



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**

**CUANTIFICACIÓN DE METALES TRAZA EN MEJILLONES  
(*Mytilus californianus*) PARA LA DEMOSTRACIÓN DE LA EFECTIVIDAD  
DEL USO DE LLANTAS COMO MATERIA PRIMA EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE UN ARRECIFE ARTIFICIAL.**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
O C E A N O L O G O  
PRESENTA  
FELIX GILBERTO GUTIERREZ VILLANUEVA**

**ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, 12 MAYO DEL 2006.**

## RESUMEN


Mediante el uso de mejillones (*Mytilus californianus*) como bioindicador se realiza una serie de experimentos de laboratorio para conocer si existe un enriquecimiento por metales pesados en los organismos, por el efecto de la descomposición de elemento de llantas de desecho.. Los resultados muestran que la mayoría de las concentraciones de los metales analizados (Hg, Pb, Cd, Cu, Ni, Co, Zn) aumentan con el tiempo confirmando que existió una liberación de estos metales por parte de los neumáticos, sin embargo este incremento no se considera que pueda ser dañino, de acuerdo a las concentraciones normadas y en la bibliografía. Los constituyentes menores Mercurio, Cobre, Níquel y Cobalto no presentaron un incremento perceptible. En general, aunque los organismos fueron expuestos a condiciones extremas durante los 97 días de los experimentos se puede concluir que no existe una acumulación que puede considerarse como dañina en los organismos y que los neumáticos son elementos viables para utilizarlos como sustrato.

CUANTIFICACIÓN DE METALES TRAZA EN MEJILLONES  
(*Mytilus californianus*) PARA LA DEMOSTRACIÓN DE LA EFECTIVIDAD  
DEL USO DE LLANTAS COMO MATERIA PRIMA EN LA  
CONSTRUCCIÓN DE UN ARRECIFE ARTIFICIAL.

T E S I S  
QUE PRESENTA:  
FELIX GUTIERREZ VILLANUEVA

Aprobada por:

  
Presidente del Jurado.  
M.C. Luis Felipe Navarro Olache

  
Sinodal Propietario  
M.C. Juan Antonio Fernández Apango

  
Sinodal Propietario  
M.C. Héctor Manuel Atilano Silva

## AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quiero agradecer a Dios por darme vida, salud y a 2 personas que amo con toda mi alma, mi amor PATY y mi nene FELIX ANDRES, gracias a ellos es que puedo seguir día con día superándome y con muchas ganas de vivir la vida, gracias a ellos pude terminar este trabajo, son parte importante en mi inspiración, vida, sueños son mi todo. Gracias por no soltarme la mano en mis momentos de enojo, cada vez que bajo la guardia ahí están ellos para ayudarme a salir adelante. LOS AMO, SON LO MEJOR QUE ME HA PASADO.

Gracias a 2 amigos que se que nunca se olvidaran de mi y que se que me aman igual que yo a ellos: *mis padres*, FELIX y AMELIA, son parte importante de mi vida son mi ejemplo de vida tanto en lo profesional como en el hogar, sin ellos no hubiera podido llegar hasta estos niveles, para ellos toda mi admiración, respeto y amor, son los mejores padres del mundo, los amo. Dentro de la familia agradezco a mis hermanos (MALOLO Y CLAUDIA) por sus preocupaciones, intereses y los buenos ratos que me hacen pasar pero sobre todo por el amor que hay en la familia.

De igual manera quiero agradecer a mis abuelos, AMELIA, GIL, LUPE Y CHAYO, ellos aunque están en el cielo nunca se olvidan de mi ni yo de ellos son mis ángeles y cuando estuvieron en vida conmigo siempre fueron un apoyo incondicional llenos de amor y ternura LOS QUIERO Y EXTRAÑO. A mi abuelo FELIX que gracias a Dios sigue conmigo, le agradezco todo lo que me ha enseñado sus preocupaciones y su amor bien demostrado lo quiero mucho abuelito.

Gracias a pero muchas gracias a todos mis tíos (CHUY, NACHO, CHEVE, VITOR, NORA, OTHON, RICARDO, ANDRES, CHARO, LALO, VIKY, PATY Y TERE) el orden no importa a todos los quiero igual, gracias a ellos ejemplos de vida, siempre al pendiente mío y de mi familia, ellos estuvieron siempre conmigo apoyándome en momentos importantes, por hacerme pasar muy buenos ratos, por que la familia este siempre unida, por el amor, el respeto, confianza, por ser una mano amiga que siempre esta dispuesta a ayudarme, por eso y mucho mas GRACIAS. A todos mis primos que son un chin... y no me caben en la hoja para mencionarlos pero a todos ellos muchas gracias por ser unos grandes amigos para mi.

A mis suegros (Sergio y Carmina) por sus consejos, apoyos y preocupaciones, muchas gracias pero sobre todo por tener una hija tan linda, a la que amo, muchas gracias.

A mis dos amigos de la carrera (Ana María y Aarón) muchas gracias por los "paros" que me hicieron cuando lo necesite, el apoyo cuando era necesario y por salir adelante juntos de los problemas, muchas GRACIAS

MC Luis Felipe Navarro, MC Juan Apango y MC Héctor Atilano, Muchas Gracias por ponerme atención y prestarme un poco de su tiempo para realizar esta tesis, muchas gracias por creer en mi y por el apoyo que me dieron. Espero que les hayan gustado los abulones, Lufeno gracias por echarme la mano cuando mas lo necesitaba eres un gran amigo.

## INDICE

Resumen.....	II
Página de Aprobación.....	III
Agradecimientos.....	IV
Índice.....	V
Lista de Tablas.....	VI
Lista de figuras, fotografías y Gráficas.....	VII
Introducción.....	01
Antecedentes.....	08
Materiales y Métodos.....	14
Resultados.....	16
Discusión.....	30
Conclusiones.....	36
Bibliografía.....	38

## LISTA DE TABLAS

Tabla I. Análisis Típico de neumáticos como Combustible Alternativo.  
Fuente: Air Emissions from Scrap Tire Combustion, EPA 1997

Tabla II. Comparación entre el estándar de referencia (SRM 2976) y el estándar medido en el laboratorio

Tabla III. Concentraciones de Zinc en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Muñoz, 1997)

Tabla IV. Concentraciones de Cadmio en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Muñoz, 1997)

Tabla V. Concentraciones de Mercurio en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

Tabla VI. Concentraciones de Cobre en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

Tabla VII. Concentraciones de Níquel en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

Tabla VIII. Concentraciones de Cobalto en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

### **LISTA DE FIGURAS, FOTOGRAFÍAS Y GRÁFICAS**

Figura 1. Área de Estudio y localización de la estación de muestreo. En el Instituto de Investigaciones Oceanológicas se realizarán los experimentos y en Eréndida se recolectarán los mejillones (figura modificada de Segovia-Zavala et al., 2003).

Figura 2. Representación gráfica de las concentraciones de Zinc con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Muñoz, 1997)

Figura 3. Representación gráfica de las concentraciones de Cadmio con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Muñoz, 1997)

Figura 4. Representación gráfica de las concentraciones de Mercurio con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

Figura 5. Representación grafica de las concentraciones de Cobre con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

Figura 6. Representación grafica de las concentraciones de Níquel con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

Figura 7. Representación grafica de las concentraciones de Cobalto con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

## *INTRODUCCIÓN*

En la actualidad los océanos del mundo están siendo constantemente contaminados por desechos de actividad humana como aguas residuales y descargas naturales. De toda la gama de contaminantes que llegan al mar una de las fuentes importantes de contaminación son la de los metales pesados como Hg, Pb, Cd, Cu, Ni, Co, Zn. Los metales pesados son productos tóxicos que afectan prácticamente toda la cadena trófica, desde aquellos organismos que reciben o tienen contacto directo con ellos como organismos que se alimentan de ellos, incluyendo personas que consumen organismos en últimos eslabones de la cadena alimenticia. En su mayoría los metales pesados son tóxicos acumulables que permanecen en el cuerpo por largos periodos de tiempo, lo que los hace mas dañinos. Existen diferentes especies químicas de metales en el medio, en este trabajo se cuantifican aquellos metales que han servido como indicadores del estado de contaminación de substratos o cuerpos de agua a través del contenido de estos metales en organismos, principalmente aquellos expuestos a la contaminación producida por la actividad antropogénica (industrias, drenajes, etc.) que viven cerca de la costa.

En este trabajo los metales traza serán utilizados para diagnosticar el grado de contaminación que un organismo puede acumular cuando éste está expuesto a un medio ambiente conteniendo material de neumáticos de

desecho. Se realiza este estudio de laboratorio para analizar el grado de aceptación de organismos (*Mytilus californianus*) a substrato artificial y los daños ocasionados por los metales a estos organismo, indicados por la cantidad de metales prevista a ser evaluada en el tejido a lo largo del tiempo de experimentación. Este trabajo de laboratorio se realiza en condiciones exageradas a lo que ocurre en el medio natural en cuanto al grado de degradación de las llantas y pretende evaluar un posible largo plazo en el que los organismos están sobre expuestos a material sintético en estructuras de protección o arrecifes artificiales elaborados con neumáticos. Con los resultados de esta investigación se indicara la factibilidad de utilizar neumáticos de desecho para reducir la posibilidad de un desastre ecológico generado por estos materiales, al estar acumuladas en centros de acopio a cielo raso. Además se indicara la capacidad y beneficios de estructuras colocadas en el mar como generadores de regiones de pesca en zonas costeras abatidas, sobre explotadas o estériles.

La problemática de la acumulación llantas de desecho es un fenómeno urbano actual y creciente, ante la necesidad de solucionar este problema que se presenta en prácticamente toda la geografía del país, especialmente en los grandes centros urbanos. Los neumáticos de desecho constituyen un problema ambiental por varias razones:

- Son un residuo voluminoso que ocupa un espacio considerable en los rellenos sanitarios y en los basureros a cielo abierto
  - En época de lluvias, los neumáticos se convierten en refugio de insectos perniciosos; son sitios de incubación de mosquitos transmisores de enfermedades. La malaria, el paludismo, el dengue y el virus del oeste del Nilo son algunos ejemplos de las enfermedades que se transmiten a través de mosquitos que se gestan dentro de las cavidades de los neumáticos rellenos con agua.
  - Son contaminantes visuales que degradan la imagen de las comunidades
  - Los amontonamientos de neumáticos pueden incendiarse accidentalmente con la emisión de grandes cantidades de humos tóxicos que pueden durar mucho tiempo por la dificultad que existe para apagar esta clase de siniestros.
- (SEMARNAT)

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha considerado diversas alternativas, tomando en cuenta los criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social que estipula la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPYGIR). Una de

las alternativas que ha merecido especial atención es el reciclaje energético de los neumáticos usados, también conocido como coprocesamiento, aunque el volumen de procesamiento es muy exiguo comparado a la producción y uso de llantas tanto en el mundo como en nuestro país.

No se tienen datos precisos de generación de neumáticos pero se estima que en el país se desechan unos 25 millones de neumáticos al año, con un peso aproximado de 250,000 toneladas. Este valor equivale a un cuarto de llanta por habitante por año. Como comparación, en Estados Unidos se desecha una llanta por habitante por año. Los neumáticos usados en nuestro país terminan, en su mayor parte, diseminados en las calles, terrenos baldíos, tiraderos. En pocos casos los neumáticos son utilizados como parte de rellenos sanitarios o estructuras de protección o relleno de terrenos. En zonas fronterizas el problema de los neumáticos se incrementa, ya estos son ingresados en grandes cantidades al país como producto de importación de material de segunda, mismas que terminan también en centros de acopio donde los neumáticos quedan en espera de un fin definitivo (SEMARNAT).

Las opciones para solucionar el problema ambiental de los neumáticos son varias, algunas de las cuales se han aplicado en nuestro país pero de manera poco sistemática, en general la mayor cantidad de neumáticos reusados en nuestro país van hacia la recuperación energética mediante

combustión de estas para la generación de procesos, sin embargo como en el caso mundial, el reuso de las llantas es menor a su generación dando como resultado la acumulación de mas llantas.

Reciclado de sus materiales.- Existen una serie de procesos de recuperación del hule, las cuerdas de acero y las cuerdas de nylon. En uno de los procesos, los neumáticos se trituran y se separa el acero del hule. El primero se vende a las fundidoras mientras que el segundo se pulveriza dándosele diferentes usos; en un caso se mezcla con asfalto para elaborar fórmulas de pavimentos; en otros casos se fabrican tapetes, fórmulas para impermeabilización de techos, objetos diversos de caucho y otros productos parecidos. Otra forma de separación consiste en congelar la llanta con nitrógeno líquido haciendo que el hule se convierta en un sólido rígido quebradizo que se pulveriza fácilmente. El polvo resultante se utiliza en las aplicaciones ya mencionadas (SEMARNAT).

Uso como relleno.- En algunos países, principalmente Estados Unidos, se han utilizado neumáticos triturados como relleno de taludes en carreteras y puentes. Sin embargo, varios incidentes de incendios dentro de estos taludes han detenido este tipo de aplicaciones (SEMARNAT).

Aprovechamiento energético.- Desde el punto de vista de la composición del hule de los neumáticos, se puede decir que éstos constituyen piezas de combustible sólido, ya que están constituidos mayormente por hidrocarburos. Por ese motivo, uno de los destinos es usarlas como combustible alternativo en hornos industriales, ya que, kilo por kilo, tienen un poder equivalente a cualquier combustible fósil siendo, incluso, superiores al carbón. Pueden alimentarse a plantas generadoras de energía, hornos de fundición y otras aplicaciones similares. Uno de los procesos ideales para este fin son los hornos de las plantas cementeras, donde se queman a temperaturas del orden de 1450 °C que aseguran una combustión completa sin generación de hollín ni otros contaminantes, el acero también se aprovecha fundiéndose e incorporándose al propio cemento. Este uso tiene la enorme ventaja de que permite ahorrar combustibles fósiles como el gas y el combustóleo generando mucho menos dióxido de azufre que este último. Los neumáticos están compuestos de Carbono, Hidrogeno, Nitrógeno, Azufre, Cenizas, Halógenos, Cd, Fe, Cr, Pb, Zn, Cu. (SEMARNAT)

Además de las aplicaciones mencionadas, se han propuesto otras como la construcción de maceteros, la fabricación de huaraches, de adornos para patios y otros usos de corte artesanal; sin embargo, dada la enorme generación, el único uso verdaderamente masivo que permitirá acabar con el rezago y la generación es su empleo como combustible alternativo.

La asociación de arrecifes artificiales de Estados Unidos (US National Artificial Reefs Plan) incluye a los neumáticos como material para la construcción de arrecifes ya que no se le atribuyen ningún efecto tóxico por desprendimiento o descomposición que hayan sido demostrados (Stone, 1985).

La finalidad de este estudio es el conocer si existe una contaminación por metales en los organismos por el efecto de la descomposición de los neumáticos, esto mediante el uso de mejillones (*Mytilus californianus*) como bioindicador; el resultado esperado es que los mejillones no presenten una concentración de metales mayor a la del agua de mar o que resultaran nocivos para el organismo, de manera que la cadena de toxicidad se expanda hacia otros niveles.

Los mejillones han sido utilizados como indicadores de la biodisponibilidad de los metales en el medio ambiente, estos organismos marinos pueden bioacumular metales traza a partir de su alimento y del agua de mar en concentraciones que exceden considerablemente las registradas en el ambiente, reflejando las condiciones ambientales (Gutierrez-Galindo y Muñoz-Barbosa, 2001) que nos puedan indicar algún grado de daño causado por la cercanía de los neumáticos.

## **ANTECEDENTES**

### **• Sobre los neumáticos**

Collins *et al.*, (1994), encontró que el Zinc es el principal metal traza en la superficie de los neumáticos, este metal representa el 1 ó 2% del peso de la llanta. La longevidad, la resistencia, y la forma de neumáticos se ha explotado para muchos usos en la construcción de marina (Collins *et al.*, 1995): rompeolas (terrestres y costa afuera), muros de contención en puertos y estuarios, y arrecifes artificiales para el realce de la industria pesquera. Bajo el agua, los neumáticos se protegen contra la degradación ultravioleta y están en un ambiente químico neutral, estable.

Los neumáticos son relativamente boyantes en agua de mar, y las tentativas iniciales de construir los arrecifes de neumático en los E.U.A. fueron experiencias negativas ya que fueron pobremente diseñados y contruidos, lo que provoco que los neumáticos fueran llevados a tierra por efecto de las tormentas. Esto condujo a las restricciones o a la prohibición en algunos estados como California y Washington (Stone, 1985)

La mayoría de las publicaciones referentes a los arrecifes artificiales de neumáticos se enfocan en poblaciones y refugios de los peces. Sin embargo, al considerar sus consecuencias ambientales en el mar, el crecimiento de organismos en la superficie del neumático puede revelar más que la fauna

móvil, pues su exposición a cualquier químico proveniente de los neumáticos es mayor. Los neumáticos son manufacturados de una amplia gama de compuestos químicos, que varían entre el tipo, el fabricante, la fecha de la producción y el país de origen. El caucho natural y los polímeros sintéticos (e.g. butadieno) se utilizan en su producción, con cantidades grandes de carbón como un agente de llenado y refuerzo. Los aceites se utilizan para ayudar la mezcla de los componentes y para modificar propiedades físicas. Los agentes de vulcanización tales como sulfuro, óxido del zinc, y peróxidos orgánicos permiten las reacciones de la polimerización en temperaturas elevadas durante la fabricación. Los aceleradores (ejemplo compuestos del thiazole) y los retardadores se agregan para controlar el índice de estas reacciones, mientras que los antidegradantes amplían la vida del caucho (Stone,1985)

Un estudio preliminar (Collins *et al.*, 1995) notó la liberación de Zinc y de los compuestos policíclicos aromáticos de neumáticos en estudios en laboratorios de agua de mar

El cobre, el plomo y el cadmio son elementos que representan componentes de menor importancia en los neumáticos (San Miguel *et al.*, 2002).

En un estudio (Collins *et al.*, 2002) se encontraron elevadas concentraciones de zinc en organismos que se fijaron en la superficie de la llanta, además de concentraciones de cobre, plomo y cadmio.

- **Sobre el área de Muestreo y concentraciones de los metales pesados en la Bahía Todos Santos, Ensenada, México**

Se han reportado bajas concentraciones de metales traza en *Mytilus californianus* de Eréndira, Baja California (Martín *et al.*, 1988). Estas han sido consideradas como los niveles naturales o más bajos de la zona costera de Baja California.

Muñoz en 1997 definió tres zonas geográficas tanto en 1982 como en 1994, las zonas comprenden desde Tijuana hasta San Quintín. La zona norte con concentraciones más altas de Pb (4.35 µg/g), pero bajas de Cd (2.6 µg/g). Zona Sur concentraciones bajas de Pb (0.56 µg/g) las mas altas de Cd (16 µg/g). Zona Centro concentraciones intermedias de Pb (1.17 µg/g) y Cd. (7.7 µg/g). El zinc tuvo la alta concentración en la Zona Centro y Zona Sur (176 y 183 µg/g respectivamente). En cuanto al Cu obtuvo concentraciones desde 6.10 hasta 7.95 mg/kg (µg / g)

La concentración de Cu (µg/g peso seco) en la Bahía fue de 0.27 y 7.00. La concentración de Cd fue de 1.37–5.25 mg/kg. (µg / g) La probable

causa de estas altas concentraciones, es la asociación de Cd a los fenómenos de surgencia, los cuales son comunes en la época en que se realizó el muestreo en este estudio (Gutiérrez-Galindo, Muñoz-Barbosa, 2001).

Gutiérrez-Galindo y Muñoz-Barbosa en el 2003 realizaron un estudio a lo largo de la costa de Noroccidental de Baja California, para determinar distribución espacial de la contaminación por Hg, Fe, Co y Ni utilizando el mejillón *Mytilus californianus* como biomonitor, obteniendo:

- La distribución espacial de Hg presentó un gradiente norte-sur desde Punta Bandera (0.331  $\mu\text{g/g}$ ) hasta San Quintín (0.094  $\mu\text{g/g}$ ).
- El Co presentó una distribución espacial con concentraciones significativamente mayores ( $P < 0.01$ ) en Piedra Blanca (2.98  $\mu\text{g/g}$ ) y San Quintín (2.26  $\mu\text{g/g}$ ).
- El Ni mostró una distribución espacial irregular, con concentraciones mayores en Punta Bandera (2.07  $\mu\text{g/g}$ ) y San Quintín (1.83  $\mu\text{g/g}$ ).
- El Fe presentó mayores concentraciones de Punta Banda a Bajamar en febrero (504–515  $\mu\text{g/g}$ ); a excepción de Punta China (1142  $\mu\text{g/g}$ ).

## **HIPÓTESIS**

La creación de arrecifes artificiales mediante neumáticos no presenta un grado evaluable de toxicidad en organismos expuestos a este medio o que se encuentran dentro o cercano a él. Los neumáticos no liberan agentes tóxicos ni dañinos detectables mediante análisis químicos, suficientes como para ser considerados como contaminantes.

## **OBJETIVO**

Cuantificar a lo largo del tiempo el enriquecimiento de metales pesados en el tejido de mejillones (*Mytilus californianus*) expuestos a un substrato consistente en pedazos de neumáticos

## ÁREA DE ESTUDIO

Los mejillones se colectaron en el ejido Eréndira que se localiza en los  $31^{\circ} 43'$  de latitud Norte y los  $116^{\circ} 43'$  de longitud Oeste. Los experimentos se realizaron en los laboratorios del Instituto de Investigaciones Oceanológicas ubicado en el kilómetro 108 Carretera Tijuana Ensenada, Ensenada, B.C. México.

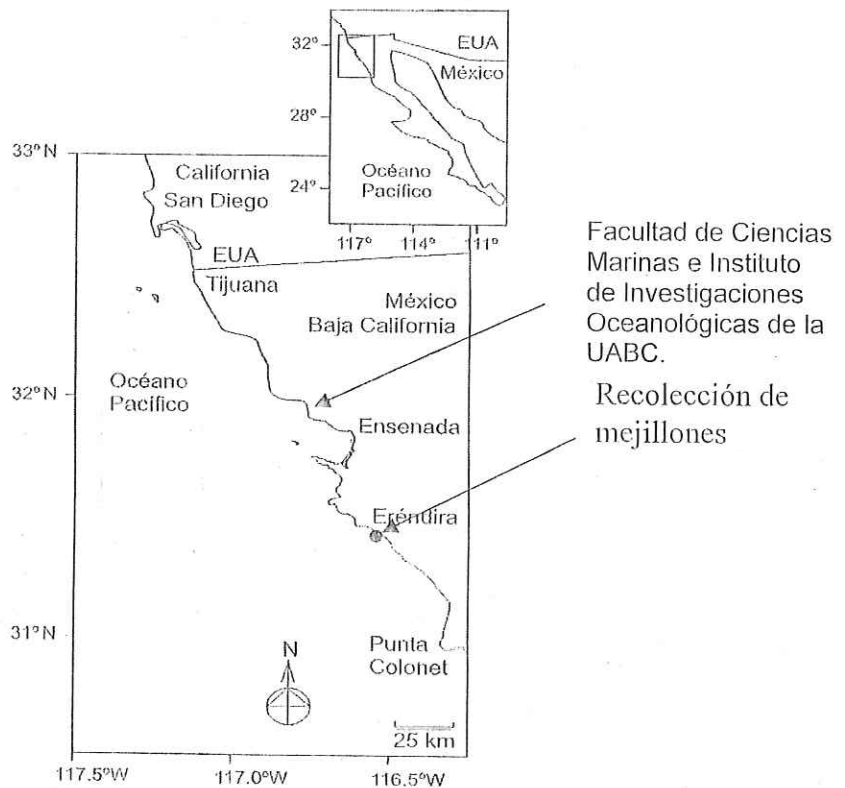


Figura 1. Área de Estudio y localización de la estación de muestreo. (figura modificada de Segovia-Zavala et al., 2003).

## **MATERIALES Y METODOS**

Se recolectaron mejillones *Mytilus californianus* en Eréndida, Baja California. Estudios previos han reportado concentraciones bajas de metales traza en *M. californianus*, las cuales han sido consideradas como los niveles naturales o más bajos de la zona costera de Baja California (Martín *et al.*, 1988). Los organismos se transportaron al laboratorio de acuacultura de la Facultad de Ciencias Marinas y se colocaron en dos estanques con flujo de agua de mar controlado (143 ml/min) y aire continuo. Un estanque contenía como sustrato una cama de pedazos de neumáticos con la finalidad de acelerar el proceso de degradación de la llanta (estanque problema) y el otro tanque no tenía los neumáticos. Aproximadamente cada 15 días, se recolectaron 15 mejillones del estanque problema y se almacenaron en bolsas de plástico debidamente marcadas con la fecha de colecta y colocadas en un congelador con una temperatura de -20° C para su posterior análisis en laboratorio, del estanque que no tenía neumáticos solo se hicieron 2 recolecciones, una al inicio y otra al final del experimento.

La cuantificación de metales en los organismos se realizaron de acuerdo al método modificado de Stephenson (Muñoz-Barbosa, 1997) de las submuestras homogenizadas se tomaron 5 g de tejido blando húmedo y se transfirieron a vasos de precipitado de vidrio de 125 ml. Se les adicionó 10 ml

de HNO<sub>3</sub>, concentrado (grado metal traza), se taparon con vidrios de reloj y se dejaron a temperatura durante 24 horas. Posteriormente se colocaron sobre una plancha caliente y se subió la temperatura a 50°C, se mantuvo así por aproximadamente 2 horas. Enseguida, se puso a reflujo a 100°C durante 4 horas, se les retiró el vidrio de reloj y se llevaron a sequedad, se les adicionó 2 ml de AMQ y se evaporan. Finalmente, se les adicionaron 20 ml de HNO<sub>3</sub>, al 5% (v/v) y se transfirieron cuantitativamente a frascos de polipropileno de 30 ml.

Para evaluar la calidad de los procedimientos analíticos empleados, por cada 15 muestras se analizó una de tejido de mejillón, material estandar de referencia SRM 2976

La concentración de los metales pesados en mejillones se determinó mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica (Flama) para Zn, Cd, Pb, Cu, Ni y Co. Para el Hg se utilizó el Generador de Hidruros (vapor frío) para determinar el porcentaje de humedad de las muestras se tomó 1g (aprox.) de cada una de ellas y se puso a secar a 70 °C durante 72 horas.

Los resultados obtenidos de este estudio se compararon con las concentraciones de los metales pesados en estudio que han reportado algunos investigadores dentro de la Bahía Todos Santos.

## RESULTADOS

Los neumáticos son un material compuesto principalmente de carbón, tiene otros componentes como Nitrógeno, Azufre y metales (Tabla I). Siendo los metales los de mayor interés para la investigación, los metales constituyen un 6.31% del peso de una llanta, siendo el Zinc el constituyente mayor en cuanto a metales.

Tabla I. Análisis Típico de neumáticos como Combustible Alternativo. Fuente: Air Emissions from Scrap Tire Combustion, EPA 1997

<b>Análisis Último</b>	
Humedad	0.84%
Carbón	76.02%
Hidrógeno	7.23%
Nitrógeno	0.34%
Azufre	1.75%
Halógenos totales	0.31%
Cenizas	7.20%
<b>Metales (6.31%)</b>	
Cadmio	4.17%
Níquel	
Fierro	
Cobre	
Plomo	
Zinc	2.14%
Poder calórico	37,177 kJ/kg

Se analizaron algunos de los metales presentados en la Tabla I, en mejillones que estuvieron expuestos a pedazos de neumáticos, para que este experimento tuviera validez y los datos obtenidos se pudieran comparar con cualquier otro dato ya reportado fue necesario hacer la comparación entre un estándar de referencia de mejillón (SRM 2976) y un estándar medido en el laboratorio (Tabla II), esto con la finalidad de saber si estamos midiendo al 100% la concentración de los metales en el tejido del mejillón (porcentaje de recuperación), por ejemplo el Cu (Tabla II) presenta una concentración de 4.02 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) en el SRM(297) y de 3.9 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) en el medido en el laboratorio, haciendo una regla de tres sabemos que 4.02 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) es el 100% por lo tanto 3.9 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) va a ser el 97%, esto nos indica que en los muestreos que se hicieron se midió el 97% del Cu en el tejido del mejillón.

Tabla II. Comparación entre el estándar de referencia (SRM 2976) y el estándar medido en el laboratorio

Metal	SRM(2976)(mg/kg)	Medido (mg/kg)
Cd	0.82±0.16	1.02
Cu	4.02±0.33	3.9
Ni	0.93±0.12	1.4
Co	0.61±0.02	0.6
Zn	137±13	126.68
Hg	0.061±0.0036	0.0628

Los resultados para los metales fueron los siguientes:

## ZINC

El Zinc es un metal que constituye el 2.14% del peso de una llanta, por tal motivo es el metal con el que se pueden tener indicios de un posible traspaso de metales de los neumáticos a los organismos. Las concentraciones de Zinc fueron aumentando conforme al tiempo con excepción del primer muestreo, 17 de Mayo del 2004, debido a que se presenta una concentración por encima del blanco, 201.63 mg/kg; después de esta medición la siguiente fue la del 29 de Mayo del 2004 (136.36) y fue muy baja a comparación de la del 17 de Mayo del 2004 e incluso fue la concentración mas baja reportada en la duración del experimento. La concentración mas alta obtenida fue la del día 20 de Agosto del 2004, 22031 mg/kg (Tabla III)

Las mediciones de los blancos del 17 de Mayo del 2004 (140.91 mg/kg) y del 29 de Julio del 2004 (177.85 mg/kg) estuvieron por debajo de las concentraciones del estanque problema y se puede observar claramente que a partir del 29 de Mayo del 2004 las concentraciones van en aumento conforme se hacen las mediciones de las siguientes fechas.

Conforme aumentaba la concentración de Zinc en el tanque problema, también aumentaba en el tanque Blanco (Figura 2). Las concentraciones del tanque problema estuvieron por encima de las concentraciones del tanque blanco pero no fueron muy elevadas.

Tabla III. Concentraciones de Zinc en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Muñoz, 1997)

Zinc (Zn)			
Fecha	Concentración (mg/kg)	Bibliografía (mg/kg)	Blanco (mg/kg)
17-May-04	201.63	173	140.91
29-May-04	136.36	173	
11-Jun-04	146.26	173	
25-Jun-04	159.74	173	
29-Jul-04	211.3	173	177.85
20-Ago-04	220.31	173	

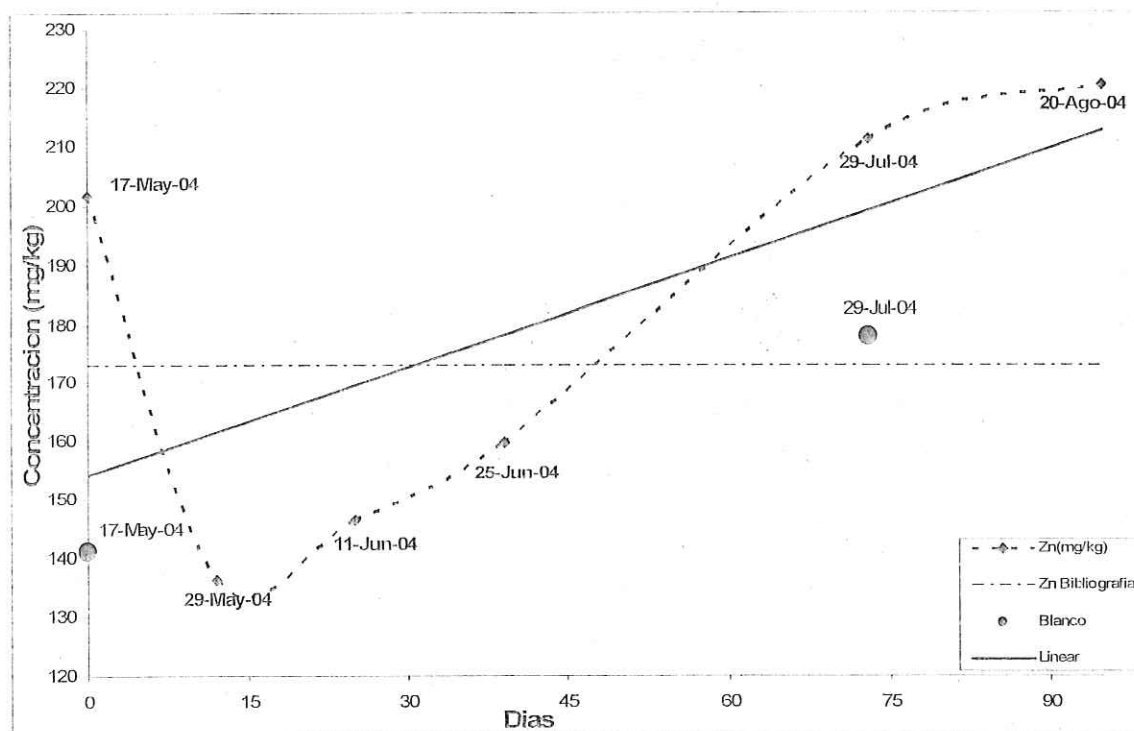


Figura 2. Representación grafica de las concentraciones de Zinc con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Muñoz, 1997)

## **CADMIO**

Las concentraciones de Cadmio tanto el tanque problema como del blanco estuvieron por encima de la concentración reportada por la bibliografía (7.7 mg/kg), solo se reportó una medición baja a comparación de las demás y fue el día 25 de Junio del 2004 (7.5 mg/kg) (Tabla IV).

En el caso de que la llanta esté liberando metales y sean acumulados por los mejillones se esperaría una tendencia de aumento de la concentración con respecto al tiempo, lo cual se puede observar a partir del 25 de junio del 2004 hasta la medición del 20 de Agosto del 2004 (Figura 3) siendo esta la última medición y por consiguiente la más alta reportada (12.7mg/kg). Cabe mencionar que no solo el tanque problema presento un aumento en la concentración con respecto al tiempo, el tanque blanco presento aumento también.

Los blancos reportados estuvieron por debajo de las concentraciones del estanque problema, los blancos se midieron el 17 de Mayo del 2004 (6.6mg/kg) y el 29 de Julio del 2004 (7.9 mg/kg). Esta diferencia de concentraciones no fue muy amplia conforme aumentaba el tiempo

Tabla IV. Concentraciones de Cadmio en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Muñoz, 1997)

Cadmio (Cd)			
Fecha	Concentración (mg/kg)	Bibliografía (mg/kg)	Blanco (mg/kg)
17-May-04	9	7.7	6.6
29-May-04	9.8	7.7	
11-Jun-04	11.4	7.7	
25-Jun-04	7.5	7.7	
29-Jul-04	10.3	7.7	7.9
20-Ago-04	12.7	7.7	

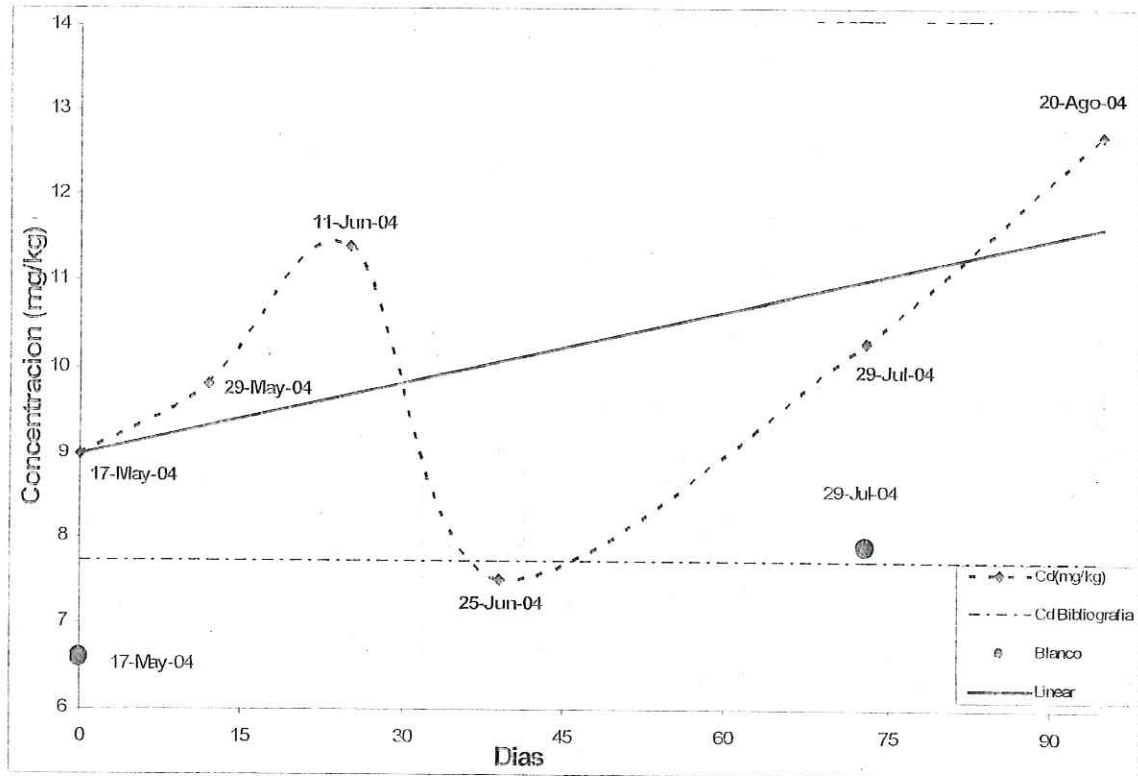


Figura 3. Representación grafica de las concentraciones de Cadmio con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Muñoz, 1997)

## MERCURIO

El Mercurio es uno de los constituyentes menores de la llanta, de acuerdo con lo reportado en la Tabla I, por tal motivo no se espera un aumento en la concentración de este metal.

Las concentraciones de Mercurio, estuvieron muy por debajo de la reportada en la bibliografía (0.94mg/kg), la concentración mas alta se encontró el día 20 de Agosto del 2004 (0.0389mg/kg) y la mas baja fue la del día 29 de Mayo del 2004 (0.0151 mg/kg) (Tabla V), en general la concentración con respecto al tiempo se mantuvo estable no hubo fluctuaciones importantes El blanco del día 17 de Mayo del 2004 estuvo por encima de la concentración reportada ese mismo día del tanque problema

Tabla V. Concentraciones de Mercurio en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

<i>Mercurio (Hg)</i>			
<b>Fecha</b>	<b>Concentración (mg/kg)</b>	<b>Bibliografía (mg/kg)</b>	<b>Blancos (mg/kg)</b>
17-May-04	0.0171	0.094	0.0366
29-May-04	0.0151	0.094	
11-Jun-04	0.018	0.094	
25-Jun-04	0.0189	0.094	
29-Jul-04	0.021	0.094	0.0142
20-Ago-04	0.0389	0.094	

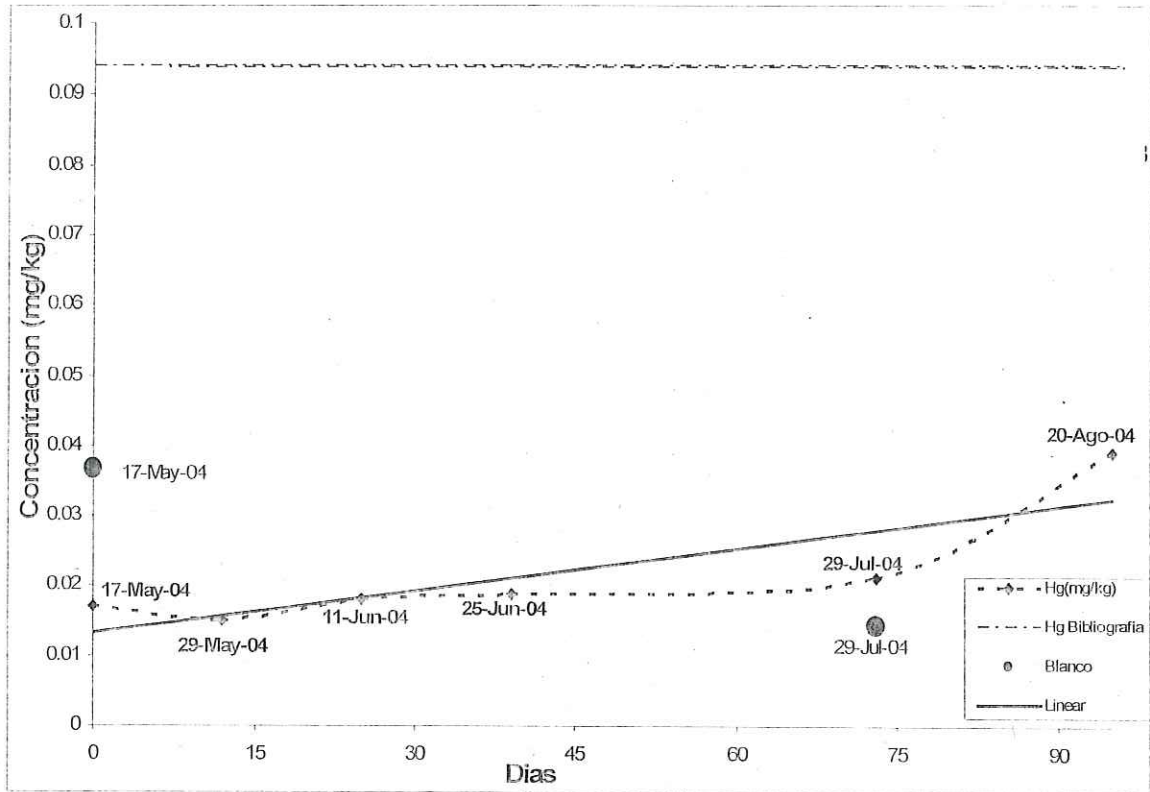


Figura 4. Representación grafica de las concentraciones de Mercurio con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

## COBRE

El Cobre presentó un descenso en la concentración a partir del día 11 de Junio del 2004, ya que de tener una concentración de 8.2 mg/kg bajó hasta 7.2mg/kg el 29 de Julio del 2004, pero este último dato no es la concentración más baja reportada, el día 29 de Mayo del 2004 se reportó la concentración más baja en el experimento, fue de 6 mg/kg.

La mayor parte de las concentraciones de Cobre estuvieron levemente por encima de la registrada en la bibliografía (7 mg/kg). A partir el 11 Junio del 2004 las concentraciones medidas poco a poco van disminuyendo su concentración con respecto al tiempo hasta el 20 de Agosto donde se presenta una concentración de 7.4 mg/kg sigue siendo más baja que la del 11 de Junio del 2004 pero con esto se ve que no tiene fluctuaciones importantes y que esta estable la concentración de Cobre a partir del 11 de Junio del 2004, al final del experimento, tomando como referencia los blancos, no se ve un incremento en la concentración de cobre en los mejillones del tanque problema.

Tabla VI. Concentraciones de Cobre en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

<i>Cobre (Cu)</i>			
Fecha	Concentración (mg/kg)	Bibliografía (mg/kg)	Blanco (mg/kg)
17-May-04	7.6	7	6.6
29-May-04	6	7	
11-Jun-04	8.2	7	
25-Jun-04	7.7	7	
29-Jul-04	7.2	7	8.9
20-Ago-04	7.4	7	

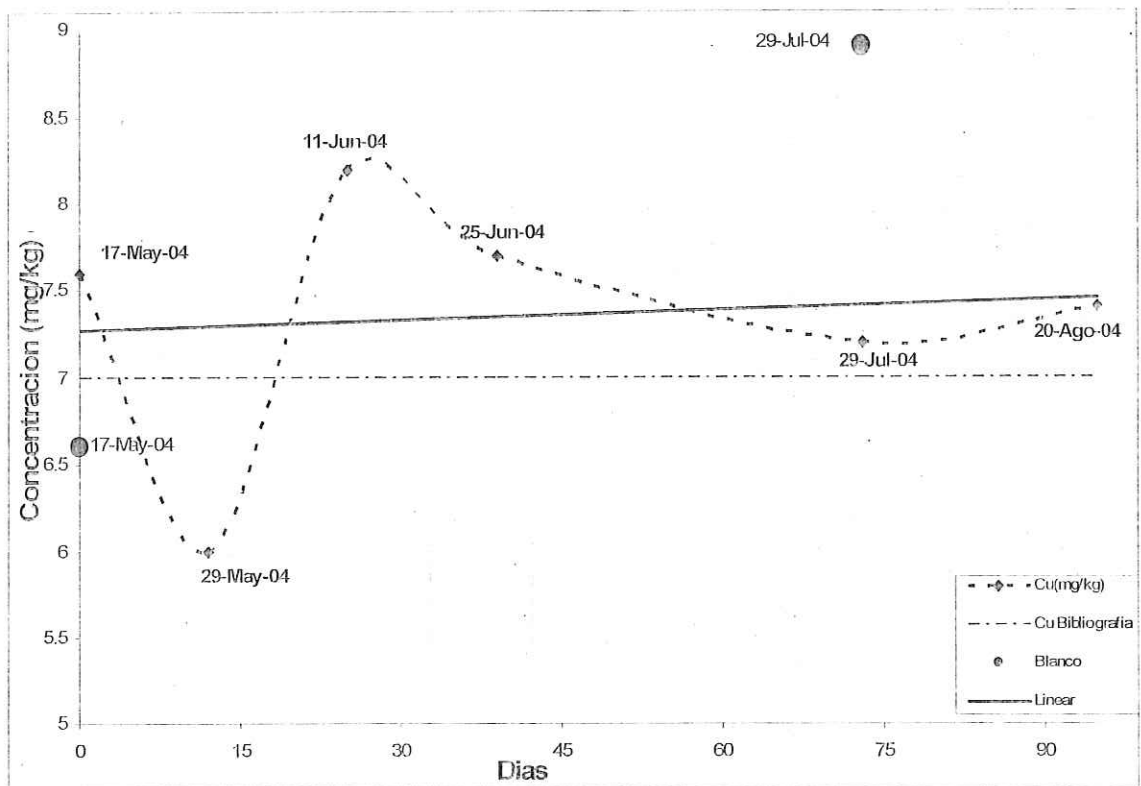


Figura 5. Representación grafica de las concentraciones de Cobre con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

## NIQUEL

Las concentraciones en el Níquel fueron menores conforme avanzaba el tiempo; comparado con los blancos, los mejillones del tanque problema no presentaron un incremento al final del experimento, pero sí en el inicio. La concentración más alta de Níquel se midió el día 29 de Mayo del 2004 (2.4

mg/kg) y la concentración más baja fue medida el día 20 de Agosto del 2004 (0.6mg/kg), al final del experimento (Tabla VII).

La mayor parte de las concentraciones permanecieron por debajo de la concentración reportada en la bibliografía (2.07mg/kg) solo el 29 de Mayo y el 11 de Junio del 2004 obtuvieron una concentración mayor, pero la diferencia fue de 0.37mg/kg.

En la Figura 6 se puede observar que las concentraciones con respecto al tiempo van disminuyendo, el blanco del 29 de Julio tiene la misma concentración que la del tanque problema lo cual nos indica que no hay una posible contaminación por los neumáticos

Tabla VII. Concentraciones de Niquel en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

<i>Níquel (Ni)</i>			
<b>Fecha</b>	<b>Concentración (mg/kg)</b>	<b>Bibliografía (mg/kg)</b>	<b>Blancos (mg/kg)</b>
17-May-04	2	2.07	1
29-May-04	2.4	2.07	
11-Jun-04	2.2	2.07	
25-Jun-04	1.5	2.07	
29-Jul-04	2	2.07	2
20-Ago-04	0.6	2.07	

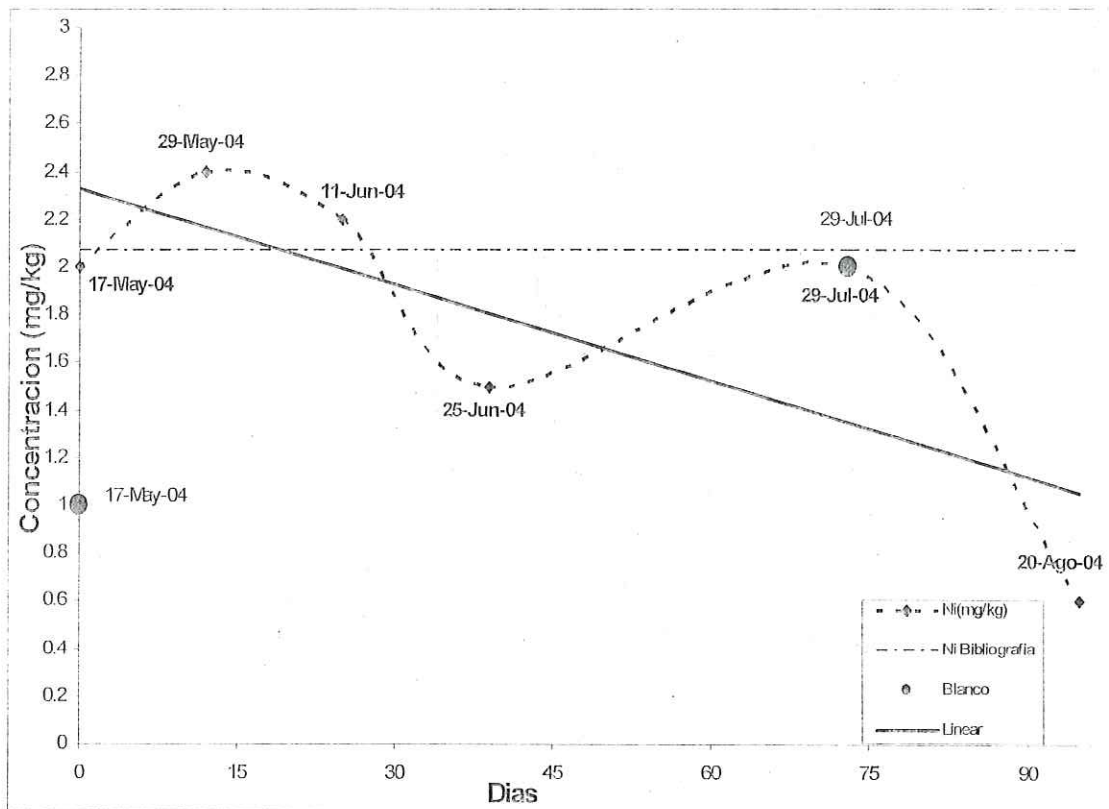


Figura 6. Representación grafica de las concentraciones de Níquel con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

## COBALTO

La concentración reportada en la bibliografía (2.98 mg/kg) fue más alta a comparación de las concentraciones medidas en el transcurso del experimento.

La concentración más baja fue la del día 25 de Junio del 2004, con 1.3 mg/kg; el 17 de mayo del 2004, al inicio del experimento, se reporto la concentración más alta (2.4 mg/kg); los blancos reportados son menores que las mediciones del tanque problema, con respecto al tiempo las concentraciones no variaron, con excepción del día 17 de Mayo del 2004 (Tabla VIII).

En la Figura 7 se observa un incremento del 1.3 mg/kg a los 2 mg/kg del 25 de Junio al 20 de Agosto del 2004, tal incremento no es muy marcado

Tabla VIII. Concentraciones de Cobalto en los tanques y concentración anual reportada en la Bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

<i>Cobalto (Co)</i>			
Fecha	Concentración (mg/kg)	Bibliografía (mg/kg)	Blancos (mg/kg)
17-May-04	2.4	2.98	1.4
29-May-04	1.4	2.98	
11-Jun-04	1.5	2.98	
25-Jun-04	1.3	2.98	
29-Jul-04	1.9	2.98	1.3
20-Ago-04	2	2.98	

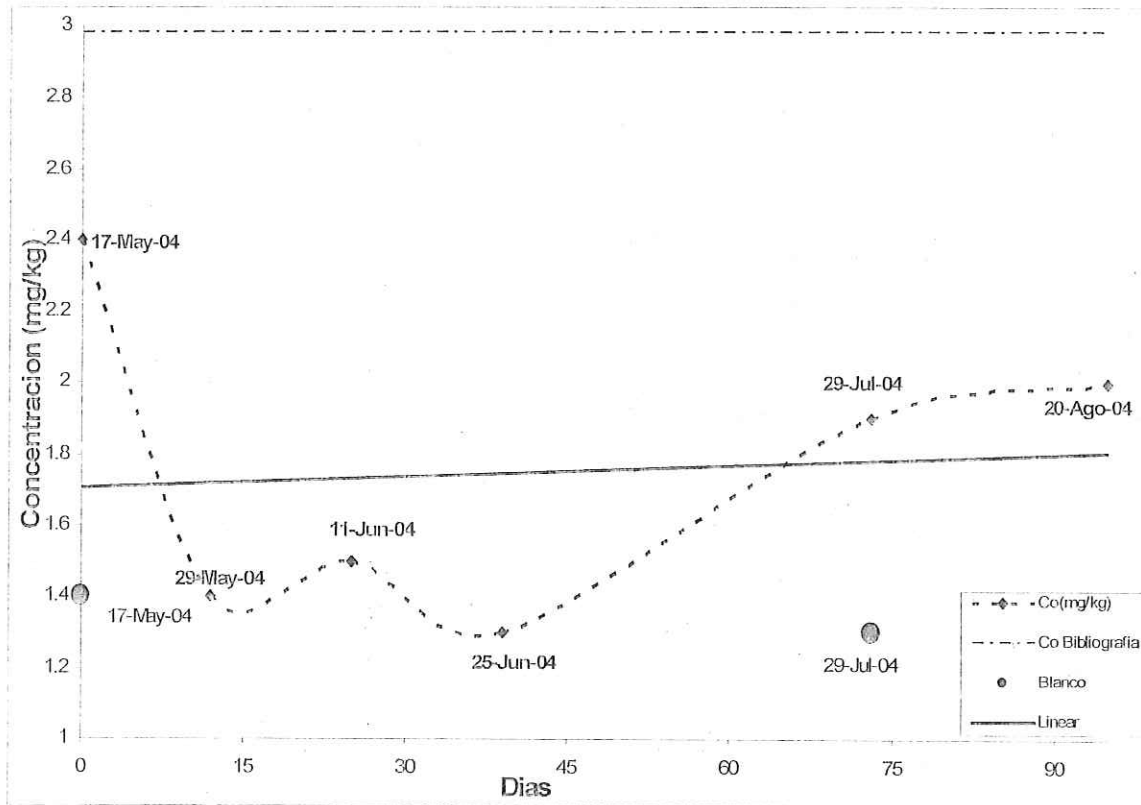


Figura 7. Representación grafica de las concentraciones de Cobalto con respecto al tiempo, además incluida la concentración anual reportada en bibliografía (Gutiérrez-Galindo, A. Muñoz-Barbosa, 2003)

## PLOMO

La concentración de plomo en el tejido de los mejillones no fue detectable

## DISCUSIONES

Dadas las características de los experimentos se espera que la concentración de metales en el tejido de los mejillones se incremente al paso del tiempo. El enriquecimiento por metales pueden influir en los organismos que utilizan las llantas como refugios o sustrato, como ha sido probado en otros organismos, por tal motivo se ha realizado este estudio encaminado a realizar una cuantificación de este posible aumento. La longevidad, la resistencia, y la forma de neumáticos se ha explotado para muchos usos de la construcción de marinas (Collins *et al.*, 1995): rompeolas (terrestres y costa afuera), muros de contención en puertos y estuarios, y arrecifes artificiales para el realce de la industria pesquera, pero poco se ha investigado acerca de los daños a los organismos causados por la cercanía a los neumáticos que efectivamente poseen concentraciones de metales pesados, en general se ha indicado que el tipo de contaminación de las llantas es visual, cuando elementos que conforman arrecifes artificiales o muros se destruyen y elementos quedan sueltos en las playas.

La mayoría de los metales medidos: Zinc, Cadmio, Cobre, Níquel y Cobalto presentan una concentración por arriba de la encontrada en el Blanco (Figuras 2, 3, 5, 6 y 7 respectivamente), San Miguel (2002) reportó que las partículas de caucho que se desprenden de los neumáticos presentan una

degradación en la cual se liberan metales tales como Zinc y Cadmio principalmente. Este aumento de metales al inicio del experimento se le atribuye al hecho de que cuando se cortaron los neumáticos se desprendían pedazos de caucho y este con la interacción del agua y aire se degrado fácilmente, a comparación de cómo se degrada un neumático entero, esto facilitó a la liberación de metales, por tal motivo se tiene este incremento al inicio del experimento.

Tomando en cuenta que si se utilizan neumáticos para la creación de arrecifes artificiales estos neumáticos estarían enteros y no en pedazos por tal motivo la degradación de este material no sería fácil, además, Collins y colaboradores (1994) reportó que bajo el agua, los neumáticos se protegen contra la degradación ultravioleta y están en un ambiente químico neutral, estable. González-Agraz (2006) menciona que conforme pasa el tiempo los neumáticos que se encuentran bajo el agua se van cubriendo de varias capas de micro y macro algas, con el tiempo los neumáticos quedan protegidos de una posible degradación por el medio.

Los metales pesados en los neumáticos son el 6.3% del peso de la llanta siendo el Zinc el mayor constituyente en cuanto a metales (Tabla I). El Zinc en este estudio presenta un incremento a partir de la segunda medición, realizada el 29 de Mayo del 2004 (Figura 3), este incremento con respecto al tiempo nos

indica que los pedazos de neumáticos se estuvieron degradando y liberando Zinc, aunque esta liberación no se dio en grandes cantidades porque conforme aumentaba la concentración en el tanque problema, también aumentaba en el tanque blanco pero siempre se obtuvieron concentraciones más elevadas en el tanque problema. Después de la medición del 25 de junio del 2004 la concentración de Zinc estuvo por arriba de la concentración anual reportada por Muñoz (1997). Collins y colaboradores (2002) encontró elevadas concentraciones de Zinc en organismos que se fijaron en la superficie del neumático en un estudio que realizó, al igual que Collins en este experimento se ha obtenido un incremento en la concentración de Zinc con respecto al tiempo, este incremento se le atribuye a la presencia de los pedazos de neumáticos, que como se mencionó anteriormente en esas condiciones es más fácil que se degrade el neumático y libere metales, como el Zinc.

El Cadmio es otro metal que es parte importante de los neumáticos aunque no se encuentre en gran cantidad como el Zinc, el Cadmio al igual que el Zinc presenta un incremento con respecto al tiempo, a partir de la medición del 25 de Junio del 2004 (Figura 3), las concentraciones de Cadmio estuvieron por encima de las mediciones de los Blancos pero también los blancos presentaron un incremento con respecto al tiempo, la diferencia entre las concentraciones no es grande. Es común tener altas concentraciones de Cadmio esto debido a que la distribución oceánica de este elemento es

dominada por los ciclos de regeneración del fosfato y nitrato ya que estos incluyen al Cadmio en sus ciclos, además está controlado por los procesos de advección y surgencia (Bruland,1983). Muñoz (1997) encontró concentraciones de Cadmio de hasta 17mg/kg en la Bahía y se las atribuyó a la surgencia. El exceso de Cadmio en el tanque problema, a comparación del tanque Blanco, es influenciado por la presencia de los pedazos de neumáticos en el fondo de este y de las pequeñas partículas de caucho liberadas a partir de la degradación de los pedazos de neumáticos.

En cuanto al Mercurio, Cobre, Níquel y Cobalto son constituyentes menores de los neumáticos, por lo tanto se espera que el incremento en las concentraciones de estos metales sea mínimo o no exista un incremento. La concentración de Mercurio no presenta una posible influencia por parte de los neumáticos esto comparando las concentraciones reportadas por Muñoz (1997) y por las mediciones del tanque Blanco. Esto es importante por que estos elementos son particularmente dañinos a los organismos y concentraciones por arriba de las normas en el agua o substrato colapsar las poblaciones de estos organismo y en el caso de los experimentos la mortalidad fue muy reducida.

Con respecto al Cobre (Figura 5), la concentración estuvo por encima de lo reportado por Gutiérrez-Galindo y Muñoz-Barbosa (2003), para la Bahía pero tomando en cuenta los Blancos en específico el del día 29 de Julio de

2004, que también esta por encima de la medición obtenida del tanque problema y de la reportada por Gutiérrez-Galindo y Muñoz-Barbosa (*op. cit.*). Algunos autores mencionan que el Cobre es un metal que no se bioacumula en los mejillones, por ejemplo en un experimento donde se transplantaron los mejillones se encontró que de los metales examinados, el Cobre fue el que rápidamente bajo su concentración proveniente de aguas contaminadas a una concentración que se encuentra en aguas limpias (Roesijadi *et al.*,1984). Si existiera una posible contaminación de Cobre por la influencia de las llantas, se esperaría que la concentración aumentara con respecto al tiempo, sin embargo el cobre a partir del 25 de Junio del 2004 presenta concentraciones que no varían.

La concentración del Níquel disminuyó con respecto al tiempo, acción contraria a la que se esperaría en dado caso que los neumáticos liberaran metales a agua, el blanco del día 29 de Julio del 2004 tuvo la misma concentración que la medición del tanque problema de ese mismo día, lo cual nos indica que no hubo ninguna contaminación de Níquel en esos días.

En el caso del Cobalto la concentración de éste en el tanque problema fue mayor a comparación del tanque blanco, ya que en la Figura 7 se observa claramente que las 2 mediciones de los blancos estuvieron por debajo de la concentración problema, no fue mucha la diferencia entre estas mediciones,

esto debido a que el Cobalto es un metal que se encuentra en pocas cantidades dentro de los neumáticos, Collins en el 2002 sumergió varios neumáticos en el mar y 11 meses después encontró que la concentración de Cobalto había aumentado levemente en organismos que usaban como sustrato los neumáticos.

## CONCLUSIONES

Considerando que en este experimento se utilizaron pedazos de neumáticos como sustrato, y no neumáticos enteros, la liberación de partículas del neumático, elementos como los metales y productos orgánicos fue más sencilla y potencialmente más dañino que en el medio natural, podemos sugerir las siguientes conclusiones:

- La presencia de pedacearía de neumáticos como sustrato de los organismos, influyo en un ligero incremento en las concentraciones de Zinc y Cadmio, a lo largo del tiempo, sin embargo las concentraciones desde el inicio del experimento fueron altas, de acuerdo a los datos de la bibliografía reportados.
- La presencia de los neumáticos no influyo en las concentraciones de los metales de menor constitución.
- Al someter a los organismos en un ambiente de pedacearía de neumáticos se estima que se adelanto el proceso de degradación natural mas de 30 años, por lo tanto la siendo las concentraciones de metales bajas en estas condiciones se puede concluir acerca de la confiabilidad de estos elementos al estar en el mar.

- Los neumáticos son un buen material para la construcción de arrecifes debido a su baja influencia en el aumento en la concentración por metales pesados

## BIBLIOGRAFÍA

- Collins, K. J., A. C. Lockwood, A. P. M., y Lockwood, S. J. 1994. Coastal structures, waste materials and fishery enhancement. *Bulletin of Marine Science*, 55:1253-1264
- Collins, K. J., Jensen, A. C., and Albert, S. 1995. A review of waste tyre utilization in the marine environment. *Chemistry and Ecology*, 10: 205–216.
- Collins, K.J., Jensen, A.C., Mallinson, J.J., Roenelle, V., and Smith, I.P. 2002. Environmental impact assessment of a scrap tyre artificial reef. *ICES. Journal of Marine Science*. (59): 243-249.
- González-Agraz, M.P. 2006. Valoración de la formación de un hábitat originado por la creación de un arrecife artificial a base de llantas: En el laboratorio y dentro de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Facultad de Ciencias Marinas. Tesis de Licenciatura. 52pp
- Gutiérrez-Galindo, E.A., A. Muñoz-Barbosa. 2001. Variabilidad temporal de corto periodo de Ag, Cd y Cu en *Mytilus californianus* y la efectividad de este organismo como biomonitor. *Ciencias Marinas* 27(2): 269–288
- Gutiérrez-Galindo, E.A., A. Muñoz-Barbosa. 2003. Variabilidad geográfica de la concentración de Hg, Co, Fe y Ni en mejillones *Mytilus californianus*

(Conrad, 1837) de la costa de Baja California. *Ciencias Marinas* 29(1): 21-34

Marlin, M., Stephenson, M.D., D. R. Smith., Gutiérrez Galindo, E.A. and Flores-Muñoz, G. 1988. Use of silver in mussels as trace of domestic wastewater discharge. *Marine Pollution Bulletin*. (9): 512-520

Muñoz-Barbosa, A. 1997. Variabilidad espacial y temporal de metales pesados en la costa noroccidental de Baja California mediante el uso de *Mytilus californianus* como bioindicador. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. 106 p.

Roesijadi, G., Young, J. S., Drum, A. S., & Gurtisen, J. M. 1984. Behavior of trace metals in *Mytilus edulis* during a reciprocal transplant field experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 18, 155-170.

San Miguel, G., Fowler, G. D., and Sollars, C. J. 2002. The leaching of inorganic species from activated carbons produced from waste tyre rubber. *Water Research*, 36: 1939-1936.

Segovia-Zavala, A., Delgadillo-Hinojosa, F., Vidal-Talamantes R., Muñoz-Barbosa A., Gutierrez-Galindo E.A. 2003. *Mytilus californianus* transplantados como bioindicadores de surgencia a dos zonas en Baja California. *Ciencias Marinas* 29(4B), pp. 665-675

Stone, R. B. 1985. National Artificial Reef Plan. NOAA Technical Memorandum

NFMS OF-6, U.S. Dept. of commerce, Washington, D.C., Nov. 70 p.

### *REFERENCIAS ELECTRÓNICAS*

EPA Office of Air Planning and Standards and US-Mexico Border Information Center on Air Pollution; Air Emissions from Scrap Tire Combustion; 1997

<http://72.14.207.104/search?q=cache:TajrIH99wkJ:www.semarnat.gob.mx/dgmic/clorobencenos/lantas.doc+basureros+de+lantas&hl=es&gl=mx&ct=cln&cd=2>

<http://www.nova.edu/cwis/oceanography/ncri/projects/bioassessment/index.html>