

Plaguicidas en alimentos: riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz, México

Jahaziel Díaz-Vallejo, D en SP,⁽¹⁾ Albino Barraza-Villarreal, D en C Epidem,⁽²⁾ Leticia Yáñez-Estrada, D en C Bioméd,⁽³⁾ Leticia Hernández-Cadena, D en C Epidem.⁽⁴⁾

Díaz-Vallejo J, Barraza-Villarreal A, Yáñez-Estrada L, Hernández-Cadena L. Plaguicidas en alimentos: riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz, México. *Salud Publica Mex.* 2021;63:486-497.

<https://doi.org/10.21149/12297>

Díaz-Vallejo J, Barraza-Villarreal A, Yáñez-Estrada L, Hernández-Cadena L. Pesticide residues in food: health risk and regulation in Veracruz, Mexico. *Salud Publica Mex.* 2021;63:486-497.

<https://doi.org/10.21149/12297>

Resumen

Objetivo. Evaluar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de residuos de plaguicidas en alimentos del estado de Veracruz, así como evaluar el riesgo para la salud humana debido a su consumo. **Material y métodos.** Se midieron las concentraciones de residuos de plaguicidas en productos vegetales y se compararon con los valores establecidos como límites de seguridad en el marco regulatorio del uso de plaguicidas. Se calculó el cociente de peligro y sus posibles efectos a la salud. **Resultados.** El 14.8% de las muestras excedieron la concentración permitida. Se detectaron plaguicidas prohibidos (metamifos, monocrotopos, triazofos y clorpirifos) que superaron las dosis de referencia establecidas, lo que pone en riesgo de sufrir posibles efectos a la salud del tipo neurológico, hepatotóxico y alteraciones endocrinas a la población. **Conclusiones.** Se encontraron residuos de plaguicidas altamente peligrosos en los alimentos, los cuales están prohibidos por los convenios internacionales ambientales derivado de su potencial para causar efectos a la salud y al medio ambiente, por lo cual es necesario su eliminación. El marco regulatorio de México debe actualizarse y ser dinámico conforme se avance en el conocimiento de los efectos adversos de los plaguicidas en la salud.

Palabras clave: residuos de plaguicidas; límite máximo de agrotóxico en alimentos; evaluación de riesgos para la salud; regulación

Abstract

Objective. Evaluate compliance with the maximum permissible limits for pesticide residues in food in the state of Veracruz, as well as the risk to human health due to its consumption. **Materials and methods.** The concentration of pesticide residues in plant products were measured for comparison with the values established as safety limits and the regulatory framework for the use of pesticides. The hazard quotient and its possible effect on health were calculated. **Results.** 14.8% of the samples exceeded the allowed concentration. We found banned pesticides (methamidophos, monocrotophos, triazophos and chlorpyrifos) that exceeded the established references dose, which increase the risk of possible neurological, hepatotoxic and endocrine alterations in health. **Conclusions.** There is the presence of highly hazardous pesticides, which are prohibited by international environmental conventions due to their impact on health and the environment, which is why their elimination is necessary. The regulatory framework in Mexico must be updated and dynamic as the knowledge of the adverse health effects of pesticides advances.

Keywords: pesticide residues; agro toxic maximum allowable limit on food; risk assessment; regulation

(1) Servicios de Salud de Veracruz. Xalapa, Veracruz, México.

(2) Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.

(3) Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

(4) Instituto Nacional de Salud Pública. Ciudad de México, México.

Fecha de recibido: 2 de diciembre de 2020 • **Fecha de aceptado:** 19 de marzo de 2021 • **Publicado en línea:** 18 de junio de 2021

Autor de correspondencia: Dr. Albino Barraza Villarreal. Av. Universidad 655, col. Santa María Ahuacatlán. 62100, Cuernavaca, Morelos, México.

Correo electrónico: abarraza@correo.insp.mx

Licencia: CC BY-NC-SA 4.0

Los plaguicidas son ampliamente utilizados a nivel mundial en la agricultura tecnificada para el control de plagas y en programas de salud pública para la prevención y el control de enfermedades transmitidas por vector.^{1,2}

En México, aproximadamente 32 millones de hectáreas están destinadas a la agricultura.³ La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estimó que durante el periodo 2013-2017, México tuvo un consumo promedio de 2 kg de plaguicidas por hectárea de cultivo.⁴ Entre los principales estados agrícolas que registran un mayor uso de plaguicidas se encuentran Sinaloa, Chiapas, Colima, Jalisco, Nayarit, Sonora, Tamaulipas y Veracruz.^{5,6} Si bien, el uso de los plaguicidas es útil para la agricultura, su utilización con frecuencia contamina los cultivos alimentarios, los cuales son una ruta de exposición con posibles efectos agudos o crónicos a la salud.

Algunos estudios realizados en México y en otros países han reportado la presencia de plaguicidas en los alimentos. En los informes anuales de la autoridad de Seguridad Alimentaria de la Unión Europea (EFSA, por sus siglas en inglés) se indicó que 33.5% de las muestras tenían residuos de plaguicidas, con el imazalil, boscalid, fludioxonil, captan, clorpirifos y tiabendazol como los más frecuentes.⁷ Para el caso de México, algunas investigaciones han reportado la presencia de residuos en más de 50% de las muestras evaluadas e incluso la presencia de plaguicidas peligrosos como monocrotofos, etión, quintozeno y ometoato, plaguicidas que ya están prohibidos en otros países por sus efectos a la salud.⁵

Asimismo, en otro estudio realizado en el estado de Sonora, se analizaron productos hortofrutícolas buscando residuos de piretroides como cialotrina, ciflutrina, cipermetrina, fenvalerato y deltametrina en hortalizas. Se recolectaron muestras en mercados y campos de cultivo de todo el estado y se encontró que aproximadamente 9% de las muestras resultaron positivas; la cipermetrina fue el residuo detectado con mayor frecuencia en cebolla y papa.⁸ En Veracruz se detectaron plaguicidas organoclorados con niveles altos en carne bovina con un potencial riesgo carcinogénico por su consumo.⁹

Entre los daños a la salud en humanos que se han asociado con la exposición a plaguicidas se encuentran cáncer, Parkinson, enfermedad de Hodgkin, Alzheimer, alteraciones endocrinas como esterilidad y diabetes, inmunosupresión, daño renal, efectos hepatotóxicos y mutagénicos, y problemas neurocognitivos.⁸⁻¹⁵

Con la finalidad de proteger la salud de las personas, se establecen los límites máximos permitidos de residuos de plaguicidas (LMR),¹⁶⁻¹⁸ definidos como

la concentración máxima de residuos que se permite legalmente en los alimentos y que, si se ingieren, no representen un riesgo para la salud.^{19,20} Aunado a esto, México cuenta con un marco legal nacional sobre la regulación de estos productos químicos y participa en diversos acuerdos internacionales, como los Convenios de Estocolmo, Róterdam y Protocolo de Montreal, ratificados por el Senado de la República,²¹⁻²³ en los que participan diversas instituciones gubernamentales para el proceso regulatorio y vigilancia de su cumplimiento.

El objetivo de este estudio fue evaluar el cumplimiento del marco legal sobre los límites máximos permisibles de residuos de plaguicidas en frutas, verduras y hortalizas en el estado de Veracruz, así como evaluar el riesgo para la salud humana debido al consumo de estos alimentos.

Material y métodos

Se realizó un estudio transversal, utilizando datos secundarios, provenientes del programa federal plaguicidas en alimentos de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. El estudio cuenta con la autorización de las diferentes comisiones del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP).

Muestreo y análisis químico

Se recolectaron muestras de frutas, verduras y hortalizas durante el periodo de 2013 a 2018 de forma aleatoria en los puntos de venta de 38 supermercados y 44 centrales de abasto del estado de Veracruz. Las muestras fueron colectadas y empaquetadas por separado en bolsas plásticas herméticas debidamente identificadas. Se mantuvieron a una temperatura entre 2 a 8 °C desde su recolección y hasta su envío inmediato al laboratorio autorizado. Las muestras tuvieron un tratamiento previo de homogeneización y posteriormente se realizó la extracción del analito mediante el método QuEChERS (rápido, sencillo, barato, eficaz, robusto y seguro, por sus siglas en inglés), de acuerdo con el método analítico AOAC 2007.1 residuos de plaguicidas en los alimentos. Para la extracción se utilizó acetronitrilo acidificado con ácido acético y partición líquido-líquido con sulfato de magnesio. La determinación multiresidual de 476 plaguicidas (más de 400 moléculas) se realizó por medio de cromatografía de gases masas-masas (GC/MSMS) y 226 por cromatografía de líquidos masas-masas (LC/MSMS). En las muestras donde se detectó presencia de residuos de plaguicidas se realizó el análisis por duplicado.

Caracterización de la población residente del estado de Veracruz

Con la finalidad de contar con un marco de referencia que diera mayor soporte a la evaluación de riesgos, se utilizaron los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (Ensanut) 2018, de los que se obtuvo el peso corporal promedio para adolescentes y adultos (12 años o más) y para niños escolares (de 5 a 11 años), así como los patrones de alimentación mediante el cálculo de tasas de ingesta de los alimentos. Éste se realizó para cada grupo (12 años o más y de 5 a 11 años) con base en el cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos de la Ensanut, considerando las veces al día que se consume el producto alimenticio (frutas, verduras y hortalizas), la porción y el número de porciones. Asimismo, se calculó el factor de exposición (FE) de acuerdo con la fórmula general establecida que contempla la frecuencia de exposición por la duración de la misma y dividida por el periodo en el cual la dosis es promediada.²⁴

Evaluación de riesgos (ER) y análisis estadístico

La ER se realizó tomando como base la metodología general de análisis de riesgos.²⁴⁻²⁶ Considerando los plaguicidas identificados, se realizó una búsqueda exhaustiva de información sobre estudios toxicológicos y epidemiológicos relacionados con estas sustancias y sus posibles daños a la salud, su potencial carcinogénico o teratogénico y su peligrosidad, entre otros.

La dosis de exposición estimada oral (DEE) se calculó con la ecuación general para cada alimento y se utilizó la concentración promedio de los residuos de plaguicidas detectados. Los valores estándar de peso corporal y dietas globales se sustituyeron por el peso corporal y frecuencia de consumo de alimentos del contexto de la población de Veracruz.

La caracterización del riesgo se realizó mediante el cociente de peligro (HQ), dividiendo la DEE entre su respectiva dosis de referencial oral (RfD). Un HQ superior a uno indica que es probable que se produzca el efecto adverso a la salud. Para la caracterización del riesgo para efecto cancerígeno se utilizó la DEE y su multiplicación por el factor pendiente de cáncer oral (SF).

Los datos fueron analizados con el programa estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) y Microsoft Excel.

Cumplimiento de la normatividad de residuos de plaguicidas

Se realizó un análisis documental del marco regulatorio aplicable a todo el territorio mexicano; se consideraron los apartados de las leyes, reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y demás disposiciones que hacen referencia a los LMR. Asimismo, se analizaron los convenios internacionales de los que México forma parte.

La concentración detectada de residuos de plaguicidas en los alimentos fue comparada con los LMR de México, Estados Unidos (EU) y la Unión Europea (UE). Se utilizó el catálogo oficial de plaguicidas (Registro Sanitario de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR) de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) para obtener los LMR. En el caso de no tener un valor establecido, se procedió a consultar la web *Pesticides Database*, *Global MRL database* y la *EU-Pesticides database*.

Resultados

Se analizó un total de 230 muestras de diferentes grupos de alimentos (cereales, frutas, leguminosas, tubérculos y verduras). La mayor parte de la muestra se concentró en la región centro (38.7%), seguida de la región norte (20.9%), montañas (20.4%) y sur (20%) del estado. El 57.4% (132) de las muestras analizadas contenían uno o más residuos de plaguicidas. El 14.8% (34) tuvo concentraciones de residuos que excedieron los LMR y 14.3% (33) contenía residuos de plaguicidas prohibidos, como se muestra en el cuadro I. Se detectaron múltiples residuos en 42.2% (97) de las muestras analizadas, desde la presencia de dos y hasta 15 residuos (dos muestras) de diferentes plaguicidas.

Se identificó un total de 428 residuos, agrupados en 75 tipos de plaguicidas. En la figura 1 se observa la frecuencia de estas sustancias; los organofosforados fueron los más frecuentemente detectados (24.6%).

De acuerdo con la clasificación de plaguicidas por su peligrosidad recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), no se detectaron plaguicidas de la clase Ia "extremadamente peligroso", sin embargo, sí se encontraron para la categoría Ib "altamente peligrosos" (11%), II "moderadamente peligrosos" (28%), III "ligeramente peligroso" (46%) y U "poco probable de peligro" (15%). De la clase Ib, se detectaron carbofurán, ciflutrin, fenamifos, metamidofos, metomilo, paratión metílico, monocrotofos y ometoato. Con base en la

Cuadro I
FRECUENCIA DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS POR GRUPO DE ALIMENTO. VERACRUZ, MÉXICO, 2013-2018

Grupo de alimento	Producto	Muestras analizadas (%)	Muestras <LD* (%)	Muestras >LD* (%)	Muestras fuera de LMR* (%)	Muestras con plaguicidas prohibidos* (%)
Cereales	Arroz (palay)	2 (18.2)	2 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Maíz	9 (81.8)	7 (77.8)	2 (22.2)	0 (0)	1 (11.1)
		11 (4.8)	9 (81.8)	2 (18.2)	0 (0)	1 (9.1)
Frutas	Ciruela (americana roja)	4 (9.5)	0 (0)	4 (100)	1 (25)	0 (0)
	Guayaba	4 (9.5)	0 (0)	4 (9.5)	2 (50)	0 (0)
	Limón (colima y persa)	2 (4.8)	1 (50)	1 (50)	1 (50)	1 (50)
	Manzana (golden y red delicious)	17 (40.5)	2 (11.8)	15 (88.2)	2 (11.8)	1 (5.9)
	Naranja (valencia)	2 (4.8)	1 (50)	1 (50)	0 (0)	0 (0)
	Pera (anjou y bartlett)	8 (19.0)	0 (0)	8 (100)	0 (0)	0 (0)
	Piña (MD2)	3 (7.1)	3 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Plátano (roatán)	2 (4.8)	2 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Leguminosas		42 (18.3)	9 (21.4)	33 (78.6)	6 (14.3)	2 (4.8)
	Frijol (michigan y pinto)	21 (95.5)	21 (95.5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Haba	1 (4.5)	1 (4.5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Tubérculos		22 (9.6)	22 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Papa (blanca y ágata)	6 (2.6)	2 (33.3)	4 (66.6)	1 (16.7)	2 (33.3)
	Acelga	3 (2)	1 (33.3)	2 (66.7)	1 (33.3)	1 (33.3)
	Calabacita (italiana)	7 (4.7)	5 (72.4)	2 (28.6)	1 (14.3)	0 (0)
	Calabaza	8 (5.4)	4 (50)	4 (50)	0 (0)	2 (25)
	Cebolla	1 (0.7)	1 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	Chayote (verde liso)	7 (4.7)	6 (85.7)	1 (14.3)	1 (14.3)	0 (0)
	Chile (chipotle, jalapeño, guajillo y serrano)	52 (34.9)	6 (11.5)	46 (88.5)	17 (32.7)	11 (21.2)
	Ejote	1 (0.7)	0 (0)	1 (100)	0 (0)	0 (0)
	Espinaca	6 (4)	2 (33.3)	4 (66.7)	3 (50)	3 (50)
	Lechuga (orejona y romana)	11 (7.4)	5 (45.5)	6 (54.5)	0 (0)	1 (9.1)
	Pepino	3 (2)	0 (0)	3 (100)	0 (0)	0 (0)
Verduras	Tomate (saladette y bola)	15 (10.1)	3 (20)	12 (80)	1 (6.7)	4 (26.7)
	Zanahoria	35 (23.5)	23 (65.7)	12 (34.3)	3 (8.6)	6 (17.1)
		149 (64.8)	56 (37.6)	93 (62.4)	27 (18.1)	28 (18.8)
	Total	230 (100)	98 (42.6)	132 (57.4)	34 (14.8)	33 (14.3)

LD: límite de detección

LMR: límites máximos de residuos

MD2: variedad piña miel

* Porcentaje con respecto al producto

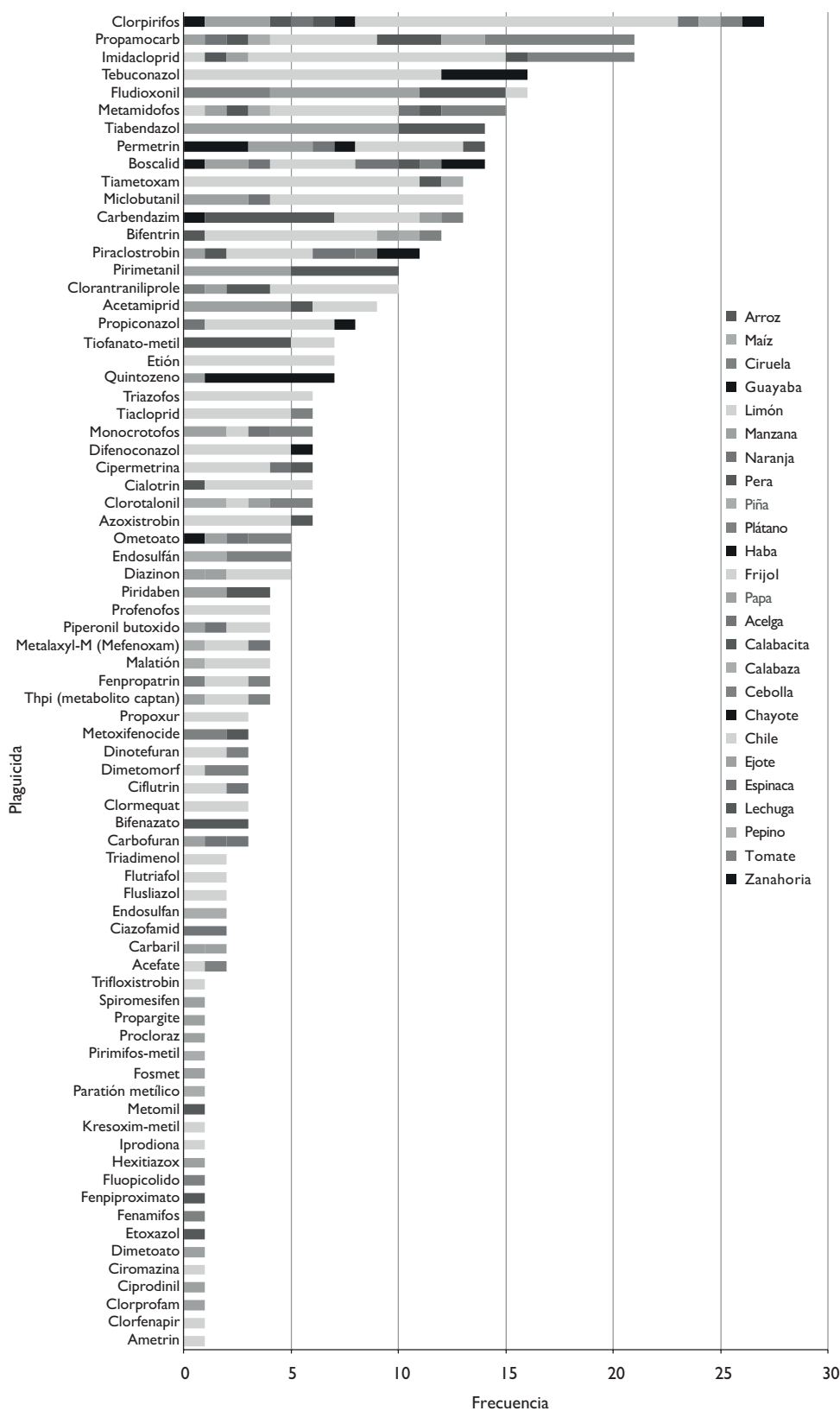


FIGURA I. FRECUENCIA DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS DETECTADOS. VERACRUZ, MÉXICO, 2013-2018

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), es probable que 15% de los plaguicidas encontrados sean cancerígenos para los humanos.

Grupos de alimentos

Cereales. En el caso del maíz se detectaron malatión, metil-pirimifos y paratión metílico dentro de los LMR, este último prohibido.

Frutas. Se detectó presencia de residuos en 78.6%. El plaguicida prohibido detectado fue metamidofos en limón, el cual supera 20 veces el LMR, y propargite en manzana, el cual se encuentra prohibido en la UE por ser considerado probable cancerígeno por su bioacumulación en el medio ambiente. El residuo de plaguicida que se detectó con mayor frecuencia en las frutas fue fludioxonil.

Tubérculos. Se detectó un total de 10 diferentes tipos de residuos, de los cuales están prohibidos carbofurán, metamidofos, monocrotofos y quintozeno, este último por encima del LMR. En tres muestras (papas) se detectaron multiresiduos (diazinon y propamocarb, dimetoato, metamidofos, monocrotofos y mometoato, y carbofurán, carbaril, monocrotofos y pentacloronitrobenceno como metabolito de quintozeno).

Verduras. Para el caso del tomate, los plaguicidas prohibidos detectados fueron metamidofos, acefate, endosulfán y monocrotofos; este último estuvo por encima del LMR. En dos muestras de calabaza se detectaron trazas de endosulfán. Seis muestras de zanahoria presentaron quintozeno. Los chiles son la verdura que presentó una mayor cantidad de diferentes tipos de residuos de plaguicidas, con más de 40, así como el alimento que con mayor frecuencia sobrepasó los LMR. Algunos residuos, como el iprodiona y el monocrotofos, tuvieron una concentración de hasta 40 veces más el LMR permitido. En dos muestras (chile de árbol y guajillo) se llegaron a detectar hasta 15 diferentes plaguicidas en cada una.

Caracterización del riesgo

La dosis de exposición estimada total de 41 plaguicidas fue superior a la dosis de referencia, tanto en adultos como en escolares. La mayor dosis de exposición estimada por clorpirifos fue por la ingesta de chile, para el caso de propamocarb y permetrina por lechuga y para boscalid por manzana.

De acuerdo con la caracterización del riesgo de efecto no cancerígeno por vía oral, los plaguicidas metamidofos, monocrotofos, etión, paratión metílico,

triazofos y clorpirifos, diazinon y flutriafol superaron la RfD y obtuvieron un HQ por encima de uno, como se muestra en el cuadro II, lo que sugiere un gran potencial de toxicidad crónica. Entre los efectos a la salud más significativos que estos plaguicidas podrían causar se encuentran afectación del sistema nervioso y hematológico, daño hepático e inhibición de la colinesterasa.

Para la caracterización del riesgo cancerígeno sólo se encontró el valor de SF₀ para acefate de todos los plaguicidas detectados. Este compuesto químico estuvo presente en las muestras de tomate y chile. Suponiendo que la población consumiera alimentos contaminados con la frecuencia actual y a esa concentración detectada de los residuos de estas sustancias químicas, el riesgo de cáncer por acefate sería de 4.76×10^{-6} , lo que indica una probabilidad de 0.47 casos de cáncer por cada 100 000 individuos.

Normatividad sobre residuos de plaguicidas

Se detectaron diversos agroquímicos que han sido prohibidos en distintos países y que, de acuerdo con los convenios de Estocolmo y Rotterdam, deberían estar prohibidos en el país por sus efectos a la salud y medio ambiente. Sin embargo, cuentan con registros sanitarios vigentes como carbofurán (30 registros con vigencia indeterminada), endosulfán (prohibida su importación a partir de 2019), metamidofos (79 registros con vigencia indeterminada), monocrotofos (36, con vigencia indeterminada), paratión metílico (prohibida su importación a partir de 2019, pero con 175 registros con vigencia indeterminada), quintozeno (29 registros sanitarios, con la leyenda "uso restringido", con una vigencia indeterminada) y triazofos (tres registros con vigencia indeterminada).

En el catálogo oficial de plaguicidas de Cofepris no se cuenta con LMR para algunos plaguicidas detectados en diversos cultivos como ciruela (cuatro plaguicidas), guayaba (cinco plaguicidas), limón (un plaguicida), manzana (siete plaguicidas), naranja (dos plaguicidas), pera (siete plaguicidas), acelga (cuatro plaguicidas), chayote (un plaguicida), chile (15 plaguicidas), espinaca (siete plaguicidas), lechuga (un plaguicida), tomate (dos plaguicidas) y zanahoria (seis plaguicidas). Como se muestra en el cuadro III, diferentes plaguicidas excedieron los LMR permisibles, tanto para los LMR fijados para México (en su mayoría sin LMR) como para EU y la UE.

De acuerdo con el marco legal actual, las principales instituciones que participan en el proceso regulatorio de estas sustancias y que deben garantizar el cumplimiento de la normatividad son Cofepris, Secretaría de

Cuadro II
ESTIMACIÓN DE RIESGO A LA SALUD DE PLAGUICIDAS PARA LA POBLACIÓN DE ADOLESCENTES,
ADULTOS Y ESCOLARES. VERACRUZ, MÉXICO, 2013-2018

<i>Plaguicida</i>	<i>RfD</i>	<i>DEEAA</i>	<i>DEEE</i>	<i>HQAA</i>	<i>HQE</i>	<i>Sistemas, órganos afectados o efectos a la salud</i>
Metamidofos	0.00005	0.0114	0.0195	228.50	389.26	Sistema nervioso, inhibición de la colinesterasa
Monocrotofos	0.0006	0.0297	0.0254	49.44	42.37	Inhibición de la ChE, síndrome colinérgico
Etión	0.0005	0.0048	0.0032	9.64	6.44	Sistema nervioso, inhibición de la colinesterasa
Paratión metílico	0.00025	0.0022	0.0062	8.74	24.92	Sistema nervioso y hematológico, inhibición de la colinesterasa, glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito
Triazofos	0.001	0.0069	0.0046	6.93	4.64	No hay evidencia
Clorpirifos	0.003	0.0168	0.0171	5.59	5.71	Perturbador endocrino
Diazinon	0.0002	0.0004	0.0003	1.97	1.31	Reducción de colinesterasa en plasma
Flutriafol	0.01	0.0118	0.0079	1.17	0.79	No hay evidencia
Triadimenol	0.0034	0.0032	0.0022	0.95	0.63	Posible afectación al sistema nervioso, no concluyente
Piridaben	0.01	0.0087	0.0284	0.87	2.84	No hay evidencia
Boscalid	0.04	0.0305	0.0809	0.76	2.02	Hígado graso, intolerancia a la glucosa
Propamocarb	0.29	0.1513	0.3434	0.52	1.18	Manifestaciones neuroconductuales
Cialotrin	0.005	0.0025	0.0029	0.50	0.58	Desarrollo y crecimiento, reducción de peso corporal
Propiconazole	0.013	0.0065	0.0085	0.50	0.65	Sistema digestivo, irritación de mucosa gastrointestinal
Propoxur	0.005	0.0025	0.0016	0.49	0.33	Sistema nervioso, inhibición de la colinesterasa y glóbulos rojos
Quintozeno	0.003	0.0015	0.0033	0.49	1.10	Sistema hepático, toxicidad en hígado
Pirimifos metil	0.01	0.0047	0.0133	0.47	1.33	Sistema nervioso, disminución transitoria de colinesterasa en plasma
Flusilazol	0.002	0.0009	0.0006	0.44	0.29	Anormalidades cardiovasculares, retardo en crecimiento fetal, defectos de tubo neural, no genotóxico
Difenoconazol	0.01	0.0044	0.0029	0.43	0.291	Retardo en el crecimiento fetal, anomalías en hígado
Clorfenapir	0.015	0.0062	0.0042	0.42	0.28	Diaforesis, rabdomiólisis, disfunción neurológica
Ciflutrin	0.003	0.0012	0.0009	0.39	0.30	Sistema nervioso, ataxia
Cipermetrina	0.01	0.0039	0.0029	0.39	0.29	Sistema digestivo, desórdenes gastrointestinales
Carbofuran	0.005	0.0018	0.0018	0.36	0.36	Sistema nervioso y reproductivo, inhibición de la colinesterasa y glóbulos rojos, efectos testiculares y urinarios
Ometoato	0.003	0.0011	0.0011	0.36	3.60	Sistema nervioso, inhibición de colinesterasa, con posibilidad de potencial mutagénico
Iprodion	0.04	0.0143	0.0095	0.36	0.24	Sistema nervioso y hematológico, incremento de cuerpos de Heinz (daño oxidativo), disminución del peso de la próstata
Bifenazato	0.01	0.0030	0.0100	0.30	0.99	No teratogénico ni carcinogénico
Pirimetanil	0.17	0.0442	0.1453	0.26	0.85	No teratogénico ni carcinogénico
Bifentrin	0.015	0.0039	0.0028	0.26	0.19	Neurotoxicidad, desórdenes de ansiedad, ataxia
Tiacloprid	0.01	0.0024	0.0017	0.24	0.17	Modifica cambios en metabolismo y balance hormonal, intolerancia a la glucosa

(continúa...)

(continuación)

Ciromazin	0.0075	0.0018	0.0012	0.24	0.16	Efectos hematológicos
Malatión	0.02	0.0034	0.0065	0.17	0.33	Sistema nervioso, disminución de colinesterasa en glóbulos rojos
Tebuconazole	0.03	0.0048	0.0062	0.16	0.21	Toxicidad en el desarrollo y teratogénico
Permetrina	0.05	0.0076	0.0161	0.15	0.32	Neurotoxicidad
Tiabendazol	0.1	0.0141	0.0199	0.14	0.20	Daño en riñón, cálculos renales, nefrosis, hiperplasia en epitelio urinario
Acefate	0.004	0.0005	0.0005	0.14	0.13	Sistema nervioso y hepático, inhibición de la colinesterasa, adenomas y carcinomas en hígado
Fenpropatrin	0.025	0.0034	0.0027	0.13	0.10	No teratogénico ni carcinogénico
Imidacloprid	0.06	0.0072	0.0074	0.12	0.12	Efectos en hígado (hipertrofia y necrosis)
Tiametoxam	0.026	0.0030	0.0023	0.11	0.09	Fetotoxicidad, anomalías esqueléticas (malformaciones)
Carbendazim	0.02	0.0023	0.0039	0.11	0.19	Genotóxico
Profenofos	0.03	0.0032	0.0021	0.11	0.07	Sistema digestivo
Metil tiofanato	0.08	0.0078	0.0157	0.09	0.19	Genotóxico
Carbaril	0.01	0.0005	0.0013	0.05	0.13	Posible carcinogénico, tumores en tiroides, fetotóxico
Fludioxonil	0.37	0.0135	0.0411	0.04	0.11	Neoplasias

RfD: Dosis de referencia

DEEAA: Dosis de exposición estimada en adolescentes y adultos

DEEE: Dosis de exposición estimada en escolares

HQAA: Cociente de peligro en adolescentes y adultos

HQE: Cociente de peligro en escolares

Cuadro III
CONCENTRACIÓN DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS DETECTADOS EN LOS ALIMENTOS QUE SUPERARON LA
CONCENTRACIÓN DEL LMR. VERACRUZ, MÉXICO, 2013-2018

Producto	Plaguicida detectado	ppm	Plaguicida prohibido	Altamente peligroso	LMR MX	EUA	UE
Ciruela	Fenpropatrin	0.015	No	Sí	-	-	0.01
Guayaba	Permetrina	0.102 ± 0.055	No	Sí	-	-	0.05
Limón	Metamidofos	0.233	Sí	Sí	-	-	0.01
Manzana	Clorprofam	0.035	No	No	-	-	0.01
	Piridaben	0.373 ± 0.503	No	No	0.5	0.75	0.5
Papa	Quintozeno	0.071	Sí	Sí	0	0.1	0.02
Acelga	Carbofurán	0.205	Sí	Sí	-	-	0.005
	Clorpirifos	0.075	No	No	-	-	0.01
Calabacita	Clorpirifos	0.09	No	No	0.01	-	0.01
Chayote	Clorpirifos	0.065	No	No	0.01	-	0.01

(continúa...)

(continuación)

Chile	Clomequat	0.164 ± 0.020	No	Sí	-	-	0.01
	Cipermetrina	0.125 ± 0.118	No	Sí	-	0.2	-
	Flusliazol	0.036	No	Sí	-	-	0.01
	Iprodion	0.58	No	Sí	-	-	0.01
	Kresoxim metil	0.065	No	Sí	-	-	0.01
	Monocrotofos	0.497	Sí	Sí	-	-	0.01
	Profenofos	0.129 ± 0.079	No	No	-	-	0.01
	Propiconazol	0.182 ± 0.232	No	Sí	-	-	0.01
	Propoxur	0.100 ± 0.047	No	Sí	-	-	0.01
	Tiofanato metil	0.155	No	Sí	0.1	-	-
	Triadimenol	0.131	No	Sí	-	-	0.01
	Triazofos	0.282 ± 0.162	Sí	Sí	-	-	0.01
Espinaca	Clorpirifos	0.036	No	No	-	-	0.01
	Metamidofos	0.051	Sí	Sí	-	-	0.01
	Monocrotofos	0.127	Sí	Sí	-	-	0.01
	Ometoato	0.101	No	Sí	-	-	0.01
Tomate	Monocrotofos	1.75	No	Sí	0.01	-	0.01
Zanahoria	Quintozeno	0.13 ± 0.101	Sí	Sí	-	-	0.02

Ppm: partes por millón
 LMR: límites máximos de residuos
 MX: México
 EUA: Estados Unidos de América
 UE: Unión Europea

Agricultura y Desarrollo Rural (Sader) y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat),^{27,28} cada una con atribuciones propias, como se muestra en el cuadro IV.

Discusión

De acuerdo con el estudio, el mayor porcentaje de residuos de plaguicidas estuvo dentro de la normatividad de LMR de México; cabe señalar que estos últimos son menos estrictos que los estipulados en la UE. Asimismo, se encontraron residuos de plaguicidas en cultivos que no están autorizados, tal es el caso del clorpirifos detectado en guayaba, espinaca y acelga; imidacloprid en pera; propiconazol en zanahoria; fludioxonil en ciruela y manzana, y metamidofos en limón.

Entre los agroquímicos detectados con mayor frecuencia se encuentra el metamidofos, el cual debería estar prohibido en todo el territorio mexicano de acuerdo con el Convenio de Rotterdam. No obstante,

en ningún comunicado oficial de la autoridad sanitaria nacional se señala su prohibición; sólo en el catálogo oficial de plaguicidas se encuentran alrededor de 81 registros sanitarios con la leyenda de “uso restringido”.

Se encontraron otros plaguicidas en menor frecuencia, pero su importancia radica en que son compuestos prohibidos según los convenios internacionales ambientales y otros son considerados altamente peligrosos por los criterios de la OMS, tal es el caso del acefate, carbofurán, endosulfán, paratión metílico, monocrotofos, quintozeno y triazofos. Esto coincide con investigaciones previas realizadas en México que documentan la presencia de estos mismos químicos en hortalizas.⁵

En un estudio realizado en puntos de venta de vegetales frescos en el estado de Sonora, se detectaron residuos de piretroides en 9% de las muestras,⁸ donde el ciflutrin es el compuesto con mayor concentración detectado en cebolla. Esto es contrario a lo encontrado en la presente investigación, ya que sólo se detectó en Chile y espinaca, y las concentraciones estuvieron dentro de los LMR. Sin

Cuadro IV
AUTORIDAD REGULADORA Y ATRIBUCIÓN. MÉXICO, 2018

Entidad gubernamental	Atribuciones
Cofepris	Proteger a la población contra riesgos sanitarios, para lo cual ejerce funciones de regulación, control y fomento sanitario, en términos de las disposiciones aplicables en materia de los productos de uso o consumo, los establecimientos, los servicios y la publicidad. Otorga registros, permisos y expide certificados para la venta y exportación de plaguicidas. Realizar análisis de riesgo para la revisión y establecimiento de LMR.
Sader	Regular las especificaciones bajo las cuales se desarrollan los estudios de campo para establecer los LMR. Regular el uso fitosanitario para el cual fue autorizado y proporcionar esta información a la autoridad competente para establecer los LMR. Emitir dictamen técnico sobre la efectividad biológica de plaguicidas.
Semarnat	Realizar evaluaciones del impacto de medio ambiente, emitir opinión técnica respecto de la protección del ambiente. Autorizar la importación y exportación de plaguicidas y nutrientes vegetales. Emitir opinión técnica respecto de la protección del ambiente.

LMR: límites máximos de residuos
Cofepris: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
Sader: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
Semarnat: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

embargo, la frecuencia del grupo químico de piretroides fue similar en 9.8% de las muestras. Otros estudios han detectado insecticidas organofosforados (malatión, paratión metílico, diazinón y clorpirifos) en cultivos de nopal, mientras que en granos (maíz, frijol, trigo y garbanzo) se detectaron malatión, clorpirifos, cipermetrina y metabolitos de dicloro difenil tricloroetano (DDT).^{29,30}

Si bien en esta investigación no se analizó el nopal y dentro de los cultivos de granos únicamente se incluyeron frijol y maíz, en este último se identificó malatión. Sin embargo, no se detectaron residuos del DDT y sus metabolitos en los productos analizados, los cuales son compuestos químicos persistentes.

El 11% de los plaguicidas detectados pertenece al grupo Ib altamente peligrosos, lo cual puede ocasionar graves daños a la salud de las personas, como es el caso de fenamifos, metomilo y ometoato, todos estos autorizados en México con vigencia indeterminada.

El clorpirifos fue el plaguicida detectado con mayor frecuencia, y aunque la EPA lo considera como no cancerígeno, actúa como disruptor (perturbador) endocrino y se ha asociado con patologías como criptorquidia, disminución de la cuenta espermática, cáncer de mama, de ovarios y de tiroides, menarca a edad más temprana y otras alteraciones hormonales.¹⁷

En el año 2017, la Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM), en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y con instituciones públicas y privadas, generó una publicación sobre los plaguicidas altamente peligrosos en México. Sus resultados son concordantes con los encontrados en esta investigación y destacan la circulación de plaguicidas altamente peligrosos en el país

y que cuentan con registro sanitario, mismos que en otras naciones, principalmente en los países de la Unión Europea, no están autorizados o incluso han sido prohibidos por sus efectos adversos a la salud y el medio ambiente.¹⁶

El incumplimiento de los LMR, la presencia de plaguicidas en cultivos para los cuales no han sido autorizados y el uso de plaguicidas prohibidos, pueden estar relacionados con una baja cobertura de la asistencia técnica, lo que limita el acceso de los agricultores a lineamientos para el uso correcto de los plaguicidas^{31,32} y los expone a un proceso regulatorio deficiente en sus tres elementos (técnicos, de capacidad y gobernanza) por parte de las autoridades sanitarias.³³⁻³⁵

El estudio tiene algunas limitaciones. Los productos muestreados son comercializados y consumidos en el estado de Veracruz, pero su diversa procedencia hace difícil su trazabilidad. Por otro lado, este análisis sólo consideró la exposición a plaguicidas por vía oral a partir del consumo de frutas, verduras y hortalizas, con lo que se descartan otros alimentos y vías de exposición que deben ser estudiadas. Asimismo, la forma en que se calculó la ingesta fue mediante datos agregados de la Ensanut. Otra posible limitación fue no haber incluido el glifosato en la detección multiresidual, por lo cual no se puede saber si hubo presencia o no de este agroquímico que, a pesar de conocerse sus efectos adversos a la salud humana, en México está autorizado.

En conclusión, aunque existe un conjunto de esfuerzos basados en buenas prácticas agrícolas e inocuidad para disminuir el riesgo a la salud por exposición a plaguicidas, continúan utilizándose compuestos químicos altamente peligrosos. Entre los posibles efectos a la salud que éstos pueden generar se encuentran daño neuro-

lógico, toxicidad en hígado y alteraciones endocrinas. Por tanto, es necesario establecer una política pública integral para el manejo de los plaguicidas, acatar los acuerdos internacionales y cumplir con los compromisos adquiridos. Asimismo, se debe actualizar el listado oficial de plaguicidas prohibidos y su publicación en el Diario Oficial de la Federación, en el que se incorpore a los plaguicidas altamente peligrosos detectados en este estudio y en otras investigaciones previas; implementar un programa de educación ambiental sobre el uso correcto de los plaguicidas, acompañado de recomendaciones sobre la necesidad de inversión en tecnologías alternativas; formular un plan nacional de fortalecimiento de la regulación sanitaria y construcción gradual de un sistema alimentario ecológico y sustentable.

Agradecimientos

Al personal verificador sanitario del estado de Veracruz que realizó la recolección de las muestras.

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declararon no tener conflicto de intereses.

Referencias

- Gangemi S, Gofita E, Costa C, Teodoro M, Briguglio G, Nikitovic D, et al. Occupational and environmental exposure to pesticides and cytokine pathways in chronic diseases (Review). *Int J Mol Med*. 2016;38(4):1012-20. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2016.2728>
- Rajmohan KS, Chandrasekaran R, Varjani S. A Review on occurrence of pesticides in environment and current technologies for their remediation and management. *Indian J Microbiol*. 2020;60(2):125-38 [citado enero 3, 2018]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12088-019-00841-x>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. México: INEGI, 2018 [citado enero 3, 2018]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/ena2017_pres.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Indicadores de plaguicidas [Internet]. Roma, Italia: FAO, 2018 [citado octubre 6, 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/EP>
- Pérez MA, Navarro H, Miranda E. Residuos de plaguicidas en hortalizas: Problemática y riesgo en México. *Rev Int Contam Ambient*. 2013;29 (número especial de plaguicidas):45-64 [citado enero 3, 2018]. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/41423>
- García-Hernández J, Leyva Morales J, Martínez-Rodríguez IE, Hernández-Ochoa MI, Aldana-Madrid ML, Rojas-García AE, et al. Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Rev Int Contam Ambient*. 2018;34 (especial sobre Contaminación y Toxicología por Plaguicidas (CTP)):29-60 [citado enero 3, 2018]. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2018.34.esp01.03/46727>
- European Food Safety Authority. The 2017 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA journal Eur Food Saf Auth* [Internet]. 2019;17(6):e05743 [citado enero 3, 2018]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32626361>
- Aldana-Madrid ML, Valenzuela-Quintanar AI, Silveira-Gramont MI, Rodríguez-Olibarria G, Grajeda-Cota P, Zuno-Floriano FG, et al. Residual pyrethroids in fresh horticultural products in Sonora, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2011;87(4):436-9. <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0391-z>
- Pardío V, Martínez D, Flores A, Romero D, Suarez V, López K, et al. Human health risk of dietary intake of organochlorine pesticide residues in bovine meat and tissues from Veracruz, México. *Food Chem*. 2012;135(3):1873-93. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.079>
- Del Puerto-Rodríguez AM, Suárez-Tamayo S, Palacio-Estrada DE. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. 2014;52(3):372-87 [citado enero 3, 2018]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubhigepi/chi-2014/chi143j.pdf>
- Zinyemba C, Archer E, Rother HA. Climate variability, perceptions and political ecology: Factors influencing changes in pesticide use over 30 years by Zimbabwean smallholder cotton producers. *PLoS One*. 2018;13(5):e0196901. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196901>
- Alewu B, Mosiri C. Chapter 11, Pesticides and human health. En: *Pesticides in the modern world. Effects of pesticides exposure* [Internet]. Stoycheva M, ed. London: IntechOpen Limited, 2011:231-49 [citado enero 3, 2018]. Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-effects-of-pesticides-exposure>
- Nicolopoulou-Stamati P, Maipas S, Kotampasi C, Stamatis P, Hens L. Chemical pesticides and human health: the urgent need for a new concept in agriculture. *Front public Heal*. 2016;4:148. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2016.00148>
- Sanborn M, Kerr KJ, Sanin LH, Cole DC, Bassil KL, Vakili C. Non-cancer health effects of pesticides: systematic review and implications for family doctors. *Can Fam Physician*. 2007;53(10):1712-20 [citado enero 3, 2018]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2231436/>
- Mnif W, Hassine AIH, Bouaziz A, Bartegi A, Thomas O, Roig B. Effect of endocrine disruptor pesticides: a review. *Int J Environ Res Public Health*. 2011;8(6):2265-303. <https://doi.org/10.3390/ijerph8062265>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Residuos de plaguicidas en los alimentos y piensos. Normas Internacionales de los Alimentos [Internet]. Roma, Italia: FAO, 2019 [citado octubre 6, 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/es/>
- Bejarano-González F, Aguilera-Márquez D, Álvarez-Solis JD, Arámbula-Meraz E, Arellano-Aguilar O, Bastidas-Bastidas PJ, et al. Los plaguicidas altamente peligrosos en México. *Texcoco: Red de acción sobre plaguicidas y alternativas en México*, 2017 [citado enero 3, 2018]. Disponible en: <https://www.rapam.org/wp-content/uploads/2017/09/Libro-Plaguicidas-Final-14-agst-2017sin-portada.pdf>
- Cantin-Galindo S, Herrero-Mambrona P, Carcas de Benavides MC, Roca-Vela MA, Frutos Pérez-Surio A. Investigación de residuos de plaguicidas en frutas, verduras y hortalizas y cereales en la Comunidad Autónoma de Aragón durante el periodo 2010-2013. *Rev Tloxicología*. 2016;33(1):44-49. [citado enero 3, 2018]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5563848>
- Ambrus A, Füzesi I, Susán M, Dobi D, Lantos J, Zakar F, et al. A cost-effective screening method for pesticide residue analysis in fruits, vegetables, and cereal grains. *J Environ Sci Heal Part B*. 2005;40(2):297-339. <https://doi.org/10.1081/PFC-200045554>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. Límites máximos del CODEX para residuos de plaguicidas [Internet]. Roma, Italia: FAO, 2019 [citado octubre 1, 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/waicent/faostat/pest-residue/pest-s.htm>. Published 2019
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono [Internet]. Nairobi, Kenia: PNUMA, 2006 [citado octubre 6, 2019]. Disponible en: <https://www.zapopan.gob.mx/wp-content/uploads/2015/03/>

Manual-del-Protocolo-de-Montreal-reativo-a-las-sustancias-que-agotan-la-Capa-de-Ozono.pdf

22. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP) [Internet]. Ginebra: PNUMA, 2009 [citado octubre 6, 2019]. Disponible en: https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/treaties/es/unep-pop/trt_unep_pop_2.pdf

23. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Convenio de Estocolmo. Los principales logros de estos 10 años [Internet]. Ginebra: PNUMA, 2011 [citado octubre 6, 2019]. Disponible en: <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-PAWA-SCI0-Achievementbooklet.Sp.pdf>

24. Martín-Olmedo P, Carroquino-Saltó MJ, Ordóñez-Iriarte JM, Moya J. La evaluación de riesgos en salud. Guía metodológica. Aplicaciones prácticas de la metodología de la evaluación de riesgos en salud por exposición a químicos [Internet]. Madrid: Sociedad Española de Sanidad Ambiental, 2016:260 [citado diciembre 10, 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/311087127_La_Evaluacion_de_Riesgos_en_Salud_Guia_metodologica

25. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos. Guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos [Internet]. Roma: Organización Mundial de la Salud, 2007:129 [citado noviembre 20, 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0822s/a0822s00.htm>

26. Agency for Toxic Substance and Disease Registry. Public Health Assessment Guidance Manual (Update) [Internet]. Atlanta, GA: ATSDR, 2005 [citado noviembre 20, 2019]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/hac/phamanual/pdfs/phagm_final1-27-05.pdf

27. Diario Oficial de la Federación. 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 [Internet]. México: Secretaría de Gobernación, 2014 [citado abril 15, 2018]. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5332473&fecha=13/02/2014

28. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. Registro sanitario de plaguicidas y nutrientes vegetales. México: Gobierno

de México, 2019 [citado octubre 30, 2019]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/registro-sanitario-de-plaguicidas-y-nutrientes-vegetales>

29. Aldana-Madrid ML, Valdez-Hurtado S, Vargas-Valdez ND, Salazar-López NJ, Silveira-Gramont MI, Loarca-Piña FG, et al. Insecticide residues in stored grains in Sonora, Mexico: quantification and toxicity testing. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2008;80(2):93-6. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9302-8>

30. Aldana-Madrid ML, García-Moraga MC, Rodríguez-Olibarria G, Salveira-Gramont I, Valenzuela-Quintanar AI. Determinación de insecticidas organofosforados en nopal fresco y deshidratado. *Rev Fitotecnica Mex*. 2008;31(002):133-9. Disponible en: <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/31-2/6a.pdf>

31. Chávez-Larios JA, Saucedo-Martínez N. El sistema de reducción de riesgos de contaminación como ventaja Competitiva en productos agrícolas del Occidente de México. Memoria del XI Congreso de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad. Colima, 2017:784-99 [citado diciembre 10, 2019]. Disponible en: <https://riico.net/index.php/riico/article/view/1473/1134>

32. Cuevas-Reyes V, Baca del Moral J, Cervantes Escoto F, Aguilar Ávila J. Asistencia técnica en el sector agropecuario en México: análisis del VIII censo agropecuario y forestal. *Rev Mex Ciencias Agrícolas*. 2012;3(5):943-57 [citado diciembre 10, 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000500008

33. Santos-Burgoa C. Elementos regulatorios sobre la marihuana, a consideración para la efectiva protección a la salud de la población. *Salud Publica Mex*. 2017;59(5):592-600. <https://doi.org/10.21149/8503>

34. Santos-Burgoa C, Urbina-Fuentes M, Rivera-Dommarco JÁ, Híjar M, Sánchez-Tepoz JS, Gallaga-Solórzano JC, et al. Desarrollo de la capacidad para la regulación en salud en México. *Gac Med Mex*. 2018;154(3):368-90. <https://doi.org/10.24875/GMM.18004351>

35. Rodríguez-Ramírez S, Gaona-Pineda EB, Martínez-Tapia B, Arango-Angarita A, Kim-Herrera EY, Valdez-Sánchez A et al. Consumo de grupos de alimentos y su asociación con características sociodemográficas en población mexicana. *Ensanut 2018-19*. *Salud Publica Mex*. 2020;62:693-703. <https://doi.org/10.21149/11529>