

Salud ambiental en localidades agrícolas expuestas a plaguicidas en Sonora

Environmental Health in Agricultural Locations Exposed to Pesticides in Sonora

*Adrián Israel Yáñez Quijada^I
y Beatriz Olivia Camarena Gómez^{II}*

Resumen

En este trabajo se explora la situación de salud ambiental que exhiben localidades agrícolas del Distrito de Desarrollo Rural 144 (DDR 144) en Sonora, México. Tras revisar resultados de investigaciones realizadas a través de distintas matrices ambientales en suelo, agua, frutas y hortalizas, que han probado la presencia de plaguicidas en varias zonas agrícolas de la entidad, interesa abordar los efectos de salud asociados a la exposición crónica a tales sustancias. Es un estudio exploratorio-descriptivo, basado en información científica publicada en artículos y documentos oficiales entre 1988 y 2018. Como guía metodológica se retoma el modelo Fuerzas impulsoras – Presión – Estado – Exposición – Efecto - Acción (FPEEEA), para identificar los principales factores de las dimensiones macroeconómica y ambiental vinculadas con los problemas de salud ambiental. Los resultados confirman deterioro ambiental, presencia de riesgos de salud para la población así como relación de ambos con el uso de agroquímicos en la agricultura, principal actividad económica del DDR 144. Se recomienda ampliar el estudio a nivel estatal y por grupos de edad, utilizando datos oficiales de salud.

Palabras clave: agroquímicos; fuerzas impulsoras; manejo de riesgos.

^I Estudiante de Doctorado en Desarrollo Regional por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México. Línea de interés: salud ambiental. ORCID: orcid.org/0000-0003-4685-6683. Correo electrónico: adrianisraelyan@gmail.com

^{II} Doctorado en Ciencias Sociales por la Universidad de Salamanca, España. Investigadora del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México. Líneas de interés: educación, comunicación y salud ambiental. ORCID: orcid.org/000-0002-7417-6012. Correo electrónico: betica@ciad.mx

Abstract

This study explores the environmental health status of agricultural localities in the Rural Development District 144 (DDR 144) in Sonora, Mexico. After reviewing the results of research undertaken through various environmental matrices on soil, water, fruits and vegetables that have proven the presence of pesticides in several agricultural areas of the state, it was decided to address the health effects associated with chronic exposure to these substances. It is an exploratory-descriptive study, based on scientific information published in official documents and articles between 1988 and 2018. As a methodological guide, the Driving forces – Pressure – Status – Exposure – Effect - Action (DPSEEA) model was used to identify the main factors of the macroeconomic and environmental dimensions linked to environmental health problems. The results confirm environmental deterioration, the presence of health risks for the population, as well as an association between the two due to the use of agrochemicals in agriculture, the main economic activity in DDR 144. The author recommends expanding the study at the state level and by age group, and with specific health data.

Key words: agrochemicals; driving forces; risk management.

Introducción

En México, el sector agrícola genera el 4% del PIB, provee de insumos a un gran número de industrias y comercios (SAGARPA, 2015) e incide significativamente en el medio rural, donde habitan alrededor de 24 millones de trabajadores agrícolas y sus familias (INEGI, 2016). Una problemática de atención prioritaria en la agricultura comercial ha sido la presencia de plagas en los cultivos, esto es, organismos que interfieren con el desarrollo del producto y con el bienestar humano, las cuales se combaten regularmente con el uso de agroquímicos (Vega, 1985; Escolástico y Miranda, 2000).

Los plaguicidas se utilizan para proteger los cultivos expuestos al ataque de insectos, hongos, bacterias, maleza, virus o roedores. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) los define como "... todo tipo de sustancia o compuestos químicos predestinados a acciones de prevención, destrucción o control de cualquier plaga" (FAO, 2006: 7). El problema es que también afectan organismos no-objetivo ya que, al poseer ciertas características de toxicidad, persistencia y organicidad pueden permanecer en el ambiente y organismos donde fueron aplicados (suelo, agua, aire, flora, fauna) por mucho más tiempo de lo previsto. Por lo mismo, las personas que trabajan y/o residen cerca de los campos agrícolas, podrían estar expuestas a distintos plaguicidas de manera frecuente y sin ser conscientes de ello (Bejarano, 2017).

De ello dan cuenta diversas investigaciones y reportes de organismos oficiales y no gubernamentales, que alertan sobre potenciales afectaciones al ambiente y a la salud humana por exposición a agroquímicos (Oerke, 2006; OMS, 2010; IPCS, 2011; Harsimran y Garg, 2014; Albert, 2015; OMS, 2016). En ese tenor, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010) utiliza el concepto de salud ambiental para aludir a todo lo relacionado con los factores físicos, químicos, biológicos, sociales y psicosociales (externos a la persona) que pueden incidir en la salud humana. Reconoce también que el origen de la tercera parte de las enfermedades presentes en el mundo tiene su origen en la contaminación ambiental y propone atender los riesgos de salud por exposición aguda o crónica a plaguicidas —entre otros—, exhorto que reitera en los llamados Objetivos del Desarrollo del Milenio (OMS, 2018).

Los estudios de salud ambiental buscan entender la interacción ambiente - ser humano - ambiente, presuponen que el ambiente puede favorecer o perjudicar la salud humana y ofrecen cierta representación analítica centrada en la prevención de enfermedades, así como en la creación de ambientes idóneos para el desarrollo humano. Con tal interés, tratan de ubicar los diferentes factores del entorno de posible impacto en la salud humana, por ejemplo: la disposición de recursos naturales, el deterioro ambiental, las actividades económicas, el comercio, las políticas públicas y el uso de tecnologías (Arriagada, 2005; Arriaga y Pardo, 2011; Araujo, 2015) así como los factores que intervienen en la triada ambiente-salud-atención, en lo global y local, en los tres niveles de gobierno y en el marco del desarrollo sustentable (Provencio, 2006).

Una herramienta pertinente en este tipo de estudios es el modelo Presión-Estado-Respuesta (PSR, por sus siglas en inglés). El modelo PSR permite representar la afectación ambiental y los factores que la generan, al identificar las diversas “presiones” ejercidas sobre el medio ambiente que afectan su “estado o calidad” y exigen una “respuesta” para hacerles frente (Corvalán y Kjellström, 1995). El modelo supone que hay factores responsables de los problemas de salud ambiental que descansan en “fuerzas impulsoras” a escala macro (crecimiento demográfico, desarrollo económico, cambio tecnológico y políticas subyacentes, entre otras), así como a nivel internacional, nacional, regional y local. Para probarlo retoma las políticas fiscales y de comercio, además de la agrícola y la de energía. Explica que las primeras, al afectar los niveles de ingreso y distribución (tanto de empresas y población), impactan sus decisiones, su actuar en torno al ambiente, así como su protección y efectos en la salud. En el caso de las segundas, sea en conjunto o por separado, el modelo asume que ejercen cierto impacto en los recursos naturales (suelo, aire y/o agua) y que perturban la salud humana (Escalante, 2006; Waheed *et al.*, 2011).

En síntesis, el modelo PSR permite explorar los factores del contexto local asociados a elementos macro (global, nacional, regional) que determinan las decisiones y comportamientos de las

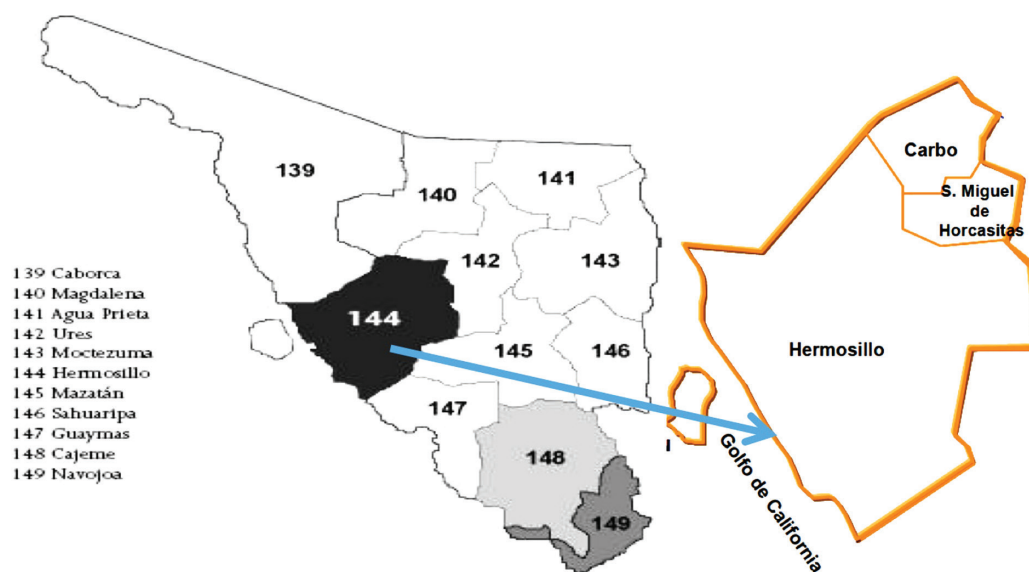
instituciones, empresas y actores sociales con respecto al medio ambiente y la salud humana. Al mismo tiempo aporta elementos que bien pueden orientar el bosquejo de líneas de acción conectadas con la prevención de problemas de salud. En este trabajo se explora la situación de salud ambiental que exhiben localidades agrícolas del Distrito de Desarrollo Rural 144 (DDR 144) en Sonora, México, a través de una guía metodológica que utiliza el modelo Fuerzas impulsoras-Pre-sión-Estado-Exposición-Efecto-Acción (FPEEEA).

Materiales y Métodos

Zona de estudio

Las localidades agrícolas del DDR 144 se concentran en Hermosillo y San Miguel de Horcasitas, conjuntan el 89.5% de la superficie y el 98.9% de su población (Figura 1).

Figura 1. Distrito de Desarrollo Rural 144



Fuente: elaboración propia.

El DDR 144 se conforma por 310 localidades, cada una con más de 100 habitantes, 90% ubicadas a poca distancia de los campos y pobladas por familias de jornaleros agrícolas (INEGI, 2010). El clima varía de seco a muy seco, con temperaturas mínimas de 15 °C en los meses de invierno y máximas de entre 37 y 48 °C en los de verano, y precipitaciones de 75 a 250 mm entre junio y agos-

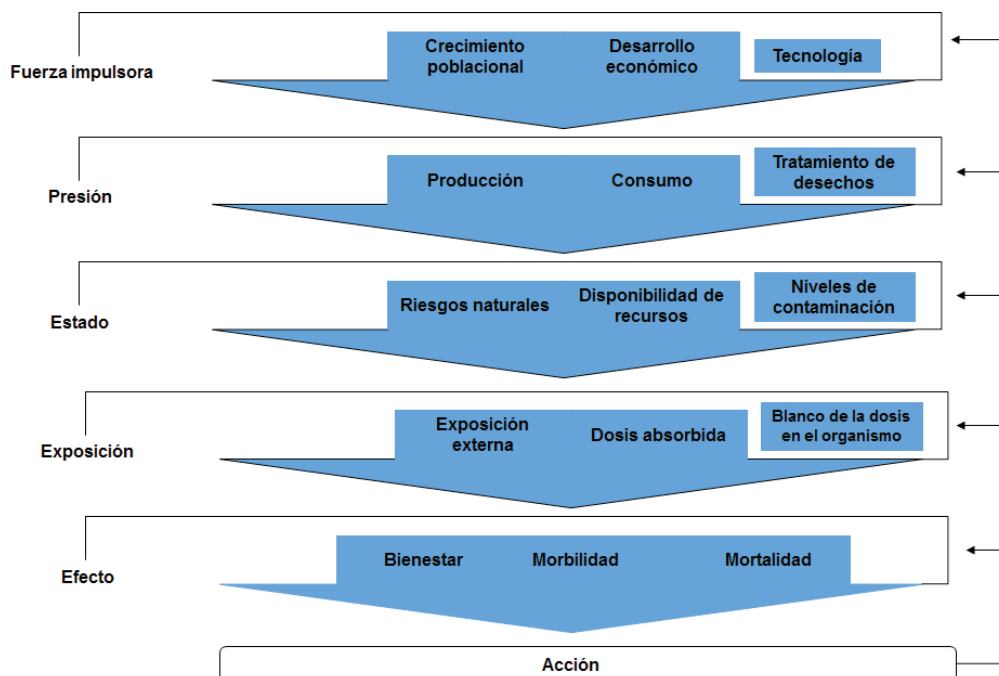
to. La superficie agrícola del DDR 144 es predominantemente de riego, 94 mil hectáreas son de agricultura comercial, con variaciones en la superficie cultivada anual según la disponibilidad de agua y los cultivos sembrados (INEGI, 2014).

Guía metodológica

Este estudio es exploratorio-descriptivo, con base en la revisión de artículos científicos y documentos oficiales publicados entre 1988 y 2018. Las revistas fueron consultadas en bases de datos de acceso libre y restringido (REDALYC, Scielo y EBSCO) e identificadas bajo siete descriptores conceptuales (riesgo, exposición, agroquímicos, plaguicidas, salud, trabajadores agrícolas y contaminación ambiental), así como para dos puntos geográficos (Hermosillo y Costa de Hermosillo). Los documentos oficiales consultados pertenecen a la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la Secretaría de Agricultura, Gananería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

El modelo FPPEEA fue la guía metodológica utilizada para explorar la situación de salud ambiental (Figura 2).

Figura 2. Modelo FPPEEA



Fuente: Waheed; Khan y Veitch, (2009).

El modelo contempla dos etapas (diagnóstico y acción), cada una con cinco fases. En la primera etapa se describen las *fuerzas impulsoras* o determinantes del desarrollo económico de la región y su dinámica poblacional (primera fase); después los factores que ejercen *presión* sobre los procesos de producción y consumo de la región (segunda fase); el *estado o calidad ambiental* de la región, los riesgos ambientales existentes y la disponibilidad de recursos naturales (tercera fase) y su posible interacción con los factores descritos en las fases previas; posteriormente, los niveles de *exposición* o posibles dosis de contaminantes absorbidas por el ambiente (agua, suelo, aire) y se documenta la potencial situación de exposición externa a contaminantes en relación con las prácticas productivas identificadas y las condiciones ecosistémicas de la región (cuarta fase); finalmente, se describe los *efectos* en la situación de salud de la población vía la revisión de aspectos de bienestar, morbilidad y mortalidad, así como las tendencias históricas en relación con las actividades económicas identificadas como fuerzas impulsoras (quinta fase). La etapa acción refiere a esbozar las *acciones posibles* de instrumentar en relación con los elementos problemáticos destacados en el diagnóstico previo. Puede adoptar una variedad de formas que van desde el desarrollo de políticas o técnicas de control a partir de indicadores, hasta acciones de educación ambiental y/o el tratamiento de enfermedades (Waheed *et al.*, 2009).

Resultados y Discusión

Fuerzas impulsoras

A partir de los años cuarenta del siglo XX, Sonora recibió cuantiosas inversiones del gobierno federal para construir importantes obras de irrigación que permitieran compensar las duras restricciones climáticas y favorecer el desarrollo de actividades primarias y agroindustriales (Soto, 2003). La llamada Revolución Verde (RV) (introducción de semillas mejoradas, el uso de fertilizantes y mejores técnicas de cultivo) junto con las grandes presas construidas para irrigar los valles agrícolas, detonaron el desarrollo agrícola y agroindustrial del estado (Cerutti, 2015). La lógica de acumulación del capital en esos años giró en torno a satisfacer las necesidades alimentarias del mercado nacional (población mexicana en ascenso).

La situación cambia en los años ochenta al promoverse la interacción del agro con mercados globales, principalmente Estados Unidos. Se instalan a partir de entonces empresas con grandes inversiones de capital (agrofirmas), un alto grado de mecanización y creciente utilización de insumos sofisticados (fertilizantes, plaguicidas y alimentos balanceados) que les permiten competir con los mercados internacionales, consolidándose y dominando el agro de esta región. Así, México se convierte en la principal región productora de hortalizas y frutas para Estados Unidos, sobre todo en el invierno boreal (Villa y Bracamonte, 2013).

La transformación estructural de la agricultura de Sonora, que pasa de granos y oleaginosas a hortalizas y frutas, se afianzó en la década siguiente, cuando casi el total de la producción se destinó al mercado internacional (Estados Unidos, Europa, Canadá y Japón). Predomina desde entonces una agricultura con patrones de cultivo limitados a uno o dos productos, con uso extensivo de fertilizantes y plaguicidas, además de técnicas intensivas de producción (Aboites, 2013). Las agrofirmas vinculadas a mercados internacionales dominan el agro, mientras que las unidades productoras para el mercado local manifiestan un lento crecimiento. En ese marco de empresas agroindustriales, la población campesina, los minifundistas e incluso los otrora arrendatarios, empezaron a convertirse en fuerza de trabajo asalariada. Esas agroempresas desempeñan un papel dual al ser por una parte proveedoras de insumos y, por la otra, receptoras de productos manufactureros. La expansión del agrocapitalismo se acompaña de la proliferación de empresas capitalistas dentro del sector agromanufacturero, en la industria procesadora, en actividades financieras, comerciales y en la explotación directa de la tierra.

Presión

La situación actual del DDR 144 se explica por el esquema de acumulación capitalista rural aplicado y la presencia de empresas transnacionales operando en la zona. Es una de las zonas agrícolas más productivas y mecanizadas del país, el 98% de la superficie cultivada de la Costa de Hermosillo cuenta con riego presurizado (Mora, 1981; Estrada y Martínez, 2007; Martínez y Cyrus, 2002), siendo de las pocas regiones agrícolas que muestran un desarrollo tecnológico tan sólido (Rodríguez, 2003); pero su contraparte ha sido la sobreexplotación del recurso hídrico y la disminución de la superficie sembrada (Moreno, 2006).

Entre los factores endógenos que han favorecido la lógica productiva agrícola de la región están las condiciones climáticas y las políticas sectoriales, condiciones que facilitaron la participación de los productores en las redes globales de producción y programas de reconversión que desplazaron el cultivo de granos y oleaginosas por productos hortofrutícolas (Villa y Bracamonte, 2013). Una de las ventajas que conllevó lo anterior es que las hortalizas generan mayor productividad por metro cúbico de agua. El cambio en el patrón de cultivos fue notorio: la superficie de siembra de granos ocupa sólo 40 mil hectáreas actualmente, cuando a mediados de los años setenta del siglo XX ocupaba 120 mil hectáreas; ahora sólo el 7.5% se destina a trigo y garbanzo de exportación y más del 90% de la producción agrícola es de hortalizas y frutas (SIAP, 2017).

El cambio en el patrón de cultivos en el DDR 144 va de la mano de altos valores de producción, ocupando el primer lugar en este rubro a nivel estatal al generar 40 345 millones de pesos, el 30%

por la uva, nogal, cítricos y hortalizas (SIAP, 2018). Los cultivos más sobresalientes del 2013 al 2016 en superficie sembrada fueron garbanzo, nuez, trigo y uva; en producción por hectárea destacaron sandía, alfalfa, uva y calabaza; y en valor monetario la uva, nuez, hortalizas y garbanzo (Tabla 1). Tan altos niveles de producción se sustentan en el uso de varios insumos, plaguicidas en particular.

Tabla 1. DDR 144. Cultivos de mayor superficie sembrada, producción y valor

Cultivo	Años											
	2013			2014			2015			2016		
	SS	PT	VP	SS	PT	VP	SS	PT	VP	SS	PT	VP
Alfalfa	3 958	295 173	126 811.0	3 328	258 670	134 073.2	3 750	299 687	113 493.8	2 750	226 000	100 814.0
Calabaza	4 149	86 238	342 308.9	4 168	84 888	349 914.5	4 181	81 972	451 018.8	5 202	117 048	725 852.56
Cártamo	790	2 054	12 324.0	3 199	7 997	41 639.7	3 262	7 829	53 708.8	3 178	8 263	55 922.0
Garbanzo	13 285	37 198	487 868.3	13 700	17 810	216 574.0	8 975	20 642	266 339.8	12 560	27 632	353 773.6
Naranja	3 037	90 502	153 401.9	3 037	89 895	212 028.8	3 037	90 806	246 085.1	3 037	91 717	279 058.9
Nuez	7 228	13 365	601 731.8	7 228	11 056	580 466.2	7 298	12 150	794 200.1	7 239	14 202	994 956.2
Sandía	3 227	96 403	225 824.4	1 733	51 869	130 621.9	2 851	137 388	307 739.2	4 607	244 899	790 588.4
Sorgo	2 822	44 632	29 476.5	2 090	38 518	28 002.4	2 286	93 759	79 469.4	2066	84 476	76 178.4
Trigo	8 502	57 783	199 382.3	7 442	45 607	150 902.6	8 223	47 447	203 342.0	7 409	53 450	200 132.2
Uva	11 474	189 298	3 386 602.3	11 474	171 108	5 699 441.2	11 862	180 060	2 946 917.9	11 919	165 995	3 431 620.9

Fuente: elaboración propia a partir de base de datos de SIAP (2018).

Nota: SS= Superficie sembrada en hectáreas; PT= Producción en toneladas; VP= Valor de la producción en miles de pesos.

Si bien es poca la información sobre patrones de uso de plaguicidas en la agricultura nacional, se estima que en 2007 fueron comercializadas 100 000 toneladas de insecticidas, herbicidas, fungicidas y bacterias, equivalentes al 4% del consumo mundial. Las principales agrofirmas de la región han definido las características del producto en respuesta a los requerimientos del mercado global, el cual ha influido además en la creación de novedosos sistemas de organización y de relación entre productores y compradores (Villa y Bracamonte, 2013). El cultivo de uva ilustra los cambios suscitados con base en tales exigencias: “A las tradicionales exigencias de color, sabor, dulzura, textura y tamaño, hoy se suman otros criterios que tienen que ver con la inocuidad y ciertas condiciones ambientales sociales y económicas de los trabajadores, codificadas en lo que se conoce como Responsabilidad Social Empresarial” (A la Torre *et al.*, 2018: 1). El mercado internacional propicia la incorporación de estrategias de sustentabilidad social y ambiental (Baumgartner, 2009), pero ambas subsumidas a lo económico.

En lo ambiental, a pesar de la poca información disponible respecto al uso de plaguicidas, se sabe que en México están autorizados 183 ingredientes activos (IA) de Plaguicidas Altamente

Peligrosos (PAPs), los cuales representan el 33% de los IA publicados en el Catálogo Oficial de Plaguicidas (CICOPLAFEST, 2016). Estos IA se pueden clasificar como extremadamente peligrosos y mortales si son inhalados, así como carcinógenos, probable carcinógenos, mutagénicos, tóxicos en reproducción, perturbadores endócrinos, muy bioacumulables, muy persistentes en agua, suelo o sedimento, y muy tóxicos en organismos acuáticos y abejas. Los estados de Sonora y Sinaloa utilizan entre un 40 y 50% de PAPs, destacando por su alta toxicidad: paratión metílico, malatión, metamidofos, clorpirifos, monocrotofos, paraquat, glifosato, carbofurán, metomilo, mancozeb, clorotalonil, dimetoato, carbarilo, atrazina, 2,4-D, fosfuro de aluminio, imidacloprid, cipermetrina, lambda cialotrina y endosulfán. (Bejarano, 2017; García *et al.*, 2018).

Tan sólo en el Valle del Yaqui fueron utilizadas 270 toneladas de IA durante el periodo 2009-2010, según datos de ventas de los distribuidores. Los plaguicidas con mayor uso fueron los fungicidas (40%) seguidos de insecticidas (35%) y herbicidas (25%). Se identificaron 54 agroquímicos clasificados como PAPs, equivalentes al 43% del total de plaguicidas utilizados en la región. Nueve de los diez IA más usados están prohibidos en otros países (paratión metílico, metamidofós, metomilo, epoxiconazole, clorpirifós etil, clorotalonil, dimetoato, mancozeb y glifosato) y debieran ser eliminados del mercado nacional (García *et al.*, 2017) y sustituirse el resto por otros menos peligrosos ya que afectan el ecosistema y contribuyen a generar problemas en la salud humana.

Similar patrón de uso de plaguicidas se ha observado en la Costa de Hermosillo (Silveira *et al.*, 2018), donde se utilizan nueve de los PAPs citados (Tabla 1). En entrevistas, los encargados de los campos declararon haber aplicado dosis de tres a ocho kg ha⁻¹ de POCs, dos veces al mes por ciclo de cultivo, lo que es una dosis superior a lo establecido (0.5 a 1.5 kg ha⁻¹); opinaron que el cambio de los cultivos históricos (algodón, trigo, ajonjolí, cártamo, maíz, frijol, garbanzo, cebada, sorgo, alfalfa, papa, nogal, uva y cítricos) por frutas y hortalizas, se debió a que los primeros dejaron de ser rentables al aumentar los insumos, la escasez de agua y su resistencia a las plagas por incumplimiento de la NOM-026-FITO-1995, la cual establece el control de plagas del algodonero (SENASICA, 2016).

Estado o calidad ambiental

El norte de México fue cuna de una innovación tecnológica cuyo objetivo fue generar una mayor producción agrícola (Aboites, 2013). Durante la RV se realizaron explotaciones agrícolas crecientes vía la instalación de infraestructura moderna que catapultaron la producción de trigo, maíz y algodón. En esa generación de nuevas tecnologías para la producción agrícola estaba incluido el uso de plaguicidas; registros de esta práctica en Sonora datan de 1945 y fue la primera entidad del país en aplicarlos.

El uso de plaguicidas en México inició con la introducción del DDT para combatir vectores del paludismo y para el cultivo principalmente de algodón, como parte de un paradigma técnico-científico-productivo impulsado por Estados Unidos finalizando la segunda guerra mundial (Cerrutti, 2015). La producción de plaguicidas organoclorados (OC) inició en 1950 y en 1959 México se convirtió en el principal país productor de DDT en América Latina (Romero *et al.*, 2009). Durante los años setenta la industria de agroquímicos tuvo su mayor impulso siendo el algodón el cultivo de mayor destino. FERTIMEX S.A., empresa paraestatal única en su tipo en toda la región, produjo en 1975 el 73% de los insecticidas organoclorados del país y el 56% en 1984; producía el DDT en forma integral y todos los insumos intermediarios para generar el grado técnico. Entre 1975 y 1981 el promedio anual de consumo fue de 3 550 toneladas, posteriormente su tendencia de consumo fue descendiente al reducirse su uso en las campañas antipalúdicas, hasta representar el 10% del total de clorados consumidos en 1984 (Caballero, 2001). Del grupo de clorados producidos en el país, los más consumidos fueron el lindano seguido por el DDT, hasta que la empresa fue privatizada en 1991 y se restringió el uso de agroquímicos.

Es importante precisar que cuando México adquiere la tecnología para la fabricación de DDT éste ya estaba prohibido en otros países y que fue hasta que el país se adhirió al Convenio de Estocolmo (2004) que se prohibió y restringió su uso al sector salud. Actualmente está en desuso, pero sigue incluido en el catálogo de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) (Bejarano, 2017). Un aspecto relevante respecto al uso del DDT en México, particularmente en Sonora, fue la resistencia del gusano rosado y el picudo del algodonnero (SENASICA, 2016). En 1991 FERTIMEX fue privatizada y se establecieron restricciones adicionales a la producción de organoclorados debido a cambios en las campañas contra el paludismo, con lo que la producción y uso de DDT se redujo drásticamente. En 1997 se publicó en el DOF la NOM-026-FITO-1995 por la que se establece el control de plagas del algodonnero (SENASICA, 2016): el gusano rosado del algodonnero (*Pectinophora gossypiella*), el picudo del algodonnero (*Anthonomus grandis*) y el complejo de mosquita blanca en las especies *Bemisia tabaci* y *B. argentifolii*; además de evitar la propagación de las plagas en áreas libres de éstas y reducir el problema de resistencia.

Todo lo anterior cambió el esquema de uso de plaguicidas en aras de sustituir los organoclorados por otros menos persistentes como los organofosforados (OF) y los carbamatos, aunque en algunas regiones continuaron usándose. Un estudio realizado en esa década para identificar y caracterizar los tipos de plaguicidas utilizados en 15 campos de cultivo de la Costa de Hermosillo (León, 1997), encontró 65 agroquímicos (13.8% extremadamente tóxicos, 21.5% altamente tóxicos y el resto de moderado a ligeramente tóxicos). Se observó también un manejo inadecuado de los envases de agroquímicos que eran vaciados al aire libre y posteriormente enterrados, práctica que

pudo haber potenciado la contaminación en localidades aledañas. Ahora bien, el auge logrado por la agricultura de exportación en los años noventa (Cerutti, 2015) fue acompañado por mayores controles de parte del mercado internacional respecto al uso de plaguicidas, lo cual llevó a modificar algunas prácticas agrícolas para mantener el posicionamiento logrado por ciertos productos mexicanos en el mercado extranjero. Sin embargo, Albert (2015: 45) plantea que “el cambio de plaguicidas persistentes en el ambiente por los que no lo son, pero de alta toxicidad, potencian el riesgo inmediato para los trabajadores agrícolas”.

Monitoreos de concentraciones de plaguicidas OC, OF y piretroides encontraron residuos —la mayoría por debajo de los límites permitidos, con excepción de la cipermetrina— en garbanzo y trigo cultivados en Hermosillo (Aldana *et al.*, 2008). Los autores sugieren contar con reportes estatales oficiales sobre el uso de agroquímicos en cosechas destinadas al consumo humano. Otro estudio realizado para identificar la presencia de OC en el suelo de diversos campos del cultivo en producción o abandonados, que contempló el DDR144 (Leal, 2013; Leal *et al.*, 2014), mostró incidencia de DDE (66%, cuyo rango osciló entre 0.8-70.91µg/kg), seguido por el HEPT-EP (48%, 0.6-235µg/kg) y ENDO (42%, 1.20-5.13 µg/kg). Los autores concluyeron que los suelos analizados estaban contaminados, incluso los de campos abandonados. Silveira *et al.*, (2018) señalan que, a pesar de que esta problemática de contaminación en el DDR 144 ha sido evidenciada desde hace más de 40 años, PAPs como los OF y carbamatos siguen siendo utilizados (Tabla 2).

Tabla 2. DDR 144, Características de persistencia y peligrosidad de ingredientes activos de plaguicidas agrícolas aplicados por aspersión

Ingrediente activo	Grupo Químico	Persistencia en ambiente	Efectos crónicos	Rutas de exposición	Toxicidad en humanos
Clorotalonil (Fungicida)	Aromático policlorado	Hasta 1 año, baja movilidad	Carcinógeno (C)	A: por inhalación.	Linfocito 50 µmol/L
2,4-D (Herbicida)	Clorofenoxi	Varios meses	C, Reproductivos (R), tumor en hígado y neurotóxico (N).	B: por inhalación, a través de la piel y por ingestión.	Linfocito 0.4 mg/L/24H; Oral20 mg/kg.
Paratión metílico (Insecticida)	Organofosforado	Días a meses	C, Teratogénico (T), Desarrollo, Inhibidor de colinesterasa (iCS), N.	B	Esperma 300 µmol/L/1H; linfocitos 20 mg/L; oral 0.286 gm/kg

Ingrediente activo	Grupo Químico	Persistencia en ambiente	Efectos crónicos	Rutas de exposición	Toxicidad en humanos
Endosulfán (Insecticida)	Organoclorado	Muy persistente	T, hígado y riñón	B	Linfocito 0.05 $\mu\text{mol/L/3H}$; intravenosa en mujer 6 $\mu\text{L/kg}$; Tumor hepático in vitro / humano 40 $\mu\text{mol/L/24H}$
Paraquat (Herbicida)	Bipiridilo	Hasta 3 años	C, R.	B	Intravenosa en mujer 28.8 mg/kg; Tumor de colon in vitro / humano 1244 $\mu\text{mol/L/24H}$
Glifosato (Herbicida)	Fosforometilglicina	Ligeramente persistente (14 a 22 días)	C, Hematológicos (H), ojos e hígado.	B	Linfocito 0.05 $\mu\text{mol/L/3H}$
Malatión (Insecticida)	Organofosforado	Una semana	Mutagénico, iCS.	B	Leucocito 20 $\mu\text{g/L}$; oral 19.04 mg/kg/56D; linfocito 70 mg/L
Clorpirifos	Organofosforado	Moderadamente persistente (un año)	N, tóxico para sistemas respiratorio y cardiovascular,	B	Linfocito 0.016 mg/L/4H; In vitro / humano, células embrionarias 25 $\mu\text{mol/L/24H}$
Azinfos metílico (Insecticida)	Organofosforado	Ligeramente persistente y con baja movilidad.	IC eritrocitaria y plasmática, R	B	Pulmones 120 mg/L; linfocito 60 $\mu\text{g/L}$ fibroblasto 120 mg/L
Mancozeb (Fungicida)	Ditiocarbamato	Vida media de 1 a 7 días	T, C, tiroides	B	Linfocito 4 mg/L; fibroblasto 10 mg/L

Fuente: base de datos de plaguicidas para nueve cultivos del DDR Hermosillo, obtenida del listado de plaguicidas agrícolas de SENASICA (2011), COFEPRIS (2015) y Silveira *et al.* (2018).

Nota: IARC = International Agency for Research on Cancer, COFEPRIS = Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

La Tabla 3 muestra, según datos oficiales, la lista de plaguicidas aplicados por aspersión con mayor frecuencia en el DDR 144.

Tabla 3. Plaguicidas aplicados por aspersión con mayor frecuencia en el DDR 144

Plaguicidas ¹	Cultivos	% Área de DDR	Promedio PC por IA ²	Dosis promedio ³	Total aplicado ³
2,4-D	alfalfa, trigo, vid	18.07	43	1.25	16 379
Azinfos metílico	alfalfa, naranjo, nogal, sorgo, trigo, vid	54.37	21	1.5	59 126
Benomilo	calabaza, naranjo, sorgo, vid	31.18	12	0.6	13 563
Bifentrina	calabaza, naranjo, vid	26.83	3	0.5	9 727
Captan	calabaza, sandía, vid	26.21	5	2.5	47 508
Clorotalonil	naranjo, sandía	28.47	25	2	41 274
Etil clorpirifos	alfalfa, calabaza, garbanzo, sandía, sorgo, trigo	44.35	10	0.9	28 935
Deltametrina	calabaza, garbanzo, sandía, sorgo	30.22	3	0.25	5 477
Diazinon	alfalfa, calabaza, naranjo, nogal, sandía, sorgo, trigo, vid	64.76	25	1.25	58 689
Dimetoato	alfalfa, naranjo, nogal, sandía, trigo, vid	54.39	41	0.9	35 489
Diurón	sorgo, vid	24.54	17	2.7	48 028
Endosulfan	alfalfa, calabaza, nogal, sandía, sorgo, trigo, vid	59.77	28	1.75	75 835
Glifosato	alfalfa, calabaza, naranjo, nogal, sandía, sorgo, trigo, vid	64.76	65	4.5	211 280
Imidacloprid	alfalfa, calabaza, naranjo, sandía, vid	36.36	10	0.75	19 772
Malation	alfalfa, calabaza, naranjo, nogal, sandía, sorgo, trigo, vid	64.76	66	1.5	70 427
Mancozeb	sandía, sorgo, trigo, vid	38.26	21	2.7	74 895
Metamidofos	alfalfa, calabaza, sandía	16.2	10	1.25	14 678
Metidation	alfalfa, naranjo, nogal, sandía, sorgo	24.82	15	0.75	13 498
Metomilo	alfalfa, calabaza, sandía, sorgo, trigo, vid	50.09	21	0.7	25 420
Mevinfos	alfalfa, sandía, sorgo	10.15	5	0.2	1 472
Paraquat	alfalfa, naranjo, nogal, sandía, sorgo, trigo, vid	58.74	50	2.25	95 814
Paratión metílico	alfalfa, calabaza, naranjo, nogal, sandía, sorgo, trigo, vid	64.76	56	1	46 951
Pyraclostrobin	alfalfa, calabaza, garbanzo, sandía, trigo	29.92	1	0.5	10 847

¹ Aplicados al follaje o al combate de maleza.

² IA con más productos comerciales ofrecidos según el listado de plaguicidas.

³ En L/ha o en kg/ha según presentación.

Fuente: Compilado de datos obtenidos de SIAP (2015) y del catálogo de plaguicidas de SENASICA (2011).

Nota: PC= Per cápita, IA= Ingrediente activo.

Exposición

Si bien pocos estudios han evaluado la presencia de plaguicidas en el ambiente del DDR 144, los existentes son suficientes para describir un contexto de riesgo de exposición (Silveira *et al.*, 2016). Entre los detonantes de riesgo están las precarias condiciones de infraestructura y servicios que exhiben las localidades próximas a los campos agrícolas y las limitadas condiciones de las viviendas de los trabajadores agrícolas y sus familias. Al respecto cabe decir que el 14% carece de agua entubada, el 33% de drenaje y un 15% tiene piso de tierra (SEDESOL, 2015). Según datos de la CONAPO (2010) y del INEGI (2015), los habitantes del DDR 144 presentan un grado de marginalidad de medio a alto, con predominio de niveles socioeconómicos bajos, analfabetismo o escolaridad básica; atención médica a kilómetros de distancia, pisos de tierra y agua de pozos, entre otros. Ello es indicativo de una infraestructura que facilita la exposición de los agroquímicos a través del aire, de las vestimentas de los trabajadores agrícolas, o bien de la aplicación domiciliaria (Quandt *et al.*, 2006; Remoundou *et al.*, 2014; Ochoa *et al.*, 2018).

Uno de los obstáculos para poder estimar niveles basales de colinesterasa es que la población trabajadora está permanentemente expuesta, sea de modo directo (ocupacional) o indirecto (ocupacional o no). Entre los efectos más frecuentes en trabajadores agrícolas se encuentran las alteraciones genéticas, la disminución en la calidad del semen, la alteración del perfil hormonal, abortos, problemas en la placenta, anencefalia, cáncer de mama y crecimiento de senos. En niños se muestra el deterioro en el desarrollo neuronal temprano, reducción significativa del índice de orientación espacial, disminución de energía, disminución de la coordinación ojo-mano fina y gruesa, memoria de 30 minutos, habilidad para dibujar y déficit de atención. Asimismo, existe suficiente evidencia sobre el efecto que genera el uso de plaguicidas, tanto histórico como actual, en el deterioro de los ecosistemas y en la salud de la población de México (García *et al.*, 2018).

Gómez (2007) realizó un estudio para identificar la presencia de DDE en metabolitos de leche materna de 51 mujeres residentes en Pesqueira, San Miguel de Horcasitas y encontró: 1) que la residencia de las mujeres participantes en el estudio estaba ubicada a $\leq 1\ 000$ metros de distancia del campo más cercano; 2) que el 76.4% tenía experiencia como trabajadora agrícola; y 3) que contaban con 4.5 años de residir en la localidad y 4.3 años de trabajar en campos. En ellas, el metabolito DDE se presentó en mayor concentración (9.0 ug/kg) y con mayor frecuencia (4 de 6). No obstante, al comparar tales concentraciones con las reportadas por organismos internacionales, observaron que se ubican por debajo de la norma establecida como límite máximo residual, por lo que sugieren realizar estudios de carácter longitudinal para dar seguimiento a tal problemática.

Otro estudio realizado para identificar la presencia de plaguicidas OC y OF en jornaleros agrícolas (Valenzuela, 2008), evaluó el plasma de 212 personas adultas (110 hombres y 102 mu-

jeros) con una edad media de 34.6 años (± 12) los hombres y de 28 años (± 9.8) las mujeres, que laboraban en cuatro campos de cultivo hortofrutícola ubicados en los municipios de Hermosillo, San Miguel de Horcasitas y Guaymas. Los hallazgos indicaron que el 57% de los hombres y el 62% de las mujeres presentaban residuos de OC, siendo el DDE, metabolito del DDT, el encontrado en mayor proporción (90.5% de los varones y 96.8% de las mujeres).

Silveira *et al.* (2011), por su parte, al valorar el riesgo de exposición en trabajadores agrícolas aplicadores de agroquímicos en la ciudad de Hermosillo, encontraron que todos presentaron residuos de OF en semen, siendo el malatión la sustancia con mayor frecuencia encontrada (53%), seguida del paratión (44%). Otra investigación realizada a 222 trabajadores agrícolas de San Miguel de Horcasitas y Hermosillo (Gutiérrez *et al.*, 2012) reportó alto porcentaje de valores normales de la actividad de la colinesterasa (CS) y paraoxonasa (PON1); los valores medios fueron de 8.33 ± 3.17 kU/L en hombres y de 6.95 ± 2.13 kU/L en mujeres y, para PON1, un valor medio de 132.82 ± 31.73 kU/L en hombres y 118.32 ± 35.03 kU/L en mujeres. Los autores apuntaron la dificultad para establecer una diferencia en la actividad de las enzimas evaluadas, ya que no se determinó una línea base de preexposición, así como tampoco niveles de control ni seguimiento por exposición de sujetos.

Efectos

Los riesgos de salud por exposición a agroquímicos no sólo dependen de la toxicidad de sus ingredientes activos sino también del nivel, grado, tiempo y circunstancias de exposición (Kim *et al.*, 2017). Cabe resaltar que la población infantil, mujeres embarazadas y adultos mayores son más sensibles a estas sustancias (Vester y Caudle, 2016). La exposición a organofosforados y carbamatos puede dar lugar a la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa y originar trastornos nerviosos expresados en cefalea, salivación excesiva, lagrimeo, sudoración, náuseas, diarrea, incontinencia urinaria, depresión respiratoria, convulsiones y pérdida de conciencia (PSEP, 2015). La exposición a organoclorados tiene efectos negativos en la capacidad reproductiva de las personas al tiempo que potencia la obesidad, dislipidemia, resistencia a la insulina, ciertos tipos de cáncer (cervicouterino, leucemia, de próstata, páncreas, cerebro e hígado) e impacta en el desarrollo cognitivo (Lee *et al.*, 2011; Mahalingaiah *et al.*, 2012; Polanco *et al.*, 2017).

La peligrosidad de los plaguicidas radica en lo siguiente: a) son sustancias tóxicas, algunas con dosis letales muy pequeñas: 5-6 mg por kg de peso del individuo; b) actúan por vía oral, respiratoria y dérmica; c) se desconocen los efectos de la combinación de plaguicidas aplicados juntos o mezclados; y d) los metabolitos de los plaguicidas suelen ser más tóxicos, por lo que es indispensable no dar de alta a los pacientes intoxicados sino esperar un tiempo prudente para evitar “recaídas”. En Sonora se carece de información suficiente que permita valorar el impacto

que ejerce la exposición crónica a plaguicidas en la salud humana. Los estudios realizados apenas son aproximaciones a tal problemática. Uno de ellos que utilizó metodologías no experimentales de tipo exploratorias para evaluar la percepción y comunicación del riesgo en 289 trabajadores agrícolas de San Miguel de Horcasitas (Ochoa, 2012; Camarena *et al.*, 2014), encontró efectos crónicos asociados con la exposición a agroquímicos en más del 50% de la población que vive cerca de los campos de cultivo (alergias, problemas respiratorios y obesidad), mientras que el 24% atribuyeron sus malestares al trabajo agrícola que realizan (aplicación de agroquímicos).

Ochoa *et al.*, (2018) exploraron la posible asociación entre el uso de plaguicidas y la salud en una muestra de 299 niños residentes en zonas agrícolas de Sonora, entre ellas el DDR 144 y un grupo urbano como grupo control. El estudio, de diseño no experimental y alcance asociativo-comparativo, captó información de la población a través de la prueba de matrices progresivas de Raven (que estima funciones perceptuales y racionales) y un cuestionario de condiciones socioeconómicas. Entre las características de los niños se encontró que la mayoría provenía de un sector socialmente vulnerable y su vivienda se localizaba máximo a un kilómetro de distancia de los campos de cultivo. Los resultados reportaron malestares de gripe y de oído en el 30% de la población; y, respecto a la prueba psicológica, el 63.5% de los niños fueron ubicados en rangos inferiores al término medio y deficiente. Cabe señalar que no se realizaron estudios bioquímicos que podrían determinar con certeza la posible asociación directa entre el uso de agroquímicos y afectaciones en la salud.

Existen también estudios socioantropológicos que han abordado aspectos de identidad y riesgos de trabajo entre jornaleros agrícolas de la Costa de Hermosillo. Calvario (2016, 2007: 6) dirige la mirada a aspectos de salud por exposición crónica a agroquímicos, tomando como ejemplo la aplicación de la cianamida hidrogenada, lo que le permite visualizar “la tendencia masculina por resaltar la valentía, el orgullo, el ‘aguante’, el descuido y desatención... el aguantarse cuando se padece alguna enfermedad durante el trabajo, la tendencia a la inacción terapéutica (en su autoatención)... la confianza excesiva y minimización del daño, están amalgamados a la construcción social de la masculinidad dominante”.

Las precarias condiciones de vida de la población que reside en el poblado Miguel Alemán también se han denunciado en la prensa local, donde se vinculan los factores ambientales, económicos, sociales y de pobreza prevalecientes en el poblado con la muerte de la población a una edad promedio de 51 años, doce menos que el resto de los sonorenses (López, 2018). Este mismo autor establece que la tasa de crecimiento anual de la población se ubicó en 3.9% entre 2005 y 2010, el doble que la estatal, ya que pasó de 22 505 habitantes en el año 2000 a 30 869 en el 2010 y a cerca de 40 000 en el año 2015. López (2017) señala que la combinación de altas tasas de crecimiento con pocas oportunidades de trabajo ha influido en el aumento de la inseguridad, drogadicción y violencia.

Cabe decir que los servicios públicos son deficientes y las viviendas de la zona son de baja calidad. Según el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Miguel Alemán, (IMPLAN, 2016), existe hacinamiento en viviendas y, en 20 de las 40 áreas geográficas básicas en las que el INEGI dividió el poblado, la mayoría cuenta con dos cuartos y viven en ellas cinco o más personas, el 95.3% cuentan con piso de tierra y el 34% techo de cartón. En desnutrición, el 87% de sus habitantes presenta algún grado de inseguridad alimentaria, predomina una dieta de productos con altas cantidades de azúcar, siendo tortillas de maíz, frijol y refrescos de cola los alimentos que más consumen los jornaleros agrícolas. Según datos del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de la Secretaría de Salud Pública Estatal, las principales causas de mortandad refieren a problemas del corazón, padecimientos pulmonares y diabetes, además de las provocadas por accidentes de tránsito en años recientes (López, 2017).

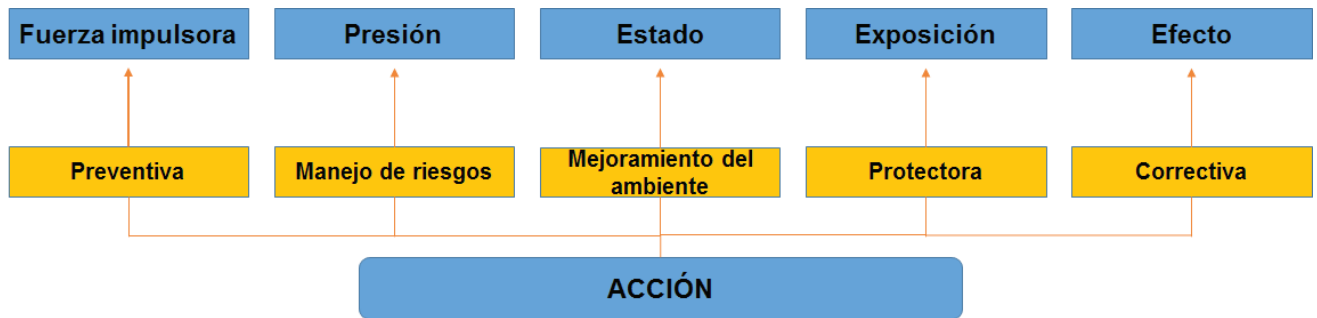
En lo que toca a la atención a la salud, entre 1990 y 2014 había un centro de salud estatal y una clínica del IMSS (Instituto Mexicano de Seguridad Social) y, si bien ese último año se inauguró otro centro de atención, resulta insuficiente para atender una población que en ese lapso se elevó en más de 23 mil habitantes. El 33% de los habitantes sigue sin tener acceso a los servicios públicos de salud (INEGI, 2015) y la falta de infraestructura sanitaria es agravada con la llegada masiva de migrantes, que elevan los índices de pobreza y marginación. La presencia de tuberculosis en el poblado, enfermedad asociada a condiciones de pobreza, es entre tres y cuatro veces mayor que en la ciudad de Hermosillo, y coexiste con enfermedades de transmisión sexual, embarazos en adolescentes y problemas de drogadicción (López, 2018).

En el poblado persiste también la problemática de contaminación de acuíferos, del aire por humo y polvo, y un deficiente servicio de drenaje (IMPLAN, 2016). Es común observar calles con encharcamientos de aguas residuales domésticas y/o pluviales, lo que provoca la proliferación de insectos transmisores de enfermedades infecto-contagiosas. Al no estar pavimentado el 75% del área del poblado, los problemas anteriores se asocian con casos de salmonelosis y fiebre tifoidea debido a la ruta que sigue el fecalismo libre. Las enfermedades se hacen presentes en esa interacción perversa entre los problemas sociales (inseguridad, pobreza, insuficiente y baja calidad de servicios de salud y educación) y ambientales (contaminación por agroquímicos, polvo, escasez de agua e intrusión salina, entre otros).

Acciones posibles

Las acciones requeridas para atender una problemática ambiental como las aquí mostradas, pueden ser diversas. En este estudio se retoman las estrategias propuestas por Waheed *et al.*, (2009) (Figura 3).

Figura 3. Acciones requeridas para enfrentar un problema ambiental a través del modelo FPEEEA



Fuente: Waheed; Khan y Veitch, (2011).

Acciones-Fuerza impulsora. Hasta hoy han predominado intereses económicos, partidistas y utilitaristas, subsumidos a la lógica del capital global, en las decisiones y comportamientos de líderes y tomadores de decisiones que orientan a la agricultura intensiva con fines de exportación como la principal actividad del desarrollo económico de la región. El uso de agroquímicos constituye un elemento importante del paquete tecnológico que promueven los planes nacionales de desarrollo agrícola y que están sustentados por empresas transnacionales con amplio poder económico e injerencia en el agro (Monsanto, The Dow Chemical Company, Syngenta AG) que controlan la semillas de los cultivos más importantes en el mundo así como la producción, venta y distribución de agroquímicos. El modelo agrícola intensivo en México se desarrolla en alianza con autoridades y grupos económicos nacionales y locales; ejemplo de ello es la presencia de unos 140 plaguicidas prohibidos o no autorizados en otros países. Sin embargo, la mayor parte de la producción agrícola nacional se destina a Estados Unidos, país menos exigente que los europeos (tiene 82 plaguicidas no autorizados), lo que favorece la política regulatoria neoliberal aplicada en las últimas décadas (Bejarano, 2017).

Acciones-presión. En esta fase, algunas acciones que pueden contrarrestar las condiciones negativas generadas por la presión de la producción dominante, tienen que ver con el manejo de riesgos (Waheed *et al.*, 2009). Esto, en relación con el uso de plaguicidas, implica seguir protocolos internacionales para el manejo de compuestos químicos que regulan su importación, prohibición, transporte, distribución, almacenamiento, uso y disposición final. Los organismos encargados del manejo de estos agroquímicos son la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) y la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA).

No obstante ser México signatario de todos los convenios y protocolos sobre sustancias químicas, la agenda política nacional sigue rezagada y los problemas se abordan de manera reactiva

cuando se presenta la contaminación o emergencia ambiental, enfocando los esfuerzos sólo al tratamiento de los efectos tóxicos o a la remediación de los sitios contaminados (Mendoza e Ize, 2017). Resulta preocupante la desarticulación existente entre las entidades responsables de legislar, vigilar, regular y sancionar la producción, manejo y uso de sustancias químicas, y el poco control que se tiene de las grandes empresas que promueven e inducen el consumo de agroquímicos (Novartis-Sygenta, Dow). Sin duda, falta establecer procesos de integración y ordenamiento jurídico entre esas distintas dependencias responsables de regular, vigilar y sancionar a las empresas y actores que intervienen en la producción, manejo y uso de sustancias químicas.

Es también deficiente el conocimiento social de la problemática en salud pública por exposición a agroquímicos y, por tanto, de las acciones preventivas posibles a tomar. Silveira *et al.*, (2016) refieren que en tres regiones de Sonora, incluyendo el DDR 144, se requieren talleres educativos para los trabajadores y sus familias. No se conoce ningún programa gubernamental orientado a comunicar tales riesgos a la población residente en los sitios agrícolas y los esfuerzos de grupos de investigación de la entidad, activistas ambientales, asociaciones civiles y/o redes nacionales, son dispersos y marginales.

Acciones-Estado o calidad ambiental. Respecto al estado ambiental del DDR 144 se ha constatado la presencia de plaguicidas en el suelo, aire y agua. En México, la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) (DOF, 2013) establece la obligación de realizar estudios para determinar las condiciones ambientales asociadas a actividades del ser humano que generen daños al ambiente. La LFRA es un ordenamiento jurídico de orden público e interés social que tiene por objeto proteger, preservar y restaurar el ambiente y el equilibrio ecológico para garantizar los derechos humanos a un ambiente sano y determinar la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental (Ize y Bracho, 2010). A partir de lo anterior se generan los Estudios de Estado Base (EEB) que resultan clave para establecer la eficacia de las medidas de reducción y control de emisiones, descargas y disposiciones que los responsables señalen dentro de las manifestaciones de impacto ambiental y para establecer la responsabilidad del daño y la magnitud de los costos de reparación o compensación. Cabe mencionar que en la zona evaluada no se encontró ningún tipo de programa que tenga como fin impulsar estas acciones.

Acciones-Exposición. En acciones protectoras para la exposición, una lección derivada de las grandes emergencias químicas ha sido la cultura de la prevención de riesgos como la mejor opción en el manejo de las sustancias químicas. Como bien señalan Mendoza e Ize (2017), con acciones preventivas se pueden evitar enfermedades y pérdidas humanas, siendo indispensable avanzar en ese ámbito a partir de conocer la naturaleza de las sustancias para clasificarlas en diferentes categorías de peligrosidad y definir las medidas de prevención a aplicar. México ha elaborado un marco

legal de prevención y control de emergencias químicas (SEMARNAT, 2016). En dicho documento se establece la clasificación de las actividades altamente riesgosas en virtud de las características peligrosas de los materiales manejados en los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, y considera los volúmenes de manejo y ubicación del establecimiento.

Según la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), quienes realicen actividades altamente riesgosas están obligados a formular y presentar a la SEMARNAT un Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) así como los Programas para la Prevención de Accidentes (PPA). El objetivo de los ERA es identificar los posibles accidentes, así como estimar la probabilidad de que estos ocurran y sus consecuencias. Se consideran accidentes de alto riesgo ambiental toda explosión, incendio, fuga o derrame súbito en los que intervengan una o más sustancias peligrosas que representen un peligro grave de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible para la población, los bienes y el ambiente.

Los PPA describen, con base en los escenarios modelados en el ERA, las medidas preventivas y las acciones a desarrollar para atender estos accidentes. Los reportes de SEMARNAT evidencian que los comités locales de ayuda mutua (formados por empresas y autoridades que conjuntan sus recursos, experiencia y esfuerzos para mejorar la prevención, el control y la atención de emergencias químicas), ha resultado un esquema adecuado de organización. Sin embargo, al ser de carácter voluntario, las empresas involucradas deben estar convencidas de las ventajas de tal colaboración. Por ende, queda pendiente diseñar mecanismos de alcance jurídico que obliguen a las empresas, sean firmas nacionales o internacionales, a emprender y financiar proyectos concretos de remediación ambiental de aplicación local y regional (Mendoza e Ize, 2017).

Acciones-Efecto. Se han impulsado prácticas correctivas en el uso de plaguicidas para disminuir los efectos negativos en el ambiente y las personas a través del desarrollo de diagnósticos de algunos plaguicidas de especial interés a nivel internacional, como son el lindano y el endosulfán (INE, 2011). En estos diagnósticos se incluye información sobre alternativas costo-efecto menos tóxicas o alternativas no químicas. Mendoza e Ize (2017) sugieren la prohibición total del uso de los plaguicidas altamente peligrosos (PAP) y abogan por reemplazarlos con alternativas menos tóxicas o no químicas ya identificadas. Alternativas menos tóxicas y no químicas viables puede lograrse usando el conocimiento internacional y de grupos de trabajo que incluyan a todos los interesados: industria química, gobierno, usuarios, academia y organizaciones de la sociedad civil (INE, 2011). Un reto adicional será establecer el diálogo entre actores e instancias tan diversas, más cuando pueden estar representando intereses económicos, sociales y políticos contrarios. Sin duda, falta mucho por hacer en este ámbito en el DDR 144.

Conclusiones

Consideramos que el modelo FPPEEA es una herramienta pertinente para describir el estado, efecto y exposición de plaguicidas en una región geográfico-espacial específica. En el caso del DDR 144, si bien los hallazgos mostrados no son del todo concluyentes en algunos componentes del modelo, han permitido revelar y destacar el panorama de riesgo e incertidumbre que prevalece en la región en relación con los procesos socio-ambientales determinados por el tipo de desarrollo prevaleciente. Asimismo, devela la problemática de la salud ambiental en las localidades agrícolas y población que en ellas reside, visibilizando las áreas de oportunidad existentes.

La fuerza impulsora radica en el apoyo al campo mediante políticas de desarrollo rural que estimulan el uso de agroquímicos y un modelo agrícola intensivo. En este proceso, como bien señalan Orozco *et al.* (2009) y Albert (2015), la presión de mercado y obtención de altos beneficios han sido factores importantes en el empleo inadecuado de plaguicidas en el sector agrícola. Por ello, ahora se requiere establecer planes de desarrollo agrícola alternativos que contribuyan a proteger la salud de la población, especialmente de las comunidades rurales, a favor de cultivos agroecológicos y semillas libres de plaguicidas, patentes y transgénicos.

Nuestros resultados muestran, al igual que los estudios de Orozco *et al.* (2009), Waheed *et al.* (2011) y Araújo-Pinto *et al.* (2012), la falta de acciones de los gobiernos para aminorar o corregir el impacto del uso de plaguicidas en el ambiente y salud humana. Salvo esfuerzos marginales y dispersos de activistas, científicos y académicos, centrados en brindar talleres de sensibilización ambiental para la prevención de riesgos en salud por exposición a agroquímicos, no se han identificado programas oficiales sistemáticos de monitoreo y seguimiento al respecto. Es necesario fortalecer el alcance empírico y longitudinal de los estudios sobre plaguicidas en México, a la par que la cultura de prevención de riesgos. La problemática que devela el modelo FPPEEA en el DDR 144 así lo exige.

Referencias

- Aboites, Luis. (2013). *El norte entre algodones: población, trabajo agrícola y optimismo en México, 1930-1970*. México: El Colegio de México A.C., 461 pp.
- A La Torre, Marcos; Robles, Jesús; Preciado, Juan; Camarena, Beatriz, y Bañuelos, Nohemí (2018). “Estilos de liderazgo en exportadoras de uvas de mesa sonorenses”. *Revista Mexicana de Agrobiznes*, 42, pp. 943-954.
- Albert, Lilia (3 de abril de 2015). *Panorama de los plaguicidas en México*. La Jornada Veracruz. Recuperado de <http://alef.mx/el-jarocho-cuatico-49-los-plaguicidas-en-mexico/>

- Aldana, María; Valdez, Silvia; Vargas, Nadia; Salazar, Nora., Silveira, María., Loarca, Fabián; Rodríguez, Gerardo., Wong, Fabiola; Borboa, Juan y Burgos, Ana. (2008) "Insecticide Residues in Stored Grains in Sonora, Mexico: Quantification and Toxicity Testing". *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 80(2), pp. 93-96.
- Araujo-Pinto, Mariana; Peres, Frederico y Moreira, Josino (2012). Utilização do modelo FPEEEA (OMS) para a análise dos riscos relacionados ao uso de agrotóxicos em atividades agrícolas do estado do Rio de Janeiro. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17, pp. 1543-1555.
- Araujo, Rafael. (2015). "Vulnerabilidad y riesgo en salud: ¿dos conceptos concomitantes?" *Novedades en Población*, 11(210), pp. 89-96.
- Arriaga, Alicia y Pardo, Mercedes (2011). "Justicia ambiental: estado de la cuestión". *Revista Internacional de Sociología*, 69(3), pp. 627-648.
- Arriagada, Irma (2005). "Dimensiones de la pobreza y políticas desde una perspectiva de género". *Revista de la CEPAL*, 85, pp. 101-113.
- Baumgartner, Rupert (2009). "Organizational Culture and Leadership: Preconditions for the Development of a Sustainable Corporation". *Sustainable Development*, 17, pp. 102-113.
- Bejarano, Fernando (2017). Los plaguicidas altamente peligrosos en México. RAPAM, pp. 421.
- Caballero, Mario (2001) *Diagnóstico situacional del uso de DDT y el control de la malaria. Informe regional para México y Centroamérica*. México D.F.: Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo S.C., 58 pp.
- Calvario Parra, Eduardo (2016). "La construcción social del peligro y el género en los jornaleros agrícolas del poblado Miguel Alemán, México". *Culturales*, 4(1), pp. 33-60.
- Calvario Parra, Eduardo (2007). "Masculinidad, riesgos y padecimientos laborales. Jornaleros agrícolas del poblado Miguel Alemán, Sonora". *Región y Sociedad*, 19(40), pp. 39-72.
- Camarena, Beatriz; Ochoa, Berenice, y Valenzuela, Ana (2014). "Comunicación y percepción del riesgo por compuestos orgánicos persistentes en jornaleros agrícolas de Sonora, México". *Po-lis*, 39, pp. 235-300.
- Cerutti, Mario (2015). "La agriculturización del desierto: Estado, riego y agricultura en el norte de México (1925-1970)". *Apuntes*, 42 (77), pp. 91-127.
- CICOPLAFEST (2016). Clasificación y codificación de mercancías cuya importación y exportación está sujeta a regulación. Recuperado de: <http://www.siicex.gob.mx/portalSiicex/SICETECA/Acuerdos/Regulaciones/SSA/cicoplafest.htm>
- CONAPO (2010), Consejo Nacional de Población. Resultados principales por ubicación. México: CONAPO. Recuperado de: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Datos_Abiertos_del_Indice_de_Marginacion
- COFEPRIS (2015). *Catálogo de pesticidas. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios*. México: Secretaría de Salud Pública. Recuperado de <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizers/CatalogoPlaguicidas.aspx>

- Corvalán, Carlos y Kjellström, Tord. (1995). "Health and environment analysis for decision-making". *World Health Statistics Quarterly*, 48(2), pp. 71-77.
- DOF (1997). NOM-052-FITO-1995 *Requisitos y especificaciones fitosanitarias para presentar el aviso de inicio de funcionamiento por las personas físicas o morales que se dediquen a la aplicación aérea de plaguicidas agrícolas*. México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado de: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/nom-052-fito-1995>
- DOF (2013). *Decreto por el que se expide la ley federal de responsabilidad ambiental y se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de la ley general de vida silvestre, de la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, de la ley*. México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado de http://www.diputados.gob.mx/sedia/biblio/prog_leg/065_DOF_07jun13.pdf
- Escalante, Roberto. (2006). "Desarrollo rural, regional y medio ambiente. Revista Economía". *UNAM*, 3(8), pp. 70-94.
- Escolástico, Consuelo y Pilar Miranda. (2000). *Química y Salud Pública: Pesticidas*. México: Departamento de Química Orgánica y Biología, Facultad de Ciencias, 830 pp.
- Estrada, Juan y Martínez, María (2007). *Propuesta de acción integrada en la Costa de Hermosillo, Sonora* (Tesis para obtener el diploma de Especialidad en Gestión Integrada de Ciencias Hidrológicas). México: El Colegio de Sonora. 97 pp.
- FAO (2006). *Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 51 pp.
- García, Jaqueline; Leyva, German, y Aguilera Daniela (2017). "Los plaguicidas altamente peligrosos en el Valle del Yaqui, Sonora". En Bejarano-González, F. *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. México: RAPAM, CIAD, Red Temática de Toxicología de Plaguicidas, UAEMEX, INIFAP, UCCS, IPEN, PNUD, pp: 173-183.
- García, Jaqueline; Leyva, Belisario; Martínez, Irma; Hernández, Isabel; Aldana, Lourdes; Rojas, Aurora; Betancourt, Miguel; Pérez, Norma, y Perera, Javier (2018). "Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34, pp. 29-60.
- Gómez, Jéscica (2007). "Identificación y cuantificación del DDT y sus metabolitos en Leche Materna de mujeres Residentes de Pesqueira, Sonora, México" (Tesis). México: Universidad de Sonora, 84 pp.
- González Cyndia, Robledo María, Medina Irma, Velázquez Jesús, Girón Manuel, Quintanilla Betzabet, Ostrosky Patricia, Pérez Norma y Rojas Aurora. (2010). Patrón de uso y venta de plaguicidas en Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26 (3), pp. 221-228.
- Gutiérrez, Lourdes; Valenzuela, Ana; Aldana, Lourdes; Grajeda, Patricia; Cabrera, Rosa; Ballesteros, Martha; Saucedo, María; Ortega Isabel, y Fierros Daniel (2012). "Colinesterasa y pa-

- raoxonasa séricas como biomarcadores de exposición a plaguicidas en jornaleros agrícolas”. *Biotechnia*, 14, pp. 40-46.
- Harsimran, Kaur y Harsh, Garg (2014). *Pesticides: environmental impacts and management strategies*. In (eds.), *Pesticides-Toxic Aspects*. Viena, Austria: InTech, pp. 187-230.
- IMPLAN, 2016. *Programa de Desarrollo Urbano del centro de población Miguel Aleman, 2016-2018*. Sonora, México: Ayuntamiento de Hermosillo 2015-2018, Gobierno de Sonora, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 474 pp.
- INE (2011) *Diagnóstico de la situación del endosulfán en México*. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe. México D.F., México, pp. 53. Recuperado de: file:///C:/Users/adrianx/Downloads/UNEP-POPS-NPOPS-SUBM-SC5-4-EN-DOSU-Mexico_5-110719.Sp.pdf
- INEGI (2010). *Censo de población en México*. Recuperado de: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/son/poblacion/>
- INEGI (2014). *Encuesta Nacional Agropecuaria*. Consultada en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/>
- INEGI 2015. *Panoramas Sociodemográfico Sonora*. Recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/Panorama2015/Web/Contenido.aspx#Sonora26000>
- INEGI (2016). *Estadísticas a propósito del día del trabajador agrícola*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/jesusabrahammontoyaa/estadisticas-a-proposito-del-dia-del-trabajador-agricola-15-de-mayo>
- IPCS (2011). *Environmental Health Criteria 237: Summary of principles for evaluating health risks in children associated with exposure to chemicals*. Ginebra: Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas, Organización Mundial de la Salud, 56 pp.
- Ize, Irina y Bracho, Leonora. (2010). *Introducción al análisis de riesgos ambientales. 2a edición*. Instituto Nacional de Ecología. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 219 pp.
- Kim, Ki-Hyun; Ehsanul Kabir, y Shamin Ara Jahan (2017). “Exposure to pesticides and the associated human health effects”. *Science of The Total Environment*, 575, pp. 525-535.
- Leal, Sergio. (2013). “Sitios potencialmente contaminados con plaguicidas organoclorados incluidos en el Convenio de Estocolmo en zonas agrícolas (norte y centro) del Estado de Sonora” (Tesis Maestría en Ciencias). México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. 76 pp.
- Leal, Sergio; Valenzuela, Ana; Gutiérrez, Lourdes; Bermúdez, María; García, Jaqueline; Aldana, Lourdes; Grajeda, Patricia; Silveira, María; Meza, María; Palma, Susana; Nepomuceno, German; Camarena, Beatriz, y Valenzuela Clara (2014). “Residuos de Agroquímicos Organoclorados en Suelos Agrícolas”. *Terra Latinoamericana*, 32, pp. 1-11.

- Lee, Duck; Steffes, Michael; , Sjödin, Andreas; Jones, Richard; Needham, Larry y Jacobs, David (2011). Low dose organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls predict obesity, dyslipidemia, and insulin resistance among people free of diabetes. *PloS one*, 6(1), pp. 1-8.
- León, Lidia. (1997). “Normatividad en la utilización de plaguicidas: Estudio realizado en el Municipio de Hermosillo, Sonora” (Tesis de Maestro en Ciencias). México: Instituto politécnico Nacional. 130 pp.
- Leyva-Morales, José Belisario; Garcia de la Parra, Luz María; Bastidas-Bastidas, Pedro de Jesús; Astorga-Rodriguez, Jesús Efren; Bejarano-Trujillo, Jorge; Cruz-Hernandez, Alejandro; Martinez-Rodriguez, Irma Eugenia y Betancourt-Lozano, Miguel (2014). Uso de plaguicidas en un valle agrícola tecnificado en el noroeste de Mexico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. 30 (2): pp. 247-261.
- López, Eduardo (5 de agosto de 2017). “Golpean problemas a Miguel Alemán. Salud pública, un reto en la Costa”. *El Imparcial*. Recuperado de <https://www.elimparcial.com/EdicionEnLinea/Notas/noticias/09052017/1212115-salud-publica-un-reto-en-la-costa.html>
- López, Eduardo (5 de septiembre de 2018). “Crece Miguel Alemán en población y problemas. Vive menos años gente de la Costa por pobreza y abandono”. *El Imparcial*, Recuperado de <https://www.elimparcial.com/EdicionEnLinea/Notas/Noticias/08052017/1211875-Crece-Miguel-Aleman-en-poblacion-y-problemas.html>
- Mahalingaiah, Shruthi; Missmer, Stacey; Maity, Arnab; Williams, Paige; Meeker, John; Berry, Katherine y Hauser, Russ (2012). Association of hexachlorobenzene (HCB), dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), and dichlorodiphenyldichloroethylene (DDE) with in vitro fertilization (IVF) outcomes. *Environmental Health Perspectives*, 120(2), pp. 316-328.
- Martínez, José María y Cyrus Reed. (2002). *Acuíferos y libre comercio: el caso de la Costa de Hermosillo*. Hermosillo, Sonora.; Red Fronteriza de Salud y Ambiente, A.C. Cyrus Reed Texas, Center for Policy Studies, 35 pp.
- Mendoza Cantú, Ania y Ize, Irina (2017). “Las sustancias químicas en México. Perspectivas para un manejo adecuado”. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(4), pp. 719-745.
- Mora, Consuelo (1981), “La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola”. *Boletín del Instituto de Geografía*, pp. 145-181.
- Moreno, José Luis (2006). *Por abajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945–2005*. México: El Colegio de Sonora, 507 pp.
- Ochoa, Berenice (2012). “Percepción de los riesgos por Contaminantes Orgánicos Persistentes en jornaleros/as agrícolas de Pesqueira, Sonora” (Tesis de Maestría). México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. 103 pp.
- Ochoa, Berenice; Camarena, Beatriz; Valenzuela, Ana, y Silveira, María (2018). “Condiciones socioeconómicas y de salud de grupos de población infantil que residen en localidades rurales de Sonora, México”. *Estudios sociales*, 28(51), pp. 1-34.
- Oerke, E-C (2006). “Crop losses to pests”. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), pp. 31-43.

- OMS (2010). *Persistent organic pollutants: Impacto n child health*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 59 pp.
- OMS (2016). *Infant and Young child feeding [website]. Nota descriptiva #342*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 99 pp.
- OMS (2018). *¿La herencia de un mundo sostenible? Atlas sobre salud infantil y medio ambiente*. Ginebra, Suiza. 139 pp.
- Orozco, Fadya; Cole, Donald; Forbes, Greg; Kroschel, Jürgen; Wanigaratne, Shusita, y Arica, Denis (2009). "Monitoring adherence to the international code of conduct: highly hazardous pesticides in central Andean agriculture and farmers' rights to health". *International Journal of Occupational and environmental Health*, 15(3), pp. 255-268.
- Pesticide Safety Education Program (PSEP) (2015) Symptoms of pesticide poisoning. Iowa, Estados Unidos. Recuperado de: <http://psep.cce.cornell.edu/Tutorials/core-tutorial/module09/index.aspx>
- Polanco, Ángel; Riba, María; DelValle, Angel; Araujo, Alfredo; Mahjoub, Olfra, y Prusty, Anjan (2017). Monitoring of organochlorine pesticides in blood of women with uterine cervix cancer. *Environmental Pollution*, 220, Part B, pp. 853-862.
- Provencio, Enrique (2006). Localidad y globalidad en el desarrollo sustentable. En: Raúl. Cordera y Luis Lomelí. Coordinadores. *De lo local a lo global: los desafíos de la globalización y sus repercusiones locales*. México: UNAM, pp. 201-221.
- Quandt, Sara; Hernández, María; Grzwacs, Joseph; Hovey, Joseph; Gonzales, Melissa, y Arcury, Thomas (2006). "Workplace, Household, and Personal Predictors of Pesticide Exposure for Farmworkers". *Environmental Health Perspectives*, 114(6) pp. 943-952.
- Remoundou, Kyriaki; Brennan, Mary; Hart, Andy, y Frewer, Lynn (2014). "Pesticide Risk Perceptions, Knowledge, and Attitudes of Operators, Workers, and Residents: A Review of the Literature". *Journal Human and Ecological Risk Assessment*, 20(4), pp. 1113-1138.
- Rodríguez, José María (2003), *Acuíferos y agroquímicos en una región fronteriza: retos y oportunidades del TLCAN para la agricultura mexicana*. Hermosillo, Sonora., Red Fronteriza de Salud y Ambiente, Universidad de Sonora, Comisión de Cooperación Ambiental, 50 pp.
- Romero, Teresita; Cortinas, Cristina, y Gutiérrez, Victor (2009). *Diagnóstico nacional de los contaminantes orgánicos persistentes en México*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, INE, 344 pp.
- SAGARPA (2015). *Datos sector agrícola*. México: SAGARPA. Recuperado de https://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/POT_2016/Informe/CuartoInformeDeLabores_SAGARPA.pdf
- Sánchez, Eduardo; Waliszewski Kubiak, Stefan M.; Trujillo M., Patricia e Infanzón Ruíz, Rosa María. (2003). El DDT: su uso y legislación. Universidad Veracruzana. *La Ciencia y el Hombre*, septiembre-diciembre 2003 , no. 3, p. 27-30
- SEDESOL (2015). *Catálogo de localidades de Sonora*. Unidad de microrregiones. Subdirección General de Planificación Micro Regional.

- SEMARNAT (2016). *Guía para la presentación del estudio de riesgo. Modalidad de análisis de riesgo*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de http://tramites.semarnat.gob.mx/Doctos/DGIRA/Guia/MIAParticularRiesgo/GuiasEstudioRiesgo/g_vias_gerales.pdf
- SENASICA (2011). Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Lista de pesticidas para uso agrícola. México: Servicio Nacional de Salud, Seguridad y Calidad Agroalimentaria. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SENASICA (2016). *Zonas libres de gusano rosado y picudo del algodono: Beneficios, Retos y Perspectivas 2016*. México: SAGARPA. Recuperado de: <http://publico.senasica.gob.mx/?doc=30353>
- SIAP (2015). Anuario estadístico de producción agrícola. México: SAGARPA. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/estadistica-de-la-produccion-pecuaria/resource/bae6655b-a048-416c-8b15-5fbc94856e1>
- SIAP (2017). Anuario estadístico de producción agrícola. México: SAGARPA. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/estadistica-de-la-produccion-pecuaria/resource/13ce0189-3420-4cd4-ba3f-49b0badf4698>
- SIAP (2018). Anuario estadístico de producción agrícola. México: SAGARPA. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/estadistica-de-la-produccion-pecuaria/resource/13ce0189-3420-4cd4-ba3f-49b0badf4698>
- Silveira María; Cardoza, Viviana; Rodríguez, Guillermo; Aldana, Lourdes, y Zuno Fabiola (2011). “Valoración del riesgo por exposición a insecticidas organofosforados en adultos del sexo masculino en Sonora, México”. *Ciencia UAQ* 4(2), pp. 70-81.
- Silveira, María; Aldana, Lourdes; Valenzuela, Ana; Ochoa, Berenice, y Camarena, Beatriz (2016). Necesidades educacionales sobre riesgo de plaguicidas en el contexto socio-ambiental de las comunidades agrícolas de Sonora. *Nova scientia*, 8(16), pp. 371-401.
- Silveira, María; Aldana, María; Piri, Julián; Valenzuela, Ana; Jasa, Graciela, y Rodríguez, Guillermo (2018). “Plaguicidas agrícolas: un marco de referencia para evaluar riesgos a la salud en comunidades rurales en el estado de Sonora, México”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(1), pp. 7-21.
- Soto, Consuelo (2003). “La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola”. *Boletín del Instituto de Geografía*, 50, pp. 173-195.
- Valenzuela, Ana (2008). Evaluación directa a plaguicidas de jornaleros agrícolas e indirecta por consumo de agua y alimentos y su impacto en la expresión del síndrome metabólico. México: Informe Técnico Final – CONACYT, 112 pp.
- Vega, Sergio (1985). *Toxicología I: evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales*. País: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, OPS, OMS, 69 pp.
- Vester, Aimee y Caudle, Michael (2016). “The Synapse as a Central Target for Neurodevelopmental Susceptibility to Pesticides”. *Toxics*, 4(3), 18.

- Villa, Abel y Bracamonte, Álvaro (2013). “Procesos de aprendizaje y modernización productiva en el agro del noroeste de México: Los casos de la agricultura comercial de la Costa de Hermosillo, Sonora y la agricultura orgánica de la zona sur de Baja California Sur”. *Estudios Fronterizos*, 14(27), pp. 217-254.
- Waheed, Bushra; Khan, Faisal, y Veitch, Brian (2009), “Linkage-based frameworks for sustainability assessment: making a case for driving force-pressure-state-exposure-effect-action”. *Sustainability*, 1(3), pp. 441-63.
- Waheed, Bushra; Khan, Faisal, y Veitch, Brian (2011). “Developing a quantitative tool for sustainability assessment of HEIs”. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 12(4), pp. 355-368.

Editora asociada: Esperanza Tuñón Pablos

Recibido: 24 septiembre 2018

Aceptado: 11 febrero 2019