

INFORME

SOBRE

EL CLORPIRIFOS EN MÉXICO

RAZONES PARA SU PROHIBICIÓN



Bejarano, F., y Rojas-García, AE. (2023). *Informe sobre clorpirifos en México. Razones para su prohibición*, México, RAPAM.

Primera edición digital, marzo 2023.

Fernando Bejarano González y Aurora Elizabeth Rojas García.

Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM) A.C.

Amado Nervo 23 int. 2, Col. San Juanito

CP 56121, Texcoco, Edo. México. México

Tel. (595) 9547744

Contacto: coordinacion@rapam.org

Universidad Autónoma de Nayarit

Secretaría de Investigación y Posgrado

Cuerpo Académico de Contaminación y Toxicología Ambiental (CONTOX)

Ciudad de la Cultura, Col. Centro

CP 63000, Tepic, Nayarit. México. Tel. (311) 2118800 ext. 8919

Agradecimientos: La realización de este informe fue posible gracias al apoyo de IPEN a RAPAM, y a la colaboración de diversos colegas: agradecemos al Dr. José Francisco Herrera Moreno por la elaboración de figuras y cuadros contenidos en el capítulo tercero de este documento; nuestro reconocimiento al Dr. Fernando Bahena Juárez por sus comentarios y sugerencias en el capítulo sobre alternativas en el uso agrícola al clorpirifos; al Dr. Jorge Méndez y al Dr. Ángel Betanzos por la información brindada en el capítulo sobre alternativas en el manejo integral de vectores, y a la MVZ Cristina Caldera por proporcionar información sobre la normativa en este tema. A Irma González por su contribución sobre el impacto de las aspersiones de clorpirifos en apicultores mayas. A Cielo Hernández su asistencia para obtener los datos de registros de clorpirifos de la página electrónica de Cofepris.

Como parte del apoyo de IPEN también se realizó un conversatorio virtual sobre clorpirifos con la Dra. Sara Brosche de IPEN, Dra. Megan Hortoneladas de la escuela de Medicina de Mt. Sinai en EUA, Dra. Yael Y. Bernal Hernández y Dra. Aurora E. Rojas García, ambas de la Universidad Autónoma de Nayarit y la Red Temática de Toxicología de Plaguicidas, que se puede consultar en la página electrónica de RAPAM en la sección de multimedia-videos.

RAPAM es una asociación civil mexicana sin fines de lucro que trabaja para eliminar en forma progresiva los plaguicidas químicos que afectan la salud humana y el medio ambiente, e impulsar los cambios en las políticas públicas que promuevan el control agroecológico de plagas, protejan los derechos a una alimentación sana, sin plaguicidas químicos y transgénicos, la soberanía alimentaria, y un medio ambiente libre de contaminantes. www.rapam.org

CONTOX-UAN El Cuerpo Académico (CA) de Contaminación y Toxicología Ambiental (CONTOX), pertenece a la Universidad Autónoma de Nayarit. Sus integrantes han generado productos académicos diversos, tienen experiencia en docencia y formación de recursos humanos, y cuentan con Perfil Deseable, este CA es considerado por la Secretaría de Educación Pública como consolidado. Contacto: erojas@uan.edu.mx

IPEN La Red Internacional de Eliminación de Contaminantes (IPEN por su sigla en inglés) es una red de organizaciones no gubernamentales que trabaja en más de 100 países para reducir y eliminar el daño a la salud humana y al medio ambiente a causa de los productos químicos tóxicos. www.ipen.org

Diseño de la portada: Merari Arévalo Meraz

Diseño: Leonel Reyes Rivera



Bajo licencia de Creative Commons [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Permite la copia y distribución del material bajo cualquier medio o formato, solo para propósitos no comerciales, siempre y cuando se dé crédito de manera adecuada, se cite a la fuente, se incluya un enlace a la licencia y se indique si hubo algún cambio.

CONTENIDO

Resumen Ejecutivo / 5

1. Introducción / 10
2. Efectos adversos a la salud y ambiente de clorpirifos según la literatura científica internacional / 11
3. Evidencias de la peligrosidad de clorpirifos y su impacto en la salud y ambiente en México / 15
4. La Regulación del clorpirifos en México
 - 4.1 Marco regulatorio de los plaguicidas y características del registro sanitario de clorpirifos en México / 25
 - El registro de plaguicidas /26
 - Autorización de plaguicidas para uso en salud pública / 28
 - Límites Máximos de Residuos de plaguicidas en alimentos / 31
 - Plaguicidas autorizados con el ingrediente clorpirifos / 35
 - 4.2 Empresas con registros de clorpirifos en México / 35
 - 4.3 Principales usos autorizados y marcas comerciales de clorpirifos en México / 36
 - 4.4 Principales empresas importadoras de clorpirifos en México / 41
5. El clorpirifos, un plaguicida altamente peligroso prohibido en diversos países y nominado para su eliminación mundial en el Convenio de Estocolmo / 44
 - Estados Unidos / 44
 - Canadá / 45
 - Unión Europea/ 46
 - América Latina / 47
 - La nominación del clorpirifos en el Convenio de Estocolmo / 48
6. Derechos humanos, plaguicidas altamente peligrosos y el clorpirifos / 49
7. Alternativas al clorpirifos
 - Alternativas al clorpirifos en la agricultura / 56
 - Alternativas al clorpirifos en el Manejo Integral de Vectores / 62
 - Considerar los costos ambientales y a la salud pública para revocar la autorización del uso de clorpirifos en la agricultura y en el manejo integral de vectores / 66

Recomendaciones / 68

Referencias / 70

Índice de Cuadros

1. Estudios relacionados con la exposición a clorpirifos en México / 17
2. Uso de clorpirifos y mortandad de abejas en la Península de Yucatán / 23
3. Empresas con el mayor número de registros autorizados de clorpirifos en México 2022 / 36
4. Cultivos autorizados para el uso de clorpirifos y en combinación con otros insecticidas en México / 37
5. Ejemplos de empresas y marcas comerciales en los usos autorizados de clorpirifos en México / 39
6. Empresas importadoras de clorpirifos según solicitudes autorizadas por Semarnat en México (2016-2021) / 42

Índice de Figuras

1. Estructura química del clorpirifos etilo / 11
2. Distribución en México de los estudios realizados en sistemas *in vitro*, *in vivo* y en poblaciones relacionadas con los impactos a la salud ambiental de clorpirifos / 16
3. Procedimiento para las solicitudes de registro de plaguicidas y nutrientes vegetales de acuerdo con el reglamento PLAFEST en México / 26
4. Pilares agroecológicos de la conversión del agroecosistema / 57

Acerca de los autores / 95

Resumen ejecutivo

El clorpirifos etilo y clorpirifos metilo son insecticidas introducidos en Estados Unidos en 1965, y después al mercado mundial. El clorpirifos-etilo, comúnmente denominado simplemente como clorpirifos, es uno de los de mayor uso en México y en el mundo.

Los efectos adversos del clorpirifos para la salud humana incluyen la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (AChE), necesaria para la regulación adecuada de la transmisión de impulsos entre células nerviosas. La inhibición de AChE provoca que no pueda degradarse la acetilcolina (un neurotransmisor), una sustancia química elaborada por algunos tipos de neuronas que sirve para enviar mensajes a otras células nerviosas, células musculares y células glandulares. Al no degradarse la acetilcolina, las moléculas del impulso nervioso se acumulan entre las células nerviosas, lo que provoca la sobre-estimulación del sistema nervioso, que en exposiciones agudas puede conducir a la muerte; sin embargo, también puede ocasionar efectos retardados en el sistema nervioso resultado de una exposición continua a dosis menores.

Además, el clorpirifos en muy bajas dosis provoca alteraciones hormonales, especialmente de la tiroides, que juega un papel importante en el desarrollo neurológico cerebral. Estudios epidemiológicos sugieren que a muy bajos niveles de exposición durante el embarazo puede afectar el desarrollo cerebral de las niñas y niños, causando alteraciones en la morfología cerebral, retrasos en las funciones cognitivas (reducción del coeficiente intelectual) y funciones motoras, problemas de atención y temblores; efectos que pueden manifestarse años después, en la infancia y adolescencia, con un daño permanente. Preocupa especialmente la exposición *in útero*, durante las primeras semanas de embarazo y la capacidad de clorpirifos de excretarse en la leche materna, como lo han comprobado diversos estudios tanto en áreas rurales como urbanas en distintos países.

El clorpirifos tiene una elevada toxicidad en abejas, peces, y otras especies como invertebrados, anfibios, aves y mamíferos. Se han comprobado sus efectos neurotóxicos en experimentos con ratas y ratones a dosis menores que las que causan una inhibición mínima o nula de la enzima AChE. Su degradación ambiental puede tener una vida media de días hasta varios años, dependiendo de la intensidad de su aplicación, tipo de ecosistemas y las características del suelo y otros factores ambientales. Puede ser encontrado en lugares alejados de los lugares de su aplicación al ser transportado por las corrientes atmosféricas o por vía acuática en ríos o corrientes oceánicas.

En México está autorizado por la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) para una amplia variedad de usos: agrícola, pecuario, doméstico (en jardines de viviendas o al interior de las habitaciones),

urbano, industrial en grado técnico para plantas formuladoras, y para el uso en Salud Pública en campañas de control de mosquitos, transmisores de enfermedades como el dengue o el paludismo.

El informe presenta una síntesis de lo que reporta la literatura científica sobre el clorpirifos en México, donde se han realizado estudios *in vitro* sobre el efecto citotóxico y daño al ADN en células espermáticas, expresión génica, niveles de proteína y actividad enzimática, así como estudios *in vivo* en distintas especies animales sobre sus efectos neurotóxicos, efectos multi y transgeneracionales, en el desarrollo embrionario y la disminución de la actividad enzimática (AChE) y motora. También hay evidencias del efecto de clorpirifos en la salud humana con trastornos en el neurodesarrollo, la calidad del sueño, así como patrones de exposición ambiental y para-ocupacional en diversas poblaciones de México.

Se ha confirmado la presencia de clorpirifos en diferentes matrices ambientales como lagunas y sedimentos, leche comercial pasteurizada, agua de escorrentía, desagües y ríos en distintos estados de la república. Se ha encontrado en alimentos como frutas y vegetales, maíz, panales de miel y cera. Cabe advertir que las autoridades del Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) no informan públicamente sobre los resultados del monitoreo del clorpirifos, y después de varios meses de solicitudes de información no pudimos obtener datos para saber si el monitoreo es regular, el lugar y resultados del mismo. También hay que señalar la ausencia del monitoreo de clorpirifos en el agua, y tampoco se cuenta con información sobre las intoxicaciones causadas por este insecticida en el país dada por la ausencia o limitaciones del sistema de reporte de intoxicaciones agudas y de vigilancia epidemiológica y ambiental.

Hay 69 empresas con autorizaciones vigentes para clorpirifos en distintos productos formulados autorizados por Cofepris, tanto empresas trasnacionales como nacionales, pero solo 10 de ellas cuentan con casi la mitad de las autorizaciones. De 2016 a 2021 la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) ha dado autorización para importar clorpirifos a 25 empresas por un volumen de poco más de 28 millones de litros y 29,484 toneladas. Destacan las empresas Dow y Agricultura Nacional; ésta última recibió el 40% del total de toneladas autorizadas en dicho período. También, la empresa de la India UPL Agro, y la china Rainbow Agro. En cuanto a las importaciones autorizadas de este insecticida para su uso en el control de vectores y otros mosquitos destaca en primer lugar la empresa Public Health Supply and Equipment de México. No fue posible conseguir información de la cantidad real importada dada la reorganización del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) y a los cambios del número de su fracción arancelaria que ya no es específica.

El clorpirifos etilo y clorpirifos metilo han sido prohibidos o con medidas que equivalen a una prohibición en 35 países, incluyendo Estados Unidos, donde está prohibido para uso residencial (2001) y para cultivos agrícolas alimenticios (2021). En la Unión Europea ambos insecticidas están prohibidos: el clorpirifos etilo está prohibido como biocida (2008) y para uso agrícola (entrando en

vigor en 2020), y recientemente también están prohibidos en Canadá (2021). En 2022 ambos insecticidas fueron prohibidos también en Chile y Argentina; y en Colombia hay una orden judicial que establece su prohibición (2022). Aunque algunos gobiernos los han prohibido permiten su exportación a otros países, aplicando un doble estándar. En México, clorpirifos se importa desde Estados Unidos a pesar de que canceló las tolerancias de residuos para todos los alimentos producidos en aquel país y para alimentos importados. También México importa clorpirifos desde China que prohíbe usarlo en vegetales desde diciembre de 2016.

La Unión Europea ha nominado al clorpirifos para que ingrese al Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) para su eliminación mundial, debido a sus características de persistencia, bioacumulación, su capacidad de desplazarse a grandes distancias, y causar efectos adversos en la salud humana y medio ambiente.

Este informe examina la relación entre la exposición a clorpirifos y la violación de los derechos humanos. Todas las autoridades mexicanas en el ámbito de su competencia tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos según indica el art. primero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. La Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) en su recomendación 82/2018 sobre plaguicidas de alta peligrosidad recomienda la prohibición progresiva de los plaguicidas altamente peligrosos y esto aplica al clorpirifos. El relator especial de Naciones Unidas sobre derechos humanos y sustancias tóxicas, Baskut Tuncak, ha argumentado extensamente la obligación de los Estados de prevenir la exposición a las sustancias químicas tóxicas, incluidos los plaguicidas; y ha preparado un informe específico relacionado con la obligación de los Estados y la responsabilidad empresarial de prevenir dicha exposición durante la infancia, en el marco de los compromisos adquiridos en la Convención sobre los Derechos del Niño. Y el Comité de los Derechos del Niño de Naciones Unidas recomendó a México en 2015 prohibir la importación y el uso de cualquier plaguicida que haya sido prohibido o restringido para su uso en el país exportador, lo que debería aplicarse al clorpirifos etilo y clorpirifos metilo.

Existen alternativas al clorpirifos para uso agrícola, el hecho de que un gran número de países haya prohibido el clorpirifos para más de 50 cultivos indica que hay sustitutos para reemplazarlo, como se ha documentado en el caso de California en Estados Unidos, nuestro principal socio comercial agrícola; sin embargo, hay que adoptar un enfoque agroecológico para evitar solo sustituirlo por otro insecticida de menor peligrosidad, y transformar monocultivos dependientes de insumos agroquímicos a sistemas productivos rentables, más diversificados biológicamente, capaces de asegurar alimentos sanos, mejor adaptados para responder a los cambios climáticos. En este sentido, consideramos que en México hay condiciones políticas y capacidad institucional para impulsar alternativas al clorpirifos. Se cuenta con los programas gubernamentales de Producción para el Bienestar, de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

(Sader), y el de Sembrando Vida, de la Secretaría de Bienestar, que incluyen el fomento de prácticas agroecológicas en la fertilización del suelo y el manejo de plagas y enfermedades; además, se cuenta con la experiencia de una agricultura orgánica en crecimiento y de un grupo creciente de bioinsumos disponibles en el mercado en nuestro país.

Existen también alternativas al clorpirifos para el control de vectores en salud pública que se pueden potenciar si se refuerzan las acciones de un Manejo Integral de Vectores con actividades centradas en la participación comunitaria, las acciones preventivas y el uso de alternativas de control exitosas documentadas en México en el caso del dengue y paludismo.

Los autores de este informe recomiendan:

- Cancelar la autorización de clorpirifos etilo en el cuadro de insecticidas permitidos para el control de insectos vectores de enfermedades, otorgada por el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (Cenaprece) de la Secretaría de Salud, como medida prioritaria de prevención de riesgos y protección a la población más vulnerable. Al igual que fortalecer el Manejo Integral de Vectores con medidas centradas en la prevención y participación comunitaria y una mejor supervisión para evitar el uso de plaguicidas altamente peligrosos.
- Negar las importaciones del clorpirifos etilo y clorpirifos metilo de los países donde está prohibido, por parte de Semarnat y en cumplimiento del art. 4 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y de la recomendación del Comité de los Derechos del Niño de la Organización de las Naciones Unidas.
- Cancelar todos los usos autorizados en los registros de clorpirifos-etilo y clorpirifos-metilo, y negar la autorización de nuevos registros, incluyendo los usos agrícola, pecuario, forestal, doméstico, jardinería, urbano e industrial, por parte de Cofepris.
- Iniciar por parte de la Secretaría de Salud a nivel federal y por las autoridades sanitarias de los estados de la república una campaña de concientización sobre los riesgos a la salud, especialmente infantil, de la exposición al clorpirifos entre los distintos grupos sociales expuestos: jornaleras y jornaleros agrícolas, productores rurales, comunidades vecinas a campos agrícolas, y consumidores, mientras se cancelan todos los registros y se prohíben las importaciones.
- Prohibir las compras de clorpirifos etilo o metilo con dinero del presupuesto público por parte del gobierno federal y de los gobiernos estatales para cualquiera de sus usos: agrícola, forestal, doméstico, jardinería y urbano.
- Incluir al clorpirifos etilo, como uno de los plaguicidas altamente peligrosos prioritarios a incorporar en el Programa Nacional de Prohibición gradual de Plaguicidas Altamente Peligrosos que se propone crear mediante Reforma a la Ley General de Salud, pendiente de aprobación en el Senado de la República de la LXV Legislatura para turnarse a la Cámara de Diputados.

- Apoyar y coordinar acciones para documentar las alternativas de menor peligrosidad con un enfoque agroecológico y/o ecosistémico para sustituir el uso de clorpirifos para uso agrícola y control de vectores por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), en colaboración con la Secretaría de Salud (Cofepris-Cenaprece), la Semarnat y la Subsecretaría de Autosuficiencia Alimentaria de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader).
- Participar de manera activa como observador en el Comité de Examen de los COP del Convenio de Estocolmo, y proporcionar toda la información necesaria para apoyar su eliminación mundial mediante su inclusión en el Anexo A de este instrumento internacional vinculante, por parte de las autoridades regulatorias competentes en coordinación con la Secretaría de Relaciones Exteriores.

1. Introducción

El clorpirifos etilo, comúnmente denominado simplemente como clorpirifos, es un insecticida que fue introducido al mercado en Estados Unidos en 1965 por la empresa multinacional Dow Chemical Company, iniciando su fabricación en Midland, Michigan. Es uno de los insecticidas de mayor uso en el mundo, que tuvo las ventas más altas en 88 países en el año 2008, aunque después han venido disminuyendo debido a la cancelación voluntaria y a las prohibiciones en aumento en distintos lugares y regiones del planeta (Environmental Protection Agency [EPA], 2022; UNEP/POPS/POPRC.18/4, 2022). Corteva Agriscience (la división agrícola de la fusión Dow-DuPont), el mayor fabricante mundial de clorpirifos, anunció el fin de su producción para fines de 2020 (Allington, 2020; Reuters, 2020); sin embargo, debido a que su patente venció desde hace años, es producido, formulado y exportado aún por otras empresas, principalmente de China e India.

En México, en los últimos cuarenta años el clorpirifos se ha autorizado como insecticida para una amplia variedad de usos, desde el control de cucarachas, moscas y termitas en el hogar, para el control de insectos y ácaros en más de 50 cultivos en la agricultura, contra ectoparásitos en el ganado, en collares para animales domésticos, en campos de golf, e incluso se ha usado y está autorizado para el control de mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue en campañas de Salud Pública; la exposición por tanto a este insecticida es muy amplia e incluye no solo a las trabajadoras y trabajadores agrícolas y comunidades rurales sino a consumidores y habitantes urbanos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica al clorpirifos con una toxicidad moderada basada en sus efectos a corto plazo; las empresas que lo venden afirman que si se siguen las instrucciones de las etiquetas en su aplicación y manejo es un producto efectivo y no representa un peligro, y que su autorización pasa por la revisión de las autoridades federales responsables de la protección de la salud, el ambiente y la inocuidad de los alimentos; sin embargo, la realidad es que su uso representa una seria amenaza para la salud y medio ambiente, especialmente para la salud de las niñas y niños.

Este informe tiene como objetivo general ayudar a crear una conciencia pública sobre la necesidad de prohibir el clorpirifos en México; para ello, hemos reunido la información más significativa sobre los efectos adversos a la salud y medio ambiente que reporta la literatura científica en el mundo y en nuestro país; presentamos un panorama de las características y deficiencias del régimen regulatorio neoliberal que permite su uso de manera amplia, sobre todo en la agricultura; identificamos las principales marcas y empresas que lo importan y comercializan; los países donde se ha prohibido gracias a la lucha de trabajadores agrícolas, comunidades y científicos; las razones por las que ha sido nominado en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes para eliminar su uso en el mundo. Analizamos como el permitir que estemos expuestos a este y otros plaguicidas altamente peligrosos

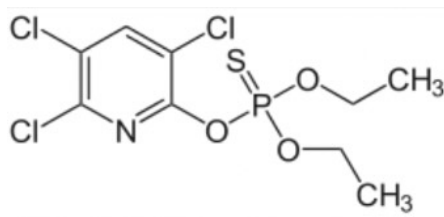
viola un conjunto de derechos humanos que han sido señalados por relatores especiales de las Naciones Unidas y la Comisión Nacional de Derechos Humanos; presentamos un planteamiento general para abordar el problema de las alternativas al clorpirifos en la agricultura y para el control de vectores con ejemplos de experiencias exitosas en México; y terminamos con una serie de recomendaciones dirigidas a las autoridades federales responsables y a las autoridades estatales de nuestro país.

De este modo intentamos ofrecer una visión inter y transdisciplinaria del problema en un lenguaje accesible para el público en general, pero con referencias bien documentadas y con los enlaces electrónicos para su consulta. No pretende ser una monografía exhaustiva del tema y se podrá enriquecer con las aportaciones de otros especialistas y testimonios de personas y comunidades afectadas por el uso de este insecticida.

2. Efectos adversos a la salud y ambiente del clorpirifos según la literatura científica internacional

El clorpirifos se clasifica por su estructura química como parte de los compuestos organofosforados. Es decir, es orgánico pues tiene carbono en su molécula, y es fosforado porque contiene fósforo, particularmente un éster del ácido fosfórico; pero es un organofosforado clorado, al tener tres átomos de cloro en su diseño molecular, como se puede observar en la figura 1, lo que le confiere particularidades de los organofosforados y también de los organoclorados, como veremos más adelante.

Figura 1 Estructura química del clorpirifos etilo



Fórmula molecular:	C ₉ H ₁₁ Cl ₃ NO ₃ PS
Nombre químico IUPAC	O, O-dietil O-3,5,6-tricloropiridin-2-il fosforotioato
Sinónimos	clorpirifos; clorpirifos-etilo; clorpirifos-etilo; fosforotioato de O,O-dietil O-3,5,6-tricloro-2-piridinilo; ácido fosforotioico, O,O-dietil O-(3,5,6 tricloro-2- piridinilo) éster
Número CAS	2921-88-2

Fuente: UNEP/POPS/POPRC.18/4/ (2022)

C: carbono; H: hidrógeno; Cl: cloro; N: nitrógeno; P: fósforo; S: azufre; O: oxígeno

Hay otra molécula muy parecida al clorpirifos etilo que es el clorpirifos metilo, su fórmula es $C_7H_7Cl_3NO_3PS$, tiene dos metilos menos, con respecto al clorpirifos etilo. Fue también patentada por Dow y comercializada como insecticida como Dursban-methyl, con ventas mucho menores en el mundo, se discontinuó para uso residencial por la transnacional desde hace dos décadas (Corteva, 2022:F46; PubChem, 2022).

El clorpirifos es un insecticida muy efectivo, mata a una amplia variedad de insectos, su efectividad biocida se debe a su potente acción neurotóxica, es decir, afecta la transmisión de mensajes entre células nerviosas. El mecanismo de acción por el que es tóxico al poco tiempo de exposición (toxicidad aguda) se debe a que inhibe la acción de la enzima acetilcolinesterasa (AChE), necesaria para una adecuada regulación de los impulsos nerviosos entre las células tanto en insectos como en otros animales, incluido el ser humano.

La AChE actúa como un freno en la transmisión nerviosa y al inhibir su acción conduce a una acumulación de una molécula llamada acetilcolina, la cual es un neurotransmisor que actúa en las uniones entre células nerviosas. La acumulación de acetilcolina ocasiona un aumento desregulado de los impulsos nerviosos, que provoca hiperactividad, temblores, convulsiones, parálisis y muerte. Todo el grupo químico de los plaguicidas organofosforados tiene el mismo mecanismo de acción, son inhibidores de la enzima AChE, y altera funciones vitales en el ser humano como la respiración, el ritmo cardíaco, la acción muscular y la función cerebral (Alpuche, 1990; Schettler et al., 2022).

Dependiendo de la intensidad de la exposición, los síntomas de intoxicación en el ser humano son variados, desde un incremento de la salivación, sudor, dificultad de respirar, cambios en la presión sanguínea, náuseas, descoordinación muscular, dolor de cabeza, confusión, y con una elevada exposición, si no es atendida médicamente en forma oportuna, depresión del sistema nervioso central, coma y muerte. En resumen, estudios científicos han comprobado que el clorpirifos afecta el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico (Howard et al., 2007; Uniyal y Sharma, 2018).

En el caso de clorpirifos y de otros plaguicidas organofosforados, sus efectos tóxicos en el sistema nervioso también pueden presentarse de manera retardada, semanas después de la exposición, a lo que se conoce como neuropatía retardada, que se manifiesta principalmente en debilidad o parálisis y sensación de hormigueo de las extremidades, que afecta predominantemente a las piernas, y cuyos síntomas pueden persistir durante semanas o años (EPA, 1999).

En los animales, incluido el ser humano, clorpirifos se transforma en el hígado y otros tejidos a clorpirifos-oxon, un compuesto de 300 a 400 veces más tóxico que el clorpirifos mismo (ATSDR, 1997).

Hay que recordar que los efectos neurotóxicos de los plaguicidas organofosforados fueron descubiertos accidentalmente por el químico alemán Gerhard Schrader en 1937 cuando trabajaba para la empresa Bayer, y era parte del conglomerado químico alemán IG Farben (resultado de la fusión de las empresas Bayer, BASF, Hoechst, entre otras). Este descubrimiento despertó el interés del ejército alemán nacional socialista y condujo al desarrollo de los primeros gases neurotóxicos Tabun y Sarin, con el fin de utilizarlos como armas químicas. Afortunadamente la derrota de los nazis vino antes de que se usaran, y al terminar la Segunda Guerra Mundial la investigación sobre compuestos

organofosforados continuo al comprobar ser muy efectivos como insecticidas agrícolas a menores concentraciones. Schrader obtuvo numerosas patentes de plaguicidas organofosforados como paratión, disulfutón, entre otros y, abrió una nueva etapa de investigación y desarrollo de este tipo de plaguicidas de síntesis química en el mundo (Albert y Viveros, 2018; Alpuche, 1990; Álvarez, 2016).

Los plaguicidas organofosforados generalmente se degradan rápidamente en el ambiente, pero al ser clorpirifos también un compuesto orgánico clorado tiene particularidades de este grupo químico, como son su persistencia, bioacumulación y poder ser transportado a grandes distancias por las corrientes atmosféricas, por el agua, corrientes fluviales y marinas, lo que significa que puede tener efectos adversos en poblaciones o ecosistemas lejanos al lugar de su aplicación inicial. Muchos plaguicidas organoclorados como el DDT, lindano y clordano han sido prohibidos por su persistencia, toxicidad y bioacumulación, y para reemplazarlos se extendió el uso de los plaguicidas organofosforados al ser menos persistentes; en este sentido podemos afirmar que el clorpirifos es una molécula fosforada clorada. Como ha sido plenamente documentado, la degradación ambiental del clorpirifos puede tomar incluso varios años, dependiendo de su concentración, la intensidad de su aplicación, temperatura, tipo de ecosistemas, características del suelo, entre otros factores ambientales (UNEP/POPS/POPRC.18/INF/8, 2022).

El clorpirifos tiene una alta capacidad de absorción debido a su alta lipofiliidad, esto significa que es afín a las grasas, puede ser disuelto o absorbido en ellas, y su presencia se ha reportado en diversos tejidos, órganos, sistemas, leche materna, semen y otros fluidos corporales (ATSDR, 1997).

Con respecto a los efectos crónicos, existe evidencia científica a nivel mundial, en experimentos realizados en laboratorio que ha demostrado a través de modelos *in vitro* (modelos que usan células o líneas celulares) e *in vivo* (en modelos que usan animales) que la exposición a clorpirifos podría estar asociada con un aumento en el estrés oxidativo (asociado con el desarrollo de diversas enfermedades crónicas), efectos citotóxicos (causa la muerte de las células), genotóxicos (daña el material genético y sus componentes asociados), epigenéticos (modifica la forma en que nuestros genes se expresan), perturbación endocrina (alteraciones hormonales), alteraciones reproductivas, así como alteración del metabolismo de lípidos y proteínas (Alavanja et al., 2004; Blanco et al., 2020; Chiu et al., 2021; Engel et al., 2017; Falfushynska et al., 2022; Lerro et al., 2015; Makris et al., 2022; Naime et al., 2020; Velmurugan et al., 2020; Wang et al., 2016; Wołejko et al., 2022).

En cuanto a la neurotoxicidad, los estudios realizados en modelos animales sugieren que a dosis subtóxicas, clorpirifos causa interferencia en el neurodesarrollo (Whitney et al., 1995), disminución en la síntesis del ADN, disminución en el número de células presentes en algunas regiones del cerebro, así como otras alteraciones en embriones (Slotkin, 1999). Además, clorpirifos provoca déficit cognitivo, aumento del riesgo de desarrollo de enfermedades cardiovasculares (ECV), alteraciones conductuales, hematológicas, histopatológicas, efectos dermatológicos, inmunológicos, entre otros (Cetin et al., 2007; Ismail et al., 2018; López-Granero et al., 2013; Minassa et al., 2022; Mitra, 2011; Oostingh et al., 2009; Raibeemol y Chitra, 2020; Stalin et al., 2019; Ubaid Ur Rahman et al., 2021; Wang et al., 2009).

Estudios epidemiológicos han evidenciado en niños una disminución del neurodesarrollo, alteraciones cognitivas (disminución del coeficiente intelectual o IQ), así como trastornos psicológicos, incluido el trastorno por déficit de atención hiperactivo; además la exposición prenatal al clorpirifos puede provocar cambios a largo plazo en la estructura cerebral del lactante y disminución del peso y talla al nacer (Burke et al., 2017; Eskenazi et al., 2007; Guo et al., 2019; Juntarawijit et al., 2021; Rauh et al., 2006, 2011, 2012; Reiss et al., 2012). Diversos autores han reportado estos efectos neurotóxicos en infantes, incluso a dosis bajas, por lo que se ha considerado al clorpirifos como una neurotoxina sin dosis seguras de exposición (Eatoneladas et al., 2008; Middlemore-Risher et al., 2010; Rauh et al., 2012; Villar y Schaeffer 2022).

Un estudio exploratorio realizado por el Departamento de Ciencias de la Salud Pública, de la Universidad de California, en áreas residenciales próximas a áreas agrícolas (dentro de 1.5 km), encontró que la exposición a clorpirifos se asoció con un incremento del riesgo de desarrollar trastornos del espectro autista en niños cuyas madres estuvieron expuestas durante el segundo trimestre del embarazo (Sheltoneladas et al., 2014).

Uno de los efectos adversos a la salud humana más preocupantes del clorpirifos es el potencial de afectar el desarrollo del sistema nervioso del feto durante el embarazo, resumidos en los párrafos precedentes, pues sus efectos pueden ser irreversibles y manifestarse años después de la exposición, durante la infancia y adolescencia. Las niñas y niños son especialmente vulnerables a estos efectos debido a que su cerebro está aún en desarrollo. El desarrollo del cerebro comienza tempranamente en el útero y continúa mucho después del nacimiento hasta la adolescencia. Es importante destacar la alteración hormonal que puede causar la exposición al clorpirifos, particularmente a la hormona tiroidea que es esencial para el desarrollo y funcionamiento normal del cerebro durante su etapa inicial, como han demostrado estudios en animales expuestos antes y después de nacer (De Angelis et al., 2009; Jain, 2017; Health and Environment Alliance [HEAL], 2018). Aunque este período de exposición no es regularmente evaluado en la autorización del clorpirifos, es de especial importancia en la vida fetal, ya que el desarrollo del cerebro en el útero depende de los niveles normales de hormonas tiroideas, como indica un informe de la OMS elaborado por un grupo internacional de expertos (World Health Organization [WHO], 2012). En el primer trimestre de gestación, antes del desarrollo y funcionamiento de la glándula tiroides del feto, se depende del suministro transplacentario de tiroxina materna (T4) y, en consecuencia, de la capacidad de la glándula tiroides materna para aumentar la producción de hormonas durante el embarazo, a fin de satisfacer las necesidades tanto del feto como de la madre. La función tiroidea está regulada por una homeostasis endocrinológica finamente ajustada que mantiene niveles relativamente estables de la hormona tiroidea en la sangre; cambios menores en la homeostasis tiroidea pueden afectar el desarrollo neurológico (*ibid*: 5-7).

En relación con la carcinogenicidad del clorpirifos, no existe una evaluación de la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer, sin embargo, los datos del Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos y el Estudio de Salud Agrícola, sugieren un riesgo en el desarrollo de cáncer de recto y cáncer pulmonar, un riesgo ligeramente mayor de cáncer de mama (mujeres premenopáusicas), un riesgo significativamente

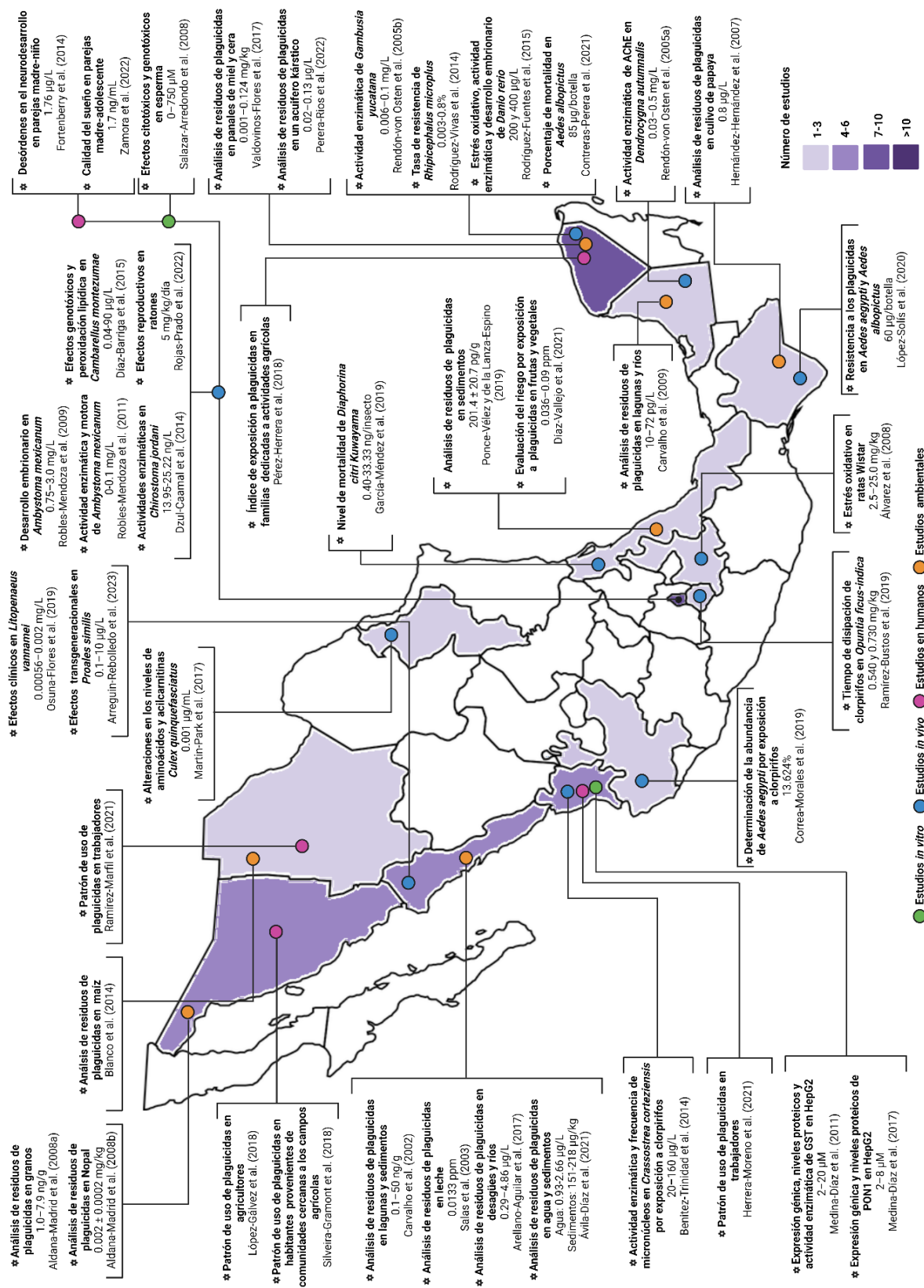
mayor de cáncer de próstata (con antecedentes familiares de este tipo de cáncer), así como de leucemia y cáncer cerebral (fumigadores con alta exposición) (International Agency for Research on Cancer [IARC], 2022).

3. Evidencias de la peligrosidad del clorpirifos y su impacto en la salud y ambiente en México

En México los estudios sobre los impactos de clorpirifos en la salud o medio ambiente se han realizado por iniciativa de investigadores de distintas universidades del país, dado el gran rezago de la vigilancia ambiental y epidemiológica por parte de las autoridades competentes. Un resumen de esta información se presenta en el mapa y cuadro de las páginas siguientes.

Como se podrá observar, se han realizado estudios *in vitro* que muestran el efecto de clorpirifos en células espermáticas y en enzimas que participan en la biotransformación de compuestos químicos extraños en nuestro organismo. Además, se han evaluado los efectos/mecanismos/resistencia en especies como planctoneladas (*Proales similis*), cactus (*Opuntia ficus-indica*), garrapatas (*Rhipicephalus microplus*), ajolote (*Ambystoma mexicanum*), ostión (*Crassostrea corteziensis*), crustáceos (*Cambarellus montezumae*), peces (*Chirostoma jordani*, *Gambusia yucatana*, *Danio rerio*), insectos (*Diaphorina citri* Kuwayama), camarones (*Litopenaeus vannamei*), mosquitos (*Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Aedes taeniorhynchus*), aves (*Dendrocygna autumnalis*), ratas Wistar y ratones. Además, se han efectuado estudios *in vivo* en distintas especies animales sobre los efectos neurotóxicos, efectos multi y transgeneracionales, en el desarrollo embrionario y la disminución de la actividad de enzimas (AChE) y motora.

También hay evidencias de los efectos de clorpirifos en la salud humana, específicamente en trastornos en el neurodesarrollo, la calidad del sueño, así como patrones de exposición ambiental y para-ocupacional en diversas poblaciones de México. Se ha confirmado su presencia en diferentes matrices ambientales como lagunas y sedimentos, leche comercial pasteurizada, agua de escorrentía, desagües y ríos, en distintos estados de la república. Se ha encontrado residuos de este insecticida en alimentos como frutas, vegetales, maíz, panales de miel y cera. Como se verá en el capítulo siguiente no hay un monitoreo sistemático, con datos accesibles al público que de manera transparente de cuenta del monitoreo de residuos de plaguicidas en alimentos de origen vegetal o animal. También hay que señalar la ausencia del monitoreo de clorpirifos en el agua, y tampoco se cuenta con información sobre las intoxicaciones causadas por este u otro plaguicida en el país dada por una ausencia o deficiencia del sistema de vigilancia epidemiológica y ambiental, pues no hay obligación por parte de las autoridades competentes de monitorear la presencia de clorpirifos, clorpirifos metilo o sus metabolitos en agua, suelo o aire.



Cuadro 1. Estudios relacionados con la exposición a clorpirifos en México

Modelo, organismo o matriz biológica [concentración evaluada de clorpirifos y/o metabolitos]	Marcador evaluado	Hallazgos	Referencia
Estudios <i>in vitro</i>			
Semen [Clorpirifos y clorpirifos oxón; 0–750 µM]	Integridad espermática y análisis de la estructura de la cromatina.	- No se evidenció algún efecto citotóxico. - Incremento en la toxicidad del ADN espermático por exposición a clorpirifos oxón.	Salazar-Arredondo et al., 2008
HepG2 [Clorpirifos; 2–20 µM]	Niveles de ARNm, proteicos de GSTA1 y actividad enzimática de GST.	- Incremento significativo en los niveles de ARNm de GSTA1. - Incremento de la proteína inmunorreactiva GSTA1. - Incremento en la actividad enzimática GST.	Medina-Díaz et al., 2011
HepG2 [Clorpirifos; 2–8 µM]	Niveles de ARNm y proteicos de PON1. Niveles de citocinas inflamatorias.	- Disminución en los niveles de ARNm de <i>PON1</i>. - Reducción de la concentración de proteína inmunorreactiva de PON1. - Incremento en las citocinas inflamatorias.	Medina-Díaz et al., 2017
Estudios <i>in vivo</i>			
<i>Dendrocygna autumnalis</i> [Clorpirifos; 0.03–0.5 mg/L]	Actividad enzimática de AChE y pseudocolinesterasa.	La actividad AChE no presentó una disminución por la exposición a clorpirifos.	Rendón-von Osten et al., 2005a
<i>Gambusia yucatanana</i> [Clorpirifos; 0.006–0.1 mg/L]	Actividad enzimática de AChE y pseudocolinesterasa.	- CL₅₀ de clorpirifos: 0.085 mg/L. - Disminución significativa de AChE en músculo y cabeza por exposición a clorpirifos ≥0.05 mg/L durante 96 h.	Rendón-von Osten et al., 2005b
Ratas Wistar [Clorpirifos; 2.5–25.0 mg/kg]	Niveles de nitritos, superóxido dismutasa y malondialdehído.	- En la aorta, la actividad de la enzima superóxido dismutasa incrementó para todas las dosis evaluadas de clorpirifos. - En el hígado, la actividad de la enzima superóxido dismutasa incrementó solo para clorpirifos a 25 mg/kg. - En plasma, la actividad de la superóxido dismutasa incrementó en todas las dosis evaluadas de clorpirifos.	Álvarez et al., 2008

Modelo, organismo o matriz biológica [concentración evaluada de clorpirifos y/o metabolitos]	Marcador evaluado	Hallazgos	Referencia
<i>Ambystoma mexicanum</i> [Clorpirifos; 0.75–3.0 mg/L]	Porcentaje de mortalidad, anormalidades morfológicas, en el comportamiento y actividad.	- Retraso del desarrollo. - Presencia de anormalidades morfológicas en el canal notocordal y neural de los embriones.	Robles-Mendoza et al., 2009
<i>Ambystoma mexicanum</i> [Clorpirifos; 0-0.1 mg/L]	Actividad AChE y actividad motora.	- Reducción de la actividad de AChE. - Alteración en el tiempo de actividad de los ajolotes. - Reducción mayor al 90% de la frecuencia de ataque a presas.	Robles-Mendoza et al., 2011
<i>Crassostrea corteziensis</i> [Clorpirifos; 20–160 µg/L]	Actividad AChE y frecuencia de micronúcleos.	- Disminución de la actividad AChE entre un 60-82% por exposición a clorpirifos. - No se observó incremento en la frecuencia de micronúcleos.	Benítez-Trinidad et al., 2014
<i>Chirostoma jordani</i> [Clorpirifos; 13.95-25.22 ng/L]	Actividad enzimática de CYP450, CYP2B6, CYP2C19, CYP3A4, AChE y oxonasas.	- Reducción en la detoxificación por bioactivación de clorpirifos. - Incremento en la neurotoxicidad.	Dzul-Caamal et al., 2014
<i>Aedes aegypti</i> [Clorpirifos; 0.003-6 µg/botella]	Actividad de α esterasas, β esterasas, oxidasas de función mixta y glutatión S-transferasas.	- Tres cepas presentaron una alta resistencia a clorpirifos. - Una cepa fue moderadamente resistente a clorpirifos. - Dos cepas fueron susceptibles a clorpirifos. - Correlación positiva entre la actividad α/β-esterasa y la resistencia a clorpirifos.	López et al., 2014
<i>Rhipicephalus microplus</i> [Clorpirifos; 0.003-0.8%]	Tasa de resistencia.	- Tasa de resistencia: 1.55 - CL₅₀ para clorpirifos de 0.026%.	Rodríguez-Vivas et al., 2014
<i>Cambarellus montezumae</i> [Clorpirifos; 0.04-90 µg/L]	Ensayo cometa, concentración proteica y peroxidación de lípidos.	- Incremento en la genotoxicidad en cerebro por una exposición a clorpirifos de 90 µg/L durante 72 h. - Incremento en la peroxidación lipídica.	Díaz-Barriga et al., 2015

Modelo, organismo o matriz biológica [concentración evaluada de clorpirifos y/o metabolitos]	Marcador evaluado	Hallazgos	Referencia
<i>Danio rerio</i> [Clorpirifos; 200 y 400 µg/L]	Actividad enzimática de AChE, catalasa, superóxido dismutasa y glutatión. Desarrollo embrionario.	- Incremento en los niveles de estrés oxidativo. - Alteraciones en las regiones terminales apicales de los embriones de pez cebra.	Rodríguez-Fuentes et al., 2015
<i>Culex quinquefasciatus</i> [Clorpirifos; 0.001 µg/mL]	Niveles de aminoácidos (12), acilcarnitinas (31).	Alteración en las concentraciones de aminoácidos y acilcarnitinas por la exposición a clorpirifos.	Martin-Park et al., 2017
<i>Aedes aegypti</i> [Clorpirifos; 13.624%]	Determinación de la abundancia.	Disminución de la tasa de infección en el grupo de tratamiento después de la exposición a clorpirifos por 4 ciclos semanales.	Correa-Morales et al., 2019
<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama [Clorpirifos; 0.40-33.33 ng/insecto]	Nivel de mortalidad.	Susceptibilidad en las poblaciones de Tecmán por exposición a clorpirifos, DL₅₀ de 0.73 ng/insecto.	García-Méndez et al., 2019
<i>Litopenaeus vannamei</i> [Clorpirifos; 0.00056–0.002 mg/L]	Concentración de proteína total, glicógeno y triglicéridos.	Alteraciones en los niveles de triglicéridos, glicógeno y proteína por exposición a clorpirifos.	Osuna-Flores et al., 2019
<i>Opuntia ficus-indica</i> [Clorpirifos etil; 0.540, 0.730 mg/kg]	Tiempo de disipación.	- Tiempo de disipación: 10 días - Tiempo de vida media: 6 días. - Concentración final de clorpirifos menor al límite máximo de residuos (0.01 mg/kg).	Ramírez-Bustos et al., 2019
<i>Aedes aegypti</i> y <i>Aedes albopictus</i> [Clorpirifos; 60 µg/botella]	Nivel de esterasas, monooxigenasas, glutatión transferasa. Nivel de susceptibilidad.	- Resistencia de <i>Ae. aegypti</i> por exposición a clorpirifos. - La actividad AChE no disminuyó en ninguna de las especies.	López-Solís et al., 2020
<i>Aedes albopictus</i> [Clorpirifos; 85 µg/botella]	Porcentaje de mortalidad.	Mortalidad del 100% de los mosquitos después de una exposición de 24 h.	Contreras-Perera et al., 2021
<i>Aedes taeniorhynchus</i> [Clorpirifos; 85 µg/mL]	Porcentaje de mortalidad.	Mortalidad del 100% de los mosquitos después de una exposición de 30 minutos.	Navarrete-Carballo et al., 2022

Modelo, organismo o matriz biológica [concentración evaluada de clorpirifos y/o metabolitos]	Marcador evaluado	Hallazgos	Referencia
Ratones [Clorpirifos; 5 mg/kg/día]	Ciclicidad estral. Concentración, morfología, motilidad y viabilidad espermática.	- Alteración en el ciclo estral en las hembras de la generación F1. - Disminución en el peso relativo de los testículos e hígado, en la motilidad y viabilidad espermática de los machos de la generación F1.	Rojas-Prado et al., 2022
<i>Proales similis</i> [Clorpirifos; 0.1–10 µg/L]	Tasa de crecimiento.	Disminución significativa en la tasa crecimiento de <i>P. similis</i> de la generación F0 a F6.	Arreguin-Rebolledo et al., 2023
Estudios en humanos			
Pareja madre-niño [TCPy en orina; MG: 1.76 µg/L]	Determinaciones psicométricas y evaluación del comportamiento.	El trastorno por déficit de atención e hiperactividad en los niños no se asoció con las concentraciones maternas de TCPy.	Fortenberry et al., 2014
Agricultores [TCPy en orina; MG: 3.56 µg/g de creatinina]	Niveles internos de TCPy como metabolito de clorpirifos.	No se encontró asociación entre el tiempo de trabajo en la industria agrícola y la concentración de TCPy.	López-Gálvez et al., 2018
Familias dedicadas a la agricultura [Clorpirifos; NA]	Índice de la exposición a plaguicidas.	- Agricultores que reportaron utilizar clorpirifos: 47% - Población no expuesta ocupacionalmente que reportó almacenar clorpirifos en su casa: 17%.	Pérez-Herrera et al., 2018
Habitantes de comunidades cercanas a los campos agrícolas [Clorpirifos; NA]	Patrón del uso de plaguicidas.	- Cultivos con aplicación de clorpirifos etil: alfalfa, calabaza, garbanzo, sandía, sorgo y trigo. - Aplicación de clorpirifos en el 44.35% del área, con una dosis de 0.9 L/hectárea.	Silveira-Gramont et al., 2018
Trabajadores expuestos a diferentes grados de plaguicidas [Clorpirifos; NA]	Patrón del uso de plaguicidas.	Clorpirifos fue uno de los principales plaguicidas utilizados dentro del grupo de los organofosforados.	Herrera-Moreno et al., 2021
Trabajadores [Clorpirifos; NA]	Patrón del uso de plaguicidas.	Clorpirifos fue uno de los plaguicidas recomendados en el uso agrícola de la zona.	Ramírez-Marfil et al., 2021
Pareja madre-adolescente [TCPy en orina; MG: 1.7 ng/mL]	Duración del sueño, punto medio del sueño y fragmentación del sueño.	Se encontró una asociación positiva entre la duración del sueño la concentración de TCPy en la madre.	Zamora et al., 2022

Modelo, organismo o matriz biológica [concentración evaluada de clorpirifos y/o metabolitos]	Marcador evaluado	Hallazgos	Referencia
Estudios ambientales			
Lagunas y sedimentos [Clorpirifos; 0.1–50 ng/g]	Distribución y análisis de los residuos de plaguicidas.	- Se encontró una distribución generalizada para clorpirifos. - Las muestras provenientes del drenaje de la zona agrícola de la descarga de los ríos presentaron las mayores concentraciones de clorpirifos.	Carvalho et al., 2002
Leche comercial pasteurizada [Clorpirifos; 0.0133 ppm]	Análisis de residuos de plaguicidas.	Una muestra superó el límite máximo de residuos para clorpirifos.	Salas et al., 2003
Agua de escorrentía en plantación de papaya [Clorpirifos; 0.8 µg/L]	Análisis de residuos de plaguicidas.	Se obtuvo una baja concentración de clorpirifos en el agua de escorrentía.	Hernández-Hernández et al., 2007
Granos [Clorpirifos; 1.0–7.9 ng/g]	Efecto mutagénico y análisis de residuos de plaguicidas.	- Las muestras de maíz presentaron una alta concentración de clorpirifos. - No se evidenció potencial mutagénico en las muestras analizadas.	Aldana-Madrid et al., 2008a
Nopal [Clorpirifos; 0.002 ± 0.0002 mg/kg]	Análisis de residuos de plaguicidas.	- No se evidenciaron residuos de clorpirifos en las muestras de nopal. - Las hortalizas presentaron residuos de clorpirifos.	Aldana-Madrid et al., 2008b
Laguna y ríos [Clorpirifos; 10–72 pg/L]	Análisis de residuos de plaguicidas.	- La muestra cercana a los campos agrícolas presentó los niveles más altos de clorpirifos. - Se evidenció una degradación lenta de clorpirifos al disolverse y transportarse a través de la descarga del río a la laguna.	Carvalho et al., 2009
Maíz [Clorpirifos; NA]	Análisis de residuos de plaguicidas.	Se encontró a clorpirifos como uno de los plaguicidas utilizados para el control de plagas en los cultivos de maíz.	Blanco et al., 2014
Desagües y ríos [Clorpirifos; 0.29–4.86 µg/L]	Análisis de residuos de plaguicidas.	La muestra del río Fuerte del Golfo de California presentó la mayor concentración de clorpirifos.	Arellano-Aguilar et al., 2017
Panales de miel y cera [Clorpirifos; 0.001–0.124 mg/kg]	Análisis de residuos de plaguicidas.	Se encontró a clorpirifos en el 21% de las muestras evaluadas.	Valdovinos-Flores et al., 2017
Sedimentos superficiales [Clorpirifos; 201.4 ± 20.7 pg/g]	Análisis de residuos de plaguicidas.	Clorpirifos fue evidenciado en el 100% de las muestras analizadas en una baja concentración.	Ponce-Vélez y de la Lanza-Espino, 2019

Modelo, organismo o matriz biológica [concentración evaluada de clorpirifos y/o metabolitos]	Marcador evaluado	Hallazgos	Referencia
Agua y sedimentos [Clorpirifos; agua: 0.93-2.66 µg/L] [Clorpirifos; sedimentos: 151-218 µg/kg]	Variación especial y temporal de plaguicidas.	- En las muestras de agua, la zanja de Buenaventura presentó la mayor concentración de clorpirifos. - En las muestras de sedimentos, la zanja de Burrión presentó la mayor concentración de clorpirifos. - Se evidenció que las concentraciones de clorpirifos se encontraron por encima de los criterios de calidad del agua y sedimentos.	Ávila-Díaz et al., 2021
Frutas y vegetales [Clorpirifos; 0.036–0.09 ppm]	Evaluación del riesgo por exposición a plaguicidas.	- Se encontró la mayor concentración de clorpirifos en las muestras de chile. - Los niveles de clorpirifos superaron la dosis de referencia oral.	Díaz-Vallejo et al., 2021
Acuífero kárstico [Clorpirifos; 0.02–0.13 µg/L]	Análisis de residuos de plaguicidas.	Se evidenció una difusión del 14.6% para clorpirifos.	Perera-Rios et al., 2022
TCPy: 3,5,6-tricloro-2-piridinol; MG: media geométrica; CL₅₀: concentración letal media; DL₅₀: dosis letal media; ARNm: ARN mensajero; GSTA1: alfa-glutatión S-transferasa 1; GST: glutatión S-transferasa; CYP: citocromo; AChE: acetilcolinesterasa; PON1: paraoxonasa 1; NA: no aplica. Fuente: Ruiz-Aria M. A & et al. The situation of Chlorpyrifos in Mexico: a case study in environmental samples and aquatic organisms. En evaluación.			

El clorpirifos y clorpirifos metilo tienen una alta toxicidad en abejas (mayor a 2 microgramos por abeja) de acuerdo con la EPA de Estados Unidos e incluido en la lista de base de datos FOOTPRINT, y es una de las razones por las que está incluido en la lista de plaguicidas altamente peligrosos de PAN Internacional (PAN, 2021). Otras investigaciones también han hecho una revisión sobre la toxicidad de clorpirifos y lo clasifican como altamente tóxico para abejas con una Toxicidad Residual Extendida (TRE) de 4 a 6 días en concentraciones emulsificadas, y una Toxicidad Residual (TR) mayor a 2 horas (Martin-Culma y Arenas-Suárez, 2018). En comunidades de la Península de Yucatán el clorpirifos ha sido reportado como uno de los causantes de una gran mortandad en abejas según monitoreo de la Alianza Maya por las Abejas de la Península de Yucatán Kabnalo'on realizado de 2018 a 2022 (ver cuadro 2).

Cuadro 2. Uso de clorpirifos y mortandad de abejas en la Península de Yucatán

Irma Gómez González

Asesora de la Alianza Maya por las Abejas de la Península de Yucatán Kabnalo'on

2018

- En Candelaria y 3 comunidades más del municipio de José María Morelos, Q.R. se registró la pérdida de 364 colonias de abejas (*Apis mellifera*) en un área cercana a un cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense*). Investigadores de la Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo (UIMQROO) realizaron entrevistas a los apicultores y al productor de chile, recorrieron el área de cultivo y los apiarios afectados, observaron los signos en las abejas sobrevivientes, tomaron muestras de abejas muertas, miel y cera, realizaron análisis de estas muestras y mapearon el área afectada. Como resultado de los análisis de laboratorio encontraron la presencia de diversos plaguicidas, entre ellos, Clorpirifos. También encontraron Bifenzate, Epoxiconazote y Fipronil.

Fines 2021-principios 2022

- Candelaria, José María Morelos, Q.R. Apicultores de la comunidad reportaron una mortandad masiva de abejas en 21 apiarios y 434 colmenas en un radio mayor a 5 km alrededor de un cultivo de chile (2 has). Investigadores de la UIMQROO realizaron entrevistas al productor de chile, a apicultores afectados, recorrieron apiarios y colectaron muestras de abejas muertas. Todavía no se tienen los resultados de los análisis de laboratorio, sin embargo, fue posible identificar la aplicación de Clorpirifos en el cultivo de chile (esto fue declarado por el agricultor dueño del cultivo), además de Fenvalerato, Diflubenzuron y Lambda Cyalotrina. El productor dijo aplicar Clorpirifos con frecuencia (cada 8-15 días). Las y los apicultores afectados interpusieron una denuncia ciudadana por la muerte masiva de abejas ante diversas instancias (Ministerio Público de la Fiscalía General del estado de Quintana Roo) y Senasica (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). Actualmente está en curso la investigación.





Foto: Abejas muertas en apiarios de Candelaria, José Ma. Morelos, Q.R.

2022

- Para el control del gusano cogollero (la plaga más común del maíz), tanto en milpa como en mecanizado, los agricultores entrevistados en comunidades de los 3 estados de la Península de Yucatán (Hopelchén, Camp., Oriente de Yucatán, Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos en Q.R.) reportan el uso de Clorpirifos (además de Thiametoxam, Lambda-Cyhalothrin y Novadurón). Estos plaguicidas se usan también contra el gusano barrenador, que aparece en los cultivos de calabaza.
- Clorpirifos también se reporta para el control de plagas en el cultivo de chile.
- Se reporta su uso para el control de gusanos (cogollero, principalmente), hormiga arriera y pulgón en el cultivo de maíz en José María Morelos, Q.R. Se utilizan dosis por arriba de las recomendadas. Los productores reingresan al campo de cultivo un día después de hacer las aplicaciones, a pesar de que en la etiqueta se recomienda esperar hasta 21 días.
- Se utilizan las marcas Lorsban, Foley, Epa 90, Disparo, Novapro.
- También se reporta el uso de la marca Foley rey, que contiene Clorpirifos etil y permetrina.
- Los resultados preliminares¹ de análisis realizados por el CIATEJ-Subsede Noreste en 5 productos agrícolas (chile, papaya, sandía, tomate y maíz) cosechados en Hopelchén, Campeche en septiembre del 2022, muestran la presencia de 32 residuos de plaguicidas de diferentes familias. Entre éstos, se encuentra Clorpirifos.

Como es uno de los plaguicidas altamente tóxicos para abejas, y de los que más se usan en la península de Yucatán, la Alianza pide que se reduzca y elimine el uso de clorpirifos.

¹ Gaspar, Octavio, 2022. Principales resultados del análisis realizado a 25 muestras de productos obtenidos en Hopelchén, Campeche. No publicado. (Reporte en preparación).

4. La regulación de clorpirifos en México

4.1 Marco regulatorio de los plaguicidas

En este apartado nos enfocaremos en las características por las que se autoriza un plaguicida por las autoridades federales, en los requisitos adicionales requeridos cuando se usan para control de vectores, y en la regulación de los residuos de plaguicidas en alimentos.

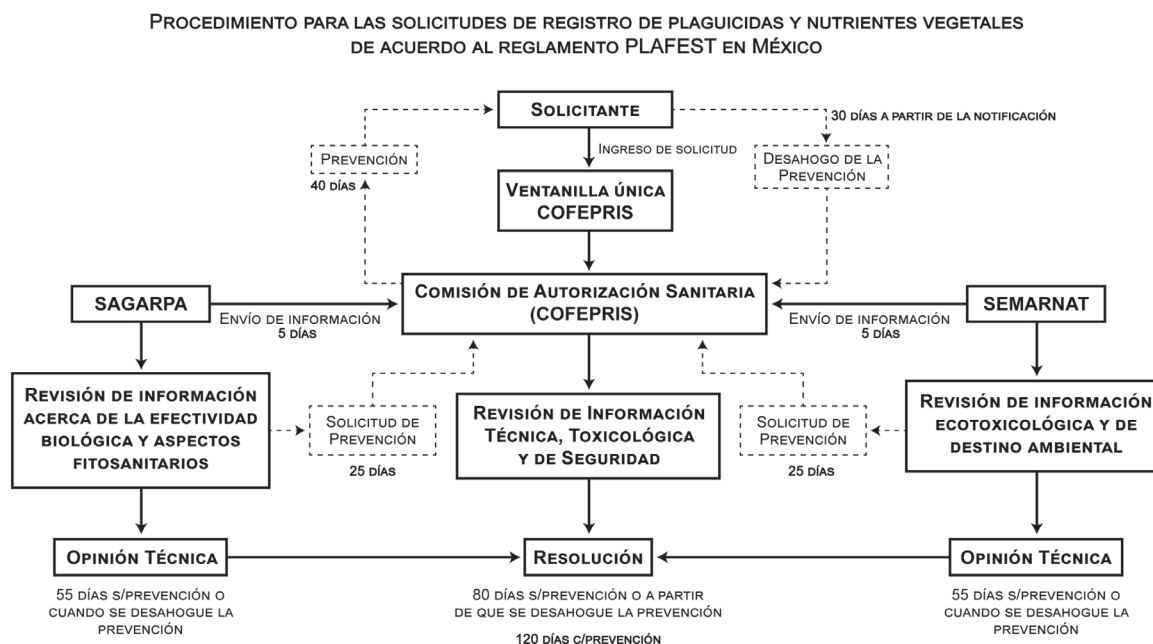
El marco regulatorio de los plaguicidas heredado de los gobiernos neoliberales anteriores se caracteriza por su dispersión y fragmentación entre distintos organismos reguladores, con diferentes disposiciones en un conjunto de leyes generales, con sus reglamentos correspondientes, y Normas Oficiales Mexicanas (Albert, 2019). La fuente de mayor jerarquía de las leyes mexicanas que regulan la gestión de plaguicidas es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, le siguen los tratados internacionales, y en orden descendente las leyes generales y federales, sus reglamentos, y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que son regulaciones técnicas de cumplimiento obligatorio. Las leyes generales o federales más importantes en la gestión de los plaguicidas en nuestro país son la Ley General de Salud, de 1984, que se enfoca en los aspectos sanitarios; la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), de 1988 con el objetivo de prevenir la contaminación del suelo y agua; y la Ley Federal de Sanidad Vegetal, de 1994, enfocada en el uso agrícola; además de otras disposiciones federales que intervienen en el tema de los residuos, como la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR, 2021), o la Ley de Trabajo que le faculta a la Secretaría de Trabajo atender la situación de la seguridad en el lugar del trabajo.

La política neoliberal impulsada en México desde fines del sexenio del presidente Miguel de la Madrid, fue modificando el marco regulatorio nacional de los plaguicidas. Inició al entrar nuestro país al Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT) en 1986, se fortaleció con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1992, y continuó en los subsecuentes sexenios con los nuevos tratados de libre comercio establecidos con otros países. En octubre de 1987 se creó la Comisión Intersecretarial para el Control de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (Cicoplafest), formada por las secretarías de comercio, agricultura y del medio ambiente (Diario Oficial de la Federación, 1 octubre 1987), a la que en años posteriores se añadió la Secretaría del Trabajo. Una de las tareas principales iniciales de la Cicoplafest fue simplificar administrativamente y en forma coordinada las actividades de cada Secretaría, para establecer procedimientos uniformes e integrales al otorgar licencias, permisos y registros, que incluyeron a los plaguicidas (Bejarano, 2017). El procedimiento de registro de plaguicidas y solicitudes de importación cambió desde 1996, para realizarse a través de una “ventanilla única” con lo que se simplificaron los trámites con el apoyo de la Unidad de Desregulación de la entonces Secretaría de Comercio y Fomento y Fomento Industrial (SECOFI), se redujo el tiempo de los trámites para la licencia sanitaria en un 60% y se agilizaron las importaciones. Se armonizaron los registros de plaguicidas con

los Estados Unidos y Canadá a partir del TLCAN y se sistematizaron las pruebas de registro con el ingreso de México a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) (Olaíz y Barragán, 2001). La ventanilla única se encontraba en la Dirección de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud que luego pasó a estar a cargo de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris).

El registro de plaguicidas

Los plaguicidas en México sólo pueden fabricarse, venderse, distribuirse o importarse si cuentan con una autorización sanitaria, llamada técnicamente registro sanitario. Este lo otorga la Secretaría de Salud a través de la Cofepris, que es un organismo público descentralizado de la Secretaría de Salud con autonomía técnica, administrativa y operativa, creado durante el sexenio del presidente Vicente Fox en 2001. Cofepris debe realizar un análisis, evaluación y dictamen acerca de la información presentada en las solicitudes por un particular. Los requisitos y procedimientos de registro se establecen en el Reglamento para el registro de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas, abreviado como R-Plafest, que fue emitido por la Secretaría de Salud en 2004 y reformado en 2014 (Bejarano, 2017:67-73). Según este reglamento en el proceso de revisión de las solicitudes de registro la Cofepris debe considerar la opinión técnica de las evaluaciones ambientales de Semarnat y, cuando se trate de plaguicidas de uso agrícola y pecuario, también las evaluaciones de efectividad biológica de las autoridades agrícolas de Sader (ver figura 2).



Fuente: SEMARNAT, 2012: 11

El reglamento Plafest requiere que la empresa de plaguicidas que solicita un registro, entregue a la Cofepris información y documentación específica, atendiendo al tipo de plaguicida, tipo de plaga y cultivo donde se debe aplicar. Esto incluye la identidad y composición del plaguicida químico, la información toxicológica, estudios ecotoxicológicos y de destino ambiental. Estudios que deben ser realizados conforme a las “Buenas Prácticas de Laboratorio” (GLP por su sigla en inglés), o a un sistema de calidad acreditado de acuerdo a guías científicas reconocidas internacionalmente, como las elaboradas por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), la FAO y la OMS o métodos de la EPA de Estados Unidos (Secretaría de Salud R-PLAFEST, 2014). El reglamento Plafest da facilidades de registro cuando se solicita a través de un programa de evaluación conjunta, que se realiza de manera simultánea ante Cofepris y la autoridad competente de otro país con el que se tenga acuerdos comerciales (Secretaría de Salud, R-PLAFEST, 2014:art9-fr.V)

La información proporcionada por las empresas en la solicitud de registro está protegida por el secreto industrial, es confidencial, no puede ser conocida por el público y no puede ser consultada o verificada por una evaluación científica independiente. Además, los plazos para recibir respuesta por parte de las autoridades son acotados y con recursos humanos insuficientes para revisar los expedientes y elaborar los dictámenes técnicos; por ejemplo, se sabe que la Semarnat tenía solo una persona responsable de revisar los expedientes de registro, adscrita al Departamento de materiales y dictámenes de la Cicoplafest, dentro de la Subdirección de la evaluación de la peligrosidad y residuos biológico infecciosos, parte de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (Dggimar) (Bejarano, 2017:73). Esta situación de falta de recursos humanos es muy probable que continúe en el gobierno actual, dadas las restricciones del gasto público y reestructuración interna, aunque no tenemos la evidencia empírica para comprobarlo hasta este momento.

Otro incentivo de los gobiernos neoliberales al mercado de plaguicidas fue otorgar permisos con una vigencia indeterminada, sin fecha límite, situación que cambió hasta el 2005, año a partir del cual las empresas pueden pagar una cuota para renovar el registro cada cinco años. Se renueva el registro pero sin que Cofepris exija a las empresas entregar información toxicológica o ecotoxicológica adicional/actualizada, con lo que se pierde la oportunidad de incorporar nueva evidencia científica que permita negar el registro de moléculas con una peligrosidad o riesgo inaceptable. La gran mayoría de los registros de plaguicidas autorizados por la Cofepris tienen una vigencia indeterminada, alcanzando el (80.7%) en todos los usos (4,459 registros de un total de 5,524), según el Catálogo de Plaguicidas de 2016 (Bejarano, 2017:72-73). Situación que afecta también al registro del clorpirifos como veremos páginas más adelante.

Ante esta política de simplificación administrativa para agilizar el registro de los plaguicidas, de la protección de la información industrial proporcionada a las autoridades, de los vacíos legales para aplicar el principio precautorio para negar o revocar el registro con base en la actualización toxicológica cuando se considere que la peligrosidad es inaceptable, del alto número de registros con vigencia indeterminada, y de los recursos humanos limitados para la evaluación de cada solicitud, no es de

extrañar que en México se hayan autorizado 183 plaguicidas altamente peligrosos en el país, y 140 plaguicidas prohibidos o no autorizados en otros países, según el diagnóstico realizado en 2016 (Bejarano, 2017: Anexo 1 y 2, pp 335-348).

En el caso del clorpirifos, expertos reconocidos en el desarrollo neurológico infantil, de Suecia, Dinamarca y de Harvard, encontraron sesgos graves de interpretación de los resultados toxicológicos realizados en animales, reportados por los laboratorios escogidos por la industria de plaguicidas durante el proceso de reevaluación de los permisos autorizados en Europa, aunque estaban acreditados por seguir los requerimientos de buenas prácticas de laboratorio. Haciendo uso de la legislación europea sobre acceso a la información los expertos pudieron analizar los datos de los estudios sobre neurotoxicidad en el desarrollo infantil, aunque estaban protegidos por el secreto confidencial industrial. En un artículo científico que reporta estos sesgos los expertos recomendaron realizar distintos cambios en el procedimiento de reevaluación toxicológica: que sean las autoridades reguladoras las que elijan los laboratorios y no la industria para evitar conflictos de interés; y que se permita el acceso completo a la información toxicológica por parte de científicos independientes, aunque la industria pague por estos estudios (Mie, Rudén, Grandjean, 2018). Estos cambios sugeridos en los procedimientos de registro en Europa y Estados Unidos bien podrían aplicarse a todos los plaguicidas y son relevantes para el caso de México si se desea transformar el régimen regulatorio neoliberal y brindar mayor transparencia y protección a la salud y el ambiente, sobre todo cuando está en juego la salud infantil.

Autorización de plaguicidas para uso en salud pública

Los plaguicidas autorizados para el control de mosquitos vectores de enfermedades, como el paludismo o el dengue, además de tener un registro sanitario vigente para uso exclusivo en salud pública otorgado por Cofepris, deben contar con la aprobación del Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (Cenaprece), de la Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, de la Secretaría de Salud. El Cenaprece tiene entre sus atribuciones, el establecer las especificaciones técnicas del equipo y productos que se utilizan en los programas a su cargo, así como elaborar y proponer normas oficiales mexicanas en dicha materia y vigilar su cumplimiento. Las acciones para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de enfermedades transmitidas por vectores están reguladas actualmente por la NOM-032-SSA2-2014, que es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para el personal de los servicios de salud de los sectores público, social y privado, que conforman el Sistema Nacional de Salud. En México, las enfermedades transmitidas por vectores de mayor importancia son el Dengue, Zika y Chikungunya. Los virus que ocasionan estas enfermedades son transmitidos por la picadura de mosquitos hembras de las especies *Ae. aegypti* y *Ae. Albopictus*.

En cumplimiento de la NOM-032-SSA2-2014 Cenaprece debe elaborar, revisar y publicar anualmente una lista de productos recomendados para el combate de

insectos vectores de enfermedades, con base en “la evaluación de por lo menos dos instituciones de educación superior e investigación que hayan probado su eficacia y seguridad en campo”, en pruebas estandarizadas con protocolos recomendados por la OMS (numeral 4.1.29 y 4.1.44). La eficacia de los insecticidas se refiere a la efectividad biológica, es decir que genere una respuesta tóxica en la población del insecto vector que se desea controlar para prevenir que el insecticida elegido no haya generado resistencia en la población de los mosquitos, es decir que no haya generado mecanismos que permitan que ciertos individuos sobrevivan a las dosis empleadas; ésta ha sido la preocupación principal, no generar resistencia en la revisión anual de la lista de productos recomendados. Según la NOM-032-SSA2-2014 por insecticidas se entiende no solo a los plaguicidas de origen químico, sino también bioquímico, microbiano, botánico o misceláneo, que eliminan a los insectos vectores o evitan el contacto con el humano, que están dirigidos a cualquiera de los estadios de desarrollo (huevo, larva, pupa o imago) del vector (numeral 4.1.37), aunque han predominado los insecticidas de síntesis química, especialmente para el control de mosquitos adultos en la lista de productos recomendados. En cuanto a las pruebas de seguridad si las entendemos para asegurar que no representen un riesgo a la salud o ambiente, los ingredientes activos y dosis recomendadas se basan en las recomendaciones de la OMS. La OMS cuenta con un Plan de Evaluación de Plaguicidas (WHOPES, por sus siglas en inglés), establecido desde 1960 en el programa de control de la malaria o paludismo, para buscar alternativas al DDT, que funciona con la participación de representantes de gobiernos, de empresas productoras de plaguicidas y equipo, otros programas de Naciones Unidas, dando prioridad a la eficacia biológica y acción residual de los insecticidas, y que ha evaluado algunos insecticidas organofosforados y piretroides, del que hablaremos más en el capítulo de alternativas.

En la lista publicada de productos aprobados por Cenaprece se indica que para que las entidades federativas tengan un elemento más para decidir la adquisición de productos insecticidas mediante recursos asignados, ya sea propios o mediante el Fondo de Aportaciones para los Servicios de Salud (FASSA), se encuentran disponibles los estudios de eficacia biológica de los insecticidas utilizados para el combate de insectos vectores realizados por las Unidades de Investigación Entomológica y Bioensayos de las entidades federativas en la página del Cenaprece.

Cenaprece también ha elaborado 4 guías metodológicas diferenciadas: una para las acciones de control de los mosquitos en estado larvario, dos cuando son adultos aplicando nebulizaciones para aplicar insecticidas a volumen ultra bajo con equipo pesado montados en vehículos o motomochilas y nebulizaciones térmicas con equipo portátil, y una guía para el rociado de insecticidas de acción residual con motomochila dentro de las viviendas (CENAPRECE, 2018a; 2018b; 2018c; 2022). Además, se cuenta con una guía metodológica para la vigilancia entomoviológica cuya información debe integrarse a un sistema integral de monitoreo de vectores. Cenaprece cuenta con un Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de las Enfermedades Transmitidas por Vector (ETV) donde se indica que es a nivel jurisdiccional al que le corresponde verificar y dar seguimiento a la investigación de brotes, que es una clasificación usada en epidemiología para designar

la aparición repentina de una enfermedad en una localidad específica (Secretaría de Salud, 2021). Dicho manual especifica los criterios para definir el nivel de riesgo. Las áreas por trabajar para el personal operativo se definen en función de los mapas de riesgo emitidos por el Sistema Integral y Monitoreo de Vectores (SIMV), un sistema de información geográfica que se estableció desde 2018 para el monitoreo de mosquitos *Ae. aegypti*, el cual provee datos cuantitativos de la distribución y abundancia de los mosquitos presentes en las regiones de alta incidencia para dengue, y posteriormente chikungunya y zika (González et al., 2020).

Según la guía metodológica se deberían aplicar el control químico y las nebulizaciones cuando haya brotes activos de alguna enfermedad como el dengue, y con base en el análisis de riesgo avalado por los estados (CENAPRECE, 2018c, 2018d), pero ha habido diversas denuncias ciudadanas que indican que esto no está sucediendo en estados como Guanajuato y Nayarit, y es probable que la falta de supervisión esté más generalizada. La Red Temática de Toxicología de Plaguicidas – Proyecto Conacyt, junto con docentes y estudiantes de la Universidad Autónoma de Nayarit, se pronunciaron en contra de la nebulización de espacios educativos y públicos en el país, y por el uso de clorpirifos, malatión y bendiocarb en 2018 (Red Temática de Toxicología de Plaguicidas, 2018). En Guanajuato, hay denuncias y numerosas cartas enviadas a distintas instancias gubernamentales desde 2010, indicando que las nebulizaciones intradomiciliarias contravienen los lineamientos de aplicación: las familias tienen una exposición directa en sus personas, camas, cunas, alimentos, ropa, animales de compañía; han denunciado la sobredosis de larvicidas en tinacos, aljibes y recipientes cerrados, la afectación de insectos, y muertes y malformaciones en camadas de animales domésticos, y han planteado la sospecha de ser causa entre otras, de efectos crónicos dañinos a la salud de la población, por las que se demanda el no uso de plaguicidas químicos y el apoyo a otras alternativas como repelentes, control biológico, actividades de descacharrización y prevención (Caldera, 2020). La NOM-032-SSA2-2014 pone el énfasis en la necesidad de un Manejo Integral de Vectores, del que hablaremos con mayor detalle en el capítulo dedicado a las alternativas.

Según la NOM-032-SSA2-2014 el Cenaprece puede revisar la lista de insecticidas recomendados para el combate de insectos vectores de enfermedades en caso de que Cofepris revoque el registro sanitario a alguno de los productos ya incluidos en la lista, y según el numeral 6.5.3 “o en caso de que la OMS o la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) emitan una nueva recomendación, que cuente con sustento científico publicado, para suspender, por razones de eficacia, rendimiento o seguridad para las personas o el ambiente, el uso de un producto que se encuentre incluido en la Lista de Productos Recomendados”, con lo que Cenaprece deberá notificar al titular del registro para que se pronuncie en un plazo de 15 días y previa opinión de Cofepris, resuelva sobre la exclusión o no del producto de la Lista de Productos Recomendados (NOM-032-SSA2-2014, numeral 6.5.2 y 6.5.3). Como veremos en detalle en el capítulo 5, el clorpirifos ha sido prohibido por la US-EPA para uso residencial por considerarlo no seguro y ha sido nominado por el Convenio de Estocolmo por su toxicidad, persistencia, bioacumulación y transporte a grandes distancias, lo que obligará a revisar las evaluaciones y recomendaciones de la OMS.

El clorpirifos se encuentra en la lista elaborada por Cenaprece para el control de mosquitos adultos en tratamientos espaciales con nebulizaciones de ultra bajo volumen desde el 2012. En este año se indicaba que tenía un uso aprobado en tratamientos espaciales, en nebulizaciones exteriores donde se demuestre resistencia a piretroides, esta condicionante ya no se incluyó en las listas publicadas posteriores a 2014. En la Guía para la Determinación de la Susceptibilidad/Resistencia y Eficacia Biológica a Insecticidas de 2020 se afirma que las nebulizaciones “por su rapidez de aplicación y amplia cobertura en las áreas de riesgo urbano es la estrategia adulticida más importante en áreas epidémicas con brotes activos”, y se recomienda que los insecticidas usados se vayan rotando para mantener su efectividad y manejar la resistencia (CENAPRECE, 2022). Otros insecticidas aprobados en la lista de productos recomendados por Cenaprece para nebulizaciones en tratamientos espaciales de Ultra Bajo Volumen en exteriores son también motivo de preocupación al estar incluidos en la lista de plaguicidas altamente peligrosos elaborada por PAN internacional, debido a su alta toxicidad en abejas como son: bendiocarb, pirimifos metil, bifentrina, deltametrina, imidacloprid, malatión; además de otros problemas de salud de la deltametrina y bifentrina clasificados como carcinógenos categoría 2 y tóxicos para la reproducción categoría 2 según Sistema Global Armonizado del Etiquetado, aplicado por la Unión Europea ó Japón (CENAPRECE, 2022; PAN, 2021). La revisión de la lista de productos recomendados por el Cenaprece y retirar a los plaguicidas altamente peligrosos, fue una de las propuestas planteadas por académicos y organizaciones de la sociedad civil en la reunión de discusión para desarrollar una estrategia integral para la gestión responsable de plaguicidas en México, convocada por Semarnat en 2019 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2019).

Límites Máximos de Residuos de plaguicidas en alimentos

Establecer los Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas es una tarea regulatoria esencial para favorecer el intercambio comercial mundial impulsado por la política neoliberal y supone que garantizan la inocuidad alimentaria, que protegen la salud de los consumidores, cuando los plaguicidas se usan de acuerdo a lo que indican las etiquetas, en las llamadas Buenas Prácticas Agrícolas. Cuando un plaguicida recibe autorización para uso agrícola por Cofepris se incluye el LMR para cada cultivo autorizado. Los criterios para establecer los LMR, los lineamientos técnicos y el procedimiento de autorización y revisión se encuentran regulados por la NOM-082-SAG-FITO/SSA1-2017, y la vigilancia de su cumplimiento corresponde a la Secretaría de Salud a través de la Cofepris, y a la Sader a través de Senasica.

Según esta norma el LMR es “la concentración máxima de residuos de plaguicidas permitida en o sobre los productos destinados a consumo humano o animal”, y se expresa en miligramos del residuo de plaguicida permitido por kilogramo del producto (mg/kg) o partes por millón (ppm); entendiendo que el permiso es específico para el residuo de un ingrediente activo, en un cultivo autorizado. El LMR se basa en un análisis de riesgo dietario que se especifica en el Anexo A de la citada norma. Según

el cual, la evaluación de la exposición a los residuos de plaguicidas, está basada en dos cálculos: el cálculo de la Ingesta Diaria Admisible (IDA) y el de la Ingesta Diaria Máxima Total (IDMT), y en los datos del patrón de uso (dosis, núm de aplicaciones e intervalo de seguridad) que explicamos a continuación.

La IDA se refiere a la cantidad de residuo del plaguicida que puede ser ingerida toda la vida por una persona sin riesgo apreciable para su salud, tomando en cuenta todos los hechos conocidos hasta el momento de la evaluación del plaguicida. La IDA se expresa en mg/Kg/día y se calcula en la mayoría de los casos a partir del valor de la dosis máxima en la cual no se observan efectos adversos ó Nivel sin efecto adverso observable (NOAEL en inglés), o de la dosis más baja en la cual se observaron efectos adversos ó Nivel más bajo con efecto adverso observable (LOAEL, en inglés), ambos reportados en los estudios toxicológicos realizados en pruebas experimentales en animales de laboratorio. La IDMT es la estimación de la cantidad máxima total que puede ingerir una persona cada día de un plaguicida considerando el cultivo o grupo de alimentos en los que está permitido y su consumo per cápita; y se expresa en mg/kg/peso corporal, considerando un adulto promedio de 70 kg (NOM-082-SAG-FITO/SSA1-2017).

La Sader ha publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de febrero de 2022 un acuerdo con la finalidad de determinar que los plaguicidas son utilizados conforme a lo establecido en los dictámenes técnicos de efectividad biológica otorgados, por el que se establecen los criterios para determinar los límites máximos de residuos tóxicos y contaminantes en el Programa Nacional de Control y Monitoreo de Residuos Tóxicos en los bienes de origen animal, recursos acuícolas y pesqueros, y en el Programa Nacional de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas en Vegetales, los cuales se encuentran regulados por la Sader; además, establece un módulo de consulta a cargo de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera, del Senasica (Sader, 2022). Según este acuerdo los LMR estarán referenciados en principios técnicos y científicos tomando en consideración las disposiciones agroalimentarias internacionales de los que México forma parte, como son: el Codex Alimentarius, el Acuerdo de la Organización Mundial del Comercio sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, así como los lineamientos y directrices emitidas por la FAO, la OMS, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos, la Agencia Reguladora para el Manejo de Plagas de Canadá, la OCDE, la Administración de Medicamentos y Alimentos de Estado Unidos (FDA), entre otros (Sader, 2022).

El envío de las muestras del monitoreo según el citado acuerdo de Sader debe enviarse al Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes (CNRPyC) que realiza la determinación de residuos de plaguicidas y otros contaminantes en vegetales, cereales, productos apícolas y agua. Y según la página oficial del Sader, de este modo se fortalece “la capacidad del Senasica al evidenciar que los productos de consumo nacional y de exportación son inocuos y cumplen con los estándares de calidad y seguridad establecidos internacionalmente” (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria [Senasica], 2021). Sin embargo, Senasica ha privilegiado el monitoreo de residuos de los alimentos destinados a la exportación con respecto a los de consumo nacional. El listado de vegetales sujetos al monitoreo

y vigilancia dentro del Programa Nacional de Monitoreo de residuos de plaguicidas en Vegetales 2022, enlista solo a 25 cultivos, de los 50 en los que está autorizado el clorpirifos (Senasica–Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera DGIAAP, 2022:Anexo 1:21), dejando fuera a cultivos básicos en la dieta de los mexicanos como maíz y frijol, como veremos en el apartado 4.3 El diagnóstico de la OCDE sobre plaguicidas reconoce que en México se encuentra implementando un programa de monitoreo de residuos enfocado en la exportación de productos alimenticios, pero no indica nada relacionado con los de consumo nacional, e indica que “no existe un monitoreo sistemático de la contaminación ambiental por químicos peligrosos, incluyendo plaguicidas y sus efectos sobre la salud humana en México”, citando la Recomendación 82/2018 de la Comisión Nacional de Derechos Humanos sobre plaguicidas de alta peligrosidad (OCDE, 2021:31).

El CNRPYC incluye al clorpirifos y clorpirifos metilo en el Catálogo de servicios de análisis de plaguicidas, y en la tabla de LMR del Programa Nacional de Control y Monitoreo de Residuos Tóxicos en los Bienes de Origen Animal, Recursos Acuícolas y Pesqueros 2022. Se establecen ciertos límites de residuos de clorpirifos para distintas especies de ganado en músculo, hígado y leche; y de tolerancia cero para peces y crustáceos; y en el caso de clorpirifos metilo se considera tolerancia cero tanto en especies animales como peces y crustáceos, según lista actualizada a febrero de 2020 (Senasica, 2022, 2020). Sin embargo, no son accesibles al público los resultados del análisis de residuos de plaguicidas en los cultivos agrícolas y piensos del ganado que se monitorea regularmente en este programa nacional, como tampoco en el Programa Nacional de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas en Vegetales. Para elaborar este informe después de varios meses de trámites en el Portal de Transparencia solo pudimos obtener de Senasica información de que durante el período de 2019 a julio de 2022 se detectaron residuos de clorpirifos en 19 cultivos, con el mayor número de detecciones en cilantro con 13 detecciones, nopal (9), siguiendo espinaca (5), col -repollo (4) entre otros, pero no se especifica los niveles encontrados ni el lugar donde se realizó la detección, ni el tamaño del muestreo nacional (DGIAAP-Senasica, 2022).

Existen varias limitaciones y retos para garantizar que los LMR y la IDA realmente representen un valor que garantice la inocuidad de los alimentos para los consumidores, considerando la diversidad cultural de la población de “los consumidores” en un país y entre los países, y la complejidad de las exposiciones reales, múltiples y crónicas, a las que se esta sujeto una persona a lo largo de su vida. Los LMR se establecen para ingredientes activos individuales cuando en la realidad estamos expuestos a una mezcla de residuos y sus metabolitos en el mismo alimento y en la combinación de alimentos que cambian según hábitos culturales alimentarios distintos; por ejemplo en los reportes públicos de monitoreo de residuos de alimentos en Europa, donde se supone hay más control, se reportaron en 2020 en España, naranjas con 36 ingredientes activos distintos, peras (con 35), manzanas (con 18), tomates rojos (con 15), y en su conjunto las frutas y verduras son el grupo donde se han detectado el mayor número de residuos de plaguicidas, 117 sustancias diferentes, 52 de las cuales son perturbadores endocrinos, aunque cada año varía el alimento concreto con más plaguicidas, lo que es consistente es la importante contaminación de frutas y verduras de la producción agrícola industrial

(Ecologistas en Acción, 2022), ejercicios similares de sistematización también se han hecho en Argentina con resultados parecidos, la exposición a múltiples residuos de plaguicidas en granos, frutas y hortalizas (Naturaleza de derechos, 2021). Lo importante a destacar es que la combinación de la exposición a múltiples residuos puede tener efectos tóxicos sinérgicos, aditivos o potenciadores, que no se manifiestan de manera individual al el NOAEL. Entonces, aunque de manera individual se pudieran cumplir con los LMR para ingredientes activos individuales, los efectos combinados de sus metabolitos y mezclas, de este cocktail tóxico, se desconocen; al igual que se ignoran los efectos acumulativos o umbrales de esta exposición crónica no solo en alimentos sino a través de otras fuentes de contaminación ambiental.

La evaluación de los LMR debe considerar también a las poblaciones más vulnerables como son la exposición a los residuos de plaguicidas durante el embarazo y a las niñas y niños, y a los pertenecientes a pueblos indígenas. Tomando en cuenta que es importante no solo la dosis sino el momento de la exposición, especialmente cuando se trata de los plaguicidas que son perturbadores endocrinos o alteradores hormonales. En efecto, otro supuesto que se asume al establecer los LMR es que estos límites de residuos de plaguicidas son demasiado pequeños para causar problemas a la salud de los consumidores, y que por tanto los niveles de exposición establecidos son seguros; sin embargo, estos métodos para evaluar la toxicidad de los plaguicidas en los alimentos son inadecuados, hasta el momento, para evaluar los efectos de perturbación endocrina, pues estos efectos de alteración hormonal no se comportan siguiendo una curva lineal donde a menores dosis de exposición menos probabilidades de que ocurra o se observe un efecto tóxico, aunque estos niveles de efectos no observables se bajen multiplicados por un factor de incertidumbre de cien o mil veces menor. Hay numerosos estudios que demuestran que ciertos compuestos químicos, incluidos plaguicidas, pueden incluso ser más tóxicos a dosis menores que la IDA (Leu, 2014:29-48; Bergman, et al., 2012:1-22).

Si bien, el LMR, IDA, IDMT, NOAEL y LOAEL son parámetros toxicológicos utilizados para fines regulatorios, su utilidad es nula para el caso de compuestos que han sido definidos por “no tener niveles seguros” de exposición como es el caso de clorpirifos, que como se ha descrito anteriormente incluso a dosis bajas se han observado diferentes efectos adversos, entre ellos, sobre el desarrollo infantil, disminución del perímetro cefálico y alteraciones cerebrales, así como déficit psicomotor y cognitivo asociado a la capacidad de aprendizaje, atención y memoria (Eatoneladas et al. 2008; Middlemore-Risher et al. 2010; Rauh et al. 2012; Villar y Schaeffer 2022).

En resumen, aunque se cumplan los LMR de plaguicidas cuando se trata de plaguicidas con evidencia de sus efectos de alteración hormonal (EDC en inglés), esto no garantiza su inocuidad. En el caso del clorpirifos metilo, está clasificado según la Comisión Europea dentro del grupo clase II (probables perturbadores endocrinos para los humanos, de los que se tiene suficiente evidencia en animales) y el clorpirifos se clasifica en la clase III (posibles disruptores endocrinos para los humanos, pero con una evidencia insuficiente). En México, Cofepris ha establecido tolerancias para clorpirifos para 61 productos agrícolas (Cofepris LMR, clorpirifos etil, 2023). Por otra parte, como se verá con mayor detalle en el capítulo 5, Estados Unidos y Europa han revocado todas las tolerancias del clorpirifos permitidas en alimentos, y China no permite su uso en vegetales, lo que significa que el uso del clorpirifos

para cultivos de exportación en México encontrará barreras para su exportación, pero su presencia en productos de consumo nacional es probable que aumente si no se cancelan sus registros, lo que generará diversos problemas de salud pública importantes.

Plaguicidas autorizados con el ingrediente clorpirifos

El número de plaguicidas formulados autorizados, es decir, que cuentan con un registro, y que contienen como ingrediente activo al clorpirifos etilo ha aumentado significativamente en México en las últimas cuatro décadas, mientras que el de clorpirifos metilo ha sido mucho menor. En 1980, apenas 5 nombres comerciales estaban autorizados para clorpirifos, sin que se hiciera diferencia si era etilo o metilo, entre ellos destacaba Lorsban y Dursban ambas marcas registradas de Dow (SARH, 1980); sin embargo, para 1998, el número de productos registrados para clorpirifos etilo aumentó a 42 productos formulados para uso agrícola, 3 para uso pecuario (en animales o en instalaciones de producción pecuaria, incluye a las mascotas o animales domésticos), 15 para uso urbano, 6 para uso doméstico (en el interior del hogar), y una para uso en jardinería. Para el clorpirifos metilo se mantenían solo dos productos para uso agrícola (CICOPLAFEST, 1998). En 2016, el clorpirifos etilo contaba con 165 registros para todos los usos, el segundo plaguicida altamente peligroso con el mayor número de registros autorizados por Cofepris, después del paratión metílico, otro insecticida organofosforado (Bejarano, 2017).

En 2022, el clorpirifos contó con 206 registros vigentes autorizados por Cofepris, de productos comerciales con distintas formulaciones, ingredientes técnicos ó mezcla de este insecticida con algún otro ingrediente activo. Del total más de las dos terceras partes (154) (75%) de los registros tienen una vigencia indeterminada, resultado de los incentivos otorgados por los gobiernos neoliberales para simplificar trámites administrativos a las empresas². Los registros de clorpirifos incluyen productos técnicos para uso industrial, productos formulados o en mezcla con otros ingredientes activos. La mayoría de registros autorizados son para uso agrícola como insecticida -acaricida en distintos cultivos, al que le siguen los usos pecuario, urbano y para control de vectores, como se verá en el inciso 4.3 en páginas siguientes.

4.2 Empresas con registros de clorpirifos en México

Según el portal de consulta de registros de la Cofepris consultado en abril de 2022, hay 69 empresas con registros vigentes de clorpirifos, tanto de empresas trasnacionales como nacionales. 10 de las empresas cuentan con casi la mitad de los registros, y solo cinco de ellas suman una tercera parte del total, que son, en orden descendente: Dow AgroSciences, Agricultura Nacional, Mezclas y Fertilizantes de México, FMC Agroquímica de México y Agroquímicos Versa SA de CV (Ver cuadro 3). Aunque esta lista es más bien, un recuento histórico, pues muchos de los registros vigentes ya no se comercializan, sin que se haya

² COFEPRIS, Registros Sanitarios de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR. Disponible en: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp> consultado el 21/04/2022.

realizado el procedimiento de cancelación. En México, un registro de plaguicida se considera un derecho adquirido y no puede revocarse sin el consentimiento del registrante, y si una empresa titular de un registro abandona su actividad, las autoridades no pueden cancelar el registro a menos que informen primero a la empresa aunque ya no exista (OCDE, 2021:107).

Cuadro 3. Empresas con el mayor número de registros autorizados de clorpirifos en México 2022

No.	Empresa	Registros vigentes	% acumulado del total de registros vigentes
1	Dow Agrosciences de México	28	14.08
2	Agricultura Nacional	14	20.39
3	FMC Agroquímica de México	12	26.21
4	Ingeniería Industrial	9	30.58
5	Agroquímicos Versa	8	34.47
6	Mezclas y Fertilizantes (Mezfer).	7	37.86
7	Agroquímica Tridente	7	41.26
8	Química Lucava	6	44.17
9	Tekchem	6	47.09
10	Velsimex	5	49.51
	Total de registros de 69 empresas	206	

Fuente: Elaboración propia con base en COFEPRIS, Registros Sanitarios de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR, México.

4.3 Principales usos y marcas comerciales autorizadas de clorpirifos en México

El clorpirifos está autorizado por Cofepris para una amplia variedad de usos en México: para uso agrícola en diversos cultivos (en aplicación al suelo, al follaje, en granos almacenados); uso pecuario (para el control de ectoparásitos en el ganado o uso en potreros); uso doméstico (en casas habitación); uso urbano (en áreas urbanas, incluido vías de ferrocarril); uso industrial (grado técnico para plantas formuladoras); y para el uso en Salud Pública, para campañas de control de mosquitos adultos transmisores de enfermedades como el dengue.

El clorpirifos se autoriza y recomienda por Cenaprece para el control de mosquitos adultos en tratamientos espaciales en exteriores con nebulizaciones de ultra bajo volumen, identificando como proveedor autorizado a Public Health Supply and Equipment de México S.A. de C.V y a Agricultura Nacional SA de CV (en 2022), en formulaciones en solución oleosa de Clorpirifos-etil 13.624% (desde 2012) y en formulaciones que mezcla clorpirifos etil 13.6% y praletrina al 0.5 % (desde 2016). Las autorizaciones se han venido renovando desde 2012 en el caso de clorpirifos-etil, y en la lista autorizada para 2022 ambas formulaciones y proveedores cuentan con una vigencia hasta el 21/11/2025 (CENAPRECE, 2012, 2014, 2022). La praletrina es un insecticida incluido en la lista de plaguicidas altamente peligrosos de PAN internacional, por su alta toxicidad en abejas, al igual que el clorpirifos (PAN, 2021).

Para uso agrícola el clorpirifos está autorizado para más de 50 cultivos, como puede apreciarse en el cuadro 4, incluyendo formulaciones donde se mezcla con permetrina o lamda-cihalotrina, dos plaguicidas altamente peligrosos según la clasificación de PAN Internacional. Permetrina es muy tóxico en abejas y probable carcinógeno según la USEPA (PAN, 2021); y lamda-cihalotrina tiene una toxicidad aguda alta pues puede ser fatal en caso de inhalación, es un carcinógeno categoría 2 y es tóxico a la reproducción categoría 2, de acuerdo al Sistema Global Armonizado de Estados Unidos o Japón, además de ser muy tóxico en abejas (PAN, 2021).

Cuadro 4. Cultivos en los que se autoriza el uso de clorpirifos y en combinación con otros insecticidas en México

CLORPIRIFOS		CLORPIRIFOS ETIL + LAMBDA CIALOTRINA	CLORPIRIFOS ETIL + PERMETRINA
Agave	Manzana	Ajo	Algodón
Alfalfa	Melón	Algodón	Berenjena
Algodón	Membrillo	Arroz	Chile
Arándano	Naranja	Avena	Jitomate
Arroz	Nogal Pecanero	Berenjena	Lima
Avena	Nopal	Calabacita	Limón
Berenjena	Papa	Calabaza	Maíz
Calabacita	Pastizales	Cebada	Mandarino
Calabaza	Pepino	Cebolla	Pomelo
Caña de azúcar	Pera	Cebollín	Sorgo
Cebada	Piña	Centeno	Soya
Centeno	Pitahaya	Chayote	Tangerina
Chayote	Plátano	Chícharo	Toronja
Chile	Pomelo	Chile	Ajo
Cidro	Sandia	Frijol	Avena
Frambuesa	Sorgo	Garbanzo	Cebada
Fresa	Soya	Haba	Cebolla
Frijol ejotero	Tangerino	Jitomate	Cidro
Garbanzo	Tomate	Maíz	Mandarina
Grosella	Trébol	Melón	Naranja
Jitomate	Trigo	Papa	
Lima	Tuna	Pepino	
Limón	Xonocostle	Pimiento	
Maíz	Zarzamora	Sandia	
Mandarina		Sorgo	
		Tomate	
		Trigo	

Fuente: COFEPRIS , Consulta de Registros Sanitarios de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR. Disponible en: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp> Consultado el 21/04/2022

Del gran número de cultivos autorizados lo que puede concluirse es que la exposición de residuos al clorpirifos en la población mexicana ha sido y es muy amplia, no solo en cultivos básicos de la dieta familiar en granos como maíz, frijol sino en una amplia variedad de frutas y verduras, además de cultivos no alimenticios como flores, algodón, caña de azúcar o agave. En el diagnóstico sobre la situación de los plaguicidas altamente peligrosos en México, el uso de clorpirifos se encontró en el levantamiento de campo que realizaron diversos investigadores en el norte de Sinaloa, Valle de Culiacán (hortalizas y granos), Sinaloa, Valle del Yaqui, Sonora (cultivos de cártamo, garbanzo, maíz, hortalizas), en el Bajío de Guanajuato (maíz de riego y sorgo de riego), la floricultura en Villa Guerrero del Estado de México, en comunidades indígenas de los Altos de Chiapas (municipios de Chamula, Zinacantán y Amatenango del Valle) en cultivos de flores para el mercado local; y en 7 municipios de la Península de Yucatán (principalmente hortalizas como chile, tomate, pimiento y pepino), y en Campeche, por lo que podemos afirmar que su uso se ha extendido ampliamente en la república mexicana desde las zonas características de la agricultura intensiva de exportación, la producción nacional a escala comercial, hasta comunidades indígenas. Entre las marcas comerciales del clorpirifos se mencionan a Lorsban, Dursban, Deltaclor, Termidel 48, Termiclor 48, Termifos 48, Pentadragón, Foley, EPA 90, Disparo, Novapro 480 CE, Predator (Castillo et al., 2017; García et al., 2017; Gómez, 2017; Hernández et al., 2017; Leyva et al., 2017; Martínez et al., 2017; Pérez et al., 2017; Rendón-von Osten et al., 2017).

Entre las marcas comerciales históricas de clorpirifos-etilo de mayor venta en México destacan las de Lorsban y Dursban de Dow, que también eran marcas registradas en un gran número de países. Lorsban para usos agrícolas autorizado en distintas formulaciones para aplicación foliar en una amplia variedad de cultivos o también combinado con permetrina por otras empresas con las marcas Disparo / Flash Ultra / Teniente / Reymax. En el caso de Dursban es autorizado para usos no agrícolas como en el ganado para el control de garrapatas, piojos, ácaros; también es permitido usarlo para uso industrial y urbano para uso exclusivo de aplicadores de plaguicidas en el control de cucarachas, pulgas, chinches, moscas, arañas, alacranes, mosquitos, hormigas y grillos; también se autoriza su uso en madera para control de termitas donde se encuentran las mayores concentraciones de este ingrediente activo formulado.

Para el caso de clorpirifos metilo algunas de las marcas históricas en México fueron Dowco 214, Graincote, Reldan y Zertell (Lagunes and Rodríguez, 1990) de la que queda aún autorizada por Cofepris es Reldan con registro RSCO-INAC-0107-001-001-003 a nombre de Industrias Gustafson para tratamiento de granos y semillas almacenados, en medios de transporte y espacios vacíos, y en los cultivos de arroz, cebada, frijol, maíz, sorgo y trigo, con vigencia indeterminada. Industrias Gustafson, subsidiaria de Gustafson LLC, fue adquirida por Bayer en 1999 (Bayer Corporation, 1999), que también aparece con autorización para el producto Reldan RSCO-INAC-0107-002-009-043 para los mismos usos autorizados y con vigencia indeterminada, aunque han retirado su venta (Cofepris, 2023).

En el cuadro siguiente incluimos algunos ejemplos históricos y actuales de algunas empresas y marcas comerciales con registros autorizados de clorpirifos en México. Las transnacionales FMC, Bayer y Monsanto (ahora propiedad de Bayer) tienen

marcas comerciales autorizadas por Cofepris, aunque han retirado su venta. Destacan las empresas Agricultura Nacional y Lucava. En los últimos años también entraron al mercado en México, la empresa UPL Agrosiences de la India y Rainbow Agrosience de China con algunas marcas comerciales (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Ejemplos de empresas y marcas comerciales en los usos autorizados de clorpirifos en México

Empresa	Nombre comercial	Usos autorizados
Agricultura Nacional	FOLEY MAX 1.5% FLASH C LUCAVAN 1.5 % TARGET MAX LORPAC 1.5% TUMBADOR WP CONTROLA 1.5 % HORMIPAC LIBERO 1.5%	Aplicación foliar en los cultivos de maíz y sorgo
<i>ibid</i>	GRANUFOS 5% G GALLINATOX 5 G GUSVAN 5G LORPAC 5% BAGUE 5% COMPAS 5 GR LIBERO 5 G GARGOLA 5% G CYREN 5% G	Aplicación en banda al momento de la siembra en cultivos de maíz y sorgo
Agroquímica Tridente	CLORPYNOVA 480 / PIRINOVA 480 / NOVATER 480	Aplicación al follaje en los cultivos de alfalfa, algodón, arroz, chile, frijol ejotero, maíz, manzano, pepino, sorgo, soya
<i>ibid</i>	CLORPIRIFOS 3% CLORPIRIFOS 3% POLVO CARIOCA 3%/ METILICO PLUS CHACAL 3/ CARIOCA 3 METILICO 3% PLUS CHACAL 3% CHACAL 3% POLVO CARIOCA 3% POLVO CARIOCA 3P CHACAL 3P METILICO PLUS 3P METILICO 3P PLUS CARIOCA 3P PLUS METILICO 3% POLVO/CARIOCA 3 PLUS CHACAL 3P PLUS	Aplicación foliar en los cultivos de sorgo, maíz, trigo, avena, cebada, centeno, arroz y pastizales establecidos en potreros
Agroquímico Versa	CLORVER 480 CE JUSTO 480 CE CLORPIRIFOS 480 CE	Aplicación al follaje en los cultivos de alfalfa, algodón, arroz, chile, cítricos, frijol ejotero, jitomate, maíz, manzano, pepino, sorgo, soya, trigo, trébol, caña de azúcar, berenjena, garbanzo, limón, membrillo, peral, melón, sandía, calabaza, calabacita, chayote, potreros.

Empresa	Nombre comercial	Usos autorizados
Dow Agrosciences de México	LORSBAN ADVANCED GF-2153 GF-2729 SOLVER ADVANCED	Aplicación foliar al fondo del surco al momento de la siembra en el cultivo de papa. Aplicación foliar en los cultivos de manzano, alfalfa, chile, chile bell, garbanzo, peral, piña, limonero, lima, naranjo, tangerino, toronjo, cidro. Aplicación al suelo al momento de la siembra en los cultivos de: agave, maíz, sorgo
<i>ibid</i>	LORSBAN 480 EM SOLVER BONANZA VEXTER LEMA 480 MEZFER PROTECTOR 480 CONTROLLA 480 LORPAC	Aplicación al follaje en los cultivos de alfalfa, algodón, arroz, chile, cítricos, frijol ejotero, garbanzo, jitomate, maíz, manzano, pepino, sorgo, soya, trigo
FMC Agroquímica de México	CYREN 480 CE NUFOS 480 CE PREDATOR 480 CE LA LEY 480 CE PREMIO 480 CE METEORO 480 CE CLORPIRIFOS 480 CE VENTAX 480 CE	Aplicación al follaje en los cultivos de algodón, chile, jitomate, maíz, manzano, pepino, sorgo
	CYREN 240 E PREMIO 240 E METEORO 240 E	Insecticida urbano de uso exclusivo para aplicadores de plaguicidas en el control de cucarachas, pulgas, chinches, moscas, mosquitos, arañas, alacranes, hormigas, grillos, chapulines, ciempiés, escarabajos, termitas, tijerillas, cochinilla, garrapata y pez plateado
Ingeniería Industrial	KNOCKER 5G CLORPY 5G	Aplicación al suelo al momento de la siembra en los cultivos de maíz y sorgo
Mezclas y Fertilizantes (MEZFER)	CONTROLA 480 TITANIC 480 GUSAVAN 480	Aplicación al follaje en los cultivos de maíz y sorgo
	CONTROLLA 480 CE CONTROLA 480 CE PROTECTOR 480 CE MEZFER TITANIC 480 CE MEZFER CLORPIRIFOS 480 CE MEZFER LEMA 480 CE CONTROLLER 480CE CHECK 480 CE MEZFER BOKARO 480 CE DURG 480 CE	Aplicación foliar en los siguientes cultivos: alfalfa, algodón, arroz, chile, cítricos, frijol ejotero, garbanzo, jitomate, maíz, manzano, pepino, sorgo, soya y trigo
Química Lucava	LUCABAN 480C.E. LUCAPYR 480C.E. THUNDER 480C.E. GARGOLA ESFINGE URANO	Aplicación al follaje en los cultivos de: algodón, chile, jitomate
Bayer	MAGNUM MAGNUM L-480	Aplicación al follaje en los cultivos de: alfalfa, algodón, arroz, caña de azúcar, chile, cítricos, frijol ejotero, jitomate, maíz, manzano, pepino, potreros, sorgo, soya, trigo
	RELDAN 4 E	Tratamiento de granos y semillas almacenados y de instalaciones de almacenamiento en los cultivos de: arroz, avena, cebada, sorgo, trigo
Monsanto	ORTHO ANT STOP	Insecticida doméstico para el control de hormiga, tijerillas, arañas, carcas de niños, ácaros, pescadito de plata, cucarachas, cochinillas, garrapatas, ciempiés, pulgas, gorgojos de alfombra

Empresa	Nombre comercial	Usos autorizados
Public Health Supply and equipment de México	MOSQUITOCIDA UNO U.L.V. MOSQUITOCIDA PUBLIC HEALTH UNO U.L.V.	Se autoriza su uso para el control de: zancudo o mosquito del dengue (<i>Aedes aegypti</i>), zancudo o mosquito del paludismo (<i>Anopheles albimanus</i>) zancudo o mosquito de charcos (<i>Culex pipiens quinquefasciatus</i>), zancudo de los pantanos salinos (<i>Aedes dorsalis</i> y <i>Aedes sollicitans</i>).
Rainbow AgroSciences	CHLORPYRIFOS 480G L EC RAINBOW CLORPIRIFOS 48 EC RAINIFOS SHOOTER CLORFOX TERMINATOR NANOFOS	Aplicación foliar en los cultivos de: caña de azúcar, alfalfa, algodón, arroz, lima, limonero, mandarina, naranjo, toronjo, chile, frijol ejotero, garbanzo, jitomate, maíz, manzano, pepino, sorgo, soya y trigo
Tekchem	GUSVAN 480 C.E.	Aplicación al follaje en los cultivos de: alfalfa, algodón, arroz, chile, cítricos, frijol ejotero, jitomate, maíz, manzano, pepino, sorgo, soya, trigo
UPL Agro	CLORPIRIFOS ETIL 5% CHLORBAN 5% G PYRIBAN 5% G KLORPHOS 5%G STAR CONTROL 5%G	Aplicación al fondo del surco al momento de la siembra en el cultivo de maíz
	EPISODE 48 CE TERMICID 48 CE	Para la pre-construcción, post-construcción, cimientos y tratamiento de maderas con equipo de aspersión pasteurizado o directamente sobre maderas, para el control de termitas
Velsimex	VELBAN 480 EC CLORBAN 480 EC CLORAN 480 EC PIRIMAX 480 EC PYRIVEL 480 EC FUTURAN 480 EC AGROPIRIFOS 480EC CLORPIRIFOS 480 EC CONTROLA 480 EC PROTECTOR 480 EC LEMA 480 EC PROMITOR 480 EC ÍMPETOR CLORPIRIFOS ETIL	Aplicación al follaje en los cultivos de: alfalfa, algodón, arroz, chile, frijol ejotero, jitomate, maíz, manzano, pepino, sorgo, soya, cidro, lima, limonero, mandarina, naranjo, toronjo, pomelo, nogal

CE ó EC: Compuesto emulsionable; G ó GR: Granulado, PW: Polvo humectable

Fuente: COFEPRIS, Registros sanitarios de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR, en: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp> consultado el 21/04/2022.

4.4 Principales empresas importadoras de clorpirifos en México

Lo que nos indica un panorama más actualizado de las principales empresas que comercializan el clorpirifos en México, es la relación de las 25 empresas que recibieron autorización de Semarnat para importar este insecticida, durante el período de 2016 a 2021, que se presentan en el cuadro 6. Aunque se encontraron diferencias entre el número de autorizaciones declaradas por Semarnat y las que están documentadas en la Plataforma Nacional de Transparencia, de las autorizaciones otorgadas en dicho período, destacan en primer lugar Agricultura Nacional por el número de autorizaciones otorgadas, y le siguen: Dow Agro Sciences, Ingeniería Industrial, Public Heath Supply and Equipment de México, Química Lucava, Agroquímicos Versa, Chemiport, y Síntesis y Formulaciones de Alta Tecnología. Por el volumen autorizado hay una composición un poco diferente, destacan en primer lugar Agricultura Nacional y le siguen Dow,

UPL Agro, Public Heath Supply and Equipment de México, y Rainbow Agro. Hay que recordar que los volúmenes autorizados no son necesariamente los volúmenes importados y vendidos, pues las empresas tienden a solicitar una cantidad mayor a la que realmente importan, si permite valorar el volumen e importancia de las empresas.

Cuadro 6. Empresas importadoras de clorpirifos según solicitudes autorizadas por Semarnat en México (2016-2021)

No	Empresa	Semarnat (*)	Encontradas PNT (**)	Volumen (L)	Toneladas
1	Agricultura Nacional	30	22	2,400,005	11,900
2	Dow Agro Sciences de México	26	25	4,550,000	4,000
3	UPL Agro	9	7	300,030	3,600
4	Public Health Supply and Equipment de México	11	11	18,600,000	2,000
5	Rainbow Agro Sciences	5	5	1,100,020	2,000
6	Sharda de México	4	1	0	900
7	Química Lucava	9	4	800,000	800
8	Síntesis y Formulaciones de Alta Tecnología	7	4	0	800
9	Agroquímicos Versa	9	3	0	750
10	Chemimport	9	5	0	520
11	Anajalsa	4	3	0	400
12	Fel Campesino México Co	2	2	0	400
13	Biesterfeld de México	3	2	0	400
14	Mezclas y Fertilizantes	5	3	0	388
15	Ingeniería Industrial	14	3	200,000	200
16	Nufarm Grupo México	1	1	0	200
17	Agroquímica Tridente	5	1	0	100
18	Allister de México	5	2	0	60
19	Helm de México	5	1	0	50
20	Quimix	4	2	0	16
21	Virbac México	1	1	0	0
22	Laboratorios Roy H. Anderson	2	2	0	0
23	Detlef Von Appen Mexicana	2	2	100	0
24	DVA Agro de México	2	1	50	0
25	Ouro Fino de México	5	1	60,000	0
	TOTAL	179	114	28,010,205.18	29,484
(*) Total de autorizaciones declaradas por Semarnat respondiendo a solicitud de información					
(**) Solicitudes documentadas en la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT)					

Fuente: Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, SEMARNAT. Autorización para la importación de plaguicidas, nutrientes vegetales, sustancias y materiales tóxicos o peligrosos 2016-2021, Plataforma Nacional de Transparencia, consultado del 21 al 28 de septiembre y 13-14 de diciembre de 2022.

Del análisis del cuadro destaca que de 2016 a 2021 Semarnat dio autorización para importar poco más de 28 millones de litros y 29,484 toneladas de clorpirifos a 25 empresas. Destaca el dato de que la estadounidense Dow ha dejado de ser uno de los principales importadores de clorpirifos (en 2021 ya no recibió ninguna autorización), y aumenta la presencia en los últimos años de empresas mexicanas formuladoras de plaguicidas genéricos, principalmente de Agricultura Nacional que recibe el 40% del total de toneladas autorizadas en dicho período. También es relevante la entrada de empresas de la India con UPL Agro, y de China como Rainbow Agro. En cuanto al uso de clorpirifos para el control de vectores y otros mosquitos resalta en primer lugar la empresa Public Health Supply and Equipment de México, una empresa familiar según indica su página electrónica.

Resalta también el hecho de que México importa clorpirifos desde Estados Unidos, donde está prohibido para uso doméstico y agrícola; y también lo recibe desde China, donde este insecticida está restringido pues no se permite su uso en vegetales desde diciembre de 2016 (UNEP/POPS/POPRC.18/4, 2022), pero se permite exportarlo a otros países. Esta es una muy mala práctica comercial que indica un doble estándar de los países exportadores, pues prohíben plaguicidas a nivel nacional para proteger el ambiente y la salud de su población, pero transfieren el riesgo a otros países. La práctica extendida del doble estándar que aún se practica también en Europa, ha sido duramente criticada por el relator especial de Naciones Unidas sobre derechos humanos y sustancias y desechos peligrosos, Baskut Tuncak, pues viola un conjunto de derechos humanos, como se verá en el capítulo 6 de este informe.

Según investigaciones de un analista de la revista especializada Agropages, la planta de producción de Corteva Agrosiences en Estados Unidos es el mayor distribuidor de clorpirifos para el mercado de América Latina, siendo México su principal destino con 5,100 toneladas. En 2019, 10 empresas en México importaron desde China e India 1,596 toneladas de clorpirifos, incluyendo 1,017 toneladas de 12 empresas de China y 579 toneladas de 6 empresas de la India. El suministro de clorpirifos a nuestro país es dominado por empresas de China y la India. El analista también indica que en ese mismo año se exportaron desde China 79 toneladas de clorpirifos grado técnico y que es el principal proveedor de México. Destaca también la opinión de la empresa Gharda de la India que suministra el 20 % de la demanda mundial de clorpirifos grado técnico y que ve con optimismo la salida de Corteva para expandir sus negocios (Agropages, 2020). Otros productores de clorpirifos grado técnico que ven oportunidades de negocios para llenar el vacío con la retirada de Corteva, son Adama Agricultural Solutions Ltd. con sede en Israel, y la danesa Cheminova adquirida en 2015 por la estadounidense FMC Corp, y confirma los datos señalados anteriormente por Gharda Chemicals International Inc. con mayor capacidad productiva, según artículo de un analista de Bloomberg (Allington, 2020). Hay que recordar que Adama se unió en 2020 al Grupo Syngenta, con sede en Shanghai, China (ADAMA, 2022).

5. Clorpirifos, un plaguicida altamente peligroso prohibido en diversos países y nominado para su eliminación mundial en el Convenio de Estocolmo

El clorpirifos etilo, y clorpirifos metilo están incluidos en la lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos elaborada por la Red Internacional de Plaguicidas (PAN por su sigla en inglés). Ambos están clasificados como tóxicos a la reproducción (identificados según el Sistema Global Armonizado, ó SGA, usado en la Unión Europea ó Japón), y tener una alta toxicidad en abejas según los criterios establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (PAN, 2021).

El clorpirifos etil y clorpirifos metilo están prohibidos en 35 y 32 países respectivamente, según la Lista Consolidada de Plaguicidas Prohibidos elaborada por dicha red internacional (PAN, 2021), a continuación haremos una síntesis de las decisiones de algunos países o regiones significativos para México por su relación comercial y en América Latina.

Estados Unidos. En el año 2000 las empresas de la industria de plaguicidas que mantenían un registro de clorpirifos, como Dow, acordaron voluntariamente con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) terminar, eliminar gradualmente y modificar la mayoría de los usos residenciales de este insecticida, incluidos todos los usos contra termitas, después que esta agencia federal encontró riesgos inaceptables para mujeres embarazadas y los niños. Se permitieron excepciones para su uso en cebos para hormigas y cucarachas con un diseño a prueba de niños, y se continuó permitiendo usarlos en la agricultura (EPA, 2022; Sass, 2022). Dos décadas después de protestas y luchas judiciales de amplias coaliciones ciudadanas, la EPA revocó las tolerancias de este insecticida para productos agrícolas en cultivos alimenticios en 2021. Esta decisión de la EPA se logró obedeciendo una orden judicial de la Corte de Apelaciones del Noveno Circuito que le ordenó no pospusiera más la decisión de renovar o no las tolerancias de clorpirifos en cultivos alimenticios, que se detuvo durante la administración del Presidente Trump, y que motivó las apelaciones de los procuradores generales de Nueva York, California, Washington, Massachusetts, Maine, Maryland y Vermont. La sentencia se logró gracias a la presión ciudadana, después de largos litigios iniciados desde 2007 por Earthjustice en representación del Pesticide Action Network North America (PANNA) y el Natural Resource Defense Council, al que se sumaron otras organizaciones sociales y sindicatos de trabajadores agrícolas (Earthjustice, 2022; Pesticide Action Network North America [PANNA], 2019; Sass, 2022).³

En efecto, el 18 de agosto de 2021 la EPA revocó todas las tolerancias de residuos del clorpirifos en cultivos alimenticios porque el riesgo de la exposición agregada del insecticida no cumplía con los estándares que establece la Ley de Alimentos,

³ PAN. March, 2021. PAN international list of Highly Hazardous Pesticides, Hamburg, disponible en https://pan-international.org/wp-content/uploads/PAN_HHP_List.pdf consultado 21 de noviembre de 2021.

Medicamentos y Cosméticos (FDCA, por su sigla en inglés). Por “exposición agregada” se entiende que se trata de la suma de exposiciones derivada de su ingesta en alimentos, agua potable y de exposiciones residenciales, además de los márgenes de seguridad agregados por la incertidumbre de los efectos potenciales sobre el desarrollo neurológico de los infantes, niñez y mujeres embarazadas. La decisión de la EPA es efectiva a partir del 29 de octubre de 2021, y aplica a todas las tolerancias para todos los productos agrícolas que expiraron el 28 de febrero de 2022. Sin embargo, se permite la exportación de clorpirifos mientras no entre en conflicto con las leyes de los países donde se pretenda realizar esta acción. También se permite para cultivos no alimenticios como algodón, invernaderos, campos de golf, áreas recreativas y control de mosquitos, cuyos usos serán re-evaluados en los próximos años (EPA *Federal Register*/Vol. 86, No. 165/ Monday, 2021; UNEP/POPS/POPRC.18/INF/8, 2022).

Es decir, EPA revoca las tolerancias del clorpirifos para aprox 50 cultivos alimenticios pero no cancela su registro y procede con su revisión para los usos no alimentarios restantes. PANNA pide que la EPA termine su trabajo y cancele todos los usos; pues estas excepciones implican que, por ejemplo, aún se pueda usar para la producción de maíz destinado a la producción de etanol (el 57% del maíz cultivado en Iowa se destina para este fin), o se permita para soya si es para la elaboración de aceite de soya; o se use en maíz y soya si son exportados, que son cultivos de los que se exporta un poco más de 508 mil toneladas de cada uno, al año. En resumen, significa para las comunidades rurales que han luchado por años por la prohibición de este insecticida, que aún podrá seguir llegando en el aire que respiran resultado de la deriva de las aspersiones aéreas de los campos agrícolas, como ha sido probado en monitoreos comunitarios coordinados por PANNA, en un rango incluso de 1.6 km alejados del lugar de aplicación (EPA, 2021; Faux, 2021).

Canadá. El clorpirifos ha sido prohibido de manera gradual por la Agencia Reguladora para el Manejo de Plagas (PMRA) del Ministerio de Salud (Health Canada), según la notificación de diciembre de 2021, que extiende el plazo para no permitir la venta por los distribuidores al 10 de diciembre de 2022; y pone como fecha límite para usarlo en todos los cultivos hasta el 10 de diciembre de 2023 (UNEP/POPS/POPRC.18/INF/8, 2022). La decisión de la agencia PMRA de cancelar los usos agrícolas del clorpirifos fue tomada debido a que las dos empresas que mantenían aún registros no proporcionaron datos esenciales para determinar los riesgos de exposición para la salud humana de los canadienses (PMRA, 2021). El plazo de tres años para la eliminación total del uso de clorpirifos es una decisión cuestionada ante la Corte Federal de Canadá por Ecojustice en representación de Safe Food Matters y Prevent Cancer Now, organizaciones de defensa del interés público, que desean la prohibición inmediata del clorpirifos. En el juicio, que se encuentra en curso, se cuestiona la falta de transparencia y contradicciones de las evaluaciones de las autoridades de la PMRA por las que se decide el plazo de prohibición. Los demandantes piden el cambio de la política del PMRA que permite un proceso gradual de cancelación de tres años si no se consideran riesgos serios e inminentes, pero en este caso cuestionan la metodología de los cálculos de evaluación de riesgo de la ingesta en los alimentos, su interpretación de los riesgos y la malinterpretación de la evidencia con la que cuenta la agencia.

Clorpirifos se ha venido retirando del uso residencial y restringiendo en otros usos desde las dos últimas décadas (PMRA, 2018; Safe Food Matters, 2022).

Unión Europea (UE). Clorpirifos etilo y clorpirifos metilo han sido prohibidos por la Comisión Europea como biocidas desde 2008 y para uso agrícola en 2020, debido a su posible genotoxicidad y neurotoxicidad durante el desarrollo (UNEP/POPS/POPRC.17/5,2021;EFSA,2019b; UNEP/POPS/POPRC.18/INF/8, 2022). La Comisión Europea no renovó la aprobación como sustancia activa en productos fitosanitarios de ambos ingredientes activos como consecuencia de la evaluación de riesgos en la salud humana realizada por España y Polonia, encargadas por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por sus siglas en inglés). En el caso de clorpirifos etilo la EFSA concluyó que tomó la decisión por la incertidumbre sobre su posible genotoxicidad pues no se pudieron establecer valores toxicológicos de referencia; y sobre su posible toxicidad para el desarrollo neuronal, se observaron efectos con la dosis más baja probada en ratas (disminución de la altura del cerebelo corregida por el peso del cerebro). Estas preocupaciones fueron respaldadas por la evidencia epidemiológica disponible relacionada con los resultados del desarrollo neurológico en los niños. En ausencia de valores de referencia toxicológicos, no se puede realizar una evaluación de riesgos para los consumidores, operadores, trabajadores, transeúntes y residentes. Además, los efectos toxicológicos registrados del clorpirifos cumplen con los criterios de clasificación como tóxicos para la reproducción de categoría 1B (con respecto a la toxicidad del desarrollo) (EFSA, 2019a).

En el caso de la evaluación de riesgo del clorpirifos metil en el resumen de la evaluación del riesgo a la salud humana se indica que los expertos concluyeron que el potencial de genotoxicidad sigue siendo tan poco claro como el del clorpirifos. En cuanto a la neurotoxicidad durante el desarrollo, todos los expertos, excepto uno, coincidieron en que, al no ser concluyente el estudio sobre clorpirifos-metilo, no se podía establecer un nivel de efecto adverso observado (NOAEL) específico y el nivel más bajo de efecto adverso observable (LOAEL) de 0,3 mg/kg peso corporal (pc) por día derivado de los datos sobre clorpirifos podría aplicarse de manera conservadora a clorpirifos-metilo. Basado en lo anterior, los expertos coincidieron en que no se podían establecer valores de referencia, hecho que imposibilitaba realizar una evaluación de riesgos para los consumidores, operadores, trabajadores, transeúntes y residentes. Los expertos aplicaron de manera conservadora el mismo enfoque que para el clorpirifos, considerando que el clorpirifos-metilo también cumpliría los criterios para la clasificación como tóxico para la reproducción de categoría 1B (en lo que respecta a la toxicidad para el desarrollo). Por todo lo anterior, no cumplía con los criterios de aprobación (EFSA, 2019a). Posteriormente, se realizó una segunda reunión de expertos que actualizó la conclusión publicada por la EFSA sobre clorpirifos metil que confirmó las conclusiones dadas anteriormente (EFSA, 2019b).

Los Estados miembros de la UE revocaron todas las autorizaciones de productos fitosanitarios que incluyen clorpirifos y clorpirifos-metilo. Ambas sustancias ya estaban prohibidas o no aprobadas en Alemania y otros siete países de la UE. Sin embargo, todavía se usaban en el sur de Europa y en Estados no miembros. El productor principal de clorpirifos en Europa era Dow Agrosciences, seguido de FMC Corporation (que

hasta 2016 fabricaba clorpirifos en su planta Cheminova en Dinamarca, donde no se permite el uso de clorpirifos), también Adama y Gharda Chemicals Ltd. (Dahllöf, 2019; Agrorum, 2020). El 18 de febrero de 2020, los Estados miembros aprobaron una propuesta de la Comisión Europea para reducir los límites máximos de residuos de clorpirifos y clorpirifos-metilo en alimentos y piensos al nivel más bajo que puedan medir los laboratorios analíticos. La medida entró en vigor en octubre de 2020 y se aplica tanto a productos cultivados en la Unión Europea como a los importados (European Commission, s/f).

América Latina. El clorpirifos etilo y clorpirifos metilo han sido prohibidos en Argentina y Chile, ambos en 2021; y en Colombia, la Corte Constitucional ha ordenado la suspensión de la comercialización y usos del clorpirifos etilo a fines de 2022; a continuación, se detallan estas decisiones:

En Argentina, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) mediante resolución 414/2021 prohibió de manera escalonada la importación y comercialización de clorpirifos etilo y clorpirifos metilo, hasta que se ponga fin a su aplicación en todos los usos agrícolas en noviembre de 2022; sin embargo, se exenta la importación y producción de estos si es para fines exclusivos de exportación. Las razones que se argumentan para la prohibición son tanto de índole sanitaria después de una revisión integral de los riesgos de estos principios activos, incluyendo los de toxicidad crónica, y de la ingesta diaria admisible utilizada para realizar los análisis de riesgo al consumidor por la que se concluyó que los riesgos eran inaceptables; pero también hay razones económicas, el evitar que las exportaciones de ciertos productos sean rechazadas por la Unión Europea o Estados Unidos, “restando competitividad comercial a las exportaciones”. (SENASA, 2021; UNEP/POPS/POPRC.18/INF/8, 2022). Técnicos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) comentaban que desde la industria de los jugos y aceites esenciales ya habían recibido rechazos de sus compradores por la utilización de clorpirifos en cítricos de la zona, y que en investigaciones del INTA Concordia aunque se ha estudiado la presencia de residuos de clorpirifos en mandarinas y naranjas dentro de los niveles permitidos por SENASA se siguen detectando valores muy bajos luego de 4 meses de aplicado, indicando una gran persistencia en las frutas (Kulczycki y Hermida, 2021).

En el caso de Chile, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) del Ministerio de Agricultura prohibió los principios activos clorpirifos-etilo y clorpirifos-metilo pero se permite por un plazo máximo de dos años su exportación a otros países o hasta agotar existencias, según la Resolución exenta N°5.810 publicada en el Diario Oficial el 13 octubre de 2022. Según esta decisión el SAG realizó una revisión integral de los nuevos antecedentes científicos sobre los riesgos para la salud humana, el medio ambiente y la eficacia agronómica asociados a dichos plaguicidas. En ambos indica que se han identificado riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente asociados al uso de plaguicidas que contienen esta sustancia activa, destacando su potencial neurotóxico. Señala que existen plaguicidas autorizados que están disponibles para ser utilizados en la agricultura nacional como alternativas. Hay que destacar que en esta misma resolución se incluyen al herbicida paraquat y al insecticida metomilo (SAG, 2022).

En Colombia, en octubre de 2022, la sala octava de revisión de tutelas de la Corte Constitucional emitió la Sentencia T-343/22 que ordena al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) que adopte las medidas administrativas necesarias para suspender de manera inmediata la comercialización de productos químicos agropecuarios con el componente activo clorpirifos, en un plazo máximo de seis meses, contados a partir de la notificación de la decisión y adopte las medidas administrativas necesarias para eliminar de manera definitiva el uso del clorpirifos. Ordena también que el Ministerio de Salud acompañe al ICA en el cumplimiento de las órdenes dictadas en dicho fallo. Y le solicita a la Procuraduría General de la Nación y a la Defensoría del Pueblo que vigilen el cumplimiento de esta sentencia, con la rendición de informes semestrales al juez de primera instancia. Esta sentencia se emite atendiendo la petición de tutela realizada por un ciudadano, en favor del derecho a la vida digna y el derecho a la salud de las niñas y niños (NNA) de la población de Colombia. A partir de las intervenciones recibidas y los estudios consultados, la Sala Octava de Revisión constató que el consumo de los alimentos tratados con clorpirifos representa un grave riesgo para la vida digna y la salud humana. “La Corte concuerda con lo expresado por el demandante, el Ministerio Público y la mayoría de los intervinientes, quienes resaltaron la evidencia de que la exposición al clorpirifos (CPF) *“afecta la salud de las personas y, especialmente, el desarrollo neurológico de los NNA. Además, la Sala comprobó que existe una tendencia comparada a la prohibición del CPF debido a los riesgos probados para la salud humana. Por lo tanto, este Tribunal aplicará el principio de precaución en salud y dictará las órdenes necesarias para evitar que continúe la amenaza a los derechos fundamentales de las personas y, especialmente, de los NNA”* (Corte Constitucional República de Colombia, 2022). Esta decisión es importante para el resto de la Comunidad Andina de Naciones.

La nominación del clorpirifos en el Convenio de Estocolmo

El clorpirifos fue nominado en 2022 por la Unión Europea para incluirlo en el Anexo A del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) y eliminar su uso en el mundo. Las razones que lo justifican son su persistencia, bioacumulación, efectos adversos para la salud humana o el medio ambiente, y su potencial de desplazarse a grandes distancias en el medio ambiente, de acuerdo con lo que exige el párrafo 1 del artículo 8 y el Anexo D de dicho convenio (UNEP/POPS/POPRC.17/5,2021).

El Comité de Examen de los COP (CECOP) en su 17ª reunión, celebrada en Ginebra, Suiza, del 24 al 28 de enero de 2022, examinó la información enviada por la Unión Europea y concluyó que la nominación de clorpirifos cumple con los criterios de selección establecidos por el Convenio, por lo que estableció un grupo de trabajo que se reúne entre las sesiones de la Conferencia de las Partes, para revisar la propuesta con mayor profundidad, preparar un perfil de riesgo y elaborar un plan de trabajo, de acuerdo con lo establecido en el Anexo E del Convenio (POPRC, 2022a). Hay que aclarar que dicho perfil de riesgo es de tipo cualitativo no es una evaluación de riesgo cuantitativa que busca identificar niveles de exposición aceptables para la salud humana o el medio ambiente, sino que incluye la revisión de la información relacionada con las

fuentes de producción y usos, la evaluación toxicológica de su peligrosidad, datos de vigilancia, exposición en zonas locales resultado de su transporte a grandes distancias, evaluaciones de riesgo nacionales o internacionales, etiquetado y clasificación del peligro, y su situación regulatoria en el marco de los convenios internacionales.

El Comité CECOP se volvió a reunir en su 18ª reunión en Roma, Italia, del 26 al 30 de septiembre de 2022 para examinar el borrador del perfil de riesgo elaborado por la Unión Europea y recibir los comentarios de los gobiernos que son parte del Convenio, de la industria y de los grupos de interés público de la sociedad civil (UNEP/POPS/POPRC.18/4, 2022; UNEP/POPS/POPRC.18/INF/9, 2022). En dicha reunión, sin embargo no se terminó de revisar la información del perfil de riesgo, y se decidió continuar la discusión en la 19ª reunión del Comité, a celebrarse del 19 al 23 de octubre de 2023, en Roma, Italia. Aunque se reconoce que se cumple con los criterios del Anexo D algunos expertos plantearon dudas si el clorpirifos debido a su desplazamiento a grandes distancias, tiene efectos adversos a la salud y ambiente que justifique se realice una acción de cooperación internacional (POPRC, 2022b). Los objetores fueron los expertos de China e India, países que se han convertido en los principales productores y exportadores de este insecticida, por lo que a juicio de observadores de la reunión se duda sobre la objetividad científica de sus objeciones, dada la amplia evidencia presentada en los documentos analizados. Según la información del Perfil de Riesgos, el clorpirifos se ha detectado en el Ártico, la Antártida, la región sueca, los Alpes italianos, los Grandes Lagos en EUA-Canadá, en Brasil y en otra áreas remotas a los lugares de aplicación.

El siguiente paso del Comité CECOP después del perfil de riesgo es desarrollar una evaluación de las consideraciones socioeconómicas relativas a las posibles medidas de control (eliminación o restricción) según indica el Anexo F del Convenio, lo que llevará a realizar futuras reuniones, antes de mandar su recomendación final a la 13ª Conferencia de las Partes en 2025.

6. Derechos humanos, plaguicidas altamente peligrosos y clorpirifos

El artículo primero de la Constitución Política de nuestro país establece en su tercer párrafo que: “Todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad. En consecuencia, el Estado deberá prevenir, investigar, sancionar y reparar las violaciones a los derechos humanos, en los términos que establezca la ley.” Esta adición publicada el 10 de junio de 2021, sigue estando vigente aunque sea ignorada generalmente a la hora de considerar el diseño y aplicación de políticas públicas en materia de plaguicidas y otros temas relacionados con la protección a la salud y medio ambiente.

El 26 de diciembre de 2018, la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) emitió la recomendación 82/2018 que trata sobre los plaguicidas de alta peligrosidad

y la responsabilidad en las que incurren distintas autoridades federales al no garantizar los derechos humanos a la alimentación, al agua salubre, a un medio ambiente sano y a la salud, en agravio de la población en general. Nos parece importante recordar algunas de sus observaciones pues se aplican al caso del clorpirifos:

La Recomendación 82/2018 de la CNDH dirigida a la Cofepris, Semarnat, Sader y el Senasica indica desde el título que no se ha cumplido con la obligación general de una debida diligencia para restringir el uso de plaguicidas de alta peligrosidad en agravio de la población. La Recomendación fue aceptada por todas las autoridades mencionadas al poco tiempo de entrar en funciones el actual gobierno, y a pesar de los importantes avances que se han tenido, siguen sin cumplirse recomendaciones fundamentales para diseñar una política de Estado con un enfoque de derechos humanos que trascienda la visión tecnocrática de los gobiernos neoliberales anteriores.

En sus consideraciones la CNDH indica que observa con preocupación que las autoridades involucradas incurren en responsabilidad institucional

260.“porque aún teniendo evidencias científicas de los riesgos a la salud de la utilización de esas sustancias, mismas que han llevado a su prohibición en tratados de los que México es parte y que han sido efectivamente prohibidos en otros países, han omitido, en consecuencia, realizar las acciones necesarias que conlleven a su debida gestión, tal y como la prohibición de uso, comercialización, distribución, retiro progresivo de registros concedidos y generación de la normatividad complementaria que en el ámbito de sus competencias corresponde, vulnerando así los derechos humanos a que se ha hecho referencia” (CNDH, 2018, inciso 260).

Entre las recomendaciones de la CNDH a la Cofepris, Semarnat y Sader destaca la que indica que posterior a la publicación del Plan Nacional de Desarrollo cada organismo regulador mencionado debe incluir en su programa sectorial, “objetivos, metas, estrategias y prioridades, para la reducción y prohibición progresiva de plaguicidas altamente peligrosos, que puedan ser medibles, evaluadas y monitoreadas”; y se proporcione a la CNDH las pruebas que acrediten su cumplimiento (CNDH, 2018:147,151,159). Esta es una recomendación que aún no se ha cumplido; no hay un programa sectorial elaborado por ninguna de las autoridades mencionadas, aunque se han elaborado diversos estudios por el INECC en cumplimiento a otros aspectos indicados por la CNDH, se han cancelado algunos registros de plaguicidas altamente peligrosos, se ha negado la importación de la mayoría de plaguicidas incluidos en el Convenio de Róterdam, y se ha decidido por decreto presidencial la eliminación del uso del herbicida glifosato para el 2024, estableciendo cuotas anuales de importación, recomendadas por el Conacyt e impulsado alternativas sustentables. La decisión de prohibir el glifosato al 2024 es una medida muy importante y marca una gran diferencia con la política neoliberal de regulación de plaguicidas heredada de los gobiernos anteriores, pero no es suficiente para enfrentar el grave problema de los plaguicidas altamente peligrosos en México.

En el caso del clorpirifos también es necesario cumplir con las recomendaciones del Comité de los Derechos del Niño de la ONU que indica que el Estado mexicano debe prohibir la importación y el uso de cualquier plaguicida que haya sido prohibido o restringido para su uso en el país exportador. Esta recomendación fue emitida el 5

de junio de 2015 como parte de sus observaciones a los informes periódicos cuarto y quinto consolidados que presento México (CRC/C/MEX/CO/4-5, 2015: párrafo 52, inciso b). Dicho Comité es el órgano de vigilancia de la Convención sobre los Derechos del Niño, que tiene como objetivo el respeto y la garantía de los derechos de niñas, niños y adolescentes. Dicha recomendación se logró gracias a la presentación de varios informes de violaciones de los derechos de niñas y niños de comunidades de pueblos yaqui en Sonora, causada por el uso de plaguicidas altamente restringidos, prohibidos o no autorizados en Estados Unidos, la Unión Europea y otros países importadores, presentados por el Consejo Internacional de los Tratados Indios (CITI, 2015).

También es importante destacar para el caso del clorpirifos lo que establece el art. 144 de la LGEEPA que indica que no podrán otorgarse autorizaciones para la importación de plaguicidas cuando su uso no esté permitido en el país que se ha elaborado o fabricado (LGEEPA, DOF 13/12/1996). Esta recomendación aplica para el caso del clorpirifos etilo y clorpirifos metilo que han sido prohibidos para su uso agrícola en Estados Unidos, la Unión Europea, y para su uso en vegetales en China, aunque se permite su exportación como vimos de manera detallada en el inciso anterior, lo que deberá llevar a que la Semarnat haga una evaluación del caso e inicie un proceso de cancelación de las importaciones del clorpirifos, cuando proceda, mientras se cancelan todos los usos por Cofepris como señalamos en nuestras recomendaciones, al final de este informe.

En el Senado está pendiente, a enero de 2023, de dictaminarse por la Comisión de Salud y la Comisión de estudios Constitucionales, una importante iniciativa para reformar la Ley General de Salud con el fin de elaborar un programa nacional de reducción y prohibición gradual de plaguicidas altamente peligrosos, en coordinación con otras autoridades competentes y promover bioinsumos como alternativas más sustentables. Esta iniciativa tendría la posibilidad de sentar las bases legislativas para elaborar una política de Estado en concordancia con la Recomendación 82/2018 de la CNDH. La iniciativa cuenta con el apoyo de la Secretaría de Salud, Cofepris, Conacyt, Semarnat y la Subsecretaría de Autosuficiencia alimentaria de la Sader, y de un amplio número de organizaciones civiles nacionales como la Campaña Sin Maíz no hay País, de IPEN, de Marcos A. Orellana, Relator Especial de la ONU sobre derechos humanos y sustancias y desechos peligrosos, entre otros; pero con la oposición del titular de Sader, de las asociaciones empresariales de plaguicidas que participan en el Consejo Nacional Agropecuario y sus aliados en el Senado, a la que se suman presiones estadounidenses (Gaceta del Senado, 2022; Bejarano, 2022; Orellana, 2022)

A los derechos humanos que se violan por permitir el registro y uso de plaguicidas altamente peligrosos mencionados por la CNDH, como el derecho a una alimentación adecuada, al agua salubre, a un medio ambiente sano y a la salud, en el caso del clorpirifos habría que añadir particularmente la violación a los derechos a la salud reproductiva de las mujeres y el derecho al pleno desarrollo de niñas y niños, considerando los efectos neurotóxicos y hormonales durante el embarazo, los daños al desarrollo neurológico y cognitivo infantil, y la posibilidad de su presencia en la leche materna.

En el ámbito internacional, la relatora especial de Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación, y el relator sobre las implicaciones para los derechos humanos de la gestión y eliminación ecológicamente racional de las sustancias y los desechos

peligrosos, han señalado que la exposición a plaguicidas altamente peligrosos viola un conjunto de derechos humanos y que los Estados deberían elaborar políticas para reducir el uso de plaguicidas en un marco mundial para la prohibición y la eliminación progresiva de los plaguicidas altamente peligrosos (ONU, A/HRC/34/48, 2017). El informe del relator Baskut Tuncak a la Asamblea General de la ONU, del 7 de octubre de 2019, argumenta extensamente porque es deber de los Estados *prevenir* la exposición a las sustancias químicas tóxicas, incluidos los plaguicidas, pues el no hacerlo ha dado lugar a verdaderas amenazas para la vida y la salud, incluida la salud reproductiva. Este deber de prevenir la exposición está relacionado con proteger el derecho de las personas a la vida, a la salud y a una vida digna, el respeto y protección a la integridad física, el asegurar la igualdad y evitar la discriminación, hacer efectivo el derecho a la información, hacer efectivo el derecho de acceso a la justicia, y a un recurso efectivo (ONU, A/74/480, 2019). El informe de Tuncak incluye menciones específicas a la situación del clorpirifos:

69. En lo que respecta al clorpirifos, hace ya tiempo que existen pruebas claras del daño que causa a la salud humana, en particular durante el desarrollo infantil, pero por lo general los reguladores han tardado en reaccionar a esas pruebas evidentes del efecto neurológico y todavía no han fijado un nivel “seguro” de exposición al clorpirifos en el aire, los alimentos o el agua. Los riesgos son especialmente graves para los niños en períodos críticos de desarrollo y para los trabajadores y comunidades agrícolas. El Relator Especial considera que el uso continuado del clorpirifos y la inacción pese a las pruebas acumuladas durante años constituyen una violación de numerosos derechos humanos reconocidos internacionalmente, entre ellos los consagrados en la Convención sobre los Derechos del Niño, el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria concluyó en fecha reciente que “no existe un nivel seguro de exposición” y recomendó que la Unión Europea no volviera a autorizar el uso del clorpirifos en 2020. El Relator Especial recibe con satisfacción las positivas medidas preventivas adoptadas por diversas jurisdicciones, como el estado de California (Estados Unidos) y algunos países de Europa (ONU, A/74/480, 2019).

Y Tuncak añade más adelante su crítica al doble estándar de los países que permiten la exportación del clorpirifos a otros países cuando lo prohíben a nivel nacional para proteger a su población:

71. A pesar de las prohibiciones vigentes del uso del clorpirifos y de las que se puedan imponer en el futuro para proteger la salud, es muy preocupante que algunas de esas mismas jurisdicciones permitan la fabricación de clorpirifos para su uso fuera de sus fronteras, incluso en países con sistemas reguladores más débiles, menos transparentes o básicamente inexistentes para proteger los derechos humanos y a sus habitantes de los plaguicidas tóxicos (ibíd).

El relator de Naciones Unidas Baskut Tuncak también elaboró un informe específico relacionado con la obligación de los Estados y la responsabilidad empresarial de *prevenir la exposición en la infancia de sustancias químicas tóxicas*, incluidos los plaguicidas, al igual que de las mujeres en edad de procrear, en el marco de los compromisos adquiridos en la Convención sobre los Derechos del Niño (ONU, A/HRC/33/41, 2016). Tuncak argumenta que esta obligación de los Estados de prevenir la exposición está

relacionada con un conjunto de principios y derechos que sirven de guía para la interpretación y aplicación de esta Convención, que los Estados deben tener en cuenta al redactar, aplicar y hacer cumplir legislación sobre salud pública, medio ambiente y trabajo para proteger los derechos del niño en el ámbito de las sustancias tóxicas y la contaminación. Estos principios y derechos los desarrolla el relator en extenso en su informe, por lo que aquí solo los mencionamos con una anotación muy resumida:

- A. *El interés superior del niño*, como principio rector en todas las medidas.
- B. *Derecho a ser escuchado*, estrechamente vinculado con la cuestión del consentimiento y con el hecho de que los niños ya nacen contaminados.
- C. *Derecho a la vida, a la supervivencia y al desarrollo*.
- D. *Derecho a la integridad física y mental*, considerando que las intoxicaciones agudas como la exposición crónica, de bajo nivel, a sustancias tóxicas, violan este derecho.
- E. *Derecho a un recurso efectivo* en el caso en que se vulneren sus derechos, que comprende a su vez a) el derecho a un acceso equitativo y efectivo a la justicia; b) la reparación efectiva y rápida del daño sufrido; y c) el acceso a información pertinente sobre las violaciones y los mecanismos de reparación. Esto incluye, entre otras cosas, la indemnización y la satisfacción, la rehabilitación y las garantías de no repetición. Y resalta “A menudo la prevención es la mejor y única manera de garantizar el acceso a un recurso efectivo. Los niños expuestos corren el riesgo de sufrir efectos a lo largo de toda la vida, muchos de los cuales son irreversibles” (*ibid*:numeral 41), y da el ejemplo de los efectos del plomo, al que podemos añadir el caso del clorpirifos por los efectos irreversibles en el desarrollo neurológico de niñas y niños, según detallamos en el capítulo 2 de este informe. Y Baskut agrega “Los Estados tienen el deber de impedir que se repitan violaciones de los derechos humanos. La importancia asignada a la evaluación de riesgos, sin contar con información suficiente para calcular los riesgos, en desmedro de la prevención y precaución, se ha traducido en una falta de protección de los derechos humanos, incluidos los derechos del niño.” (*Ibid*: numeral 43).
- F. *Derecho al disfrute del más alto nivel posible de salud*. Lo que incluye medidas para prevenir las enfermedades y otros efectos en la salud, así como para garantizar el acceso a la atención de la salud para recibir tratamiento.
- G. *Derecho a un medio ambiente sano*.
- H. *Derecho a un nivel de vida adecuado, incluidos la alimentación, el agua y la vivienda adecuada*.
- I. *Derecho a la no discriminación*. “Esto incluye los Estados también deben adoptar medidas para impedir la discriminación y estigmatización de las personas que han estado expuestas a sustancias tóxicas, debido a su salud deficiente, discapacidad u otros efectos adversos, así como a su oposición a las actividades de los Estados y las industrias.” (*ibid*, numeral 53)
- J. *Derecho a no ser objeto de las peores formas de trabajo infantil*. Se relaciona con el Convenio sobre las Peores Formas de Trabajo Infantil, 199. E incluye los trabajos realizados en un medio ambiente insalubre en el que los niños estén

expuestos a sustancias peligrosas; o que manipulen sustancias peligrosas según Convenio 182 de la OIT.

- K. *Derecho a la información.* La Convención sobre los Derechos del Niño pone de relieve la necesidad de la información con la finalidad de promover la salud física y mental del niño. La información sobre sustancias peligrosas relacionada con la salud y la seguridad debe estar disponible y ser accesible de forma que proteja los derechos de todas las personas, en particular las que corren mayor riesgo, como los niños. Esto incluye la obligación de los Estados de vigilar la exposición de los niños a las sustancias tóxicas, así como la incidencia del cáncer, la diabetes y otras enfermedades vinculadas con la exposición en la infancia, y otros efectos conexos. Así como, la vigilancia de las emisiones en el medio ambiente y de la presencia de sustancias tóxicas en los productos y los alimentos para prevenir la exposición y a reducir el riesgo de las consecuencias adversas en la salud.

En cuanto a la responsabilidad empresarial de prevenir la exposición de niños a sustancias tóxicas, el relator especial indica que “La responsabilidad de las empresas de respetar los derechos del niño existe con independencia de las obligaciones del Estado y no las reduce.” (*ibid*, numeral 63). Además, considera que las empresas tienen la responsabilidad de impedir que los niños y niñas estén expuestos a sustancias tóxicas derivadas de sus actividades, tanto de manera directa como indirecta. Tienen la responsabilidad de ejercer la diligencia debida en materia de derechos del niño para determinar los riesgos, evitar la exposición y prevenir y mitigar la exposición a través de sus relaciones comerciales y de los productos que fabrican o venden. El relator señala que “sin embargo, las empresas sistemáticamente argumentan que la precaución no “se basa en la ciencia”, con el objeto de no tener en cuenta los aspectos científicos de la necesidad de precaución cuando se trata de niños y sustancias tóxicas.” Y añade “Las empresas suelen quejarse de las consecuencias financieras de proteger los derechos humanos de las sustancias tóxicas. No obstante, la protección de los márgenes de ganancias de las industrias no justifica legítimamente la suspensión de ningún derecho humano. Las empresas tienen la responsabilidad de prevenir la exposición a sustancias tóxicas y contaminación en la infancia, a lo largo de toda la cadena de suministro.” Y en sus conclusiones y recomendaciones señala que Los Estados deberían “ e) Establecer claramente las expectativas del Gobierno para que las empresas no expongan a los niños a sustancias tóxicas en el contexto de sus actividades comerciales y relaciones empresariales nacionales e internacionales en consonancia con los Principios Rectores sobre las Empresas y los Derechos Humanos, en el marco de su orientación al sector privado sobre los derechos del niño.” (*ibid*, numeral 110).

En sus conclusiones y recomendaciones finales para proteger los derechos del niño de sustancias químicas tóxicas el relator de Naciones Unidas señala que los Estados deberían:

- “a) Impedir la exposición a la contaminación y las sustancias químicas tóxicas en la infancia como parte de la obligación de los Estados de proteger a los niños y garantizar un recurso efectivo para la exposición y la contaminación ambiental. Los Estados

deben velar por que ello se refleje en las leyes y políticas. Los Estados también deben garantizar la misma protección a las mujeres y niñas en edad de procrear.

b) Considerar el interés superior del niño una prioridad en la formulación, la aplicación y la supervisión de las leyes y políticas de salud pública, medio ambiente, los consumidores y el trabajo. Los Estados deben tener en cuenta el hecho de que determinados grupos de niños tienen más probabilidades de verse expuestos, y por ello corren un mayor riesgo.”

También el relator recomienda garantizar la disponibilidad y acceso a la información apropiada y adecuada a la edad sobre los derechos de los niños y las sustancias tóxicas, fortalecer los organismos de regulación y los ministerios responsables de la supervisión de las normas relativas a los derechos de los niños afectados por las sustancias tóxicas y la contaminación. Vigilar e investigar las denuncias y establecer y hacer aplicar recursos contra las violaciones de los derechos del niño; establecer sistemas de vigilancia centrados en la población sobre los efectos adversos en la salud vinculados con las sustancias tóxicas y la contaminación, entre otras medidas.

Finalmente, el derecho humano a un medio ambiente limpio, saludable y sostenible ha sido reconocido recientemente por la Asamblea General de las Naciones el 28 de julio de 2022, de la que México es parte, que nos recuerda que todos los derechos humanos son universales, indivisibles e interdependientes y están relacionados entre sí, y exhorta a los Estados, las organizaciones internacionales, las empresas y otros interesados a que adopten políticas, aumenten la cooperación internacional, y refuercen la creación de capacidad con el fin de garantizar este derecho para todos (ONU, resolución 76/300, 2022).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la prohibición del clorpirifos etilo y clorpirifos metilo deben realizarse en México con un enfoque de derechos humanos por parte de las autoridades federales competentes, frente a las evidencias de los graves efectos que a la salud y al ambiente provocan estos insecticidas señalados en este informe.

7. Alternativas al clorpirifos

En este apartado no pretendemos presentar una revisión exhaustiva de las alternativas al clorpirifos sino plantear cómo abordar el tema, tomando en cuenta la experiencia internacional y la de México, en la perspectiva de una transformación agroecológica de las agriculturas y de un manejo integral de vectores que sea sustentable, que no vulnere los derechos a la salud y a un medio ambiente sano.

Alternativas al Clorpirifos en la Agricultura

El hecho de que un gran número de países haya prohibido el clorpirifos para más de 50 cultivos agrícolas indica que hay en el mercado sustitutos para reemplazarlo, tanto en monocultivos a escala comercial como en una agricultura familiar en menor escala, tanto aquellos que practican un Manejo Integrado de Plagas, como aquellos que dan un paso más en un Manejo Agroecológico de Plagas, y los que incluso producen en forma orgánica, sin uso de insumos químicos sintéticos.

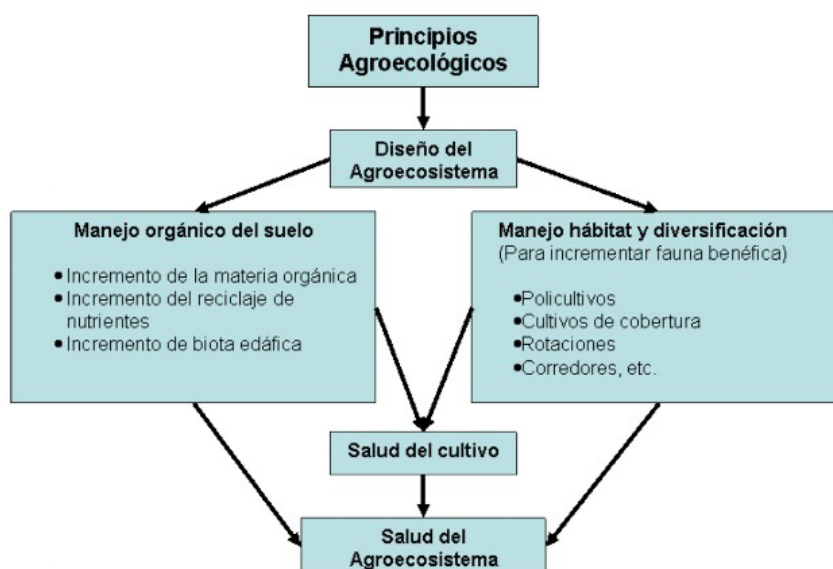
Por ejemplo, en Estados Unidos, nuestro principal socio comercial, se ha identificado en California en un primer diagnóstico participativo a un abanico de alternativas para insectos-plaga específicos en los principales cultivos donde se usaba clorpirifos: ajo, alfalfa, algodón, almendra, higo, manzana, pera, espárrago, cereza, cebolla, cítricos, col, ciruela pasa, floricultura, granos pequeños (trigo, cebada, avena y triticales -cruce de trigo y centeno-), hierbabuena, ciruela, fresa, betabel, nectarina, nuez y uvas. Tanto insecticidas químicos sustitutos según las guías para un Manejo Integrado de Plagas de la Universidad de California, como alternativas no químicas, según indica un informe del Grupo de Trabajo sobre Alternativas al clorpirifos, coordinado por el Departamento de Reglamentación de Pesticidas y el Departamento de Alimentos y Agricultura de California (CDFA, en inglés), aunque el informe no evalúa su viabilidad económica o impacto ambiental o a la salud (CDPR, 2020). Hay que considerar además lo que señala el Pesticide Action Network de Norteamérica con relación a que los cultivos en los que se autoriza el uso de clorpirifos en California también se cultivan orgánicamente en el estado mediante un Manejo Agroecológico de Plagas (PANNA, 2017).

Ahora bien, para que los sustitutos al clorpirifos sean realmente alternativas sustentables en el largo plazo habría que plantear el problema no como una mera sustitución de un plaguicida químico por otro, de menor persistencia y toxicidad, reemplazándolo por otro plaguicida organofosforado o piretroide o neonicotinoide, pues esto puede llevar a lo que se conoce internacionalmente como sustituciones lamentables (*regretable substitution*, en inglés); es decir, plaguicidas químicos sustitutos que se conoce o después de un tiempo se sabe presentan también problemas a la salud y el ambiente. Recordemos que históricamente esto es lo que paso con el desplazamiento del uso de los plaguicidas organoclorados, como el DDT, por los organofosforados a los que se consideraba menos persistentes; por ejemplo, en el caso del clorpirifos este sustituyó al clordano, un insecticida organoclorado para el control de termitas, prohibido internacionalmente y parte del Convenio de Estocolmo. De hecho, el interés de las propias empresas que comercializan plaguicidas es ofrecer otros productos para el control de plagas de los que puedan obtener una ganancia y mantener la relación de dependencia tecnológica con los agricultores. Las empresas transnacionales saben que el mercado internacional está introduciendo nuevas moléculas, sobre todo donde aumentan las restricciones, y el uso de los insecticidas organofosforados está disminuyendo internacionalmente. La propia transnacional Corteva calcula que en 1997 el uso de organofosforados representaba el 40% del mercado mundial, y que ahora es solo del 5%, según entrevista a un reportero de Bloomberg (Allington, 2020), aunque en México y en América Latina, se siguen usando en gran medida.

Para enfocar el problema del control de plagas y enfermedades de una manera sustentable hay que plantear el problema de manejo de plagas de una manera holística y sistémica como la que ofrece la agroecología. En la perspectiva agroecológica se examina al sistema de producción como un agroecosistema, distinto a una visión productivista de la agricultura que se enfoca casi únicamente en el desarrollo de prácticas o tecnologías diseñadas para incrementar rendimientos y mejorar el margen de ganancia (Gliessman et al., 2007). La agroecología es la ciencia fundamental para orientar la conversión de sistemas convencionales de producción basados en monocultivos dependiente de insumos agroquímicos, a sistemas más diversificados y autosuficientes (Altieri y Nicholls, 2007). La propia FAO en sus mejores momentos identificó a la agroecología y la necesidad de ampliar su escala para transformar la alimentación y los sistemas agrícolas en apoyo a la consecución de los Objetivos del Desarrollo Sustentable, como son: la reducción de la pobreza, acabar con el hambre y alcanzar la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover una agricultura sustentable, prevenir la contaminación del agua, equidad de género, crecimiento económico y empleos y trabajos decentes, reducir la inequidad y enfrentar el cambio climático, entre otros (FAO, 2018).

La aplicación de principios agroecológicos para la conversión de los sistemas agrícolas se basa en dos pilares fundamentales, que se centran en el mejoramiento de la calidad del suelo, mediante el aumento de su diversidad biológica, y el manejo del hábitat, mediante la diversificación temporal y espacial de la vegetación, que fomenta la presencia de insectos benéficos, predadores y parasitoides, como se ilustra en la figura siguiente elaborada por Miguel Altieri y Clara Nicholls.

Figura 4. Pilares agroecológicos de la conversión del agroecosistema



Fuente: Altieri y Nicholls, 2007.

Ahora bien, a este esquema de Altieri y Nicholls falta incluirle expresamente el no uso de plaguicidas altamente peligrosos, pues no puede haber un agroecosistema sano si se aplican estos agrotóxicos, aunque se haga labranza de conservación con rotaciones de cultivo. Según especialistas en el manejo agroecológico de plagas del INIFAP con 35 años de experiencia de campo, hay suficiente evidencia documentada para implementar en México un conjunto de alternativas para sustituir plaguicidas altamente peligrosos como el clorpirifos que debe tener una visión holística e incluir los siguientes elementos agroecológicos:

1. Bioregeneración de los suelos (Mínimo movimiento de suelo e incorporación de materia orgánica).
2. Muestreo directo para detectar estados de desarrollo inicial de las poblaciones de insectos -plagas y el grado de infestación en el cultivo.
3. Sustituir plaguicidas altamente peligrosos; por ejemplo: con el uso de extractos vegetales, bioplaguicidas (productos formulados con microorganismos como bacterias, hongos y virus), productos biorracionales (productos preparados artesanalmente como por ejemplo caldo sulfocalcico o jabón potásico donde se usan compuestos activos que no son microorganismos), y como medida emergente temporal incluso plaguicidas sintéticos de baja peligrosidad, para situaciones fuera de control.
4. Uso de trampas con semioquímicos como las feromonas sexuales por ejemplo.
5. Liberación de insectos benéficos que puedan estar disponibles como avispas del género *Trichogramma* y del género *Chrysoperla*, conocido comúnmente como crisopa.
6. Restauración de la biodiversidad funcional (franjas, asociaciones de cultivo, bordos o islas de plantas con flores, entre otras medidas).

El conjunto de estas acciones permite una mayor eficiencia e incremento de las poblaciones de insectos benéficos nativos y por tanto una menor presencia de desequilibrios que aumenten los insectos-plagas donde se usa el clorpirifos y otros plaguicidas altamente peligrosos (Dr. Fernando Bahena Juárez, INIFAP, Campo experimental Uruapan, Mich., comunicación personal). El objetivo del Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) es que en el manejo de plagas se pueda reducir gradualmente el uso de plaguicidas de síntesis química, obteniendo rendimientos y calidad aceptable de los productos y paralelamente minimizar los daños al ambiente y la salud humana, a diferencia del llamado Manejo Integrado de Plagas (MIP) que ha sido en la práctica funcional a los intereses de la industria de plaguicidas. Ejemplos muy bien documentados los tenemos en el manejo agroecológico de plagas en maíz por investigadores del INIFAP desde hace tiempo (Bahena y Velázquez, 2012).

México está mejor situado que otros países para impulsar la agroecología como una política de Estado y transformar los sistemas agrícolas, dada su diversidad biológica, patrimonio biocultural y la experiencia que se ha acumulado tanto por los productores que aún cultivan en sistemas agrícolas tradicionales, como los que transitan a una agroecología sin agrotóxicos, los que practican la agricultura orgánica, y el número de especialistas en agroecología que va creciendo poco a poco en la universidades y centros de investigación agrícola. Pero sobre todo tiene una oportunidad dado el giro de la política pública realizada en este gobierno. A diferencia de los gobiernos

neoliberales que privilegiaron al sector agroexportador se prioriza ahora al sector productivo social mayoritario del país, principalmente con dos de los programas del gobierno federal, el Programa de Producción para el Bienestar y Sembrando Vida que incluyen el fomento de prácticas agroecológicas, en la fertilización del suelo y el manejo de plagas y enfermedades.

Destaca el programa *Producción para el Bienestar* orientado a lograr la autosuficiencia alimentaria, priorizando a los pequeños y medianos productores, quienes producen el 50 por ciento de los alimentos que se consumen en el país. Orientada preferentemente al apoyo en granos (maíz, frijol, trigo panificable, arroz, amaranto, chía y/o sistema milpa, entre otros), café y caña de azúcar, con superficies de hasta 20 hectáreas en tierras de temporal y de hasta 5 hectáreas en riego. A cargo de la Subsecretaría de Autosuficiencia Alimentaria de la Sader, se informó que este programa en 2022 abarcó a 1 millón 807 mil productores, el 83% de pequeña escala, y 16.7 % de mediana escala, que se aplica en 26 estados de la república. Este programa nacional cuenta con una estrategia de acompañamiento técnico, que tiene como base la organización de Módulos de Intercambio de Conocimientos e Innovación (MICI) con los productores de una localidad en donde se elaborarán planes de trabajo, se realizan intercambios de experiencias y se establecen escuelas de campo donde se exponen y experimentan técnicas agroecológicas, así como, de producción de bioinsumos (CEDRSSA, 2020; Sader, 2022). El programa se ha fortalecido con un convenio de cooperación con el INIFAP con enlaces de acompañamiento y especialistas temáticos en diversas disciplinas como la fertilización orgánica del suelo y el manejo agroecológico de plagas, aunque oficialmente se habla de manejo integrado de plagas (Sader, 2021). En un muestreo de 1,057 Escuelas de Campo (ECA), parte de la Estrategia de Acompañamiento Técnico, se encontró que las instaladas en granos, de los cuales 80.6% tienen maíz como cultivo principal, 12.6% milpa, 4.8% frijol y 2% otros durante el ciclo Primavera- Verano 2021 se incluía prácticas de mejoramiento de la calidad de suelos, conservación de la biodiversidad con el uso de semillas nativas, y la reducción del uso de herbicidas y glifosato; en cuanto al manejo fitosanitario se reportaba que la práctica más usada fue el monitoreo de plagas (82%), seguido del uso de trampas atrayentes (52%), aplicación de bioplaguicidas (50%), uso de feromonas (40%), aplicación de microorganismos para el control biológico (36%), uso de extractos vegetales (33%), aplicación de ácidos orgánicos (15%) y, por último, la liberación de insectos benéficos (7%) (Estrada, 2022).

En el caso del Programa Sembrando Vida, a cargo de la Secretaría de Bienestar, tiene como objetivo general que los sujetos agrarios de municipios con rezago social cuenten con ingresos suficientes para hacer producir la tierra. Se señala que los objetivos específicos son: a) Apoyos económicos para fomentar el bienestar de los sujetos de derecho otorgados; b) Apoyos en especie para la producción agroforestal y, c) Acompañamiento técnico para la implementación de sistemas agroforestales. Cubre a 400 mil productores en un millón de hectáreas y se aplica en 20 entidades federativas: Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán, en propietarios o poseedores de

2.5 hectáreas disponibles para ser trabajadas en un proyecto agroforestal. En el caso de los apoyos en especie, uno de ellos consiste en proporcionar materiales, insumos, equipos y herramientas para la instalación de biofábricas que se pretende sean operadas de manera colectiva en las que se elaboraran biofermentos, biopreparados y otras sustancias que servirán como biofertilizantes, estimulantes vegetativos o para el manejo y control de plagas de manera agroecológica, tanto para su uso en los viveros como en el establecimiento de los sistemas de producción agroforestal (CEDRSSA, 2020).

Para fines de divulgación se han reunido relatos de experiencias exitosas en maíz, café, arroz, caña de azúcar, miel, cacao, frijol, amaranto; y experiencias de apoyo estatal o iniciativas ciudadanas que han incidido para fomentar a la agroecología en Colima, Guerrero y Veracruz, entre otros (Bartra et al., 2022). Aunque falta una sistematización más rigurosa del éxito de estos dos programas en cuanto a la reducción del uso de agroquímicos, lo cierto es que crean una base social y una experiencia institucional que podría derivar en proyectos específicos para evaluar alternativas al clorpirifos y a otros plaguicidas altamente peligrosos para insectos plaga en cultivos específicos, si se tiene un diagnóstico más preciso dentro de la caracterización del sistema de producción actual o línea base, y se incluye como meta en los planes de transición agroecológica y en el convenio de cooperación con el INIFAP.

De igual manera se podría fortalecer las experiencias de coordinación entre ambos programas en los territorios y el trabajo en alianza con organizaciones sociales y campesinas, como las que ha habido con la Asociación Nacional de Empresas Comercializadoras del Campo (ANEC) y la Alianza Maya de Protección a las Abejas (Hernández y Pérez, 2022), ampliándola a convenios de colaboración con universidades y centros de investigación agrícola con orientación agroecológica. Recordemos que en el campo de la educación en este gobierno la agroecología ha sido integrada como tema de cursos y carreras en el sistema de las Universidades Benito Juárez (en al menos la mitad de sus 140 planteles) y en las Universidades Interculturales (Toledo, 2022).

La experiencia de las y los agricultores que practican la agricultura orgánica, libre de insumos químicos tanto en la fertilización como en el manejo de plagas y plantas no deseadas, debe incorporarse en cualquier diagnóstico sobre las alternativas al uso del clorpirifos y otros plaguicidas altamente peligrosos. Aquí nos referimos tanto a las experiencias en cultivos orgánicos certificados sea que destinan su producción al mercado nacional o de exportación, así como los que practican una agricultura sin certificación para el mercado nacional con otros esquemas de supervisión como la certificación local participativa. Según datos oficiales del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), de la Sader, el sector orgánico es el subsector agrícola más dinámico en México, pues ha aumentado la superficie cultivada orgánicamente de 23 mil hectáreas en 1996 a 216 mil hectáreas para 2002; para el 2000 esta agricultura fue practicada por más de 33 mil productores en 262 zonas de producción de 28 estados de la República en México. Los principales cultivos certificados orgánicamente son el café y le siguen el agave, aguacate, maíz, sorgo, ajonjolí, mango, frijol, plátano, limón, uva, fresa, aunque las estimaciones varían según la fuente si se incluyen no solo las has certificadas orgánicamente sino las que están en proceso de conversión y las de recolecta silvestre sin uso de agroquímicos. Según estimaciones del Centro

de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Rural Integral (CIIDRI) de la Universidad Autónoma Chapingo, en 2022 la cantidad es mucho mayor que la estimada oficialmente, con 700 mil hectáreas de cultivos orgánicos, que incluye a 90 mil de ganadería y áreas de apicultura, más 1.3 millones de hectáreas de recolección, con un total de 215 mil productores, y que generan 600 millones de dólares en divisas al año (comunicación personal con CIDDRI, Manuel A. Gómez C. y Laura Gómez).

Ligado a la expansión de los requerimientos de los agricultores que desean reducir o eliminar el uso de plaguicidas químicos se encuentra una oferta creciente de bioinsumos y un nuevo actor en el campo empresarial, constituido por pequeñas empresas que compiten también con las empresas transnacionales y las de genéricos de plaguicidas de síntesis química. En un Encuentro Nacional de Productores de Bioinsumos, Agroecología y Agricultura Campesina, en diciembre de 2019, donde participaron 150 productores de bioinsumos (bioplaguicidas, biofertilizantes y bioestimulantes) se planteó la necesidad de contar con una agilización de los trámites de registro ante Cofepris, y que se modifique la Ley General de Salud para que se establezcan requisitos diferenciados a los plaguicidas químicos y a los bioplaguicidas e insumos vegetales. (Sader, 2019). En esta reunión participó la Asociación Mexicana de Productores de Bioinsumos (AMPBIO, antes AMPFYDIOBE) que agrupa a 25 empresas que ofrecen 92 productos incluyendo biofertilizantes y bioinsecticidas, éstos últimos con base en extractos botánicos, agentes de control biológico como microorganismos y bacterias; de este último, por ejemplo, el *Bacillus thuringiensis* se usa efectivamente contra gusano soldado, gusano trozador, gusano cogollero, en soya y cítricos, donde está autorizado el clorpirifos (comunicación personal con Guillermo Cadena AMPBIO, 2023, y Jesús Ignacio Zamora, AMPBIO, 2022).

La búsqueda de alternativas al clorpirifos debe enfocarse como parte de los compromisos por eliminar gradualmente el uso de plaguicidas altamente peligrosos, como indica la Recomendación 82/2018 de la Comisión Nacional de Derechos Humanos, que analizamos en el capítulo 6 de este informe. En este sentido, en el Senado de la República en el momento de terminar este informe está pendiente por dictaminarse una propuesta de Reforma a la Ley General de Salud para establecer un programa nacional de prohibición gradual de plaguicidas altamente peligrosos y promoción de bioinsumos, lo que representa una oportunidad histórica para sentar las bases de una política de Estado que ayudaría a transformar el sistema alimentario mexicano, garantizar el derecho a un medio ambiente sano y proteger la salud de las personas (Senado de la República, 2022). Esta reforma establecería un mandato político para que la Secretaría de Salud tuviera un papel más protagónico en la política de regulación de los plaguicidas, poniendo a la salud como eje central. La iniciativa, que consolidaría además la prohibición del glifosato, cuenta con el apoyo de Conacyt, Semarnat, Cofepris, la Subsecretaría de Autosuficiencia Alimentaria de Sader, además de la Organización Panamericana de la Salud y del Relator Especial de derechos humanos Marcos Orellana entre otros; sin embargo, ha encontrado la oposición del Consejo Nacional Agropecuario (CNA) y de las empresas transnacionales de plaguicidas agrupadas en Protección de Cultivos, Ciencia y Tecnología, A.C.(PROCCyT), y de la asociación de la industria de genéricos, la Unión Mexicana de Fabricantes y Formuladores de Agroquímicos (UMFFAAC) que

han cabildeado y encontrado aliados con algunos senadores y con el propio titular de la Sader (Bejarano, 2022; RAPAM, 2022).

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) puede jugar un papel importante en la búsqueda de alternativas al clorpirifos y otros plaguicidas altamente peligrosos, como lo ha demostrado en el apoyo que ha dado para las alternativas al herbicida glifosato mediante proyectos de investigación y la sistematización de experiencias exitosas, en el manejo agroecológico de arvenses, como se debe denominar a las mal llamadas malas hierbas o malezas, y que tienen como meta eliminar el uso de este herbicida en el año 2024, en cumplimiento del decreto presidencial del 31 de diciembre de 2020; coordinando actividades y promoviendo un programa educativo inaugurado en 2021 en 18 estados, con el objetivo de promover las agroecologías y la soberanía alimentaria, llamado Pies- Ágiles (Conacyt, 2022a; 2022b).

Alternativas al clorpirifos en el Manejo Integral de Vectores

Para abordar el problema de las alternativas de sustitución del clorpirifos en el control de mosquitos transmisores de enfermedades que realiza el sector salud, hay que superar el falso dilema de elegir entre estar expuesto a este insecticida altamente peligroso o enfermarse. Es un falso dilema similar al que se presentó cuando se buscaron alternativas para reemplazar el uso del DDT y controlar el paludismo. La Secretaría de Salud cuenta con una experiencia exitosa de eliminación del DDT para el control del paludismo, al adoptar un enfoque ecosistémico, con una vigilancia epidemiológica muy precisa y con medidas de participación comunitaria, al igual que para el control del dengue practicada exitosamente en años anteriores. La propia NOM-032-SSA2-2014 señala en el numeral 6.3 la importancia de un Manejo Integrado de Vectores, empezando con las acciones que ejerzan el menor impacto ambiental negativo, tomando siempre como última opción el uso de agentes químicos sintéticos (Secretaría de Salud, 2015); y se cuenta con experiencias exitosas apoyadas por Conacyt, en colaboración con gobiernos de los estados y Cenaprece. Por otra parte, el Instituto Nacional de Salud Pública cuenta con dos centros de investigación con proyectos exitosos y en curso del que se pueden sacar lecciones metodológicas y una perspectiva holística para abordar el problema de la sustitución del clorpirifos, fortaleciendo los aspectos preventivos, con una fuerte participación comunitaria en el manejo integrado de vectores. Estos tres aspectos señalados los explicamos con mayor detalle a continuación.

México logró controlar efectivamente la transmisión del paludismo y sustituir al DDT mediante un Programa Nacional denominado *Tratamiento focalizado* que incluyó: Estratificación epidemiológica integral, eliminación de parásitos en la población persistente mediante la aplicación del tratamiento dosis única 3x3x3, eliminación de hábitats y criaderos de anofelinos (EMHCA's) con participación comunitaria con énfasis en la limpieza de arroyos de las larvas de mosquitos *An. pseudopunctipennis* y *An. Albimanus*, con lo que se reduce la población de los mosquitos adultos; además de esta medida, se aplica alcohol etoxilado, y solamente en la atención de brotes se usaba control químico de mosquitos adultos con insecticidas de bajo impacto ecológico. Esta

estrategia se inició en 1999 en el estado de Oaxaca y a partir del año 2000 se empezó a implementar en Chiapas y al resto de los estados prioritarios. En el año 2004 con apoyo del GEF/PNUMA/OMS/OPS se implementó el Programa Regional de Acción y Demostración de Alternativas Sostenibles para el control de Vectores de la malaria sin Uso de DDT en México y América Central, y se publicó la “Guía para la Implementación y Demostración de Alternativas Sostenibles de Control Integrado de la Malaria en México y América Central”, este proyecto permitió vigilar durante 3 años los impactos con el seguimiento puntal de acciones con participación comunitaria, mediante la limpieza y eliminación de los criaderos de anofelinos, donde las localidades que fueron seleccionadas demostraron que estas acciones son sustentables y que permiten reducir el paludismo a cifras realmente importantes, además de lograr reducir los costos al dejar de adquirir y aplicar insecticidas, y finalmente se evitó la contaminación del medio ambiente, según informaba en su tiempo el Dr. Jorge Méndez, responsable del programa a nivel nacional por parte de la Secretaría de Salud (Méndez et al., 2004). La Estrategia de Eliminación y Modificación de Hábitats y Criaderos de Anofelinos (EMHCA’S) continúa siendo aplicada por el gobierno actual (Secretaría de Salud/Cenaprece, 2020).

En cuanto al dengue la OPS/OMS, a través del Programa Regional de Dengue junto a los países, implementan desde el 2003 la Estrategia de Gestión Integrada para el control y prevención del dengue en las Américas, conocida como la EGI-Dengue. Esta estrategia integra seis componentes; atención al paciente, comunicación social, medio ambiente, manejo integrado de vectores, laboratorio y epidemiología (OPS/OMS, 2010). La EGI-Dengue se adaptó y amplió para convertirla en una herramienta útil con la cual abordar integralmente las arbovirosis, que es como se denominan a las enfermedades transmitidas por artrópodos, en la llamada Estrategia de gestión integrada para la prevención y el control de las enfermedades arbovirales en las Américas (OPS/OMS, 2019).

En México, la NOM-032-SSA2-2014 resalta el Manejo integrado de Vectores y la importancia de las acciones preventivas que incluyen por ejemplo acciones físicas, como la descacharrización, el tapado de contenedores de agua, mantener mallas en ventanas, entre otras medidas, que son fáciles, accesibles y no tienen costo para la salud ni para el ambiente, y que han demostrado ser eficaces para el control del mosquito *Aedes aegypti* principal vector del virus del dengue. Por otra parte, hay que recordar que esta norma al hablar de insecticidas no solo incluye a los que son de síntesis química sino también al bioquímico, microbiano, botánico o misceláneo, que eliminan a los insectos vectores o evitan el contacto con el humano, y que están dirigidos a cualquiera de los estadios de desarrollo (huevo, larva, pupa o imago) del vector.

La participación comunitaria es vital para prevenir y controlar al dengue en cualquier estrategia integrada como la que propone la OMS y de Manejo Integrado de Vectores. México tiene experiencias exitosas documentadas como la campaña de *Patio Limpio* que se impulsó por la Secretaría de Salud hace años y que consistía en la capacitación local de personas para identificar, eliminar, monitorear y evaluar sistemáticamente los criaderos de mosquitos transmisores en las casas, e incorpora estrategias de comunicación para el cambio de conductas. Exige la movilización social

para integrar a diferentes miembros de la comunidad, desde jefes o jefas de hogar hasta líderes políticos, con el fin de crear conciencia sobre el dengue, entregar recursos y servicios, sostener la participación comunitaria y empoderarla. La participación pública es necesaria en varias etapas de la estrategia local de control de vectores: en la evaluación de los problemas y necesidades de la comunidad, en la implementación de actividades y en la evaluación y seguimiento de la estrategia, pero requieren programas comprometidos a largo plazo y no solo intervenciones esporádicas en casos de brotes puntuales (Tapia-Conyer et al., 2012).

En esta perspectiva, el involucramiento de las escuelas, autoridades municipales y estatales en las acciones de prevención y manejo integrado de vectores es de suma importancia. En este contexto investigadores de Instituto Nacional de Salud Pública han elaborado una guía para fomentar la participación de las escuelas en la prevención y control de las enfermedades transmitidas por *Aedes spp.* Dengue, Zika y chikungunya, con secciones dedicadas al profesor y el alumno, con apoyo del Conacyt y en colaboración con municipios del Estado de Morelos, el Departamento de Enfermedades Transmitidas por Vector y Zoonosis de los Servicios de Salud de Morelos, y el Programa Nacional de Enfermedades Transmitidas por Vector del Cenaprece (Betanzos-Reyes et al., 2018).

También destaca la investigación que impulsa una estrategia integral para el control sostenido del dengue y otras arbovirosis transmitidas por el mosquito *Aedes aegypti*, mediante procesos de participación social y comunitaria bajo el liderazgo y coordinación municipal en los municipios de Xochtepec y el escalamiento de la estrategia en seis municipios de la región endémica del Apatlaco, Morelos. La estrategia comprende acciones integrales aplicadas en periodos estacionales del año, basadas en evidencia científica, *análisis situacional de la transmisión* (epidemiológico, social, ambiental y entomológico) local y regional del dengue, actividades de *coordinación y comunicación* a través de sesiones periódicas con actores sociales y comunitarios (“Sala Situacional”), *capacitación de promotores* de salud municipal, *control antivectorial* con medidas física y biológicas (saneamiento con eliminación de residuos sólidos urbanos y peces nativos), *participación escolar* con alumnos, docentes y padres de familia, *promoción y educación comunitaria y monitoreos y evaluación* entomológica y epidemiológica (Angel Betanzos, CISEI, comunicación personal). Todas estas experiencias exitosas en Morelos motivaron procesos de colaboración con la Comisión de Salud de la LIV Legislatura del Congreso del Estado de Morelos (2018-2021) que resultaron en la aprobación y publicación de la Ley para la prevención y control del dengue, Zika y chikungunya en el estado de Morelos, con un nuevo enfoque de política pública, que desgraciadamente a la fecha aún no se aplica, pero que fortalecerá, la participación y coordinación municipal, estatal y federal (Tierra y Libertad, 2020).

El Instituto Nacional de Salud Pública a través del Centro de Investigación sobre Enfermedades Infecciosas (CISEI) y el Centro Regional de Investigación en Salud Pública (CRISP), han desarrollado proyectos de investigación que al parecer podrían aportar elementos que refuercen la participación comunitaria y un manejo integrado de vectores en la búsqueda de alternativas al clorpirifos. El CISEI se especializa en el estudio de factores que ayuden a prevenir, atender y controlar enfermedades contagiosas; y además de estar involucrado en los proyectos descritos en el párrafo anterior, está

desarrollando un proyecto de investigación para impulsar la participación comunitaria en la prevención y control sostenido del dengue en la sub-cuenca del río Apatlaco, Morelos, en colaboración con el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) y el INSP. Por su parte el CRISP, con sede en Tapachula, Chiapas, realiza un proyecto de investigación para reducir las poblaciones del mosquito *Aedes aegypti*, principal vector de dengue, Zika y chikungunya, con el uso de trampas con dos principios activos de origen biológico (CISEI, 2022).

Hay también otras alternativas a los insecticidas químicos que se están usando en otros países incorporándolas a la estrategia de Manejo Integral de Vectores, como el uso de la bacteria *Wolbachia* que reducen la cantidad de mosquitos *Aedes aegypti*, que transmiten dengue, chikungunya y Zika, y que se está usando experimentalmente en Estado Unidos y, al parecer con buenos resultados también en México. Según información de la página del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades de EUA (CDC) no hay datos que indiquen que la bacteria *Wolbachia* causa daño alguno a las personas, los animales o el medio ambiente. Los científicos introdujeron la *Wolbachia* en los huevos de mosquitos macho *Ae. aegypti* para que cuando se apareen no tengan crías (CDC, 2020). Según información del World Mosquito Program, una organización internacional sin fines de lucro, que está trabajando con esta bacteria en 12 países, en México está desarrollando un proyecto en Baja California Sur, a través de la Secretaría de Salud-Cenaprece, y la Secretaría de Salud del gobierno del estado, para implementar inicialmente en La Paz el método *Wolbachia* para reducir la transmisión del dengue y otros virus transmitidos por *Ae. aegypti*. La liberación piloto comenzó a inicios del 2019 y, para finales del mismo año, se estará implementando el método en el resto de la mancha urbana de La Paz (World Mosquito Program, 2022).

La OMS en el Marco Estratégico Global para el Manejo Integrado de Vectores afirma que las preocupaciones ambientales y de salud pública por el ingreso de insecticidas al Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, y el problema de la resistencia de los mosquitos, enfatizan la necesidad de buscar alternativas sustentables al manejo y control de vectores, y llama a los Estados miembros a apoyar métodos alternativos que reduzcan la dependencia del uso de insecticidas (WHO, 2004). En autoría de dos expertos del Plan de la OMS de Evaluación de Plaguicidas (WHOPES, en inglés) se incluye al clorpirifos en la lista de plaguicidas recomendados para control de larvas de mosquitos, formulado como concentrado emulsionable a 11-25 g/ha además de enlistar insecticidas microbianos y reguladores de crecimiento; aunque los autores indican que no deben usarse insecticidas de efecto residual en zonas donde hay peces, o fauna silvestre en general, o donde la escorrentía de la zona tratada ponga en peligro los organismos que no son objetivo del tratamiento en otras zonas; estos autores no incluyen al clorpirifos para el control de mosquitos adultos en el aire, a través del tratamiento espacial, con nebulizaciones, a diferencia de lo que recomienda Cenaprece en México; aunque los expertos de WHOPES recomiendan otros organofosforados y piretroides en el control de mosquitos adultos (Nájera y Zaim, 2004). Es necesario a la luz de la evidencia científica acumulada desde 2004, que se resume en este informe, y de la nominación del clorpirifos al Convenio de Estocolmo que este tipo de recomendaciones de WHOPES se actualicen para evitar el

uso de clorpirifos y otros plaguicidas altamente peligrosos, y seguramente será uno de los temas a tratar por el Comité de Revisión de COP del Convenio de Estocolmo en 2023 y 2024.

Para impulsar una política nacional de alternativas del clorpirifos para el control de vectores en México, proponemos que Cenaprece fortalezca el Manejo Integrado de Vectores tal cual lo indica la NOM-032-SSA2-2014 y las guías metodológicas asociadas, con el objetivo de actualizar la lista de productos recomendados por Cenaprece y eliminar al clorpirifos de la lista de insecticidas autorizados, como medida prioritaria y a corto plazo, así como evitar el uso de otros plaguicidas altamente peligrosos, dando prioridad a las acciones centradas en la prevención, la vigilancia epidemiológica oportuna, y la participación comunitaria, de las escuelas, y de las autoridades estatales de salud competentes, considerando las experiencias exitosas en México, descritas en este capítulo, y en otros países.

Considerar los costos ambientales y a la salud pública para revocar la autorización del uso de clorpirifos en la agricultura y en el Manejo Integral de Vectores

Cuando se plantea la prohibición de algún plaguicida es muy común que las empresas trasnacionales afectadas recurran a pronósticos catastróficos de lo que pasará si se toma esa decisión, tal fue el caso de la prohibición gradual del glifosato en México, y es previsible que ocurra lo mismo con el clorpirifos. Así lo hizo Dow y otras empresas cuando se prohibió el clorpirifos en Estados Unidos y Europa, a pesar de que una vez tomada la decisión se demostró que tales escenarios no tenían un fundamento objetivo; y aunque esta trasnacional ya anunció que terminará su venta a nivel mundial es probable que otras corporaciones junto con sus aliados agroempresariales recurran a exagerar las pérdidas económicas por dejarlo de usar. Es por ello que se requiere considerar los costos ocultos o externalidades a la salud ambiental al evaluar la viabilidad económica de las alternativas al clorpirifos, por parte de las autoridades de salud en coordinación con las autoridades ambientales, de agricultura y de Conacyt.

Por último, una vez tomadas las decisiones de prohibición o restricción se debe tener una estrategia de comunicación de medios múltiple, pedagógica, capaz de contrarrestar las noticias falsas, y de informar adecuadamente a la población, especialmente a los productores rurales del por qué se toman las medidas de prohibición respecto al clorpirifos y otros plaguicidas altamente peligrosos, con la finalidad de evitar su uso y comercio ilegal. En el caso del clorpirifos para uso en salud pública esta estrategia de comunicación es responsabilidad de la Dirección General de Comunicación Social de la Secretaría de Salud y sus contrapartes estatales, jurisdiccionales y municipales, que pueden apoyarse en los Comités municipales y de salud, según indica la NOM-032-SSA2-2014.

En resumen, por lo expuesto en este capítulo consideramos que hay condiciones políticas y capacidad institucional para que se puedan impulsar alternativas al clorpirifos y otros plaguicidas altamente peligrosos para los usos agrícolas y en salud pública, si se reconoce la importancia de prevenir los daños a la salud y el medio ambiente que se han descrito en este informe, particularmente para el sector infantil, y se

mueve la voluntad política de las autoridades responsables, se realizan las acciones de coordinación y convocatoria necesarias en acciones a corto y mediano plazo como las que recomendamos en la parte final del informe, y se obtienen los recursos necesarios para lograrlo.

Recomendaciones

Considerando lo expuesto en este informe sobre los efectos adversos a la salud y ambiente de clorpirifos etilo y clorpirifos metilo reportados en la literatura científica internacional y en México, la prohibición de estos compuestos en otros países, la nominación del clorpirifos etilo en el Convenio de Estocolmo para eliminar su uso en el mundo, los aspectos violatorios a los derechos humanos de continuar tolerando la exposición a estos plaguicidas altamente peligrosos y, la existencia de alternativas, recomendamos lo siguiente:

- Cancelar la autorización de clorpirifos etilo en el cuadro de insecticidas permitidos para el control de insectos vectores de enfermedades, otorgada por el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (Cenaprece) de la Secretaría de Salud, como medida prioritaria de prevención de riesgos y protección a la población más vulnerable. Al igual que fortalecer el Manejo Integral de Vectores con medidas centradas en la prevención y participación comunitaria y una mejor supervisión para evitar el uso de plaguicidas altamente peligrosos.
- Negar las importaciones del clorpirifos etilo y clorpirifos metilo de los países donde está prohibido, por parte de Semarnat y en cumplimiento del art. 4 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y de la recomendación del Comité de los Derechos del Niño de la Organización de las Naciones Unidas.
- Cancelar todos los usos autorizados en los registros de clorpirifos-etilo y clorpirifos-metilo, y negar la autorización de nuevos registros, incluyendo los usos agrícola, pecuario, forestal, doméstico, jardinería, urbano e industrial, por parte de Cofepris.
- Iniciar por parte de la Secretaría de Salud a nivel federal y por las autoridades sanitarias de los estados de la república una campaña de concientización sobre los riesgos a la salud, especialmente infantil, de la exposición al clorpirifos entre los distintos grupos sociales expuestos: jornaleras y jornaleros agrícolas, productores rurales, comunidades vecinas a campos agrícolas, y consumidores, mientras se cancelan todos los registros y se prohíben las importaciones.
- Prohibir las compras de clorpirifos etilo o metilo con dinero del presupuesto público por parte del gobierno federal y de los gobiernos estatales para cualquiera de sus usos: agrícola, forestal, doméstico, jardinería y urbano.
- Incluir al clorpirifos etilo, como uno de los plaguicidas altamente peligrosos prioritarios a incorporar en el Programa Nacional de Prohibición gradual de Plaguicidas Altamente Peligrosos que se propone crear mediante Reforma

- a la Ley General de Salud, pendiente de aprobación en el Senado de la República por la LXV Legislatura para turnarse a la Cámara de Diputados.
- Apoyar y coordinar acciones para documentar las alternativas de menor peligrosidad con un enfoque agroecológico y/o ecosistémico para sustituir el uso de clorpirifos para uso agrícola, y para el control de vectores, por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), en colaboración con la Secretaría de Salud, la Semarnat y la Subsecretaría de Autosuficiencia Alimentaria de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader).
 - Participar de manera activa como observador en el Comité de Examen de los contaminantes orgánicos persistentes del Convenio de Estocolmo, y proporcionar toda la información necesaria para apoyar su eliminación mundial mediante su inclusión en el Anexo A de este instrumento internacional vinculante, por parte de las autoridades regulatorias competentes en coordinación con la Secretaría de Relaciones Exteriores.

Referencias

- ADAMA (2022). *Our Story* [en línea]. [Consulta: 20-12-2022]. Recuperado de: <https://www.adama.com/en/about-adama>
- Agropages (2020) *Researches on market supply and demand of chlorpyrifos in five major Latin American countries* [en línea]. [Consulta: 20-12-2022]. Recuperado de: <https://news.agropages.com/News/NewsDetail---34637.htm>
- Agrorum (2020). Prohibición de clorpirifos y clorpirifos metilo en la Unión Europea [en línea]. [Consulta: 20-12-2022]. Servicios y análisis en alimentos, piensos y suplementos. Boletines Eurofins. Febrero. Recuperado de: <https://www.agrorum.net/blog/boletines-eurofins-712/prohibicion-de-clorpirifos-y-clorpirifos-metilo-en-la-union-europea-679>
- Alavanja, M. C., Dosemeci, M., Samanic, C., Lubin, J., Lynch, C. F., Knott, C., Barker, J., Hoppin, J. A., Sandler, D. P., Coble, J., Thomas, K., & Blair, A. (2004). Pesticides and lung cancer risk in the agricultural health study cohort. *American Journal of Epidemiology*, 160(9), 876–885. doi: 10.1093/aje/kwh290.
- Albert, L. & Viveros, A. D. (2018). *Plaguicidas y Salud*, Xalapa, Veracruz.
- Albert, L. (2019). Evolución del marco legal para el control de los plaguicidas en México [en línea]. [Consulta 5 -12-2022] La Jornada Ecológica, suplemento de *La Jornada*. 2019/04/24 Recuperado de <https://ecologica.jornada.com.mx/2019/04/24/evolucion-del-marco-legal-para-el-control-de-los-plaguicidas-en-mexico-4491.html#:~:text=Lilia%20Am%C3%A9rica%20Albert&text=Hace%20casi%20un%20siglo%2C%20en,cuyo%20reglamento%20es%20de%201942>.
- Aldana-Madrid, M. L., García-Moraga, M. C., Rodríguez-Olibarria, G., Silveira-Gramont, M. I., & Valenzuela-Quintanar, A.I. (2008b). Determinación de insecticidas organofosforados en nopal fresco y deshidratado. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31(2):133-139.
- Aldana-Madrid, M. L., Valdez-Hurtado, S., Vargas-Valdez, N. D., Salazar-López, N. J., Silveira-Gramont, M. I., Loarca-Piña, F. G., Rodríguez-Olibarria, G., Wong-Corral, F. J., Borboa-Flores, J., & Burgos-Hernández, A. (2008a). Insecticide residues in stored grains in Sonora, Mexico: quantification and toxicity testing. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 80(2), 93–96. doi: 10.1007/s00128-007-9302-8.

- Allington, A. (2020). *Some pesticides makers see profit in chlorpyrifos void* [en línea]. [Consulta: 29-12-2022]. *Bloomberg Law*, Bloomberg Industry Group Inc. Recuperado de: shorturl.at/agLP7
- Alpuche, L. (1990). Los insecticidas organofosforados, en Albert, L. (Ed.), *Los plaguicidas, el ambiente y la salud*. (pp. 121-138). Centro de Ecodesarrollo, Xalapa.
- Altieri, M.A., & Nichols, C.I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*, 16(1), 3-12.
- Álvarez, A. A., Ramírez-San, E. J., & Canizales-Román, A. (2008). Chlorpyrifos induces oxidative stress in rats. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 90(5), 1019-25. doi: 10.1080/02772240701806576.
- Álvarez, J. D. (2016). *Gerhard Schrader* [en línea]. [Consultado: 23-12-2022]. Recuperado de: <https://cbrn.es/?tag=organofosforados>
- Arellano-Aguilar, O., Betancourt-Lozano, M., Aguilar-Zárate, G., & Ponce de León-Hill, C. (2017). Agrochemical loading in drains and rivers and its connection with pollution in coastal lagoons of the Mexican Pacific. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(6), 270. doi: 10.4236/jep.2019.102007
- Arreguin-Rebolledo, U., Páez-Osuna, F., Betancourt-Lozano, M., & Rico-Martínez, R. (2023). Multi-and transgenerational synergistic effects of glyphosate and chlorpyrifos at environmentally relevant concentrations in the estuarine rotifer *Proales similis*. *Environmental Pollution*, 318, 120708. doi: 10.1016/j.envpol.2022.120708
- ATSDR (1997). Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) *Toxicological profile for chlorpyrifos* [en línea]. [Consultado: 28-12-22]. Recuperado de: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp84.pdf>
- Ávila-Díaz, J. A., González-Márquez, L. C., Longoria-Espinoza, R. M., Ahumada-Cervantes, R., Leyva-Morales, J. B., & Rodríguez-Gallegos, H. B. (2021). Chlorpyrifos and Dimethoate in Water and Sediments of Agricultural Drainage Ditches in Northern Sinaloa, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 106(5), 839–843. doi: 10.1007/s00128-021-03160-4.
- Bahena, F. & Velázquez, J. J. (2012). *Manejo agroecológico de plagas en maíz para una agricultura de conservación en el valle-Morelia-Queréndaro*, Michoacán INIFAP, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo experimental Uruapan, Mich.
- Bartra, A., Pérez, E., Hernández, M. G, Medellín, S., García, H., Robles, H., y Castañeda, W. (2022). *Revoluciones agroecológicas en México*. México. Secretaría de Agricultura

- y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Producción para el Bienestar, Estrategia de acompañamiento técnico.
- Bayer Corporation. (1999). *Comisión Federal de Competencia, Expediente CNT-69-99 en que se comunica la resolución del pleno que no objeta ni condiciona la concentración entre Bayer Corporation; Gustafson LLC e Industrias Gustafson SA de CV* [en línea]. [Consultado: 23-12-2022]. Recuperado de: <https://www.cofece.mx/CFCResoluciones/docs/Concentraciones/V387/29/1492718.PDF>
- Bejarano, F. (2022). *La presión de las transnacionales de los agrotóxicos en México y Estados Unidos frente a la soberanía alimentaria* [en línea]. [Consultado: 17-12-2022]. Recuperado de: <https://www.rapam.org/la-presion-de-las-transnacionales-de-los-agrotoxicos-en-mexico-y-estados-unidos-frente-a-la-soberania-alimentaria/>
- Bejarano, F. (2017). Los plaguicidas altamente peligrosos nuevo tema normativo internacional y su perfil nacional en México, en Bejarano, F. (coord.) *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*, Texcoco, RAPAM (pp13-138).
- Benítez-Trinidad, A. B., Bernal-Hernández, Y. Y., Moreno-Hernández, C. L., Medina-Díaz, I. M., Robledo-Marengo, M. L., Barrón-Vivanco, B. S., Domínguez-Ojeda, D., Romero-Bañuelos, C. A., Girón-Pérez, M. I., & Rojas-García, A. E. (2014). Acetylcholinesterase inhibition and micronucleus frequency in oysters (*Crassostrea corteziensis*) exposed to chlorpyrifos. *ISJ-Invertebrate Survival Journal*, 11(1), 247-256.
- Bergman, A, Heinel, J, Jobling S, Kidd, Ka.A. y Zoeller T (2013). *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals- 2012*. Geneva. WHO, UNEP, IOMC.
- Betanzos-Reyes AF, González-Chacón DA, Rodríguez-López MH, & Rangel-Flores H. (2018). *Participación escolar en la prevención y control de las enfermedades transmitidas por Aedes spp. Dengue, Zika, chikungunya*. Cuernavaca: Instituto Nacional de Salud Pública, 2018.
- Blanco, C. A., Pellegaud, J. G., Nava-Camberos, U., Lugo-Barrera, D., Vega-Aquino, P., Coello, J., Terán-Vargas, A. P., & Vargas-Camplis, J. (2014). Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs. *Journal of Integrated Pest Management*, 5(4), 1-9. doi: 10.1603/IPM14006
- Blanco, J., Guardia-Escote, L., Mulero, M., Basaure, P., Biosca-Brull, J., Cabré, M., Colomina, M. T., Domingo, J. L., & Sánchez, D. J. (2020). Obesogenic effects of chlorpyrifos and its metabolites during the differentiation of 3T3-L1 preadipocytes. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111171. doi: 10.1016/j.fct.2020.111171.
- Burke, R. D., Todd, S. W., Lumsden, E., Mullins, R. J., Mamczarz, J., Fawcett, W. P., Gullapalli, R. P., Randall, W. R., Pereira, E. F. R., & Albuquerque, E. X. (2017).

Developmental neurotoxicity of the organophosphorus insecticide chlorpyrifos: from clinical findings to preclinical models and potential mechanisms. *Journal of Neurochemistry*, 142(Suppl 2), 162–177. doi: 10.1111/jnc.14077.

Caldera, C. (2020). *Plaguicidas de la campaña contra dengue en Guanajuato: ¿un problema de salud o una solución?* [en línea]. [Consultado: 20-01-2023]. Recuperado de: <https://www.jornada.com.mx/2020/11/21/delcampo/articulos/contra-dengue.html>

Carvalho, F. P., González-Farias, F., Villeneuve, J. P., Cattini, C., Hernandez-Garza, M., Mee, L. D., & Fowler, S. W. (2002). Distribution, fate and effects of pesticide residues in tropical coastal lagoons of northwestern Mexico. *Environmental technology*, 23(11), 1257–1270. doi: 10.1080/09593332308618321.

Carvalho, F. P., Villeneuve, J. P., Cattini, C., Rendón, J., & Mota de Oliveira, J. (2009). Pesticide and PCB residues in the aquatic ecosystems of Laguna de Terminos, a protected area of the coast of Campeche, Mexico. *Chemosphere*, 74(7), 988–995. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.09.092.

Castillo Cadena, J., Montenegro Morales, L. P., & López Arriaga, J. A. (2017). El uso de plaguicidas altamente peligrosos en la floricultura en el Estado de México y el efecto sinérgico de las mezclas, en Bejarano, F. (coord). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México* (pp 247-262). Texcoco, RAPAM.

CDC (2020). Los mosquitos con Wolbachia para controlar mosquitos *Aedes aegypti* [en línea]. [Consultado: 04-01-23]. Recuperado de: <https://www.cdc.gov/mosquitoes/es/mosquito-control/community/sit/wolbachia.html>

CDPR (2020). *Hacia alternativas al clorpirifos más seguras y más sostenibles: Un plan de acción para California* [en línea]. [Consultado: 04-01-2023]. Recuperado de: https://www.cdpr.ca.gov/docs/chlorpyrifos/pdf/spanish/chlorpyrifos_action_plan_sp.pdf

CEDRSSA (2020). Centro de Estudios para el desarrollo Rural Sustentable y la soberanía Alimentaria (CEDRSSA). *La orientación agroecológica de los Programas de Producción para el Bienestar y Sembrando Vida*. [Consultado: 04-01-2023]. Recuperado de: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/9/75Agroecologi%CC%81aYPS.pdf>

CENAPRECE (2012). *Lista actualizada de productos Insecticidas recomendados por el CENAPRECE para el combate de insectos vectores de enfermedades a partir de 2012* [en línea]. [Consultado: 19-01-2023]. Recuperado de: http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/lista_insecticidas_recomendados_2012.pdf

CENAPRECE (2014). Secretaría de Salud, Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades.

- Dirección del Programa de Enfermedades transmitidas por vectores. *Lista actualizada de insumos recomendados por el CENAPRECE para el combate de insectos vectores de enfermedades a partir de 2014* [en línea]. [Consultado: 19-01-2023]. Recuperado de: http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/lista_insumos_recomendados_vectores2014.pdf
- CENAPRECE (2018a). Secretaría de Salud, Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. *Guía Metodológica para las acciones de control larvario* [en línea]. [Consultado: 19-01-2023]. Recuperado de: <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/GuiaMetodologicaAccionesControlLarvario.pdf>
- CENAPRECE (2018b). Secretaría de Salud, Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades, Dirección General Adjunta de Programas Preventivos. Dirección del Programa de Enfermedades Transmitidas por Vectores, *Guía metodológica para la aplicación intradomiciliar de insecticida de acción residual con equipo aspersor (motomochila)* [en línea]. [Consultado: 13-01-2023]. Recuperado de: http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/guia_rociado_residual_intradomiciliar.pdf
- CENAPRECE (2018c). Secretaría de Salud, Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades, *Guía de Nebulización térmica para la aplicación de adulticida con equipo portátil* [en línea]. [Consultado: 13-01-2023]. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/354680/Guia_Metodologica_para_la_Nebulizacion_Termica.pdf
- CENAPRECE (2018d). Secretaría de Salud, Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades, Dirección General Adjunta de Programas Preventivos. Dirección del Programa de Enfermedades Transmitidas por Vectores. *Guía de nebulización (Rociado espacial) para la aplicación de insecticidas a volumen ultra bajo (ULV) con equipo pesado* [en línea]. [Consultado: 20-01-2023]. Recuperado de: <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/GuiaNebulizacionEspacialAplicacionInsecticidasUBV.pdf>
- CENAPRECE (2022). *Productos recomendados por el CENAPRECE para el combate de insectos vectores de enfermedades a partir de 2022* [en línea]. [Consultado: 27-12-2022]. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/723559/Lista_de_Insumos_Recomendados_2022.pdf
- Cetin, N., Cetin, E., Eraslan, G., & Bilgili, A. (2007) Chlorpyrifos induces cardiac dysfunction in rabbits. *Research in Veterinary Science*, 82(3), 405-408. doi: 10.1016/j.rvsc.2006.08.002.

- Chiu, K. C., Sisca, F., Ying, J. H., Tsai, W. J., Hsieh, W. S., Chen, P. C., & Liu, C. Y. (2021). Prenatal chlorpyrifos exposure in association with PPAR γ H3K4me3 and DNA methylation levels and child development. *Environmental Pollution*, 274, 116511. doi: 10.1016/j.envpol.2021.116511.
- CICOPLAFEST. (1998). Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICLOPLAFEST), *Catálogo Oficial de Plaguicidas 1998*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Comercio y Fomento industrial, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Secretaría de Salud. México.
- CISEI. (2022). *Construcción de la participación social y comunitaria con liderazgo y coordinación municipal en la prevención y control sostenido del dengue en municipio demostrativo de la región de la sub-cuenca del río Apatlaco, Morelos. México*. [en línea]. [Consultado: 11-01-2023]. Recuperado de: <https://www.insp.mx/centros/enfermedades-infecciosas/linea/27/protocolo/2274> y *Reducción de poblaciones del mosquito Aedes aegypti, principal vector de dengue, Zika y chikungunya, mediante el uso de la trampa In2Care en el sur de México* [en línea]. [Consultado: 11-01-2023]. Recuperado de: <https://www.insp.mx/centros/enfermedades-infecciosas/linea/27/protocolo/2325>
- CITI. (2015). Consejo Internacional de los Tratados Indios. *Informe alternativo de los pueblos indígenas. Resumen ejecutivo. Presentado en la 69 sesión del Comité de los Derechos del Niño de las Naciones Unidas, en consideración de los informes periódicos cuarto y quinto de México bajo el art. 44 de la Convención sobre los Derechos del Niño de las Naciones Unidas*.
- CNDH. (2018). Comisión Nacional de Derechos Humanos, Recomendación no. 82/2018. *Sobre la violación a los derechos humanos a la alimentación, al agua salubre, a un medio ambiente sano y a la salud, por el incumplimiento a la obligación general de debida diligencia para restringir el uso de plaguicidas de alta peligrosidad, en agravio de la población en general*. Ciudad de México.
- Conacyt. (2022a). Programa Interinstitucional de Especialidad en Soberanías Alimentarias y Gestión de Incidencia Local Estratégica (PIES AGILES) [en línea]. [Consultado: 10-12-2022]. Recuperado de: <https://alimentacion.conacyt.mx/piesagiles/>
- Conacyt. (2022b). *Boletines Manejo Ecológico Integral de Arvenses* [en línea]. [Consultado: 10-12-2022]. Recuperado de: <https://conacyt.mx/publicaciones-conacyt/boletines-tematicos/>
- Cofepris LMR, clorpirifos etil (2023). Consulta de Registros Sanitarios de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR [en línea]. [Consultado 10 febrero 2023]. México. Recuperado de: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida>.

[asp?TipoRegPlafest=3&TxtBuscar=clorpirifos&button=Buscar&MM_Buscar=FrmBuscar&offset=-1](http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp?TipoRegPlafest=3&TxtBuscar=clorpirifos&button=Buscar&MM_Buscar=FrmBuscar&offset=-1)

Cofepris.(2023), Consulta de Registros anitarios, de Plaguicidas, Nutrientes Vegetaes y LMR. Plaguicidas, Búsqueda RELDAN [en línea]. [Consultado: 10 febrero 2023]. Recuperado de: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>

Contreras-Perera, Y., González-Olvera, G., Che-Mendoza, A., Mis-Ávila, P., Palacio-Vargas, J., Manrique-Saide, P., & Martin-Park, A. (2021). Susceptibility Status of a Recently Introduced Population of *Aedes albopictus* to Insecticides Used by the Vector Control Program in Merida, Yucatan, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 37(3), 164–168.

Correa-Morales, F., Dzul-Manzanilla, F., Bibiano-Marín, W., Vadillo-Sánchez, J., Medina-Barreiro, A., Martin-Park, A., Villegas-Chim, J., Elizondo-Quiroga, A. E., Lenhart, A., Vazquez-Prokopec, G. M., Eroles-Villamil, J., Che-Mendoza, A., & Manrique-Saide, P. (2019). Entomological Efficacy of Aerial Ultra-Low Volume Insecticide Applications Against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 56(5), 1331–1337. doi: 10.1093/jme/tjz066.

Corte Constitucional República de Colombia. (2022). *Referencia: Expediente T-8.522.455 Acción de tutela instaurada por Luis Domingo Gómez Maldonado (en representación de su hija, Valeria Gómez del Río) y como agente oficioso de las niñas y niños del territorio colombiano; en contra del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y otros* [en línea]. [Consultado: 21-12-2022]. Recuperado de: <https://www.corteconstitucional.gov.co/Relatoria/2022/T-343-22.htm>

Corteva. (2021). *Corteva Annual Report 2021* [en línea]. [Consultado: 20-12-2022]. Recuperado de: <https://investors.corteva.com/static-files/fb19f308-4766-4ca6-a3d6-bd0a8035f09a>

CRC/C/MEX/CO/4-5. (2015). Oficinas en México del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ACNUDH) y del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). *Comité de los Derechos del Niño de la Organización de las Naciones Unidas. Observaciones finales sobre los informes periódicos cuarto y quinto consolidados de México* [en línea]. [Consultado: 28-06-2022]. Recuperado de: https://sgg.jalisco.gob.mx/sites/sgg.jalisco.gob.mx/files/observaciones_finales_sobre_los_informes_periodicos_cuarto_y_quinto_consolidados_en_mexico.pdf

Dahllöf, Staffan (2019). On your dinner plate and in your body: the most dangerous pesticide you've never heard of [en línea]. [consultado 28-12-2022]. *Investigative Reporting Denmark*. Copenhagen, June, 17. Recuperado de <https://www.ir-d.dk/2019/06/on-your-dinner-plate-and-in-your-body-the-most-dangerous-pesticide-youve-never-heard-of/>

- De Angelis, S., Tassinari, R., Maranghi, F., Eusepi, A., Di Virgilio, A., Chiarotti, F., Ricceri, L., Venerosi Pesciolini, A., Gilardi, E., Moracci, G., Calamandrei, G., Olivieri, A., & Mantovani, A. (2009). Developmental exposure to chlorpyrifos induces alterations in thyroid and thyroid hormone levels without other toxicity signs in CD-1 mice. *Toxicological Sciences*, 108(2), 311–319. doi: 10.1093/toxsci/kfp017
- DGIAAP-Senasica (2022). Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera-Senasica. Núm. de Oficio B00.04.02 -1699-2022 ciudad de México a 17 ago 2022 a la Unidad de Transparencia INAI-SENASICA.
- Díaz-Barriga, A. S., Martínez-Tabche, L., Álvarez-González, I., López López, E., & Madrigal-Bujaidar, E. (2015). Toxicity induced by dieldrin and chlorpyrifos in the freshwater crayfish *Cambarellus montezumae* (Cambaridae). *Revista de biología tropical*, 63(1), 83–96. Doi: 10.15517/rbt.v63i1.13665.
- Díaz-Vallejo, J., Barraza-Villarreal, A., Yáñez-Estrada, L., & Hernández-Cadena, L. (2021). Plaguicidas en alimentos: riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz, México. *Salud Pública*, 63, 486-497. doi: 10.21149/12297.
- Dzul-Caamal, R., Domínguez-López, M. L., Olivares-Rubio, H. F., García-Latorre, E., & Vega-López, A. (2014). The relationship between the bioactivation and detoxification of diazinon and chlorpyrifos, and the inhibition of acetylcholinesterase activity in *Chirostoma jordani* from three lakes with low to high organophosphate pesticides contamination. *Ecotoxicology*, 23(5), 779–790. doi: 10.1007/s10646-014-1216-8.
- Earthjustice. (2022). *Lo que debes saber del clorpirifós. El pesticida tóxico que daña a nuestras familias y al medio ambiente* [en línea]. [Consultado: 10-12-2022]. Recuperado de: <https://earthjustice.org/features/lo-que-debes-saber-del-clorpirifos>
- Eaton, D.L., Daroff, R.B, Autrup, H., Bridges, J., Buffler, P., Costa, L.G., Coyle, J., McKhann, G., Mobley, W.C., Nadel, L., Neubert, D., Schulte-Herman, R., Spencer, P.S. (2008). Review of the toxicology of chlorpyrifos with an emphasis on human exposure and neurodevelopment. *Critical Review in Toxicology*, 38:1-125. Doi: 10.1080/10408440802272158.
- Ecologistas en Acción. (2022). Kistiñe García y Koldo Hernández. *Directo a tus hormonas Residuos de plaguicidas en alimentos españoles: plaguicidas disruptores endocrinos, no autorizados y candidatos a su sustitución debido a su toxicidad* [en línea],[consultado 10 febrero 2023]. Madrid, España. Recuperado de: <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2022/11/directo-a-tus-hormonas-2022.pdf>
- EFSA. (2019a). Statement on the available outcomes of the human health assessment in the context of the pesticides peer review of the active substance chlorpyrifos. *European Food Safety Authority Journal*, 17(8), 5809.

- EFSA. (2019b). Statement on the available outcomes of the human health assessment in the context of the pesticides peer review of the active substance chlorpyrifos-methyl. *European Food Safety Authority Journal*, 17(8), 5810.
- Engel, L. S., Werder, E., Satagopan, J., Blair, A., Hoppin, J. A., Koutros, S., Lerro, C. C., Sandler, D. P., Alavanja, M. C., & Beane Freeman, L. E. (2017). Insecticide Use and Breast Cancer Risk among Farmers' Wives in the Agricultural Health Study. *Environmental Health Perspectives*, 125(9), 097002. doi: 10.1289/EHP1295.
- EPA. (1999). Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. *Reconocimiento y Manejo de los Envenenamientos por Pesticidas* [en línea]. [Consultado: 20-12-2022]. Recuperado de: <https://espanol.epa.gov/seguridad-laboral-al-usar-pesticidas/reconocimiento-y-manejo-de-los-envenenamientos-por-pesticidas>
- EPA. (2022). *EPA Takes Action to Address Risk from Chlorpyrifos and Protect Children's Health* [en línea]. [Consultado: 27-12-2022]. Recuperado de: <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-takes-action-address-risk-chlorpyrifos-and-protect-childrens-health>
- EPA. *Federal Register / Vol. 86, No. 165 / Monday, August 30, 2021 / Rules and Regulations* [en línea]. [Consultado: 22-11-2022]. Recuperado de: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2021-08-30/pdf/2021-18390.pdf>
- Eskenazi, B., Marks, A. R., Bradman, A., Harley, K., Barr, D. B., Johnson, C., Morga, N., & Jewell, N. P. (2007). Organophosphate pesticide exposure and neurodevelopment in young Mexican-American children. *Environmental Health Perspectives*, 115(5), 792–798. doi: 10.1289/ehp.9828.
- Estrada, Aguilar, J.A.(2022). La transición agroecológica avanza.Prácticas agroecológicas implementadas en las Escuelas de Campo, en *Revoluciones Agroecológicas en México*. Bartra et al. (coords.) México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Producción para el Bienestar, Estrategia de acompañamiento técnico (pp 147-152).
- European Commission. *Food Safety. Chlorpyrifos & Chlorpyrifos-methyl* [en línea]. [Consultado: 22-12-2022]. Recuperado de: https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/approval-active-substances/renewal-approval/chlorpyrifos-chlorpyrifos-methyl_en
- Falfushynska, H., Khatib, I., Kasianchuk, N., Lushchak, O., Horyn, O., & Sokolova, I. M. (2022). Toxic effects and mechanisms of common pesticides (Roundup and chlorpyrifos) and their mixtures in a zebrafish model (Danio rerio). *The Science of the Total Environment*, 833, 155236. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.155236.
- FAO. (2018). *Iniciativa para ampliar la escala de la agroecología. Transformar la alimentación y los sistemas agrícolas apoyo a los ODS* [en línea]. [Consultado: 04-01-2023]. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/i9049es/i9049es.pdf>

- Faux, R. (2021). *Unfinished business: Completing the chlorpyrifos ban* [en línea]. [Consultado: 27-12-2022]. Recuperado de: <https://tinyurl.com/457nw75y>
- Fortenberry, G. Z., Meeker, J. D., Sánchez, B. N., Barr, D. B., Panuwet, P., Bellinger, D., Schnaas, L., Solano-González, M., Ettinger, A. S., Hernandez-Avila, M., Hu, H., & Tellez-Rojo, M. M. (2014). Urinary 3,5,6-trichloro-2-pyridinol (TCPY) in pregnant women from Mexico City: distribution, temporal variability, and relationship with child attention and hyperactivity. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 217(2-3), 405–412. doi: 10.1016/j.ijheh.2013.07.018
- Gaceta del Senado. (2022). *Iniciativa de la Sen. Ana Lilia Rivera Rivera, del Grupo Parlamentario Morena, con proyecto de decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General de Salud* [en línea]. [Consultado: 22-12-2022]. Recuperado de: https://www.senado.gob.mx/64/gaceta_del_senado/documento/123824
- García Hernández J., Leyva García, G., & Aguilera Márquez D. (2017). Los plaguicidas altamente peligrosos en el Valle del Yaqui, Sonora, en Bejarano, F. (coord). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México* (pp. 209-220). Texcoco, RAPAM.
- García-Méndez, V. H., Ortega-Arenas, L. D., Villanueva-Jiménez, J. A., & Osorio-Acosta, F. (2019). Resistance of *Diaphorina citri* Kuwayama to Insecticides in Five Regional Control Areas in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 44(4), 947-954.
- Gliessman, S., Rosado-May, F., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C., & Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 16(1), 13-23.
- Gómez González, I. (2017). El uso de los plaguicidas altamente peligrosos en la Península de Yucatán, en Bejarano, F. (coord). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México* (pp. 279-308). Texcoco, RAPAM.
- González Acosta, C., Cime Castillo, J., & Correa Morales, F. (2020). Control integrado de vectores en México. *Ciencia*, 71(1), 52-63.
- Guo, J., Zhang, J., Wu, C., Lv, S., Lu, D., Qi, X., Jiang, S., Feng, C., Yu, H., Liang, W., Chang, X., Zhang, Y., Xu, H., Cao, Y., Wang, G., & Zhou, Z. (2019). Associations of prenatal and childhood chlorpyrifos exposure with Neurodevelopment of 3-year-old children. *Environmental Pollution*, 251, 538–546. doi: 10.1016/j.envpol.2019.05.040.
- HEAL. (2018). Health and Environment Alliance. *EU should ban brain-harming chlorpyrifos to protect Health* [en línea]. [Consultado: 26-12-2022]. Recuperado de: https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/Chlorpyrifos%20Factsheet_August2018.pdf

- Hernández García, M. G., & Pérez, E. (2022). Productores y Comunidades Campesinas indígenas: sujetos principales de la transformación agroalimentaria del país, en Bartra, A., (Ed.), *Revoluciones agroecológicas en México*. (pp. 126-143). Libros del Campo. Secretaría de Agricultura, Inifap.
- Hernández, H. U. B., Mariaca Méndez, R., Nazar Beutelspacher, A., Álvarez Solís, J. D., Torres Dosal A., & Herrera Portugal, C. (2017). Los plaguicidas altamente peligrosos en los Altos de Chiapas, en Bejarano, F. (coord). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. (pp. 263-278) Texcoco, RAPAM.
- Hernández-Hernández, C. N., Valle-Mora, J., Santiesteban-Hernández, A., & Bello-Mendoza, R. (2007). Comparative ecological risks of pesticides used in plantation production of papaya: application of the SYNOPSIS indicator. *The Science of the Total Environment*, 381(1-3), 112–125. doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.03.014.
- Herrera-Moreno, J. F., Medina-Díaz, I. M., Bernal-Hernández, Y. Y., Barrón-Vivanco, B. S., González-Arias, C. A., Moreno-Godínez, M. E., Verdín-Betancourt, F. A., Sierra-Santoyo, A., & Rojas-García, A. E. (2021). Organophosphorus pesticide exposure biomarkers in a Mexican population. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(36), 50825–50834. doi: 10.1007/s11356-021-14270-1
- Howard, M. D., Mirajkar, N., Karanth, S., & Pope, C. N. (2007). Comparative effects of oral chlorpyrifos exposure on cholinesterase activity and muscarinic receptor binding in neonatal and adult rat heart. *Toxicology*, 238(2-3), 157–165. doi: 10.1016/j.tox.2007.05.030.
- IARC. (2022). *Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans Report of the Advisory Group to Recommend Priorities for the IARC Monographs during 2020–2024* [en línea]. [Consultado: 26-12-2022]. Recuperado de: https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/10/IARCMonographs-AGReport-Priorities_2020-2024.pdf
- Ismail, M., Ali, R., Shahid, M., Khan, M. A., Zubair, M., Ali, T., & Mahmood Khan, Q. (2018). Genotoxic and hematological effects of chlorpyrifos exposure on freshwater fish Labeo rohita. *Drug and Chemical Toxicology*, 41(1), 22–26. doi: 10.1080/01480545.2017.1280047.
- Jain, R. B. (2017). Association between thyroid function and urinary levels of 3,5,6-trichloro-2-pyridinol: data from NHANES 2007-2008. *Environmental Science and Pollution Research International*, 24(3), 2820–2826. doi: 10.1007/s11356-016-8007-0.
- Juntarawijit, Y., Chaichanawirote, U., Rakmeesri, P., Chairattanasakda, P., Pumyim, V., & Juntarawijit, C. (2021). Chlorpyrifos and other pesticide exposure and suspected developmental delay in children aged under 5 years: a case-control study in Phitsanulok, Thailand. *F1000Research*, 9, 1501.

- Kulczycki, C., & Hermida, M., (2021). INTA, *Eliminación de Clorpirifós en Argentina* [en línea]. [Consultado: 22-12-2022]. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/noticias/eliminacion-de-clorpirifos-en-argentina>
- Lagunes, A. & Rodríguez, M. (1990). *Grupos Toxicológicos de Insecticidas y Acaricidas. Los mecanismos de resistencia como base para el manejo de insecticidas y acaricidas agrícolas*. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Lerro, C. C., Koutros, S., Andreotti, G., Friesen, M. C., Alavanja, M. C., Blair, A., Hoppin, J. A., Sandler, D. P., Lubin, J. H., Ma, X., Zhang, Y., & Beane Freeman, L. E. (2015). Organophosphate insecticide use and cancer incidence among spouses of pesticide applicators in the Agricultural Health Study. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(10), 736–744. doi: 10.1136/oemed-2014-102798.
- LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS [LGPGIR]. Última reforma publicada DOF 18-01-2021. (México)
- Leu, André. (2014). *The Myths of Safe Pesticides*. Acres, Austin, Texas. Prefacio de Vandana Shiva.
- Leyva Morales, J-B., Martínez Rodríguez, I., Bastidas Bastidas, P. dJ., & Betancourt Lozano, M. (2017). Plaguicidas altamente peligrosos utilizados en el Valle de Culiacán, Sinaloa, en Bejarano, F. (coord). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. (pp. 197-208) Texcoco, RAPAM.
- López, B., Ponce, G., González, J. A., Gutiérrez, S. M., Villanueva, O. K., González, G., Bobadilla, C., Rodríguez, I. P., Black, W. C., 4th, & Flores, A. E. (2014). Susceptibility to chlorpyrifos in pyrethroid-resistant populations of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 51(3), 644–649. doi: 10.1603/me13185.
- López-Gálvez, N., Wagoner, R., Beamer, P., de Zapien, J., & Rosales, C. (2018). Migrant Farmworkers' Exposure to Pesticides in Sonora, Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12), 2651. doi: 10.3390/ijerph15122651.
- López-Granero, C., Cañadas, F., Cardona, D., Yu, Y., Giménez, E., Lozano, R., Avila, D. S., Aschner, M., & Sánchez-Santed, F. (2013). Chlorpyrifos-, diisopropylphosphorofluoridate-, and parathion-induced behavioral and oxidative stress effects: are they mediated by analogous mechanisms of action? *Toxicological sciences*, 131(1), 206–216. doi: 10.1093/toxsci/kfs280.

- López-Solís, A. D., Castillo-Vera, A., Cisneros, J., Solís-Santoyo, F., Penilla-Navarro, R. P., William, C. B., Torres-Estrada, J. L., & Rodríguez, A. D. (2020). Resistencia a insecticidas en *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) de Tapachula, Chiapas, México. *Salud Pública de México*, 62(4):439-46. doi: 10.21149/10131.
- Makris, K. C., Efthymiou, N., Konstantinou, C., Anastasi, E., Schoeters, G., Kolossa-Gehring, M., & Katsonouri, A. (2022). Oxidative stress of glyphosate, AMPA and metabolites of pyrethroids and chlorpyrifos pesticides among primary school children in Cyprus. *Environmental Research*, 212(Pt B), 113316. doi: 10.1016/j.envres.2022.113316.
- Martin-Culma, N. Y., & Arenas-Suárez, N. E. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 14(1), 232-240.
- Martínez Valenzuela, C., Ligne Calderón Vázquez, C., Ortega Martínez, L. Marian Waliszewski, S., Mendoza Maldonado, L., & Arámbula-Meraz, E. (2017). Plaguicidas en el norte de Sinaloa: efectos en la salud, en Bejarano, F. (coord). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. (pp 187-196). Texcoco, RAPAM.
- Martin-Park, A., Gómez-Govea, M. A., López-Monroy, B., Treviño-Alvarado, V. M., Torres-Sepúlveda, M. D., López-Uriarte, G. A., Villanueva-Segura, O. K., Ruiz-Herrera, M. D., Martínez-Fierro, M. L., Delgado-Enciso, I., Flores-Suárez, A. E., White, G. S., Martínez de Villarreal, L. E., Ponce-García, G., Black, W. C., 4th, & Rodríguez-Sánchez, I. P. (2017). Profiles of Amino Acids and Acylcarnitines Related with Insecticide Exposure in *Culex quinquefasciatus* (Say). *PloS one*, 12(1), e0169514. doi: 10.1371/journal.pone.0169514.
- Medina-Díaz, I. M., Ponce-Ruiz, N., Ramírez-Chávez, B., Rojas-García, A. E., Barrón-Vivanco, B. S., Elizondo, G., & Bernal-Hernández, Y. Y. (2017). Downregulation of human paraoxonase 1 (PON1) by organophosphate pesticides in HepG2 cells. *Environmental Toxicology*, 32(2), 490–500. doi: 10.1002/tox.22253.
- Medina-Díaz, I. M., Rubio-Ortiz, M., Martínez-Guzmán, M. C., Dávalos-Ibarra, R. L., Rojas-García, A. E., Robledo-Marengo, M. L., Barrón-Vivanco, B. S., Girón-Pérez, M. I., & Elizondo, G. (2011). Organophosphate pesticides increase the expression of alpha glutathione S-transferase in HepG2 cells. *Toxicology in Vitro*, 25(8), 2074–2079. doi: 10.1016/j.tiv.2011.08.010.
- Méndez-Galván, J.F., Betanzos A., Velázquez-Monroy, O., Tapia-Conyer, R. (2004). Secretaría de Salud de México, *Guía para la implementación y demostración de alternativas sostenibles de control integrado de la malaria en México y América Central*, Primera edición: GEF/PAHO Ed.

- Middlemore-Risher, M.L., Buccafusco, J.J., Terry, A.V. Jr. (2010). Repeated exposures to low-level chlorpyrifos results in impairments in sustained attention and increased impulsivity in rats. *Neurotoxicology Teratol*, 2(4):415-24. Doi: 10.1016/j.ntt.2010.03.008. Epub 2010 Mar 27. PMID: 20350597; PMCID: PMC2875297.
- Mie, A., Rudén, C. & Grandjean, P. (2018). Safety of Safety Evaluation of Pesticides: developmental neurotoxicity of chlorpyrifos and chlorpyrifos-methyl. *Environ Health* 17, 77 <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0421-y> y Response to Juberg et al. *Environ Health* 19, 76 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00633-7>
- Minassa, V. S., Aitken, A. V., Hott, S. C., de Sousa, G. J., Batista, T. J., Gonçalves, R. C. R., Coitinho, J. B., Paton, J. F. R., Beijamini, V., Bissoli, N. S., & Sampaio, K. N. (2022). Intermittent exposure to chlorpyrifos results in cardiac hypertrophy and oxidative stress in rats. *Toxicology*, 482, 153357. Doi: 10.1016/j.tox.2022.153357.
- Mitra, N. K. (2011). Dermal Exposure to Sub-Toxic Amount of CPF - Is It Neurotoxic?, en Stoytcheva, M. *Pesticides in the Modern World - Effects of Pesticides Exposure* (pp. 21-32). Intech.
- Naime, A. A., Lopes, M. W., Colle, D., Dafré, A. L., Suñol, C., da Rocha, J. B. T., Aschner, M., Leal, R. B., & Farina, M. (2020). Glutathione in Chlorpyrifos-and Chlorpyrifos-Oxon-Induced Toxicity: a Comparative Study Focused on Non-cholinergic Toxicity in HT22 Cells. *Neurotoxicity Research*, 38(3), 603–610. doi: 10.1007/s12640-020-00254-5
- Nájera, J. A. & Zaim, M. (2004). WHO/CDS/WHOPES/2002.5 Rev.1. *Lucha antivectorial para el control del paludismo. Criterios para guiar la toma de decisiones y procedimientos para el uso sensato de insecticidas* [en línea]. [Consultado: 22-12-2022]. Recuperado de: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68522/WHO_CDS_WHOPES_2002.5_Rev.1_spa.pdf?jsessionid=15FADD831C9C6CD26FCF48FEAF55169B?sequence=1
- Naturaleza de derechos. (2021). Fernando Cabaleiro (ed.) Colaboraciones de Eduardo Martín Rossi, Verónica García Christensen & Rocío Crespo, *Informe. Alimentos & Residuos de Agrotóxicos en la Argentina. Análisis y Sistematización de los resultados de los controles oficiales del SENASA sobre presencia de agrotóxicos en frutas, hortalizas, verduras, cereales y oleaginosas, entre los años 2017 y 2019, en toda la Argentina* [en línea] [Consultado 9 febrero 2023]. Recuperado de: https://drive.google.com/file/d/1Iskwe8cLfJMFLDi9-328oMWqIDiVTpG-/view?fbclid=IwAR0mct1nThAIuns_v3qxjqE0veQoql-dKameEF4Rat9SCEVq72koNqxDu-N8
- Navarrete-Carballo, J., Chan-Espinoza, D., Palacio-Vargas, J., González-Olvera, G., Che-Mendoza, A., Martin-Park, A., & Manrique-Saide, P. (2022). Insecticide Susceptibility Tests of *Aedes taeniorhynchus* in Yucatan, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 38(3), 224–225. doi: 10.2987/19-6898.

- OCDE.(2021).Gobernanza regulatoria en el sector de plaguicidas en México. [en línea]. [Consultado 15-12-2022] Publicado Sept 22. Recuperado de <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/b4805eb5-es/index.html?itemId=/content/publication/b4805eb5-es>
- Olaíz Fernández, G., & Barragán Ramírez, C. (2001). CICOPLAFEST, un ejemplo de trabajo interinstitucional ante la problemática de los plaguicidas en México, en Octavio Rivero, P. R. (Ed), *Daños a la salud por Plaguicidas*. (pp. 211-226). Consejo de Salubridad General, UNAM.
- ONU, A/HRC/33/41. (2016). *Informe del Relator Especial sobre las implicaciones para los derechos humanos de la gestión y eliminación ecológicamente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos*. Naciones Unidas, Asamblea General. Consejo de Derechos Humanos. 33er periodo de sesiones. [en línea] [Consultado 10 febrero 2023]. Recuperado de: <https://undocs.org/Home/Mobile?FinalSymbol=A%2FHRC%2F33%2F41&Language=E&DeviceType=Desktop&LangRequested=False>
- ONU, A/74/480. (2019). *Asamblea General de las Naciones Unidas. Informe del Relator Especial sobre las implicaciones para los derechos humanos de la gestión y eliminación ecológicamente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos, Baskut Tuncak. Septuagésimo cuarto período de sesiones, 7 octubre de 2019* [en línea]. [Consultado: 28-12-2022]. Recuperado de: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N19/304/17/PDF/N1930417.pdf?OpenElement>
- ONU, A/HRC/34/48. (2017). *Asamblea General de las Naciones Unidas, Informe de la Relatora Especial sobre el derecho a la alimentación, 34º período de sesiones, 24 enero 2017* [en línea]. [Consultado: 28-12-2022]. Recuperado de: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G17/017/90/PDF/G1701790.pdf?OpenElement>
- ONU, Resolución 76/300. (2022). Naciones Unidas. *El derecho humano a un medio ambiente limpio, saludable y sostenible*. Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de Junio de 2022.
- Oostingh, G. J., Wichmann, G., Schmittner, M., Lehmann, I., & Duschl, A. (2009). The cytotoxic effects of the organophosphates chlorpyrifos and diazinon differ from their immunomodulating effects. *Journal of Immunotoxicology*, 6(2), 136–145. doi: 10.1080/15476910902977407.
- OPS/OMS. (2010). *Estrategia de gestión integrada para la prevención y el control del dengue* [en línea]. [Consultado: 28-12-2022]. Recuperado de: shorturl.at/efmU0
- OPS/OMS. (2019). *Estrategia de gestión integrada para la prevención y el control de las enfermedades arbovirales en las Américas*. Washington, Oficina Regional para las Américas [en línea]. [Consultado: 28-12-2022]. Recuperado de:

https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51787/9789275320495_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Orellana, M. (2022). *Comunicado del Relator Especial sobre las implicaciones para los derechos humanos de la gestión y eliminación ecológicamente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos* [en línea]. [Consultado: 28-12-2022]. Recuperado de: <https://tinyurl.com/bdz7ysku>
- Osuna-Flores, I., Pérez-Morales, A., Olivos-Ortiz, A., & Álvarez-González, C. A. (2019). Effect of organophosphorus pesticides in juveniles of *Litopenaeus vannamei*: alteration of glycogen, triglycerides, and proteins. *Ecotoxicology*, 28(6), 698–706. doi: 10.1007/s10646-019-02066-6.
- PAN. (2021). *Pesticide Action Network International (PAN) International list of Highly Hazardous Pesticides, Hamburg, 2021* [en línea]. [Consultado: 15-12-2022]. Recuperado de: https://pan-international.org/wp-content/uploads/PAN_HHP_List.pdf
- PANNA. (2017). Pesticide Action Network North America, *Chlorpyrifos Alternatives in California* [en línea]. [Consultado: 04-01-2023]. Recuperado de: <https://www.panna.org/sites/default/files/CPF-alternatives-2017-CA.pdf>
- PANNA. (2019). *Two more chlorpyrifos bans on the books!* [en línea]. [Consultado: 27-12-2022]. Recuperado de: <https://www.panna.org/blog/two-more-chlorpyrifos-bans-books>
- Perera-Rios, J., Ruiz-Suarez, E., Bastidas-Bastidas, P. J., May-Euán, F., Uicab-Pool, G., Leyva-Morales, J. B., Reyes-Novelo, E., & Pérez-Herrera, N. (2022). Agricultural pesticide residues in water from a karstic aquifer in Yucatan, Mexico, pose a risk to children's health. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(10), 2218–2232. doi: 10.1080/09603123.2021.1950652.
- Pérez, Olvera, Ma. A., Navarro Garza, H., Flores Sánchez, D., Ortega García, N., & Tristán Martínez, E. (2017). Plaguicidas altamente peligrosos utilizados en el Bajío de Guanajuato, en Bejarano, F. (coord). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. (pp. 221-246). Texcoco, RAPAM.
- Pérez-Herrera, N., Vera-Avilés, M., Castillo-Burguete, T., Perera-Rios, J., Esperón-Hernández, R., Rojas-García, A. E., Medina-Díaz, I. M., & Quintanilla-Vega, B. (2018). Pesticide exposure index: practices among women from an agricultural community in southeast Mexico. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 34, 57–68. doi: 10.20937/RICA.2018.34.esp02.05
- PMRA. (2018). *Regulatory Directive DIR2018-01, Policy on Cancellations and Amendments Following Re-evaluation and Special Review* [en línea]. [Consultado: 22-12-2022]. Recuperado de: <https://tinyurl.com/px3hkf3f>

- PMRA. (2021). *Re-evaluation Note REV2021-04, Cancellation of remaining chlorpyrifos registrations under paragraph 20(1)(a) of the Pest Control Products Act* [en línea]. [Consultado: 22-12-2022]. Recuperado de: <https://tinyurl.com/y46cpa8c>
- Ponce-Vélez, G., & de la Lanza-Espino, G. (2019). Organophosphate Pesticides in Coastal Lagoon of the Gulf of Mexico. *Journal of Environmental Protection*, 10(2), 103-117.
- POPRC. (2022a). *17/4 Chlorpyrifos* [en línea]. [Consultado: 12-12-2022]. Recuperado de: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC17/Overview/tabid/8900/Default.aspx>
- POPRC. (2022b). *UN Environment POPRC-Follow up letter. Rolph Payet, Executive Secretary. Subject: Invitation for information following the decisions adopted by the Persistent Organic Pollutants Review Committee at its eighteenth meeting (POPRC-18)*.
- PubChem. (2022). *National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 21803, Chlorpyrifos-methyl* [en línea]. [Consultado: 20-12-2022]. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chlorpyrifos-methyl>
- Raibeemol, K. P., & Chitra, K. C. (2020). Induction of immunological, hormonal and histological alterations after sublethal exposure of chlorpyrifos in the freshwater fish, *Pseudotroplus maculatus* (Bloch, 1795). *Fish & Shellfish Immunology*, 102, 1–12. doi: 10.1016/j.fsi.2020.04.005.
- Ramírez-Bustos, I. I., Saldarriaga-Noreña, H., Fernández-Herrera, E., Juárez-López, P., Alia-Tejacal, I., Guillén-Sánchez, D., Rivera-León, I., & López-Martínez, V. (2019). Dissipation Behavior of Three Pesticides in Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) Pads in Morelos, Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2922. doi: 10.3390/ijerph16162922.
- Ramírez-Marfil, L., Hinojosa-Flores, I., García-Durán, M. A., & Santellano-Estrada, E. (2021). Percepción de la problemática ambiental en Delicias, Chihuahua, México. *Sociedad y Ambiente*, 24, 1-32. doi: 10.31840/sya.vi24.2212.
- RAPAM. (2022). “Comunicado del Relator Especial sobre las implicaciones para los derechos humanos de la gestión y eliminación ecológicamente racionales de las sustancias y los desechos peligrosos”, Ginebra, Palacio de Naciones, 10 de noviembre de 2022: Intervención de RAPAM en el Senado de la República 26 de octubre de 2022; IPEN “Apoyo a la iniciativa para establecer un Programa Nacional de Prohibición progresiva de Plaguicidas Altamente Peligrosos aplicando el principio precautorio y el fomento a bioinsumos y agroecología” [en línea]. [Consultado: 28-12-2022]. Recuperado de: www.rapam.org

- Rauh, V. A., Garfinkel, R., Perera, F. P., Andrews, H. F., Hoepner, L., Barr, D. B., Whitehead, R., Tang, D., & Whyatt, R. W. (2006). Impact of prenatal chlorpyrifos exposure on neurodevelopment in the first 3 years of life among inner-city children. *Pediatrics*, 118(6), e1845–e1859. doi: 10.1542/peds.2006-0338.
- Rauh, V. A., Arunajadai, S., Horton, M., Perera, F., Hoepner, L., Barr, D. B., Whyatt, R. (2011). Seven-year neurodevelopmental scores and prenatal exposure to chlorpyrifos, a common agricultural pesticide. *Environ Health Perspect*, 119(8), 1196-1201. doi:10.1289/ehp.1003160.
- Rauh, V. A., Perera, F. P., Horton, M. K., Whyatt, R. M., Bansal, R., Hao, X., Liu, J., Barr, D. B., Slotkin, T. A., & Peterson, B. S. (2012). Brain anomalies in children exposed prenatally to a common organophosphate pesticide. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(20), 7871–7876. doi: 10.1073/pnas.1203396109.
- Red Temática de Toxicología de Plaguicidas. (2018). *Uso indebido de plaguicidas ponen en peligro la salud pública en México, carta a la Secretaría de Salud, Comisión de Salud de la cámara de Diputados LXII Legislatura, Cámara de Senadores del H Congreso de la Unión, a la opinión pública* [en línea]. [Consultado: 20-01-2023]. Recuperado de: https://www.redtoxicologiadeplaguicidas.org/_files/ugd/815f6b_14f71ebe29494da1906821c2640cd42b.pdf
- Reiss, R., Neal, B., Lamb, J. C., 4th, & Juberg, D. R. (2012). Acetylcholinesterase inhibition dose-response modeling for chlorpyrifos and chlorpyrifos-oxon. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 63(1), 124–131. doi: 10.1016/j.yrtph.2012.03.008.
- Rendón-von Osten, J. R., Soares, A. M., & Guilhermino, L. (2005a). Black-bellied whistling duck (*Dendrocygna autumnalis*) brain cholinesterase characterization and diagnosis of anticholinesterase pesticide exposure in wild populations from Mexico. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(2), 313–317. doi: 10.1897/03-646.1.
- Rendón-von Osten, J., & Hinojosa Garro, D. (2017). Uso de plaguicidas altamente peligrosos en Campeche, en Bejarano, F. (coord). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. (pp. 309-317). Texcoco, RAPAM.
- Rendón-von Osten, J., Ortiz-Arana, A., Guilhermino, L., & Soares, A. M. (2005b). In vivo evaluation of three biomarkers in the mosquitofish (*Gambusia yucatana*) exposed to pesticides. *Chemosphere*, 58(5), 627–636. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.08.065.
- Reuters. (2020). *Corteva to stop making pesticide linked to kids' health problems* By Tom Polansek [en línea]. [Consultado: 10-12-2022]. Recuperado de: <https://www.reuters.com>

[com/article/us-corteva-agriculture-pesticide/corteva-to-stop-making-pesticide-linked-to-kids-health-problems-idUSKBN20023I](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6820023/)

- Robles-Mendoza, C., García-Basilio, C., Cram-Heydrich, S., Hernández-Quiroz, M., & Vanegas-Pérez, C. (2009). Organophosphorus pesticides effect on early stages of the axolotl *Ambystoma mexicanum* (Amphibia: Caudata). *Chemosphere*, 74(5), 703–710. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.09.087.
- Robles-Mendoza, C., Zúñiga-Lagunes, S. R., Ponce de León-Hill, C. A., Hernández-Soto, J., & Vanegas-Pérez, C. (2011). Esterases activity in the axolotl *Ambystoma mexicanum* exposed to chlorpyrifos and its implication to motor activity. *Aquatic Toxicology*, 105(3-4), 728–734. doi: 10.1016/j.aquatox.2011.09.001.
- Rodríguez-Fuentes, G., Rubio-Escalante, F. J., Noreña-Barroso, E., Escalante-Herrera, K. S., & Schlenk, D. (2015). Impacts of oxidative stress on acetylcholinesterase transcription, and activity in embryos of zebrafish (*Danio rerio*) following Chlorpyrifos exposure. *Comparative biochemistry and physiology. Toxicology & Pharmacology*, 172-173, 19–25. doi: 10.1016/j.cbpc.2015.04.003.
- Rodríguez-Vivas, R. I., Miller, R. J., Ojeda-Chi, M. M., Rosado-Aguilar, J. A., Trinidad-Martínez, I. C., & Pérez de León, A. A. (2014). Acaricide and ivermectin resistance in a field population of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) collected from red deer (*Cervus elaphus*) in the Mexican tropics. *Veterinary Parasitology*, 200(1-2), 179–188. doi: 10.1016/j.vetpar.2013.11.025.
- Rojas-Prado, E. (2022). *Efectos reproductivos por exposición intrauterina a dosis bajas de clorpirifos en ratones hembra y macho F1* [Tesis de maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional].
- Ruiz-Arias, M. A., Medina-Díaz, I. M., Bernal-Hernández Y. Y., Barrón-Vivanco, B. S., González-Arias, C. A., Romero-Bañuelos, C. A., Verdín-Betancourt, F. A., Herrera-Moreno, J. F., Ponce-Vélez, G., Gaspar-Ramírez, O., Bastidas-Bastidas, P. dJ., Bejarano-González, F., & Rojas-García, A. E. (2023), Current status of chlorpyrifos in Mexico: a case of study in environmental samples and aquatic organisms. En preparación.
- Sader. (2019) . Comunicado 11 dic. Colaboración intersecretarial para impulsar la producción, comercialización y uso de bioinsumos [en línea]. [Consultado 10-01-2023]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/colaboracion-intersecretarial-para-impulsar-la-produccion-comercializacion-y-uso-de-bioinsumos-229772>
- Sader, Diario Oficial de la Federación (DOF). (2022). *ACUERDO por el que se establecen los criterios para determinar los límites máximos de residuos tóxicos y contaminantes*

en los bienes de origen animal, recursos acuícolas y pesqueros, de funcionamiento de métodos analíticos, el Programa Nacional de Control y Monitoreo de Residuos Tóxicos en los bienes de origen animal, recursos acuícolas y pesqueros, Programa de Monitoreo de Residuos Tóxicos en Animales y el Programa Nacional de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas en Vegetales, así como el módulo de consulta, los cuales se encuentran regulados por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [en línea]. [Consultado: 04-01-2023]. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/702471/2022_02_09_MAT_sader.pdf

Sader, INIFAP. (2021). *Anexo I Programa Producción para el Bienestar 2021. Estrategia de Acompañamiento técnico.*

Sader. (2022). *Cuarto Informe: avanzamos en el rescate y bienestar del campo* [en línea]. [Consultado: 04-01-2023]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cuarto-informe-avanzamos-en-el-rescate-y-bienestar-del-campo> consultado 4 enero 2023

Safe Food Matters. (2022). *Issues Chlorpyrifos* [en línea]. [Consultado: 04-01-2023]. Recuperado de: <https://safefoodmatters.org/issues-chlorpyrifos/>

SAG. (2022). *Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero, Direccion Nacional, Resolución exenta N°5.810, publicada en el Diario Oficial* [en línea]. [Consultado: 20-12-2022]. Recuperado de: <https://bcn.cl/3alz9>

Salas, J. H., González, M. M., Noa, M., Pérez, N. A., Díaz, G., Gutiérrez, R., Zazueta, H., & Osuna, I. (2003). Organophosphorus pesticide residues in Mexican commercial pasteurized milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(15), 4468–4471. doi: 10.1021/jf020942i

Salazar-Arredondo, E., de Jesús Solís-Heredia, M., Rojas-García, E., Hernández-Ochoa, I., & Quintanilla-Vega, B. (2008). Sperm chromatin alteration and DNA damage by methyl-parathion, chlorpyrifos and diazinon and their oxon metabolites in human spermatozoa. *Reproductive Toxicology*, 25(4), 455–460. doi: 10.1016/j.reprotox.2008.05.055

SARH. (1980). Dirección General de Sanidad Vegetal, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. *Manual de Plaguicidas Autorizados para 1980.* México.

Sass, J. (2022). *EPA Bans Chlorpyrifos On Food Crops.* [Consultado: 10-12-2022]. Recuperado de: <https://www.nrdc.org/experts/jennifer-sass/epa-bans-chlorpyrifos-food-crops>

Schettler, T., Stein, J., & Fay Reich, M. V., (2000). *En la línea de Fuego. Amenazas tóxicas para el desarrollo del niño.* Greater Bostoneladas Physician for Social Responsibility

(PSR), Bostoneladas USA. Traducido y adaptado por la Asociación de Médicos por el Medio Ambiente, AAMMA. Argentina, 2022.

Secretaría de Salud, R-PLAFEST. (2014). *Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos*. México. Diario Oficial de la federación (DOF) 28 Diciembre 2004 y última reforma publicada en el DOF 13 Febrero 2014.

Secretaría de Salud. (2015). *Norma Oficial Mexicana NOM-032-SSA2-2014, Para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores, Diario Oficial de la Federación* [en línea]. [Consultado: 15-12-2022]. Recuperado de: http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/NOM_032_SSA2_2014.pdf

Secretaría de Salud. (2021). *Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de las Enfermedades Transmitidas por Vector (ETV)* [en línea]. [Consultado: 20-01-2023]. Recuperado de: https://epidemiologia.salud.gob.mx/gobmx/salud/documentos/manuales/36_Manual_ETV.pdf

Secretaría de Salud/Cenaprece. (2020). Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades, *Manual para la implementación de la estrategia de eliminación y modificación de hábitats y criaderos de anofelinos* [en línea]. [Consultado: 11-01-2023]. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/615136/Manual_para_la_implementacion_de_EMHCAS_2020.pdf

Semarnat. (2012). *Guía de requisitos de estudios ecotoxicológicos y de destino ambiental para el registro de plaguicidas y reguladores de crecimiento sintéticos*. México.

Semarnat. (2019). *Elementos para desarrollar una Estrategia Integral para la Gestión Responsable de Plaguicidas en México, Propuesta 2019* [en línea]. [Consultado: 22-12-2022]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/558958/EstrategiaNacionalParaEvitarRiesgosPlaguicidas.pdf>

Senado de la República. (2022). *Comisiones se instalan en sesión permanente para analizar dictamen sobre plaguicidas altamente peligrosos* [en línea]. [Consultado: 22-12-2022]. Recuperado de: shorturl.at/AHMOV2

SENASA. (2021). *Resolución 414/2021 Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, Boletín Oficial de la República Argentina* [en línea]. [Consultado: 10-12-2022]. Recuperado de: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/247780/20210806>

- Senasica. (2020). Tabla de Límites Máximos de Residuos, 18 marzo de 2020 [en línea]. [Consultado 20-01-2023]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/limites-maximos-de-residuos-toxicos-y-contaminantes> y <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/542457/TABLA-LMR-2020.pdf>
- Senasica. (2021). *Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes* [en línea]. [Consultado: 28-12-2022]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/centro-nacional-de-referencia-de-plaguicidas-y-contaminantes-cnrypc>
- Senasica. (2022). *Catálogo de servicios y solicitud de análisis* [en línea]. [Consultado: 28-12-2022]. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/775453/PLAG-CS_CAT_LOGO_DE_SERVICIOS_DE_PLAGUICIDAS_2_.pdf
- Senasica -DGIAAP.(2022). Octubre. Manual técnico de muestreo de vegetales para ladeterminación de residuos de plaguicidas.[en línea].[Consultado]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/manual-tecnico-de-muestreo-de-vegetales-para-la-determinacion-de-residuos-de-plaguicidas?state=published>
- Shelton, J. F., Geraghty, E. M., Tancredi, D. J., Delwiche, L. D., Schmidt, R. J., Ritz, B., Hansen, R. L., & Hertz-Picciotto, I. (2014). Neurodevelopmental disorders and prenatal residential proximity to agricultural pesticides: the CHARGE study. *Environmental Health Perspectives*, 122(10), 1103–1109. doi: 10.1289/ehp.1307044
- Silveira-Gramont, M. I., Aldana-Madrid, M. L., Piri-Santana, J., Valenzuela-Quintanar, A. I., Jasa-Silveira, G., & Rodríguez-Olibarria, G. (2018). Plaguicidas agrícolas: un marco de referencia para evaluar riesgos a la salud en comunidades rurales en el estado de Sonora, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), 7-21. doi: 10.20937/RICA.2018.34.01.01
- Slotkin, T. A. (1999). Developmental cholinotoxicants: nicotine and chlorpyrifos. *Environmental Health Perspectives*, 107(Suppl 1), 71-80. doi: 10.1289/ehp.99107s171.
- Stalin, A., Suganthi, P., Mathivani, S., Paray, B. A., Al-Sadoon, M. K., Gokula, V., & Musthafa, M. S. (2019). Impact of chlorpyrifos on behavior and histopathological indices in different tissues of freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch). *Environmental Science and Pollution Research International*, 26(17), 17623–17631. doi: 10.1007/s11356-019-05165-3.
- Tapia-Conyer, R., Méndez-Galván, J., & Burciaga-Zúñiga, P. (2012). Community participation in the prevention and control of dengue: the patio limpio strategy in Mexico. *Paediatrics and International Child Health*, 32 Suppl 1(s1), 10–13. doi: 10.1179/2046904712Z.000000000047

- Tierra y Libertad (2020). Ley para la prevención y control del Dengue, Zika y Chikungunya en el estado de Morelos [en línea]. Periódico Oficial “Tierra y Libertad”, órgano del gobierno del estado libre y soberano de Morelos, Cuernavaca, Mor., a 26 de noviembre, Núm 5883 [Consultado 13-01-2023]. Recuperado de <https://www.periodicooficial.morelos.gob.mx/periodicos/2020/5883.pdf>
- Toledo, V. (2022). El Big Bang de la agroecología en México, en Bartra, et al., (Coords.), *Revoluciones agroecológicas en México*. (pp. 49-52). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Producción para el Bienestar, Estrategia de acompañamiento técnico.
- Ubaid Ur Rahman, H., Asghar, W., Nazir, W., Sandhu, M. A., Ahmed, A., & Khalid, N. (2021). A comprehensive review on chlorpyrifos toxicity with special reference to endocrine disruption: Evidence of mechanisms, exposures and mitigation strategies. *The Science of the Total Environment*, 755(Pt 2), 142649. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142649.
- UNEP/POPS/POPRC.17. (2021). *Additional information relating to the proposal to list chlorpyrifos in Annex A to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants* [en línea]. [Consultado: 12-12-2022]. Recuperado de: <http://www.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC17/Overview/tabid/8900>
- UNEP/POPS/POPRC.18/4. (2022). *UNEP Draft risk profile: chlorpyrifos* [en línea]. [Consultado: 12-12-2022]. Recuperado de: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/Default.aspx>
- UNEP/POPS/POPRC.18/INF/8. (2022). *Additional information relating to the draft risk profile for chlorpyrifos* [en línea]. [Consultado: 12-12-2022]. Recuperado de: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/Default.aspx>
- UNEP/POPS/POPRC.18/INF/9. (2022). *UNEP Comments and responses relating to the draft risk profile for chlorpyrifos* [en línea]. [Consultado: 12-12-2022]. Recuperado de: <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC18/Overview/tabid/9165/Default.aspx>
- Uniyal, S., & Sharma, R. K. (2018). Technological advancement in electrochemical biosensor based detection of Organophosphate pesticide chlorpyrifos in the environment: A review of status and prospects. *Biosensors & Bioelectronics*, 116, 37–50. doi: 10.1016/j.bios.2018.05.039.
- Valdovinos-Flores, C., Alcantar-Rosales, V. M., Gaspar-Ramírez, O., Saldaña-Loza, L. M., Dorantes-Ugalde, J. A. (2017). Agricultural pesticide residues in honey and wax

- combs from Southeastern, Central and Northeastern Mexico, *Journal of Apicultural Research*, 56(5):667-679. doi: 10.1080/00218839.2017.1340798.
- Velmurugan, B., Cengiz, E. I., Yolcu, M., Ugurlu, P., & Selvanayagam, M. (2020). Cytological and histological effects of pesticide chlorpyrifos in the gills of *Anabas testudineus*. *Drug and Chemical Toxicology*, 43(4), 409–414. doi: 10.1080/01480545.2018.1497052.
- Villar, D., Schaeffer, D.J. (2022). CPF should be banned in agriculture and livestock production in Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 35:61–67. Doi. org.10.17533/udea.rccp.v35n2a7
- Wang, H. P., Liang, Y. J., Long, D. X., Chen, J. X., Hou, W. Y., & Wu, Y. J. (2009). Metabolic profiles of serum from rats after subchronic exposure to chlorpyrifos and carbaryl. *Chemical Research in Toxicology*, 22(6), 1026–1033. doi: 10.1002/tox.21851.
- Wang, L., Liu, Z., Zhang, J., Wu, Y., & Sun, H. (2016). Chlorpyrifos exposure in farmers and urban adults: Metabolic characteristic, exposure estimation, and potential effect of oxidative damage. *Environmental Research*, 149, 164–170. doi: 10.1016/j.envres.2016.05.011.
- Whitney, K. D., Seidler, F. J., & Slotkin, T. A. (1995). Developmental neurotoxicity of chlorpyrifos: cellular mechanisms. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 134(1), 53–62. doi:10.1006/taap.1995.1168.
- WHO. (2004). World Health Organization, *Global Strategic Framework for Integrated Vector Management* [en línea]. [Consultado: 11-01-2023]. Recuperado de: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68624/WHO_CDS_CPE_PVC_2004_10.pdf?sequence=1
- WHO. (2012). *Possible developmental early effects of endocrine disruptors on child health*. Geneva, Switzerland. Public Health & Environment Department (PHE) [en línea]. [Consultado: 26-12-2022]. Recuperado de: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241503761>
- Wolejko, E., Łozowicka, B., Jabłońska-Trypuć, A., Pietruszyńska, M., & Wydro, U. (2022). Chlorpyrifos Occurrence and Toxicological Risk Assessment: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12209. doi: 10.3390/ijerph191912209.
- World Mosquito Program. (2022). Avances a nivel mundial. México [en línea]. [Consultado 18-01-2023]. Recuperado de: <https://www.worldmosquitoprogram.org/es/avances-nivel-mundial/mexico>

Zamora, A. N., Watkins, D. J., Peterson, K. E., Téllez-Rojo, M. M., Hu, H., Meeker, J. D., Cantoral, A., Mercado-García, A., & Jansen, E. C. (2022). Prenatal maternal pesticide exposure in relation to sleep health of offspring during adolescence. *Environmental Research*, 204(Pt A), 111977. doi: 10.1016/j.envres.2021.111977.

Acerca de los autores

Dr. Fernando Bejarano González

- Lic. en Sociología, egresado de la Universidad Iberoamericana.
- Maestro en Ciencias por el Centro de Estudios del Desarrollo Rural del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.
- Doctor en Estudios Latinoamericanos, Programa de Posgrado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Director de la Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM) A.C
- Coordinador de la oficina de la Red Internacional de Eliminación de Contaminantes (IPEN) para América Latina y el Caribe.
- Desde 1993 se ha venido especializando en los problemas sociales y de salud ambiental causados por los plaguicidas, y en los convenios ambientales internacionales relacionados con sustancias químicas tóxicas. Como miembro de IPEN participó como observador en las reuniones de negociación del Convenio de Estocolmo, y del Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM).
- Autor de diversas publicaciones entre las que destaca *Los plaguicidas altamente peligrosos en México* (2017), en colaboración con académicos de diversas universidades y organizaciones de la sociedad civil.

Dra. Aurora Elizabeth Rojas García

- Profesora e Investigadora en la Universidad Autónoma de Nayarit.
- Egresada de la maestría y doctorado en Ciencias con especialidad en Toxicología, del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN).
- Trabaja la línea de investigación de toxicología de plaguicidas.
- Ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado.
- Cuenta con más de 60 artículos científicos.
- Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI)-Nivel 2.
- Miembro de la Sociedad Mexicana de Toxicología.
- Miembro de la Red Temática de Toxicología de Plaguicidas.