



KUXULKAB'

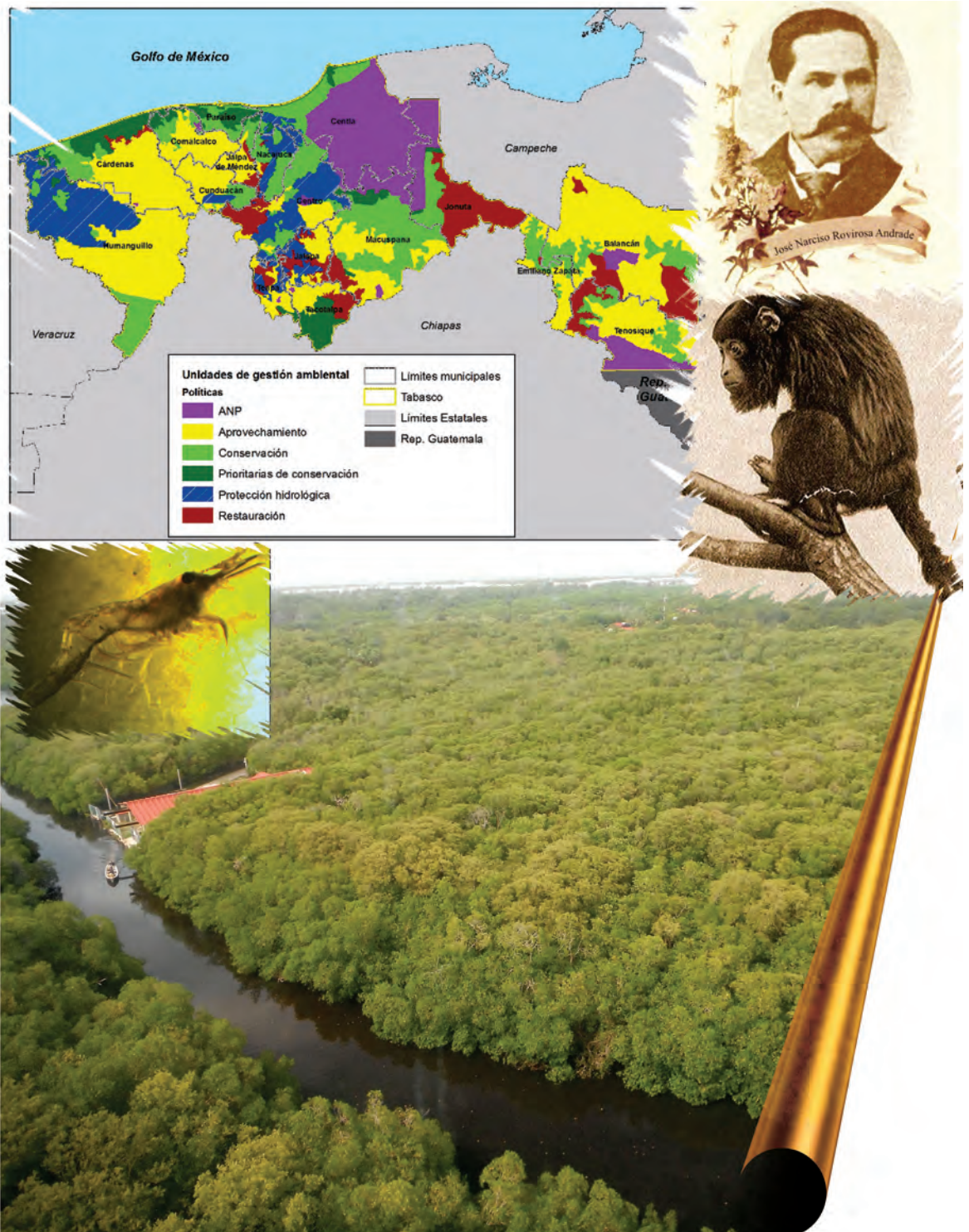
-Tierra viva o naturaleza en voz Chontal-

Volumen 24

Número 48

Enero-Abril 2018

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica de Ciencias Biológicas





VISTA AÉREA DE LAS INSTALACIONES DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS (DACBioI).
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBioI); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Alma Deysi Anacleto Rosas, José Ángel Gaspar Génico y CECOM (UJAT).



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE ”

DIRECTORIO

Dr. José Manuel Piña Gutiérrez
Rector

Dra. Dora María Frías Márquez
Secretaria de Servicios Académicos

M. en C. Raúl Guzmán León
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

M. en A. Rubicel Cruz Romero
Secretario de Servicios Administrativos

L.C.P. Elena Ocaña Rodríguez
Secretaria de Finanzas

M.C.A. Rosa Martha Padrón López
Directora de la División Académica de Ciencias Biológicas

Dra. Raúl Germán Bautista Margulis
Coordinador de Investigación y Posgrado, DACBIOL-UJAT

M. en A. Arturo Enrique Sánchez Maglioni
Coordinador Administrativo, DACBIOL-UJAT

M. en C. Andrés Arturo Granados Berber
Coordinador de Docencia, DACBIOL-UJAT

Biól. Blanca Cecilia Priego Martínez
Coordinadora de Difusión Cultural y Extensión, DACBIOL-UJAT

COMITE EDITORIAL DE KUXULKAB'

Dr. Andrés Reséndez Medina (†)
Editor fundador

Dra. Lilia María Gama Campillo
Editor en jefe

Dra. Carolina Zequeira Larios
Dra. María Elena Macías Valadez Treviño
Editores asociados

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Editor ejecutivo

M.C.A. Ma. Guadalupe Rivas Acuña
L.D.C. Rafael Sánchez Gutiérrez
Correctores de estilo

M.C.A. María del Rosario Barragán Vázquez
Corrector de pruebas

Biól. Fernando Rodríguez Quevedo
Téc. Juan Pablo Quiñonez Rodríguez
Lic. Ydania del Carmen Rosado López
Diseñadores

L.Comp. José Juan Almeida García
Soporte técnico institucional

M.Arq.; M.A.C. Marcela Zurita Macías Valadez
Traductor

Pas. Lic. Biología, José Francisco Juárez López
Apoyo técnico

CONSEJO EDITORIAL (EXTERNO)

Dra. Julieta Norma Fierro Gossman
Instituto de Astronomía, UNAM - México

Dra. Tania Escalante Espinosa
Facultad de Ciencias, UNAM - México

Dr. Ramón Mariaca Méndez
El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR San Cristóbal, Chiapas - México

M. en C. Mirna Cecilia Villanueva Guevara
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco - México

Dr. Julián Monge Nájera
Universidad Estatal a Distancia (UNED) - Costa Rica

Dr. Jesús María San Martín Toro
Universidad de Valladolid (UVA) - España

ISSN 2448-508X

KUXULKAB'

La revista KUXULKAB' (vocablo chontal que significa «tierra viva» o «naturaleza») es una publicación cuatrimestral de divulgación científica la cual forma parte de las publicaciones periódicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; aquí se exhiben tópicos sobre la situación de nuestros recursos naturales, además de avances o resultados de las líneas de investigación dentro de las ciencias biológicas, agropecuarias y ambientales principalmente.

El objetivo fundamental de la revista es transmitir conocimientos con la aspiración de lograr su más amplia presencia dentro de la propia comunidad universitaria y fuera de ella, pretendiendo igualmente, una vinculación con la sociedad. Se publican trabajos de autores nacionales o extranjeros en español, con un breve resumen en inglés, así como también imágenes caricaturescas.

KUXULKAB' se encuentra disponible electrónicamente y en acceso abierto en la siguiente dirección: www.revistas.ujat.mx; por otro lado se halla citada en:

PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias):
www.dgbiblio.unam.mx

LATINDEX (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal):
www.latindex.unam.mx/index.html

Nuestra portada:

Investigación de campo sobre flora y fauna en el sureste.

Diseño de:

Fernando Rodríguez Quevedo; División Académica de Ciencias Biológicas, UJAT.

Fotografías de:

Imágenes obtenidas (cortesía) de los manuscritos publicados en Kuxulkab' 24(48) del 2018.

KUXULKAB', año 24, No. 48, enero-abril 2018; es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBIOL). Av. Universidad s/n, Zona de la Cultura; Col. Magisterial; Villahermosa, Centro, Tabasco, México; C.P. 86040; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; <http://www.revistas.ujat.mx>; kuxulkab@ujat.mx. Editor responsable: Lilia María Gama Campillo. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-090610320400-203; ISSN: 2448-508X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Editor ejecutivo, Fernando Rodríguez Quevedo; Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5; entronque a Bosques de Saloya; CP. 86039; Villahermosa, Centro, Tabasco; Tel. (993) 358 1500, 354 4308, extensión 6415; Fecha de la última modificación: 08 de enero del 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista, ni de la DACBIOL y mucho menos de la UJAT. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.



Editorial

Estimados lectores:

El número 48 (enero-abril, 2018) de **KUXULKAB'** que hoy se presenta, estamos publicando otros escritos con una diversidad de temas que -consideramos- encontrarán muy interesantes. A continuación, brindamos una breve reseña sobre las aportaciones expuestas en este número de la revista.

«Catálogo de aeroalérgenos de una zona periurbana de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México», a pesar de que nosotros lo notemos, muchos sí lo sienten, incluso son más susceptibles y de enferman con más frecuencia; la pregunta sería ¿qué estamos respirando?

«Efecto de lixiviado de manglar en la toxicidad de Ni y Cd en el camarón estuarino (*Hippolyte zostericola*) de la Laguna de Términos, Campeche», no estamos solos en el planeta, y lo que se genera de residuos puede afectar a las otras especies que nos acompañan, y eventualmente a nosotros; en este artículo, se señala la importancia de estudiar este tema particularmente en un área natural protegida.

«José Narciso Rovirosa Andrade en los albores de la primatología mexicana: descripciones pioneras del más grande naturalista», un interesante relato de como este investigador tabasqueño, entre muchas cosas que nos dejó respecto a las maravillas que había en Tabasco, contribuyó al estudio de las especies de monos que en él se distribuyen.

«Políticas del ordenamiento ecológico de Tabasco», semblanza que apuntala los antecedentes respecto a la estrategia que, conlleva, la creación de un ordenamiento ecológico desde la perspectiva de nuestro país.

Siempre es importante reconocer que **KUXULKAB'** no podría continuar sino contara con la confianza de los autores, quienes la consideran una alternativa para la publicación de sus contribuciones en la divulgación científica. Aprovechamos para agradecer también el amable apoyo de los dictaminadores, ya que mantienen la calidad de lo que se incluye; por otro lado al personal asociado que gracias a su apoyo, cuatrimestralmente nuestros lectores tienen la oportunidad de recibir temas de interés que se genera en los diferentes espacios de investigación.

Lilia María Gama Campillo
EDITOR EN JEFE DE KUXULKAB'

Rosa Martha Padrón López
DIRECTORA DE LA DACBIOL-UJAT

Contenido

CATÁLOGO DE AEROALÉRGENOS DE UNA ZONA PERIURBANA DE LA CIUDAD DE VILLAHERMOSA, TABASCO, MÉXICO 05-16

AEROALLERGENS CATALOGUE OF A PERIURBAN ZONE IN VILLAHERMOSA CITY, TABASCO, MÉXICO

Marcela Alejandra Cid Martínez, Reyna Lourdes Fócil Monterrubio, Litzajaya Sánchez Hernández & José Edmundo Rosique Gil

EFFECTO DE LIXIVIADO DE MANGLAR EN LA TOXICIDAD DE NÍQUEL Y CADMIO EN EL CAMARÓN ESTUARINO (*Hippolyte zostericola*) DE LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE 17-30

LEACHING EFFECT OF MANGROVE IN THE TOXICITY OF NICKEL AND CADMIUM IN ESTUARINE SHRIMP (*Hippolyte zostericola*) IN LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE

Gabriel Núñez Nogueira & Laura María Fernández Bringas

JOSÉ NARCISO ROVIROSA ANDRADE EN LOS ALBORES DE LA PRIMATOLOGÍA MEXICANA: DESCRIPCIONES PIONERAS DEL MÁS GRANDE NATURALISTA 31-36

JOSÉ NARCISO ROVIROSA ANDRADE AT THE BEGINNING OF MEXICAN PRIMATOLOGY: PIONEER DESCRIPTIONS OF THE GREATEST NATURALIST

Juan Carlos Serio Silva

POLÍTICAS DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE TABASCO 37-42

POLICIES OF ECOLOGICAL REGULATION IN TABASCO

Lilia María Gama Campillo, Hilda María Díaz López, Ricardo Alberto Collado Torres, Erika del Carmen Salazar Conde & Eduardo Javier Moguel Ordoñez

EFFECTO DE LIXIVIADO DE MANGLAR EN LA TOXICIDAD DE NÍQUEL Y CADMIO EN EL CAMARÓN ESTUARINO (*Hippolyte zostericola*) DE LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE

LEACHING EFFECT OF MANGROVE IN THE TOXICITY OF NICKEL AND CADMIUM IN ESTUARINE SHRIMP (*Hippolyte zostericola*) IN LAGUNA DE TERMINOS, CAMPECHE

Gabriel Núñez Nogueira^{1✉} & Laura María Fernández Bringas²

¹Licenciado en Biología por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Doctor en Ciencias por la Universidad de Londres (Gran Bretaña); profesor-investigador de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Su línea de investigación se centra en la biología de metales, contaminación y toxicología acuática. ²Licenciada en Hidrobiología y con Maestría en Biología, egresada de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Actualmente consultora independiente y con líneas de investigación respecto a la contaminación acuática de compuestos orgánicos persistentes (como plaguicidas), así como de toxicidad de metales en organismos acuáticos.

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya; C.P. 86039; Villahermosa, Tabasco; México.

✉ gabriel.nunez@ujat.mx

 0000-0001-9217-6959

 https://www.researchgate.net/profile/Gabriel_Nunez2

 https://www.researchgate.net/profile/Laura_Fernandez-Bringas

Como referenciar:

Núñez Nogueira, G. & Fernández Bringas, L.M. (2018). Efecto de lixiviado de manglar en la toxicidad de Níquel y Cadmio en el camarón estuarino (*Hippolyte zostericola*) de la Laguna de Términos, Campeche. *Kuxulkab'*, 24(48): 17-30, enero-abril. DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab'.a24n48.2369>

Disponible en:

<http://www.revistas.ujat.mx>

<http://www.revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab>

DOI: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab'.a24n48.2369>

Resumen

La presencia de metales de forma natural y antropogénica en los sistemas acuáticos puede afectar a las especies que los habitan. Esto demanda determinar si la toxicidad de los metales y su interacción con otros factores abióticos, puede afectar a organismos de importancia ecológica por su papel en la cadena trófica, como son los crustáceos carídeos, en particular de la especie '*Hippolyte zostericola*' (Smith, 1873) de la Laguna de Términos. A través del método estandarizado de EPA OPPTS 850.1075 para el estudio de toxicidad aguda, se determinó la concentración letal (96 horas) de níquel (10.08 mg l⁻¹) y cadmio (0.35 mg l⁻¹). La toxicidad de los metales, en presencia de lixiviados frescos (24 horas) de mangle ('*Laguncularia racemosa*', '*Rhizophora mangle*' y '*Avicennia germinans*') no se vio reducida, sugiriendo una baja interacción entre las sustancias húmicas presentes en los lixiviados, independientemente de la especie de manglar que los originó, bajo las condiciones aquí probadas.

Palabras clave: Metales; antropogénico; mangle; Campeche.

Abstract

The presence of metals in a natural and anthropogenic form in aquatic systems can affect living species. This demands to determine if metal toxicity and its interaction with other abiotic factors can affect organisms of ecological importance because of its function in the trophic chain, like the caridea crustaceans, particularly of the '*Hippolyte zostericola*' specie (Smith, 1873) in Laguna de Términos. Using the EPA OPPTS 850.1075 standardized method for the study of heavy metal toxicity, the lethal concentration (96 hours) of nickel (10.08 mg l⁻¹) and cadmium (0.35 mg l⁻¹) was determined. The toxicity of metals, in presence of fresh leachate (24 hours) of mangrove ('*Laguncularia racemosa*', '*Rhizophora mangle*' and '*Avicennia germinans*') was not reduced, suggesting a low interaction among the humic substances present in leachate, independently of the mangrove species that originated them, under the conditions proved here.

Keywords: Metals; anthropogenic; mangrove; Campeche.

Los metales son un tipo de contaminantes que se encuentran de manera natural en los ecosistemas debido a la actividad volcánica, tectónica, erosión del suelo y sedimentos, entre otros. Sin embargo, el incremento progresivo de su concentración es debido a las descargas de este tipo de contaminantes, realizadas por el hombre. Ambas causas de contaminación antropogénica (como la minería, industria, descargas residuales, etcétera) y naturales (como las arriba mencionadas), están presentes y dañan diversos sistemas incluyendo los sistemas acuáticos; creando problemas en zonas costeras, lagos y ríos debido a la persistencia de los metales en el ambiente, a su toxicidad a bajas concentraciones y a su grado de concentración-acumulación por organismos acuáticos (Páez, 2005; Pourang, Dennis, & Ghourchian, 2005).

La importancia de estudiar las concentraciones de los metales en el ambiente costero y estuarino, se debe a que los organismos expuestos a estos contaminantes, pueden acumularlos en sus tejidos en niveles mucho más altos en las que, normalmente, se encuentran en el ambiente; además, de la importancia alimenticia y comercial que algunas de estas especies representan para la población humana (Frías-Espericueta, Osuna-López, Izaguirre-Fierro, Aguilar-Juárez & Voltolina, 2010), incrementando su presencia a través de la cadena alimenticia. La creciente contaminación ambiental de los ecosistemas acuáticos y sus recursos en México es un hecho que limita la salud pública y la economía de sus pobladores afectando el desarrollo de una región (Botello, Rendón Von Osten, Gold-Bouchot & Agraz-Hernández, 2005). Algunas de las especies de camarones se destacan por su importancia ecológica, económica o ambas, según sea el caso. Los carídeos han mostrado gran importancia al ser base de diversas cadenas tróficas en lagunas costeras, así como por su participación en los ciclos biogeoquímicos en estos sistemas, resultado de su gran abundancia (Barba, Raz-Guzmán & Sánchez, 2005; Raz-Guzmán, 2010).

Existen diversos estudios sobre la interacción de constituyentes orgánicos en el agua (carbón orgánico disuelto, sustancias húmicas, etcétera) con químicos xenobióticos y metales pesados, que muestran una natural atenuación/extinción de la potencialidad adversa de estos químicos (Pan, Ning & Xing, 2008, 2009). Entre los compuestos orgánicos que existen de manera natural en el medio acuático, las sustancias húmicas (SH) son quizá las más importantes moduladoras de la toxicidad de metales (Kamunde & MacPhail, 2011). Los ácidos húmicos junto con los ácidos fúlvicos pueden afectar la especiación del metal (por ejemplo de forma físico-química), que en última instancia se traduce en biodisponibilidad y toxicidad (Stackhouse & Benson, 1988).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, el objetivo de la presente investigación fue evaluar *'in vitro'* la influencia de las sustancias húmicas producto del lixiviado de las hojas de manglar, sobre la toxicidad de níquel (Ni) y cadmio (Cd) en el carídeo *'Hippolyte zostericola'*, en condiciones particulares de salinidad y temperatura (25 unidades prácticas de salinidad (ups) y 25 °C); condiciones anteriormente probadas en camarones peneidos y reportadas en: Núñez-Nogueira, Cruz-Monroy, Valentino-Álvarez & González, 2009; Núñez-Nogueira, Fernández-Bringas, Ordiano-Flores, Gómez-Ponce, Ponce de León-Hill & González-Farías, 2012; Valentino-Álvarez, Núñez-Nogueira & Fernández-Bringas, 2013; y comúnmente presentes en el sistema natural de la Laguna de Términos (Ramos, Flores, Ayala, Rendón von Osten, Villalobos & Sosa, 2006).

Fotografía: Núñez-Nogueira, G.

Fotografía 1. Imagen aérea de la «Estación El Ca

«Carídeos: son un grupo de camarones, de cerca de 2,500 especies conocidas, que habitan desde agua dulce hasta estuarinas y marinas»

S. de Grave, Cai & Anker (2008)



El Estero Pargo; Ciudad del Carmen, Campeche.

«Sustancias húmicas: grupos de sustancias o compuestos generados de la transformación y humificación de la materia orgánica; principalmente por la actividad microbiológica de hongos y bacterias»

«Químicos xenobióticos: sustancias químicas ajenas al ambiente, generalmente, introducidas en la naturaleza por la actividad humana»

Desarrollo del estudio

Obtención y mantenimiento de organismos. Los ejemplares de carídeos se obtuvieron con una red de arrastre <patín> cuyo copo tiene una luz de malla de 500 micras. Los organismos fueron depositados en estanques de plástico STERILITE de 100 litros, para su posterior separación. Se colocaron aireadores marca ELITE® portátiles, para mantener el nivel de oxígeno adecuado ($\geq 5 \text{ mg l}^{-1}$) durante el traslado de los organismos al acuario, ubicado en la <Estación de Investigaciones Marinas El Carmen> del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Los organismos fueron separados por talla con un promedio de 1.18 ± 0.34 (promedio \pm desviación estándar) de longitud total, y el promedio del peso fue $22.5 \pm 13.0 \text{ g}$ (peso vivo); se mantuvieron en sistemas de circulación cerrada para homogeneizar las condiciones fisicoquímicas. Se instalaron filtros (FLUVAL 105®) y bombas aireadoras (ELITE® 802), con los que se realizó la remoción de los desechos orgánicos y se aseguraron los niveles óptimos de oxígeno disuelto. Los organismos se sometieron a un periodo de cuarentena y aclimatación, esto con el fin de adecuarlos a las condiciones de laboratorio y monitorear posibles enfermedades. Los ejemplares fueron alimentados a libre disposición (*ad libitum*) una vez al día, con camarónina molida 30 % proteína (API-CAMARÓN®), garantizando un adecuado estado nutricional y manteniendo un rango de tallas entre 0.3 y 1.6 cm de longitud total y 9.8 a 38.8 mg de peso fresco.

Obtención y extracto de sustancias húmicas. Los lixiviados y concentrados de sustancias húmicas que se utilizaron se obtuvieron de las hojas secas de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y mangle negro (*Avicennia germinans*), colectados en los márgenes de la Laguna de Términos y Pom-Atasta. La extracción del lixiviado (SH) se realizó de forma individual por especie de manglar y consistió en colocar 50 g (peso fresco) de las hojas maduras (color ámbar, próximas a desprenderse de sus ramas), en contenedores plásticos de 10 litros; se le agregó un litro de agua destilada y se dejó a temperatura ambiente por 24 horas a la orilla y por encima de la zona inundable de Estero Pargo, dentro de un área controlada de manglar (Estación El Carmen-UNAM), y bajo condiciones ambientales naturales (no estériles). Se colocó una malla con 0.5 cm de abertura sobre los contenedores, con objeto de evitar la contaminación de la muestra por entrada de material orgánico ajeno y lograr así condiciones fisicoquímicas naturales para la lixiviación. La extracción y concentraciones de sustancias húmicas se determinaron mediante desecación por el método propuesto por González-Farías & Mee (1988).

Las concentraciones finales utilizadas fueron: 26.43-132.16 mg l⁻¹ de mangle rojo; 11.49-57.45 mg l⁻¹ de mangle negro y 25.79-128.97 mg l⁻¹ de mangle blanco, respectivamente (Cuadro 1), en los grupos expuestos a níquel; mientras que en los expuestos a cadmio, las concentraciones fueron: 17.62-88.11 mg l⁻¹ de mangle rojo, 7.66-38.3 mg l⁻¹ de mangle negro y 17.2-85.98 mg l⁻¹ de mangle blanco, respectivamente (cuadro 1). Se preparó agua marina artificial (INSTANT OCEAN®) con agua destilada (J.T. BAKER®), como medio reproducible para todos los bioensayos, tal y como se ha observado en estudios previos (Nunez-Nogueira, Mouneyrac, Muntz & Fernandez-Bringas, 2010; Núñez-Nogueira *et al.*, 2012).

Diseño experimental. Para determinar la concentración letal media (CL₅₀) en el carideo, se utilizó el protocolo modificado *OPPTS 850.1075* para toxicidad aguda de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA, por sus siglas en inglés); (EPA, 1996). Brevemente, se expusieron los camarones de manera grupal (ocho individuos) a una serie de concentraciones nominales de cadmio (Aldrich®-grado analítico) y níquel (NiCl₂·6H₂O; J.T. Baker®), previamente disueltas en agua destilada (J.T. Baker®), realizando pruebas por metal durante cuatro días, con oxigenación constante, sin recambio de agua y alimentación, utilizando envases plásticos de 500 ml. En cada uno se agregaron 400 ml de agua marina artificial previamente preparada a 25 ups y 25 °C. Las concentraciones de cada metal en el caso de cadmio fueron de 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, y de 1.0 mg l⁻¹; para el níquel de 5, 15, 25, 35, 45 mg l⁻¹. La validación de los niveles de exposición se realizó monitoreando la concentración de metal disuelto al inicio y final de cada bioensayo (tiempo cero y 96 horas).



Fotografía 2. Lixiviado de manglar (blanco).

Las muestras de agua fueron digeridas con ácido nítrico ultra puro (J.T. Baker) y analizadas mediante espectrofotometría de plasma-masas (ICP-MS 7500ce Agilent Technologies) y mediante el empleo de material certificado de referencia para agua estuarina (SLEW-3 estuarine water del National Research Council of Canada), con una recuperación de más del 95 % (Núñez-Nogueira *et al.* 2012). Cualquier muerte, muda o evidencia de canibalismo, en caso de presentarse, fueron registradas diariamente durante los experimentos.

Cabe mencionar que todas las pruebas se realizaron por duplicado y se utilizaron blancos de prueba como controles positivos (EPA, 1996), consistentes en sólo adicionar la concentración más alta de lixiviado o SH, sin presencia de metal, así como la concentración letal de metal, sin presencia de lixiviado, respectivamente.

Las condiciones experimentales fueron monitoreadas al principio y al finalizar del bioensayo (cuadro 2), para verificar la calidad del agua durante la prueba, para oxígeno disuelto (DO; YSI 50B), temperatura (T), pH (WTW® pH 3310) y salinidad (ups) diariamente. Los productos nitrógenos como son nitratos (NO₃), nitritos (NO₂) y amonio (NH₃), se determinaron por fotometría (fotómetro Hanna C99).

Cuadro 1. Concentraciones (mg l⁻¹) de lixiviado equivalente a sustancias húmicas (SH) utilizadas por prueba de manglar.

Especie	Mangle rojo		Mangle blanco		Mangle negro	
Metal	Ni	Cd	Ni	Cd	Ni	Cd
SH1	26.43	17.62	25.79	17.20	11.49	7.66
SH2	105.73	70.49	103.17	68.78	45.96	30.64
SH3	132.16	88.11	128.97	85.98	57.45	38.30

Cuadro 2. Parámetros fisicoquímicos iniciales y finales de los bioensayos.

Especie	Mangle rojo		Mangle blanco		Mangle negro	
Etapas	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
pH	8.09 - 8.14	8.01 - 8.07	7.91 - 8.09	7.88 - 8.05	8.03 - 8.12	7.98 - 8.10
Temperatura (°C)	25	25	25	25	25	25
Salinidad (ups)	25	25	25	25	25	25
Oxígeno disuelto (mg l ⁻¹)	4.3 - 4.7	3.9 - 5.2	4.3 - 4.8	3.9 - 5.2	4.3 - 4.7	3.4 - 5.1
Nitrito (NO ₂ mg l ⁻¹)	< 1.9	< 1.7	< 1.1	< 0.6	< 1.0	< 1.1
Nitrato (NO ₃ mg l ⁻¹)	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Amonio (NH ₃ mg l ⁻¹)	0.46 - 1.17	1.23 - 2.99	0.00 - 1.82l	2.44 - 3.56	0.55 - 3.16	1.81 - 4.26

Los niveles de nitrito permanecieron debajo de 1.9 mg NH₄ l⁻¹ y nitrato menos a 0.1 mg NO₂ l⁻¹, y amonio entre no detectado y un máximo de 4.26 mg NH₃ l⁻¹ (al día cuatro de exposición) (cuadro 2), mostrando condiciones estables de experimentación (Vanegas, Zúñiga, Gaxiola, Robles & Betancourt, 2008).

Prueba de toxicidad con lixiviados (SH). Para evaluar si las SH de los tres manglares reduce la toxicidad de los metales en carídeos, se expusieron seis grupos con ocho organismos por lixiviado de manglar, divididos en: control, control lixiviado SH₃ (10 ml lixiviado), CL₅₀ del metal, concentración de SH₁ (2 ml lixiviado) más CL₅₀ del metal, la concentración de SH₂ (8 ml lixiviado) más CL₅₀ del metal y la concentración de SH₃ (10 ml lixiviado) más CL₅₀ del metal, respectivamente. Las concentraciones finales por manglar se muestran en el cuadro 2. Se realizaron las pruebas grupales durante 96 horas, con oxigenación constante, sin recambio de agua y sin alimentación, para mantener constante las concentraciones de metal disuelto.

Análisis estadístico. La concentración letal media (CL₅₀) se calculó de acuerdo a lo establecido por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (EPA, 2009), utilizando el programa <Probit 3.2>. Para obtener los valores de CL₅₀ (en mg l⁻¹) y su coeficiente de variación, la mortandad se transformó a unidades probit, mediante un análisis de sobrevivencia con distribución Lognormal (Finney, 1952). Para distinguir cualquier diferencia entre los valores de CL₅₀, los análisis comparativos se hicieron con base en el análisis diferencial de sobrevivencias mediante el estadístico *Lee-Desu X²*, de acuerdo con Winner (1984, 1986), con un nivel de confianza del 95 %. Los resultados de calidad del agua experimental durante las 96 horas de exposición se mantuvieron dentro de los rangos óptimos, obteniéndose entre el 90 y 100 % de sobrevivencia en los grupos control. Cabe mencionar que, aunque el amonio fue elevado, al final del cuarto día, no presentó afectación en los grupos control ni experimentales.



Fotografía: Núñez-Nogueira, G.

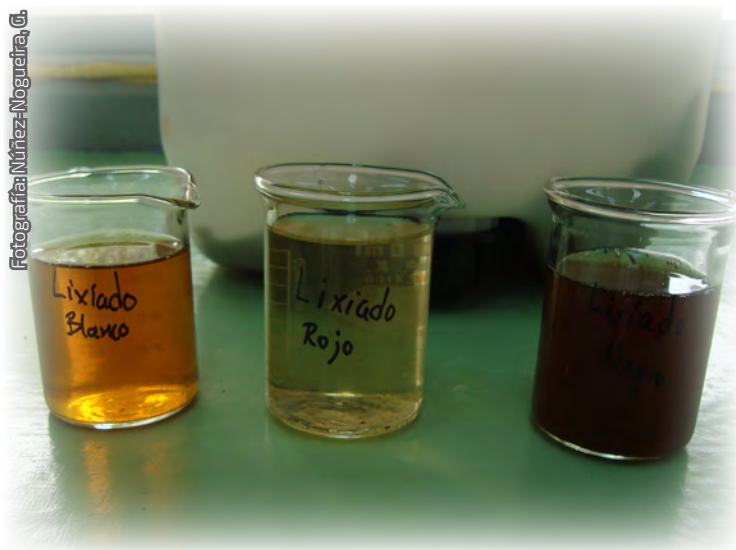
Fotografía 3. Imagen aérea de la «Estación El Carmen (UNAM)» en el Estero Pargo; Ciudad del Carmen, Campeche.

Pruebas de toxicidad de metales. Se realizaron pruebas de toxicidad para determinar la concentración letal media (CL_{50} 96 h) para cadmio (Cd) y níquel (Ni) disueltos, dado que mediante la búsqueda bibliográfica no se encontró información disponible que abordara dichos parámetros. Los resultados de las pruebas arrojaron que la CL_{50} del Ni fue de 10.08 mg l^{-1} y en el caso del Cd de 0.35 mg l^{-1} . En el caso de cadmio, se observa un patrón que concuerda con su carácter de metal no esencial y altamente tóxico (Núñez-Nogueira & Rainbow, 2005; Núñez & Fernández, 2011), mostrando ser el elemento que a menor concentración genera un efecto letal.

Interacción de lixiviados y metales. En los grupos control, se observó que las condiciones de prueba fueron favorables y adecuadas, registrándose entre el 90 y 100 % de sobrevivencias en todos los grupos respectivos. En el caso de los controles positivos (SH3) que contenían la mayor concentración de lixiviado, se pudo observar que la sobrevivencia fue de entre 69 a 94 %. Para los controles positivos que sólo contenían la CL_{50} de metal, se obtuvo una sobrevivencia general de 50 al 78 %, en buena concordancia con lo esperado.

En lo que respecta a la mezcla de metal con lixiviado fresco (24 h) en general, se observó que no se reduce la toxicidad de ninguno de los dos metales (gráfica 1 y 2), bajo las condiciones de prueba aquí analizadas. No se observa una diferencia marcada entre la sobrevivencia de los organismos, lo que sugiere que la biodisponibilidad de los metales no se ve afectada durante los cuatro días de exposición, de manera significativa.

Los metales continúan ejerciendo su efecto tóxico sobre los camarones carídeos, sugiriendo entonces una baja interacción entre las sustancias húmicas presentes en los lixiviados y derivados de la descomposición de las hojas, independientemente de la especie de manglar que le de origen, o bien, una posible promoción de la toxicidad en forma de efecto sinérgico, del complejo metal-lixiviado, lo que podría explicarse desde el hecho de que la materia orgánica adicionada, podría estar reduciendo la captación de oxígeno por parte de los camarones, como se ha observado anteriormente en larvas de camarón (Nga, Roijackens, Nghia, Ut & Scheffer, 2006), aunque otra explicación podría deberse



Fotografía: Núñez-Nogueira, G.

Fotografía 4. Lixiviado de manglares.

«Unidad PROBIT: correlación estadística que permite relacionar la variación de la intensidad requerida para generar un estímulo letal, a una determinada proporción de la población, como la dosis letal para la mitad de la población»

«Daphnidos: grupo de crustáceos planctónicos muy pequeños conocidos como 'pulgas de agua', encontrados en ambientes dulceacuícolas»

más a nivel de la permeabilidad de las branquias (ver discusión más adelante), al no detectarse cambios importantes en el oxígeno disuelto, gracias a la aireación constante que se sostuvo durante los ensayos.

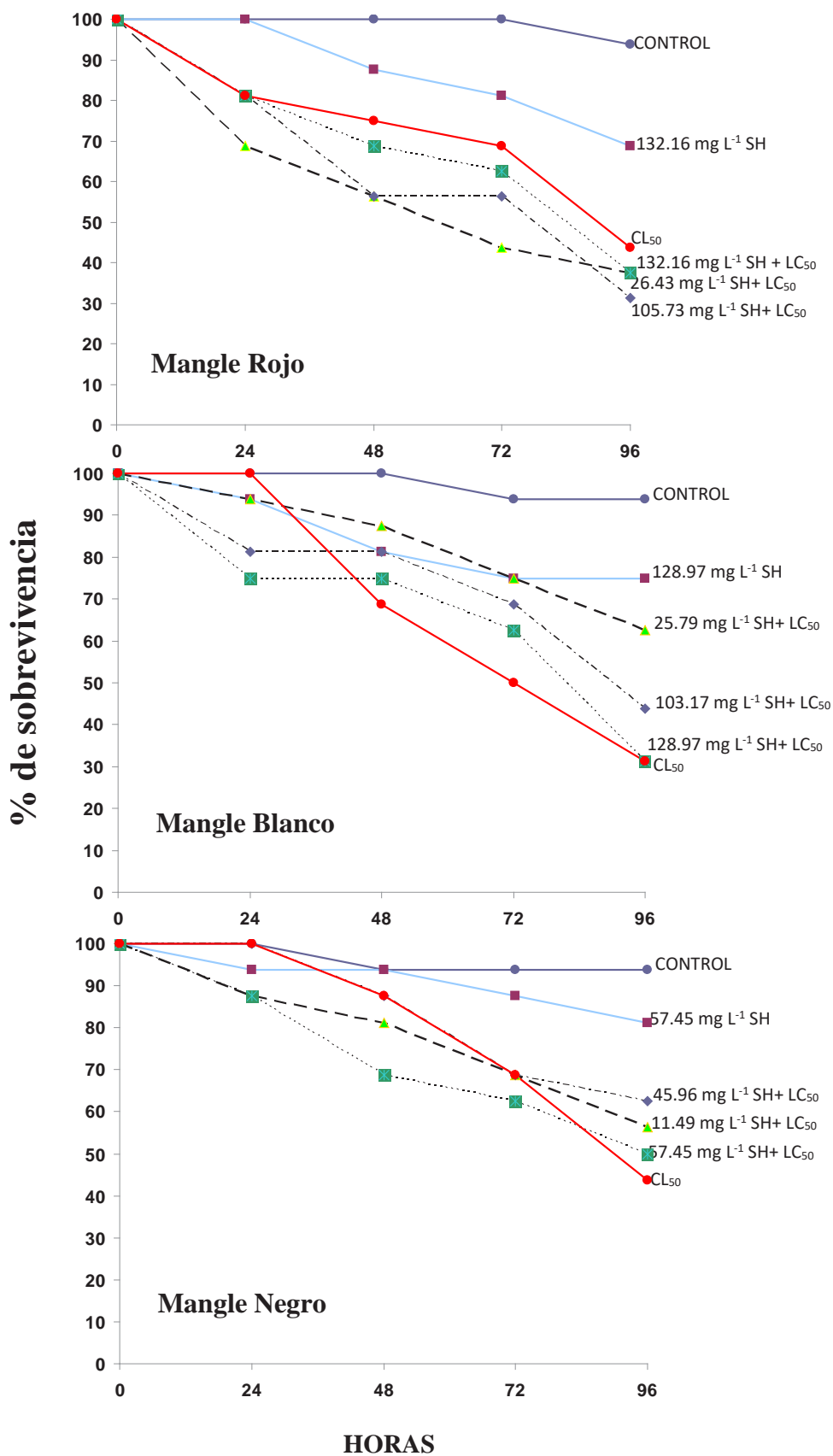
Analizando de manera individual cada elemento metálico, sabemos que biológicamente, uno se comporta de manera esencial (Ni) y el otro de manera no esencial (Cd) en camarones, al menos como lo demuestran algunos estudios previos en el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), (Núñez-Nogueira *et al.*, 2009; Nunez-Nogueira *et al.*, 2010). Dicho comportamiento, aquí se comprueba, ya que el cadmio resultó ser más tóxico que el níquel. Las concentraciones letales observadas, se encuentran por encima de los valores reportados para aguas costeras mexicanas, los cuales se han reportado entre 0.007 y 2.35 mg l⁻¹ para cadmio y 0.008 y 4.96 mg l⁻¹ para el caso de níquel, respectivamente (Vazquez, Enciso, Morales, Sharma, Nischtand & Domingo, 1999; Villanueva & Páez, 1996; Rosales-Hoz, Carranza-Edwards, Sanvicente-Añorve, Alatorre-Mendieta & Rivera-Ramírez, 2009). Sin embargo, su toxicidad parece verse afectada de diferentes maneras, dependiendo de la concentración de SH como se observa en este estudio para níquel y mangle blanco (gráfica 1), su origen (tipo de manglar; por ejemplo Ni y diferencias en respuesta entre mangle rojo y blanco, gráfica 1) y del tiempo de exposición (ambos metales en todos los tipos de mangle; gráfica 1 y 2), en concordancia con lo observado por Musani, Valenta, Nürnberg, Konrad & Branica (1980); Winner (1984, 1986), Stackhouse & Benson (1988) y Kozlova, Wood & McGeer (2009), así mismo, el metal involucrado define el grado de toxicidad (Winner, 1984; Stackhouse & Benson, 1988), como las diferencias que se observan entre níquel y cadmio en este estudio (gráfica 1 y 2), independientemente de su cantidad o concentración en el medio (De la Rosa, Santos & Araújo, 2011).

El comportamiento de la toxicidad de níquel sobre carídeos, demostró gran variabilidad al generar una mayor mortandad a las 96 horas de exposición en presencia del lixiviado de mangle rojo (entre 60 y 70 %; gráfica 1), mientras que, en el caso de mangle blanco o negro, la mortandad fue igual o menor a la observada por el metal sólo (entre 15 y 58 %; gráfica 1). A pesar de que el análisis de sobrevivencia reveló un valor cercano al valor de probabilidad de $p < 0.05$ ($\chi^2 = 6.66$, $df = 3$ y $p = 0.08$), este fue ligeramente superior, lo que permite concluir que no hubo un cambio en la toxicidad de níquel a ninguna de las tres concentraciones de lixiviado empleadas.

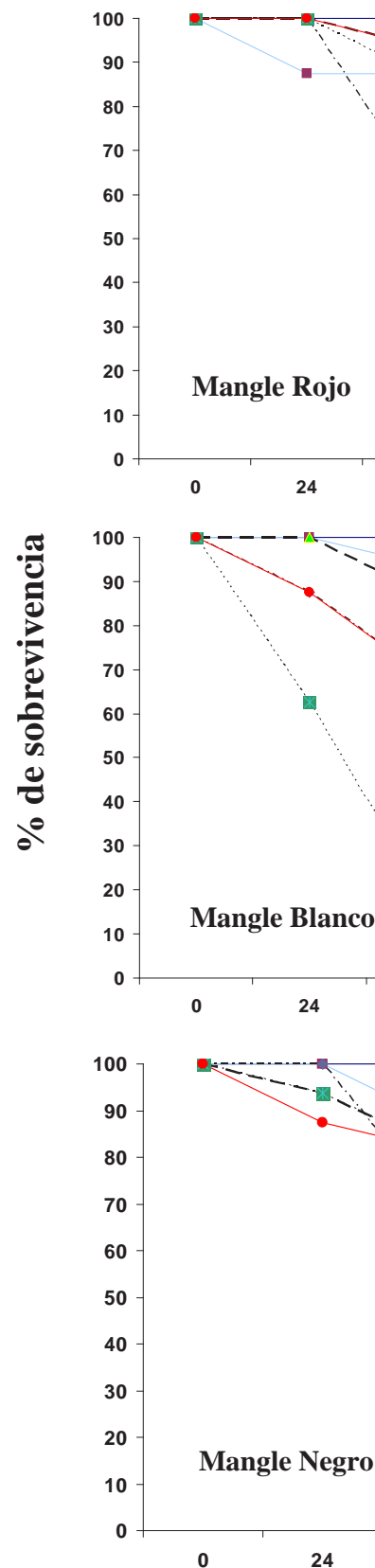
En el caso del mangle blanco, si se observó una mayor sobrevivencia ($\chi^2 = 16.05$, $df = 3$ y $p = 0.001$), principalmente hasta las 72 horas en los tres grupos expuestos a lixiviado, aunque al término de las 96 horas, fueron las concentraciones de 25.79 y 103.17 mg l⁻¹ de sustancias húmicas, las que dieron menor mortandad en este grupo. Para el caso del mangle negro, aunque se observó una sobrevivencia mayor, respecto de los tratados con la CL₅₀ de níquel (gráfica 1), esta no fue significativa ($\chi^2 = 1.49$, $df = 3$ y $p = 0.68$).

En lo que respecta al metal no esencial (cadmio), tampoco mostró cambio significativo en su efecto tóxico en los tres tipos de manglar. Al igual que se observó con níquel, a pesar de no detectarse cambios relevantes, se obtuvieron aparentes patrones en los que algunas concentraciones de sustancias húmicas aumentaban la sobrevivencia (rojo 17.62 y 88.11 mg l⁻¹; blanco 17.2 mg l⁻¹ y negro 7.66 mg l⁻¹), así como concentraciones de lixiviados que la disminuían (rojo 70.49 mg l⁻¹; blanco 68.78 y negro 85.98 mg l⁻¹) (gráfica 2).

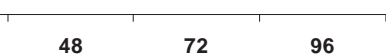
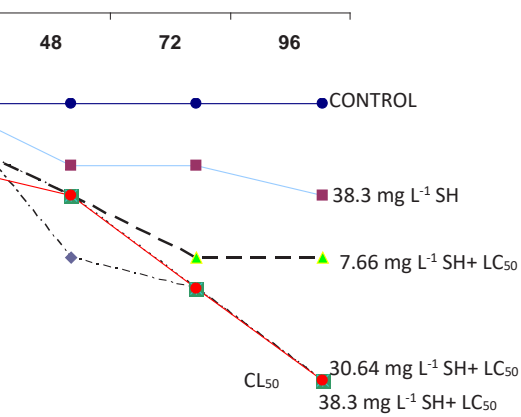
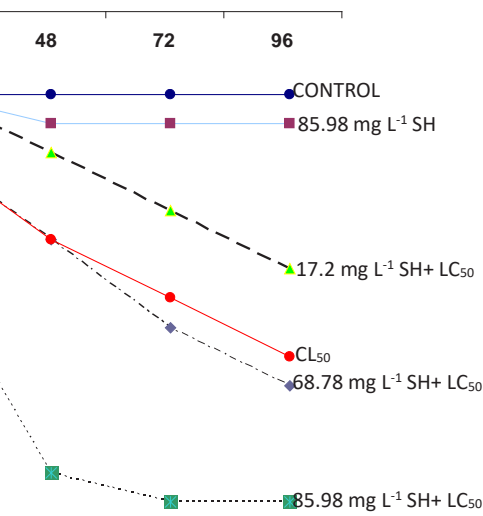
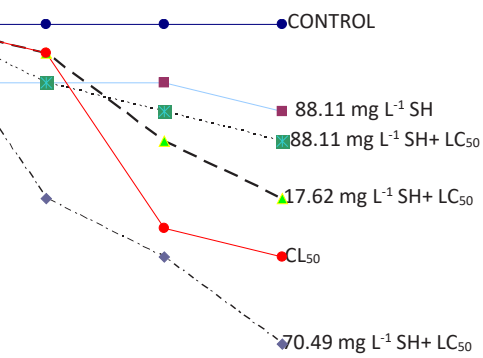
Gráfica 1. Porcentajes de sobrevivencia de carideos expuestos a Ni y lixiviados de manglar por 96 horas.



Gráfica 2. Porcentajes de sobrevivencia de carideos expuestos a Ni y lixiviados de manglar por 96 horas.



...cia de carideos expuestos a Cd y lixiviados de manglar

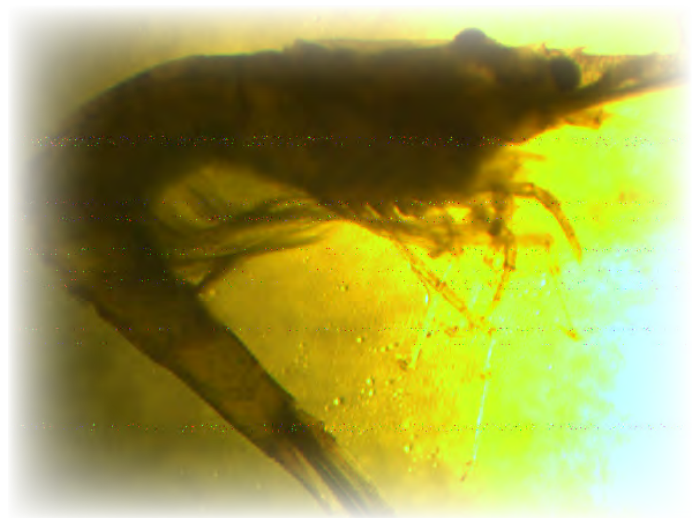


HORAS

DOI:
<https://doi.org/10.19136/kuxulkab'.a24n48.2369>



Fotografías: Núñez-Nogueira, G.



Fotografía 5. Ejemplares de palemónidos estudiados.

Este tipo de variaciones en la respuesta de toxicidad de los metales, como lo son los aumentos o disminuciones y nulos cambios en la toxicidad, han sido observados con anterioridad, principalmente trabajando con especies de crustáceos de agua dulce como son los daphnidos (Winner, 1984, 1986; Stackhouse & Benson, 1988).

Bajo ciertas condiciones, la presencia de ácidos húmicos, puede también incrementar la toxicidad de ciertos elementos. Metales como el cobre o el zinc han mostrado tener una clara respuesta en su interacción con sustancias húmicas, en patrones dependientes o inversamente proporcionales de la cantidad de sustancia húmica respecto a la toxicidad. Sin embargo, otros metales como el cadmio, al interactuar con ácidos húmicos, pueden resultar en un incremento de su toxicidad en presencia de una mayor cantidad de ácidos húmicos disueltos (Winner, 1984, 1986), y aunque este fenómeno no es claramente entendido, diversos autores consideran que dicho aumento en toxicidad, puede estar relacionado con dos tipos de fenómenos, primeramente con el hecho de que las sustancias húmicas al formar un complejo metálico (Me-SH), éste aumenta su característica de biodisponibilidad, mediante su interacción con los sitios de enlace a nivel de membrana celular (Stackhouse & Benson, 1988), permitiéndose de alguna manera, una mayor o más rápida toma del ión metálico al interior de las células. Esto representaría una mayor *permeabilidad* de la membrana, ante ciertos tipos de complejos órgano-metálicos, o bien, podría deberse a diferencias fisiológicas inducidas en los organismos, debido a la exposición a dichos complejos.

Otro factor que se ha considerado como posible causal en el incremento de toxicidad en presencia de sustancias húmicas, es el aumento en la acidez del medio debido a los ácidos húmicos que interactúan con los carbonatos, liberando iones hidrógeno y volviendo más ácido el medio (Stackhouse & Benson, 1988; Kozlova *et al.*, 2009), lo que genera mayor disponibilidad de los iones de metal en fase disuelta; igualmente se ha visto que la presencia de otros macroelementos como cadmio y magnesio (Kozlova *et al.*, 2009), ocasionan que entre los metales y los macroelementos, compitan por los sitios activos de quelación de las sustancias húmicas presentes en el agua, reduciéndose la interacción de esos compuestos orgánicos con los iones metálicos tóxicos, presentes en el agua.

Paralelamente a lo anterior, también se ha observado que una mayor presencia de sustancias húmicas en solución, generan una disminución en la toxicidad de los metales, tal y como es el caso del cobre (Lorenzo, Nieto & Beiras, 2002), pero en nuestro caso, el patrón no fue constante, siendo en algunas ocasiones el grupo con menor concentración de lixiviado, el que presentara un mayor número de camarones vivos al finalizar las 96 horas de exposición. Lo anterior concuerda con el planteamiento hecho por Winner (1986), donde un factor o serie de factores diferentes al rompimiento del enlace metal-ácido húmico o desplazamiento del metal de los sitios de unión con las sustancias húmicas, está o están involucrados en los diferentes efectos que tienen los ácidos húmicos sobre la toxicidad de metales.

Las sustancias húmicas (SH) son una fracción de alto peso molecular del enorme conjunto de sustancias que forman parte en un 60-80 % del carbono orgánico disuelto presente en ambientes estuarino-lagunares. Son de carácter ácido y estructuras químicas complejas, formados por reacciones inespecíficas de síntesis y polimerización microbianas a partir de proteínas, lípidos, carbohidratos y ligninas (Wetzel, 1975; Stevenson, 1994).

«Al enlace o unión química entre un metal y una sustancia húmica, en este escrito se señala como: Me-SH»

«Quelar: combinar algo con ion metálico para obtener un compuesto estable; como sinónimo se maneja el término: quelación»

Lawrence (2003, p. 521);
(2014, p. 477)

«Las sustancias húmicas (SH) son una fracción de alto peso molecular del conjunto de sustancias que forman parte del carbono orgánico disuelto presente en ambientes estuarino-lagunares»



Fotografía: Núñez-Nogueira, G. & Fernández, L.

Fotografía 6. Bioensayo de lixiviados.

La principal fuente de las SH y de los ácidos húmicos (AH), como ya se mencionó, es la materia vegetal (frutos, hojas, ramas, troncos, plantas fibrosas ricas en taninos, ligninas, celulosas, etcétera) que se degrada por acción de agentes físicos y biológicos, y se descompone en detritus y remineraliza hasta constituyentes monoméricos, principalmente fenoles, taninos, ligninas, que sufren una repolimerización (proceso de humificación por acción enzimática bacteriana) en la cual se forman las principales fracciones de las SH y AH, entre ellas se destacan los ácidos húmico, fúlvicos y las huminas.

Estos grupos de sustancias, agrupan a su vez a otra serie de moléculas o compuestos no menos simples, como son una amplia gama de compuestos de origen generalmente similar con muchas propiedades en común (Manahan, 2007), las sustancias húmicas son macromoléculas polielectrolíticas con masas moleculares que varían desde unos pocos a cientos para los ácidos fúlvicos y de decenas a miles para las fracciones de ácidos húmicos y humina, estas sustancias contienen un esqueleto de carbono con un elevado grado de aromaticidad y con un alto porcentaje de peso molecular incorporado en grupos funcionales, la mayoría de los cuales contiene oxígeno.

La composición elemental de la mayoría (>72 %) de las sustancias húmicas está dentro de los siguientes intervalos: carbono 45-55 %; oxígeno 30-45 %; hidrógeno 3-6 %; nitrógeno 1-5 % y azufre 0-1 % (Manahan, 2007). Existen otras fracciones menos conocidas como son ácido crémico, fúmico, apocrémico, múmico, presentes en ríos, lagos, lagunas y mares (De la Lanza-Espino, 1990).

Se debe recordar que los grupos funcionales que se presentan en estos grupos van desde carboxilo, ácido, carbonilo, alcohol, cetona, éster, anillos aromáticos, cadenas alifáticas, amino, fenoles, pirroles, índoles, quinonas, piridinas, etcétera; las cuales pueden interactuar con la materia viva y no viva (Steinberg, Meinelt, Timofeyev, Bittner & Menzel, 2008). Considerando que el origen de estas sustancias es a partir de la humificación natural generada por la participación de microorganismos (Wetzel, 1975; Stevenson, 1994), es posible suponer que un mayor periodo de lixiviación y humidificación, favorecerá la generación de un mayor número de fracciones moleculares capaces de interactuar con los iones metálicos, lo que explicaría el hecho que en casi todos los casos aquí estudiados, no se observará la reducción en toxicidad, si se considera entonces que un periodo de lixiviación de 24 horas, no brinda el tiempo suficiente para la generación del mayor número de fracciones quelantes.

Conclusiones y agradecimientos

De lo anterior, es posible concluir que la toxicidad del níquel y del cadmio, permanecen sin cambios significativos a pesar del origen de los lixiviados, así como de la cantidad de sustancias húmicas proporcionadas en cada uno de los procesos de lixiviación, de las tres especies de manglar probadas. Los carídeos resultan ser vulnerables a ambos elementos metálicos y la posibilidad de utilizar lixiviados de 24 horas, posiblemente este limitando la interacción de las sustancias húmicas al no tener tiempo suficiente de degradación o transformación biológica natural (por ejemplo de microorganismos), en moléculas orgánicas de menor tamaño y con mayor número de sitios de interacción con metales, que podría permitir quizás una reducción en la disponibilidad del cadmio y níquel, reduciendo entonces la toxicidad de alguno de ellos.

Este estudio pudo realizarse con el apoyo financiero a través del «Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT)» del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), con clave 137942. El más amplio reconocimiento a la Dra. Emma Guevara, coordinadora del proyecto, al biólogo Hernán Álvarez y al licenciado Andrés Reda, por la colaboración y esfuerzo en la obtención de organismos silvestres y así como de las hojas de manglar, igualmente al Dr. Roberto Brito por el préstamo de la red «renfro» para la realización de algunas colectas. Finalmente, a los biólogos María Cauich, Evaristo Lucero, Elizabeth Hernández y Maribel Montiel por su apoyo en campo y laboratorio.

Referencias

Barba, E.; Raz-Guzmán, A. & Sánchez, A.J. (2005). Distribution patterns of estuarine caridean shrimps in the southwestern Gulf of Mexico. *Crustaceana*, 78(6): 709-726. DOI <<https://doi.org/10.1163/156854005774353502>>

Botello, A.V.; Rendón von Osten, J.; Gold-Bouchot, G. & Agraz-Hernández, C. (Edit.). (2005). *Golfo de México, contaminación e Impacto Ambiental: diagnóstico y tendencias*; (2^{da} ed.; p. 696). Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche (UAC); Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Universidad Istmo Americana; Gobierno del Estado de Veracruz-COEPSA; H. Ayuntamiento de Coatzacoalcos, Veracruz.

De la Lanza-Espino, G. (1990). Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua. En: De la Lanza-Espino, G. & Arredondo Figueroa, J.L. (Eds.); *La acuicultura en México: de los conceptos a la producción*; (pp. 181-199). México D.F.; México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

De la Rosa, J.M.; Santos, M. & Araújo, M.F. (2011). Metal binding by humic acids in recent sediments from the SW Iberian coastal area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(4): 478-485. DOI <<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.05.029>>

EPA (Environmental Protection Agency). (1996). *Ecological effects test guidelines: OPPTS 850.1075 fish acute toxicity test, freshwater and marine*; (Public Draft; p. 13). United States of America: USA EPA.

EPA (Environmental Protection Agency). (2009). Probit 3.2 Benchmark dose (BMD) dichotomies model. *Benchmark dose Tools* [web]. Consulted the 17/August/2016, recovered from <<http://www.epa.gov/ncea/bmds/versions.html>>

Finney, D.J. (1952). *Probit analysis: a statistical treatment of the Sigmoid Response Curve*; (2nd ed.; p. 318). New York-London: Cambridge Univ. Press.

Frías-Espicrueta, M.G.; Osuna-López, J.I.; Izaguirre-Fierro, G.; Aguilar-Juárez, M. & Voltolina, D. (2010). Cadmio y plomo en organismos de importancia comercial de la zona costera de Sinaloa, México: 20 años de estudios. *CICIMAR Oceanides*, 25(2): 121-134. Recuperado de <<http://oceanides.ipn.mx/index.php/cicimaroceanides/article/view/88>>

González-Farías, F. & Mee, L.D. (1988). Effect of mangrove humic-like substances on biodegradation rate of detritus. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 119(1): 1-13. DOI <[https://doi.org/10.1016/0022-0981\(88\)90148-7](https://doi.org/10.1016/0022-0981(88)90148-7)>

Kamunde, C. & MacPhail, R. (2011). Effect of humic acid during concurrent chronic waterborne exposure of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to copper, cadmium and zinc. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(3): 259-269. DOI <<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.10.007>>

Kozlova, T.; Wood, C.M. & McGeer, J.C. (2009). The effect of water chemistry on the acute toxicity of nickel to the cladoceran '*Daphnia pulex*' and the development of a biotic ligand model. *Aquatic Toxicology*, 91(3): 221-228. DOI <<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2008.11.005>>

Lawrence, E. (Edit.). (2003). *Diccionario Akal de Términos Biológicos*; (12^{va} Ed.; Henderson's Dictionary of Biological Terms, R. Codes Valcarce & Fco. J. Espino Nuño (Trad.); p. 688). Madrid, España: Ediciones Akal. ISBN 84-460-1582X.

Lawrence, E. (Comp.). (2014). *Diccionario de Biología*; (Trad. Henderson's Dictionary of Biology; p. 622). México: Editorial Trillas.

Lorenzo, J.I.; Nieto, O. & Beiras, R. (2002). Effect of humic acids on speciation and toxicity of copper to '*Paracentrotus lividus*' larvae in seawater. *Aquatic Toxicology*, 58(1-2): 27-41. DOI <[https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(01\)00219-3](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(01)00219-3)>

Manahan, S.E. (2007). *Introducción a la química ambiental*; (Mora Leyva, I. (Trad.); p. 725). México. Reverte Ediciones S.A. de C.V.

Musani, Lj.; Valenta, P.; Nürnberg, H.W.; Konrad, Z. & Branica, M. (1980). On the chelation of toxic trace metals by humic acid of marine origin. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 11(6): 639-649. DOI <[https://doi.org/10.1016/S0302-3524\(80\)80015-6](https://doi.org/10.1016/S0302-3524(80)80015-6)>

Nga, B.T.; Roijackens, R.; Nghia, T.T.; Ut, V.N. & Scheffer, M. (2006). Effects of decomposing '*Rhizophora apiculata*' leaves on larvae of the shrimp '*Penaeus monodon*'. *Aquaculture International*, 14(5): 467-477. DOI <<https://doi.org/10.1007/s10499-006-9049-y>>

Nunez-Nogueira, G.; Mouneyrac, C.; Muntz, A. & Fernández-Bringas, L. (2010). Metallothionein-like proteins and energy reserve levels after Ni and Pb exposure in the pacific white prawn '*Penaeus vannamei*'. *Journal of Toxicology*, 2010: 1-9. DOI <<https://doi.org/10.1155/2010/407360>>

Núñez Nogueira, G. & Fernández Bringas, L.M. (2011). Biología y acumulación de cadmio en camarones peneidos. En: Páez Osuna, F. (Edit.); *Metales en camarón de cultivo y silvestre: importancia, efectos y transferencia trófica*; (Serie Lagunas Costeras de Sinaloa 5; pp. 159-204). México: El Colegio de Sinaloa; Universidad Politécnica de Sinaloa; Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); CESUES.

Núñez-Nogueira, G. & Rainbow, P.S. (2005). Cadmium uptake and accumulation by the decapod crustacean '*Penaeus indicus*'. *Marine Environmental Research*, 60(3): 339-354. DOI «<https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2004.12.001>»

Núñez-Nogueira, G.; Cruz-Monroy, N.L.; Valentino-Álvarez, J.A. & González Farías, F. (2009). Evaluación de la interacción de sustancias húmicas de mangle ('*Laguncularia racemosa*') con Ni, Cd y Pb en dos salinidades diferentes (33 y 17 ups); (Bioensayos de toxicidad de campo y laboratorio 3). *Biologist (special issue)*, 7(1-2): 34. Recuperado de «<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3989611.pdf>»

Núñez-Nogueira, G.; Fernández-Bringas, L.; Ordiano-Flores, A.; Gómez-Ponce, A.; Ponce de León-Hill, C. & González-Farías, F. (2012). Accumulation and regulation effects from the metal mixture of Zn, Pb and Cd in the tropical shrimp '*Penaeus vannamei*'. *Biological Trace Element Research*, 150: 208-213. DOI «<https://doi.org/10.1007/s12011-012-9500-z>»

Páez Osuna, F. (2005). Efectos de los metales. En: Botello, A.V.; Rendón von Osten, J.; Gold-Bouchot, G. & Agraz-Hernández, C. (Edit.); *Golfo de México, contaminación e Impacto Ambiental: diagnóstico y tendencias*; (2^{da} ed.; pp. 343-360). Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche (UAC); Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Universidad Istmo Americana; Gobierno del Estado de Veracruz-COEPA; H. Ayuntamiento de Coatzacoalcos, Veracruz.

Pan, B.; Ning, P. & Xing, B. (2008). Part IV-sorption of hydrophobic organic contaminants. *Environmental Science and Pollution Research*, 15(7): 554-564. DOI «<https://doi.org/10.1007/s11356-008-0051-y>»

Pan, B.; Ning, P. & Xing, B. (2009). Part V: sorption of pharmaceuticals and personal care products. *Environmental Science and Pollution Research*, 16(1): 106-116. DOI «<https://doi.org/10.1007/s11356-008-0052-x>»

Pourang, N.; Dennis, J.H. & Ghourchian, H. (2005). Distribution of heavy metals in '*Penaeus semisulcatus*' from Persian Gulf and possible role of metallothionein in their redistribution during storage. *Environmental Monitoring and Assessment*, 100(1-3): 71-88. DOI «<https://doi.org/10.1007/s10661-005-7061-8>»

Ramos Miranda, J.; Flores Hernández, D.; Ayala Pérez, L.A.; Rendón von Osten, J.; Villalobos Zapata, G. & Sosa López, A. (2006). *Atlas hidrológico e ictiológico de la Laguna de Términos*; (p. 173). Campeche, México. Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX) de la Universidad Autónoma de Campeche (UAC).

Raz-Guzmán, A. (2010). Estudio de caso: crustáceos de la Laguna de Términos. En: Villalobos-Zapata, G.J. & Mendoza Vega, J. (Coord.); *La biodiversidad en Campeche: estudio de Estado*; (pp. 275-279). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO); Gobierno del Estado de Campeche; Universidad Autónoma de Campeche (UAC); El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

Rosales-Hoz, L.; Carranza-Edwards, A.; Sanvicente-Añorve, L.; Alatorre-Mendieta, M.A. & Rivera-Ramirez, F. (2009). Distribution of dissolved trace metals around the Sacrificos coral reef island, in Southwestern Gulf of Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83(5): 713-719. DOI «<https://doi.org/10.1007/s00128-009-9813-6>»

De Grave, S.; Cai, Y. & Anker, A. (2008). Global diversity of shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) in freshwater. *Hydrobiologica*, 595(1): 287-293. DOI «<https://doi.org/10.1007/s10750-007-9024-2>»

Stackhouse, A.R. & Benson, W.H. (1988). The influence of humic acid on the toxicity and bioavailability of selected trace metals. *Aquatic Toxicology*, 13(2): 99-107. DOI «[https://doi.org/10.1016/0166-445X\(88\)90036-7](https://doi.org/10.1016/0166-445X(88)90036-7)»

Steinberg, C.E.W.; Meinelt, T.; Timofeyev, M.A.; Bittner, M. & Menzel, R. (2008). Humic substances (review series): Part 2: interactions with organisms. *Environmental Science and Pollution Research International*, 15(2):128-135. DOI «<http://dx.doi.org/10.1065/espr2007.07.434>»

Stevenson, F.J. (1994). *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*; (2nd ed.; p. 512). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Valentino-Álvarez, J.A.; Núñez-Nogueira, G. & Fernández-Bringas, L. (2013). Acute toxicity of arsenic under different temperatures and salinity conditions on the white shrimp '*Litopenaeus vannamei*'. *Biological Trace Element Research*, 152(3): 350-357. DOI «<https://doi.org/10.1007/s12011-013-9635-6>»

Vanegas Pérez, C.; Zúñiga Lagunas, S.; Gaxiola Cortez, G.; Robles Mendoza, C. & Betancourt Lozano, M. (2008). Ensayo de toxicidad aguda con camarones peneidos. En: Ramírez Romero, P. & Mendoza Cantú, A. (Comp.); *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo: la experiencia en México*; (pp. 196-190). México: Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Vazquez, G.F.; Enciso, G.; Morales, J.W.; Sharma, V.K.; Nischtand, S.L. & Domingo, G.L. (1999). Metal ions in water and sediments of the Pom-Atasta Lagoon, Mexico. *Environmental International*, 25(5): 599-604. DOI «[https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(99\)00038-0](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(99)00038-0)»

Villanueva, S.F. & Páez, F. (1996). Niveles de metales en el Golfo de México: agua, sedimentos y organismos. En: Botello, A.V.; Rojas, J.L.; Benítez, J.A. & Zárate, D. (Edit.); *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*; (pp. 309-347). Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche (UAC); Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT); Universidad Istmo Americana; Gobierno del Estado de Veracruz-COEPA; H. Ayuntamiento de Coatzacoalcos, Veracruz.

Wetzel, R.G. (1975). *Limnology*; (p. 743). London, England: W. B. Saunders Company.

Winner, R.W. (1984). The toxicity and bioaccumulation of cadmium and copper as effected by humic acid. *Aquatic Toxicology*, 5(3): 267-274. DOI <[https://doi.org/10.1016/0166-445X\(84\)90025-0](https://doi.org/10.1016/0166-445X(84)90025-0)>

Winner, R.W. (1986). Interactive effects of water hardness and humic acid on the chronic toxicity of cadmium to '*Daphnia pulex*'. *Aquatic Toxicology*, 8(4): 281-293. DOI <[https://doi.org/10.1016/0166-445X\(86\)90080-9](https://doi.org/10.1016/0166-445X(86)90080-9)>



FOMENTO Y PERMANENCIA DE VALORES CÍVICOS: HOMENAJE A NUESTRA ENSEÑA NACIONAL.
División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Rafael Sánchez Gutiérrez.

«La disciplina es no perder de vista lo que se desea alcanzar»

DACBiol



BIBLIOTECA DIVISIONAL «DR. JUAN JOSÉ BEAUREGARD CRUZ».

División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol); Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).
Villahermosa, Tabasco; México.

Fotografía: Arnulfo López Ramos & Biblioteca Divisional.



KUXULKAB'

División Académica de Ciencias Biológicas; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

☎ +52 (993) 358 1500, 354 4308 ext. 6415
✉ kuxulkab@ujat.mx • kuxulkab@outlook.com
🌐 www.revistas.ujat.mx

Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5, entronque a Bosques de Saloya. C.P. 86039.
Villahermosa, Tabasco. México.

