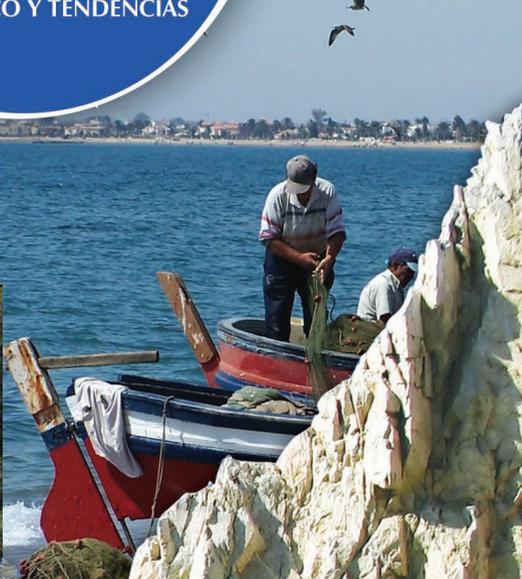




PACÍFICO MEXICANO
CONTAMINACIÓN E
IMPACTO
AMBIENTAL
DIAGNÓSTICO Y TENDENCIAS

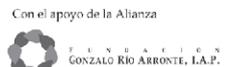


A.V. Botello, F. Páez-Osuna, L. Méndez-Rodríguez,
M. Betancourt-Lozano, S. Álvarez-Borrego y R. Lara-Lara

editores

PACÍFICO MEXICANO. CONTAMINACIÓN E IMPACTO AMBIENTAL: DIAGNÓSTICO Y TENDENCIAS

Alfonso V. Botello, Federico Páez-Osuna,
Lia Mendez-Rodríguez y Miguel Betancourt-Lozano,
Saul Álvarez-Borrego y Rubén Lara-Lara
editores



Con el apoyo de la Alianza

**Pacífico Mexicano. Contaminación e impacto ambiental:
diagnóstico y tendencias**

Botello, A.V., F. Páez-Osuna, L. Mendez-Rodríguez, M. Betancourt-Lozano, S. Álvarez-Borrego y R. Lara-Lara (eds.), 2014. Pacífico Mexicano. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM-ICMYL, CIAD-MAZATLÁN, CIBNOR, CICESE. 930 p.

© Universidad Autónoma de Campeche, 2014.

Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México

© Universidad Nacional Autónoma de México, 2014

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología

© Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Mazatán, 2014

© Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC, 2014

© Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, 2014

ISBN 978-607-7887-94-2

Contenido

Presentación

Directorio de participantes

Tomo I

MARCO CONCEPTUAL

- 1. The Pacific coast of Mexico** 1
A. V. Botello, A. O. Toledo, G. de la Lanza-Espino and S. Villanueva-Fragoso

PLAGUICIDAS

- Introducción** 29
A. V. Botello
- 2. Niveles de concentración de pesticidas organoclorados en moluscos bivalvos del NW de México** 33
J. I. Osuna-López, M. G. Frías-Espéricueta, G. López-López, G. Izaguirre-Fierro, H. Zazueta-Padilla, M. Aguilar-Juárez, E. M. Correa-González, J. C. Bautista Covarrubias, J. A. Cervantes-Atondo, L. Sánchez-Osuna y D. Voltolina
- 3. Plaguicidas organoclorados en huevos de la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829), en las costas del estado de Sinaloa, México** 43
L. García Solorio, E. Noreña Barroso y S. Capella Vizcaino
- 4. Plaguicidas y PCB en sedimentos de granjas camaronícolas en un sistema costero de Sinaloa, México** 57
L. M. García-de la Parra, C. González-Valdivia, L. Juleny Cervantes-Mojica, G. Aguilar-Zárate, P. Bastidas y M. Betancourt-Lozano

- 5. Impacto socio-económico del uso de agroquímicos en distritos de riego del noroeste de México (DR 063 Guasave, Sinaloa, y DTT 009 El Bejuco, Nayarit)** 73
F. A. González Farias, X. Cisneros Estrada, D. Escobedo Urías y M. López Hernández
- 6. Consideraciones toxicológicas sobre el uso de plaguicidas en un valle agrícola del noroeste de México** 101
J. Belisario Leyva-Morales, L. M. García de la Parra, I. Eugenia Martínez-Rodríguez, P.J. Bastidas-Bastidas, J.E. Astorga-Rodríguez, J. Bejarano-Trujillo y M. Betancourt-Lozano
- 7. Plaguicidas organoclorados en sistemas costeros de Nayarit** 119
M. L. Robledo-Marenco, C. Alberto Romero-Bañuelos, A. Elizabeth Rojas García, I. Martha Medina Díaz, Y. Y. Bernal Hernández, B. Socorro Barrón Vivanco y M. I. Girón Pérez
- 8. Plaguicidas organoclorados en agua y sedimento durante la época de secas y lluvias en la laguna de Agua Brava, Nayarit** 139
A. Islas-García, Fernando A. González-Farías, L. Robledo Marenco, J. B. Velázquez Fernández y A. V. Botello
- 9. Contenido de plaguicidas organoclorados en varios peces depredadores de la costa de Oaxaca y evaluación del riesgo de exposición por consumo en la salud humana** 169
G. Martínez Villa, M. Betancourt-Lozano, G. Aguilar Zárate, J. Ruelas Inzunza, V. Anislado Tolentino, G. Cerdanars Ladrón de Guevara, S. Ramos Carrillo y G. González Medina
- 10. Efectos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en humanos** 209
M. G. Frías-Espéricueta, M. Aguilar-Juárez, I. Osuna-López, J. A. Cervantes-Atondo, G. Izaguirre-Fierro, G. López-López, L. Sánchez-Osuna, H. Zazueta-Padilla y D. Voltolina

METALES, METALOIDES E HIDROCARBUROS

- Introducción** 221
F. Páez Osuna y L. Mendez
- 11. Metales y metaloides: origen, movilidad y ciclos biogeoquímicos** 225
F. Páez-Osuna
- 12. Transferencia de Cd, Cu, Hg, Pb y Zn en la trama trófica de un ecosistema lagunar subtropical de la región centro-este del golfo de California** 241
M. E. Jara Marini, L. García Rico, J. García Hernández y F. Páez-Osuna
- 13. Metales pesados (Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Hg y Zn) y metil-mercurio en mamíferos marinos varados en el golfo de California** 267
J. Ruelas-Inzunza, F. Páez-Osuna y M. Horvat
- 14. Monitoreo de cuatro metales pesados y un metaloide en isópodos de la especie *Ligia occidentalis* (s.l.) (Dana, 1853), en costas rocosas con diferentes impactos antropogénicos, en Guaymas, Sonora, México** 279
A. Guido Moreno, J. García Hernández, M. E. Jara Marini, G. Leyva García y D. Aguilera Márquez
- 15. La contaminación y distribución de metales pesados en la laguna costera de Barra de Navidad (Jalisco) en el Pacífico Mexicano** 293
U. Zaragoza-Araujo, J. L. Zavala-Aguirre, A. Zavaleta-Carmona, F. J. Barragán-Vázquez y J. de Anda-Sánchez
- 16. Efectos del dragado de una bahía en el sur de Sonora, en las concentraciones de metales pesados de huevos de aves de colonia** 323
D. Aguilera-Márquez, G. Leyva-García y J. García-Hernández
- 17. Mercurio total en algunas especies marinas del noroeste de México: evaluación de riesgo a la salud** 341
C. G. Delgado-Alvarez, M. G. Frías-Espericueta y J. R. Ruelas-Inzunza
- 18. Niveles de mercurio en peces de las costas mexicanas** 349
A. Vargas-Jiménez, M. G. Frías-Espericueta y J. R. Ruelas-Inzunza
- 19. Arsénico en organismos marinos del Pacífico Mexicano** 365
M. E. Bergés Tiznado y F. Páez-Osuna

- 20. Determinación de metales pesados en cuerpos de agua: la ostricultura en Sonora** 379
L. García-Rico, L. Tejeda Valenzuela, M. E. Jara-Marini, A. Gómez-Álvarez y J. García-Hernández
- 21. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (hap) en la costa del golfo de Tehuantepec, México** 397
R. Flores Ramírez, A. Berumen Rodríguez, C. Ilizaliturri Hernández, J. Chiprés de la Fuente, H. Romo Toledano, D. García Morales y G. Espinosa-Reyes
- 22. Indicadores microbiológicos e hidrocarburos aromáticos policíclicos del sistema costero Chantuto-Panzacola, Chiapas** 413
L. G. Calva Benítez, M. R. Torres-Alvarado, S. H. Hernández Álvarez y G. M. Trejo Aguilar

Tomo II

MICROBIOLOGÍA Y FLORECIMIENTOS ALGALES

- Introduccion** 437
I. Wong Chang
- 23. Incidencia de vibrios patogenos en ostion *Crassostrea gigas* cultivado en la península de Baja California** 441
C. Abraham Guerrero Ruíz, J. A. Fuentes Pascacio y M. L. Lizárraga-Partida
- 24. Contaminación microbiológica en la Bahía de Acapulco** 457
G. Barrera Escorcia, J. C. Vázquez Martínez y M. E. Meave del Castillo
- 25. Contaminación microbiológica en la zona costera del Pacífico Mexicano** 477
Carlos Leopoldo Fernández-Rendón y Guadalupe Barrera-Escorcia
- 26. Impacto ambiental de los Florecimientos Algales Nocivos (FAN)** 495
R. Cortés-Altamirano, M. C. Cortés-Lara, R. Alonso-Rodríguez y S. Licea-Durán
- 27. Los florecimientos macroalgales de las costas del Pacífico Mexicano: una síntesis sobre sus causas y efectos** 509
A. Piñón-Gimate, Federico Páez-Osuna, E. Serviere-Zaragoza y M. Casas-Valdez

IMPACTO AMBIENTAL

- Introducción** 535
S. Álvarez-Borrego y R. Lara-Lara
- 28. Impacto en la calidad del aire en la región del golfo de California, México** 539
H. Bravo A., R. Sosa E., I. Cureño G., P. Sánchez A., M. Jaimes P., G. Fuentes G., V. Torres M. y J. Genescá LL.
- 29. Índices para determinar salud ambiental acuática. Estudios de caso en las regiones del istmo de Tehuantepec y la costa oriental del golfo de California** 559
S. Margarita Ortiz Gallarza y A. Ortega Rubio
- 30. Biovigilancia de contaminantes orgánicos persistentes en la costa occidental de Baja California** 591
E.A. Gutiérrez Galindo, C. Quezada Hernández, M.V. Orozco Borbón, L. W. Daesslé
- 31. Isótopos estables ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$) en organismos filtradores como trazadores de contaminación: un caso de estudio en dos lagunas costeras del sureste del golfo de California, México** 619
Y. E. Torres-Rojas y F. Páez-Osuna
- 32. El impacto ambiental de proyectos portuarios turísticos en bahía Magdalena, Baja California Sur, México** 635
R. Marcín Medina, G. Hinojosa Arango, J. López Calderon, A. Gómez Gallardo, E. Nájera-Hillma, y R. Riosmena Rodríguez
- 33. Organismos macrobénticos indicadores de contaminación. Bahía de Guaymas, Sonora, costa oriental del golfo de California** 655
S. M. Ortiz Gallarza, G. J. de la Lanza Espino y R. T. Pérez Rodríguez
- 34. Impactos medioambiental y socioeconómico sobre la cuenca baja del río Culiacan, Sinaloa** 687
G. de la Lanza Espino y Norma Sánchez Santillan
- 35. Evaluación de la calidad del agua en el sistema estuarino de Uriás, México por medio de índices tróficos** 705
M. Á. Sánchez-Rodríguez, E. I Izaguirre-Flores, y O Calvario-Martínez

- 36. Comportamiento anual de la calidad del agua del estero de Urias, México** 721
E. I. Izaguirre-Flores, M. A. Sánchez-Rodríguez y O. Calvario-Martínez
- 37. Biomarcadores bioquímicos en ostión *Crassostrea corteziensis* del estero Boca de Camichín, Nayarit** 739
L. Ortega-Cervantes, I. Martha Medina-Díaz, Y. Yvette Bernal-Hernández, A. E. Rojas-García, M. L. Robledo-Marenco, B. Socorro Barrón-Vivanco, M. Iván Girón-Pérez y C. A. Romero-Bañuelos
- 38. Contaminación en la bahía de Zihuatanejo** 751
D.J. Izurieta, F.P. Saldaña, B.L. Inclan, J. Sánchez, Ch., F.A. Ordoñez, L.A. Ruiz, C.M. Mijangos, M.J. Cortes, P.R. Morales, L. J. Pérez, M.H. Vélez, A.I. Ramírez y T.A. Mejía.
- 39. Influencia de las descargas de aguas residuales y su impacto en la calidad del agua de la bahía de Acapulco, Guerrero** 789
M. P. Saldaña-Fabela, M. A. Gómez-Balandra, J. Izurieta-Dávila y Y. Pica-Granados
- 40. La prueba de micronúcleos: biomarcador de contaminación genotóxica, mutagénica o/y teratogénica** 819
O. Torres-Bugarín, M. L. Ramos-Ibarra, S. Ruíz Bernés, A. Flores García y M. Guadalupe Zavala
- 41. Histopatologías en el camarón blanco *L. vannamei* expuestos a una mezcla de metales** 849
S.M. Abad-Rosales, M.G. Frías-Espericueta, A.C. Nevárez-Velázquez, J.I. Osuna-López, F. Páez-Osuna, R. Lozano-Olvera y D. Voltolina
- 42. Efectos del cultivo de peces en jaulas flotantes sobre la calidad del agua y de los sedimentos en el Pacífico Mexicano** 859
J. Ramón Rendón Martínez, M. G. Frías Espericueta, C. Hernández, D. A. Osuna Bernal, E. Romero-Beltrán y D. Voltolina

NORMATIVIDAD

- 43. Normatividad en zonas costeras** 873
T. E. Saavedra Vázquez

En reconocimiento a su trayectoria académica



DR. SAÚL ÁLVAREZ BORREGO

Curso estudios en su natal Mazatlán hasta la Preparatoria. Estudió Oceanología en la Escuela Superior de Ciencias Marinas en Ensenada en 1963-1967, obteniendo la primera Mención Honorífica que otorgó la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) al titularse en 1968. Ganó el primer concurso de oposición de la UABC para dar clases de matemáticas en 1967. A los cuatro meses de llegar a Oregon State University empezó a dar clases de Laboratorio de Oceanografía Química en el Posgrado del cual era estudiante, a los 22 años de edad. Esto fue el inicio de lo que ahora, en 2015, son 50 años de labor docente en Preparatoria, Licenciatura, Maestría y Doctorado. Obtuvo su Maestría en Ciencias en año y medio en 1968-1970 y el Doctorado en tiempo record de dos años en 1970-1972, ambos en Oregon State University. Fue el primer Doctorado de los becarios del CONACYT y el primer egresado de la UABC que obtuvo Maestría y Doctorado. Fue Director de la Unidad de Ciencias Marinas de la UABC a los 27 años de edad, y a los 28 lo nombraron Director General del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), cargo que ocupó hasta los 43 años de edad. En su tiempo el CICESE creció de cinco investigadores a más de noventa, y se alcanzó la meta de poner a Ensenada en el mapa mundial de la investigación científica. Mientras fue Director, Saúl nunca dejó de ser un académico. Ha dirigido tesis de todos los niveles: 24 de Licenciatura, 27 de Maestría en Ciencias, dos de Maestría en Administración Integral del Ambiente y nueve de Doctorado en Ciencias. Dirigió la primera tesis de Doctorado que se presentó en la UABC (en 1994). Ha sido sinodal en exámenes de Maestría y Doctorales, además de en el CICESE y en la UABC, en Oregon State University, en San Diego State University, en la Facultad de Ciencias y en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, en el CINVESTAV DF del Instituto Politécnico Nacional, en la Universidad Anamalai de la India, y en la Universidad de Marsella. Es nivel III (el más alto) del Sistema Nacional de Investigadores desde 1990. Ha producido un total de 132 trabajos científicos en revistas arbitradas de circulación internacional y como capítulos de libros. Su primera publicación científica cumplirá 44 años en agosto de 2015, se publicó en el Journal of the Oceanographical Society of Japan (ahora Journal of Oceanography). En marzo de 1973, este mismo Journal incluyó la primera publicación científica del IIO-UABC con Saúl como primer autor. Cuenta con más de 3190 citas por otros autores en 239 revistas arbitradas diferentes, además de en libros y tesis. Sus publicaciones son citadas por investigadores que trabajan en todo el mundo, desde el Ártico hasta el Antártico, del Mediterráneo a los estuarios de la India. Disciplinariamente lo citan todo tipo de colegas: biólogos, físicos, químicos, geólogos, sedimentólogos, los que trabajan con plancton, con aves marinas, los mastozoólogos, etc. Al iniciar 2015 ha cumplido 40 años de servicios ininterrumpidos en el CICESE. Ha sido invitado

para participar en reuniones internacionales en México, Estados Unidos, Canadá, Brasil, Ecuador, Uruguay, Australia y Turquía. Ha sido miembro de diferentes Comités de Asesores de Instituciones en México y Estados Unidos, incluyendo el San Diego Natural History Museum y el Institute for Mexico and the United States de la Universidad de California. Ha participado en 23 cruceros oceanográficos, el más largo de los cuales fue de 60 días a bordo del R/V “Thomas Washington” de Scripps en 1968, ha navegado desde el área entre Chile y Nueva Zelanda hasta el Mar de Bering y el Golfo de Alaska; en el Atlántico alrededor de Bermuda y en el Mediterráneo; pero el Golfo de California ha sido su amor principal en donde ha navegado a bordo de barcos de Scripps, la US Navy y la UNAM. Cuenta con una serie de reconocimientos que incluyen “The Science & Engineering Model Award 1990” de la Mexican and American Foundation; la más alta presea de la Unión Geofísica Mexicana: Medalla y Diploma “Mariano Bárcenas” versión 1998; de PRONATURA, A.C., diploma 1998 por sus labores a favor de la conservación de la fauna y la flora silvestres, como Vicepresidente Científico de PRONATURA Noroeste; de la Fundación Acevedo: Medalla y Diploma como uno de los “Forjadores de Baja California”, entregados en presencia de los dos gobernadores, de Baja California y Baja California Sur, en 1999; en 2004 se le nombró Editor Emérito de la revista Ciencias Marinas en ocasión de sus treinta años de existencia (revista que fundó en 1974 siendo Director del IIO-UABC); el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología 2005 otorgado por el Gobierno de Baja California; de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, A.C., se le puso su nombre a los premios a la mejor tesis de Licenciatura, mejor tesis de Maestría en Ciencias, y mejor tesis Doctoral a partir de 2005; Doctorado Honoris Causa otorgado por la Universidad Autónoma de Baja California en 2006; Doctorado Honoris Causa otorgado por la Universidad de Sonora en 2009; del Gobierno del Estado de Sinaloa el reconocimiento “Sinaloenses Ejemplares en el Mundo” otorgado en 2010; y de la Asociación de Oceanólogos de México el Premio Nacional de Oceanografía en la primera ocasión que lo otorgan por trayectoria profesional, en 2010 en ocasión del XVI Congreso Nacional de Oceanografía.

*En reconocimiento
a su trayectoria académica*



DR. FEDERICO PÁEZ OSUNA

Nació en El Fuerte, Sinaloa y cursó la carrera de ingeniería bioquímica en la Facultad de Ciencias-Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Realizó estudios de maestría y doctorado en Ciencias del Mar en la Universidad Nacional Autónoma de México. Con 33 años de desempeño en la UNAM, actualmente el Doctor Páez es investigador titular “C” de tiempo completo, adscrito al Instituto de

Ciencias del Mar y Limnología, con nombramiento de investigador nacional nivel III.

Su principal interés ha sido en los campos de la Biogeoquímica, Contaminación Acuática y la Acuicultura. Las líneas de investigación desarrolladas por el Dr. Páez incluyen el ciclaje de nutrientes y metales pesados en los ecosistemas acuáticos; la distribución, acumulación y transferencia de metales y metaloides en organismos acuáticos; el impacto ambiental y desarrollo sustentable de la acuicultura; geocronología reciente de la contaminación en el medio acuático; y la utilización de isótopos estables en la biogeoquímica acuática. Esta variada gama de líneas de investigación se explica por la creación de un grupo actualmente de 7 investigadores del alto nivel; el grupo de geoquímica ambiental y marina (GEMA).

Ha publicado 198 artículos científicos, 27 artículos de divulgación, 44 capítulos de libro, 7 libros y ha sido editor de 6 libros. Tiene al menos 4550 citas y un factor h de 32.

Su labor docente y de formación de recursos humanos comprende la impartición de más de 82 cursos en diferentes instituciones; 55 a nivel posgrado. Ha dirigido 78 tesis: 13 de doctorado, 41 de maestría y 24 de licenciatura y ha formado a 11 investigadores, 5 de ellos nivel 2 del SNI.

Ha sido Consejero Editorial de revistas nacionales como Hidrobiológica (UAM), Investigaciones Marinas (IPN), Ciencias del Mar (UAS) y Universidad y Ciencia (UJAT) y de revistas internacionales como Environmental Pollution (Elsevier) y de Biological Trace Element Research (Springer).

Entre los reconocimientos recibidos por el Dr. Páez sobresalen, la Cátedra Especial “Ezequiel A. Chávez”, otorgada por la UNAM por su desempeño docente; la distinción UNAM en investigación; el Premio al Mérito Ecológico otorgado por el Gobierno Federal; y su ingreso como miembro a El Colegio de Sinaloa.

En memoria,



ALEJANDRO VILLALOBOS FIGUEROA

1918 - 1982

Alejandro Villalobos Figueroa fue uno de los pioneros a nivel nacional e internacional en el campo de la Biología Marina y en el estudio de los crustáceos (Carcinología), de México. Nació en Pochutla, Oaxaca, en 1918 y falleció realizando sus investigaciones en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, en 1982.

Estudió Biología en el Instituto de Biología de la UNAM. En 1938 ingresó a la Maestría en Ciencias, y en 1943 se tituló como Maestro en Ciencias. Se incorporó al personal académico del Instituto de Biología, como Auxiliar de Investigador (1943), Ayudante de Investigador (1946), Investigador Científico (1949) e Investigador de Tiempo Completo (1956-1973). En 1954 fue premiado por la Rockefeller Foundation Fellowship con una beca para realizar consultas en los museos de historia natural de Washington, Philadelphia, New York y Chicago. Perteneció a sociedades científicas como la Academia de la Investigación Científica, la Sociedad Mexicana de Historia Natural, la Sociedad Mexicana de Entomología, la Sociedad Mexicana de Hidrobiología, la Sociedad Latinoamericana de Oceanografía, la Sociedad Mexicana de Zoología y la Sociedad de Crustáceos (The Crustacean Society).

Trabajó también en la Universidad Autónoma Metropolitana (1974-1982) donde desarrolló el plan de estudios e instituyó la Licenciatura en Hidrobiología, que se imparte actualmente en dicha universidad, y fue profesor de la cátedra de Hidrobiología. En esta institución se desempeñó como Jefe del Departamento de Zootecnia y del Área de Ecosistemas Acuáticos (1974-1980). A nivel de posgrado dictó los cursos de Biología Marina en el Instituto de Biología, UNAM (1963-1966), de Ecología Marina, de Estuarios y de Arrecifes Madreporicos, de Biología Marina y de Crustáceos en la Facultad de Ciencias, UNAM (1966-1972), de Ecología General y de Ecología Humana, en la Facultad de Medicina, UNAM (1965-1973).

Consultor de diversas instituciones como la UNESCO, FAO, INDECO, CONACYT, INP, BCE). Participó activamente en las investigaciones sobre los efectos del derrame del pozo Ixtoc en el Golfo de México y para declarar la isla Contoy en Quintana Roo, reserva natural.



En particular estudió a los camarones de río conocidos como acociles (Familia Cambaridae), sobre los cuales publicó 17 trabajos, en los que generó las bases taxonómicas del grupo y describió especies nuevas para los géneros *Cambarellus*, *Procambarus* y *Paracambarus*.

Dirigió tesis a más de medio centenar de alumnos de licenciatura, maestría y doctorado. Fundó el grupo de investigadores en Biología Marina, en donde se formaron y consolidaron jóvenes académicos que años después destacarían en diferentes campos de las ciencias marinas. entre ellos se encontraban Jorge

Alberto Cabrera (Acuacultura), Andrés Reséndez (Ictiología), Samuel Gómez Aguirre (Plancton), Virgilio Arenas (Pesquerías), Guadalupe de la Lanza (Hidrobiología), Fernando Manrique (Crustáceos y Biología Marina), María Eugenia Loyo (Plancton), Cesar Flores Coto (Plancton), María Antonieta Aguayo (Plancton), Gerardo Green (Esponjas), Luis A. Soto (Ecología del Bentos y Crustáceos), Martha Signoret (Fitoplancton), Edith Polanco (Pesquerías), Sergio Licea (Fitoplancton) y Roberto Pérez (Malacología).

El Dr. Villalobos dejó una rica herencia científica en los campos de la Hidrobiología y la Carcinología. A 30 años de su desaparición se le sigue recordando como el forjador del estudio de las ciencias marinas en México y formador de una de las generaciones más nutrida de especialistas en este campo de la biología.

En memoria.



DR. DANIEL LLUCH BELDA

1942 - 2014

Nace el 5 de enero de 1942, en Uruapan, Mich., lugar donde realiza sus estudios básicos. Posteriormente se traslada a la Ciudad de México, donde cursa el nivel medio básico, medio superior y superior. El 25 de agosto de 1967 obtiene, con mención honorífica, el título de Biólogo en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del IPN. Realiza estudios de especialización a nivel posgrado, en el área de pesquerías, en el Collage of Fisheries University of Washington, Seattle, Wash. EUA. El 29 de abril de 1977, le es otorgado el grado de Doctor en Ciencias

con la especialidad en Biología en la ENCB del IPN. Inicia su experiencia profesional en 1961, en la Escuela Vocacional de Ciencias Médico Biológicas del IPN, como ayudante de prácticas, pasando en 1962 a desempeñar las funciones de laboratorista clínico. En 1963 se incorpora al Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras de la Secretaría de Industria y Comercio (INIBP/SIC), como ayudante de Biólogo en la Sección de Ictiología, donde posteriormente ocupa el puesto de Jefe de Sección de Mastozoología de 1964 a 1967. Durante 1967 y 1968, es becado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación para asistir a cursos de posgrado en la Universidad de Washington. En 1968, se reincorpora al INIBP/SIC como Jefe de la Sección de Procesamiento de Datos. En 1969 ingresa a la ENCB del IPN como Profesor de Tiempo Parcial, obteniendo en ese mismo año el nombramiento de Profesor de Tiempo Completo. En 1970 pasa a la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del IPN como Jefe del Departamento de Investigación Científica y Tecnológica.

En 1971 ingresa al Instituto Nacional de la Pesca de la SIC como Jefe del Departamento de Biología y Dinámica de Poblaciones, cargo que ocupa hasta 1972, ya que en 1973 es designado Jefe de la División de Biología Pesquera. De 1974 a 1976 se desempeña como Coordinador Técnico Ejecutivo y Jefe del Programa Camarón del Pacífico, el cual le toca organizar totalmente y abordar el análisis de la pesquería más problemática del país en ese momento.

Dentro de la dependencia antes mencionada es designado Subdirector de Biología Pesquera en 1977. De manera simultánea de 1971 a 1977 labora como Profesor de Tiempo Parcial en la ENCB del IPN.

En enero de 1978 se incorpora al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas como Coordinador Académico siendo designado Director del mismo a partir de 16 de junio, puesto en el que, después de un esfuerzo considerable, logra consolidar la Institución hasta convertirlo en el centro de investigación y posgrado que ocupaba el lugar más importante para el IPN. En mayo de 1984, acepta la invitación para ocupar el cargo de Director General del Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A.C., perdurando en el cargo hasta 1997. Cabe destacar que durante este periodo, a pesar de que el país pasaba por una etapa de marcada austeridad económica, logró transformar las condiciones críticas de este Centro en un avance y consolidación sostenida hasta 1993, año en el cual la Asamblea de Asociados decidió transformar al CIB en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., en consideración a que se contaba con la expectativa de poder transferir tecnología mediante el mecanismo de asociación productiva con los sectores empresarial y social. En esta misma Asamblea de Asociados, el Dr. Lluch es nombrado Director General, por un primer periodo de este nuevo Centro, cargo que ocupa hasta 1997. A partir de 1997 nuevamente se incorpora como al CICIMAR como Profesor Investigador de Tiempo Completo, donde permaneció hasta su deceso.

Por sus méritos profesionales y su fructífera labor académica y de investigación recibió numerosas distinciones, dentro de las que figura el que en el 2005 se le haya otorgado el Premio al Mérito Científico y Tecnológico, distinción que le es entregada por el Gobernador del Estado de Baja California Sur, Ing. Narciso Agundez, en un evento solemne celebrado en la Sala de Gobernadores del Palacio del Gobierno de BCS.

En su línea de trabajo de los últimos años, "*Investigaciones sobre la variabilidad climática y oceánica y sus efectos sobre los recursos vivos*" integró grupos de investigación, dirigió grupos nacionales e internacionales y publicó numerosos trabajos acerca de importantes pesquerías, los cuales han sido difundidos a través de revistas internacionales de amplia circulación y reconocimiento en el ambiente científico.

El Dr. Lluch Belda dictó más de 80 conferencias en distintas instituciones en el país y extranjeras, fue ponente en numerosos eventos académicos nacionales e internacionales y culminó la dirección de 40 tesis de grado y de licenciatura.

Antes de su fallecimiento, el Dr. Lluch Belda ostentaba el reconocimiento de Investigador Nacional Nivel 3, el más alto dentro del Sistema Nacional de Investigadores y también Miembro activo de la Academia Mexicana de Ciencias así como los más altos reconocimientos dentro de las categorías académicas a los que puede aspirar el personal del Instituto Politécnico Nacional.

En 2007 recibió el premio Nobel de la Paz en conjunto con otros colegas del mundo al formar parte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas.

Este legado académico y personal, no se puede terminar de entender si no se menciona a doña Olga Freda, esposa de Daniel, quién siempre fue un apoyo fundamental en el desarrollo profesional y familiar del Dr. Daniel Lluch Belda.

Requiescat in pace in aeternum Dr. Daniel Lluch Belda.



Presentación

México tiene en el mar una extraordinaria fuente de megadiversidad biológica, lo que plantea el gran reto de conservar nuestro valioso patrimonio natural y social, en medio de las prioridades de crecimiento económico, tanto nacionales como locales.

Por ello, consideramos fundamental la participación de instituciones académicas y centros de investigación de educación superior en un esfuerzo conjunto para la creación y aplicación de estrategias que mitiguen el impacto ambiental que representan los importantes asentamientos humanos, complejos turísticos, portuarios, industriales y comerciales, así como la agricultura, ganadería, pesca, extracción y conducción de hidrocarburos, que inciden directa o indirectamente en las costas del Océano Pacífico, Golfo de México y el Mar Caribe.

El gran desafío consiste en asumir a plenitud nuestro papel como agentes del cambio social en sociedades caracterizadas por su necesidad de crecer y en donde el mar adquiere una importancia vital.

La Universidad Autónoma de Campeche en respuesta a su compromiso social y a las más altas aspiraciones ciudadanas, entre otras aportaciones, difunde el conocimiento de científicos y líderes académicos mediante la publicación de sus trabajos, actividad en la que destaca el Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México.

En esta tesitura, es un honor presentar la primera edición de la obra *Pacífico Mexicano. Contaminación e Impacto Ambiental. Diagnóstico y Tendencias*, que concentra la aportación de 150 autores de 28 instituciones de investigación, esfuerzo de gran trascendencia académica y que acrecienta nuestra sensibilidad respecto a las relaciones complejas que se dan entre el hombre y la naturaleza.

DEL ENIGMA SIN ALBAS, A TRIÁNGULOS DE LUZ

Lic. Gerardo Montero Pérez
Rector, Universidad Autónoma de Campeche

Directorio de participantes

A

Selene M. Abad-Rosales

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Marisela Aguilar-Juárez

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

Gabriela Aguilar-Zárate

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Daniela Aguilera Márquez

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Guaymas
Guaymas, Sonora. México.

Rosalba Alonso-Rodríguez

Unidad Académica Mazatlán
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Mazatlán, Sinaloa. México.

Saúl Álvarez-Borrego

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
Baja California (CICESE)
Ensenada, B.C., México.

Sergio H. Álvarez Hernández

Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma
Metropolitana Iztapalapa
México D.F. México.

Jesús Efren Astorga-Rodríguez

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

B

Francisco Javier Barragán-Vázquez

Universidad de Colima
Colima, Colima. México.

Guadalupe Barrera Escorcía

Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma
Metropolitana Iztapalapa
México D.F. México.

Brisca Socorro Barrón Vivanco

Secretaría de Investigación y Posgrado,
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México

Pedro Bastidas Bastidas

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Culiacán
Culiacán, Sinaloa. México.

Juan C. Bautista Covarrubias

Secretaría de Investigación y Posgrado,
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit, Mexico.

Jorge Bejarano-Trujillo

Facultad de Agronomía
Universidad Autónoma de Sinaloa
Culiacán, Sinaloa. México.

Magdalena E. Bergés Tiznado

Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología
Unidad Académica Mazatlán
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). Mazatlán, Sinaloa. México.

Yael Yvette Bernal Hernández

Secretaría de Investigación y Posgrado,
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México

Alejandra Berumen Rodríguez

Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
San Luis Potosí, SLP. México.

Miguel Betancourt-Lozano

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Humberto Bravo A.

Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de México,
(UNAM). México, D.F. México.

C

Laura Georgina Calva Benítez

Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma
Metropolitana Iztapalapa
México D.F. México.

Omar Calvario-Martínez

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Santiago Capella Vizcaino

Unidad de Química de la UNAM,
FAcultad de Química
Sisal, Yucatán. México.

Margarita Casas-Valdez

Centro Interdisciplinario
de Ciencias Marinas (CICIMAR)
Instituto Politécnico Nacional
La Paz, BCS. México.

Genoveva Cerdenas Ladrón de Guevara

Universidad del Mar campus Puerto Ángel,
Puerto Ángel, Oaxaca, México.

Jesús Alberto Cervantes-Atondo

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Universidad Autónoma de Sonora-CIBNOR
La Paz, B.C.S. México.

L. Juleny Cervantes-Mojica

Instituto Tecnológico de Tepic
Tepic, Nayarit. México.

Jorge Chiprés de la Fuente

Escuela Superior de Ingeniería Química
e Industrias Extractivas
Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional Adolfo López Mateos
México D.F., México.

Xóchitl Cisneros Estrada

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Eva M. Correa-González

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

M.J. Cortes

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Roberto Cortés-Altamirano

Unidad Académica Mazatlán
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). Mazatlán, Sinaloa. México.

María del Carmen Cortés-Lara

Centro Universitario de la Costa
Universidad de Guadalajara
Puerto Vallarta, Jalisco. México.

Iris Cureño G.

Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de México,
(UNAM). México, D.F. México.

D**Luis W. Daesslé**

Instituto de Investigaciones Oceanológicas,
Universidad Autónoma de Baja California
Ensenada, BC. México.

José de Anda-Sánchez

Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco, A.C.
Guadalajara, Jalisco. México.

Guadalupe de la Lanza-Espino

Instituto de Biología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México D.F. México

Carolina G. Delgado-Alvarez

Doctorado en Ciencias en Recursos Acuáticos,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

E**Diana Escobedo Urías**

Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional-Sinaloa,
Instituto Politécnico Nacional
Guasave, Sinaloa. México.

Guillermo Espinosa-Reyes

Coordinación para la Innovación y Aplicación
de la Ciencia y la Tecnología
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
San Luis Potosí, S.L.P. México.

F**Carlos Leopoldo Fernández-Rendón**

Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma
Metropolitana Iztapalapa
México D.F. México.

Aurelio Flores García

Unidad Académica de Medicina
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México.

Rogelio Flores Ramírez

Programa Multidisciplinario de Posgrado
en Ciencias Ambientales
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
San Luis Potosí, SLP. México.

Martín G. Frías-Espéricueta

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

Gilberto Fuentes G.

Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de México,
(UNAM). México, D.F. México.

Jairo Antonio Fuentes Pascacio

Centro de Investigación Científica
y de Educación Superior de Ensenada
Baja California (CICESE)
Ensenada, B.C., México.

Agustín Gómez-Álvarez

Departamento de Ingeniería Química
y Metalurgia
Universidad de Sonora
Hermosillo, Sonora. México.

G

Luz Ma. García-de la Parra

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Jaqueline García Hernández

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo, A.C. Unidad Guaymas
Guaymas, Sonora. México.

Damián García Morales

Gerencia de Protección Ambiental
PEMEX Refinación
México D.F., México.

Leticia García Rico

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo, A.C.
Hermosillo, Sonora. México.

Liliana García Solorio

Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología-
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.

Juan Genescá LL.

Departamento de Ingeniería Metalúrgica
Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México,
(UNAM). México, D.F. México.

Manuel Iván Girón Pérez

Secretaría de Investigación y Posgrado,
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México.

Ma. Antonieta Gómez-Balandra

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Alejandro Gómez Gallardo

Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
La Paz, B.C.S. México.

Fernando A. González-Farías

Unidad Académica Procesos
Océánicos y Costeros
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.

Gabriela González Medina

Universidad del Mar campus Puerto Ángel,
Puerto Ángel, Oaxaca, México.

Carolina González-Valdivia

Instituto Tecnológico de Tepic
Tepic, Nayarit. México.

Carlos Abraham Guerrero Ruíz

Centro de Investigación Científica
y de Educación Superior de Ensenada
Baja California (CICESE)
Ensenada, B.C., México.

Adrián Güido Moreno

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo A.C., Unidad Guaymas
Guaymas, Sonora. México.

Efraín Abraham Gutiérrez Galindo

Instituto de Investigaciones Oceanológicas,
Universidad Autónoma de Baja California
Ensenada, BC. México.

H

Crisantema Hernández

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Gustavo Hinojosa Arango

Centro para la Biodiversidad Marina y la Conservación A.C.
La Paz, B.C.S. México.

Milena Horvat

Departamento de Ciencias Ambientales,
Jožef Stefan Institute,
Ljubljana, Slovenia.

I

B.L. Inclan

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Alejandro Islas-García

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.

César Ilizaliturri Hernández

Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología
Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
San Luis Potosí, SLP. México.

Gildardo Izaguirre-Fierro

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

Elda Ines Izaguirre-Flores

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Jorge Izurieta-Dávila

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

J

Monica Jaimes P.

Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de México,
(UNAM). México, D.F. México.

Martín Enrique Jara Marini

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Hermosillo
Hermosillo, Sonora. México.

L

Rubén Lara-Lara

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
Baja California (CICESE)
Ensenada, B.C., México.

Germán Leyva García

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Guaymas
Guaymas, Sonora. México.

José Belisario Leyva-Morales

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Sergio Licea-Durán

Unidad Académica Procesos
Océánicos y Costeros
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.

Marcial Leonardo Lizárraga-Partida

Centro de Investigación Científica
y de Educación Superior de Ensenada
Baja California (CICESE)
Ensenada, B.C., México.

Jorge López Calderon

Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
La Paz, B.C.S. México.

Martín López Hernández

Laboratorio de Química Ambiental
Unidad Académica Procesos
Oceánicos y Costeros
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.

Gabriel López-López

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

Rodolfo Lozano-Olvera

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

María Esther Meave del Castillo

Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma
Metropolitana Iztapalapa
México D.F. México.

Irma Martha Medina Díaz

Secretaría de Investigación y Posgrado,
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México.

T.A. Mejía

Instituto de Investigaciones Oceanológicas,
Universidad Autónoma de Baja California
Ensenada, BC. México.

Lia Mendez

C.M. Mijangos

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

P.R. Morales

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

M

Rocío Marcín Medina

Asociación de Investigación y Conservación
de Mamíferos Marinos y su Hábitat
La Paz, B.C.S. México.

Irma Eugenia Martínez-Rodríguez

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Gerardo Martínez Villa

Universidad del Mar campus Puerto Ángel,
Puerto Ángel, Oaxaca, México.

N

Eduardo Nájera-Hillma

Costa Salvaje A.C.
Ensenada, B.C. México.

Aidé C. Nevárez-Velázquez

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

Elsa Noreña Barroso

Laboratorio de Biogeoquímica
y Calidad de Agua
Unidad de Química de la UNAM,
Facultad de Química
Sisal, Yucatán. México.

O

F.A. Ordoñez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Laura Ortega-Cervantes

Secretaría de Investigación y Posgrado
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México.

Alfredo Ortega Rubio

Centro de Investigaciones Biológicas
del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
La Paz, BCS. México.

María Victoria Orozco Borbón

Instituto de Investigaciones Oceanológicas,
Universidad Autónoma de Baja California
Ensenada, BC. México.

Silvia Margarita Ortiz Gallarza

Centro de Investigaciones Biológicas
del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
La Paz, B.C.S. México.

Diego Armando Osuna Bernal

CRIP-Mazatlán
Instituto Nacional de la Pesca
Mazatlán, Sinaloa. México.

J. Isidro Osuna-López

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

P

Federico Páez-Osuna

Unidad Académica Mazatlán
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). Mazatlán, Sinaloa. México.

Miembro de El Colegio de Sinaloa

L.J. Pérez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Roberto T. Pérez Rodríguez

Departamento El Hombre y su Ambiente,
Universidad Autónoma
Metropolitana Xochimilco
México D.F. México.

Yolanda Pica-Granados

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Alejandra Piñón-Gimate

Centro Interdisciplinario
de Ciencias Marinas (CICIMAR)
Instituto Politécnico Nacional
La Paz, BCS. México.

Q

Cristina Quezada Hernández

Instituto de Investigaciones Oceanológicas,
Universidad Autónoma de Baja California
Ensenada, BC. México.

R

A.I. Ramírez

Centro de Investigación Científica
y de Educación Superior de Ensenada
Baja California (CICESE)
Ensenada, B.C., México.

Samuel Ramos Carrillo

Universidad del Mar campus Puerto Ángel,
Puerto Ángel, Oaxaca, México.

María Luisa Ramos-Ibarra

Centro Universitario de Ciencias Biológicas
y Agropecuarias
Universidad de Guadalajara
Zapopan, Jalisco. México.

Jesús Ramón Rendón Martínez

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.

Rafael Riosmena Rodriguez

Departamento de Biología Marina
Universidad Autónoma de Baja California Sur
La Paz, B.C.S. México.

María de Lourdes Robledo-Marengo

Secretaría de Investigación y Posgrado,
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México.

Aurora Elizabeth Rojas-García

Secretaría de Investigación y Posgrado,
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México.

Carlos Alberto Romero-Bañuelos

Secretaría de Investigación y Posgrado,
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México.

Emilio Romero Beltrán

CRIP-Mazatlán
Instituto Nacional de la Pesca
Mazatlán, Sinaloa. México.

Humberto Romo Toledano

Escuela Superior de Ingeniería Química e
Industrias Extractivas
Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional Adolfo López Mateos
México D.F., México.

Jorge Ruelas Inzunza

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Instituto Tecnológico de Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

L.A. Ruiz

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Salvador Ruíz Bernés

Unidad Académica de Medicina
Universidad Autónoma de Nayarit
Tepic, Nayarit. México.

S

Teresa E. Saavedra Vázquez

Ecología Aplicada del Sureste A.C.
Campeche, Campeche. México

F.P. Saldaña

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Ma. del Pilar Saldaña-Fabela

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Ch. J. Sánchez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
Jiutepec, Morelos. México.

Pablo Sánchez A.

Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de México,
(UNAM). México, D.F. México.

Librada Sánchez-Osuna

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

Miguel Ángel Sánchez-Rodríguez

Centro de Investigación en Alimentación
y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
Mazatlán, Sinaloa. México.

Norma Sánchez Santillan

Departamento El Hombre y su Ambiente,
Universidad Autónoma
Metropolitana Xochimilco
México D.F. México.

Elisa Serviere-Zaragoza

Centro de Investigaciones Biológicas
del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
La Paz, BCS. México.

Rodolfo Sosa E.

Centro de Ciencias de la Atmósfera
Universidad Nacional Autónoma de México,
(UNAM). México, D.F. México.

Vicente Anislado Tolentino

Universidad del Mar campus Puerto Ángel,
Puerto Ángel, Oaxaca, México.

María del Rocío Torres-Alvarado

Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma
Metropolitana Iztapalapa
México D.F. México.

Olivia Torres-Bugarín

Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Guadalajara
Zapopan, Jalisco. México.

Vianey Torres M.

Departamento de Ingeniería Metalúrgica
Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México,
(UNAM). México, D.F. México.

Yassir Edén Torres-Rojas

Unidad Académica Mazatlán
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). Mazatlán, Sinaloa. México.

Gloria M. Trejo Aguilar

Departamento de Biotecnología
Universidad Autónoma
Metropolitana Iztapalapa
México D.F. México.

T**Lourdes Tejeda Valenzuela**

Centro de Estudios Superiores
del Estado de Sonora
Hermosillo, Sonora. México.

Alejandro O. Toledo

El Colegio de Michoacan A.C.
Zamora, Michoacán. México.

V**Alfonso V. Botello**

Unidad Académica Procesos
Oceánicos y Costeros
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.

Areli Vargas-Jiménez

Posgrado en Recursos Acuáticos
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

Juan Carlos Vásquez Martínez

Departamento El Hombre y su Ambiente,
Universidad Autónoma
Metropolitana Xochimilco
México D.F. México.

Jesús B. Velázquez Fernández

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.

M.H. Vélez

Departamento de Hidrobiología
Universidad Autónoma
Metropolitana Iztapalapa
México D.F. México.

Susana Villanueva-Fragoso

Unidad Académica Procesos
Oceánicos y Costeros
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.

Domenico Voltolina

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Universidad Autónoma de Sonora-CIBNOR
La Paz, B.C.S. México.

Z

Ubaldo Zaragoza-Araujo

Escuela de Biología
Universidad Autónoma de Guadalajara
Guadalajara, Jalisco.

María Guadalupe Zavala

Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de Guadalajara
Zapopan, Jalisco. México.

José Luis Zavala-Aguirre

Escuela de Biología
Universidad Autónoma de Guadalajara
Guadalajara, Jalisco.

Andrés Zavaleta-Carmona

Turbana SA de CV
Barra de Navidad, Jalisco.

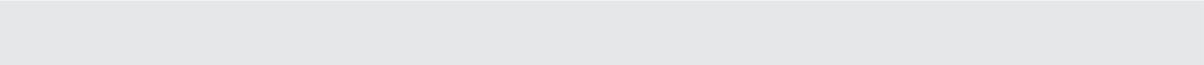
Héctor Zazueta-Padilla

Laboratorio de Estudios Ambientales,
Facultad de Ciencias del Mar,
Universidad Autónoma de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, Mexico.

W

Irma Wong Chang

Unidad Académica Procesos
Oceánicos y Costeros
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM). México, D.F. México.



TOMO II

Abad-Rosales, S.M., M. G. Frías-Espericueta, A. C. Nevárez-Velázquez, J. I. Osuna-López, F. Páez-Osuna, R. Lozano-Olvera y D. Voltolina, 2014. Histopatologías en el camarón blanco *L. vannamei* expuesto a una mezcla de metales. p. 849-858. En: A.V. Botello, F. Páez-Osuna, L. Mendez-Rodríguez, M. Betancourt-Lozano, S. Álvarez-Borrego y R. Lara-Lara (eds.). Pacífico Mexicano. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM-ICMYL, CIAD-Mazatlán, CIBNOR, CICESE. 930 p.

Histopatologías en el camarón blanco *L. vannamei* expuesto a una mezcla de metales

41

*Selene M. Abad-Rosales, Martín G. Frías-Espericueta,
Aideé C. Nevárez-Velázquez, J. Isidro Osuna-López,
Federico Páez-Osuna, Rodolfo Lozano-Olvera y Domenico Voltolina*

RESUMEN

La producción camaronera frecuentemente se ha visto reducida por brotes de diversas enfermedades cuyo origen muchas veces es difícil de identificar. La presencia de contaminantes puede ser un factor causante de la susceptibilidad de los organismos de cultivo. En algunas áreas, la presencia de metales puede influir sobre el estado de salud de los organismos acuáticos. En este trabajo se reportan los efectos de una mezcla de metales (Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb y Zn) presentes en el cultivo del camarón *L. vannamei* en concentraciones equivalentes a entre 5 y 0.5% de la CL_{50} (Factores de aplicación, FA de 0.05 y 0.005) de cada metal. Durante los muestreos semanales se registraron desprendimiento celular del epitelio tubular y reducción en las vacuolas de las células R y B del hepatopáncreas en todos los FA probados. En todos los muestreos las branquias mostraron dilatación de las lagunas hemales y en los epipoditos se registró desarrollo de nódulos hemocíticos melanizados en los FA más bajos. En el intestino de los organismos expuestos a los FA de 0.025 y 0.01 ocurrió enteritis hemocítica.

Palabras clave: Metales, efectos histológicos, camarón, branquias, hepatopáncreas.

ABSTRACT

Shrimp production has been affected by several diseases with uncertain origin. Contaminants could be a factor for increase susceptibility of cultured organisms. In some areas, metals may affect the aquatic organism health. In the present work, the effects of a mixture of metals (Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb and Zn) which occurs in the culture of the shrimp *Litopenaeus vannamei* at equivalent concentrations to 5 and 0.5% of their respective LC₅₀ (Application factors, AF, of 0.05 and 0.005) of each metal are reported. In each sampling, reduction of R and B cell and sloughing of epithelial cells of the hepatopancreas were observed in the AF tested. Gills showed abnormal dilation of the lacunae and in the epipodites focal melanization at the lowest AF was observed. Hemocytic enteritis was observed in the mid gut of organisms exposed to 0.025 and 0.01 AF.

Keywords: Metals, histological effects, shrimp, gills, hepatopancreas

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Determinar el efecto histológico en las branquias, hepatopáncreas y tracto digestivo del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* expuesto a la mezcla de siete metales.

METODOLOGÍA

Se utilizaron 105 organismos juveniles de camarón blanco de alrededor de 5-6 cm procedentes de una granja de camarón ubicada en el estado de Sinaloa, que se aclimataron a las condiciones del laboratorio antes de iniciar el experimento, durante el cual se mantuvieron con un fotoperíodo de 12 h luz / 12 h oscuridad y con dos suministros diarios de alimento. Los recambios de agua fueron del 100% diariamente durante el periodo de aclimatación, y cada 48 h durante el experimento.

Los metales usados para el experimento (Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb y Zn) se seleccionaron con base en datos de literatura, que señalaron su presencia en tejidos de camarón y peces en la región noroeste de la costa de México (Páez-Osuna y Frías Espericueta,

2001; Frías Espericueta *et al.*, 2005), y se utilizaron en diluciones progresivamente decrecientes (5, 2.5, 1.0 y 0.5%) de la concentración media letal de cada metal (factores de aplicación: FA de 0.05, 0.025, 0.01 y 0.005) (Frías-Espericueta *et al.*, 2001, 2003) (tabla 1).

La exposición a cada FA duró 28 días, con recambios de la solución experimental cada 48 horas y en tratamiento se colocaron 20 camarones, además de un grupo adicional que se mantuvo en agua de mar libre de metales que sirvió como control.

Cada semana se extrajeron de cada FA, incluyendo el control, cuatro organismos seleccionados al azar que se inyectaron inmediatamente en el cefalotórax y región abdominal con solución Davidson y se de-

Tabla 1. Concentración letal media (CL_{50}) (Valores tomados de Frías-Espéricueta *et al.*, 2001, 2003) y concentración nominal de cada metal en relación al factor de aplicación (FA) en $\mu\text{g/L}$.

Metal	CL_{50} -96h	FA			
		0.005	0.01	0.025	0.05
Cd	2 490	12.45	24.9	62.25	124.5
Cu	37 300	186.5	373	932.5	1865
Fe	44 200	221	442	1105	2210
Hg	1 230	6.15	12.3	30.75	61.5
Mn	130 000	650	1300	3250	6500
Pb	134 000	670	1340	3350	6700
Zn	2 080	10.4	20.8	52	104

jaron durante 24 horas en esta solución, que se sustituyó posteriormente con alcohol al 70% (Lighner, 1996).

Al final del experimento los organismos se seccionaron longitudinalmente para obtener muestras del cefalotórax, branquias y segmentos abdominales, que se deshidrataron en alcohol al 70, 80, 96 y 100%, se aclararon con xilol, se embebieron en parafina, se cortaron con un microtomo y se tiñeron con hematoxilina de Harris-eosina-floxina (Odendaal & Reinecke, 2007) para su observación posterior con un microscopio óptico con objetivo 40X. Dependiendo del tamaño del órgano examinado, se analizaron 60, 31, 30 y 6 campos de tejido de hepatopáncreas, branquias, intestino y epipoditos, respectivamente.

CONTEXTO

Los ecosistemas se encuentran expuestos a diversos contaminantes como plaguicidas, hidrocarburos del petróleo, metales y otros. De estos, los metales están entre los contaminantes de mayor preocupación ecológica (Wu & Yang, 2011). Existen importantes emisiones de metales al medio ambiente

dado el acelerado desarrollo económico e incremento de los asentamientos urbanos (Agusa *et al.*, 2007).

De acuerdo con Phillips y Rainbow (1993) el hombre contribuye con el 60-90% de las emisiones de Ni, Cr, Pb, Hg, Cd, Zn y Cu al ambiente; siendo la minería, la agricultura y la industria manufacturera las que más contribuyen con aportes de metales a través de sus efluentes.

Existen numerosos estudios en los que se reportan los efectos de metales en organismos acuáticos, como son alteraciones en reacciones bioquímicas y enzimáticas, con lo que se afectan procesos fisiológicos como la respiración, la osmoregulación, el crecimiento y la reproducción.

Entre las diferentes técnicas que existen para evaluar los efectos de los metales se encuentra la histología, la cual permite observar la micro-estructura de los tejidos y órganos para evaluar las modificaciones o cambios a nivel tisular y celular provocadas por contaminantes (Abad-Rosales *et al.*, 2010).

Por otra parte, varios investigadores han comentado que en medio natural, los organismos se encuentran expuestos a mezclas

de metales y de otros contaminantes, lo que puede provocar un efecto sinérgico (se suman los efectos de cada uno de las sustancias

en la mezcla) y el efecto en los organismos (como los camarones) es mayor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La supervivencia de los organismos de los tratamientos control, 0.01 y 0.005 fue del 100% durante todo el período experimental. Con los FA 0.05 y 0.025 se registraron mortalidades totales durante la tercera y la cuarta semana, respectivamente.

HEPATOPANCREAS

El hepatopáncreas es una glándula de importancia en el diagnóstico del estado de salud de los camarones ya que es morfológica y funcionalmente susceptible a modificaciones provocadas por factores ambientales adversos (figura 1a). Los resultados del análisis microanatómico en el presente trabajo muestran que en todos los tratamientos hubo afectaciones tanto en la estructura tubular como en el espacio intertubular del hepatopáncreas de los organismos, variando la severidad de éstas según el tiempo de exposición y la concentración de metales.

El análisis histopatológico a las secciones de los organismos colectados en la primera y segunda semana correspondientes a la concentración más baja (FA 0.005) no muestran alteraciones aparentes en hepatopáncreas; en la tercera semana de muestreo se observó leve desprendimiento de las células epiteliales con reducción en las vacuolas de las células de reserva (células R) en grado moderado (figura 1b), mientras que los organismos muestreados en la cuarta semana

continuaron con la reducción de vacuolas en las células R y el desprendimiento celular del epitelio tubular.

En los organismos expuestos al FA de 0.01 se observó infiltración hemocítica desde la primera semana de exposición a la mezcla de metales; en la segunda semana continuó la presencia de la infiltración hemocítica leve en tejido conectivo, además se observó una reducción moderada de las vacuolas en las células R y el desprendimiento celular leve del epitelio tubular, adicionalmente se encontró una reducción leve de las células secretoras (células B). La severidad en la reducción de las células B se incrementó en la tercera semana y continuaron presentes la reducción de vacuolas de las células R y el desprendimiento celular del epitelio (figura 1c) con el mismo grado de severidad que en la segunda semana. Finalmente en la última semana de muestreo el 100% de los campos observados tuvieron reducción vacuolar en las células R y B; y el desprendimiento celular del epitelio.

El FA de 0.025 fue la concentración de metales que causó desde la primera semana una reducción en el número de vacuolas en las células R y B, y el desprendimiento de células epiteliales. La exposición durante la segunda (figura 1d) y tercera semana a la mezcla de metales incrementó el grado de severidad de las alteraciones tisulares obser-

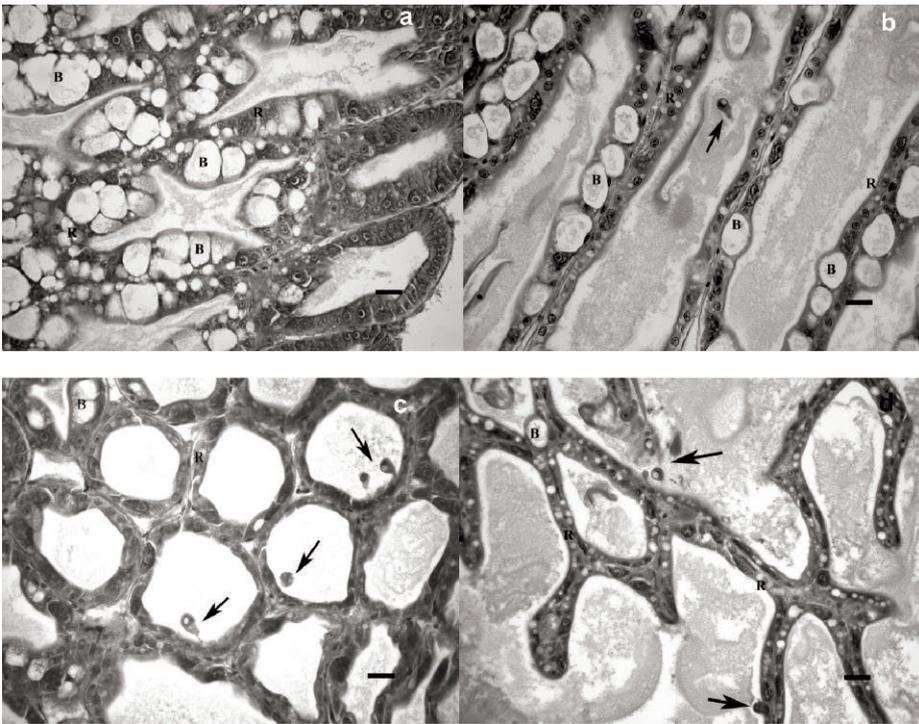


Figura 1. (a) tejido de hepatopáncreas de camarón blanco en el control a la tercera semana (b) fa de 0.005 a la tercera semana de exposición (c) fa de 0.01 a la tercera semana de exposición (d) fa de 0.025 a la segunda semana de exposición. En las fotografías b, c y d se observa desprendimiento celular (flechas) y diferentes grados de reducción de células B y R en el epitelio tubular del tejido (barras=10 μ m) (Frías-Espericueta *et al.*, 2008).

vadas en la primera semana. En consecuencia a la severidad de los efectos microanatómicos provocados por esta concentración de metales los organismos no resistieron la cuarta semana de exposición.

El más alto FA (0.05) tuvo un efecto letal en la sobrevivencia de los organismos expuestos a esta concentración ya que no lograron mantener su homeostasis por más de dos semanas. Efectivamente, el análisis de los hepatopáncreas de los camarones en la primera semana demostró un daño severo sobre las células R y B, además de desprendimiento celular leve.

BRANQUIAS Y EPIPODITOS

Las branquias son uno de los principales órganos blanco (figura 2a) de los contaminantes (Biagini *et al.*, 2009) ya que el tejido epitelial que cubre cada lamela branquial es susceptible a los efectos de variables ambientales, sustancias tóxicas y calidad del agua (Wong & Wong, 2000; Verján *et al.*, 2001; Mazon *et al.*, 2002). Los organismos analizados en la segunda semana de muestreo del FA 0.005 mostraron un incremento moderado en la dilatación de las lagunas hemales localizadas entre las células pilar y el epitelio lamelar (figura 2b). En la tercera semana la

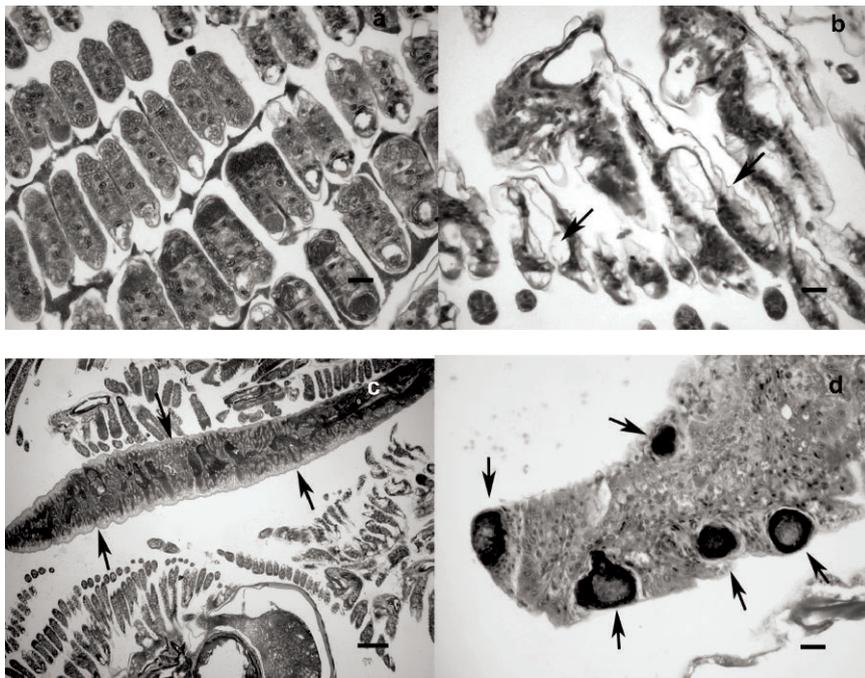


Figura 2. (a) tejido de branquias de camarón blanco en el control a la tercera semana (barra=10 μ m). (b) branquias expuestas al fa de 0.005 durante tres semanas con dilatación de las lagunas hemales en las lamelas secundaria (flechas) (barra=10 μ m). (c) tejido de branquias y epipodito en un organismo del FA 0.01 a la tercera semana (barra=50 μ m). (d) epipodito expuesto al FA 0.01 durante cuatro semanas con diversos nódulos melanizados (flechas) (barra=10 μ m) (Frías-Espericueta *et al.*, 2008).

alteración en las lagunas hemales disminuyó a grado leve aunque aún estaba presente.

Los epipoditos son estructuras localizadas en la cámara branquial y se caracterizan por grandes senos hemales cubierto por epitelio cuticular y una gruesa cubierta de cutícula (figura 2c). El FA 0.01 tuvo efectos sobre los epipoditos desde la segunda semana de exposición provocando la melanización moderada de éstos reconocida por el depósito color café sobre los nódulos formados por hemocitos con reacción inmunitaria. Esta alteración se presentó también en la tercera y cuarta semana, siendo esta última la que mayor grado de severidad tuvo en el desa-

rollo de nódulos melanizados (figura 2d). Las branquias en el FA 0.01 tuvieron alteraciones en el incremento moderado a severo en la dilatación de las lagunas hemales en las últimas dos semanas de exposición.

Los epipoditos de los organismos expuestos al FA de 0.025 fueron nuevamente los más afectados por la mezcla de metales ya que el diagnóstico histológico mostró que la infiltración hemocítica moderada provocó la presencia de melanizaciones en grado moderado desde la primera semana de exposición. En la tercera semana de exposición la dilatación de las lagunas hemales, la respuesta inflamatoria y el depósito de melanina en los

epipoditos continuaron presentes en grado moderado.

La concentración de metales correspondiente al FA de 0.05 ocasionó únicamente una leve infiltración hemocítica en la primera semana de exposición, sin embargo en la segunda semana todos los campos observados de branquias tuvieron dilatación anormal de las lagunas hemales en grado de severidad alto.

Soegianto *et al.* (1999) también observaron necrosis y alteraciones de la estructura regular de los epipoditos en el camarón *Marsupenaeus japonicus* al exponerlo a metales. Incluso Yang *et al.* (2007) y Li *et al.* (2007) en *Eriocheris sinensis* y *Macrobrachium rosenbergii*, respectivamente, reportan similares histopatologías.

INTESTINO MEDIO

El intestino medio constituye la porción más larga de intestino del camarón. La mucosa

intestinal está compuesta por un epitelio simple columnar descansando en una membrana basal (figura 3a) y funcionalmente es la sección del tracto digestivo responsable de la absorción de nutrientes. En el presente trabajo la función principal del intestino medio fue seriamente afectada por la pérdida de la capa de células epiteliales que fue sustituida por varias capas de hemocitos que reducían el lumen intestinal saturado de restos celulares y hemocitos libres. Esta patología es conocida como enteritis hemocítica y se observó en los organismos expuestos al FA de 0.01 en la tercera y cuarta semana con grado leve a severo, respectivamente; y en el FA de 0.025 durante la tercera semana de exposición en grado severo (figura 3b).

Esa histopatología coincide con lo reportado por Zodrow *et al.* (2004) quienes comentaron que algunos contaminantes pueden afectar el intestino medio de organismos acuáticos.

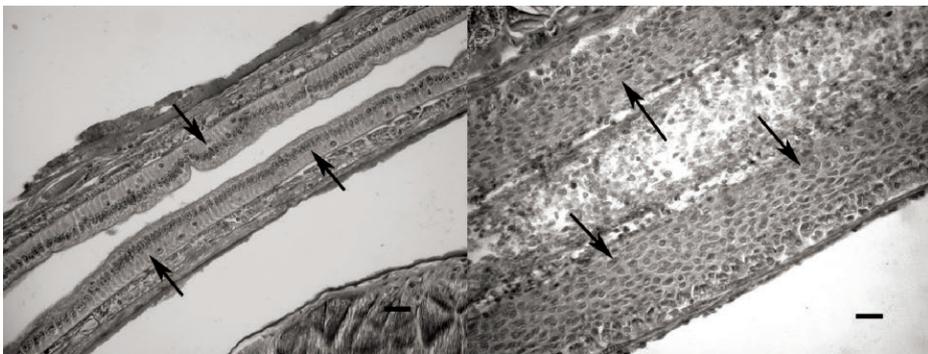


Figura 3. (a) intestino de camarón blanco correspondiente al control con epitelio columnar simple (flechas) en la tercera semana (barra=10 µm). (b) fa de 0.025 a las tres semanas de exposición donde la infiltración hemocítica severa (flechas) sustituye por completo el epitelio del intestino, reduciendo el lumen saturado de restos celulares y hemocitos (barra=10 µm) (Frías-Espericueta *et al.*, 2008).

CONCLUSIÓN

nuestro trabajo indica que la mezcla de metales ocasiona un efecto mayor que cuando los organismos están expuestos solo de manera individual, por lo que las agencias encargadas de regularizar los límites permisibles deben de considerar el efecto de las mezclas para evitar el daño en algunos procesos fisiológicos de los organismos.

AGRADECIMIENTOS

A los proyectos PROFAPI UAS y CECYT.

LITERATURA CITADA

- Abad-Rosales, S.M., M.G. Frías-Espericueta, A. Inzunza-Rojas, J.I. Osuna-López, R. Lozano-Olvera, & D. Voltolina, 2010.** Histological effect of Cu to white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles at low salinity. *Rev. Biol. Ocean.*, 45; 99-105.
- Agusa, T., T. Kunito, A. Sudaryanto, I. Monirith, S. Kan-Atireklep, H. Iwata, A. Ismail, J. Sanguansin, M. Muchtar, T.S. Tana, & S. Tanabe, 2007.** Exposure assessment for trace elements for consumption of marine fish from southeast Asia. *Environ Pollut.*, 145: 766-777.
- Biagini, F.R., J.A. de Oliveira, & C.S. Fontanetti, 2009.** The use of histological, histochemical and ultramorphological techniques to detect gill alterations in *Oreochromis niloticus* reared in treated polluted waters. *Microscop.*, 40: 839-44.
- Frías-Espericueta, M.G., D. Voltolina, & J.I. Osuna-López, 2001.** Acute toxicity of Cd, Hg and Pb to white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 67: 580-586.
- Frías-Espericueta, M.G., D. Voltolina, & J.I. Osuna-López, 2003.** Acute toxicity of copper, zinc, iron and manganese and of the mixtures copper-zinc and iron-manganese to white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *Bull. Env. Cont. Toxicol.*, 71: 68-74.
- Frías-Espericueta, M.G., J.I. Osuna-López, F.J. Estrada-Toledo, G. López-López y G. Izaguirre-Fierro, 2005.** Heavy metal in the edible muscle of shrimp from coastal lagoons of Northwest Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 74: 1098-1104.
- Frías-Espericueta, M.G., S. Abad-Rosales, A.C. Nevárez-Velázquez, J.I. Osuna-López, F. Páez-Osuna, R. Lozano-Olvera, & D. Voltolina, 2008.** Histological effects of a combination of heavy metals on Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Aquat. Toxicol.*, 89: 152-157.
- Li, N., Y. Zhao, & J. Yang, 2007.** Impact of waterborne copper on the structure of gills and hepatopancreas and its impact on the content of metallothioneins in juvenile giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*

- (Crustacea:Decapoda). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 52: 73-79.
- Mazon, A.F., C.C.C. Cerqueira, & M.N. Fernandes, 2002.** Gill cellular changes induced by cooper exposure in the South American tropical freshwater fish *Prochilodus scrofa*. *Environ. Res.*, 88: 52-63.
- Odendaal, J.P., & A.J. Reinecke, 2007.** Quantitative assessment of effects of zinc on the histological structure of the hepatopancreas of terrestrial isopods. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 53, 359- 364.
- Páez-Osuna, F., y M.G. Frías-Espericueta, 2001.** Bioacumulación, distribución y efectos de metales pesados en los peneidos. p. 244-270. En: Páez-Osuna, F. (Ed.). Camaronicultura y Medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México, Colegio de Sinaloa, México, D.F.
- Phillips D.J.H., & P.S. Rainbow, 1993.** Bio-monitoring of trace aquatic contaminants. Elsevier, Londres, 371 p.
- Soegianto, A., M. Charmantier-Daures, J.P. Trilles, & G Charmantier, 1999.** Impact of cadmium on the structure of gills and epipodites of the shrimp *Penaeus japonicus* (Decapoda). *Aquat. Living Resour.*, 12: 57-70.
- Verján, N., C.A. Iregui, A. L. Rey, y P. Donado, 2001.** Sistematización y caracterización de las lesiones branquiales de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) de cultivo clínicamente sana: algunas interacciones hospedador-patógeno-ambiente. *Aquatic*, 15: 1-25.
- Wong, K.C., & M.H. Wong, 2000.** Morphological and biochemical changes in the gills of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to ambient cadmium exposure. *Aquat. Toxicol.*, 48:517-27.
- Wu, X.Y., & Y.F. Yang, 2011.** Heavy metal (Pb, Co, Cd, Cy, Cu, Fe, Mn and Zn) concentrations in harvest-size white shrimp *Litopenaeus vannamei* tissues from aquaculture and wild source. *J. Food Aquacult. Anal.*, 24: 62-65.
- Yang, Z.B., Y.L. Zhao, N. Li, & J. Yang, 2007.** Effect of waterborne copper on the microstructure of gills and hepatopancreas in *Eriocheris sinensis* and its induction of metallothioneins. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 52: 222-228.
- Zodrow, J.M., J.J. Stegeman, & R.L. Tanguay, 2004.** Histological analysis of acute toxicity of 2,3,7,8- tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) in zebrafish. *Aquat. Toxicol.*, 66: 25-38.

**PACÍFICO MEXICANO. CONTAMINACIÓN E IMPACTO AMBIENTAL:
diagnóstico y tendencias**

Se realizó en el Departamento de Difusión y Publicaciones
del Instituto EPOMEX-Universidad Autónoma de Campeche.

Composición, diseño y proceso editorial a cargo de Jorge Gutiérrez Lara.
Diseño de la cubierta a cargo de Juan Manuel Matú.

Se terminó de imprimir en abril de 2015 en los talleres de
Print Service. Av Agustín Melgar 3b. Col. Bosques de Campeche
24030. San Francisco de Campeche, Campeche. México
