relativamente constantes con la profundidad (Imagen 4).

Imagen 4. Factores de enriquecimiento de metales traza en Perfil-A y Perfil-B (líneas discontinua representa $\text{FE} = 1$)



Los factores de enriquecimiento (FE_{Me} en razón molar) siguieron el siguiente orden de abundancia: $\text{Mn} < \text{Fe} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Ni} < \text{Co}$, con valores de 0.64 ± 0.24 , 0.77 ± 0.16 , 1.35 ± 0.59 , 1.58 ± 0.94 , 1.6 ± 1.1 , 3.8 ± 1.9 , respectivamente, indicando que los únicos elementos enriquecidos ($\text{FE}_{\text{Me}} > 1$) en el tapete microbiano fueron Zn, Cu, Ni y Co, mientras que Mn y Fe estuvieron, en promedio, ligeramente empobrecidos ($\text{FE}_{\text{Me}} < 1$). (Imagen 5).

Imagen 5. Factores de enriquecimiento promedio.

CONCLUSIONES

La forma de los perfiles, tanto concentraciones totales como de factores de enriquecimiento, reflejan las distribuciones verticales de los diferentes microorganismos que componen este consorcio microbiano, en donde la tendencia a concentrar metales en la parte media del tapete posiblemente tenga relación con el metabolismo de los microorganismos que componen los tapetes microbianos.

La técnica de XRF, aplicada en los tapetes microbianos, no dio resultados confiables por lo que se sugiere realizar una curva de calibración de estándares certificados que esté adaptada para este tipo de matriz para poder obtener concentraciones reales de metales traza.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Miguel Ángel Huerta Díaz por ser el asesor de esta investigación y ampliar más mi conocimiento académico, y haber permitido la realización de ésta en su laboratorio, de su atención y tiempo total cuando fue requerido, y brindarme sus sabios consejos para que este sea presentado de la mejor manera.

Al Mtro. Arturo Siqueiros-Valencia por brindarnos su amistad y su gran apoyo en la elaboración de esta investigación para cumplir con las metas deseadas.

REFERENCIAS

[1] Amaro F.E., Delgadillo H. F., Hernández A. J. M., Huerta D. M. A., Galindo B. M. S., Otero X. L., Segovia Z. J. A. (2011). Iron and trace Metals in Microbial Mats and Underlying Sediments: Results From Guerrero Negro Saltern Baja California Sur, Mexico. *Aquatic Geochemistry* 17:603–628.

Delgadillo H. F., Huerta D. M. A., Reimer J. J., Segovia Z. J. A., Siqueiros V. A., Valdivieso O. J. (2012). Millimeter-scale resolution of trace metal distributions in microbial mats from a hypersaline environment in Baja California, Mexico. *Geobiology*, 10, 531–547.