

Uso histórico de plaguicidas en caña de azúcar del DR035 La Antigua, Veracruz

Historical use of pesticides in sugarcane plantations in the DR035 La Antigua, Veracruz

Recibido: 26 de octubre del 2016

Aceptado: 11 de abril del 2018

Publicado: 8 de octubre del 2018

Estela Ramírez-Mora*, Arturo Pérez-Vázquez*, Cesáreo Landeros-Sánchez*, Juan Pablo Martínez-Dávila*, Juan A. Villanueva-Jiménez*, Luz del Carmen Lagunes-Espinoza**

Cómo citar:

Ramírez-Mora, E., Pérez-Vázquez, A., Landeros-Sánchez, C., Martínez-Dávila, J. P., Villanueva-Jiménez, J. A., & Lagunes-Espinoza, L. del C. (2018). Uso histórico de plaguicidas en caña de azúcar del DR035 La Antigua, Veracruz. *Acta Universitaria*, 28(4), 42-49. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2018.1644>

* Campus Veracruz, Colegio de Postgraduados. Km. 88.5 de la Carretera Federal Xalapa - Veracruz, Predio Tepetates, Mpio. Manlio F. Altamirano, Veracruz, México. Tel. 012292010770 Ext. 64332. Correo electrónico: parturo@colpos.mx

** Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados.

° Autor de correspondencia.

Palabras Clave:

Agricultores; exposición laboral; herbicidas; insecticidas; uso de plaguicidas.

Keywords:

Farmers; occupational exposure; herbicides; insecticides; pesticide use.

RESUMEN

El cultivo de caña de azúcar involucra gran diversidad de plaguicidas. Por tanto, se requiere conocer su estatus de uso e identificar el nivel de riesgo en la salud de la población ocupacionalmente expuesta. El objetivo fue identificar los plaguicidas utilizados en los últimos 30 años en este agroecosistema en el Distrito de Riego 035 "La Antigua", Veracruz, México, y sus efectos potenciales en salud humana. En el año 2011 se realizó una revisión de archivos históricos y se aplicó una encuesta a productores de los ingenios El Modelo y La Gloria. Se registraron los plaguicidas utilizados del año 1980 al 2012. Se documentó la aplicación de 28 ingredientes activos. Destacan los insecticidas carbofurán y monocrotofós y los herbicidas triazinas, 2,4-D y metano arsonato monosodio. Los plaguicidas utilizados a la fecha tienen efecto en la salud humana como disrupción endócrina e inmunitaria, daños al sistema nervioso central y periférico, y carcinogénesis.

ABSTRACT

Sugarcane crop involves a wide variety of pesticides. Therefore, there is a need to know their status of use and to identify their health risk on the occupationally exposed population. The aim was to identify pesticides used during the last 30 years on this agroecosystem, in the Irrigation District 035 "La Antigua", Veracruz, Mexico, and its potential effects on human health. A search of historical data along with a survey among farmers in the Modelo and Gloria mills were carried out in 2011. Twenty-eight different active ingredients have been applied from 1980 to 2012. Carbofuran and monocrotophos as well as herbicides, such as triazine, 2, 4-D and monosodium methyl arsenate, had been the most common used insecticides. Pesticides used are closely related to induce immune and endocrine disruption, damage to the peripheral and central nervous systems, and carcinogenesis in humans.

INTRODUCCIÓN

El cultivo y la industrialización de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en México se realiza en 15 estados y 227 municipios, genera cerca de 2 millones de empleos directos e indirectos y una derrama económica de 30 000 millones de pesos (Secretaría de Economía, 2012). Durante la zafra 2015/2016 se tuvo una producción aproximada de 6×10^6 t de azúcar. A nivel nacional se destinaron 7.78×10^5 ha, siendo Veracruz el principal estado productor con 3.23×10^5 ha industrializadas y una cosecha de 20.3×10^6 t, lo que equivale al 40.37% de la producción nacional (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar/Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Conadesuca/Sagarpa], 2015).

El Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (Pronar) 2014-2018 (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2014) plantea acciones para el incremento de la producción de caña de azúcar y su consolidación. Entre ellas, el fomento a la sanidad, eficiencia en el uso del agua, condiciones de seguridad y salud en el trabajo, así como el fortalecimiento de la generación y uso de la información. Además, identifica un área importante de atención en el manejo del agua, el uso de agroquímicos y prácticas de cultivo en los campos cañeros para intentar alcanzar una producción sustentable. La Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar en sus artículos 35 y 39 indica que: "se deberá procurar el mejoramiento de las condiciones de vida de las familias cañeras de las zonas de reabastecimiento", "fomentar la modernización del campo cañero nacional y la adopción de mejoras tecnológicas", además de que "se deberá estudiar y promover el establecimiento y perfeccionamiento del sistema de seguridad y prevención social en beneficio de las familias cañeras. Esto, permitirá el mejoramiento de las condiciones de vida y promoverá un desarrollo rural sustentable de la agroindustria de la caña de azúcar" (DOF, 2005).

El modelo de la "Revolución Verde" generado y adoptado en México desde 1950 ha implicado una alta dependencia de agroquímicos en la producción de caña de azúcar. Derivado de ello, la agroindustria de la caña de azúcar enfrenta hoy día serios problemas que merman su producción, como son el ataque de plagas (Rodríguez del Bosque et al., 2014), la falta de modernización de la infraestructura (Gómez-Merino et al., 2014) y una exigua investigación científica y tecnológica (Sagarpa, 2013).

La presencia de plagas afectan anualmente alrededor de 400×10^5 ha de cultivo (Rodríguez del Bosque et al., 2014) y para su control se emplea una gran cantidad de plaguicidas. De las más de 150 especies de plagas que atacan al

cultivo de caña, las de mayor importancia en México son los barrenadores del tallo (*Diatraea saccharalis* F., *Diatraea magnifactella* Dyar y *Eoreuma loftini* Dyar), el salivazo o mosca pinta (*Aeneolamia* spp. y *Prospapia* spp.), la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), el picudo de la caña (*Anacetrinus* spp., *Cholus* spp., *Calendra* spp., *Metamasium* spp. y *Limnobaris* spp.), el pulgón amarillo (*Sipha flava* (Forbes)), la chinche de encaje (*Leptodictya tabida* [Herrich-Schaeffer]) y la rata de campo (*Sigmodon hispidus* Say and Ord, *Oryzomys couesi* Alston) (Aguilar-Rivera, Rodríguez, Enríquez, Castillo & Herrera, 2012; Rodríguez del Bosque et al., 2014; Salgado, Bucio, Riestra & Lagunes, 2013; Senties-Herrera, Gómez-Merino, Valdez-Balero, Silva-Rojas & Trejo-Téllez, 2014). Por su parte, las malezas compiten con el cultivo por agua, luz y nutrimentos y pueden afectar severamente el rendimiento de la caña (Labrada, Caseley & Parker, 1996).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2000) en su informe: "Estadísticas del medio ambiente" destaca que para 1999 se aplicaron en la República Mexicana 23 000 t de insecticidas. Se utilizaron 60% de los 22 plaguicidas clasificados como perjudiciales para la salud y el ambiente, de los cuales 42% son producidos en México. Además, se emplearon 30 de los 90 plaguicidas que han sido cancelados o restringidos por la Environmental Protection Agency (EPA) en EUA (INEGI, 2000).

Pese a la importancia de los plaguicidas en los cultivos, su uso y manejo inadecuado representa riesgos para la salud humana y la contaminación ambiental. Asociado con la exposición a plaguicidas en el ser humano se han reportado síntomas como dolores de cabeza, náuseas, mareos o pérdida del conocimiento (Abhilash & Singh, 2009; McCauley et al., 2006; Ngowi, Mibise, Ijani, London & Ajayi, 2007), carcinogénesis (Abhilash & Singh, 2009; Andreotti et al., 2009; Bassil et al., 2007; Cockburn et al., 2011; Gold, Slone, Ames & Manley, 2001), disrupción endócrina (Bretveld, Thomas, Scheepers, Zielhuis & Roeleveld, 2006; Colborn & Carroll, 2007), asma y diversos síntomas respiratorios (Faria, Facchini, Gastal & Tomasi, 2005), entre otros efectos a corto, mediano y largo plazo (Alavanja, Hoppin & Kamel, 2004; Araújo, Nogueira & Augusto, 2000; Damalas & Eleftherohorinos, 2011; Durkin, 2010; Ritter, Goushloff, Arbuckle, Cole & Raizenne, 2006; Weiss, Amler & Amler, 2004; Zhao et al., 2008).

La aplicación indiscriminada de plaguicidas puede ocasionar también diversos daños al ambiente (Margni, Rossier, Crettaz & Jolliet, 2002), tanto a la flora como a la fauna, incluyendo la contaminación de suelo, mantos freáticos y aguas continentales y costeras (Hernández-Romero, Tovilla-Hernández, Malo & Bello-Mendoza, 2004; Hildebrandt, Guillamón, Lacorte, Taule & Barceló, 2008; Leong, Tan & Mustafa, 2007; Tariq, Azfal, Hussain & Sultana, 2007).

Colateralmente se pueden desarrollar plagas resistentes, emergentes y la eliminación de organismos benéficos (Subirós, 1995).

Las personas se exponen a plaguicidas en forma directa o indirecta (Alavanja *et al.*, 2004). La exposición ocupacional representa la ruta directa y puede ocurrir en el caso de trabajadores agrícolas, ya sea a campo abierto, invernaderos, trabajadores de la industria de fabricación de plaguicidas y en exterminadores caseros de plagas. La presencia de plaguicidas en el ambiente laboral constituye un riesgo potencial de exposición. Los trabajadores que intervienen en mezclar, cargar, transportar y aplicar los plaguicidas reciben la mayor exposición por la naturaleza de su trabajo y son el grupo de mayor riesgo de presentar intoxicación aguda y efectos a largo plazo (Damalas & Eleftherohorinos, 2011). La exposición ocupacional a plaguicidas reviste una importancia central al impactar directamente en la salud e indirectamente en la economía del estado (Bowles & Webster, 1995; Pimentel *et al.*, 1992). Los análisis costo-beneficio de la producción agrícola generalmente excluyen o minimizan las externalidades por el uso de plaguicidas, así como los impactos negativos a la sociedad y al ambiente (Bowles & Webster, 1995; Ngowi *et al.*, 2007; Pimentel, 2005; Pretty, 2008).

El objetivo de esta investigación fue identificar el uso histórico de los plaguicidas utilizados en el cultivo de caña de azúcar en los últimos 30 años en el Distrito de Riego 035 La Antigua y su relación con riesgos a la salud humana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Distrito de Riego 035 (DR035) es una región dedicada preponderantemente al cultivo de la caña de azúcar. Se ubica en la región central costera del estado de Veracruz. Este Distrito comprende los municipios de Actopan, Paso de Ovejas y Úrsulo Galván, entre otros. El cultivo de caña de azúcar en el DR035 ocupa una superficie aproximada de 26 122 ha (Unión Nacional de Cañeros [UNC], 2016). Predomina el monocultivo a altas densidades, principalmente bajo riego rodado, con un uso intensivo de agroquímicos, incluido los plaguicidas. Los ingenios que operan en esta zona son: El Modelo, previamente administrado por el Gobierno Federal, hoy por el Grupo Porres; y La Gloria, perteneciente al Grupo Azucarero del Trópico. Durante la zafra 2014/2015, ambos ingenios procesaron 2.426×10^6 t (13.69%) de caña de azúcar, de un total de 18×10^6 t a nivel estatal (Conadesuca/Sagarpa, 2015).

Datos históricos

En 2013 se realizó una búsqueda histórica en las bases de datos de los Ingenios La Gloria y El Modelo, de los plaguicidas empleados en los últimos 30 años (1980 al 2012).

Entrevista

Se entrevistaron 109 productores del DR035. Se documentó el nombre de los plaguicidas utilizados en los ciclos productivos 2011 y 2012 y se clasificó por uso y grupo toxicológico. Se contó con la colaboración de los técnicos encargados del Departamento de Plagas y Enfermedades de ambos ingenios quienes auxiliaron en el cotejo de la información lo que sirvió de soporte para la recopilación y análisis de los datos.

Análisis de la información

La base de datos se construyó al capturar la información en el programa Microsoft® Excel® 2011, con el que se realizó estadística descriptiva.

RESULTADOS

Historial de uso de plaguicidas

La tabla 1 indica el historial de los insecticidas y herbicidas recomendados y empleados por ambos ingenios del año 1980 al 2012. Se indica el grupo químico al cual pertenecen dichos productos, nombre comercial, principio activo, dosis y periodo de uso. La información presentada obedece a las recomendaciones que realizan los técnicos del Departamento de Plagas y Enfermedades y a los registros de las aplicaciones en las parcelas donde el ingenio es contratado para tal actividad. Sin embargo, cada productor tiene la libertad de comprar los plaguicidas que requiera directamente en tiendas de agroquímicos sin tener que reportar dicha compra al ingenio.

Entrevista a productores

El total de los 109 productores entrevistados pertenecen al sexo masculino, con una edad media de 57 años (moda de 56 años). En la tabla 2 se indica el porcentaje de productores entrevistados y qué plaguicida utilizaron en el ciclo 2012. Se encontró que 100% de los entrevistados utilizan carbofurán para el control de mosca pinta, seguido del organofosforado monocrotofos y que el 54.2% de los productores utilizan un segundo insecticida. El herbicida de elección (91.4%) es el glifosato, seguido por una formulación que contiene 2,4-D más ametrina (80.2%).

Tabla 1 Uso histórico de plaguicidas en el cultivo de caña de azúcar en el DR035 La Antigua, Veracruz, México (Ciclo 2011/2012)

Insecticidas			
Nombre técnico	Grupo químico	Dosis recomendada	Años de uso
hexaclorobenceno (BCH)	Organoclorado	20 kg ha ⁻¹	1980-1985
endosulfán	Organoclorado	1.5 L ha ⁻¹	1985-2004
triclorfon	Organofosforado	2 kg ha ⁻¹	1980-1985
malatión	Organofosforado	20 kg ha ⁻¹	1980-1985
clorpirifos	Organofosforado	1.0 L ha ⁻¹	1985-1990
monocrotofos	Organofosforado	1.0 L ha ⁻¹	1985- vigente
paratión metílico	Organofosforado	1.5 L ha ⁻¹	1985- vigente
carbofurán	Carbamato	1.5 L ha ⁻¹ ó 20 kg ha ⁻¹	1985- vigente
carbosulfán	Carbamato	1.5 L ha ⁻¹	2008- vigente
pirimicarb	Carbamato	0.15 kg L ⁻¹	2005- vigente
cipermetrina	Piretroide	0.4 L ha ⁻¹	2000- vigente
λ-cialotrina	Piretroide	0.4 L ha ⁻¹	2000- vigente
zeta cipermetrina	Piretroide	0.5 L ha ⁻¹	2008- vigente
thiametoxam	Neonicotenoide, piretroide	0.3 L ha ⁻¹	2009- vigente
Herbicidas			
Nombre técnico	Grupo químico	Dosis	Años de uso
ametrina	Triazina	2.0 kg ha ⁻¹ a 5.0 kg ha ⁻¹	1980- vigente
atrazina	Triazina	4.0 kg ha ⁻¹	1982- vigente
terbutrina	Triazina	4.0 kg ha ⁻¹	1995-2000
hexazinona	Triazina	3.0 kg ha ⁻¹	2000- vigente
diurón	Derivado de la urea	2.0 kg ha ⁻¹	1980- vigente
2,4-D	Fenoxiacético	2.0 L ha ⁻¹	1985- vigente
paraquat	Bipiridilo	sol. 2 %	1985- vigente
picloram	Piridina	2.0 L ha ⁻¹	1990-2000
fluazifop-ρ-butilo	Fenoxiacético	1.0 L ha ⁻¹	1995- 1998
glifosato	Aminofosfonato	sol. 2 %	1995- vigente
dicamba	Organoclorado	2.0 L ha ⁻¹	2000- vigente
MSMA	Organoarsenical	sol. 2 %	2005- vigente
trifoxisulfurón	Sal de sodio	2.5 kg ha ⁻¹	2007- vigente
imazapic	Derivado imidazol	0.21 kg ha ⁻¹	2007- vigente

Fuente: Es resultado de la búsqueda histórica realizada por la autora en las bases de datos de los Ingenios La Gloria y El Modelo, de los plaguicidas empleados en los últimos 30 años (1980 al 2012).

Tabla 2 Plaguicidas utilizados por los productores de caña de azúcar en el DR035 La Antigua, Veracruz, México (Ciclo 2011/2012)

Insecticida		
Grupo químico	Nombre técnico	Porcentaje de uso (%)
Carbamato	Carbofurán	100
	Carbosulfán	4.9
Organofosforado	Monocrotofos	40.7
Piretroide	Cipermetrina	6.2
Neonicotenoide + Piretroide	Thiametoxam, λ-cialotrina	1.2
Organoclorado	endosulfán	1.2
Herbicidas		
Grupo químico	Nombre técnico	Porcentaje de uso (%)
Aminofosfonato	Glifosato	91.4
Fenoxiacético + triazina	2,4-D + ametrina	80.2
Clorofenoxi	2,4-D	46.9
Triazinas	Ametrina + atrazina	51.9
Organoarsenical	Metano arsonato Monosodio	55.6
Bipiridilo	paraquat	7.4
Derivado de urea	Diurón	11.1
Piridina	Picloram	4.9

Fuente: Es elaboración propia, producto del resultado de la encuesta aplicada.

Toxicidad de los plaguicidas utilizados

En la tabla 3 se indica la dosis letal media oral aguda (DL₅₀ OA) para los plaguicidas de mayor uso en el cultivo de caña de azúcar en la zona del DR035 de acuerdo con los datos históricos arriba presentados. Se indica el grupo químico al que pertenecen, el nombre técnico y la acción tóxica ejercida en mamíferos.

DISCUSIÓN

El productor o dueño de la parcela de caña de azúcar es quien normalmente decide lo relacionado al control químico de plagas. En cada contrato que establece el productor en conjunto con el ingenio, se decide si el ingenio o el propio productor se harán cargo del control de insectos plaga, el producto a aplicar, la dosis y la periodicidad de la aplicación. Cuando el productor es el responsable del control, lo realiza organizándose con los ejidatarios de su localidad, o lo hace directamente. El control de maleza o arvenses lo realiza directamente el productor o algún jornalero contratado para ello.

Tabla 3 Información toxicológica de los insecticidas y herbicidas de mayor uso por la población de estudio

Nombre	DL50*	Grupo químico**	Acción tóxica
Endosulfán	22.7 [‡]	Derivados de hidrocarburos halogenados	Se une a las proteínas de la membrana, altera su permeabilidad a iones sodio y potasio (Ferrer, 2003; Albert & Loera, 2005)
Paratión metílico	6 [‡]	Ésteres derivados del ácido fosfórico	Inhibición irreversible de AChE. Inhibe la esterasa neuropática e incrementa el calcio celular por alteración de la enzima calcio-calmodulina-quinasa II, que provoca desmielinización y degeneración del axón (Martínez-Valenzuela & Gómez-Arroyo, 2007)
Monocrotofós	8 [‡]		
Carbofurán	8 [‡]	Ésteres metilados y dimetilados del ácido carbámico con un grupo amino unido a un carbonilo	Inhibición reversible de la actividad de la enzima AChE en su sitio activo (Albert & Loera, 2005)
carbosulfán	51 [‡]		
cipermetrina	250 [‡]	Estructura similar a los ésteres del ácido crisantémico obtenidos del <i>C. cinerariifolium</i>	Cierra los canales de sodio que regulan la comunicación neuronal y el impulso nervioso, se manifiesta como parálisis (Lagunes-Tejeda & Villanueva-Jiménez, 1994)
zetametrina	320 [‡]		
λ-cialotrina	56 [‡]		
thiametoxam	1563 [‡]	Tiazol	Agonistas de los receptores postsinápticos nicotínicos de la Aco (Tomizawa & Casida, 2003; Rodríguez et al., 2010)
glifosato	5 [‡]	Amida fosfonometilada derivada de la glicina	Inhibe la síntesis de proteínas (Reigart & Roberts, 2009)
2,4-D	699 [‡]	Contienen un anillo aromático, halógenos y el grupo carbonilo	Disruptor endócrino (Reigart & Roberts, 2009)
ametrina	508 [‡]	Imidazoles con sustituyentes halogenados, tiometilados y/o metoxilados	Disruptor de sistemas endócrinos e inmunitarios (Reigart & Roberts, 2009)
atrazina	1780 [‡]		
paraquat	50 ^{**}	Bipiridilos cuaternarios	Forma radicales libres que dañan los órganos de absorción (Reigart & Roberts, 2009)

*DL50: dosis letal media (50 %) oral aguda en [‡]rata, ^{**}bovinos (mg kg⁻¹). AChE: Acetil colinesterasa. Aco: Acetil colina.
 Fuente: Tomado de Albert & Loera (2005).

De los insecticidas que se utilizaron y recomendaron por parte del ingenio en el periodo de 1980 a 2012, el tricorfon, el carbaril y el malatión se encuentran en desuso para caña de azúcar, de acuerdo con el sitio de internet de la Comisión Federal Contra Riesgos Sanitarios (Cofepris, <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx>). El hexaclorociclohexano se encuentra prohibido para su uso en México desde 1991, cuando entraron en vigencia los acuerdos del tratado de Rotterdam. El paraquat se encuentra restringido,

lo que significa que solo puede ser adquirido en las comercializadoras mediante la presentación de una recomendación escrita de un técnico oficial o privado que haya sido autorizado por el Gobierno Federal (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas [Cicoplafest], 2004). Con respecto al insecticida endosulfán, la última actualización al Catálogo de Plaguicidas en agosto de 2016 canceló su registro.

La mayoría de los insecticidas y herbicidas que se siguen recomendando por los ingenios en esta zona, no están aprobados para su uso en la Comunidad Económica Europea (CEE), como son: cipermetrina, carbofurán (también prohibido en EUA), monocrotofós, tiametoxam (prohibido en Bulgaria, Malta y Países Bajos), λ-cialotrina (sólo permitida en Estonia, Luxemburgo y Malta), endosulfán (también prohibido en EUA y sólo aprobado en España), ametrina y atrazina (ambos también prohibidos en EUA) y Metano arsenato monosodio (MSMA). Los herbicidas Glifosato y 2,4-D no tienen restricciones de uso (Lewis, Tzili-vakis, Warner & Green, 2016).

El riesgo en el uso de productos prohibidos o restringidos en otros países, se manifiesta por su grado de toxicidad, la dosis y periodicidad de la aplicación y se potencializa por las malas prácticas de uso por parte de productores y aplicadores. Uno de los productos más novedosos en caña de azúcar es thiametoxam. Sin embargo, ha demostrado toxicidad moderada al pato ánade real (*Anas platyrhynchos* L.); toxicidad ligera a la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss* [Walbaum]) a la pulga de agua (*Daphnia magna* Straus), y por ello se encuentran prohibidos en Bélgica, Malta y Holanda (Lewis et al., 2016).

Desde el año 1980 al 2012 se utilizaron ingredientes activos de los principales grupos químicos: organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides para insecticidas, y atrazinas, organoarsenicales, fenoxiacético y bipiridilos para herbicidas. Todos los plaguicidas se aplican solos o en formulación de dos o más principios activos. Algunos insecticidas extremadamente tóxicos utilizados son monocrotofós (organofosforado) y carbofurán (carbamato), los cuales se siguen utilizando en la zona.

Los productores indicaron que aplicaban insecticidas una o dos veces por ciclo y herbicidas en promedio una vez por mes en la temporada de lluvias, periodo de mayor crecimiento de la maleza y la presencia de plagas. Respecto a las marcas comerciales, no señalaron tener preferencia por alguna, pero sí que utilizaban el producto comercial más caro a medio año cuando tienen mayor solvencia económica, mientras que al principio y fin de año eligen las marcas de menor precio en el mercado. Para controlar las hierbas con el menor daño al cultivo y al menor costo de producción, los productores habían utilizado hasta 11

diferentes marcas comerciales de glifosato, 10 diferentes productos que contenían 2,4-D en formulación con atrazina, cuatro que contenían sólo 2,4-D, tres productos diferentes del bupiridilo paraquat y tres con el organoarsenical metano arsenato monosodio (MSMA, por sus siglas en inglés). La elección de plaguicidas la realizan basados principalmente en el costo y la efectividad mostrada en el control de la plaga. Algunos productores empezaban a utilizar los productos más novedosos como es el caso del insecticida thiametoxam (neonicotenoide), cuya elección se relacionó principalmente con la recomendación de otros productores o del vendedor de la casa comercial. La principal razón para dejar de utilizar un herbicida o un insecticida es su falta de efectividad, o porque presentaron síntomas de intoxicación al momento de la aplicación o daños físicos al cultivo.

La exposición a plaguicidas se ha relacionado con diversos efectos a largo plazo, especialmente en el caso de trabajadores agrícolas. Dichos efectos suelen presentarse como consecuencia de una exposición crónica. El efecto puede permanecer latente por un periodo largo y desencadenarse incluso varios años después de haber terminado la exposición (Repetto, 1997). El efecto puede ser mutagénico o cancerígeno es ejercido en las estructuras celulares por biotransformación al interferir en los procesos bioquímicos del funcionamiento normal de las células, dando como resultado metabolitos tóxicos o una disrupción de la función hormonal.

En la mayoría de los casos resulta difícil asociar un efecto tóxico a un plaguicida particular, ya que en la práctica agrícola generalmente se utilizan mezclas, se cambia de plaguicida de manera constante o se usa diferente presentación comercial (Baker et al., 2005). Los factores sociales, culturales y genéticos, así como los patrones de alimentación de las personas expuestas, pueden modificar los resultados de la exposición (Guillette, Meza, Aguilar, Soto & García, 1998). No obstante, diversos estudios en campo y laboratorio ponen de manifiesto el efecto perjudicial de la exposición a plaguicidas en diversos mamíferos, incluido el ser humano (Rodrigues et al., 2010; Weiss et al., 2004; Zhao et al., 2008).

CONCLUSIONES

Los plaguicidas utilizados en el cultivo de caña de azúcar en la región de estudio han variado ligeramente en los últimos 30 años, salvo en su formulación, lo que implica que no se ha buscado sustituir los productos con mayor nivel de toxicidad. El principal insecticida utilizado es carbofurán y en cuanto a herbicidas, glifosato y 2,4-D. Se ha dejado de lado el uso de organoclorados, aunque se documentó el uso de endosulfán durante la fase de campo. Los

productos utilizados por los agricultores son aquellos recomendados desde que establecieron el cultivo y no manifestaron interés alguno por cambiar o modificar el tipo de producto que están aplicando, salvo cuando no logran el control de la plaga deseada o cuando presentan alguna reacción alérgica o tóxica durante el manejo del producto.

En la región cañera del DR035 existe exposición de los trabajadores agrícolas y de los habitantes rurales a plaguicidas clasificados como altamente o moderadamente tóxicos. Varias afectaciones de mediano o largo plazo a la salud de la población expuesta, podrían pasar inadvertidas por las autoridades sanitarias. Mientras el Sistema de Salud nacional no realice estudios epidemiológicos encaminados a evaluar los efectos de los plaguicidas, los aplicadores y agricultores que laboran en las regiones cañeras de México podrían estar en un grave riesgo de presentar afectaciones en el mediano y largo plazo. Además del tipo de plaguicida utilizado, los estudios epidemiológicos deberán tomar en cuenta la frecuencia de uso y la toxicidad, los síntomas y enfermedades presentes en la población bajo estudio, así como las prácticas de manejo de los agricultores y aplicadores de plaguicidas.

REFERENCIAS

- Abhilash, P., & Singh N. (2009). Pesticide use and application: An indian scenario. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1-3), 1-12. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.061>
- Aguilar-Rivera, N., Rodríguez, D., Enríquez, V., Castillo, A., & Herrera, A. (2012). The mexican sugarcane industry: Overview, constraints, current status and long-term trends. *Sugar Technology*, 14(3), 207-222. doi: <http://doi.org/10.1007/s12355-012-0151-3>
- Alavanja, M. C., Hoppin, J. A., & Kamel, F. (2004). Health effects of chronic pesticide exposure: Cancer and neurotoxicity. *Annual Reviews of Public Health*, 25, 155-197. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.25.101802.123020>
- Albert, L. A., & Loera, R. (2005). Química y ecotoxicología de los insecticidas. En: A. V. Botello, G. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot & C. S. Agraz-Hernández (Eds.). *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias*. 2da. Edición. (pp. 177-190). Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche-Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto Nacional de Ecología.
- Andreotti, G., Freeman, L. E. B., Hou, L., Coble, J., Rusiecki, J., Hoppin, J. A., Silverman, D. T., & Alavanja, M. (2009). Agricultural pesticide use and pancreatic cancer risk in the agricultural health study cohort. *International Journal of Cancer*, 124(10), 2495-2500. doi: <http://doi.org/10.1002/ijc.24185>
- Araújo, A. C., Nogueira, D. P., & Augusto, L. G. (2000). Impacto dos plaguicidas na saúde: Estudo da cultura de tomate. *Revista de Saúde Pública*, 34(3), 309-313. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102000000300016>

- Baker, B. A., Alexander B. H., Mandel J. S., Acquavella J. F., Honeycutt R., & Chapman P. (2005). Farm family exposure study: Methods and recruitment practices for a biomonitoring study of pesticide exposure. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 15, 491-499.
- Bassil, K., Vakil, C., Sanborn, M., Cole, D., Kaur, J. S., & Kerr, K. (2007). Cancer health effects of pesticides systematic review. *Canadian Family Physician*, 53, 1704-1711.
- Bowles, R., & Webster, J. (1995). Some problems associated with the analysis of the costs and benefits of pesticides. *Crop Protection*, 14(7), 593-600. doi: [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(96\)81770-4](https://doi.org/10.1016/0261-2194(96)81770-4)
- Bretveld, R. W., Thomas, C. M., Scheepers, P. T., Zielhuis, G. A., & Roelleveld, N. (2006). Pesticide exposure: The hormonal function of the female reproductive system disrupted?. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 4(30), 1-14. doi: <https://doi.org/10.1186/1477-7827-4-30>
- Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (Cicoplafest). (2004). *Catálogo de plaguicidas*. México. Recuperado el 16 de septiembre de 2016 de <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx>
- Cockburn, M., Mills, P., Zhang, X., Zadnick, J., Goldberg, D., & Ritz, B. (2011). Prostate cancer and ambient pesticide exposure in agriculturally intensive areas in California. *American Journal of Epidemiology*, 173(11), 1280-1288. doi: <http://doi.org/10.1093/aje/kwr003>
- Colborn, T., & Carroll, L. E. (2007). Pesticides, sexual development, reproduction, and fertility: Current perspective and future direction. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 13(5), 1078-1110. doi: <https://doi.org/10.1080/10807030701506405>
- Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (Conadesuca)-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). (2015). *Datos estatales de cierre. Zafra 2015. Sistema INFOCANA*. Recuperado el 13 de septiembre de 2016 de <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=CIERRE>
- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402-1419. doi: <http://doi.org/10.3390/ijerph8051402>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2005). *Ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión*. Recuperado el XXXX de: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LDSCA.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2014). *Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2014-2018*. D.F., México. Recuperado el 14 de septiembre de 2016 de http://dof.gob.mx/copias_cert.php?acc=ajaxPaginas&paginas=1-25&seccion=UNICA&edicion=258241&ed=VESPERTINO&fecha=02/05/2014
- Durkin, P. R. (2010). *Lambda-cyhalothrin. Human health and ecological risk assessment*. Final report.
- Faria, N. M. X., Facchini, L. A., Gastal, A., & Tomasi, E. (2005). Pesticides and respiratory symptoms among farmers. *Revista de Saúde Pública*, 39(6), 973-981.
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(suppl. 1), 155-171.
- Gold, L. S., Slone, T. H., Ames, B. N., & Manley, N. B. (2001). Pesticide residues in food and cancer risk: A critical analysis. En: R. Krieger (Ed.). *Handbook of pesticide toxicology*. 2da Edición. (pp. 799-843). San Diego: Academic Press. Recuperado el 8 de marzo de 2015 de <http://potency.berkeley.edu/pdfs/handbook.pesticide.toxicology.pdf>
- Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., Morales-Ramos, V., Salazar-Ortiz, J., Velasco-Velasco, J., Sentíes-Herrera, H. E., & Ladewig, P. (2014). Necesidades de innovación en la producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp). *Agroproductividad*, 7, 22-26.
- Guillette, E. A., Meza, M. M., Aquilar, M. G., Soto, A. D., & Garcia, I. E. (1998). An anthropological approach to the evaluation of preschool children exposed to pesticides in Mexico. *Environmental Health Perspectives*, 106(6), 347-53.
- Hernández-Romero, A. H., Tovilla-Hernández, C., Malo, E. A., & Bello-Mendoza, R. (2004). Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 48(11-12), 1130-1141. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.01.003>
- Hildebrandt, A., Guillamón, M., Lacorte, S., Tauler, R., & Barceló, D. (2008). Impact of pesticides used in agriculture and vineyards to surface and groundwater quality (North Spain). *Water Research*, 42(13), 3315-26. doi: <http://doi.org/10.1016/j.watres.2008.04.009>
- Instituto Nacional de estadística y Geografía (INEGI)- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). (2000). *Estadísticas del medio ambiente México 1999*. México, D.F. Recuperado el 13 de septiembre de 2016 de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825480431_1.pdf
- Labrada, R., Caseley, J. C., & Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Lagunes-Tejeda, A., & Villanueva-Jiménez, J. A. (1994). *Toxicología y manejo de insecticidas*. D.F., México: Colegio de Postgraduados.
- Leong, K. H., Tan, L. L. B., & Mustafa, A. M. (2007). Contamination levels of selected organochlorine and organophosphate pesticides in the Selangor River, Malaysia between 2002 and 2003. *Chemosphere*, 66(6), 1153-1159. doi: <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.06.009>

- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J., & Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22, 1050-1064. doi: <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
- Margni, M., Rossier, D., Crettaz, P., & Jolliet, O. (2002). Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 379-392. doi: [http://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00336-X](http://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00336-X)
- Martínez-Valenzuela, C., & Gómez-Arroyo, S. (2007). Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(4), 185-200.
- McCaughey, L. A., Anger, W. K., Keifer, M., Langley, R., Robson M. G., & Rohlman, D. (2006). Studying health outcomes in farmworker populations exposed to pesticides. *Environmental Health Perspectives*, 114(6), 953-960. doi: <http://doi.org/10.1289/ehp.8526>
- Ngowi, A., Mbise, T., Ijani A., London, L., & Ajayi, O. (2007). Pesticides use by smallholder farmers in vegetable production in northern tanzania. *Crop Protection*, 26(11), 1617-1624. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cpro.2007.01.008>
- Pimentel, D. (2005). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability*, 7(2), 229-252.
- Pimentel, D., Acquay, H., Biltonen, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J., Lipner, V., Giordano, S., Horowitz, A. & D'amore, M. (1992). Environmental and economic costs of pesticide use. *BioScience*, 42(10), 750-760.
- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 363(1491), 447-465. doi: <http://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Reigart, J. R., & Roberts J. R. (2009). *Recognition and management of pesticide poisonings* (5ta. ed.). Nueva York. U.S.: Environmental Protection Agency.
- Repetto, M. (1997). *Toxicología fundamental*. (3ra. ed.) Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Ritter, L., Gousheff, N., Arbuckle, T., Cole, D., & Raizenne, M. (2006). Addressing the linkage between exposure to pesticides and human health effects-research trends and priorities for research. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 9(6), 441-456. doi: <https://doi.org/10.1080/10937400600755895>
- Rodrigues, K., Santana, M., Do Nascimento, J., Picanço-Diniz, D., Maués, L., Santos, S., Ferreira, V., Alfonso, M., Durán, R., & Faro, L. (2010). Behavioral and biochemical effects of neonicotinoid thiamethoxam on the cholinergic system in rats. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(1), 101-107. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.04.021>
- Rodríguez del Bosque, L. A., Vejar-Cota, G., Vásquez-López, I., Villanueva-Jiménez, J. A., López-Collado, J., & Hernández-Rosas, F. (2014). Plagas. En: M. H. Vázquez, V. H. Rodríguez-Morelos, & E. Vázquez-García. (Eds.). *Manejo integral de caña de azúcar. Libro técnico*. (pp. 147-186). Monterrey, México: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Inifap).
- Salgado, S., Bucio, L., Riestra, D., & Lagunes, L. (2013). *Caña de azúcar: Hacia un manejo sustentable*. Villahermosa, Tabasco: Colegio de Posgraduados Campus Tabasco.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). (2013). *Importancia de la agroindustria de la caña de azúcar*. D.F. México. Recuperado el 16 de septiembre de 2016 de: <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20Agroindustriales/Impactos%20Ca%C3%B1a.pdf>
- Secretaría de Economía. (2012). *Análisis de la situación económica, tecnológica y de política comercial del sector edulcorantes en México*. Dirección General de Industrias Básicas. Gobierno Federal. D.F., México. Recuperado el 16 de septiembre de 2016 de http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Analisis_Sectorial_Mercado_Edulcorantes.pdf
- Sentíes-Herrera, H. E., Gómez-Merino, F. C., Valdez-Balero, A., Silva-Rojas, H. V., & Trejo-Téllez, L. I. (2014). The agro-industrial sugarcane system in Mexico: Current status, challenges and opportunities. *Journal of Agricultural Science*, 7(2), 26.
- Subirós, R. F. (1995). El cultivo de la caña de azúcar. Costa Rica: Editorial de la Universidad Estatal a Distancia (EUNED).
- Tariq, M. I., Afzal, S., Hussain, I., & Sultana, N. (2007). Pesticides exposure in pakistan: A review. *Environment International*, 33(8), 1107-1122. doi: <http://doi.org/10.1016/j.envint.2007.07.012>
- Tomizawa, M., & Casida, J. E. (2003). Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. *Annual Review of Entomology*, 48, 339-364. doi: <http://doi.org/10.1146/annurev.ento.48.091801.112731>
- Unión Nacional de Cañeros (UNC). (2016). *Estadísticas de la agroindustria de la caña de azúcar*. Unión Nacional de Cañeros, A. C.
- Weiss, B., Amler, S., & Amler, R. (2004). Pesticides. *Pediatrics*, 113(Supp. 3), 1030-1036.
- Zhao, M., Zhang, Y., Liu, W., Xu, C., Wang, L., & Gan, J. (2008). Estrogenic activity of lambda-cyhalothrin in the mcf-7 human breast carcinoma cell line. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(5), 1194-1200. doi: <https://doi.org/10.1897/07-482.1>