



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

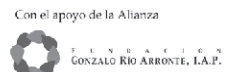
*editores*

---

# 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-Espericueta, 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

- Introducción** 437  
*I. Wong Chang*
- 23. Incidencia de vibrios patógenos en ostión *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 Rodriguez*
- 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 Urías, 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 I

Osuna-López, I., M.G. Frías-Espericueta, 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, 2014. Niveles de concentración de pesticidas organoclorados en moluscos bivalvos del noroeste de México. p. 33-42. 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.

---

## Niveles de concentración de pesticidas organoclorados en moluscos bivalvos del noroeste de México

2

*Isidro Osuna-López, Martín G. Frías-Espericueta, Gabriel López-López,  
Gildardo Izaguirre-Fierro, Héctor Zazueta-Padilla, Marisela Aguilar-Juárez,  
Eva M. Correa-González, Juan C. Bautista Covarrubias, Jesús Alberto Cervantes-  
Atondo, Librada Sánchez-Osuna y Domenico Voltolina*

---

### RESUMEN

Se colectaron bivalvos (*Crassostrea corteziensis*, *C. gigas* y *Saccostrea palmula*) de 18 sitios del noroeste de México en abril de 1996. En el laboratorio, los organismos se limpiaron, midieron y se separó el tejido blando, el cual fue liofilizado. El nivel de concentración de los plaguicidas se realizó por cromatografía de gases. *Crassostrea corteziensis* fue la especie encontrada en la mayoría de sitios acuáticos muestreados. Yavaros y Navachiste fueron los sitios donde se registró la mayoría de los plaguicidas organoclorados (20 y 19 plaguicidas, respectivamente). Los organoclorados más comunes fueron el DDE y el Arocloro 42. Los niveles de concentración más altos se determinaron en el estero San Cristóbal (Nayarit), y estos fueron el d-HCB, Metoxicloro, Endosulfán 11 y Arocloro 54 con 2 918, 1 438, 906 y 1 318.4 ng/g, respectivamente.

**Palabras clave:** organoclorados, bivalvos, noroeste de México.

## ABSTRACT

Bivalves (*Crassostrea corteziensis*, *C. gigas* and *Saccostrea palmula*) from 18 sites of Northwest Mexico were collected during April 1996. In the laboratory, organisms were cleaned, measured and soft tissue was separated, which was lyophilized. Pesticide concentration levels were obtained by gas chromatography. *Crassostrea corteziensis* was the most common bivalve, which was found in most of aquatic sampling sites. Yavaros and Navachiste were the sites with most organochlorine pesticides (20 and 19 pesticides, respectively). The most common compounds were the DDE and Arochlor 42. The high concentration levels were determined in San Cristóbal estuary (Nayarit), which were d-HCB, Metoxichlor, Endosulfan 11 and Arochlor 54 with 2 918, 1 438, 906 y 1 318.4 ng/g, respectively.

**Keywords:** Organochlorines, bivalves, Northwest Mexico.

## OBJETIVO DEL ESTUDIO

Conocer el nivel de concentración de algunos plaguicidas organoclorados en el tejido blando de moluscos bivalvos (*Crassostrea corteziensis*, *C. gigas* y *Saccostrea palmula*) de lagunas costeras del Noroeste de México (Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y BCS).

## METODOLOGÍA

### MUESTREO

La colecta de los moluscos bivalvos se llevó a cabo en abril de 1996. En cada una de las lagunas costeras (figura 1) se ubicaron de 1 a 3 estaciones de muestreo de acuerdo con el tamaño del cuerpo de agua y de las actividades antropogénicas. La colecta de organismos silvestres se realizó por desprendimiento de las raíces del mangle y de rocas con un cuchillo de acero inoxidable; en el caso de ostión de cultivo -*Crassostrea gigas*-, se colectaron directamente de las canastas en donde se mantenían los organismos. Los bivalvos se colocaron en recipientes de polietileno y se transportaron al laboratorio, donde fueron medidos, seleccionando los organismos de talla similar (40 organismos); posteriormen-

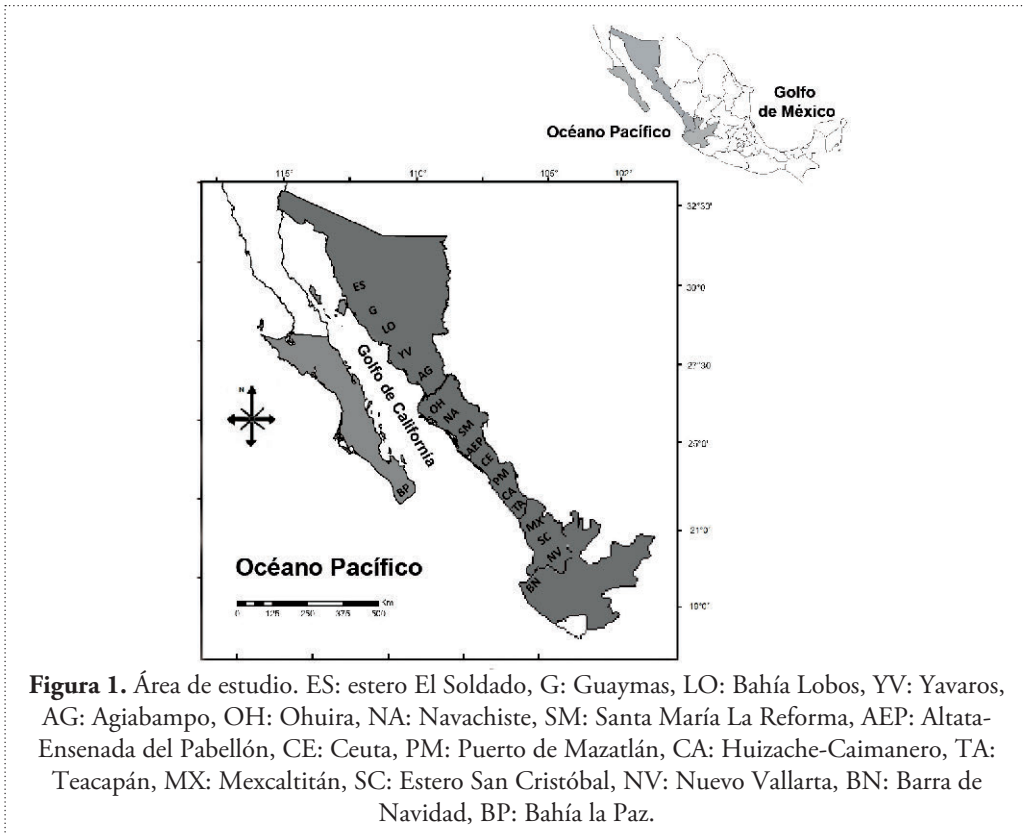
te se separó el tejido blando, que se colocó en frascos para su liofilización.

### PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Todo el material utilizado en el procesamiento y análisis de las muestras se lavó con jabón líquido (libre de P) agua destilada y solventes (hexano y metanol) y calentados a 250-300°C por ocho horas. Los reactivos grado analítico (NaSO<sub>4</sub> y florisil) fueron purificados mediante extracción Soxhlet con hexano HPLC.

Se sometieron submuestras, de 10 a 20 g, a extracción Soxhlet con hexano HPLC durante ocho horas. Posteriormente el extracto se concentró en rotavapor hasta 10 ml, enseguida cada extracto fue sometido a evapo-





ración en frío mediante corriente de nitrógeno en un concentrador Kuderna-Danish a 1 mL (UNEP, 1988). La cuantificación de los organoclorados (Org-Cl) se realizó en un cromatógrafo de gases HP 5890 Series II con detector de CE a temperaturas de 210-300°C y una temperatura de horno de 70-260°C

(3°C/min), utilizando helio como gas acarreador y nitrógeno como gas auxiliar, y una columna capilar de fenil metil silicón de 25 m. La eficiencia de recuperación se determinó con la aplicación de un estándar interno (2,3,4-triclorobifenil) con porcentajes del 70 al 96% (Páez-Osuna *et al.*, 2002).

## CONTEXTO

Existe una gran cantidad de productos químicos que son usados como plaguicidas, pero los problemas ecológicos están relacionados solo en unos cuantos de ellos debido a que se utilizan en mayor proporción y de

acuerdo a la naturaleza química que define su persistencia ambiental. La característica principal de los plaguicidas organoclorados, por la que son considerados como un problema ambiental, además de su toxicidad,

es que no son rápidamente degradables; ya que una rápida degradación podría reducir su efectividad y por tanto también su aplicabilidad (Islam & Tanaka, 2004). Por lo anterior, se ha acumulado un alto volumen de estos plaguicidas en el ambiente, y este proceso es continuo.

Duursma y Marchand (1974) reportaron que a inicios de los años 70, la producción mundial de DDT fue de alrededor de 2.8 millones de toneladas. La WWF (1993) estimó que alrededor de 190 000 toneladas fueron liberados al mar del Norte; mientras que Islam y Tanaka (2004) apuntan que fueron añadidas 1 800 toneladas/año a la zona costera de Bangladesh, y condiciones similares deben de presentarse en otros países asiáticos como India e Indonesia, entre otros.

En los años 1970s, el gobierno Mexicano inició una intensa campaña para controlar la malaria en varias áreas del país. Como resultados de las actividades del Programa del Control de la Malaria, el número de eventos presentó un decremento de 140 000 casos en 1986 a menos de 7 000 en 1996. Esta reducción fue debido a dicho programa de salud pública basado en la combinación del tratamiento y el masivo uso del DDT. Entre 1971 y 1973, este programa utilizó aproximadamente 226 000 toneladas de DDT (López-Carrillo *et al.*, 1996). En 1997, el gobierno mexicano inició un programa para retirar paulatinamente todos los usos del DDT, el cual terminó en el año 2000 (Yañez *et al.*, 2002).

Aunque algunos autores han comentado que tales conclusiones son erróneas, es tal la cantidad de los contaminantes orgánicos persistentes (COP) que se ha esparcido (tanto en los países desarrollados como los conside-

rados en vías de desarrollo), que otros investigadores han expresado que las consecuencias de la contaminación por COP podrían ser desastrosas. Por ello, los esfuerzos de los gobiernos y de organismos internacionales han logrado una reducción en la emisión de ciertos contaminantes, aunque todavía queda mucho por hacer en los países en vías de desarrollo. En la figura 2 se presentan algunos efectos de los Org-Cl al entrar a los ecosistemas acuáticos. Tanabe (2004) reporta que en una reunión del grupo de los 8 grandes (países más industrializados) se expresó la preocupación sobre el riesgo que representa para los niños la contaminación debida a los COP, dado que existe la sospecha de que estos contaminantes son los responsables de alteraciones en las capacidades físicas y mentales de los niños, así como alteraciones al sistema nervioso, especialmente al cerebro, afectando el desarrollo intelectual.

El control de la contaminación acuática ha sido catalogado como una necesidad inmediata para el manejo sustentable y la conservación de las pesquerías existentes y los recursos acuáticos. Por lo tanto, y con base en los desastres ocasionados por la contaminación, se llevaron a cabo algunos acuerdos internacionales como la Convención de Londres en 1972, la Convención de Basel en 1989, y el Programa Global de Acción para la Protección del Ambiente Marino en 1995; y claro está, la de Estocolmo en 2004, que resultaron en la prohibición del uso y producción de ciertas sustancias (como el DDT), regulaciones para reducir las descargas al ambiente, y la prohibición de usar el océano como un vertedero. Todo esto debido a su toxicidad, resistencia a la descomposición, bioacumulación y su potencial a ser trans-

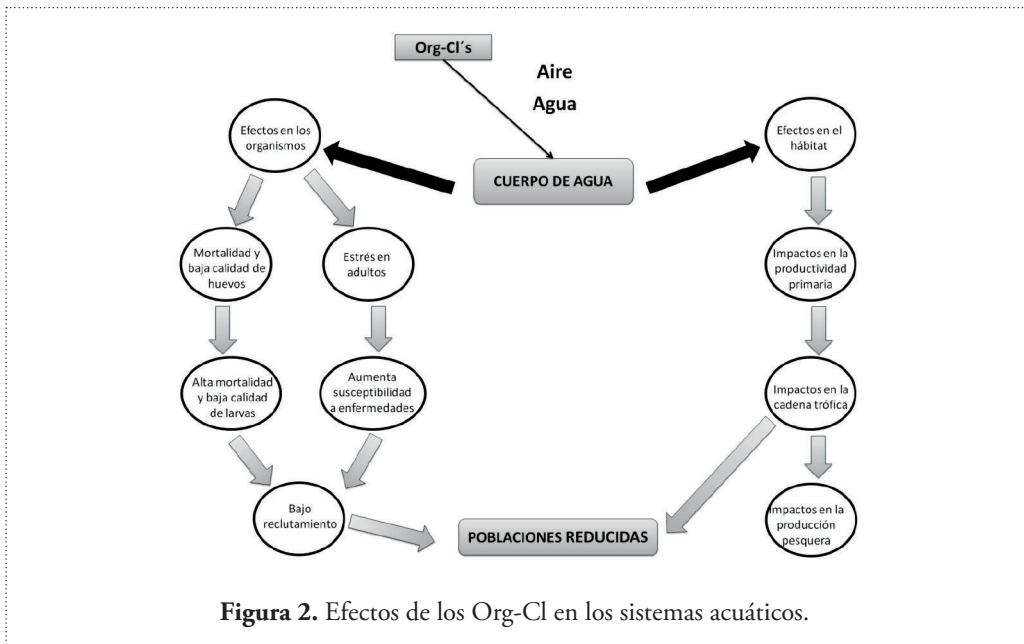


Figura 2. Efectos de los Org-Cl en los sistemas acuáticos.

portados grandes distancias (De Jager *et al.*, 2006).

En los países desarrollados se han registrado avances en la protección del ambiente marino/costero en los últimos 30 años. Por ejemplo, valores de PCB y DDT en la zona costera de EUA, mostraron un decremento importante en su concentración de 1986 a 1993 (Beliaeff *et al.*, 1997). En Suecia, Blomkvist *et al.* (1992) reportan una significativa disminución en los niveles de PCB de focas en la zona costera de ese país, comparado a los que tenían en los años 70's.

Desafortunadamente, el problema de la contaminación es caracterizado por complicadas interacciones en el ambiente, incertidumbre, conflictos y restricciones, falta de

conectividad entre los científicos y el gobierno, que hacen difícil controlar el problema. Además, el conocimiento científico sobre la contaminación marina no es completo, existiendo todavía algunos huecos, lo que ha sido identificado como uno de los principales problemas en las estrategias de manejo para su control (Islam & Tanaka, 2004).

Además, se han realizado muy pocos estudios en las zonas costeras tropicales y subtropicales. De tal manera que la tendencia a disminuir la concentración de los contaminantes observada en el hemisferio norte, no es aplicable para el hemisferio sur, principalmente a la zona geográfica que corresponde a los países en vías de desarrollo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 3 se presentan los niveles de concentración en dos lagunas de Sonora en donde se colectó el ostión *Crassostrea gigas*. Llama la atención de que en ambas lagunas se determinó la presencia de DDT con 30 y 18.3 ng/g en el ostión cultivado tanto del estero el Soldado (estación 1) y como en Guaymas (estación 3), respectivamente; así como de sus metabolitos (DDD y DDE). Otros Org-Cl que se determinaron en ambas lagunas fueron el Arocloro 42 y los del grupo del HCB. Por su parte, el Toxafeno presentó valores de 454 ng/g en la región de Guaymas.

La especie *S. palmula* se colectó en cinco cuerpos acuáticos de Sonora (Estero el Soldado (1), Bahía de Lobos (4), Yavaros (6), Agiabampo (8) y laguna de Ohuira (9). Cuatro en Sinaloa ( Navachiste (11), lagu-

na de Santa María (13), Altata-Ensenada del Pabellón (15) y bahía de Ceuta (18) y uno en bahía de la Paz (29) BCS. Los Org-Cl con mayor presencia fueron beta-HCB, Endosulfan 1 y Arocloro 42. El DDT se registró en tres lagunas, mientras que su metabolito DDE se cuantificó en seis; sus intervalos de concentración fueron 0.9-121.7 y 0.2-79.2 ng/g, respectivamente, mientras que el DDD sólo se obtuvo en bahía de la Paz (figura 4).

El valor más alto fue de aldehído de Endrín, y se cuantificó en bahía de Lobos con 4,944 ng/g. El mismo cuerpo acuático reportó la presencia de Aldrín y Endrín, mientras que el Dieldrín sólo se observó en la laguna de Ceuta.

Como se aprecia en la figura 5, *Crassostrea corteziensis* fue la especie encontrada en la mayoría de los cuerpos acuáticos. De estos,

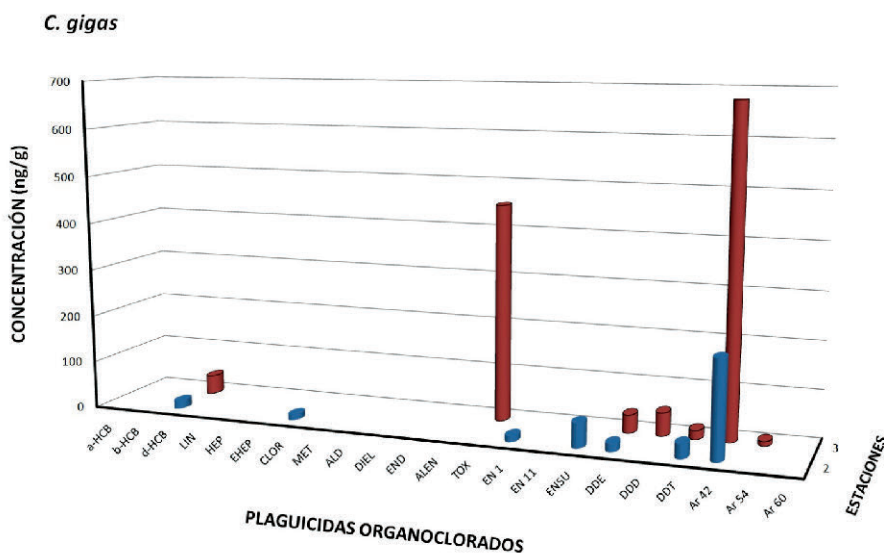


Figura 3. Contenido de Org-Cl en *Crassostrea gigas* en el noroeste de México.

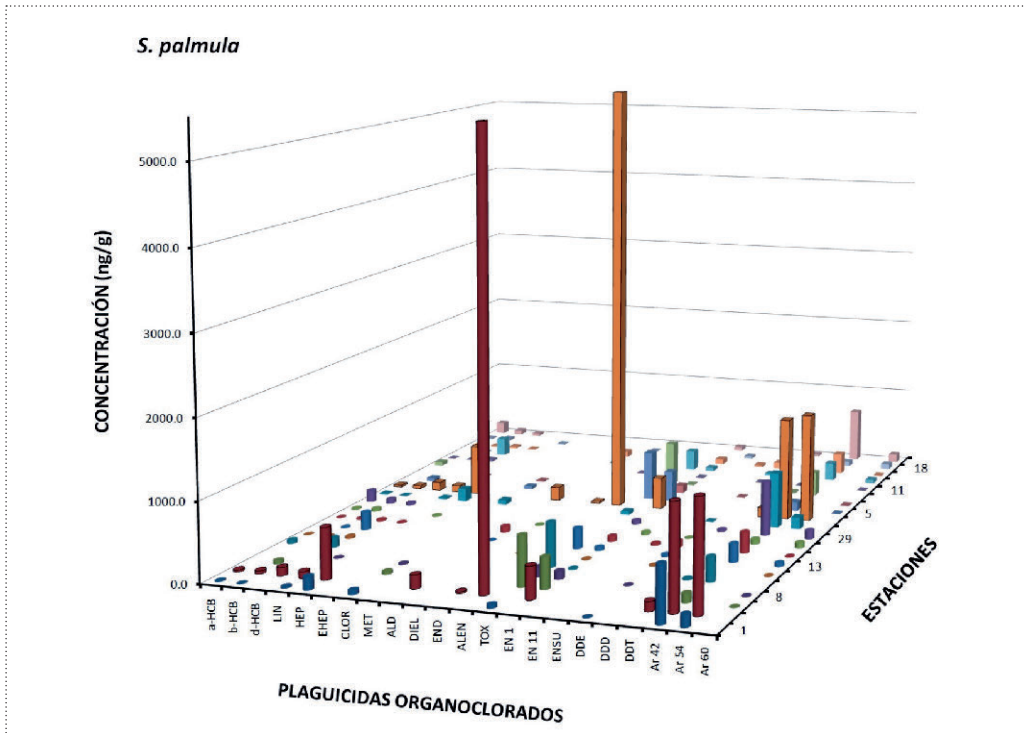


Figura 4. Contenido de Org-Cl en *Saccostrea palmula* en el noroeste de México.

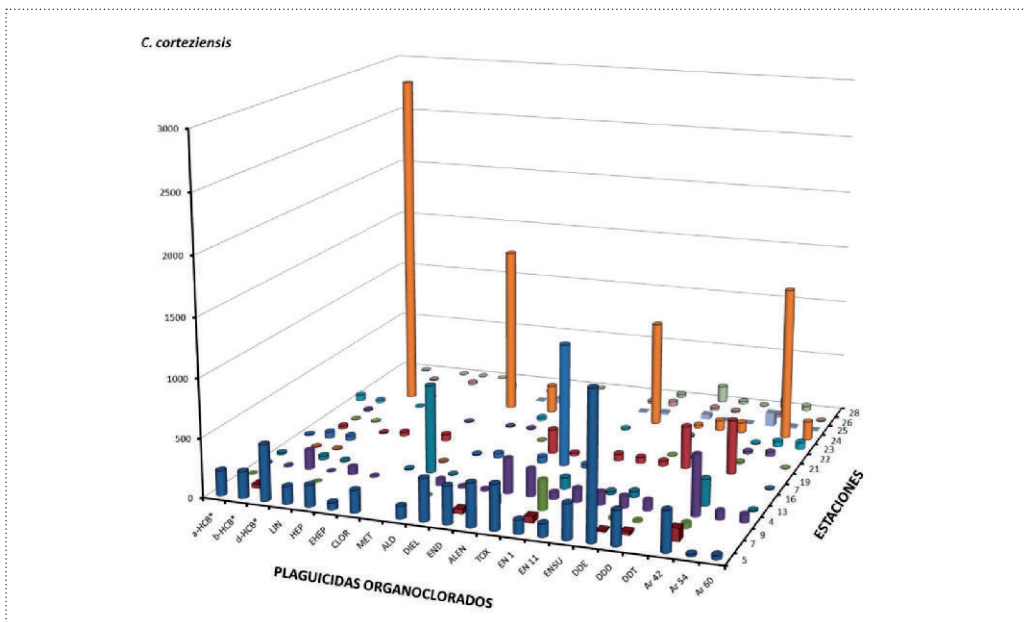


Figura 5. Contenido de Org-Cl en *Crassostrea corteziensis* en el noroeste de México.

Yavaros y Navachiste fueron los sistemas en donde se registraron la mayoría de los plaguicidas organoclorados con 20 y 19 compuestos, respectivamente. Los compuestos más comunes fueron el DDE y el arocloro 42, ya que su presencia fue registrada en 13 de los 16 cuerpos acuáticos.

Los niveles de concentración más altos se determinaron en el estero San Cristóbal (Nayarit), y estos fueron el delta-HCB, Metoxicloro, Endosulfan 11 y el Arocloro 54 con 2 918, 1 438, 906 y 1 318.4 ng/g, respectivamente. Los valores encontrados para el Lindano oscilaron entre 0.3 y 146 ng/g, siendo los especímenes colectados en la laguna de Yavaros los que presentaron el mayor nivel. Esta misma laguna presentó los valores más altos de Dieldrín y Endrín (355 y 366 ng/g, en el orden respectivo).

Carvalho *et al.* (2002) midieron el nivel de concentración de organoclorados en mejillones, ostiones, almejas, camarones y peces de la laguna de Altata-Ensenada del Pabellón, reportando la presencia de Lindano, Aldrín, Endrín, Toxafeno y Arocloro 54, con valores de 0.7, 0.9, 18, 50 y 8.5 ng/g, respectivamente.

Como se comentó anteriormente, el estero San Cristobal (Nayarit), presentó los niveles

más altos de algunos Org-Cl. Al respecto, Robledo-Marengo *et al.* (2006), al analizar los sedimentos del mismo cuerpo de agua, encontraron la presencia de isómeros de HCH, Endosulfan y los metabolitos del DDT, que justificaron por el uso de estos agroquímicos para el control de plagas en la agricultura y en las campañas contra mosquitos.

Otro estudio realizado por González-Farías *et al.* (2006) en la laguna de Altata-ensenada del Pabellón, reporta la presencia de organoclorados en los sedimentos; y más recientemente, García de la Parra *et al.* (2012) determinaron valores significativos de HCB, DDT y DDE en suelos del valle de Culiacán (Sinaloa), una zona con alta tecnificación de la agricultura, aleadaña a la laguna de Altata-ensenada del Pabellón.

Finalmente, Montes *et al.* (2012) al determinar la presencia de Metoxicloro, Endrín y Heptacloro en la laguna de Navachiste, concluyeron que estos Org-Cl fueron usados en las zonas aleadañas, pese a las regulaciones del gobierno. Es importante resaltar que en el presente reporte (realizado en 1996) los valores de Metoxicloro estuvieron por debajo del límite de detección para los tres bivalvos (*C. gigas*, *S. palmula* y *C. corteziensis*).

## CONCLUSIÓN

Es clara la presencia de algunos plaguicidas prohibidos y restringidos en la zona costera del noroeste de México, y algunos de ellos están presentes con niveles relativamente altos. Dada la relevancia de estos COP, es importante el mantener programas

de biomonitoreo a lo largo de la costa del Océano Pacífico mexicano para conocer la tendencias de estos contaminantes en nuestras zonas costeras; y que se usen como biomonitores otros organismos de importancia comercial, como peces y crustáceos, ya que

estos organismos pueden ser un vector importante para la población humana que se alimenta de estos productos de la pesca.

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto CONACYT 0185P-T.

## LITERATURA CITADA

- Beliaeff, B., T.P. O'Connors, D. Daskalakis, & P.J. Smith, 1997.** us Mussel Watch data from 1986 to 1994. Temporal trend detection at large spatial scales. *Environ. Sci. Technol.*, 31: 1411-1415.
- Blomkvist, G., A. Ross, S. Jenssen, A. Bignert, & M. Olsson, 1992.** Concentrations of DDT and PCB in seals from Swedish and Scottish waters. *Ambio*, 21: 539-545.
- Carvalho, F.P., F. González-Farías, J.P. Villanueva, C. Cattini, M. Hernández-Garza, L.D. Mee, & S.W. Fowler, 2002.** Distribution, fate and effects of pesticides residues in tropical coastal lagoons of Northwest Mexico. *Environ. Technol.*, 23: 1257-1270.
- De Jager, C., P. Farías, A. Barraza-Villareal, M. Hernández-Ávila, P. Ayotte, E. Dewailly, C. Dombrowski, F. Rousseau, V. Díaz-Sánchez, & J.L. Bailey, 2006.** Reduced seminal parameters associated with environmental DDT exposure and p,p'-DDE concentrations in men in Chiapas, Mexico: a cross-sectorial study. *J. Androl.*, 1: 16-27.
- Duursma, E.K., & M. Marchand, 1974.** Aspect of organic marine pollution. *Biol. An. Rev.*, 12: 315-431.
- García de la Parra L., L. Cervantes-Mojica, C. González-Valdivia, F. Martínez-Cordero, G. Aguilar-Zárate, P. Bastidas-Bastidas, & M. Betancourt-Lozano, 2012.** Distribution of pesticides and PCBs in sediments of agricultural drains in the Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 63, 323-336.
- González-Farías, F., M.R. Hernández-Garza, & G. Díaz-González, 2006.** Organic carbon and pesticide pollution in a tropical coastal lagoon-estuarine system in Northwest Mexico. *Int. J. Environ. Pollut.*, 26: 234-253.
- Islam, S., & M. Tanaka, 2004.** Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis. *Mar. Pollut. Bull.*, 48: 624-649.
- López-Carrillo, L., L. Torres-Arreola, L. Torres-Sánchez, F. Espinosa-Torres, C. Jiménez, M. Cebrian, S. Waliszewski, & O. Saldate, 1996.** Is DDT use a public health problem in Mexico? *Environ. Health Perspect.*, 104: 584-588.
- Montes, A.M., F.A. González-Farías, & A.V. Botello, 2012.** Pollution by organochlorine pesticides in Navachiste-Macapule, Sinaloa, Mexico. *Environ. Monit. Assess.*, 184: 1359-1369.
- Páez-Osuna, F., A.C. Ruiz-Fernández, A.V. Botello, G. Ponce-Vélez, J.I. Osuna-López, M.G. Frías-Espéricueta, G. López-López y H.M. Zazueta-Padilla, 2002.** Concentrations of selected trace metals (Cu, Pb, Zn), organochlorines (PCBS, HCB) and total PAHS in mangrove oyster from the Pacific coast of Mexico. *Mar. Pollut. Bull.*, 44: 1303-1308.

- Robledo-Marengo, M.L., A.V. Botello, C.A. Romero-Bañuelos, & G. Díaz-González, 2006.** Presence of persistent organochlorine pesticides in estuaries of the subtropical Mexican Pacific. *Int. J. Environ. Pollut.*, 26: 284-294.
- Tanabe, S., 2004.** POPS-need for target research on high risk stage. *Mar. Pollut. Bull.*, 48: 609-610.
- UNEP, 1988.** Determination of DDT and PCB by capillary gas chromatography and electron capture detection. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 40, United Nations Environment Program, Génova.
- Yáñez, L., D. Ortiz-Pérez, L.E. Batres, V.H. Borja-Aburto, & F. Díaz-Barriga, 2002.** Levels of dichloro-diphenyl-trichloroethane and deltamethrin in humans and environmental samples in malarious areas of Mexico. *Environ. Res.*, 88: 174-181.





---

**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

---