

**XVI CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**  
**Mérida, Yucatán**  
**4 AL 8 de Septiembre de 2006**

**Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Níquel y Vanadio) Adsorbidos en Sedimentos de la Sonda de Campeche. Campaña Oceanográfica SGM-9.**

**Felipe Vázquez Gutiérrez\***, Héctor M. Alexander V.\* y Antonio Frausto C.\*

\*Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Cd. Universitaria. México 04510 D.  
F. [felipe@mar.icmyl.unam.mx](mailto:felipe@mar.icmyl.unam.mx) y [hector@mar.icmyl.unam.mx](mailto:hector@mar.icmyl.unam.mx).

**Resumen**

En base a los estudios realizados en la Sonda de Campeche se hace un análisis comparativo de los niveles de concentración de cadmio, cromo, níquel y vanadio determinados durante la campaña oceanográfica (SGM-9) en el 2004, en muestras de sedimento marino, en tres niveles de profundidad en la segmentación de los núcleos obtenidos en dicha campaña.

Introducción.

En la zona marina del Sur del Golfo de México, tiene importantes aportes fluviales del Río González, Grijalva y San Pedro - San Pablo, Champoton, Lerma y las bocas de la laguna de Términos (Figura 1), la actividad petrolera y pesquera, el tráfico marítimo, modifican las concentraciones de sedimentos y metales traza en el ambiente marino. Las actividades antes señaladas en mayor o menor escala son responsables de la contribución de materia orgánica a los sedimentos marinos, materia que contiene metales en diversas concentraciones.

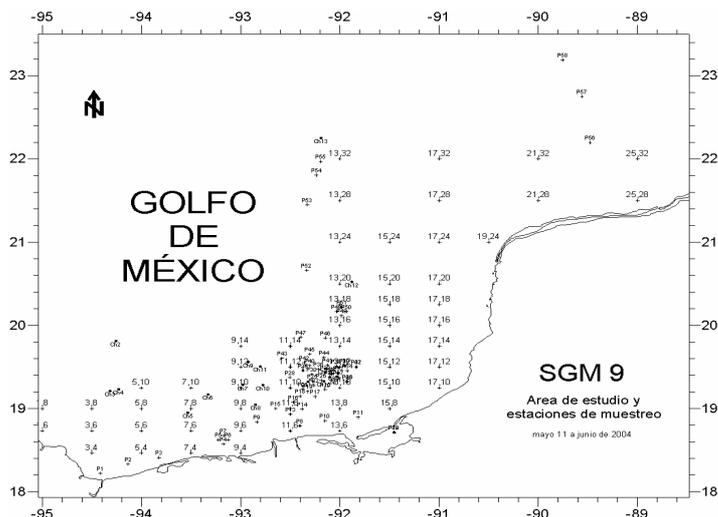
De diferentes formas los aportes a los sedimentos, enriquecen algunos contaminantes (ej.: metales, plaguicidas, etc.) en el ambiente marino. Los organismos del ambiente marino y los procesos biogeoquímicos son los responsables de reciclar los metales que se incorpora al biota marino o a los sedimentos marinos (Morse *et al.* 2002; Usero *et al.*, 1998).

La materia orgánica de los sedimentos tiene gran influencia en la distribución de metales en los sedimentos, porque forma complejos que permiten mantener a metales en los sedimentos marinos (Szefer *et al.*, 1995). Los metales pueden actuar en forma

**XVI CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**  
**Mérida, Yucatán**  
**4 AL 8 de Septiembre de 2006**

recíproca con la materia orgánica de formas diversas formando fenómenos de adsorción, intercambio iónico, co-precipitación y complejación (Usero *et al.*, 1998).

Figura 1.- Área de estudio de la campaña Oceanográfica SGM-9.



### **Materiales y Métodos.**

Las muestras fueron colectadas durante las campañas SGM-9 (2004), a bordo del B/O Justo Sierra de la UNAM con un Nucleador de Caja en la Sonda de Campeche y áreas colindantes del sur del Golfo de México, esta zona incluye la zona de las plataformas petroleras y el aporte fluvial de los ríos en la zona costera. Se hace un análisis de los niveles de concentración de cadmio, cromo, níquel y vanadio, en muestras de sedimento marino, en tres niveles de profundidad en la segmentación de los núcleos obtenidos en dicha campaña.

Las muestras de esta zona de estudio contienen un gran porcentaje de material carbonatado por lo que se usó la técnica recomendada por Rauret (1998).

Los sedimentos se lixiviaron con una solución de ácido acético glacial 0.10 M, para extraer la fracción adsorbida de metales en los sedimentos (Forstner y Wittmann, 1981; Pempkowiak *et al.*, 1999). Se analizaron las muestras y se corrieron blancos de reactivos las concentraciones medidas fueron corregidas con el blanco cuando fue necesario.

**XVI CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**  
**Mérida, Yucatán**  
**4 AL 8 de Septiembre de 2006**

**Resultados y Discusión:**

La distribución de cadmio en el área de estudio presentó un valor máximo de concentración de 113.957 µg/kg en el primer nivel con un valor promedio de  $34.400 \pm 22.677$  µg/kg, en el segundo nivel este valor fue un poco mayor con un máximo de 118.752 µg/kg y un promedio de  $36.611 \pm 26.309$  µg/kg, y en el tercer nivel el valor máximo de 100.378 µg/kg y valor promedio de concentración de  $38.136 \pm 25.968$  µg/kg. (Tabla 1)

En zona de estudio para el primer nivel la concentración mas alta se presento en la estación 13-10 con 113.957 µg/kg, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 11-12 con 118.752 µg/kg y para el tercer nivel correspondió a la estación 5-8 con 95.987 µg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 7-10 con 16.585 µg/kg en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 15-20 con 7.053 µg/kg y en el tercer nivel la estación 7-6 con 8.361 µg/kg. (Figura 1)

El Primer nivel (0 - 1 cm), presenta una franja de concentración homogénea en la parte profunda del área de estudio; discretos núcleos de concentración alta se ubican en la parte S y W de la zona de las plataformas marinas y hacia el río Coatzacoalcos; se alcanza a percibir concentraciones moderadas, posiblemente provenientes del Mar Caribe. En el segundo nivel ( 4-5 cm), se observa una zona de baja concentración en la zona N, interrumpida en la zona profunda, por la presencia de una pequeña zona de mediana concentración. La zona de las plataformas marinas muestra concentraciones de bajas a altas. Es notorio en este nivel el aporte de los ríos Grijalva y San Pedro – San Pablo. La parte W, mantiene una concentración intermedia y baja hacia la parte costera y la profunda. El tercer nivel (8-10cm), mantiene la zona N con baja concentración, semejante al nivel anterior; la zona de plataformas marinas muestra concentraciones bajas a altas. La parte W muestra concentraciones altas en su parte central y se alcanzan a percibir pequeños aportes costeros en parte de Tabasco y la laguna de Términos.

**XVI CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**  
**Mérida, Yucatán**  
**4 AL 8 de Septiembre de 2006**

La distribución concentración del cromo para el primer nivel muestra un valor máximo de 5.197 µg/kg y un promedio de 2.937 ± 0.862 µg/kg, para el segundo nivel un máximo de 6.175 µg/kg y un promedio de 2.492 ± 0.856 µg/kg, y en el tercer nivel un valor máximo de 5.175 µg/kg y valor promedio de concentración de 2.137 ± 0.728 µg/kg (Tabla 1). En el primer nivel (0-1cm), se aprecia un posible aporte de las corrientes del Mar Caribe y la resuspensión de los sedimentos que afectan a la parte NE de la zona de estudio y que provocan un aumento de concentración. También se observa un aporte en la zona costera Oeste debido probablemente del río Coatzacoalcos y a los ríos de Tabasco; La concentración en la zona de las plataformas marinas es intermedia (Figura 1).

Tabla 1. Parámetros Estadísticos SGM-9

		Máximo	Mínimo	Promedio	D.E.
1 cm	Cadmio	113.957	3.673	38.607	24.014
	Cromo	5.197	0.149	3.092	0.855
	Niquel	2.877	0.732	1.716	0.404
	Vanadio	2.964	0.402	1.859	0.456
5 cm	Cadmio	118.752	2.718	36.611	26.309
	Cromo	6.175	0.724	2.518	0.812
	Niquel	2.229	0.452	1.147	0.428
	Vanadio	2.264	0.209	1.516	0.398
10 cm	Cadmio	100.378	2.175	38.136	25.968
	Cromo	5.175	0.654	2.137	0.728
	Niquel	2.293	0.329	1.157	0.406
	Vanadio	2.155	0.346	1.329	0.421

En el segundo nivel se aprecia un posible aporte del Mar Caribe y los efectos de la resuspensión de los sedimentos (ocasionados por los vientos y las corrientes de fondo) que inciden la parte N y NE de la zona de estudio y que aumentan de concentración. En el tercer nivel (8-10cm) existe un aporte importante debido a la desembocadura del río Coatzacoalcos al Oeste de la zona de estudio que provoca una zona de mayor concentración de cromo. La zona de las plataformas marinas, presenta valores bajos e intermedios de concentración, en la parte O la zona profunda presenta menores concentraciones, respecto a la zona profunda de la parte N.

Para el níquel se encontró en su distribución de concentraciones a lo largo de la zona de estudio que tuvo un máximo para el primer nivel de 2.877 µg/kg y un promedio de

**XVI CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**  
**Mérida, Yucatán**  
**4 AL 8 de Septiembre de 2006**

1.585 ± 0.495 µg/kg, para el segundo nivel un máximo de 2.229 µg/kg y un promedio de 1.147 ± 0.428 µg/kg, y en el tercer nivel un valor máximo de 2.293 µg/kg y valor promedio de concentración de 1.157 ± 0.406 µg/kg (Tabla 1). Estos valores se encuentran por debajo de los intervalos de concentración encontrados para campañas anteriores (SGM – 6, 2001; intervalo de 2.500 a 165.000 µg/kg, con un promedio de 28.400 ± 26.600 µg/kg; SGM–7, 2002; Intervalo de <1.000 a 62.000 µg/kg, con un promedio de 18.000 ± 17.000 µg/kg).

En la zona de estudio, el primer nivel presenta la concentración mas alta en la estación 15-10 con 2.328 µg/kg, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 15.8 con 1.877 µg/kg y para el tercer nivel a la estación 13-8 con 1.503 µg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 25.32 con 0.732 µg/kg en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 15-14 con 0.526 µg/kg y en el tercer nivel la estación 7-10 con 0.324 µg/kg (Figura 1 ). De la misma manera que lo registrado en las campañas SGM – 6, 2001 y SGM – 7, 2002 se observa una baja concentración de níquel en la parte N y E, probablemente debida a la baja retención (o adsorción) de los sedimentos calcáreos de este metal y un aumento de concentración en la parte Oeste que contienen sedimentos constituidos por limos y arcillas. Se observa con claridad un aporte del río Coatzacoalcos formándose una pluma de concentración alta que se desplaza hacia el Oeste en las costas de Tabasco. En el segundo nivel existen probables aportaciones del Mar Caribe al N de la Península de Yucatán que inciden en la concentración de la zona E del área de estudio. Al igual que en el primer nivel, se observa que frente a la laguna de Términos, existen nodos de mayor concentración de níquel debidos a las actividades petroleras; para el tercer nivel el cambio horizontal de este metal adsorbido, es bastante homogéneo; presentando una zona de alta concentración en la parte central y NW de las plataformas marinas. (Figura 1).

La distribución horizontal de concentraciones de vanadio en la zona de estudio muestra en el primer nivel un valor máximo de concentración de 2.964 µg/kg y un promedio de 1.768 ± 0.448 µg/kg, para el segundo nivel un máximo de 2.264 µg/kg y un promedio de 1.516 ±

**XVI CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**  
**Mérida, Yucatán**  
**4 AL 8 de Septiembre de 2006**

0.421 µg/kg, y en el tercer nivel un valor máximo de 2.155 µg/kg y valor promedio de concentración de  $13.329 \pm 0.421$  µg/kg (Tabla 1), se observó una ligera disminución en los promedios de la zona de estudio con respecto a lo reportado en campañas anteriores (PEP-UNAM, 2003a y b; SGM-6). En la zona de estudio para el primer nivel la concentración mas alta se presento en la estación 13-8 con 2.831 µg/kg, para el segundo nivel el mayor registro se ubico en la estación 15-20 con 2.085 µg/kg y para el tercer nivel a la estación 11-14 con 1.950 µg/kg, en lo que respecta a los menores registros fueron en las estaciones 15-10 con 0.402 µg/kg en el primer nivel, en el segundo nivel la estación 15-8 con 0.209 µg/kg y en el tercer nivel la estación 13-16 con 0.346 µg/kg (Figura 1).

En el primer nivel la distribución horizontal, muestra una distribución heterogénea, con valores intermedios y altos en la zona N y las costas de Campeche, provenientes posiblemente de los aportes del Mar Caribe y la resuspensión de los sedimentos motivada por los vientos y los organismos del bentos. En el segundo nivel se presentan valores intermedios y altos en la zona W, la zona de las plataformas marinas muestra valores elevados. Se presenta una zona N de baja concentración que en la Península de Yucatán se incrementa por el aporte del Mar Caribe. La concentración se incrementa hacia la Sonda de Campeche y la zona de las plataformas marinas. La parte W presenta bajas concentraciones debido probablemente a la geoquímica y asimilación biológica tan compleja presentada por el vanadio, procesos que pueden provocar que este elemento salga rápidamente del ecosistema (Nriagu, 1998). En el tercer nivel, la distribución de las corrientes profundas ha moldeado este nivel ya que se observan las dos corrientes que mantienen la distribución y redistribución de contaminantes, nutrientes, sólidos suspendidos, etc., en la zona. La zona costera presenta concentraciones bajas y la parte profunda mayores concentraciones.

**Conclusiones.**

Los metales adsorbidos son los más lábiles para formar parte de diversos procesos marinos (geoquímicos, de asimilación por organismos, pasar a dilución en el agua de mar de fondo, etc.), por tal motivo su seguimiento es de gran importancia más en áreas

**XVI CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**  
**Mérida, Yucatán**  
**4 AL 8 de Septiembre de 2006**

marinas que reciben aportes costeros, de la industria petrolera, de las aguas de lastre y que se desarrolla la actividad pesquera de fondo.

En general, la concentración de los metales adsorbidos analizados ha disminuido en los niveles estudiados. Los metales como el vanadio y níquel, su concentración se mantiene o se incrementa, sin llegar a niveles que dañen al ecosistema marino.

Es importante tener en cuenta los posibles aportes provenientes de la corriente de Yucatán y que arrastran una gran carga de contaminantes del Mar Caribe, área en donde se encuentran refinerías y una actividad turística muy alta, la cual genera una carga importante de contaminantes (bacterias coliformes, metales, hidrocarburos, etc.). Por tal motivo, en el futuro se deberá de tener una referencia de la carga de contaminantes provenientes del Mar Caribe, para deslindar la influencia de la industria petrolera del área. Las corrientes en la Sonda de Campeche forman giros anticiclónicos que tienen una dirección hacia el N y NE (esto última alcanza la pendiente continental), por lo cual tienen gran influencia sobre la distribución de diversos parámetros (metales, lignina, hidrocarburos, etc.). Por tal motivo, será importante entender este módulo de circulación en la zona de las plataformas marinas para entender mejor la presencia de diversos contaminantes en el área de estudio.

**Bibliografía.**

- Förstner, U. and Nittman, G. T. W. 1981. Metal Pollution in the Aquatic Environment, Springer, New York , pp. 456.
- Hutchinson, T. C., Fedorenko, A., Fitchko, J., Kuja, A., Vanloon, J. and Lichwa, J. 1975. Movement and compartmentation of nickel and copper in an aquatic ecosystem. In: Nriagu, J.O. ed. Environmental biogeochemistry, Ann Arbor, Michigan, Ann Arbor. Science Publishers Inc. Vol. 2, pp. 565-585.
- Jingsheng, Chen. 1987. A study on heavy metal partitioning in sediments from Poyang Lake in China, *Hydrobiologia* 176/177: 159-170.
- Morse, J.W., 2002, Sedimentary geochemistry of the carbonate and sulfide systems and their potential influence on toxic metal bioavailability. In: A. Gianguzza, E. Pelizzetti. S. Sammartano, eds., Chemistry of Marine Water and Sediments,

**XVI CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA**  
**Mérida, Yucatán**  
**4 AL 8 de Septiembre de 2006**

- Springer, NY, 165-190.
- Nriagu, J.O. ed. Environmental biogeochemistry, Ann Arbor, Michigan, Ann Arbor. Science Publishers Inc. Vol. 2, pp. 565-585.
- PEMEX – UNAM, 2001. Campaña Oceanografica SGM-6, 2003. Reporte Final.
- PEMEX – UNAM, 2002. Campaña Oceanografica SGM-7, 2003. Reporte Final.
- PEMEX – UNAM, 2003. Campaña Oceanografica SGM-8, 2003. Reporte Final.
- Pempkowiak J., Silkora A. and Biernacka E. 1999. Speciation of Heavy Metals in Marine Sediments vs Their Bioaccumulation by Mussels. *Chemosphere*, 39: 313-321.
- Rauret, G. 1998. Extraction Procedures for the Determination of Heavy Metals in Contaminated Soil and Sediment. *Talanta*, 46: 449-455.
- Szefer, P., Glasby, G. P., Pempkowiak, J., Kaliszan, R. 1995a. Extraction Studies of Heavy Metals Pollutants in Superficial Sediments from the Southern Baltic Sea off Poland. *Chemical Geology* 120: 111-126.
- Usero, J., Gamero, M., Morillo, J., Gracia, I. 1998. Comparative Study of Three Sequential Extraction Procedures for Metals in Marine Sediments. *Environ. Int.* 24(4): 487-496.
- Xiaoyuon, Wang. 1983. Adsorption of heavy metals on Jinshajiang river sediment. *Environmental Chemistry*, Vol. 2, No. 1.