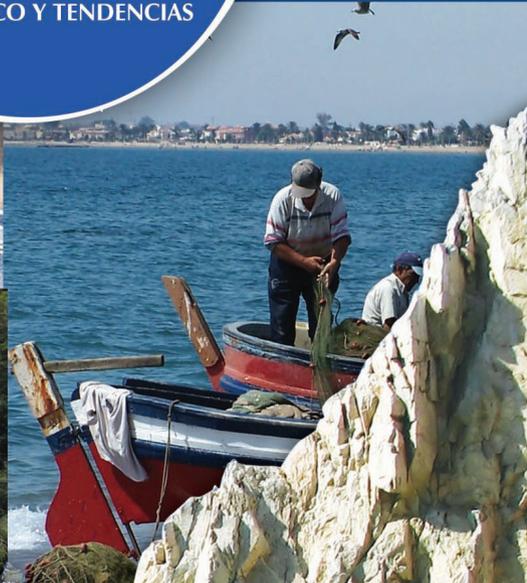




PACÍFICO MEXICANO  
CONTAMINACIÓN E  
**IMPACTO**  
**AMBIENTAL**  
DIAGNÓSTICO Y TENDENCIAS



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

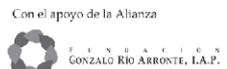
*editores*

---

# 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

- 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.

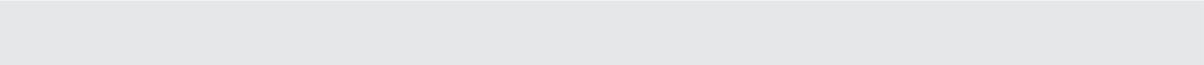
**Héctor Zazueta-Padilla**

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 I

Frías-Espericueta, M.G., 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, 2014. Efectos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en humanos. p. 209-220. 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.

---

## Efectos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en humanos

10

*Martín G. Frías-Espericueta, Marisela Aguilar-Juárez, Isidro Osuna-López,  
Jesús Alberto Cervantes-Atondo, Gildardo Izaguirre-Fierro, Gabriel López-López,  
Librada Sánchez-Osuna, Héctor Zazueta-Padilla y Domenico Voltolina*

---

### RESUMEN

En el presente trabajo se presenta una revisión de los trabajos sobre efectos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en humanos. Los estudios realizados en México demuestran un impacto del uso de estos agroquímicos en la salud de las personas. Se comenta la relación que existe de estos compuestos con el cáncer de mama y efectos en niños por su exposición durante el embarazo y su neuro-desarrollo

**Palabras clave:** plaguicidas, organoclorados, organofosforados, salud humana.

### ABSTRACT

The present work shows a review of effects of organochlorines and organophosphorous pesticides in humans. Studies carried out in Mexico shows an impact of the use of these agrochemicals in human health. Relation between these compounds with the breast cancer and in utero exposure and infant neurodevelopment is commented.

**Keywords:** Pesticides, organochlorines, organophosphorous, human health.

---

## EFFECTOS DE LOS ORGANOCORADOS (ORG-CL)

El DDT (dicloro difenil tricloroetano) tuvo un gran éxito en el control de plagas de la agricultura y salvó millones de vidas al controlar ciertos vectores de transmisión de enfermedades humanas (Metcalf, 1973). Este compuesto formó parte del primer grupo de pesticidas que se sintetizaron en la década de los 40 del siglo xx; al término de la Segunda Guerra Mundial se producía de manera masiva (Mitra *et al.*, 2004), y ya en la década de los 60s, Carson (1980), en su libro con el título poético de “Primavera silenciosa”, avisaba de los efectos nocivos en las aves, que ya no cantarían en primavera. Una expresión concreta de esa expansión eran las enormes bodegas de la Anderson Clayton en los valles agrícolas de México. Sin duda este producto trajo grandes beneficios, tanto en la producción agrícola como en la salud pública; sin embargo, su presencia en el ambiente provocó efectos adversos en los organismos, incluido el ser humano, que desde una visión antropocéntrica, es lo que más importa.

### CÁNCER DE MAMA

Los plaguicidas organoclorados persistentes que se bioacumulan en la fase lipídica del organismo actúan como disruptores endocrinos, alterando la producción hormonal y promoviendo la proliferación de células cancerosas y el desarrollo de carcinomas mamaros. Estos disruptores se conocen también como xenoestrógenos, ya que mimetizan a los estrógenos naturales, y actúan suplantando a las hormonas naturales, transformando los procesos normales de reproducción y desarrollo (Skakkebaek *et al.*, 2001).

En la figura 1 se presentan algunos factores que incrementan el riesgo de contraer el cáncer mamaro. Es importante aclarar que así como hay estudios que respaldan esta información, hay otros en donde no han encontrado relación entre cada uno de estos factores y este tipo de cáncer. En otras palabras, estos resultados sugieren, pero no prueban, que los ORG-CL pueden ser un importante factor etiológico del cáncer de mama.

Uno de los primeros estudios que exploró una posible relación entre los niveles del DDE (dicloro-difenil-dicloroetileno: metabolito del DDT) y el riesgo de cáncer en mujeres fue llevado a cabo por Unger y Olsen (1980) al observar que el nivel de concentración de este compuesto, fue mayor en el tejido adiposo de las personas que desarrollaron esta enfermedad.

En México, Romieu *et al.* (2000) observaron una relación positiva entre los niveles de DDE en la sangre con el de aquellas mujeres que desarrollaron cáncer de mama; también en México, Waliszewski *et al.* (2003) estudiaron el tejido adiposo adherido al carcinoma mamaro de mujeres veracruzanas y reportaron una posible coincidencia entre la exposición mayor a los plaguicidas organoclorados y una mayor prevalencia del carcinoma mamaro. Posteriormente Waliszewski *et al.* (2012), determinaron DDE, DDT y HCB en el tejido abdominal adiposo de mujeres de Puebla, mostrando la afinidad de los ORG-CL por los tejidos grasos.

Allen *et al.* (1997) sugirieron que la incidencia de este tipo de cáncer en las mujeres



de Hawaii (EUA) pudiera estar relacionada con el alto uso del clordano, heptacloro y DBCP (1,2-dibromo-3-cloropropano), ya que sus niveles en el ambiente excedían los límites permisibles. Duell *et al.* (2000) tras un estudio realizado en Carolina del Norte (EUA), concluyeron que las mujeres que viven o trabajan en granjas, y que están expuestas a plaguicidas, son más propensas a padecer del cáncer de pecho.

Khanjani *et al.* (2006) evaluaron los niveles de DDE, DDT, oxy-clordano, Dieldrín y Heptacloro epóxido, en la leche materna de 815 mujeres en 11 zonas de Victoria (Australia) y relacionaron los niveles encontrados con la incidencia del cáncer de mama. Aunque estos autores observaron una relación entre el nivel de concentración del Heptacloro epóxido con el cáncer de pecho, concluyeron que existe poca evidencia de la asociación entre el cáncer de pecho y los ORG-CL, por lo que sugirieron realizar más

estudios para esclarecer la aparición de cáncer en humanos como producto de la exposición a los agroquímicos.

### EFFECTOS EN NIÑOS POR EXPOSICIÓN DURANTE EL EMBARAZO

Ribas-Fitó *et al.* (2003) reportaron daño a nivel psicomotor y en el desarrollo mental de niños a los 13 meses de edad que estuvieron expuestos al DDE durante su gestación. Torres-Sánchez *et al.* (2007) también observaron una reducción en el desarrollo psicomotor de niños mexicanos durante su primer año de vida al ser expuestos al DDE durante el primer trimestre de embarazo (figura 2), que es un periodo crítico para el desarrollo del sistema nervioso. Longnecker *et al.* (2007) reportaron la exposición intrauterina al DDE en niños de Chiapas. El posible mecanismo del daño neurológico que se relaciona con el DDT y sus metabolitos

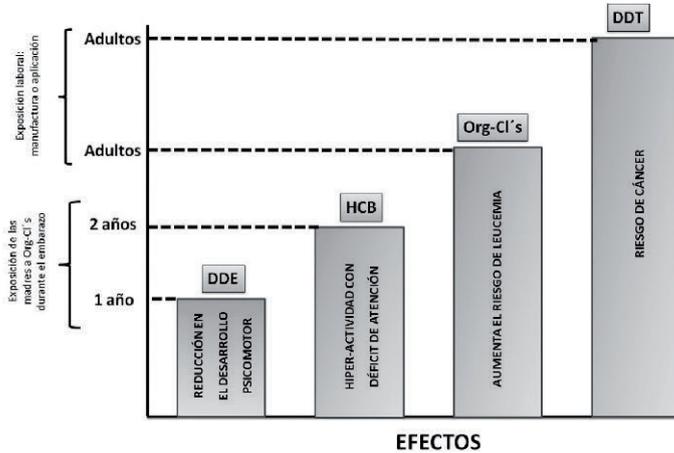


Figura 2. Efectos de algunos ORG-CL en niños expuestos en el útero y en adultos.

es un efecto directo sobre el área motor de la corteza cerebral y sus efectos como interruptor endocrino en el eje tiroides-hipófisis-hipotálamo, el cual juega un papel muy importante en el desarrollo cerebral y en la diferenciación y maduración de las neuronas (Anderson *et al.*, 2003).

En lo que se refiere al HCB (benceno), se encontraron altas concentraciones atmosféricas en los alrededores de una industria electroquímica en España, que se reflejaron en la sangre de los habitantes del lugar. Esto originó un estudio por parte de Ribas-Fitó *et al.* (2007), que indagaron los efectos del HCB en niños de 2-4 años, descendientes de madres que estuvieron expuestas a este compuesto (figura 2), y observaron un déficit de atención con hiperactividad en esos niños. Song *et al.* (2006) mostraron que la exposición al HCB puede producir estrés oxidativo y el cerebro es el órgano sensible al cual va dirigido el efecto neurotóxico, además de interferir con la mielinización durante el desarrollo.

## EFFECTOS EN NIÑOS

### POR EXPOSICIÓN DIRECTA

A finales de los años 50 del siglo pasado, una población al sureste de Turquía consumió trigo contaminado con HCB. Los síntomas neurológicos que padecieron los niños fueron pérdida de apetito, temblores, convulsiones y debilidad, y dichos síntomas continuaron hasta la edad adulta. Además, se reportó una alta mortalidad en los menores de dos años alimentados con leche materna por madres expuestas al trigo contaminado (Peters *et al.*, 1982).

Carozza *et al.* (2008) evaluaron si el habitar en una zona con alta actividad agrícola estaba asociado con el riesgo de desarrollar cáncer en niños menores a 15 años. En el estudio se incluyeron poblaciones en 25 estados de la Unión Americana, con una población conjunta de más de 25 millones de niños. Los riesgos estimados fueron estadísticamente significativos para varios tipos de cáncer infantil (principalmente leucemias y del sistema nervioso central) asociados con

la residencia en zonas de moderada a alta actividad agrícola.

En México, Meza-Montenegro *et al.* (2013) evaluaron la exposición de niños del valle del Yaqui y del valle del Mayo (sur de Sonora) que habitan en zonas agrícolas, encontrando DDE en la sangre de todos los niños analizados (165), así como Lindano, DDT, Aldrín y Endosulfán en el 36.4, 23.6, 9.1 y 3% de las muestras. Resultados similares fueron publicados por Pérez-Maldonado *et al.* (2013) en niños de zonas agrícolas de Oaxaca y Chiapas, pero con DDT y DDE.

## EFFECTOS EN LA REPRODUCCIÓN

Dado que el DDT tiene moléculas estrogénicas, y que su principal metabolito (DDE) es un potente anti-andrógeno, algunos investigadores han relacionado la exposición a este plaguicida con el incremento en anomalías del tracto reproductivo en hombres. En México, De Jager *et al.* (2006) analizaron el efecto de estos agroquímicos en 116 hombres de una localidad de Chiapas donde se usó DDT hasta el año 2000 para el control del paludismo. Para esto, se analizó el contenido de DDT y DDE en la sangre de los participantes y se relacionó con las características de su semen. El estudio nos da evidencias de que la exposición no ocupacional al DDT está asociada con la reducción en la calidad del semen: pobre motilidad, morfología anormal y defectos en la cromatina del espermatozoide, efectos que pueden afectar la fertilidad.

Esta exposición sub-crónica al DDT está asociada con un incremento en la generación de radicales libres por lipo-peroxidación, y estas especies reactivas del oxígeno deterioran la motilidad de los espermatozoides (Aitken *et al.*, 1998).

En otros estudios, como el de Whorton (1979), se observó que los trabajadores bananeros de Costa Rica expuestos al dibromocloropropano, presentaban baja fertilidad y esterilidad; de igual manera, el carbaril y el etilendibromida usados en las plantaciones de papaya, afectan la espermiogénesis en los trabajadores.

En su provocativa obra, Colapso, Diamond (2007) opina que estos productos pueden estar entre los causantes de la disminución del número de espermatozoides y del aumento de la esterilidad en la población humana en los últimos decenios.

## EFFECTOS POR EXPOSICIÓN

### LABORAL

Van Maele-Fabri *et al.* (2008) indagaron en trabajadores de industrias que producen plaguicidas, ya que son la población más expuesta a dichos agroquímicos. El estudio reveló evidencia suficiente para considerar que la exposición laboral a plaguicidas ORG-CL es un factor de riesgo para padecer leucemia mieloide, aunque tal evidencia epidemiológica no permitió identificar un plaguicida específico.

En lo referente al cáncer, Cocco *et al.* (2005) analizaron las causas de la muerte de 4 552 personas que participaron en la campaña contra la malaria en una zona de Italia, la cual fue fumigada con DDT en el periodo de 1946 a 1950. Pese a que varias de estas personas murieron de cáncer en el hígado, páncreas, pulmón y próstata; los resultados no permitieron establecer una relación entre estas muertes con la exposición laboral al DDT, dada la incidencia de cáncer en el grupo control (personas que no fueron expuestas al DDT).

## EFFECTO DE LOS ORGANOFOSFORADOS (ORG-P)

La respuesta a este tipo de agroquímicos es muy variable y puede ocurrir a diferentes tiempos. En minutos, casos no severos de envenenamiento incluyen síntomas como dolor de cabeza, mareos, náuseas, vómitos, constricción de la pupila y excesivos lagrimeo, salivación y sudor, mientras que casos más graves muestran debilidad y contracción muscular, bronco-espasmos, cambios en el ritmo cardíaco que puede desarrollarse en convulsiones y coma. En la mayoría de los casos el mecanismo es neurotóxico, ocasionado por la sobre-estimulación de los receptores colinérgicos.

### EFFECTOS EN NIÑOS POR EXPOSICIÓN DURANTE SU GESTACIÓN

Existen evidencias de que la exposición a pesticidas en las ciudades es mayor que en las zonas rurales, por lo que las personas y las mujeres embarazadas están expuestas a compuestos como el clorpirifos, que tiene usos domésticos (casa y jardín) y sus residuos persisten hasta dos semanas.

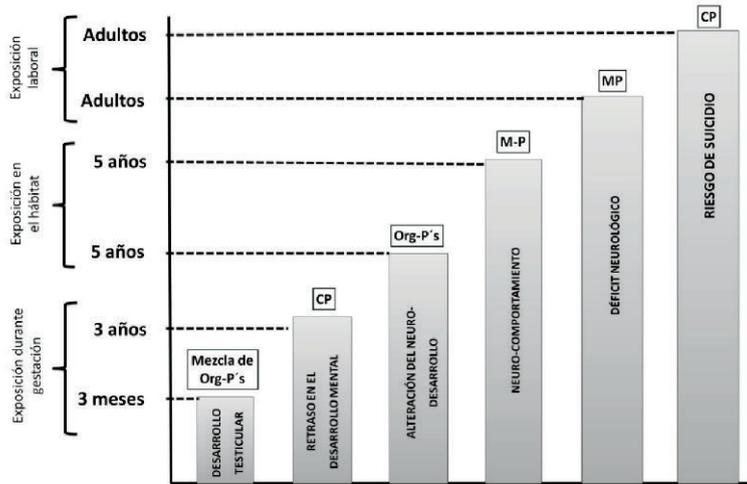
Durante la gestación, el líquido amniótico rodea y protege al embrión y al feto durante su desarrollo, de tal manera que existe una estrecha relación entre ambos. Aunque la placenta previene la transferencia de ciertos contaminantes de la madre al feto, algunos productos químicos pueden atravesar esta barrera (Talbot *et al.*, 1988). En un estudio donde se tomó el fluido amniótico de 100 mujeres (con 18 semanas de embarazo) en California, Bradman *et al.* (2003) analizaron el nivel de ORG-P e identificaron bajas con-

centraciones de di-etil-fosfato, di-metil-fosfato y di-metil-tiofosfato, indicando una exposición directa por parte de los fetos a estos agroquímicos. Asimismo, Rauh *et al.* (2008) observaron una fuerte correlación entre los niveles de clorpirifos en las madres y en sus hijos recién nacidos, lo cual prueba que este ORG-P atraviesa fácilmente la placenta.

Un estudio desarrollado en Dinamarca por Andersen *et al.* (2008) en niños cuyas madres laboraban en invernaderos y estaban expuestas a ORG-P de diferentes tipos, cantidades y periodos; reportaron que en el 6.2% de los casos había anomalías en el desarrollo de su aparato reproductivo a los 3 meses de edad (figura 3), donde los efectos se manifestaron en las células de Leyding, en el desarrollo testicular y en los niveles de testosterona.

### EFFECTOS EN NIÑOS POR EXPOSICIÓN DIRECTA

Gillette *et al.* (1998) identificaron una disminución en la coordinación motora y en la habilidad para dibujar y para recordar de niños de 5 años que vivían en comunidades agrícolas de México con alto uso de ORG-P, mientras que Ruckart *et al.* (2004) analizaron los efectos en niños expuestos a aplicaciones ilegales de metil-paratión en los estados de Mississippi y Ohio, en este caso, aunque parte de los efectos resultaron enmascarados por ciertos factores como la edad de los grupos de niños y el tiempo durante el cual estuvieron expuestos al ORG-P, estos autores comentaron un posible efecto en el neuro-comportamiento de los niños.



**Figura 3.** Efectos de algunos ORG-P en niños expuestos en el útero y en adultos.

## EFFECTOS POR EXPOSICIÓN LABORAL

Farahat *et al.* (2003) observaron déficits neurológicos (velocidad visual-motora, atención, memoria) en 52 trabajadores expuestos al Metil-Paratión (M-P) por lo menos durante tres años (figura 3). Sin embargo, Mahajan *et al.* (2006) no identificaron relación entre el Fonofos y desarrollo de cáncer en 45 372 personas que trabajaron aplicando este ORG-P, con excepción de aquellas personas que tenían antecedentes familiares de cáncer de próstata.

Dado que el clorpirifos es ampliamente usado en los Estados Unidos, Lee *et al.* (2007) investigaron el estado de salud de 57 111 fumigadores en el periodo de 1993 a 1997, 588 de los cuales, murieron a consecuencia de cáncer (de pulmón, colon, páncreas, próstata, cerebro y leucemia), enfermedades de la sangre, del sistema endocrino, respiratorio y circulatorio, así como de causas externas (accidentes automovilísticos

y suicidios). Sin embargo, no encontraron tendencias significativas al comparar los resultados con los del grupo control (personas que no estuvieron expuestas a este ORG-P), que incluyó 1 263 muertes por causas similares, aunque se observó una mayor tendencia hacia el suicidio, lo cual puede deberse a alteraciones en la síntesis de serotonina resultante de la exposición a este ORG-P (Sloikin & Seidler, 2005), que provoca la depresión y promueve el suicidio.

En México, Recio *et al.* (2005) realizaron un estudio en 230 personas adultas de una comunidad agrícola de Durango, en donde se aplicaron, de manera frecuente, Metilparatión, Metamidofos, Endosulfán, Dimeato y Diazinón. El estudio reveló que la exposición a ORG-P altera la función endocrina hipotálamo/pituitaria, y las hormonas folículo estimulante (regula la maduración puberal y los procesos reproductivos) y luteinizante (en hombres regula la secreción de testosterona, y en la mujer la maduración

de los folículos, ovulación y secreción de progesterona) fueron las más afectadas.

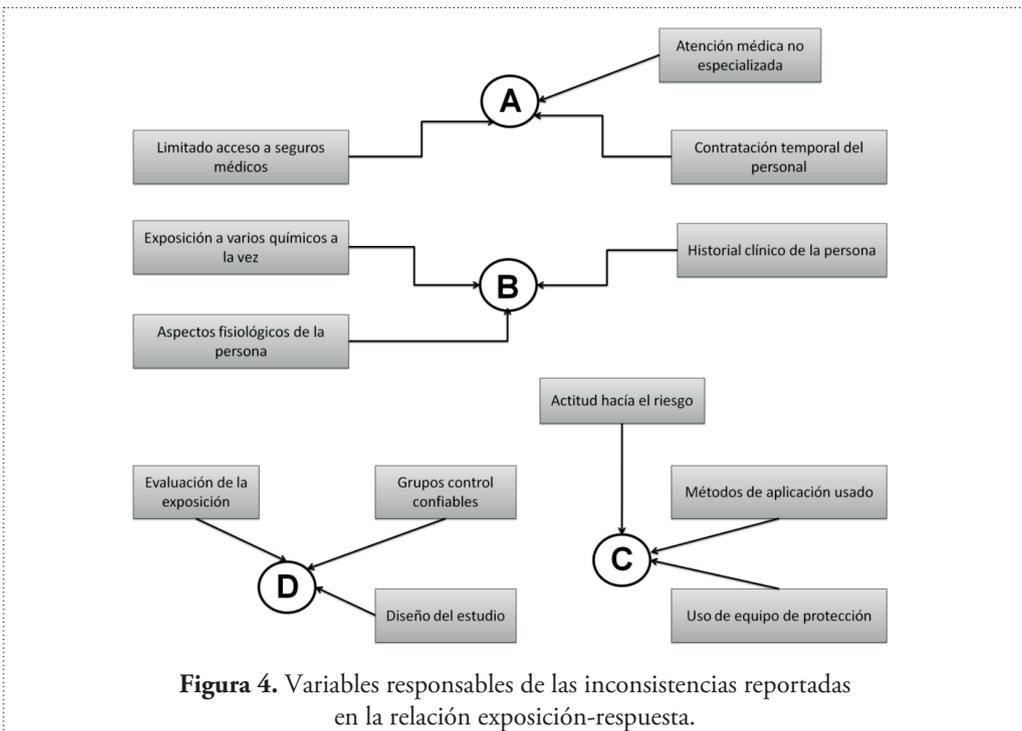
En otro estudio, Straube *et al.* (1999) reportaron una disminución en los niveles

de testosterona y estradiol en fumigadores, aunque la exposición crónica provocó un incremento de la hormona luteinizante y testosterona en hombres.

## CONCLUSIONES

En la figura 4 se presentan algunas variables que inciden en las inconsistencias de los resultados reportados por varios autores, entre las que destacan la veracidad del número de los casos reportados (A), ya que en algunos países de América Latina no todos los jornaleros cuentan con servicios médicos, otros no tienen servicios especializados por lo que los síntomas se confunden, además de que al contratar trabajadores temporales, estos regresan a sus hogares donde son tratados sin

que sus casos sean registrados. Otro aspecto es la fisiología (B) y actitud (C) de la persona, así como las diferencias metodológicas (D), ya que en algunos casos el tamaño de la muestra es muy pequeño, y por el otro no se tiene la certeza de exposición del grupo control a los agroquímicos. Por lo anterior, es importante el uso de estrategias que incluyan el mayor número de variables para reducir tales inconsistencias entre los estudios de efectos de plaguicidas en humanos.



**Figura 4.** Variables responsables de las inconsistencias reportadas en la relación exposición-respuesta.

## AGRADECIMIENTOS

A la red temática PROMEP CANE 103.5/13/9354

## LITERATURA CITADA

- Aitken, R.J., E. Gordon, D. Harkiss, J.P. Twigg, P. Milne, Z. Jennings, & D.S. Irvine, 1998.** Relative impact of oxidative stress on the functional competence and genomic integrity of human spermatozoa. *Biol. Reprod.*, 59: 1037-1046.
- Allen, R., M. Gottlieb, E. Clute, M. Pongsiri, J. Sherman, & G. Obrams, 1997.** Breast cancer and pesticides in Hawaii: the need for further study. *Environ. Health Perspect.*, 105: 679-683.
- Andersen, H.R., I.M. Schmidt, P. Grandjean, T.K. Jensen, E. Budtz-Jorgensen, M.B. Kjaertad, J. Baelum, J.P. Nielsen, N.E. Skakkebaek, & K.M. Main, 2008.** Impaired reproductive development in sons of women occupationally exposed to pesticides during pregnancy. *Environ. Health Perspect.*, 116: 566-572.
- Anderson, G.W., C.M. Schoonover, & S.A. Jones, 2003.** Control of thyroid hormone action in developing rat brain. *Thyroid*, 13: 1039-1056.
- Bradman, A., D.B. Barr, B.G.C. Henn, T. Drumheller, C. Curry, & B. Eskenazi, 2003.** Measurement of pesticides and other toxicants in amniotic fluid as a potential biomarker of prenatal exposure: a validation study. *Environ. Health Perspect.*, 111: 1779-1782.
- Carozza, S.E., B. Li, K. Elgethun, & R. Whitworth, 2008.** Risk of childhood cancers associated with residence in agriculturally intense areas in the United States. *Environ. Health Perspect.*, 116: 559-565.
- Carson, R., 1980.** Primavera silenciosa, Grijalbo, México.
- Cocco, P., D. Fadda, B. Billai, M. D'Atri, M. Melis, & A. Blair, 2005.** Cancer mortality among men occupationally exposed to dichlorodiphenyltrichloroethane. *Cancer Res.*, 65: 9583-9594.
- 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.
- Diamond, J., 2006.** Colapso: porque unas sociedades perduran y otras desaparecen. Random House Mondador 457 p.
- Duell, E., R. Millikan, D. Savitz, B. Newman, J. Smith, M. Schell, & D. Sandler, 2000.** A population-based case-control study of farming and breast cancer in North Carolina. *Epidemiology*, 11: 523-531.
- Farahat, T.M., G.M. Abdelrasoul, M.M. Amr, M.M. Shebl, F.M. Farahat, & W.K. Anger, 2003.** Neurobehavioural effects among workers occupationally exposed to organophosphorous pesticides. *Occup. Environ. Med.*, 60: 279-286.
- Guillette, E.A., M.M. Meza, M.G. Aguilar, A.D. Soto, & I.E. García, 1998.** An anthropological approach to the evaluation of preschool children to pesticides in Mexico. *Environ. Health Perspect.*, 106: 347-353.

- Khanjani, N., D.R. English, & M.R. Sim, 2006. An ecological study of organochlorine pesticides and breast cancer in rural Victoria, Australia. *Arch. En. Con. Tox.*, 50: 452-461.
- Lee, W.J., M.C.R. Alavanja, J.A. Hoppin, J.A. Rusiecki, F. Kamel, A. Blair, & D.P. Sandler, 2007. Mortality among pesticide applicators exposed to chlorpyrifos in the agricultural health study. *Environ. Health Perspect.*, 115: 528-534.
- Longnecker, M.P., B.C. Gladen, L.A. Cupul-Lucab, P. Romano-Riquer, J.P. Weber, R.E. Chapin, & M. Hernández-Avila, 2007. In utero exposure to the antiandrogen DDE in relation to anogenital distance in male newborns from Chiapas, Mexico. *Am. J. Epidemiol.*, 165: 1015-1022.
- Mahajan, R., A. Blair, C.F. Lynch, P. Schroeder, J.A. Hoppin, D.P. Sandler, & M.C.R. Alavanja, 2006. Fonofos exposure and cancer incidence in the agricultural health study. *Environ. Health Perspect.*, 114: 1838-1842.
- Metcalfe, R., 1973. A century of DDT. *J. Agric. Food Chem.*, 21: 511-519.
- Meza-Montenegro, M.M., A.I. Valenzuela-Quintanar, J.J. Balderas-Cortés, L. Yañez-Estrada, M.L. Gutiérrez-Coronado, A. Cuevas-Robles, & A.J. Gandolfi, 2013. Exposure assessment of organochlorine pesticides, arsenic, and lead in children from the major agricultural areas in Sonora, Mexico. *Arch. Env. Contam. Toxicol.*, 64: 519-527.
- Mitra, A., F. Faruque, & A. Avis, 2004. Breast cancer and environmental risks: where is the link? *J. Environ. Health*, 66: 24-32.
- Pérez-Maldonado, I.N., A. Trejo-Acevedo, L.G. Pruneda-Alvarez, O. Gaspar-Ramirez, S. Ruvalcaba-Aranda, & F.J. Perez-Vazquez, 2013. *Environmental Monitoring Assess.*, 185: 9287-9293.
- Peters, H.A., A. Gocmen, D.J. Cripps, G.T. Bryan, & I. Dogramaci, 1982. Epidemiology of hexachlorobenzene-induced porphyria in Turkey: clinical and laboratory follow-up after 25 years. *Arch. Neurol.*, 39: 744-749.
- Rauh, V.A., R. Garfinkel, P.F. Perera, H.F. Andrews, L. Hoepner, D.B. Barr, R. Whitehead, D. Tang, & R.W. Whyatt, 2008. Impact of prenatal chlorpyrifos exposure on neurodevelopment in the first 3 years of life among inner-city children. *Pediatrics*, 118: 1845-1856.
- Recio, R., G. Ocampo-Gómez, J. Morán-Martínez, V. Borja-Aburto, M. López-Cervantes, M. Uribe, L. Torres-Sánchez, & M.E. Cebrián, 2005. Pesticide exposure alters follicle-stimulating hormone levels in Mexican agricultural workers. *Environmental Health Perspect.*, 113: 1160-1163.
- Riba-Fitó, N., M. Sala, E. Cardo, M.E. de Muga, C. Mazon, & A. Verdu, 2003. Breastfeeding, exposure to organochlorine compounds and neurodevelopment in infants. *Pediatrics*, 111: 580-585.
- Riba-Fitó, N., M. Torrent, D. Carrizo, J. Julvez, J.O. Grimalt, & J. Sunyer, 2007. Exposure to hexachlorobenzene during pregnancy and children's social behavior at 4 years of age. *Environ. Health Perspect.*, 115: 447-450.
- Romieu, I., M. Hernández-Ávila, E. Lazcano-Ponce, J. Weber, & E. Dewailly, 2000. Breast cancer, lactation history, and serum organochlorines. *Am. J. Epidemiol.*, 152: 363-370.
- Ruckart, P.Z., K. Kakolewski, F.J. Bove, & W.E. Kaye, 2004. Long-term neurobehavioral health effects of methyl parathion exposure in children in Mississippi and Ohio. *Environ. Health Perspect.*, 112: 46-51.
- Skakkebaek NE., E. Rajpert-De Meyts, & K. Main, 2001. Testicular dysgenesis syndrome: an increasingly common developmental disorder with environmental aspects. *Human Reproduction*, 16(5): 972-978.
- Slotkin, T.A., & F.J. Seidler, 2005. The alterations in CNS serotonergic mechanisms caused by neonatal chlorpyrifos exposure are permanent. *Brain Res.*, 158: 115-119.

- Song, S.B., Y. Xu, & B.S. Zhou, 2006.** Effects of hexachlorobencene on antioxidant status of liver and brain of common carp (*Cyprinus carpio*). *Chemosphere*, 65: 699-706.
- Straube, E., W. Straube, E. Kruger, M. Bradatsch, M. Jacob-Meisel, & H.J. Rose, 1999.** Disruption of male sex hormones with regard to pesticides: pathological and regulatory aspects. *Toxicol. Lett.*, 107: 225-231.
- Unger, M, & J. Olsen, 1980.** Organochlorine compounds in the adipose tissue of deceased people with and without cancer. *Environ. Res.*, 23: 257-263.
- Van Maele-Fabry, G., S. Duhayon, C. Mertens, & D. Lison, 2008.** Risk of leukemia among pesticide manufacturing workers: a review of meta-analysis of cohort studies. *Environ. Res.*, 106: 121-137.
- Vinggaard, A.M., C. Hnida, V. Breinholt, & J.C. Larsen, 2000.** Screening of selected pesticides for inhibition of CYP19 aromatase activity *in vitro*. *Toxicol. in Vitro*, 14: 227-234.
- Waliszewski, S.M., M. Meza-Hernández, R. M. Infanzón, P. Trujillo, y M I. Morales Guzmán, 2003.** Niveles de plaguicidas organoclorados persistentes en mujeres con carcinoma mamario en Veracruz. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 19: 59-65.
- Waliszewski, S.M., K. Sanchez, M. Caba, H. Saldariaga-Noreña, M. Meza, R. Zepeda, R. Valencia-Quintana, & R. Infanzón, 2003.** Organochlorine pesticides levels in female adipose tissue from Puebla, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 88: 296-301.
- Whorton D., TH. Milby, & R. Krauss, 1979.** Testicular function in DBCP-exposed pesticide workers. *J. Occup Med.*, 21: 161-166.



---

**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

---