

**CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS
E INCIDENCIA EN ORGANISMOS
BENTÓNICOS EN “CERRITO DE LOS
MORREÑOS”, GOLFO DE GUAYAQUIL,
ECUADOR**

*Víctor Arcos Cobos
Mariuxi Mero Valarezo
Mónica Machuca De la Torre
Lenín Vera Sari*



CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS E INCIDENCIA EN ORGANISMOS BENTÓNICOS EN “CERRITO DE LOS MORREÑOS”, GOLFO DE GUAYAQUIL, ECUADOR

Víctor Arcos¹, Mariuxi Mero², Mónica Machuca³, Lenín Vera³

RESUMEN

En este trabajo se realiza una evaluación de los niveles de contaminación por metales pesados en el medioambiente de la comunidad “Cerrito de los Morreños”, cantón Puná, provincia del Guayas. Se colectaron 30 muestras de agua superficial, 32 muestras de sedimentos y 50 muestras de organismos (*Donax sp.*). Los parámetros físicos fueron tomados *in situ*. Se determinó la cuantificación de metales pesados en agua, sedimento y organismos a través de un espectrofotómetro de absorción atómica.

Los parámetros físicos: temperatura, salinidad y pH, se mantuvieron constantes. El oxígeno disuelto varió de acuerdo a las mareas y, en quiebra o en bajar, se registraron valores bajos aunque no son considerados como anóxicos. Los nutrientes presentaron promedios estables. En cuanto la cuantificación de metales pesados en agua, se comprobó la presencia de cadmio, cobre y níquel en bajas concentraciones. En sedimentos se presentó cadmio, cobre, plomo, níquel y zinc en pequeñas concentraciones, debido a que son parte del medio por los distintos ciclos naturales. No se detectó la presencia de plomo en organismos (*Donax sp.*); pero sí de cadmio (3.246 ppm), cobre (13.242 ppm), níquel (5.506 ppm) y zinc (47.127 ppm).

La presencia de plomo en la muestra de agua excedió los límites permisibles según los criterios de calidad de agua del *Texto Unificado de Legislación Ambiental* (TULAS); no así los otros metales, que se situaron debajo del rango aceptable.

Palabras claves: contaminación ambiental, metales pesados, límites permisibles, calidad de agua.

1 Docente/Investigador, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.

2 Investigadora IIRN, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil

3 Investigador asociado.

1. INTRODUCCIÓN

El problema general de la contaminación del agua, ya sea en ríos, lagos, humedales, bahías, estuarios, etc., ha sido habitualmente atribuido a las fuentes puntuales más evidentes, como las descargas industriales y domésticas.

En la región Litoral se realizan intercambios de materiales entre el medio terrestre y acuático, existiendo productos derivados de las actividades humanas que una vez vertidos a los sistemas acuáticos causan variaciones ecológicas.

Los metales son contaminantes ubicuos que han acompañado al hombre desde la más remota antigüedad; pero a diferencia de otros contaminantes ambientales estos son elementos químicos que el hombre no crea ni destruye. El papel que el hombre desempeña en la presencia ambiental de metales es, por una parte, introducir en el medio ambiente estos elementos como consecuencia de las distintas actividades humanas; y por otra, alterar la forma bioquímica o química en que se encuentran. Los metales están sujetos a ciclos bioquímicos que determinan su presencia y concentración en los compartimientos ambientales (suelo, agua, aire y seres vivos), por lo que la intervención humana puede modificar considerablemente su distribución y concentración (Moreno, 2003).

El estudio de la concentración de metales pesados en sistemas acuáticos es de sumo interés ya que pueden llegar a producir efectos negativos sobre la biota acuática debido a que son altamente persistentes. Su peligrosidad radica en que pueden ser tóxicos en pequeñas concentraciones y pueden ser acumulados en la cadena trófica, empezando por el fitoplancton que los incorpora a la cadena alimenticia (Gaad & Griffith, 1987; Ke & Wang, 2002). También pueden producir un efecto de biomagnificación en los niveles más altos de la cadena trófica, ya que al ser estos organismos parte de la dieta del hombre, constituyen un riesgo para la salud humana (Sadiq, 1992).

Un grupo de organismos que han sido empleados para estimar la cuantificación de metales pesados en los ecosistemas marinos son los moluscos bivalvos, debido a su capacidad para tolerar, acumular y depurar altas concentraciones de contaminantes (Phillips, 1976; Páez-Ozuna *et al.*, 1995; Usero *et al.* 1996; Phillips & Rainbow, 1997).

Debido al aumento de descargas industriales y domésticas provenientes de la explotación camaronera y de las poblaciones cercanas a la comunidad “Cerrito de Los Morreños”; además, del inadecuado manejo de desechos sólidos que deteriora los diversos ecosistemas que rodean el área de estudio, se consideró importante evaluar el nivel de contaminación por metales pesados y el impacto que generan, poniendo énfasis en el sistema acuático y en las comunidades bentónicas que son la principal fuente de recreación, trabajo y alimento de la comunidad.

Por tal motivo, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de cuantificación de metales pesados (cadmio, cobre, níquel, plomo y zinc) en agua superficial, sedimentos y organismos bentónicos (*Donax sp.*).



2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de Estudio

La comunidad “Cerrito de Los Morreños” se encuentra asentada geográficamente en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil, parroquia Puná, al sur del Puerto Marítimo a orillas de la Isla Chupadores Grande, en el Golfo de Guayaquil (*Figura 1*).



Figura 1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra íntimamente relacionada con dos ecosistemas acuáticos: el estuario o ría Guayas y el complejo de esteros de agua salobre asociados al Estero Salado (Bravo, M. & Cobos, F., 2000).

Se seleccionaron diez estaciones de muestreo para la colecta de agua superficial, ocho para el monitoreo de sedimento y las muestras de organismos fueron adquiridas directamente de los pobladores (*Tabla 1*).



Tabla I Ubicación de las estaciones de muestreo		
Estación	Nombre de las estaciones	Coordenadas
1 A y 1 B	Playita, detrás del cementerio	S 02°28'15.1'' W 79°54'21.6''
		S 02°28'11.2'' W 79°54'25.1''
2 A y 2 B	Inicio construcciones de casas	S 02°28'19.8'' W 79°54'29''
		S 02°28'24.3'' W 79°54'31.3''
3 A y 3 B	Zona céntrica 1 de la comunidad	S 02°28'24.3'' W 79°54'31.3''
		S 02°28'25.56'' W 79°54'34.15''
4 A y 4 B	Zona céntrica 2	S 02°28'27.9'' W 79°54'30''
		S 02°28'29.2'' W 79°54'30.9''
5 A y 5 B	Zona céntrica 3	S 02°28'28.21'' W 79°54'26.47''
		S 02°28'29.73'' W 79°54'26.67''



2.2. Metodología de muestreo

Agua.- Se realizaron cuatro monitoreos en quiebre (a media marea), en los cuales se colectaron 30 muestras superficiales para cuantificar metales pesados.

Las muestras fueron colectadas en botellas de polietileno de 1 000 ml, previamente tratadas y rotuladas, basándose en la metodología recomendada por Solórzano (1983), así como del *Standard Methods 21st Edition*.

Los parámetros de temperatura, oxígeno disuelto y pH fueron medidos *in situ* con el equipo Orion 1230; la salinidad se la registró mediante el refractómetro marca Atago con medición de 0 a 100‰.

A las muestras para metales pesados se les agregó 1 ml de ácido nítrico calidad reactivo, para su posterior análisis en el laboratorio.

Sedimento.- Se colectaron 32 muestras de sedimento durante marea baja. La colecta se la realizó con espátulas de plástico y se conservaron en fundas de cierre hermético hasta su análisis en el laboratorio.

Organismos.- Para la determinación de metales en organismos se decidió trabajar con almejas (*Donax sp.*), las cuales son parte de la dieta alimenticia de los pobladores del área de estudio, adquiriendo 50 organismos colectados por los comuneros, en dos ocasiones.

2.3. Metodología de análisis

Agua.- Las muestras de agua fueron previamente filtradas utilizando filtros de membrana con poros de 0.45 µm de diámetro. Se prosiguió con el procedimiento de extracción con APDC recomendada por Solórzano (1983) y la cuantificación de los metales (cadmio, cobre, níquel, plomo y zinc) se realizó por absorción atómica utilizando un espectrofotómetro de llama Perkin Elmer.

Sedimento.- Los sedimentos fueron extendidos y secados a temperatura ambiente. Una vez secos se disgregaron y tamizaron a través de un tamiz de 71 µm.

Las muestras obtenidas fueron secadas en estufa a aproximadamente 80°C por una hora para eliminar la humedad y luego se las procedió a pesar por duplicado. La digestión de las muestras se la realizó según metodología interna del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, con referencia en el *Standard Methods 21st Edition*.

La lectura se la realizó en el espectrofotómetro de llama Perkin Elmer modelo AA100.

Organismos.- Para la cuantificación de metales pesados en organismos se adquirieron 50 conchas (*Donax sp.*) colectadas por los comuneros para su consumo en dos ocasiones. A las almejas se les eliminó todo el material adherido a la superficie de la concha y posteriormente fueron lavadas varias veces con agua destilada para evitar posibles contaminantes externos.

Se separó el tejido de las conchas y se lo colocó en compartimientos para ser secados en una estufa a $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta obtener un peso constante, libre de humedad. Se procedió a pulverizarlo y se utilizó 1 gramo de tejido seco para los análisis, incluida una réplica para verificar los datos resultantes. Los tejidos fueron sometidos a digestión ácida por 24 horas.

Una vez transcurrido el tiempo de digestión, las muestras fueron evaporadas a una temperatura de 100°C . El extracto resultante se filtró en papel Whatman No. 40 y se enrasó a volumen de 50 ml. Al igual que las muestras de agua y sedimento, las lecturas se las realizó en el espectrofotómetro de Absorción Atómica.

3. RESULTADOS

3.1. Parámetros físicos

La distribución de la temperatura superficial del agua se mantuvo constante entre las estaciones en cada monitoreo. Pero existe una variación temporal notable entre la temperatura promedio del tercer y cuarto monitoreo de $23,01^{\circ}\text{C}$ y $27,46^{\circ}\text{C}$ respectivamente (Figura 2).

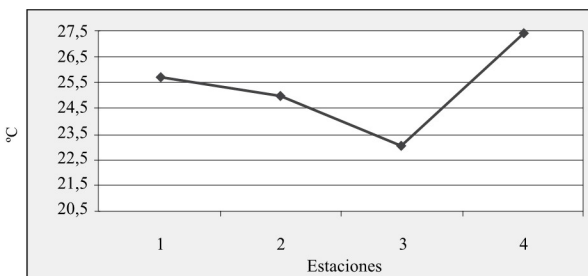


Figura 2.- Temperatura superficial del agua

En los monitoreos 1, 3 y 4 la salinidad se mantuvo constante entre las estaciones, y en el segundo muestreo se presentó una variabilidad, teniendo el valor más bajo de $23,5\%$ en la estación 1 y en la estación 4 se notó el valor más alto de 28% (Figura 3).

Durante los monitoreos 1 y 3 la salinidad fue de $24,24 \%$ y $24,46 \%$ respectivamente, mientras que los valores aumentaron a $26,26 \%$ y $26,80 \%$ para las salidas de campo 2 y 4.

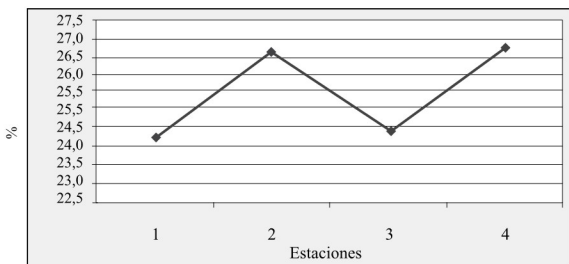


Figura 3.- Salinidad del agua

- **pH.**- Se mantuvo constante en los monitoreos y estaciones obteniendo promedios entre 6 y 7. (Figura 4).

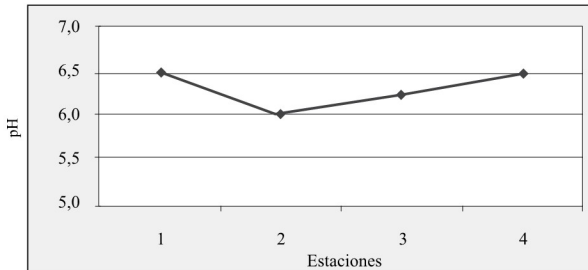


Figura 4.- pH del agua

- **OD.**- El oxígeno disuelto varía de acuerdo a la marea. En quiebre se obtuvo una mayor concentración de oxígeno (8 mg/l), mientras que en marea baja se observó un decrecimiento de éste parámetro (6mg/l) aunque no es considerado un valor anóxico, por lo tanto son valores normales. (Figura 5).

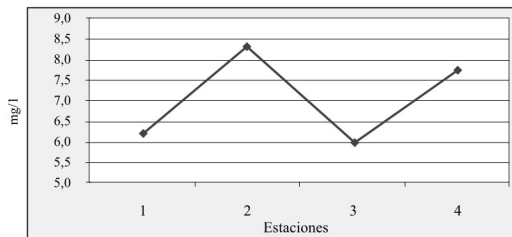


Figura 5.- Oxígeno disuelto

3.2. Metales pesados

Agua.- El cadmio se encuentra en un promedio de concentración de 0,005 ppm en las estaciones monitoreadas. El cobre se encontró en mayor cantidad en las estaciones 2A y 3A (0,039 y 0,030 ppm respectivamente), mientras que la mayor concentración de níquel se observó en las estaciones 2A, 2B y 3B con 0,031; 0,037 y 0,032 cada una. (Tabla II).

Tabla II Promedio de la concentración de metales en agua (ppm)					
	Cadmio	Cobre	Níquel	Plomo	Zinc
1A	0,004	0,024	0,005	0,019	0,050
1B	0,005	0,027	0,010	0,021	0,070
2A	0,005	0,039	0,031	0,081	0,118
2B	0,003	0,018	0,037	0,026	0,043
3A	0,005	0,030	0,013	0,016	0,050
3B	0,005	0,015	0,032	0,041	0,084
4A	0,004	0,008	0,012	0,020	0,035
4B	0,004	0,020	0,013	0,034	0,088
5A	0,004	0,012	0,012	0,038	0,046
5B	0,003	0,012	0,027	0,030	0,105

Sedimento.- El cadmio se encontró en menor concentración (1,933 ppm) en la estación 3B y en mayor concentración en la estación 1 (5,619 ppm).

La mayor concentración de cobre (145,596 ppm) se observó en la estación 3B, mientras que la menor (65,202 ppm) en la estación 4B.

El valor más alto de níquel (37,028 ppm) se dio en la estación 3A y la menor (22,195 ppm) en la estación 3B.

La mayor concentración de plomo (15,376 ppm) se presentó en la estación 1 y la menor (9,417 ppm) en la 3B.

En zinc el valor más alto (105,150 ppm) se registró en la estación 2 y la menor (72,507 ppm) en la estación 4B (Tabla III).

	Cadmio	Cobre	Níquel	Plomo	Zinc
1	5,619	110,722	35,112	15,376	82,586
2	2,075	124,646	33,388	12,265	105,150
3A	3,448	91,927	37,028	10,657	103,466
3B	1,933	145,596	22,195	9,417	70,580
4A	2,698	103,231	24,633	12,765	77,275
4B	2,100	85,202	27,059	11,366	72,507
5A	1,950	107,210	29,495	10,986	78,659
5B	2,732	122,342	31,583	10,423	77,493

Organismos.- Los valores promedios de los monitoreos realizados dieron para cadmio 3,246 ppm; para cobre 13,242 ppm; para níquel 5,506 ppm; en zinc 47,127 ppm; mientras que no se detectó la presencia de plomo en los organismos. Teniendo las mayores concentraciones en zinc y las menores en cadmio (Tabla IV).

	Cadmio	Cobre	Níquel	Plomo	Zinc
Promedio	3,246	13,242	5,506	N.D.*	47,127

* No detectable

4. DISCUSIÓN

4.1. Agua

Los datos de temperatura obtenidos durante las salidas de campo se mantuvieron constantes (23 – 25°C), valores que son propios del patrón climático que rigen en el área de estudio durante la estación seca.

Los valores de pH han sido constantes a través del espacio y del tiempo, indicando que el agua es alcalina con un rango que va de 5,98 a 6,52.

La distribución de la salinidad varía debido al flujo y reflujo de mareas presentes en el área de estudio durante la colecta de muestras.

El oxígeno disuelto presentó un aumento durante el segundo y cuarto monitoreo, aún por dicha variabilidad se encuentra en los límites permisibles según la legislación ambiental ecuatoriana para la conservación de la flora y fauna.

Las concentraciones de los metales (Cd, Cu, Ni y Zn) analizados en las muestras de agua superficial se encuentran bajo los límites permisibles descritos en la legislación ambiental ecuatoriana para la conservación de la flora y fauna por lo que se considera que no existe una contaminación por estos metales pesados en el sistema acuático del área de estudio; mientras que la concentración de plomo ha excedido los rangos permitidos, ya que se encuentra en un promedio de 0.032 ppm, lo cual puede deberse a las actividades antropogénicas tales como la combustión de la gasolina utilizada por las embarcaciones que transitan por el área de estudio (Figura 6).

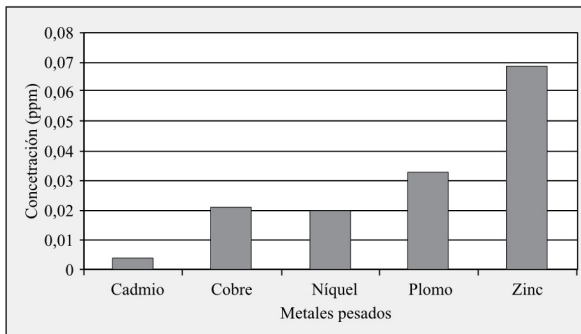


Figura 6.- Promedio de la concentración de metales pesados en agua superficial

4.2 Sedimento

Los metales analizados en las muestras de sedimento se encontraron en el siguiente orden de magnitud: Cu>Zn>Ni>Pb>Cd (Figura 7).

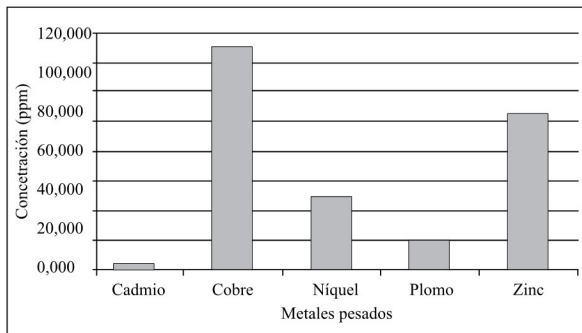


Figura 7.- Promedio de la concentración de metales pesados en sedimentos

El zinc es un elemento que se encuentra en el ambiente como resultado del desgaste de las rocas y minerales (Greenber *et al.*, 1992). Tanto el cobre como el zinc son considerados elementos esenciales y biodisponibles, ambos pueden ser captados por organismos que los requieran.

El comportamiento del níquel es considerado complejo en los estuarios, debido a que participa en los procesos biogeoquímicos, ya que en estudios realizados en el estuario Delaware (EE.UU.) su comportamiento es no conservativo (Sharp *et al.* 1982; Apte *et al.* 1990). Sin embargo, este elemento fue reportado como conservativo en las aguas estuarinas del río Lena (Martín *et al.* 1993).

En el caso del plomo, las altas concentraciones pueden ser atribuidas al uso de gasolina que contiene plomo, así como a residuos domésticos o industriales que se desechan en esta zona.

Según Largerwerff (1972), la presencia de cadmio en zonas litorales es considerada como un componente normal de los sedimentos marinos y como un aporte de las rocas fosfóricas. Sin embargo, el cadmio y el plomo son elementos acumulables que pueden ser altamente tóxicos en altas concentraciones, pudiendo incluso ser responsables de cambios adversos en la biota.

4.3 ORGANISMOS

La acumulación de los metales analizados (ppm) presentaron el orden siguiente en ambos monitoreos: Zn>Cu>Ni>Cd (Figura 8); considerando que el Pb no fue detectado.

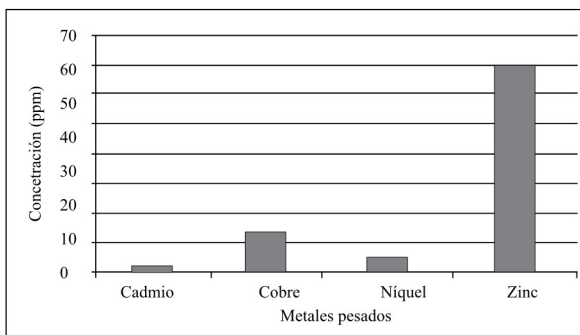


Figura 8.- Promedio de concentración de metales pesados en *Donax sp.*

Los altos niveles principalmente de cobre y de zinc presentados en los tejidos de los moluscos bivalvos están relacionados con las condiciones ambientales del área de estudio. En este sentido Wright y Zamuda (1987) determinaron que el cobre es rápidamente acumulado por los bivalvos a bajas salinidades mientras que Rajkumar *et al.* (1992) encontraron que el aumento de temperatura generalmente favorece la tasa metabólica de los organismos, ayudando así a la acumulación de los metales.

Los metales esenciales (Zn, Ni y Cu) fueron acumulados en mayor proporción que los no esenciales (Cd y Pb). Cabe resaltar que el cobre y el zinc en pequeñas cantidades, actúan como componentes estructurales o catalíticos indispensables para el crecimiento y tienden a incrementarse con el tiempo de exposición y la talla del cuerpo (Usero *et al.*, 1996). Según Rainbow *et al.* (1990), metales como el hierro, zinc, cobre, cromo, manganeso y níquel juegan un papel importante en la bioquímica como factores enzimáticos, mientras que a los metales no esenciales como el cadmio, plomo y cromo no se les conoce función metabólica.

5. CONCLUSIONES

Los metales cadmio, cobre, níquel y zinc analizados en las muestras de agua no han excedido los límites permisibles según los criterios de calidad de agua admisibles para la preservación de la flora, fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario descritos en el *Texto Unificado de Legislación Ambiental -TULAS* (Tabla 11).

El plomo ha excedido el rango permisible en agua según los criterios de TULAS. Esto se debe a los impredecibles derrames de combustibles (gasolina – aceite); o, a la combustión del mismo de las lanchas comerciales que navegan constantemente en el área de estudio.

El cadmio, plomo, cobre y zinc son indicadores de contaminación generada por el hombre, debido a que sus concentraciones en el medio ambiente son reflejos de las actividades humanas.

En los moluscos bivalvos, los metales esenciales (Zn, Ni y Cu) fueron acumulados en mayor proporción que los no esenciales (Cd y Pb), considerando que el plomo no fue detectado y el cadmio se encuentra en pequeñas concentraciones que pueden generar impactos en la biota. Por lo tanto se recomienda realizar un estudio sobre las interacciones de este elemento en dichos organismos y su entorno.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Unidad de Postgrado Investigación y Desarrollo (UPID) y al Fondo Competitivo de Investigación-Dirección de Investigaciones y Proyectos Académicos (DIPA) de la Universidad de Guayaquil por su apoyo en el financiamiento de éste proyecto. Así mismo nuestros agradecimientos a las autoridades de la Facultad de Ciencias Naturales, a la comunidad “Cerrito de los Morreños” y a todas las personas que se involucraron y nos ayudaron durante el desarrollo del presente trabajo.

7. REFERENCIAS

1. Apte, S., Gadner, M., Gunn, A., Ravenserof, J., Vale., J. (1990) Trace metals in the severn estuary: A reappraisal. Mar . Poll. Bull., 21 (8) 393-396 pp.
2. Bravo, M. & Cobos, F. (2000): Plan de Manejo Global de 3 394 Ha de manglar para beneficio de la Comunidad Cerrito de los Morreños. PATRA-Subsecretaría de Desarrollo Sostenible.
3. Gaad, G. & Griffiths, A. (1987). Microorganisms and heavy metals toxicity. Microbial Ecol., 4: 303-317.
4. Greenber A., Clesceri, L., Eaton, A., (1992). Standard Methods, 18 Edition APHA - AHW - USA, 3060 pp.

5. Ke C. and W-X Wang, (2002). Trace ingestion and assimilation by the green mussel *Perna viridis* in a phytoplankton and sediment mixture. *Mar. Biol.*, 140: 327-335.
6. Largrewerff, J.V. (1972) Interactions of zinc with uptake and trans location of cadmium in radish. *New Phytologists*, 515-522 pp.
7. Martín, J., Guan, D., Elbaz - Poulichet, F., Thomasy, A., Gordev, V., (1993), Preliminary assessment of the distribution of some trace elements in a pristine aquatic environment in the Lena river estuary (Russia). *Mar. Chem.*, 43:185-199 pp.
8. Moreno M. (2003): Toxicología Ambiental “Evaluación de riesgo para la salud humana”, McGraw-Hill/Interamericana de España.
9. Páez-Ozuna J., Frías-Espéricueta, M. y Osura-López, J. (1995). Trace metal concentrations in relation to season and gonadal maturation in the oyster *Crassostrea iridescens*. *Mar. Environ. Res.*, 40(1): 19-31.
10. Phillips D. (1976): The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of trace metals in Scandinavian waters. I. Zinc and cadmium. *Mar. Biol.*, 43(4): 283-291.
11. Phillips, D. & Rainbow, P., (1997). Trace metal accumulation in marine invertebrates: Marine biology or marine chemistry. *J. Mar. Biol. Assoc.*, 77:195-210.
12. Rainbow, P.; Phillips, D. y Depledge, M. (1990). The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates: A need for laboratory investigation of accumulation strategies. *Mar. Pollut. Bull.*, 12(7): 321-324.
13. Rajkumar W.; Mungal, R. y Bahadoorsingh, E. (1992): Heavy metal concentration in sea water, sediment, and biota (*Donax striatus*) along the east coast of Trinidad. *Caribb. Mar. Stud.*, 3:26-32.
14. Sadiq M. (1992). *Toxic Metal Chemistry in Marine Environments*. Marcel Dekker. New York, 390 pp.
15. Sharp, J., Culbertson Ch., Church, T., (1982). *The Chemistry of the Delaware estuary. General considerations*. *Limnol. Oceanogr.* 27(6): 1015-1028 pp.
16. Standard Methods (2005) for the Examination of water and wastewater 21 st. Edition Ed. Jointly Board.
17. Solórzano L. (1983). *Boletín Científico y Técnico Vol. VII, No. 1 “Instrumentación y Análisis Químico de Agentes Contaminantes en el Mar”*, Instituto Nacional de Pesca, Ecuador.
18. *Texto Unificado de Legislación Ambiental (2003). Libro VI Anexo 1-Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.*
19. Usero J., González-Regalado, E. y García, I. (1996). Trace metals in the bivalve mollusc *Chamelea gallina* from the Atlantic coast of southern Spain. *Mar. Pollut. Bull.*, 32(3): 305-310.
20. Wright D., & Zamuda, D. (1987). Use of oyster as indicators of copper contamination in the Patuxent River, Maryland. *Hydrobiol.*, 222:39-48.