

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DERMAL A PESTICIDAS EN CAÑEROS DE CIUDAD VALLES, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.

DERMAL EXPOSURE ASSESSMENT TO PESTICIDES IN SUGARCANE GROWERS OF CIUDAD VALLES, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.

Recibido: 15 de septiembre del 2020.
Aceptado: 29 de septiembre de 2020.

H. Lorenzo Márquez¹
D. Leines Medina²
A. de los Á. Gutiérrez Reyes³
I. Morales Vázquez⁴

RESUMEN

A pesar de la importancia uso de los pesticidas en los cultivos; su manejo inadecuado genera riesgos para la salud humana y la salud ambiental. Estas problemáticas se acrecientan debido a la exposición sistemática a estos agentes químicos sin tomar en cuenta el equipo mínimo de protección personal; por ello, los trabajadores que intervienen en mezclar, cargar, transportar y aplicar los pesticidas 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. La exposición ocupacional a pesticidas reviste una importancia central al impactar directamente en la salud e indirectamente en la economía, así mismo, su evaluación se encuentra opacada por la dificultad técnica y la alta especialidad necesaria para identificar la exposición a sustancias y mezclas, por ello se utilizó la técnica de trazadores fluorescentes para la identificación semicuantitativa de pesticidas; esta técnica permite al involucrado en el manejo de pesticidas ver regiones de su cuerpo que estuvieron en contacto con el pesticida y con ello identificar el riesgo que representa el uso inadecuado o nulo del material de protección personal. La implementación de la técnica se llevó a cabo a través de talleres de capacitación con trabajadores involucrados en la aplicación de pesticidas en el cultivo de caña donde se simuló una faena de preparación y aplicación de pesticidas usando agua destilada y el trazador fluorescente Tinopal CBS-X.

PALABRAS CLAVE: Exposición, pesticidas, dérmica, salud, contaminación

ABSTRACT

Despite the importance of pesticides in crops; its use and improper handling generates risks for human health and environmental health. These problems increase due to the systematic exposure to these chemical agents without taking into account the minimum personal protective equipment; for this reason, workers involved in mixing, loading, transporting and applying pesticides receive the highest exposure due to the nature of their work and are the group at greatest risk of presenting acute poisoning and long-term effects. Occupational exposure to pesticides is of central importance as it has a direct impact on health and indirectly on the state's economy, likewise, its evaluation is overshadowed by the technical difficulty and the high expertise necessary to identify exposure to substances and mixtures, thus the fluorescent tracers technique was used for the semi-quantitative identification of pesticides; this technique allows those involved in pesticide handling to see regions of their body that were in contact with the pesticide and thereby identify the risk posed by the inappropriate or null use of personal protection material. The implementation of the technique was carried out through training workshops with workers involved in the application of pesticides in the sugarcane crop where a task of preparation and application of pesticides was simulated using distilled water and the fluorescent tracer Tinopal CBS-X.

KEY WORDS: Exposure, pesticides, dermal, health, pollution

INTRODUCCIÓN

¹ Profesor de asignatura. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, habacuc.lorenzo@tecvalles.mx

² Profesor de asignatura. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, desiderio.leines@tecvalles.mx

³ Profesor de asignatura. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, azucena.gutierrez@tecvalles.mx

⁴ Profesor de Tiempo Completo. Tecnológico Nacional de México, Campus Ciudad Valles, ignacio.morales@tecvalles.mx

En México, desde 1950 se ha instaurado un modelo agrario apodado “Revolución Verde” el cual se ha enfocado en el incremento sistemático de la producción a través de la implementación de tecnologías, sin embargo, ha generado una alta dependencia de pesticidas en la producción agrícola, resaltando el caso de la caña de azúcar (Ramírez et al., 2018). Derivado de ello, la agroindustria cañera enfrenta hoy día serios problemas que irónicamente merman su producción (Rodríguez et al., 2014) destacando, la falta de modernización de la infraestructura (Gómez-Merino et al., 2014) y una insuficiente investigación científica y tecnológica para determinar los efectos a largo plazo asociados con la exposición a pesticidas en las poblaciones implicadas (SAGARPA, 2013).

Por otra parte, la presencia de plagas afecta anualmente alrededor de 400×10^3 ha de cultivo (Rodríguez et al., 2014) y para su control se emplea una gran cantidad de pesticidas.

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 (*Phillophaga* spp.), el picudo de la caña (*Anacentrinus* 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 y Ord, *Oryzomys couesi* Alston) (Aguilar-Rivera, Rodríguez, Enríquez, Castillo & Herrera, 2012; Rodríguez del Bosque et al., 2014; Salgado, Bucio, Riestra & Lagunés, 2013; Senties-Herrera et al., 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).

Por otra parte, 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 toneladas de insecticidas. Se utilizaron 60% de los 22 pesticidas clasificados como perjudiciales para la salud y el ambiente, de los cuales 42% son producidos en México. Además, se emplearon 30 de los 90 pesticidas que han sido cancelados o restringidos por la *Environmental Protection Agency* (EPA) en EUA (INEGI, 2000).

Asociado con la exposición a pesticidas 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 (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, Goushleff, Arbuckle, Cole & Raizenne, 2006; Weiss, Amler & Amler, 2004; Zhao et al., 2008).

Así también, la aplicación indiscriminada de pesticidas puede ocasionar 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 & Mustafá, 2007; Tariq, Azfal, Hussain & Sultana, 2007).

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

En México el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo importante; en términos de superficie sembrada, empleos generados y productores que participan en el cultivo; y aun cuando sus rendimientos no son los óptimos, tiene ingresos importantes para quienes realizan esta actividad (Palma et al., 2016). Por ello los suelos cultivados con caña de azúcar, en México y en el estado de San Luis Potosí; destacando la zona Huasteca, han sido sometidos a manejo intensivo para sostener la producción; el uso excesivo de fertilizantes, la aplicación descontrolada de pesticidas aunado a la quema como practica para facilitar la cosecha han sido utilizados como actividades rutinarias generalizadas para aumentar la productividad de los suelos, mantener limitadas las plagas, así como, facilitar el trabajo, sin embargo, han generado diversos efectos en perjuicio de la calidad ambiental, y efectos perjudiciales en la salud de los individuos que están expuestos directa o indirectamente a ellos.

El Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (Pronar) 2014-2018 (DOF, 2014) planteo acciones para el incremento de la producción de esta y su consolidación. Entre ellas, el fomento a la sanidad, eficiencia en el uso del agua, destacando 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.

Con ello, resulta clara la importancia que tiene dentro de las directrices nacionales el fomento de información que contribuya a esclarecer las practicas adecuadas en los cultivos, así como, las correctas prácticas en el manejo de agroquímicos, de los cuales, si bien, ha sido probada su nula o baja interacción en la salud, el problema principal en términos toxicológicos radica en el tiempo de exposición en el que se ven inmersos los trabajadores, quienes realizan estas actividades por periodos de varias décadas.

Hoy en día se encuentra ampliamente demostrado que pese a la importancia de los pesticidas en los cultivos; su uso y manejo inadecuado representa riesgos para la salud humana y la contaminación ambiental.

Los análisis costo-beneficio de la producción agrícola generalmente excluyen o minimizan las externalidades por el uso de pesticidas, así como, los impactos negativos a la sociedad y al ambiente (Bowles & Webster, 1995; Ngowi et al., 2007; Pimentel, 2005; Pretty, 2008).

Por su parte, los estudios toxicológicos presentan un particular dificultad en su esclarecimiento, debido a la necesidad de equipos sofisticados para su debida caracterización, personal altamente especializado, así como una infraestructura robusta, con lo cual se genera un panorama complicado para la disseminación de los tan necesarios estudios toxicológicos.

Para ello, se han desarrollado diversas técnicas con las cuales se puede abordar la problemática, partiendo desde el principio precautorio, con lo cual se incide sobre las amenazas y vulnerabilidades detectadas por el empleo de pesticidas.

Una de estas técnicas ampliamente utilizada es el empleo de trazadores fluorescentes (TTF) la cual permite mostrar de forma visual la zona de contacto entre las sustancias de interés y la piel del trabajador, de manera que la distribución del contaminante se valora según la

magnitud e intensidad de las trazas de fluorescencia (Fensky, 1993, Aragón, 2004, Ivancic et al., 2004). Destacando de esta particular forma de simular la zona de contacto y evidenciar la presencia y distribución que tienen las sustancias manejadas por los trabajadores, se logra que el involucrado logre quedar sensibilizado de la importancia que tiene la correcta manipulación de estos agentes químicos en beneficio de su salud, si bien, los trabajadores de los campos mexicanos no ignoran que las sustancias químicas generan un efecto negativo en su salud, no tienen constancia de cuan expuestos se encuentran.

Por tales motivos el objetivo de esta investigación se centró en determinar la exposición dermal a pesticidas en trabajadores asociados al cultivo de caña utilizando la técnica de trazadores fluorescentes en trabajadores en los campos de Ciudad Valles, San Luis Potosí, México.

METODOLOGÍA

Muestreo

Para la aplicación del método de evaluación de exposición dermal a pesticidas se consideró como datos de inclusión los siguientes: a) Ser aplicador de pesticidas en el cultivo de caña de azúcar; b) Pertenecer al municipio de Ciudad Valles, San Luis Potosí; c) Pertenecer a una comunidad clasificada con Muy Alto o Alto nivel de marginación según datos de INEGI/CONEVAL; d) Accesibilidad al sitio.

Una vez aplicados los datos de inclusión se seleccionó la localidad de Laguna del Mante del municipio de Ciudad Valles S.L.P el cual según datos de INEGI (2010) es una comunidad clasificada con Alto índice de marginación y con un total de 2036 habitantes; de los cuales se logró la participación de 20 personas, hombres adultos, todos aplicadores de pesticidas en el cultivo de la caña.

Se le hizo una entrevista a cada productor y, por medio de una encuesta higiénica, se recolectó información sobre las jornadas laborales, el número de empleados, la manipulación de las sustancias utilizadas, las herramientas para la aplicación y el mezclado, las formas de mezclado, el equipo de protección personal y las medidas de higiene personal. Además, se recolectaron datos sobre vigilancia médica y medidas de control en el manejo de plaguicidas.

Técnica de Trazadores fluorescentes (TTF)

Para las evaluaciones con el trazador fluorescente se empleó la modificación propuesta por Aurora Aragón (2004) de la técnica de video imagen para evaluar la exposición de Fensky (1993). La técnica establece un sistema de valoración visual según la intensidad y extensión de las deposiciones fluorescentes observadas en el sujeto de estudio.

La metodología consiste en la preparación del reactivo Tinopal CBS-X en una concentración de 625 mg Tinopal CBS-X/L agua destilada, esta solución se agrega a los implementos utilizados en la aplicación de pesticidas (en este caso bomba aspersora manual) y se simula con cada participante una faena de aplicación. Con ello se busca que al realizar con normalidad la aplicación de pesticidas las áreas expuestas a este quedaran marcadas por el trazador fluorescente.

Es importante señalar, que el reactivo Tinopal CBS-X; así como el tiempo de exposición a luz ultravioleta no generan ningún efecto dañino sobre las personas participantes.

Posteriormente para la evaluación de las manchas observadas en la piel del trabajador se utilizó una lámpara portátil de luz ultravioleta (420-470 nm). Como cuarto oscuro se acondicionó una bodega de almacenamiento y se realizó la toma de fotografías para posteriormente evaluar valores como la extensión y la intensidad de la fluorescencia. Se utilizó la modificación de la metodología de Fenske propuesta por Aragón (2004) la cual establece una división del cuerpo en 27 regiones. A partir de los valores obtenidos de extensión e intensidad de las manchas observadas con la TTF, junto con el porcentaje correspondiente a cada segmento de la superficie del cuerpo, se calculó un Valor del Segmento del Cuerpo (VSC), el cual se expresa de la siguiente manera:

$$VSC = \frac{\%SC \times I \times E}{5}$$

Donde:

%SC: Porcentaje correspondiente al segmento del cuerpo

I: Intensidad

E: Extensión

Los valores de Intensidad y extensión fueron tomados del ensayo realizado por Fensky, 1988.

RESULTADOS

La TTF se aplicó a un total de 20 trabajadores dedicados al cultivo de caña de azúcar. En la Tabla 1 se muestran los valores promedio correspondientes al %VSC, se destaca que los valores más altos encontrados corresponden al área de la mano izquierda; mano derecha, rostro; cuello, brazo izquierdo, brazo derecho; antebrazo izquierdo y antebrazo derecho. Así también esta técnica mostro que en promedio la exposición dermal a pesticidas corresponde a un 31.511%. Se destaca que en todos los casos las áreas más expuestas son las manos como se observa en la Figura 1, lo que concuerda con investigaciones previas (Curwin et al., 2003; Machera et al., 2003).

Se destaca que los trabajadores evaluados utilizan como material de protección: Botas de hule; pantalón de mezclilla; camisa de manga larga; sombrero; sin embargo, expresan que esta indumentaria está enfocada en protegerse de los rayos del sol. Descartan el uso de mascarilla, guates y peto de protección debido a la incomodidad de su uso y a las altas temperaturas en las que se desarrolla la actividad.

Los porcentajes más bajos encontrados corresponden a las extremidades inferiores, esto asociado al uso de botas y pantalón de mezclilla.

Tabla 1. Puntajes promedio VSC por segmento (n = 20).

Superficie del cuerpo	Segmento del cuerpo	% VSC	DS
Rostro	Lado derecho	54.3	3.17
	Frente	56.5	3.31
	Lado izquierdo	53.6	3.13
Cuello	Anterior	48.7	2.43

Superficie del cuerpo	Segmento del cuerpo	% VSC	DS
	Posterior	56.9	2.84
Tronco	Anterior	16	10.4
	Posterior	32	20.8
Brazo derecho	Anterior	20.2	2.02
	Posterior	12.9	1.29
Brazo izquierdo	Anterior	43.8	3.29
	Posterior	43.3	3.25
Antebrazo der.	Anterior	21.7	2.17
	Posterior	13.2	1.32
Antebrazo izq.	Anterior	45	3.38
	Posterior	41.6	3.12
Mano derecha	Palma	68.5	4.23
	Dorso	61.6	3.88
Mano izquierda	Palma	67.7	1.52
	Dorso	62.1	1.52
Pierna der.	Posterior	8.7	1.89
	Anterior	10.8	1.4
Pierna izq.	Posterior	8	0.24
	Anterior	2.8	0.008
Pie der.	Posterior	0.9	0
	Anterior	0	0
Pie izq.	Posterior	0	0
	Anterior	0	0
Promedio		31.511	



Figura 1. Depositiones de trazadores fluorescentes sobre manos y aplicación rutinaria a pesticidas.

México es un país en desarrollo, y, como consecuencia, enfrenta un espectro intermedio de problemas, entre aquellos que preocupan a los países desarrollados (tales como los de la Comunidad Europea y los Estados Unidos), así como, otros que enfrentan los países subdesarrollados (tales como los problemas de países de Europa del Este, Asia y muchas partes de África). Por lo tanto, mientras el país aún lucha con serios problemas locales (saneamiento, calidad del agua para consumo y prevalencia de enfermedades parasitarias infecciosas) también lucha contra problemas más característicos de países más desarrollados, tales como tasas más elevadas de enfermedades degenerativas crónicas, más accidentes ocupacionales, más contaminaciones por aplicación accidental de agentes químicos, etc. Tales factores imponen una necesidad de considerar los problemas de salud y ambientales que enfrenta la población rural dentro del proceso de desarrollo del país, principalmente con respecto a la forma en que esta población realiza el trabajo (Gómez-Merino et al., 2014).

CONCLUSIONES

En los últimos años, se ha observado cambios en el paradigma productivo tradicional, especialmente la migración sistemática del modelo de agricultura familiar a la agricultura industrial de exportación, principalmente basada en grandes producciones de monocultivo

(soya, maíz, algodón, caña de azúcar, etc.). Estos cambios, influenciados fuertemente por el modelo de política neoliberal adoptado por el país durante los últimos años, tiene como meta principal un aumento en la productividad agrícola apoyada por la implementación de nuevas tecnologías, especialmente agentes químicos utilizados tanto para el control como para el combate de plagas, así como para el crecimiento de plantas y frutos.

Sin embargo, los porcentajes encontrados en esta muestra corresponden a una elevada exposición a pesticidas, de los cuales no se lleva un registro de los agentes químicos que se están dispensando; así también, los trabajadores evaluados desconocen los criterios establecidos en la NOM-232-SSA1-2009, en la cual se detallan las buenas prácticas de aplicación.

Por último, es importante destacar que la literatura científica respecto a la exposición de los trabajadores rurales a los pesticidas permite identificar algunos de los factores determinantes de su trabajo y condición de salud. Primero, el deficiente sistema educacional prevaleciente en las comunidades rurales contribuye a la dificultad de la correcta interpretación de la información de salud y seguridad respecto al uso de agentes químicos peligrosos, tales como pesticidas en el trabajo rural. Segundo, la mayor parte de la información disponible para los trabajadores rurales acerca de los pesticidas y sus efectos en la salud son producidos por la industria química, lo que compromete su exención y calidad. Tercero, la carencia de políticas gubernamentales dirigidas a la asistencia y fiscalización de actividades de trabajo comunidades rurales aleja aún más a estos individuos de un adecuado conocimiento acerca de la protección de cosechas y combate de plagas, especialmente aquellas técnicas que se basan en el uso de pesticidas orgánicos y compuestos naturales.

Se agrega a estos factores la fuerte influencia política que incentiva la gran producción agrícola de exportación, casi todos fuertemente asociados al aumento del consumo de pesticidas y degradación natural de la tierra. Superar esta situación es más que un problema de salud: Es un claro ejemplo de la necesidad de integrar sectores de la salud y del medio ambiente en el aseguramiento de la calidad de vida de la población rural, apuntando a la sustentabilidad como el principal objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

- 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).
- Ramírez-Mora, E., Pérez-Vázquez, A., Landeros-Sánchez, C., Martínez-Dávila, J. P., Villanueva-Jiménez, J. A., Langunes-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>
- 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>

- 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>
- Salgado, S., Bucio, L., Riestra, D., & Lagunés, L. (2013). Caña de azúcar: Hacia un manejo sustentable. Villahermosa, Tabasco: Colegio de Posgraduados Campus Tabasco.
- Senties-Herrera, H. E., Gómez-Merino, F. C., Valdez-Balero, A., Silva-Rojas, H. V., & Trejo-Téllez, L. I. (2014). The agro-industrial sugar-cane system in Mexico: Current status, challenges and opportunities. *Journal of Agricultural Science*, 7(2), 26.
- 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.
- 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
- 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>
- McCauley, L. A., Anger, W. K., Keifer, M., Langley, R., Robson M. G., & Rohlfman, 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.cropro.2007.01.008>
- 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>
- 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.
- 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>
- 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>
- Bretveld, R. W., Thomas, C. M., Scheepers, P. T., Zielhuis, G. A., & Roeleveld, 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>
- 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>.
- NOM-232-SSA1-2009 (2010) Plaguicidas: que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos de grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico. *Diario Oficial de la Federación*. México. (13 de abril de 2010)
- 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.
- 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>
- Araújo, A. C., Nogueira, D. P., & Augusto, L. G. (2000). Impacto dos praguicidas na saúde: Estudo da cultura de tomate. *Revista de Saúde Pública*, 34(3), 309-313. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102000000300016>
- 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>
- Durkin, P. R. (2010). Lambda-cyhalothrin. Human health and ecological risk assessment. Final report.
- Ritter, L., Goushoeff, 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>
- Weiss, B., Amler, S., & Amler, R. (2004). Pesticides. *Pediatrics*, 113(Supp. 3), 1030-1036.
- 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)
- 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>
- 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>
- 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>
- Palma-López, D.J., Zavala-Cruz, J., Cámara-Reyna, J.C, Ruiz-Maldonado, E., Salgado-García, S. (2016). Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum spp*) para elaborar abonos orgánicos. *Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 7, julio. 2016. pp: 29-34.*
- SEGOB (2014) *Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2014-2018*. Diario Oficial de la Federación (DOF) D.F., México. Recuperado el 10 de enero de 2019 de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343244&fecha=02/05/2014
- 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)
- 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.cropro.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.
- 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>
- Fensky, R.A. (1993). Dermal exposure assessment techniques. *Annals of Occupational Hygiene* (37) 6, 687-706.
- Aragón, A., Blanco, L., López, L., Lidén, C., Nise, G., Wesseling, C. (2004). Reliability of a Visual Scoring System with Fluorescent Tracers to Assess Dermal Pesticide Exposure. *Annals of Occupational Hygiene* (48) 7, 601-606. Obtenido desde: <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/48/7/601.pdf>.
- Ivancic, W., Nishioka, M., Barnes, R., Hubal, E., Morara, M., Bortnick, S. (2004) Development and Evaluation of a Quantitative Video-fluorescence Imaging System and Fluorescent Tracer for Measuring Transfer of Pesticide Residues from Surfaces

to Hands with Repeated Contacts. *Annals of Occupational Hygiene* (48) 6, 519-532.
Obtenido desde: <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/48/6/519.pdf>.

Fenske, R. A. (1988). Correlation of fluorescent tracer measurements of dermal exposure and urinary metabolite excretion during occupational exposure to malathion. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 49(9), 438-444.

Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., Morales-Ramos, V., Salazar- Ortiz, J., Velasco-Velasco, J., Senties-Herrera, H. E., & Ladewig, P. (2014). Necesidades de innovación en la producción de caña de azúcar (*Saccharum spp*). *Agroproductividad*, 7, 22-26.