



Distribución espacial de las bacterias sulfatorreductoras en el sedimento de una laguna costera

Spatial distribution of sulfate reducing bacteria in the sediment of a coastal lagoon

María del Rocío Torres-Alvarado

Laboratorio de Ecosistemas Costeros. Departamento de Hidrobiología.
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
Apartado postal 55-535. 09340 México, D. F.
E-mail: rta@xanum.uam.mx

Torres-Alvarado M. del R. 2007. Distribución espacial de las bacterias sulfatorreductoras en el sedimento de una laguna costera. *Hidrobiológica* 17(3): 277-279

RESUMEN. Las bacterias sulfatorreductoras son los principales microorganismos involucrados en la mineralización anaeróbica de la materia orgánica en sedimentos marinos y costeros. Su abundancia y distribución están relacionadas con diversas variables ambientales. En un estudio en el complejo estuarino-lagunar de Alvarado-Camarónera (Veracruz) se determinó que las características reductoras y pH cercanos a la neutralidad en el sedimento contribuyeron al desarrollo de las bacterias sulfatorreductoras. Estos microorganismos fueron más abundantes en los tres primeros centímetros de profundidad del sedimento, donde la disponibilidad de sulfatos es mayor; como consecuencia de la actividad sulfatorreductora en los estratos superficiales se incrementó el contenido de sulfuro.

Palabras clave: Bacterias sulfatorreductoras, distribución vertical, sedimentos, lagunas costeras.

ABSTRACT. Sulfate reducing bacteria are the main microorganisms involved in the anaerobic mineralization of organic matter in marine, and coastal sediments. Their abundance and distribution is related to several environmental variables. In a study in Alvarado-Camarónera coastal lagoon ecosystem, was established that reducing characteristics and neutral pH in the sediments contributed the sulfate reducing bacteria development. These microorganisms were abundant in the first three centimeters of the sediment, where sulfates are highly available. As a result of the sulfate reduction activity in superficial sediments, sulfide concentration was increased.

Key words: Sulfate reducing bacteria, vertical distribution, sediments, coastal lagoon.

La abundancia, distribución y actividad de las bacterias sulfatorreductoras (BSR), en sedimentos marinos y costeros, se han estudiado principalmente en ambientes de latitudes templadas. A partir de dichos trabajos se ha establecido que las BSR se localizan principalmente en los primeros centímetros (e incluso milímetros) de la columna sedimentaria, donde son las responsables de mineralizar, bajo condiciones anaeróbicas, hasta el 53-60% de la materia orgánica; sin embargo, esta característica puede variar con las diferentes condiciones hidrológicas y climáticas (Jørgensen, 1982; De Laune *et al.*, 2002).

Debido a la poca información disponible de las BSR en sedimentos costeros tropicales, el objetivo del presente trabajo fue analizar la abundancia y distribución de dicha microbiota en dos profundidades del sedimento de una laguna costera tropical en el Golfo de México, así como su relación con las variables sedimentarias.

En el complejo estuarino-lagunar de Alvarado-Camarónera, ubicado en el Estado de Veracruz ($18^{\circ} 45'$ y $18^{\circ} 52'$ N y $95^{\circ} 49'$ y $95^{\circ} 58'$ O), se obtuvieron muestras de sedimentos en los meses de abril, julio y noviembre (1998) en dos estaciones, Camaronera y Alvarado. Las muestras se colectaron con un nucleador de 30 cm de largo y 4.5 cm de diámetro, determinándose *in situ* a 3 y 6 cm de profundidad la temperatura (termómetro, intervalo de -10 a 60 °C), pH y el potencial de oxido-reducción (Eh) (electrodos de calomel y de platino, potenciómetro marca Conductronic pH 120) (Patrick *et al.*, 1996).

Los análisis microbiológicos se efectuaron bajo una atmósfera de nitrógeno. Las BSR se cuantificaron a 3 y 6 cm de

profundidad con la técnica del tubo rodado de Hungate (1969), utilizando cinco tubos por dilución y empleando la modificación del medio de cultivo de Postgate (1963), con acetato e hidrógeno como substratos. Los tubos rodados se incubaron a 32°C durante 7 días, contándose como BSR las colonias de color negro.

En los mismos estratos donde se efectuó el análisis microbiológico, se cuantificó en el agua intersticial (previa extracción por centrifugación) (Howes, 1985) el contenido de sulfatos (Howarth, 1978) y de sulfuro (Cord-Ruwisch, 1985). En el sedimento húmedo se evaluó el contenido de sólidos totales (ST) (APHA *et al.*, 1989).

A partir de los resultados fisicoquímicos obtenidos, se estableció que el intervalo de temperatura registrado en el

sedimento (27-33°C), característico de ambientes marinos y de humedales de latitudes tropicales (Neue *et al.*, 1997), contribuyó al crecimiento de las BSR.

En lo que respecta al pH, las BSR prefieren un medio ambiente con características cercanas a la neutralidad y rara vez se desarrollan en ambientes con pH inferiores a 6 o superiores a 9 (Widdel, 1988); por lo cual, el intervalo de pH cuantificado en este estudio (6.6-7.5) fue adecuado para las BSR.

A partir de los intervalos de Eh evaluados, las características del sedimento fueron de reducidas (-100 a +100 mV) a altamente reducidas (-300 a -100 mV) (Patrick *et al.*, 1996). Estas condiciones de óxido-reducción permitieron el desarrollo de las BSR, cuya presencia se ha reportado desde potenciales redox de -115 hasta -450 mV (Patrick & Jugsujinda, 1995).

En este estudio, aunque en ambas profundidades analizadas estuvieron las BSR, su densidad presentó variaciones espaciales. La densidad de las BSR fue superior en los 3 cm primeros centímetros del sedimento y disminuyó al incrementarse la profundidad (Fig. 1). A partir de un análisis de ANOVA se determinó que dichas diferencias fueron significativas ($p < 0.05$), tanto para las cuantificaciones efectuadas con acetato ($p = 0.0002$), como con hidrógeno ($p = 0.0002$). Esta distribución puede atribuirse a la presencia de suficiente sulfato en los primeros centímetros del sedimento (8.3-10.7 mM), lo que permitió que las BSR metabolizaran eficientemente los principales productos resultantes de la fermentación. A una mayor profundidad la cantidad de sulfato disponible disminuyó (3.3-4.2 mM) limitando su crecimiento.

En diversos trabajos en sedimentos costeros también se ha reportado la máxima actividad sulfatorreductora en los primeros centímetros del sedimento (Howarth, 1993; Fukui *et al.*, 1997). La razón para este comportamiento se relacionó principalmente a la disponibilidad del acceptor de electrones para las BSR (Winfrey & Ward, 1983); así como a la presencia de un contenido elevado de materia orgánica y potenciales redox inferiores a -120 mV (Teske *et al.*, 1998).

Como consecuencia de la actividad sulfatorreductora se libera sulfuro, hecho que da como resultado que las concentraciones de este compuesto fueran más elevadas a menor profundidad del sedimento (1.3-2.1 mM) en comparación con el fondo (0.1-0.8 mM). Indebré *et al.* (1979) determinaron la concentración más elevada de sulfuros entre los 2 y 4 cm de profundidad, relacionándose con una mayor abundancia de las BSR.

Aunado a la variación vertical, se cuantificó una mayor abundancia a partir de acetato (1.3×10^4 - 6.6×10^6 ; promedio = 2.8×10^6 bacterias/g ST) en comparación con el hidrógeno (1.3×10^4 - 4.3×10^4 ; promedio = 2.8×10^4 bacterias/g ST). Se considera que el acetato es la fuente principal de energía para la sulfatorreducción en sedimentos ricos en materia orgánica y sulfatos, llegan-

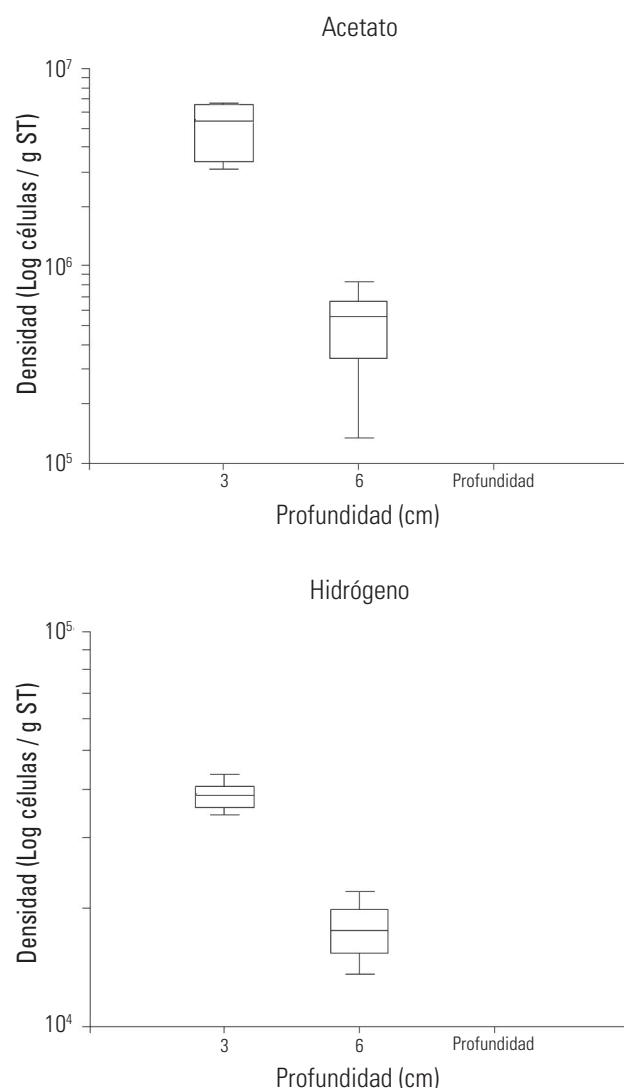


Figura 1. Distribución espacial y abundancia de las bacterias sulfatorreductoras, con acetato e hidrógeno como sustratos, en el sedimento de la laguna costera Alvarado-Camaronera, Veracruz, México.

do a representar del 35.5 al 100% de la misma. El hidrógeno es importante principalmente en sedimentos ácidos (Parkes *et al.*, 1989; Canfield *et al.*, 2005).

Por consiguiente, la presencia de las BSR en el sedimento del complejo lagunar de Alvarado-Camaronera se favoreció por las características de temperatura, pH y Eh; determinándose una variación espacial, con la mayor densidad en los primeros tres centímetros, que disminuyó al aumentar la profundidad. Esta distribución se relacionó con la disponibilidad de sulfatos. La distribución vertical observada proporcionó información sobre la profundidad en la cual la mineralización anaeróbica de la materia orgánica, a través de la sulfatoreducción, es importante en los sedimentos de las lagunas costeras tropicales.

REFERENCIAS

- APHA, AWWA & WPCF. American Public Health Association, American Water Works Association & Water Pollution Control Federation (Eds.). 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, D. C. United States. 989 p.
- CANFIELD, D. E., E. KRISTENSEN & B. THAMDRUP. 2005. The sulfur cycle. In: A. J. Southward, P. A. Tyler, C. M. Young & L. A. Fuiman (Eds.). *Advances in Marine Biology. Aquatic Geomicrobiology*. Elsevier Inc. 48: 314-381
- CORD-RUWISCH, R. 1985. A quick method for the determination of dissolved and precipitated sulfides in cultures of sulfate-reducing bacteria. *Journal of Microbiological Methods* 1: 2-10.
- DELAUNE, R.D., I. DEVAI., C. R. CROZIER & P. KELLE. 2002. Sulfate reduction in Louisiana marsh soils of varying salinities. *Communities Soil Science and Plant Analys* 33: 79-94.
- FUKUI, M., J. SUH, Y. YONEZAWA & Y. URUSHIGAWA. 1997. Major substrates for microbial sulfate reduction in the sediments of Ise Bay, Japan. *Ecology Research* 12: 201-209.
- HOWARTH, R. W. 1978. A rapid and precise method for determining sulfate in seawater, estuarine waters, and sediment pore waters. *Limnology and Oceanography* 23: 1066-1069.
- HOWARTH, R. W. 1993. Microbial processes in salt-marsh sediments. In: Ford, T. E. (Ed). *Aquatic Microbiology*. Blackwell Scientific Publications, pp. 239-260.
- HOWES, B. L. 1985. Effects of sampling technique on measurements of porewater constituents in salt marsh sediments. *Limnology and Oceanography* 30: 221-227.
- HUNGATE, R.E. 1969. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. In: J. R. Norris & D.W. Ribbons (Eds.). *Methods in Microbiology*. New York, United States. Academic Press. pp. 117-132.
- INDEBRÉ, J., B. PENGERUD & I. DUNDAS. 1979. Microbial activities in a permanently stratified estuary. I. Primary production and sulfate reduction. *Marine Biology* 51: 295-304
- JØRGENSEN, B. B. 1982. Mineralization of organic matter in the sea bed-the role of sulphate reduction. *Nature* 296: 643-645.
- NEUE, H. U., J. L. GAUNT, Z. P. WANG, P. BECKER-HEIDMANN & C. QUIJANO. 1997. Carbon in tropical wetlands. *Geoderma* 79: 163-185.
- PARKES, R. J., G. R. GIBSON, I. MUELLER-HARVEY, W. J. BUCKINGHAM & R. A. HEREBERT. 1989. Determination of the substrates for sulphate-reducing bacteria within marine and estuarine sediments with different rates of sulphate reduction. *Journal of General Microbiology* 135: 175-187.
- PATRICK, W. H., R. P. GAMBRELL & S. P. FAULKNER. 1996. Redox measurements of soils. In: *Methods of Soils Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. pp. 1255-1273.
- PATRICK, W. H., JR. & A. JUGSUJINDA. 1995. Sequential reduction and oxidation of inorganic nitrogen, manganese, and iron in flooded soil. *Soil Scientific Society American Journal* 56: 1071-1073.
- POSGATE, J. R. 1963. Versatile medium for the enumeration of sulfate-reducing bacteria. *Applied Microbiology* 11: 265-267
- TESKE, A., N .B. , K. H. RAMSING, M. FUKUI, J. KÜVER, B. BARKER, B. JØRGENSEN & Y. COHEN. 1998. Sulfate-reducing bacteria and their activities in cyanobacterial mats of Solar Lake (Sinai, Egypt). *Applied and Environmental Microbiology* 64: 2943-2951.
- WIDDEL, F. 1988. Microbiology and ecology of sulfate and sulfur reducing bacteria. In: Zehnder, A. J. B. (Ed). *Biology of Anaerobic Microorganisms*. John Wiley and Sons. pp. 469-586.
- WINFREY, M. R. & D. M. WARD. 1983. Substrates for sulfate reduction and methane production in intertidal sediments. *Applied and Environmental Microbiology*: 193-199.

Recibido: 25 de noviembre de 2006

Aceptado: 10 de octubre de 2007