



Plaguicidas, impacto en salud y medio ambiente en sinaloa (méxico): implicaciones y retos en gobernanza ambiental

Pesticides, health and environment impact in Sinaloa (México): implications and challenges in environmental governance

Carmen Martínez Valenzuela

Doctora en Genotoxicología, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia del (CONACyT), Nivel I. Profesora e Investigadora de Tiempo Completo.

Universidad Autónoma de Occidente (UAdeO)
Los Mochis, Sinaloa, México.

camava9@gmail.com

Guadalupe Romano Casas

Doctora en Derecho, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACyT, Nivel I. Profesora e Investigadora de Tiempo Completo titular "C" de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).

Unidad Académica de Derecho y Ciencia Política

Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS)
Los Mochis, Sinaloa, México

romadergc@hotmail.com

Aldo Alan Cuadras Berrelleza

Maestro en Ciencias, Doctorante en el Posgrado de Sustentabilidad, reconocido por el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad del CONACyT, en la UAdeO.

Universidad Autónoma de Occidente (UAdeO)
Guasave, Sinaloa, México

aalanc@gmail.com

Luis Daniel Ortega Martínez

Doctor en Biotecnología, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACyT. Candidato, Profesor e Investigador de la Facultad de Biotecnológica de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Puebla, México

luisdaniel.ortega@upaed.mx

El uso de plaguicidas en el sector agrícola sinaloense es una de las prácticas más comunes en la actividad primaria de la región. La exposición a éstos representa un factor definitivo, a la vez para la salud ambiental y la de la sociedad, en este caso la de los jornaleros rurales, principalmente. El presente trabajo tiene como objetivo evidenciar las implicaciones que tiene sobre la salud pública y medio ambiente, la ineficacia en las formas de gobernar ambientalmente un sector tan importante como

lo es el agrícola, para la sociedad mexicana, no solo por su aportación a la alimentación, sino a la economía. Para ello se utilizó una metodología mixta: información documental, entrevistas, así como la toma de muestras biológicas, analizadas mediante métodos diversos. Se observa que la exposición a plaguicidas, en jornaleros agrícolas, detona un daño genotóxico y ambiental considerable, por lo que se establece que la gobernanza ambiental y las políticas públicas no han sido aplicadas de manera apropiada, generándose una actividad y comportamiento incongruentes, para con las necesidades de la sociedad y del medio ambiente, por parte de los actores involucrados.

Palabras clave: plaguicidas, salud pública, medio ambiente, genotóxico y gobernanza ambiental

L'utilisation de pesticides dans la filière agricole dans l'état de Sinaloa est l'une des pratiques les plus courantes de l'activité primaire de la région. L'exposition à ces produits représente un facteur définitif à la fois pour la santé environnementale et celle de la société, en particulier celle des ouvriers agricoles. Notre travail a pour but de mettre en évidence les incidences de l'inefficacité des actions gouvernementales en matière d'environnement sur la santé publique et sur l'environnement, dans un secteur, le secteur agricole, dont l'importance sociétale est reconnue non seulement pour son apport alimentaire, mais aussi pour celui de l'économie. Pour ce faire, nous avons utilisé une méthodologie mixte fondée sur des informations documentaires, des interviews, mais aussi à partir d'échantillons biologiques analysés selon divers procédés. On observera que l'exposition aux pesticides pour les travailleurs agricoles entraîne un dommage génotoxique et environnemental considérable. C'est la raison pour laquelle nous considérons que la gouvernance en matière environnementale et les politiques publiques n'ont pas été appliquées de manière appropriée par les différents responsables et ont généré une activité et un comportement incongrus, quant aux besoins de la société et de l'environnement.

Mots-clés : pesticides, santé publique, environnement, génotoxique et gouvernance environnementale

O uso dos pesticidas no setor agrícola de Sinaloa é uma das práticas mais comuns da região. A exposição a estes representa um fator definitivo, tanto para saúde ambiental como para a social -no caso a saúde dos trabalhadores rurais, principalmente-. O presente trabalho tem como objetivo evidenciar as implicações que tem sobre a saúde pública e médio ambiental, a ineficiência nas formas de governar ambientalmente um setor tão importante como é o setor agrícola, para a sociedade mexicana, não só pela contribuição na alimentação, mas também na economia. Para isso se utilizou uma metodologia mista: informação documental, entrevistas, assim como a toma de amostras biológicas, analisadas mediante diversos métodos. Observa-se que a exposição aos pesticidas em trabalhadores agrícolas detona um dano genotóxico e ambiental considerável, portanto, estabelece-se que a governança ambiental e as políticas públicas não tem sido aplicadas de maneira apropriada, gerando-se uma atividade e comportamento incongruente, para as necessidades da sociedade e do médio ambiente, por parte dos atores envolvidos.

Palavras chave: pesticidas, saúde pública, médio ambiente, genotóxico, governança ambiental.

The use of pesticides in the Sinaloa agricultural sector is one of the most common practices in the primary activity of the region. Exposure to these represents a definitive factor, both for environmental health and for society - in this case, that of rural day laborers, mainly. The present work aims to highlight the implications it

has on public health and the environment, the inefficiency in the ways of environmentally governing a sector as important as the agricultural sector, for Mexican society, not only for its contribution to food , but to the economy. For this, a mixed methodology was used: documentary information, interviews, as well as the taking of biological samples, analyzed by various methods. It is observed that exposure to pesticides in agricultural day laborers detonates considerable genotoxic and environmental damage, for which reason it is established that environmental governance and public policies have not been applied properly, generating an incongruent activity and behavior, for the needs of society and the environment, by the actors involved.

Key-words: pesticides, public health, environment, genotoxic, environmental governance

1. Uso de plaguicidas en México

Tras estudios realizados y publicados por los autores desde el 2007, sobre el efecto que detona en el medio ambiente y en la salud de las personas, la exposición ocupacional y habitacional a mezclas complejas de plaguicidas en el Estado de Sinaloa, realizamos un análisis del marco regulador internacional y nacional sobre disposiciones que se deben observar en México, ante los nuevos paradigmas del derecho que obliga, a través de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, a partir del 10 de junio del 2011, a observar el Principio de Convencionalidad y el Principio *Pro Personae*. El primero consiste en aplicar los instrumentos internacionales de los que México es Parte, una vez que han sido ratificados por el Senado mexicano, según lo que dispone el artículo 133. En relación al segundo principio, refiere que todo ordenamiento legal nacional o internacional debe interpretarse, argumentarse y aplicarse en favor de toda persona humana, sin discriminación alguna en relación a lo dispuesto en el artículo primero, párrafo segundo y párrafo último de la constitución mexicana.

Otro aspecto importante y vinculante para México surge de la Declaración de Estocolmo de 1972, en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, Naciones Unidas (1973) que enuncia el Principio Precautorio fundamentando en el derecho y la gobernanza ambiental, a nivel internacional, como un elemento indispensable para el desarrollo sostenible. En su proclama 2. Señala que:

La protección y mejoramiento del medio ambiente humano es una cuestión fundamental que afecta al bienestar de los pueblos y al desarrollo económico del mundo entero, un deseo urgente de los pueblos de todo el mundo y un deber de todos los gobiernos” (p.3).

La declaración, fortalece la obligación del Estado mexicano a ejercer su gobernanza en observación de los principios de convencionalidad, pro persona y precautorio. Al inobservarse estos lineamientos y no emitir las políticas públicas necesarias y suficientes para su cumplimiento, se violentan los derechos humanos fundamentados en la Carta Magna mexicana, en vulneración del medio ambiente y la salud.

El Estado de Sinaloa es una entidad federativa mexicana que se localiza al norte del país, donde su principal actividad económica es la agricultura. Debe atender la normatividad federal, en acatamiento a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y los instrumentos internacionales firmados por México, como el Convenio de Estocolmo, que aborda los Componentes Orgánicos Persistentes (COPs) basados en su alta toxicidad para el medio ambiente y la salud humana, prohibiendo su uso con el objetivo de prevenir el desarrollo de nuevos COPs, a través del fortalecimiento de las legislaciones nacionales y la instrumentación de planes nacionales de implementación, para cumplir con estos compromisos.

Los plaguicidas son definidos por la Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y Alimentación (FAO, n.d.) como:

Cualquier sustancia destinada a prevenir, destruir, atraer, repeler o combatir cualquier plaga, incluidas las especies indeseadas de plantas o animales, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales, o que pueda administrarse a los animales para combatir

ectoparásitos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladores del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o inhibidores de la germinación, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra la deterioración durante el almacenamiento y transporte. El término no incluye normalmente los fertilizantes, nutrientes de origen vegetal o animal, aditivos alimentarios ni medicamentos para animales (p.1)

Los plaguicidas, altamente peligrosos, propuestos por expertos de la Organización Mundial de Salud (OMS), FAO y el *Pesticide Action Network International* (PAN) en Bejarano Gonzalez (2017):

Incluyen a los plaguicidas que presentan una o más de estas características intrínsecas de peligrosidad: una toxicidad aguda alta capaz de causar daños a la salud a corto plazo, o una toxicidad crónica con efectos a largo plazo pudiendo favorecer el desarrollo de cáncer, mutaciones genéticas, daños a la reproducción, alteraciones hormonales en humanos, o con efectos ambientales dañinos en los organismos acuáticos, causar mortalidad en polinizadores, o estar incluidos en alguno de los tres convenios ambientales internacionales Estocolmo, Róterdam y Protocolo de Montreal (p.9).

La legislación mexicana, en su artículo 278 de la Ley General de Salud (LGS), en Diputados, (2018c) utiliza el término plaguicida para nombrar:

Cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, así como las sustancias defoliantes y las desecantes (p. 116)

El empleo de plaguicidas es el método utilizado de manera frecuente para controlar organismos no deseados en los campos agrícolas, debido a sus propiedades tóxicas. Su uso es una práctica riesgosa que no es utilizada de forma adecuada para el cuidado del medio ambiente y la salud (Ortíz, Avila-Chávez, y Torres, 2013: 26).

Al respecto, Garza González y Cervantes Hernández (2015) comentan que el sector agrícola mexicano ha incrementado el uso de plaguicidas para el control de problemas en los cultivos y que la cantidad real de plaguicidas sintéticos, prácticamente no se encuentran documentados; lo cual nos dice que la información al respecto es escasa o nula y, si existe, no la hacen pública. Lo anterior se maximiza ya que México destina el 85% de los plaguicidas producidos al sector agrícola, razón por la cual la población dedicada a esta actividad se expone con mayor frecuencia a sufrir intoxicaciones (Altamirano, Franco, y Bovi Miltre, 2004).

2. Estudios locales sobre el efecto de plaguicidas en el Estado de Sinaloa

Sinaloa es un Estado donde los principales cultivos son el maíz, jitomate, sorgo, chile, papa y mango (SAGARPA, 2017). De acuerdo con el *Servicio de Información Agrícola y Pesquera* (SIAP), se sembraron en el ciclo agrícola 2018, un total de 1, 149,320 000 hectáreas. En este Estado de la República Mexicana, las actividades agrícolas son parte de la economía y fuentes de empleo; también representan un impacto ambiental adverso y daños a la salud. El uso de plaguicidas químicos ha generado problemas de contaminación en el suelo, agua, biota y sedimentos a través de descargas de sustancias tóxicas a los sistemas lagunares, vía drenes, riego y lluvia, constituye un factor de riesgo de contaminación para los ecosistemas terrestres y marinos (García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza, 2012).

Los plaguicidas utilizados con mayor frecuencia se describen en la **tabla 1** se aprecia que los más utilizados son los fungicidas, herbicidas e insecticidas. Es importante recalcar el uso de glifosato, el cual recientemente se integró en la lista internacional de plaguicidas altamente peligrosos de *Pesticide Action Network International* (PAN 2016). Las clases químicas dominantes fueron organoclorados, organofosforados, compuestos inorgánicos, carbamatos, piretroides, neonicotinoides y triazinas, entre otros (Leyva Morales et al., 2014; Martínez Valenzuela et al., 2015).

La preocupación global por el uso de productos químicos utilizados en la agricultura va en aumento durante los últimos años, particularmente la relación entre las afectaciones a la salud y al ambiente, con la dosis de plaguicidas asperjados vía aérea que es una práctica persistente en las zonas rurales y urbanas, contaminadas por deriva ambiental. En Sinaloa, la aspersión aérea se utiliza de forma constante en los campos agrícolas. El uso de avionetas para asperjar las diversas mezclas de plaguicidas continúa siendo una de las formas más contaminantes e ineficientes para el combate de plagas; solo una pequeña cantidad de la mezcla de plaguicida asperjado llega a ser efectiva.

En el Estado de Sinaloa, diversos grupos de investigadores han realizado estudios de biomonitorio evaluando poblaciones ocupacional y habitacionalmente expuestas a mezclas complejas de plaguicidas, utilizando diversas metodologías y en diferentes matrices biológicas como sangre (Levario-Carrillo et al., 2005; Arellano García et al., 2014; Zúñiga Violante et al., 2012), orina (Galindo-Reyes and Alegría, 2018) y mucosa bucal (Gómez-Arroyo et al., 2012; Gómez-Arroyo et al., 2013). Los biomarcadores utilizados fueron Aberraciones Cromosómicas (AC), Micronúcleos (MN) (C. Martínez-Valenzuela et al., 2009), Intercambio de Cromátidas Hermanas (ICH) (Gómez-Arroyo et al., 1992) y Ensayo Cometa (EC) (Intranuovo et al., 2018).

Estudios en modelos animales muestran una asociación entre el uso de plaguicidas y fungicidas, con el aumento transcripcional en las vías de señalización relacionadas a la división celular, daño al ADN (Pandey, Nagpure, y Trivedi, 2018; D'Costa, et al., 2018) y disminución de la expresión de redes genéticas asociadas con la reproducción, inmunidad y eliminación de xenobióticos (Sánchez Garayzar, et al., 2016). La exposición a contaminantes genotóxicos como algunos plaguicidas, por periodos prolongados, afectan de manera directa la salud humana, tras una acumulación de mutaciones en regiones de genes específicos importantes en la regulación génica y el ciclo celular, que conduce a las personas expuestas a casos graves de enfermedades neurodegenerativas o cáncer (Vazquez Boucard et al., 2017).

Gómez-Arrollo y colaboradores (2013) evaluaron el riesgo genotóxico de niños que habitan en áreas con aspersión aérea de plaguicidas mediante el biomarcador de micronúcleos (MN), observando un incremento significativo en la frecuencia de daño

a la información genética, indicando un alto riesgo a la salud de los niños expuestos que habitan la zona de estudio en Sinaloa.

Con los estudios documentados sobre niños afectados en Sinaloa, podemos deducir que se ocasionan daños que impactan en el ámbito familiar, en distintos rubros como la economía, bienestar de alimentación, salud, educación y esparcimiento en un medio ambiente sano para su desarrollo. Con ello, inferimos la violación al interés superior del niño, fundamentado en el artículo 3 de la Convención Sobre los Derechos del Niño, donde los Estados Parte se comprometen en asegurar al niño la protección y el cuidado que sean necesarios para su bienestar.

De igual forma en Sinaloa, se determinó el nivel de daño genotóxico en trabajadores agrícolas ocupacionalmente expuestos a plaguicidas, mediante técnicas citogenéticas y genéticas, se observaron diferencias significativas de niveles de afectaciones en la información genética de los grupos expuestos, no expuestos y una correlación entre el tiempo de exposición a los plaguicidas y la frecuencia de daño. Los resultados se vinculan a la exposición de los trabajadores a diferentes compuestos químicos (C. Martínez-Valenzuela et al., 2009).

El uso de plaguicidas en la producción agrícola origina residuos en el ambiente donde se aplican. La aspersión aérea de estos compuestos es una fuente frecuente de exposición por parte de las personas dedicadas a las prácticas agrícolas y de las que viven en comunidades vecinas de campos asperjados. Investigaciones desarrolladas en México, muestran los efectos genotóxicos de los plaguicidas sobre los pilotos de aeronaves asperjadoras de mezclas complejas que ocupacionalmente se exponen a estos productos químicos, durante su aplicación en los campos agrícolas de Sinaloa, revelando que el daño evaluado través del ensayo de micronúcleos, correlaciona la exposición a éstos, como el factor principal para los resultados de anomalías nucleares y daños en la información genética (Martínez-Valenzuela et al., 2017).

Tabla 1. Principales plaguicidas empleados en los cultivos de Sinaloa durante el ciclo agrícola 2017

Organoclorados	Organofosforados	Carbamatos	Piretroides
Endosulfan* (II)	Clorpirifos (II)	Aldicarb* (Ia, 3)	Betaciflutrin* (Ib)
Pentaclorofenol* (Ib, 2B)	Dimetoato* (II)	Carbofurán* (Ib)	Bifentrina* (II)
Quintozeno (3)	Malatión* (III, 3)	Metomilo* (Ib)	Lambda Cihalotrina* (II)
	Monocrotofós* (Ib)	Oxamil* (Ib)	Cipermetrina* (II)
	Paratión metílico* (Ia, 3)	Benomil* (U)	Deltametrin* (3, II)
		Mancozeb* (U)	Permetrina* (II, 3)
		Tiram* (3)	Zeta cipermetrina* (Ib)
		Metam sodio* (II)	

Neonicotinoides	Triazinas	Otros	
Acetamiprid	Ciromazina (III) I	Abamectina* I	Carboxin (III) F
Clotianidina*	Atrazina* (III, 3) H	Novalurón (U) I	Cymoxanil (II) F
Imidacloprid* (II)		Sulfoxaflor* I	Dimetomorf F
Tiametoxam*		2,4,D (II) H	Fosetil aluminio (U) F
		Dicamba (II) H	Metalaxil (II) F
		Glifosato (III) H	Oxicloruro de cobre
		Nicosulfurón (U) H	Tiabendazol (III) F
		Paraquat* (II) H	Bromuro de metilo* (FM, 3) FM
		Azoxystrobin (U) F	Lambda Cihalotrina* (II) I
		Boscalid (U) F	Cipermetrina* (II) I
		Captan (U, 3) F	Deltametrin* I
		Carbendazim* (U) F	(3, II)
			Permetrina* (II, 3) I
			Zeta cipermetrina* (Ib) I

1. IARC (2012): 1= Carcinógeno en humanos, 2A= Probable carcinógeno para humanos, 2B= Posible carcinógeno para humanos, 3= No clasificable en carcinógeno para humanos, 4= Probable no carcinógeno para humanos.
2. WHO (2009) clasificación de peligrosidad: Ia= extremadamente peligroso, Ib= altamente peligroso, II= moderadamente peligroso, III=ligeramente peligroso, U= poco probable que presente riesgo agudo en uso norma, FM= Fumigante, O= Obsoleto como plaguicida, no clasificados.
3. PAN (2017): * = plaguicidas que aparecen en la lista de plaguicidas altamente peligrosos de PAN Internacional

Fuente: Elaboración propia

2.1 Deriva ambiental generada por aspersiones aéreas de plaguicidas

Por deriva, se entiende el movimiento de las gotas del plaguicida hacia un objetivo distinto al de la aplicación - evento que preocupa por el riesgo de causar daño directo o afectar la salud de animales o personas que llegan a estar en contacto con éstos (Massaro, 2013a).

La dispersión de plaguicidas se ha estudiado en Los Estados Unidos de América, calculan que apenas 1% de la mezcla rociada llega al insecto o plaga en una aplicación aérea; otra porción se queda en el follaje, una más llega al suelo y puede filtrarse profundamente, incluso contaminar el agua subterránea según informa la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, 2013). La zona norte del Estado de Sinaloa, se caracteriza por presentar mantos freáticos superficiales de aproximadamente 1 a 1.5 metros de profundidad (Lázaro, et al., 2000). Existen pocas barreras geográficas que limiten el desplazamiento o dispersión de los plaguicidas por los vientos, sumado a temperaturas elevadas de hasta 44 grados centígrados y humedad relativa, promedio del 75% (INEGI 2018).

Actualmente, México no cuenta con regulación o norma oficial que indique cómo deben realizarse las fumigaciones aéreas agrícolas para reducir el impacto ambiental o los posibles daños a la salud. La Norma Oficial Mexicana, NOM 052 FITO 1995, únicamente establece requisitos para notificar ante las autoridades competentes, el inicio de fumigaciones por parte de las personas físicas o morales que se dediquen a esta actividad (DOF, 1997).

La omisión en la normativa de las fumigaciones aéreas agrícolas, en relación a los requisitos de horarios de aplicación, altura, dirección de los vientos, humedad relativa, cercanía con zonas habitacionales, escuelas y hospitales, detona contaminación de cuerpos de agua a cielo abierto y en la piel de las personas - esto, debido al tamaño de partícula de por lo menos 10 micras. Entra en la fase respirable, alcanzando los alveolos pulmonares y generando daños en tejidos, sistemas y mutaciones asociadas a cáncer y a enfermedades neurodegenerativas, vulnerando los derechos humanos de agua salubre, salud, medio ambiente sano, alimentos y por consecuencia la vida, en agravio de las familias colindantes al entorno agrícola y a la población en general del Estado de Sinaloa.

2.2. Marco regulatorio e institucional de plaguicidas

Es importante incluir un apartado que permita conocer sobre las regulaciones a través de las cuales el Estado mexicano debe adherirse a su aplicación de normativa jurídica, para la protección de sus gobernados y la sociedad en general, en relación a las instituciones, a través de las cuales deberá ejercerse la gobernanza sobre el uso adecuado de plaguicidas.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la base jurídica que fundamenta la aplicación de los instrumentos internacionales y las leyes secundarias de orden nacional, de donde derivan las instancias de aplicación y regulación normativa.

En México, las instancias que mayor injerencia tienen sobre la regulación de los plaguicidas son la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Secretaría de Salud (SSA). A nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) - siendo éste un organismo que ha dirigido esfuerzos, expidiendo guías para el adecuado manejo de los plaguicidas (Ortiz et al., 2013).

A continuación, desglosamos la regulación internacional y nacional, relacionándola con los Organismos Internacionales involucrados en la competencia de la importación y exportación, registro, manejo, uso, deshecho, clasificación en base a su toxicidad, autorizaciones, prohibiciones y demás protocolos (Tabla 2).

Tabla 2. Instrumentos y Organismos Internacionales que impactan en la regulación de plaguicidas en México

Instrumentos Internacionales:	Especificación:
Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono	Aprobado en 1985 y ratificado por México en 1988, diseñado para proteger la capa de ozono reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que se ha estudiado reaccionan con ella y se cree que son responsables del agotamiento de la misma.
Convenio de Estocolmo Sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes	Promovido en 2001 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). México lo ratificó en el 2003 y entró en vigor en 2004. Su objeto es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los contaminantes orgánicos persistentes (COPs), incluye plaguicidas y otras sustancias químicas que son persistentes y pueden trasladarse lejos de su punto original de liberación en el ambiente, almacenarse y concentrarse en los tejidos grasos.
Convenio de Rotterdam Sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional.	Firmado en 1988, entró en vigor en México en 2004; establece mecanismos de autorización previa a la importación y exportación de sustancias químicas peligrosas y plaguicidas comerciales, denominado Consentimiento Fundamentado Previo, con la finalidad de tener toda la información necesaria para conocer las características y los riesgos que implica el manejo de dichas sustancias, permitiendo que los países importadores decidan qué sustancias químicas desean recibir y excluir aquellas que no puedan manejar de manera segura para evitar riesgos a la salud humana y el ambiente.
Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo	Fue aprobada por la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) en 1992; procura alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos, se protejan el medio ambiente y el desarrollo mundial.
Convenio de Basilea Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los	Adoptado en 1989 en Basilea, Suiza; ratificado por México en 1991. Su objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los efectos que puedan resultar de la generación,

Desechos Peligrosos y su Eliminación	movimientos transfronterizos y gestión de los residuos peligrosos, prevenir y castigar el tráfico ilícito de desechos peligrosos.
Código Internacional de Plaguicidas	Aprobado en 1985; su objetivo es maximizar los beneficios de los plaguicidas a fin de controlar eficazmente las plagas en los ámbitos de la salud pública y la agricultura, proteger la salud humana y animal y el medio ambiente de sus efectos nocivos.
Organismos Internacionales:	Especificación:
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).	Ha publicado una serie de documentos (guías) encaminados a hacer más eficientes y seguras las prácticas agrícolas. Estas guías pueden servir a los gobiernos para establecer criterios en el desarrollo de su propia legislación relacionada con el manejo y utilización de los plaguicidas.
Organización Mundial de la Salud (OMS).	Organismo de las Naciones Unidas especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial.

Fuente: Elaboración propia.

En el orden jurídico nacional, se cuenta con leyes secundarias que regulan los plaguicidas, relacionándolos con sus correspondientes órganos de gobierno, a través de las Secretarías de Estado que establecen las bases de organización de la Administración Pública Federal, centralizada y paraestatal.

La Oficina de la Presidencia de la República, las Secretarías de Estado, la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal y los Órganos Reguladores Coordinados integran la Administración Pública Centralizada; son el fundamento de la gobernanza en México, donde se obliga al Estado mexicano a cumplir y hacer cumplir lo mandatado por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los Instrumentos Internacionales y las leyes secundarias, emanadas de la constitución, su fundamento se dispone en la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF), define las competencias de las diferentes dependencias del Gobierno en las áreas que establecen actos de autoridad, sus disposiciones se ven reflejadas en los distintos reglamentos interiores de las dependencias, los cuales amplían la descripción de las responsabilidades y atribuciones de cada sector de la administración pública federal (Diputados, 2019).

Existen otras legislaciones secundarias involucradas en la regulación del buen uso, aplicación y comercialización de plaguicidas, para evitar que impacten en violación de derechos que deben respetar y hacer valer el principio de precaución, en pro de la persona humana, como son:

- Ley Federal de Sanidad Vegetal, tiene como finalidad la regulación en materia de sistemas de reducción de riegos de contaminación, promover, verificar y certificar las actividades efectuadas en la producción primaria de vegetales encaminadas a evitar su contaminación por agentes físicos, químicos o

microbiológicos, a través de la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas y el uso y manejo adecuados de insumos utilizados en el control de plagas (Diputados, 2019).

- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, refiere la preservación y restauración del equilibrio ecológico, la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable (Diputados, 2018d).
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, valorización y gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación (Diputados, 2018d).
- Ley General de Salud, reglamenta el derecho a la protección de la salud que tiene toda persona en los términos del artículo 4o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y la concurrencia de la Federación y las entidades federativas, en materia de salubridad general; sus disposiciones son de orden público e interés social (Diputados, 2018c).
- Ley Federal Sobre Metrología y Normalización, su aplicación y vigilancia corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de las dependencias de la administración pública federal competentes en las materias de metrología, normalización, certificación, acreditamiento y verificación (Diputados, 2018b).
- Ley Aduanera, regula la entrada al territorio nacional y la salida del mismo, de mercancías y de los medios en que se transportan o conducen, el despacho aduanero y los hechos o actos que deriven de éste o de dicha entrada o salida de mercancías (Diputados, 2018a).

Como complemento legislativo en la materia de estudio, existe el Decreto por el que se Reforman, Adicionan, Derogan Diversas Disposiciones del 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, publicado en el Diario Oficial de la Federación en 2014, por la Secretaría de Gobernación (DOF, 2014).

A continuación, en la Tabla 3, se presenta un desglose del marco institucional que tiene a cargo la regulación y control de los plaguicidas en México, conforme a la normatividad nacional e internacional:

Tabla 3. Marco institucional de la regulación y control de fertilizantes y plaguicidas en México

Fase del ciclo de vida	Fertilizantes	Plaguicidas
Importación y exportación	Semarnap / Sagar / Ssa / Secofi / SHCP	Sagar / Ssa / Semarnap / Secofi / SHCP
Registro	Ssa	Ssa
Proceso y uso	Semarnap / Ssa / Sagar / STPS	Semarnap / Ssa / Sagar / STPS
Almacenamiento	Ssa / SCT / STPS	Ssa / SCT / STPS
Transporte	Ssa / SCT / STPS	Ssa / SCT / STPS
Comercialización	Sagar / Secofi / Ssa	Sagar / Secofi / Ssa
Descargas de agua	Semarnap / Ssa / Sedemar	Semarnap / Ssa / Sedemar
Residuos peligrosos	Semarnap / Ssa / SCT	Semarnap / Ssa / SCT
Ambiente laboral	STPS / Ssa	STPS / Ssa
Salud ocupacional	Ssa / STPS	Ssa / STPS
Salud ambiental	Ssa	Ssa
Saneamiento e impacto ambiental	Semarnap / Sagar	Semarnap / Sagar

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: marco institucional de la gestión de las sustancias químicas en México (INECC, 2007b)

Todas las disposiciones legales actuales, en materia de entrada al país de plaguicidas y sobre el uso de éstos en México, se reglamentan por disposiciones y dependencias de tipo fitosanitaria, zoonosanitaria, ambiental, sanitaria y por organismos o dependencias con enfoque hacia el área laboral y de transporte. De igual forma, intervienen normas emanadas de la única autoridad competente para regular la entrada y salida de productos del territorio nacional, que es la autoridad aduanera.

Según datos del *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria* (SENASICA, 2016), para todo lo relacionado con el registro de plaguicidas, en México, están facultadas tres dependencias de gobierno: la *Comisión Federal Para la Protección Contra Riesgos Sanitarios* (COFEPRIS), la *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (SEMARNAT) y la *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural* (SADER), instancias que al omitir sus obligaciones y la aplicación de sanciones que les compete, conforme a la legislación citada, repercute en frecuentes faltas de responsabilidad en la realización de Buenas Prácticas Agrícolas, situación evidenciada en el trabajo de Martínez Valenzuela y colaboradores (2017), donde mencionan la falta de consideración y respeto a las directrices de la Organización

Mundial de la Salud y de la regulación nacional que existe para las aeronaves asperjadoras de plaguicidas, misma que hace más de una década no ha sido actualizada, dejando en vulneración a la población en general, permitiendo contaminación ambiental constante al asperjar mezclas complejas de plaguicidas que se desplazan a distancias lejanas del sitio destino, es importante un replanteamiento en políticas públicas en materia de salud y medio ambiente.

3. Implicaciones y retos de gobernanza ambiental en México

Dentro de las implicaciones sobre el uso inadecuado de plaguicidas en México, se presentan datos de morbilidad trascendentes, que muestran la omisión de la aplicación legislativa por parte del Estado mexicano y sus correspondientes autoridades competentes para el cuidado del medio ambiente y la salud.

En el periodo comprendido entre los años 1995 a 2012, se registraron un total de 67 711 casos de intoxicación por plaguicidas en todo el país; siendo los grupos de edad más frecuentemente afectados aquellos comprendidos en las edades productivas de la vida, con una proporción mayor al 60%. (SSA, 2013: 1)

reafirma el *Boletín epidemiológico* y cita que:

Los Estados que presentaron una tasa más alta al inicio del periodo fueron Nayarit 75.33, Morelos 28.33, Colima 17.45, Quintana Roo 14.49 y Jalisco 14.40 mientras que aquellos estados que se encuentran dentro de las tasas más altas al final del periodo revisado son Colima 17.3, Nayarit 11.6, Morelos 8.7, Jalisco 8.4 y Guerrero 7.1.”, el mismo documento, detalla que “Dentro de los estados que en los últimos años han presentado una tendencia franca hacia la alza, se encuentran Baja California Sur, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, Querétaro y Sinaloa (p. 2)

El *Boletín* en análisis nos muestra parte de las implicaciones que surgen a nivel nacional sobre la morbilidad que se ocasiona por malas prácticas agrícolas, al permitirse por las autoridades competentes el uso inadecuado de plaguicidas.

Una evidencia importante de contaminación al ecosistema se dio en el Municipio de Cajeme, Sonora, México el cual se ubica en la zona sur del Estado, donde la producción camaronera se ha visto afectada por la concentración, en los tejidos de camarones, de plaguicidas tóxicos como: lindano, endosulfán, endrín, heptacloro y DDT, plaguicidas incluidos en los denominados COPs (Burgos-Hernández, et al., 2005).

Para los autores del presente trabajo, resulta importante mencionar que el laboratorio de Genotoxicología de la Universidad Autónoma de Occidente, en coordinación con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), llevan a cabo el monitoreo de la calidad del aire, agua y leche materna; las muestras colectadas son enviadas para su análisis a laboratorios internacionales certificados, con el objetivo de conocer las concentraciones de COPs en la población estudiada, dando Seguimiento al Convenio de Estocolmo para América Latina, que inició en enero del 2017 y actualmente, se encuentra en su segunda fase desarrollándose la parte final del muestreo en el Estado de Sinaloa, entidad federativa representativa para México.

Por otra parte entre las principales afectaciones a los ecosistemas, por el uso de COPs, se encuentran: su bioacumulación en determinados organismos, dañando especies a quienes no fue dirigido específicamente determinado plaguicida, como es el caso de abejas y otros polinizadores, vitales para el desarrollo del sistema alimentario (Bejarano Gonzalez, 2017).

Lo que corrobora Omar Arellano, miembro de la Unión de Científicos Comprometidos por la Sociedad y de la Unidad de Análisis Ambiental de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), quien, el 21 de marzo de 2019, entrevistado por Karen Castillo del periódico *Sin embargo*¹, comenta que:

En sexenios anteriores instituciones como las secretarías de Salud (SSA) y Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) -actualmente Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader)-, incurrieron en la omisión del uso de dichas sustancias (p.3)

Sigue manifestando:

Es una situación un poco anárquica, no hay control, primero porque el uso de sustancias químicas en México, particularmente plaguicidas, no cuenta con una revisión de uso, además no se han actualizado los catálogos de plaguicidas, de hecho los que son altamente peligrosos tienen autorizaciones indeterminadas, es decir, la Secretaría de Salud no ha establecido los mecanismos temporales necesarios para dejarlas de usar... (*Sin embargo*, 2019: 3).

El artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos garantiza los derechos humanos fundamentales como la vida, salud, medio ambiente sano, alimentación y agua salubre, existen evidencias descritas en este apartado, fundamentadas por la Secretaria de Salud, en el Boletín Epidemiológico, opiniones vertidas por investigadores en la materia, donde se muestra que órganos de gobierno y autoridades responsables en el ejercicio de la gobernanza, incumplen la debida diligencia para restringir el uso de plaguicidas, de alta peligrosidad, en agravio de la población en general.

La evidencia preponderante de las implicaciones sobre el uso de plaguicidas, está fundamentada y motivada en la Recomendación Número 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, emitida por la Comisión Nacional de Derechos Humanos para México, el 26 de Diciembre del 2018, surge del expediente CNDH/6/2017/5373/Q, en el que 43 personas presentaron la queja ante dicha Comisión, contra autoridades federales administrativas que representan las diferentes secretarías como SADER, SEMARNAT, SENACICA, COFEPRIS, entre otras, mediante un informe relativo a los actos y omisiones en perjuicio de la población afectada por la utilización de plaguicidas de alta peligrosidad, resolviéndose a favor de los quejosos y en contra del gobierno mexicano, donde se demostró a través de informes técnicos las omisiones en que incurrieron las autoridades de los tres niveles de gobierno (ejecutivo, legislativo y judicial), se aclara que se omite la publicidad de los nombres de las personas implicadas, en términos de lo establecido en los artículos 4º, párrafo segundo de la Ley de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos, 147 de su

¹ Periódico de circulación nacional.

Reglamento Interno; 68, fracción VI, y 116, párrafos primero y segundo de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública; y 3º, 11, fracción VI, 16 y 113, fracción I, párrafo último de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Los retos se encuentran en las Recomendación Número 82/2018, que la Comisión Nacional de Derechos Humanos emite para el Estado mexicano emplazándolo a seis meses a partir del 27 de diciembre del 2018 para su cumplimiento, al respecto se mencionan a manera de glosa las siguientes:

- Garantizar la coherencia en los marcos legal, reglamentario y programático, evitando contradicciones, lagunas o duplicidades, cumpliendo con la armonización y equivalencia internacional de las disposiciones regulatorias en materia de plaguicidas, con modificaciones y adiciones a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV) y a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y su Reglamento, concerniente a la inclusión de la definición del término Plaguicida Altamente Peligroso así como de su regulación durante todo su ciclo de vida, con disposiciones transitorias que ordenen los ajustes reglamentarios pertinentes, teniendo en consideración los principios de derechos humanos (CNDH, 2018).
- Proponer a la autoridad competente, el anteproyecto de decreto de modificaciones, adiciones, revisión y actualización de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de plaguicidas como la NOM-232-SSA1-2009, para que sean acordes a los estándares internacionales especializados y categorizar a la totalidad de los plaguicidas que contienen sustancias tóxicas prohibidas en tratados internacionales de los que México es parte, garantizando la participación de expertos en la materia y grupos de interés en la toma de decisiones, publicando los resultados de dicho procedimiento, en medios de amplia difusión.
- Identificar los permisos o registros sanitarios de plaguicidas vigentes que incluyan sustancias prohibidas conforme a tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, o bien, Plaguicidas Altamente Peligrosos, catalogados así, conforme a los sistemas de clasificación aceptados a nivel internacional como los de la FAO o la OMS; promoviendo con oportunidad la revocación de los mismos, remitiendo a la Comisión Nacional de Derechos Humanos un reporte bimestral hasta su conclusión, en el que se enliste la situación jurídica actualizada de los registros sanitarios de plaguicidas vigentes garantizando la abstención de la emisión de autorización o permiso o registro alguno de utilización, comercialización, importación, exportación de plaguicidas que contengan sustancias cuya inocuidad hacia el medio ambiente, la salud, la alimentación y el agua no haya sido demostrada.

En materia de gobernanza, se recomienda por parte de la Comisión, que en colaboración entre instituciones académicas y profesionales pertinentes, elaborando un diagnóstico del estado actual de contaminación de suelos, agua superficial y subterránea por plaguicidas, con énfasis en las zonas predominantemente agrícolas y la conformación de un *Comité Especializado en la Identificación e Investigación sobre los Efectos Adversos de Plaguicidas Altamente Peligrosos*, que se integre por servidores públicos capacitados en la materia, con participación de representantes de centros de investigación con experiencia en el tema y las organizaciones de la sociedad civil.

Resulta trascendente se recomiende un programa de brigadas de salud periódicas, calendarizado en las zonas agrícolas del país, para brindar servicios de atención médica a personas con intoxicaciones por el contacto con plaguicidas, que incluya campañas específicas para los grupos vulnerables, en el que deberá llevarse un registro de las personas que sean atendidas para su correspondiente reparación del daño.

Para el cumplimiento de las distintas recomendaciones la Comisión Nacional de Derechos Humanos, solicita se garantice la debida coordinación entre autoridades, el fortalecimiento de los mecanismos y acciones de coordinación con las instituciones y autoridades involucradas en la regulación de la gestión de los plaguicidas, la identificación de aquellas sustancias que resulten peligrosas para el medio ambiente y/o para la salud.

Resulta necesario proponer cambios en políticas públicas sobre gestión de plaguicidas en México que prioricen la promoción, respeto, protección y garantía de los derechos humanos fundamentados en el artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, como alimentación nutritiva, suficiente y de calidad, protección de la salud, derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible, de velar y cumplir con el principio del interés superior de la niñez y de su sano esparcimiento, garantizando en todo tiempo el principio *pro personae*, el desarrollo de la familia y de la sociedad en general.

Referencias

- Altamirano, J. E., Franco, R., & Bovi Miltre, M. G. (2004). "Modelo epidemiológico para el diagnóstico de intoxicación aguda por plaguicidas." *Revista de Toxicología*, 21(2-3), 98-102. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91921307>
- Arellano García, M. E., Camarena Ojinaga, L., Von-Glascoe, C. A., Ruiz Ruiz, B., Zúñiga Violante, E., & Montaña Soto, T. (2014). "Daño genotóxico en mujeres y hombres expuestos a plaguicidas en cuatro localidades de Baja California." *Género, Ambiente y Contaminación Por Sustancias Químicas*, 95-113. Retrieved from <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001525.pdf>
- ATSDR. (2013). Resumen de Salud Pública: Piretrinas y piretroides (Pyrethrins and Pyrethroids) | PHS | ATSDR. Retrieved May 26, 2019, from https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs155.html
- Bejarano Gonzalez, F. (2017). *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México*. (RAPAM, Ed.) (1st ed.). México. <https://doi.org/10.1097/NNA.ob013e31828958cd>
- Burgos-Hernández, A., García-Sifuentes, C., Aldana, L., & Meza-Montenegro, M. (2005). *Detection and Quantification of Insecticides in Shrimp Grown in a Coastal Farm in Sonora, Mexico* (Vol. 74). <https://doi.org/10.1007/s00128-004-0589-4>
- CNDH. (2018). Recomendación No. 82/2018. Retrieved from http://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Recomendaciones/2018/Rec_2018_082.pdf
- D'Costa, A. H., Shyama, S. K., Praveen Kumar, M. K., & Fernandes, T. M. (2018). "Induction of DNA damage in the peripheral blood of zebrafish (*Danio rerio*) by an agricultural organophosphate pesticide, monocrotophos." *International Aquatic Research*, 10(3), 243-251. <https://doi.org/10.1007/s40071-018-0201-x>

- Diputados. (2018a). Ley Aduanera. Retrieved May 26, 2019, from <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/ladua.htm>
- Diputados. (2018b). Ley Federal Sobre Metrología y Normalización. Retrieved May 26, 2019, from <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lfmn.htm>
- Diputados. (2018c). Ley General de Salud. Retrieved May 26, 2019, from <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgs.htm>
- Diputados. (2018d). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Retrieved May 26, 2019, from <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>
- Diputados. (2019). Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Retrieved May 26, 2019, from <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/loapf.htm>
- DOF. (1997). *Norma Oficial Mexicana NOM-052-FITO-1995, Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para presentar el aviso de inicio de funcionamiento por las personas físicas o morales que se dediquen a la aplicación aérea de plaguicidas.*
- DOF. (2014). Decreto. Retrieved May 26, 2019, from http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5332473&fecha=13/02/2014
- FAO. (n.d.). Definiciones para los fines del codex alimentarius. Retrieved May 26, 2019, from <http://www.fao.org/3/w5975s/w5975s08.htm>
- García-Gutiérrez, C., & Rodríguez-Meza, G. D. (2012). "Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa." *Ra Ximhai*, 8(3b), 1-10. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177005>
- Garza González, B. I., & Cervantes Hernández, P. (2015). "Información Científica y Tecnológica Tendencia histórica del uso de plaguicidas en la producción agrícola de México." *Ciencia y Mar*, 9(57), 67-74.
- Gómez-Arrollo, S., Martínez-Valenzuela, C., Calvo-González, S., Villalobos-Pietrini, R., Waliszewski, S., Calderón-Segura, M. E., ... Lagarde-Escarrega, A. (2013). "Assessing the genotoxic risk for mexican children who are in residential proximity to agricultural areas with intense aerial pesticide applications." *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 217-225. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO188-499920130003000008&nrm=iso
- Gómez-Arrollo, S., Martínez-Valenzuela, C., Calvo-González, S., Villalobos-Pietrini, R., Waliszewski, S. M., Calderón-Segura, M. E., ... Lagarda-Escarrega, A. (2012). "Assessing the genotoxic risk for mexican children who are in residential proximity to agricultural areas with intense aerial pesticide applications." *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 217-225.
- Gómez-Arroyo, S., Noriega-Aldana, N., Osorio, A., Galicia, F., Ling, S., & Villalobos-Pietrini, R. (1992). "Sister-chromatid exchange analysis in a rural population of Mexico exposed to pesticides." *Mutation Research Letters*, 281(3), 173-179. [https://doi.org/10.1016/0165-7992\(92\)90005-3](https://doi.org/10.1016/0165-7992(92)90005-3)
- INECC. (2007). Marco institucional de la gestión de las sustancias químicas en México. Retrieved May 24, 2019, from <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/131/marco.html>
- Intranuovo, G., Schiavulli, N., Cavone, D., Birtolo, F., Cocco, P., Vimercati, L., ... Ferri, G. M. (2018). "Assessment of DNA damages in lymphocytes of agricultural

- workers exposed to pesticides by comet assay in a cross-sectional study.” *Biomarkers*, 23(5), 462-473. <https://doi.org/10.1080/1354750X.2018.1443513>
- Lázaro, P., Fuentes, C., Ortega, M., Rendón, L., & Zataráin, F. (2000). “Dinámica de los mantos freáticos someros en los distritos de riego.” *Agrociencia*, 34(4), 387-402. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30234402>
- Levario-Carrillo, M., Sordo, M., Rocha, F., González-Horta, C., Amato, D., & Ostrosky-Wegman, P. (2005). “Micronucleus frequency in human umbilical cord lymphocytes.” *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 586(1), 68-75. <https://doi.org/10.1016/J.MRGENTOX.2005.05.006>
- Leyva Morales, J. B., García de la Parra, L. M., Bastidas Bastidas, P. de J., Astorga Rodríguez, J. E., Bejarano Trujillo, J., Cruz Hernández, A., ... Betancourt Lozano, M. (2014). “Uso de plaguicidas en un valle agrícola tecnificado en el noroeste de México.” *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(3), 247-261. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37031522002>
- Martínez-Valenzuela, C., Gómez-Arroyo, S., Villalobos-Pietrini, R., Waliszewski, S., Calderón-Segura, M. E., Félix-Gastélum, R., & Álvarez-Torres, A. (2009). “Genotoxic biomonitoring of agricultural workers exposed to pesticides in the north of Sinaloa State, Mexico.” *Environment International*, 35(8), 1155-1159. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2009.07.010>
- Martínez-Valenzuela, M. del C., Calderón Vázquez, C. L., Ortega-Martínez, L. D., Waliszewski, S., Mendoza Maldonado, L., & Meraz, Arámbula, E. (2017). Plaguicidas en el norte de Sinaloa: efectos en la salud. In *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México* (p. 351). <https://doi.org/10.1097/NNA.0b013e31828958cd>
- Martínez Valenzuela, C., Félix Gastélum, R., Mora Romero, A. G., & Ortega Martínez, L. D. (2015). “Biomonitoreo citogenético de jornaleros ocasionalmente expuestos a plaguicidas.” *Ciencia Desde El Occidente*, 2(2), 8-17.
- Naciones Unidas. (1973). *Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano*. Nueva York. Retrieved from <https://www.dipublico.org/conferencias/mediohumano/A-CONF.48-14-REV.1.pdf>
- Ortiz, I., Avila-Chávez, M. A., & Torres, L. G. (2013). “Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio.” *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 5(2), 26-46. <https://doi.org/10.7603/s40682-014-0007-5>
- Pandey, A. K., Nagpure, N. S., & Trivedi, S. P. (2018). “Genotoxicity assessment of pesticide profenofos in freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) using comet assay and random amplified polymorphic DNA (RAPD).” *Chemosphere*, 211, 316-323. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.182>
- Sánchez Garayzar, A. B., Bahamonde, P. A., Martyniuk, C. J., Betancourt, M., & Munkittrick, K. R. (2016). “Hepatic gene expression profiling in zebrafish (*Danio rerio*) exposed to the fungicide chlorothalonil.” *Comparative Biochemistry and Physiology - Part D: Genomics and Proteomics*, 19, 102-111. <https://doi.org/10.1016/j.cbd.2016.04.004>
- SENASICA. (2016). Registro de plaguicidas agrícolas. Retrieved May 24, 2019, from <https://www.gob.mx/senasica/documentos/registro-de-plaguicidas-agricolas?state=published>
- Sin embargo. (2019). México usa 111 plaguicidas que en otros países ya están prohibidos para cultivar papa, maíz, limón. Retrieved May 26, 2019, from <https://www.sinembargo.mx/21-03-2019/3553456>

SSA. (2013). Panorama histórico de morbilidad y mortalidad por Intoxicación por plaguicidas en México 1995-2012. *Boletín Epidemiológico*, 30, 1-28. Retrieved from <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/historico-boletin-epidemiologico>

Vazquez Boucard, C., Lee-Cruz, L., Mercier, L., Ramírez Orozco, M., Serrano Pinto, V., Anguiano, G., ... Díaz, D. (2017). A study of DNA damage in buccal cells of consumers of well- and/or tap-water using the comet assay: Assessment of occupational exposure to genotoxicants. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 58(8), 619-627. <https://doi.org/10.1002/em.22111>

Zúñiga Violante, E., Arellano García, E., Camarena Ojinaga, L., Daesslé Heusser, W., Von-Glascoe, C., Leyva Aguilera, J. C., & Ruiz Ruiz, B. (2012). “Daño genético y exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas del Valle de San Quintín, Baja California, México.” *Revista de Salud Ambiental; Vol. 12, Núm. 2 (2012)*. Retrieved from <https://ojs.diffundit.com/index.php/ras/article/view/328>