

## Articulación territorial de la gestión de plaguicidas en el marco de la protección fitosanitaria. El caso del valle agrícola de Rioverde y Ciudad Fernández, San Luis Potosí

*Territorial articulation of pesticides management in the framework of phytosanitary protection. The case of the agricultural valley of Rioverde and Ciudad Fernández, San Luis Potosí*

Recibido: 4/06/2021. Aprobado: 27/10/2021. Publicado: 30/11/2021.

María Guadalupe Galindo Mendoza,\* Norma Yadira Aldaz Galicia,\*\* Carlos Contreras Servín,\*\*\* Geovanni Saldierna Salas\*\*\*\* y Sandra Daniela Almendarez Rocha<sup>+</sup>

**Resumen.** La sanidad y la protección vegetal tienen como finalidad generar acciones para el control de plagas y enfermedades agrícolas, el uso de plaguicidas y la determinación de estatus fitosanitario para la comercialización en el marco de la seguridad alimentaria. Sin embargo, la protección vegetal como instrumento normativo y de regulación se ha quedado en la escala mundial y nacional, cuando el manejo de plagas es principalmente local. Existe una desarticulación institucional y territorial en cuanto a la regulación de plaguicidas. A nivel mundial se reconoció el Manejo Integrado de Plagas (MIP) como la política pública del manejo y control

de plagas, sin embargo, a nivel local esta estructura no llegó y no se aplica por la inexistencia del modelo de extensionismo fitosanitario. Lo anterior genera que el único medio para erradicar las plagas agrícolas sea el uso indiscriminado de plaguicidas, algunos prohibidos en otros países por las importantes afectaciones en salud humana y en el ambiente. Sin embargo, en México se permite su distribución y comercialización. La investigación se desarrolló en el valle agrícola de Rioverde y Ciudad Fernández, dos municipios del estado de San Luis Potosí, considerados una zona de gran importancia en términos agrícolas, sobre todo por

\* Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria, Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona #550-2ª, Lomas de San Luis, 78210, San Luis Potosí, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8775-5120>. Email: . Autor de correspondencia.

\*\* Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria, Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona #550-2ª, Lomas de San Luis, 78210, San Luis Potosí, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2468-7583>. Email: [norma.aldaz@uaslp.mx](mailto:norma.aldaz@uaslp.mx)

\*\*\* Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria, Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona #550-2ª, Lomas de San Luis, 78210, San Luis Potosí, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2221-1565>. Email: [coser@uaslp.mx](mailto:coser@uaslp.mx)

\*\*\*\* Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria, Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona #550-2ª, Lomas de San Luis, 78210, San Luis Potosí, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8690-0330>. Email: [geovanni.saldierna@uaslp.mx](mailto:geovanni.saldierna@uaslp.mx)

<sup>+</sup> Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria, Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Sierra Leona #550-2ª, Lomas de San Luis, 78210, San Luis Potosí, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0476-1216>. Email: [sandra.almedarez@uaslp.mx](mailto:sandra.almedarez@uaslp.mx)

su alta productividad del cultivo de naranja. También se ha caracterizado por el uso de plaguicidas peligrosos, lo que ha generado afectaciones a la salud de la población y preocupación por su recurso más importante, el agua. Por lo antes mencionado, este trabajo tuvo como objetivo demostrar que los problemas de gobernanza territorial constituyen el reto más importante para afrontar y resolver el problema de plaguicidas en México. El proceso metodológico tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo, basado en el extensionismo de innovación, a través de geotecnologías para la identificación de zonas y parcelas con mayor uso de plaguicidas para combatir las plagas y enfermedades de los cultivos. El proceso metodológico consistió en dos fases: a) el muestreo fue a través de la aplicación móvil llamada “Agroquímicos LAGES”, desarrollada por el Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria (LaNGIF). Este proceso estuvo a cargo de estudiantes de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable del Instituto Tecnológico Superior (ITS) y de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Agronómica en Fitotecnia de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), generando una base con 22 939 datos sobre los productores, cultivos y plaguicidas; b) el análisis de los datos consistió, en primer lugar, en hacer una distinción entre plaguicidas permitidos y restringidos detectados en la zona con base en el Registro de Plaguicidas y Nutrientes Cancelados de la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) para después aplicar la prueba de hipótesis estadística no paramétrica Chi cuadrada ( $X^2$ ) y así determinar la existencia de asociación entre el nivel de escolaridad, tipo de cultivo (hortalizas, maíz y naranja) y el grupo taxonómico con los plaguicidas; así mismo, se realizó un análisis multicriterio para identificar y clasificar, a través de nodos espaciales, las áreas con aplicación de plaguicidas restringidos y a su vez, la caracterización de los productores, el cultivo y la tenencia de la tierra. Como resultado se obtuvo que las “casas agronómicas” controlan la gestión de plaguicidas, los cuales son pequeños negocios particulares que enfrentan políticas laxas tanto agrícolas, ambientales y de salud, y actúan al margen de la normativa estatal y nacional; en términos estadísticos, los cultivos con mayor frecuencia de uso de plaguicidas restringidos fueron el maíz y las hortalizas, y en términos espaciales en el ejido El Refugio se aplican plaguicidas restringidos como Diazinon, Glifosato, Carbofuran, Clorpirifos Étil, Metamidofos, Metomilo y Monocrotofos, todos Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAP). Ante este escenario se considera necesario generar inventarios según estatus fitosanitario de las plagas y enfermedades, además de diagnósticos sobre el uso de plaguicidas a escala local. Sin ello, se dificultan las acciones dirigidas a resolver, remediar y reducir los problemas económicos, ambientales y de salud provocados por dicha desarticulación. La triada metodológica que consistió en el uso de geotecnologías, el análisis estadístico y el análisis espacial nos permite generar diagnósticos y dar seguimiento al uso y gestión de los plaguicidas, a bajo costo y a escala local. Es importante señalar que la identificación de las zonas con mayor aplicación de plaguicidas restringidos no tiene la motivación de transferirle la responsabilidad al productor. Al contrario, tienen

la intención de dirigir a sitios específicos las acciones de extensionismo fitosanitario.

**Palabras clave.** Plaguicidas, sanidad vegetal, protección fitosanitaria, aplicativos móviles, casas agronómicas.

**Abstract.** The purpose of plant health and protection is to generate actions for the control of agricultural pests and diseases, the use of pesticides and the determination of phytosanitary status for commercialization within the framework of food safety. However, plant protection as a normative and regulatory instrument has remained on the global and national scale, when pest management is mainly local. There is an institutional and territorial disarticulation regarding the regulation of pesticides. At a global level, Integrated Pest Management (IPM) was recognized as the public policy of pest management and control, at the local level, this structure did not arrive and is not applied due to the lack of a phytosanitary extension model. This means that the only means to eradicate agricultural pests is the indiscriminate use of pesticides, some prohibited, in other countries due to the significant effects on human health and the environment. However, Mexico allows its distribution and commercialization. The research was developed in the agricultural valley of Rioverde and Ciudad Fernández, two municipalities in the state of San Luis Potosí, considered an area of great importance in agricultural terms, above all, due to its high productivity of orange cultivation. It has also been characterized by the use of dangerous pesticides, which has affected the health of the population and concern for its most important resource, water. Due to the aforementioned, this work aimed to demonstrate that territorial governance problems constitute the most important challenge to face and solve the pesticide problem in Mexico. The methodological process had a qualitative and quantitative approach based on the extension of innovation through geotechnologies for the identification of areas and plots with greater use of pesticides to combat pests and diseases of crops. The methodological process consisted of two phases: a) the sampling was through the mobile application called “Agroquímicos LAGES” developed by the National Laboratory of Geoprocessing of Phytosanitary Information (LaNGIF), this process was in charge of students of Engineering in Agricultural Innovation Sustainable Institute of the Higher Technological Institute (ITS) and of Agroindustrial Engineering and Agronomic Engineering in Phytotechnics of the Autonomous University of San Luis Potosí (UASLP), generating a database with 22,939 data on producers, crops and pesticides; b) The data analysis consisted, first of all, in making a distinction between permitted and restricted pesticides detected in the area based on the Registry of Canceled Pesticides and Nutrients of the Federal Commission for Protection against Sanitary Risks (COFEPRIS) for later apply the non-parametric statistical hypothesis test Chi square ( $X^2$ ) and thus determine the existence of association between the level of education, type of crop (vegetables, corn and orange) and the taxonomic group with pesticides, likewise an analysis was carried out

Multicriteria to identify and classify, through spatial nodes, the areas with restricted pesticide application and in turn, the characterization of the producers, the cultivation and the land tenure. As a result, it was obtained that the “agronomic houses” control the management of pesticides, which are small private businesses that face lax agricultural, environmental and health policies, and act outside the state and national regulations; In statistical terms, the crops with the highest frequency of restricted pesticide use were corn and vegetables, and in spatial terms, restricted pesticides such as: Diazinon, Glyphosate, Carbofuran, Chlorpyrifos Ethyl, Methamidophos, Metomil and Monocrotophos are applied in the El Refugio ejido. all Highly Hazardous Pesticides (HHP). Given this scenario, it is considered necessary to generate inventories according to the phytosanitary status of pests and diseases, in addition to diagnoses on the use of pesticides at a local scale. Without this, actions aimed at solving, remedying and reducing the economic, environmental and health problems caused by said disarticulation are difficult. The methodological triad that consisted of the use of geotechnologies, statistical analysis and spatial analysis allows us to generate diagnoses and monitor the use and management of pesticides, at low cost and at a local scale. It is important to note that the identification of the areas with the greatest application of restricted pesticides does not have the motivation to transfer responsibility to the producer. On the contrary, they are intended to direct phytosanitary extension actions to specific sites.

**Keywords.** Pesticides, plant health, phytosanitary protection, mobile applications, agronomic houses

## INTRODUCCIÓN

Aproximadamente el 40% de toda la producción mundial de cultivos agrícolas se pierde o se destruye por insectos, enfermedades (hongos, virus, bacterias y nematodos) y malezas; adicionalmente, enfrentamos problemas fitosanitarios poscosecha que destruyen un 20% de nuestros alimentos (FAO, 2001; Pimentel y Burgess, 2014; Zaller, 2020). Las plagas combinadas de artrópodos, enfermedades y malezas contribuyen a la desnutrición y muerte del 66% de la población mundial. Estas pérdidas se producen a pesar de la aplicación anual de casi 3 millones de toneladas de plaguicidas y alrededor de 3 millones de humanos intoxicados en todo el mundo, con un estimado de 220 000 muertes por año y alrededor de 750 000 enfermedades crónicas asociadas a estos tóxicos (Pimentel y Burgess, 2014; Hart y Pimentel, 2002; NIOSH, 2012; Richter, 2002;

EPA, 1992). Para hacer frente a este problema, la FAO declara al 2020 como el año de la Sanidad Vegetal. Este acontecimiento brinda una oportunidad para concientizar a la población mundial sobre cómo la protección de la sanidad vegetal puede ayudar a erradicar el hambre, reducir la pobreza, proteger el medio ambiente, así como impulsar el desarrollo económico: “proteger las plantas, proteger la vida” (FAO, 2019). Para ello, los gobiernos han establecido medidas regulatorias dirigidas a la protección de la salud en sus territorios frente a riesgos contenidos en productos alimenticios y agrícolas. Estas medidas de salud pueden enfocarse a la vida y la salud de los animales (medidas sanitarias) o de la vida y la salud de las plantas (medidas fitosanitarias). En conjunto, se denominan Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF). En el caso de la *Protección Vegetal y la Sanidad Vegetal*, es la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) el único organismo para establecer e implementar Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF), en el marco del Acuerdo sobre las MSF de la Organización Mundial del Comercio (OMC), junto con la Organización Mundial para Sanidad Animal (OIE) y la Comisión del Codex Alimentarius (CCA), responsable de sistemas de inspección y certificación en la exportación de alimentos, residuos de medicamentos veterinarios y de plaguicidas, entre otros (Zadoks, 2002). La CIPF es un acuerdo fitosanitario internacional que tiene como objetivo proteger los recursos vegetales del mundo de la propagación e introducción de plagas. La Convención ha sido depositada en poder al Director General de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) desde su adopción inicial por la Conferencia de la FAO en 1951 (Zadoks, 1991; Koeman y Zadoks, 1999). Estos organismos internacionales (CIPF-FAO) tienen el propósito de contener las pérdidas de cultivos de una manera económicamente justificada, teniendo en cuenta la salud humana y el medio ambiente, así como la sostenibilidad del sistema agrícola. Su funcionamiento depende de la capacidad de cada país para establecer vínculos y compromisos con otros actores (nacionales y locales) para efectos de poder

llevar a cabo de modo conjunto, acciones, proyectos y programas que potencien el desarrollo social, económico y tecnológico del medio o sector en que se apliquen. Las actividades de la FAO en protección fitosanitaria se agrupan en cuatro ejes principales, según Zadoks: cuarentena vegetal (confinamiento oficial de plantas o productos vegetales sometidos a reglamentaciones fitosanitarias para observación e investigación, o para inspección, pruebas y/o tratamientos adicionales (FAO, 2005; Figura 1); manejo de plaguicidas, manejo integrado de plagas y control de plagas migratorias (o transfronterizas: aquellas de gran importancia económica y comercial y para la seguridad alimentaria para un considerable número de países; que se pueden propagar fácilmente a otras naciones y alcanzar proporciones de epidemia; lo que exige la cooperación entre varios países para su control y manejo, incluida su exclusión; Zadoks, 2002; FAO, 2001). La misión de la *protección vegetal* es la de reducir la cantidad y mejorar la calidad de insumos externos, de plaguicidas específicamente, con el fin de promover la sostenibilidad, salvaguardar la producción de alimentos y mejorar tanto los procedimientos de producción como la calidad de los mismos

(Koeman y Zadoks, 1999; Figura 1). Es fundamental dar más énfasis a la protección de las plantas, ya que hay un aumento y propagación de organismos plaga hacia nuevos territorios (nuevas invasiones biológicas para la agricultura), directamente relacionado al uso indebido y excesivo de plaguicidas. Separar la protección vegetal (sanidad vegetal) y las actividades fitosanitarias del uso y aplicación de plaguicidas es un error conceptual, metodológico y normativo tanto internacional como nacional.

Considerar solo el mercado y la aplicación de plaguicidas y no tomar en cuenta el estatus fitosanitario (presencia o ausencia actual de una plaga en un área, FAO, 2018) evidencia un sector científico que desvincula el proceso de producción agroalimentaria y la sanidad vegetal desde la perspectiva de bien público y de gremios especializados en la materia. La protección vegetal como instrumento normativo y de regulación se ha quedado en la escala de mundial y nacional, cuando el manejo de plagas es principalmente local (la finca o la parcela, Russell, 2004; WHO, 1990).

Muchos de los países emergentes no aclaran el plan de vigilancia del manejo y aplicación de plaguicidas conforme a la legislación internacional

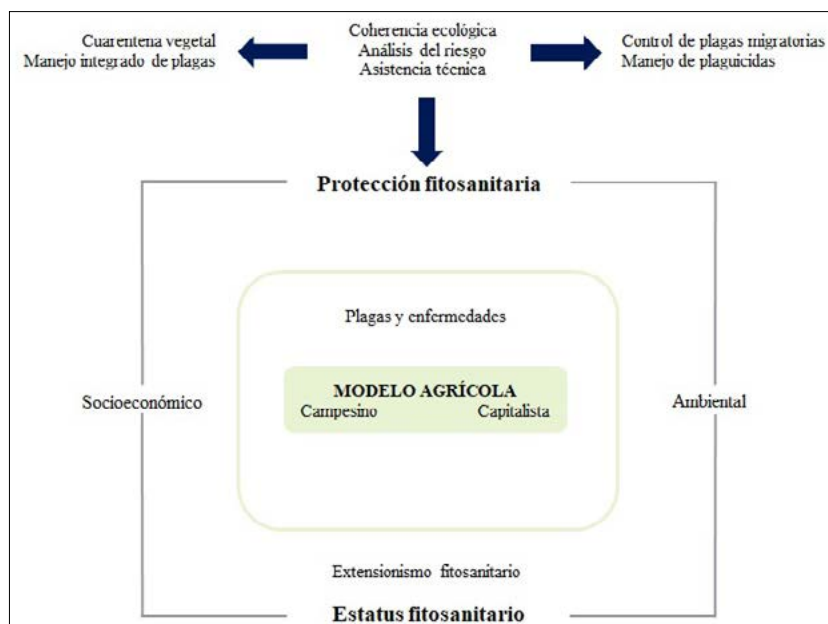


Figura 1. La estructura de la protección vegetal desde la rectoría de la CIPF y la FAO en el marco de la MSF. Fuente: elaboración propia con base en Zadoks (1991, 2002).

(no hay información ni estadísticas oficiales de monitoreo y vigilancia agrotóxica), lo que ha dado como resultado una relación incomoda entre la protección vegetal y el control químico.

Aunque el Manejo Integrado de Plagas (MIP) es la decisión política aceptada en todo el mundo para el manejo de plagas y sus tipos de control (químico, biológico y cultural), en realidad, esto a menudo se convierte en “gestión integrada de plaguicidas”. La estrategia del MIP y su implementación siempre han tenido problemas con la interpretación y el verdadero progreso con el modelo agroecológico, lo que lo ha convertido en un modelo sesgado e incompleto (Wang et al., 2006; Wang y Lu, 1999). Las experiencias que promueven diferentes opciones en MIP como “paradigma dominante” se basan en la capacitación a los agricultores en el uso correcto de plaguicidas y apuntar a plaguicidas específicos para minimizar la selección a la resistencia de las plagas (Kogan, 1998; Kogan y Bajwa, 1999). Sin embargo, la segunda etapa de este proceso nunca se enseña o al menos no hay evidencia científica al respecto (Cooper y Dobson 2007; Popp et al., 2013). Otra perspectiva es la de incorporar tácticas de manejo agroecológico de plagas y enfermedades, por medio de paquetes nutricionales para la planta, para que los pesticidas sean esencialmente un último recurso (Ramanjaneyulu et al., 2004; Ramanjaneyulu y Hussain, 2007). En los últimos años se están utilizando cultivos transgénicos para reducir el uso de insecticidas. Sin embargo, ha quedado demostrado que los cultivos transgénicos han aumentado el uso de pesticidas (Perlak et al., 2001; Bannett et al., 2004).

Todo lo anterior es evidencia de una laxa política de utilización de plaguicidas, debido a que, en la actualidad, se encuentran disponibles en el mercado alrededor de 70 000 productos químicos diferentes y cada año se introducen 1500. Este hecho le plantea un reto significativo a muchos gobiernos para controlar y manejar estas sustancias potencialmente peligrosas, ya que numerosos plaguicidas que han sido prohibidos o severamente restringidos en los países desarrollados siguen comercializándose en los países en desarrollo (Huang et al., 2002; Bejarano, 2017).

## El caso mexicano

Las instancias que mayor injerencia tienen sobre la regulación de los plaguicidas son la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), a través del Servicio de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Con el objetivo de proteger y conservar el estatus fitosanitario para fortalecer el comercio internacional y nacional de productos agroalimentarios, previo a cualquier proceso de control químico o biológico, es decir, la acción fitosanitaria (operación oficial, tal como inspección, prueba, vigilancia o tratamiento, llevada a cabo para aplicar medidas fitosanitarias, FAO, 2018), se debe construir un listado de problemas fitosanitarios locales y consultar el inventario nacional de plagas reglamentadas (LaNGIF et al., 2009) a través de los Comités de Sanidad Vegetal, que pertenecen a Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal del SENASICA-SADER. Responsables del reconocimiento de plagas, enemigos naturales, daños y síntomas, así como la adquisición de plaguicidas, los equipos para su aplicación, umbrales de daño, monitoreo del ciclo biológico y acciones de control (SADER y SENASICA, 2019). Determinar el estatus o condición de una plaga o enfermedad endémica, presente o cuarentenaria, es fundamental para determinar el proceso de control que debe aplicarse en el problema fitosanitario (biológico, cultural, genético, químico y legal). Esto de conformidad con la Ley de Sanidad Vegetal de México y la CIPF (SEGOB y DOF, 2016; SEGOB y DOF, 1969/1997). Sin embargo, los productores agrícolas no dan ese seguimiento (sobre todo el pequeño productor, LaNGIF et al., 2019). Ellos se rigen por pequeños establecimientos y negocios que venden productos químicos, mismos de los que reciben la receta y formas de aplicación sin ningún tipo de capacitación o extensión. Son las llamadas “casas agronómicas”, que no son más que tiendas particulares de plaguicidas en todas las áreas agrícolas de México (y del mundo) faltos de regulación de la MSF y de cualquier tipo de instancia (incluida la vigilancia en salud pública). Entre 2007 a la fecha, el mercado nacional de agrotóxicos consumió más de 1.5 millones de toneladas (Figura 2) de los cuales el 29% son in-

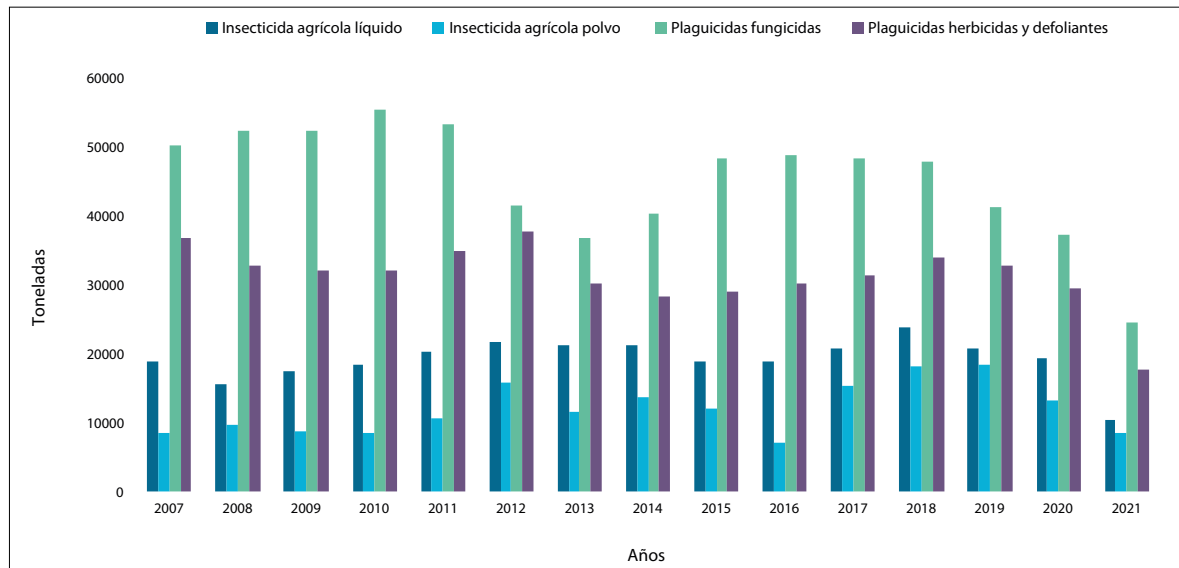


Figura 2. Producción de insecticidas y plaguicidas de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (toneladas) 2007-2021. Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2021).

secticidas (tóxicos líquidos y en polvo), el 42%, son fungicidas (hongos), 29%, herbicidas y defoliantes (malezas).

Una de las problemáticas en nuestro país sobre la utilización y cuantificación de plaguicidas es que se carece de una eficiente regulación y monitoreo al no existir información detallada sobre su uso (Moo et al., 2020; García *et al.*, 2018). México reconoce desde el 2010, a través de su Inventario Nacional

de Plagas Reglamentadas (INPR) publicado de conformidad con la normativa de la Convención de Protección de las Plantas (CPP) (LaNGIF et al., 2009), que debe proteger y vigilar al territorio de las plagas y enfermedades agrícolas que no están presentes. Hasta el año 2020, existía el riesgo de que 1110 plagas entraran al país (Cuadro 1).

Al comparar la producción de plaguicidas según su uso y el número de plagas presentes, cuarente-

Cuadro 1. Grupo epidemiológico al que pertenecen las plagas reglamentadas consideradas dentro del Inventario Nacional de Plagas Reglamentadas, 2020.

	Plagas cuarentenarias no presentes	Plagas cuarentenarias presentes	Plagas de importancia económica	Plagas no cuarentenarias reglamentadas	Total
Ácaros	21	7	1		29
Algas	1				1
Bacterias	93	22	1	4	120
Cromistas	20	5		2	27
Hongos	328	39	4	9	380
Insectos	349	57	23	2	431
Malezas	121	16			137
Mamíferos			3		3

Cuadro 1. Continúa.

	Plagas cuarentenarias no presentes	Plagas cuarentenarias presentes	Plagas de importancia económica	Plagas no cuarentenarias reglamentadas	Total
Moluscos	3				3
Nematodos	31	15			46
Protozoos	2			2	4
Sin grupo	5	1			6
Virus y Viroides	136	31	1	5	173
Total	1110	193	33	24	1360

Fuente: elaboración propia con base en Aldama (2011); EPPO (2018); CABI (2019); Catalogue of Life (2021).

narias y de importancia económica (que implican un riesgo para la comercialización) según su grupo taxonómico, es evidente que existe una asociación. Los plaguicidas que más se producen en México son los insecticidas, fungicidas y herbicidas (Figura 2). A través de la lista del INPR, los grupos taxonómicos que mayor número de plagas concentra son insectos y hongos (Cuadro 1). En este sentido, es probable que conforme aumente el número de plagas y enfermedades a combatir también lo haga el número o uso de agroquímicos.

Actualmente, se encuentran autorizados más de 180 ingredientes activos de plaguicidas catalogados como Plaguicidas Altamente Peligrosos, de los cuales 140 son prohibidos o no autorizados en otros países y 65 son altamente peligrosos (Bejarano, 2017). Las nuevas tecnologías, como las aplicaciones para teléfonos inteligentes y los laboratorios acreditados, permiten identificar rápidamente las plagas y enfermedades y recomendar formas de combatirlas (Miller et al., 2009). Sin embargo, las empresas de productos agroquímicos pueden utilizar las aplicaciones para promover la venta de sus productos, sin alertar a los agricultores sobre otras formas de controlar las plagas. Esta situación, permite decir que es importante reforzar los conocimientos de los productores y permitirles obtener información y tecnologías precisas para resolver los problemas fitosanitarios. En el mercado existen varios bioplaguicidas que son menos perjudiciales para el medio ambiente, pero también deben uti-

lizarse con sensatez. Los enfoques participativos, como las escuelas de campo para agricultores, han tenido éxito en la promoción de la gestión integrada de plagas en todo el mundo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el valle agrícola de Ciudad Fernández y Rioverde, dos municipios del estado de San Luis Potosí (Figura 3). La relevancia de esta zona, en términos agrícolas, se debe a que se ubica dentro de la subcuenca hidrológica Río Verde-Santa Isabel, que cuenta con una extensión de 1293.51 km<sup>2</sup>, y donde se localizan importantes nacimientos de agua que generan aportaciones al río Verde. También se caracteriza por poseer suelos fértiles y aptos para los cultivos, como los Phaeozem y Chernozem. Estas condiciones han contribuido a su alta productividad, sobre todo, del cultivo de naranja. Lo que ha posicionado a la entidad como uno de los principales productores de ese sistema producto.

Por la importancia económica que representa la producción de naranja, en el año 2008 se inauguró el Centro de Empaque de Moscas Estériles, lo que ayudaría a optimizar las acciones en torno a la técnica del insecto estéril, una de las medidas más importantes de la sanidad vegetal en la región, que coadyuba a la erradicación de la mosca de la fruta, el principal problema fitosanitario de la



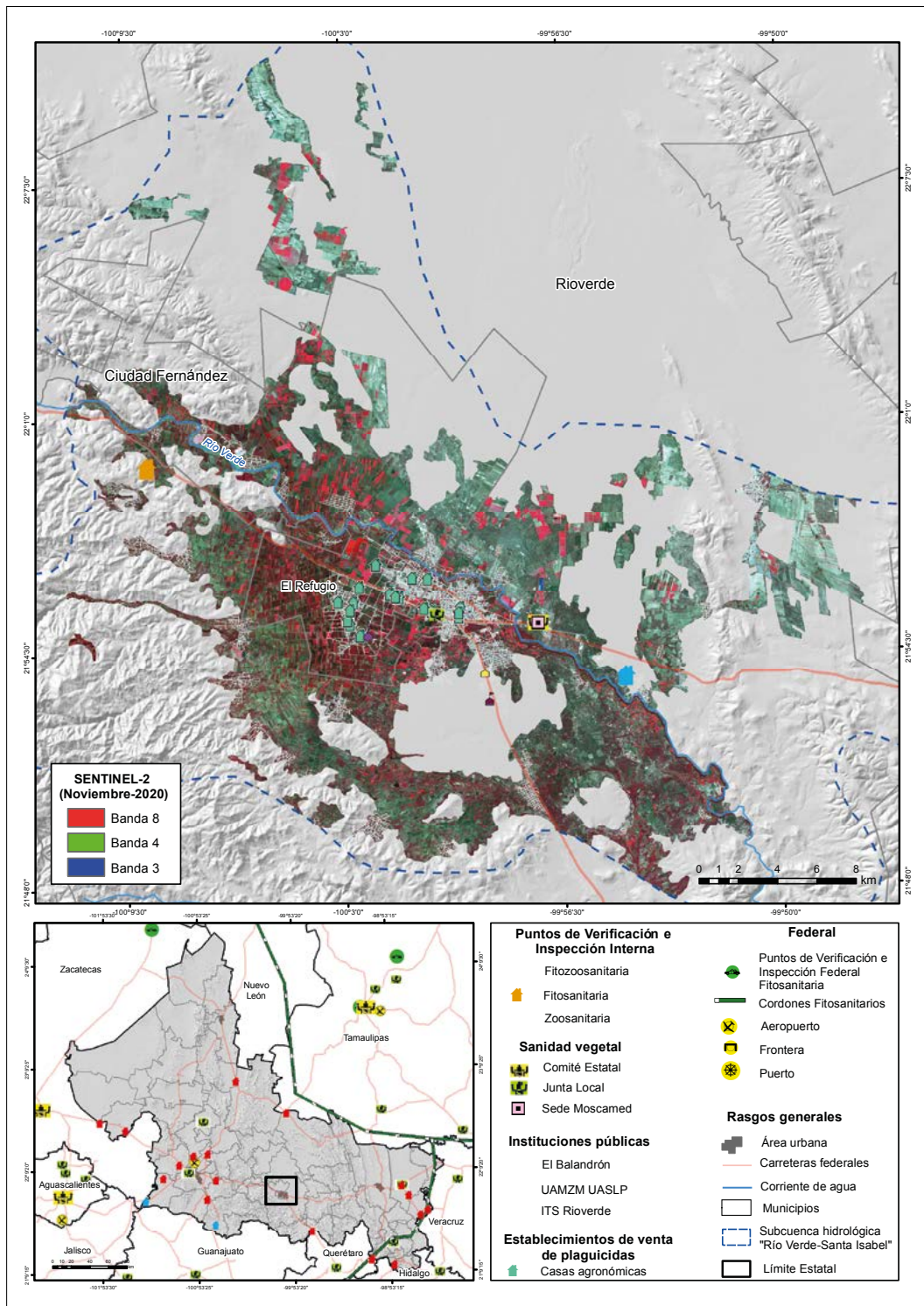


Figura 3. Localización del valle agrícola de Rioverde y Ciudad Fernández. Infraestructura Fitozoosanitaria. Fuente: elaboración propia con base en Galindo y Contreras (2015); SENASICA (2021).



fruta en México (Gutiérrez et al., 2013). Tan solo en 2018 esta técnica representó una inversión de casi 18 millones de pesos para esta región citrícola (SENASICA, 2018).

Con base en lo anterior, los plaguicidas siguen siendo la principal medida para erradicar las plagas y enfermedades de todos los cultivos. Por ello se han desarrollado investigaciones en torno a los impactos de los agroquímicos en la salud humana de la población, lo que ha evidenciado la persistencia de los plaguicidas en el cuerpo humano provocando afectaciones en generaciones posteriores (Alvarado et al., 2013; Rodríguez et al., 2020).

Para generar un diagnóstico sobre el uso de plaguicidas en esta zona agrícola se realizó un proceso metodológico con enfoque cualitativo y cuantitativo basado en el extensionismo de innovación a través de geotecnologías para la identificación de zonas y parcelas con mayor uso de plaguicidas para combatir las plagas y enfermedades de los cultivos. El proceso metodológico consistió en dos fases:

### Muestreo

De acuerdo al contexto digital que se desarrolla a nivel mundial, al creciente uso de teléfonos inteligentes en México posibilita obtener datos de primera mano en tiempo real, lo que permite la generación de información confiable, accesible y hasta resolutive en problemáticas agrícolas (Daum et al., 2018; Carmona et al., 2018). El Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria (LaNGIF) desarrolló una aplicación móvil llamada “Agroquímicos LAGES” para teléfonos inteligentes, basada en el sistema operativo Android, y que tiene por objetivo el monitoreo y análisis de los datos generados en campo. Cuenta con 44 reactivos distribuidos en 6 apartados: datos generales del instrumento, datos generales del productor, la parcela, los agroquímicos, medidas de seguridad y protección y efectos nocivos de los plaguicidas (Figura 4).

Con la intención de que el uso del aplicativo móvil no se redujera a la simple obtención de datos sin un proceso de retroalimentación por parte del entrevistador y el entrevistado, se consideró necesario aplicar los postulados del extensionismo fitosanitario basado en las “redes de innovación” y

así evitar los errores del extensionismo tradicional, que se caracterizaba por ser un modelo lineal de transferencia tecnológica que incentivaba la producción agrícola, el uso de agroquímicos y la poca participación y retroalimentación por parte de los productores (Muñoz y Santoyo, 2010; Rendón et al., 2015). Por otra parte, el extensionismo basado en las “redes de innovación” pretende generar una constante interacción entre todos los actores de las cadenas productivas, en específico, con los productores agrícolas quienes, a través de su conocimiento empírico o técnico y su vinculación con entidades académicas, gubernamentales o privadas, fomenten su bienestar individual y colectivo (Roland et al., 2019).

En este sentido, se decidió que quienes realizaran el levantamiento de información fueran actores afines a la problemática agrícola. Por ello se contactaron a estudiantes de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable del Instituto Tecnológico Superior (ITS) y de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Agronómica en Fitotecnia de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), de las sedes del municipio de Rioverde. A ellos se les consideró como etnoinvestigadores debido a que, además de su función de aplicar el cuestionario, también debían clasificar y analizar la información obtenida. Los cuatro etnoinvestigadores, además de contar con los conocimientos técnicos, también cumplían con el conocimiento empírico en torno a la agricultura, ya que eran hijos de productores de naranja, maíz y hortalizas. Recibieron diversas capacitaciones por parte del LaNGIF en torno al uso de aplicativo, al llenado de información com-

Figura 4. Aplicación Agroquímicos LAGES. Fuente: LaNGIF et al. (2019.)

plementaria en una bitácora y de la obtención de resultados (Cuadro 2).

El levantamiento de información se desarrolló en la zona agrícola de manera aleatoria en dos periodos distintos. El primero se realizó del 4 de noviembre al 15 de diciembre del 2019 y se aplicaron 151 encuestas a productores a través de aplicativo móvil y bitácora impresa. Con ello, se obtuvieron 5930 datos. Debido a que esta etapa de muestreo se concentró en una limitada porción agrícola conocida por los etnoinvestigadores del ITS, se consideró necesario realizar una segunda fase para cumplir con el postulado de que cada elemento de la población tenga la misma probabilidad de ser elegido y que la elección sea independiente a cualquier selección previa (Porrás, 2017). Además, se integraron otras variables, como nombre comercial e ingredientes activos del plaguicida aplicado, la dosis y el total de aplicaciones con la finalidad de obtener una base de datos más detallada. El muestreo de la segunda etapa se realizó durante el periodo del 15 de octubre al 15 de noviembre del 2020, a cargo de dos etnoinvestigadores de la UASLP. Aplicaron 170 encuestas por parcela que generaron 17 009 datos. Por lo tanto, las dos eta-

pas en conjunto, generaron una base con 22 939 datos sobre los productores, cultivos y plaguicidas de Rioverde y Ciudad Fernández.

### Análisis de los datos

Para asociar los plaguicidas utilizados en la zona de estudio con el contexto institucional de México, se consideró el Registro de Plaguicidas y Nutrientes Cancelados de la Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Con ello fue posible identificar los ingredientes activos que tienen registros sanitarios cancelados, debido a que algunos de estos también tienen registros vigentes o indefinidos (sin fecha de cancelación), y se le asignó la categoría de restringido; a los ingredientes activos que no tienen algún registro cancelado se consideró como permitido.

Con base en los datos generados en campo durante la segunda etapa y la categorización de los plaguicidas con datos de la COFEPRIS, a través del software libre R Studio, se realizó la prueba de hipótesis estadística no paramétrica Chi cuadrada ( $X^2$ ) para determinar la existencia de asociación entre las variables nominales, a través del análisis de

Cuadro 2. Perfil de los etnoinvestigadores.

Etnoinvestigador	Perfil					Seguimiento				
	Edad	Carrera	Universidad	Profesión	Relación empírica con la agricultura	Procedencia	Capacitaciones presenciales	Asesoría web	Asesoría telefónica	Correo
1	22	Ing. en Innovación Agrícola Sustentable	ITS	Estudiante	Hijo de productor	Cd. Fernández	2			
2	22	Ing. en Innovación Agrícola Sustentable	ITS	Estudiante	Hijo de productor	Cd. Fernández	2			
3	20	Ing. Agroindustrial	UASLP	Estudiante	Productor	Cd. Fernández	2	5	2	16
4	20	Ing. Agronómica en fitotecnia	UASLP	Estudiante	Productor	Cd. Fernández	2	5	2	16
Total de registros										320
Total de datos										22 939

Fuente: elaboración propia.

diferencias en proporciones de grupos (Wambede et al., 2019). En este caso se consideró el nivel de escolaridad, las plagas presentes y el tipo de cultivo con los plaguicidas permitidos y restringidos. También se utilizó la estadística descriptiva para la visualización de características más específicas del análisis anterior. Además, se realizó un análisis multicriterio para identificar y clasificar, a través de nodos espaciales, las áreas con aplicación de plaguicidas restringidos y a su vez, la caracterización de los productores, el cultivo y la tenencia de la tierra (Olvera y Galindo, 2014).

## RESULTADOS

Si bien, la categoría de plaguicidas restringidos se definió a partir de la existencia de registros comerciales cancelados por la COFEPRIS, estos ingredientes se han identificado como Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAP) por la Red de Acción Internacional sobre Plaguicidas (PAN, por sus siglas en inglés), por distintos países e instituciones públicas nacionales. Además, en el valle agrícola se identificaron plaguicidas que no cuentan con ningún registro cancelado por parte de la COFEPRIS, por lo tanto, están clasificados como permitidos, sin embargo, ya han sido catalogados igualmente como PAP. Entre ellos se encuentran: Naled, Clorantpriliprol, Abamectina, Thiametoxam, Malatión, Dimetoato, Bifentrina y Spinetoram (PAN, 2016; Bejarano, 2017; CNDH, 2018; Zaller, 2020).

Para establecer la relación entre los plaguicidas permitidos y restringidos se aplicó la prueba de hipótesis Chi-cuadrada con tres variables distintas

(Cuadro 3). La hipótesis inicial consideraba que el nivel de escolaridad influía en el uso de plaguicidas restringidos, sin embargo, a través del análisis se comprobó que, en este caso, no existe asociación entre el uso de plaguicidas permitidos o restringidos con el nivel de estudios. Se obtuvo un nivel de significancia de 0.745, por ello se acepta la hipótesis nula que indica la independencia de las variables (Cuadro 3).

La segunda prueba estadística Chi cuadrada de Pearson se aplicó por grupo taxonómico, debido a que fue el nivel más detallado que los productores conocen de la plaga. Esta prueba reveló que existe relación significativa entre las variables, debido a que el p-value fue de 0.0000 (Cuadro 3), menor al mínimo requerido (0.05). Por lo tanto, el grupo taxonómico está asociado significativamente con el uso de plaguicidas permitidos y restringidos. Las malezas presentaron mayor frecuencia con el uso de plaguicidas restringidos, lo que se debe a que son controladas principalmente con Glifosato y Paraquat, ambos clasificados como PAP (PAN, 2016; Bejarano, 2017; CNDH, 2018; Zaller, 2020).

Si bien los plaguicidas son la principal medida para erradicar las plagas, es indispensable que exista el conocimiento de las especies que dañan los cultivos para el uso específico, responsable y controlado del plaguicida. Sin embargo, los productores entrevistados solo reconocieron 23 especies de plagas y enfermedades que se encuentran en sus cultivos, un número bastante reducido, considerando que a nivel estatal se encuentran presentes 172 plagas solo en los cultivos de naranja, maíz, tomate, tomatillo, chile y calabaza (Figura 5).

La tercera prueba Chi cuadrada, entre la relación de los plaguicidas con el tipo de cultivo,

Cuadro 3. Chi cuadrada de la asociación con los plaguicidas (permitidos y restringidos).

Variables asociadas con los plaguicidas permitidos y restringidos	X-cuadrada	Grados de libertad	P- valor
Nivel de escolaridad	2.7069	5	0.745100000
Grupo taxonómico	27.184	2	0.000000125
Tipo de cultivo	106.27	4	0.000000000

Fuente: elaboración propia.

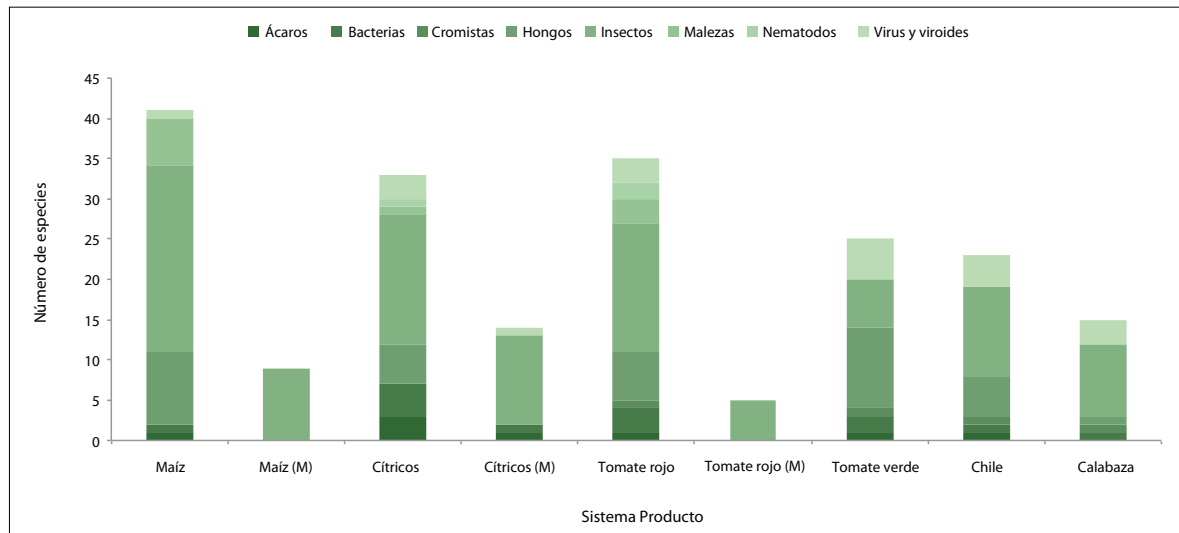


Figura 5. Plagas presentes en el Estado de San Luis Potosí por sistema producto y las reconocidas en el muestreo. Los datos correspondientes al muestreo se identifican con (M). Fuente: elaboración propia con base en Aldama (2011); EPPO (2018); CABI (2019); Catalogue of Life (2021).

demostró que existe una relación significativa entre las variables, proporcionó un p-valor de 0.0000, (Cuadro 3), por lo tanto, el tipo de cultivo influye en el uso de plaguicidas. Los cultivos que mayor frecuencia de uso de plaguicidas restringidos fueron el maíz y las hortalizas con un 48 y 38%, respectivamente. A diferencia de la hipótesis inicial de este trabajo, que consideraba que el sistema producto naranja hacia mayor uso de plaguicidas peligrosos (Figura 6), este cultivo utiliza con mayor frecuencia los plaguicidas permitidos, sin embargo, utiliza mayor variedad y dosis que el maíz y las hortalizas (Figura 7).

Con base en un análisis multicriterio aplicado para naranja, maíz y hortalizas, fue posible homogeneizar, a través de nodos espaciales, el uso de plaguicidas restringidos. Cada nodo representa la

cantidad de ingredientes activos restringidos diferentes que se aplican en un área de 500 m<sup>2</sup> según los datos del muestreo; además, brinda información referente al tipo de productor y tenencia de la tierra (Figura 8). Aunque, en términos estadísticos el sistema producto naranja (A) presentó el menor porcentaje de uso de plaguicidas restringidos, en términos espaciales se demostró lo contrario. Se identificó que la zona sureste del ejido El Refugio concentra la mayor variedad de agroquímicos restringidos aplicados. En el nodo 6 (rojo), con solo tres parcelas muestreadas, se aplican siete plaguicidas restringidos distintos: Diazinon, Oxicloruro de Cobre, Glifosato, Carbofuran, Metamidofos, Metomilo y Monocrotofos, todos considerados como PAP. Cabe mencionar que las parcelas muestreadas eran menores a 5 hectáreas en propiedad ejidal. Los

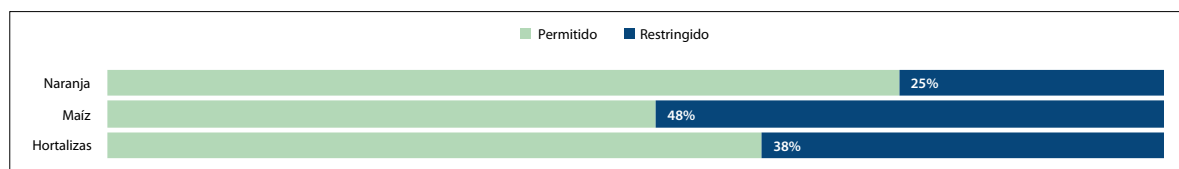


Figura 6. Porcentaje de tipo de plaguicidas por cultivo. Se reconoce como plaguicida restringido aquel que cuente con uno o más registros sanitarios cancelados por la COFEPRIS al año 2020. Fuente: elaboración propia.

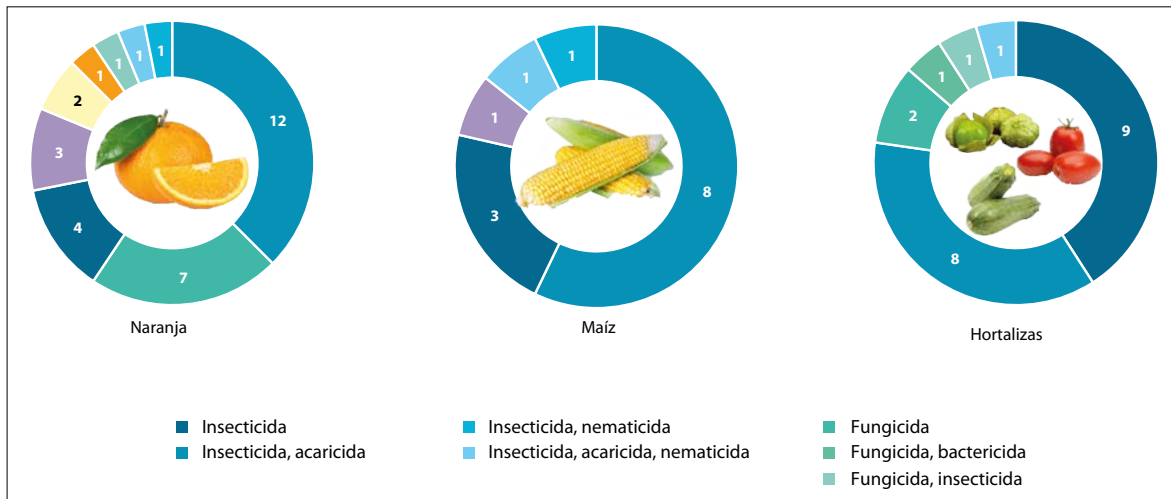


Figura 7. Plaguicidas por cultivo. Fuente: elaboración propia.

nodos 5 (naranja) y 4 (amarillo) representan cinco y cuatro plaguicidas restringidos, respectivamente; se detectaron los mismos ingredientes activos que en el nodo 6, a excepción del Carbofuran.

El maíz (B) y las hortalizas (C), en términos espaciales, no presentaron una concentración de zonas con aplicación de plaguicidas restringidos como sucedió con el sistema producto naranja. Aun con ello, se identificó una importante dispersión del uso de plaguicidas restringidos por la zona agrícola. En el nodo 4 (amarillo) del cultivo de maíz se encuentra en la colonia 20 de Noviembre, los cuatro productores entrevistados cuentan con menos de 10 hectáreas y hacen uso de insecticidas como Metamidofos, Metomilo, Clorpirifos Etil y Carbofuran. Además de estos plaguicidas, los nodos 1, 2 y 3 de maíz también presentan Tiofosfato y Paraquat. Por su parte, las hortalizas concentraron los plaguicidas hasta el nodo 3 (verde) que representa hasta tres plaguicidas restringidos distintos cada uno. Entre los tres nodos verdes se identificó: Deltametrina, Imidacloprid, Metamidofos, Carbofuran, Metomilo y Bifentrina y, en su mayoría, son productores con menos de 5 hectáreas. Cabe mencionar que en el nodo verde, que se encuentra hacia el sur, un solo productor aplica tres plaguicidas restringidos.

Las casas agronómicas juegan un papel fundamental en la región. Existen por lo menos 24

de estos establecimientos ubicados en la vía que atraviesa la zona agrícola y la más transitada de la región (INEGI, 2019). Sin embargo, el crecimiento de estas casas agronómicas se dirige al ejido El Refugio, el mismo que ha concentrado el mayor uso de plaguicidas restringidos. Otro problema detectado durante el trabajo de campo en torno a estos establecimientos es que recomiendan a los productores recetas con diversos plaguicidas (permitidos y restringidos) sin un diagnóstico previo del problema fitosanitario y, en algunos casos, no existían plagas a combatir y se recomendó el uso de plaguicidas con etiqueta roja (con alta toxicidad). Además, las casas agronómicas permiten el pago diferido o a crédito de los agroquímicos.

## DISCUSIÓN

Ante el constante riesgo de la pérdida de la producción agrícola por plagas y enfermedades, se intensifica el uso de agroquímicos para prevenir o erradicar problemas fitosanitarios (FAO, 2001, Pimentel y Burguess, 2014). Esta es una respuesta a escala mundial y local. Sin embargo, el uso de plaguicidas no solo combate las plagas agrícolas, también ha provocado importantes daños a la salud y el ambiente (Hart y Pimentel, 2002; Zaller, 2020).



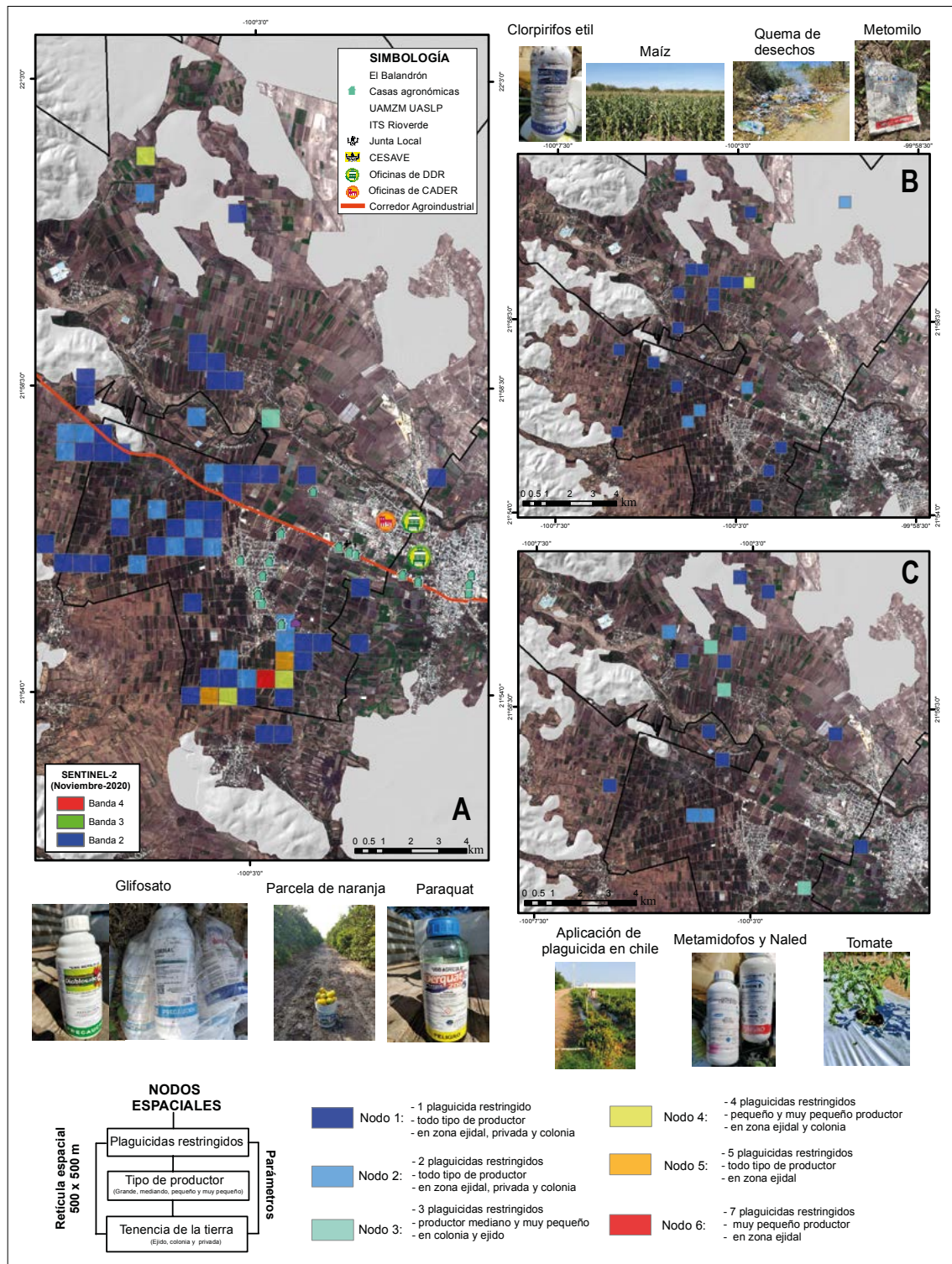


Figura 8. Nodos espaciales de aplicación de plaguicidas en naranja (A), maíz (B) y hortalizas (C). Fuente: elaboración propia con base en RAN (2020); SENASICA (2021).



Esto es un asunto complejo. Tan solo considerando las malezas, que fue el grupo taxonómico con mayor uso de plaguicidas restringidos según el registro del muestreo, esta plaga representa uno de los riesgos más importantes para los cultivos, ya que interfieren en su crecimiento y desarrollo, en algunos casos, a través de compuestos alelopáticos, puede provocar su muerte; además, se desempeñan como hospederos de otros organismos peligrosos (Pakdaman y Mohammadi, 2018). Todo esto puede provocar que el rendimiento de la producción disminuya hasta en un 80% (Oerke, 2002). Debido a que, desde hace más de 65 años, el principal medio para erradicar las malezas han sido el Glifosato y otros herbicidas, se ha elevado el número de especies que han generado resistencia ante los agroquímicos (Heap, 2014).

El Glifosato y el Paraquat, son los plaguicidas más utilizados en la región para el combate de las malezas. Ambos han sido considerados como Plaguicidas Altamente Peligrosos. El Glifosato por la PAN debido a que ha sido considerado como posible cancerígeno (Arellano y Montero, 2017; Zaller, 2020). Por su parte, el Paraquat ha sido prohibido por 38 países, entre ellos Reino Unido, China e India, sin embargo, permiten su producción y exportación otros países (Bejarano, 2017). México, por su parte, cuenta con más de 100 registros autorizados de los herbicidas. Aunque para el Glifosato ya se estableció como fecha límite el 31 de enero de 2024 para su uso, distribución, promoción e importación, el proceso de transición de los agroquímicos a las alternativas sustentables será complejo, deberá desarrollarse desde el extensionismo de las redes de innovación para la integración de todos los actores de las cadenas productivas y no cargar de absoluta responsabilidad al productor.

Cabe mencionar que, durante el trabajo de campo, los etnoinvestigadores detectaron que buena parte de los productores omitía el uso de Glifosato, a pesar de que los envases de este agroquímico se encontraban en la parcela. Es posible que la situación polémica en torno al plaguicida haya expuesto la información de las problemáticas de ambiente y salud que este agroquímico provoca y posiblemente esto haya motivado a que el productor omitiera la información de su uso.

La desarticulación entre el proceso de producción agroalimentario y la sanidad vegetal internacional y nacional se evidencia hasta la zona agrícola de Rioverde y Ciudad Fernández. Ahí existe un desconocimiento, por parte de los productores, de las especies y el estatus fitosanitario de las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos agrícolas. Esto ha provocado que el manejo de plagas lo definan las casas agronómicas, bajo una dinámica de mercado transmitida a través de recomendaciones sin protocolos de diagnóstico. Por lo tanto, las casas agronómicas definen la articulación territorial de los plaguicidas.

Frente a la lógica de mercado de las casas agronómicas y las productoras de agroquímicos, y la desarticulación entre instituciones con injerencia sobre la regulación de plaguicidas como SADER y SENASICA, los problemas ambientales y de salud se intensifican. Ya existe evidencia de las afectaciones que ha provocado la aplicación de plaguicidas en la salud de los habitantes de la zona agrícola (Alvarado et al., 2013; Rodríguez et al., 2020). Sin embargo, estas investigaciones se han desarrollado en mujeres (adultas y adolescentes) y niños. Por lo tanto, aún no existe un diagnóstico en torno a la población masculina de contacto directo como los productores y jornaleros.

## CONCLUSIONES

Ante el escenario de desarticulación entre las instituciones con injerencia en las actividades fitosanitarias y las dinámicas de mercado expuestas por la producción y comercialización de los plaguicidas, es necesario generar inventarios según estatus fitosanitario de las plagas y enfermedades, además de diagnósticos sobre el uso de plaguicidas a escala local. Sin ello, se dificultan las acciones dirigidas a resolver, remediar y reducir los problemas económicos, ambientales y de salud provocados por dicha desarticulación.

La triada metodológica que consistió en el uso de geotecnologías, como el aplicativo móvil para la generación de un muestreo más eficiente, rápido y confiable; el análisis estadístico para dirigir los esfuerzos de la investigación a variables que tengan

asociación o representatividad, y el análisis espacial que permite identificar las zonas con mayor uso de plaguicidas restringidos, el perfil del productor y la tenencia de la tierra, además de evidenciar otros procesos espaciales que otras técnicas no permiten, como la expansión de las casas agronómicas hacia la zona con mayores problemáticas en torno al uso de plaguicidas que estos mismos establecimientos han generado. Esta propuesta metodológica permite generar diagnósticos y dar seguimiento al uso y gestión de los plaguicidas, a bajo costo y a escala local.

Es importante señalar que la identificación de las zonas con mayor aplicación de plaguicidas restringidos no tienen la motivación de transferirle la responsabilidad al productor. Al contrario, tienen la intención de dirigir a sitios específicos las acciones de extensionismo fitosanitario para la identificación de plagas, el uso adecuado de plaguicidas para combatirlas y la transición hacia la agricultura sustentable, así como estudios especializados de contaminación y salud.

La colaboración con estudiantes de carreras con enfoques agrícolas y relacionados empíricamente con la actividad permitió que se incentivara su conocimiento del entorno y las problemáticas que enfrentan, la aplicación de sus conocimientos técnicos en la realidad agrícola, apoyos económicos a través de becas académicas y además, facilitó el acceso a los informantes.

## AGRADECIMIENTOS

Extendemos nuestro agradecimiento a los etnoinvestigadores por su tiempo y esfuerzo en el levantamiento de la información, y cada uno de los productores de los municipios de Rioverde y Ciudad Fernández por su invaluable participación y contribución de datos referente al uso de agroquímicos aplicados en sus cultivos. Esta investigación fue financiada por el Fondo de Apoyo a la investigación de la UASLP 2019-2020.

## REFERENCIAS

- Aldama, C. (2011). Plagas reglamentadas en México. En G. Galindo, C. Contreras y C. Aldama (Coords.), *La Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria en México. Un acercamiento metodológico* (79-98). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Alvarado, D., Montero, R., Serrano, L., Arellano, O., Jasso, Y. y Yáñez, L. (2013). Assessment of exposure to organochlorine pesticides and levels of DNA damage in mother-infant pairs or fan agrarian community. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 54(2). 99-111. <https://doi.org/10.1002/em.21753>
- Arellano, O. y Montero, R. (2017). Glifosato y los cultivos transgénicos en México. En F. Bejarano (Coord. y Ed.), *Los plaguicidas altamente peligrosos en México* (pp. 153-166). Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México A.C. (RAPAM).
- Bannett, R., Ismael, Y., Kambhampati, U. y Morse, S. (2004). Economic impact of genetically modified cotton in India. *The Journal of Agrobiotechnology Management and Economics*, 7(3). 96-100.
- Bejarano, F. (2017). *Los plaguicidas altamente peligrosos*. Red de Acción sobre los Plaguicidas y Alternativas en México A.C. (RAPAM).
- CABI. (2019). *Invasive Species Compendium*. CAB International. <https://www.cabi.org/isc>
- Carmona, M., Sautua, F., Pérez, O. y Mandolesi, J. (2018). AgroDecisor EFC: Físt Android™ app decision support tool for timing fungicide application for management of late-season soybean diseases. *Computers and Electronics in Agriculture*, 144, 310-313. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.11.028>
- Catalogue of Life. (2021). *Search the catalogue of life check list*. [www.catalogueoflife.org/col](http://www.catalogueoflife.org/col).
- CNDH. (2018). *Recomendación No. 82/2018*. Comisión Nacional de los Derechos Humanos. <https://www.cndh.org.mx/documento/recomendacion-822018#:~:text=Sobre%20la%20violaci%C3%B3n%20a%20los,de%20la%20poblaci%C3%B3n%20en%20general>.
- COFEPRIS. (2020). Registro de plaguicidas y nutrientes cancelados. Comisión Federal de Protección contra Riesgos Sanitarios. <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida-Cancel.asp>
- Cooper, J. y Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and environment. *Crop Protection*, 26(9). 1337-1348. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.03.022>
- Daum, T., Buchwald, H., Gerlicher, A. y Birner, R. (2018). Smartphone apps as a new method to collect data on smallholder farming systems in the digital age: A case study from Zambia. *Computers and*

- Electronics in Agriculture*, 153, 144-150 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.017>
- EPA. (1992). *Hired farmworkers: Health and well-being at risk*. U.S. Government Accountability Office. <http://www.gao.gov/assets/160/151490.pdf>
- EPPO. (2018). *EPPO Global Database*. European and Mediterranean Plant Protection Organization. <https://gd.eppo.int/>
- FAO. (2001). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. <http://www.fao.org/3/x9800s/x9800s14.htm#TopOfPage>
- FAO. (2005). Normas Internacionales para Medidas Internacionales para Medidas Fitosanitarias. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. <http://www.fao.org/3/a0450s/a0450s00.htm>
- FAO. (2018). NIMF 5 Glosario de términos fitosanitarios, Normas Internacionales para Medidas Internacionales para Medidas Fitosanitarias. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. [https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2018/07/ISPM\\_05\\_2018\\_Es\\_2018-07-10\\_PostCPM13.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2018/07/ISPM_05_2018_Es_2018-07-10_PostCPM13.pdf)
- FAO. (2019). *La FAO presenta 2020 como Año Internacional de la Sanidad Vegetal*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. <http://www.fao.org/news/story/es/item/1253562/code/>
- Galindo, G. y Contreras, C. (2015). *Atlas Nacional Fitosanitario*. UASLP-SENASICA-SAGARPA.
- García, J., Leyva, J., Martínez, I., Hernández, O., Aldana, M., Rojas, A., Betancourt, M., Pérez, N. y Perera, J. (2018). Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34, 29-60. DOI: <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.03>
- Gutiérrez, J., Santiago, G., Villaseñor, A., Enkerlin, W. y Henández, F. (2013). *Los programas de moscas de la fruta en México. Su historia reciente*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <http://repiica.iica.int/docs/B4064e/B4064e.pdf>
- Hart, K. y Pimentel, D. (2002). Public health and costs of pesticides. En D. Pimentel (Ed.), *Encyclopedia of Pest Management* (pp. 677-679). Marcel Dekker.
- Heap, I. (2014). Herbicide Resistant Weeds. En D. Pimentel y R. Peshin (Eds.), *Integrated pest Management*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5_12)
- Huang, J., Hu, R., Fan, C., Pray, C. y Rozelle, S. (2002). Bt cotton benefits, costs and impact in China. *The Journal of Agrobiotechnology Management and Economics*, 5 (4), 153-166.
- INEGI. (2021). *Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera EMIM*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/programas/emim/2013/default.html#Tabulados>
- Koeman, F. y Zadoks, J. (1999). History and future of plant protection policy, from ancient times to WTO-SPS. En G. Meester, R. Woittiez y A. De Zeeuw (Eds.), *Plants and Politics. On the Occasion of the Centenary of the Netherlands' Plant Protection Service* (pp. 21-48). Wageningen Pers.
- Kogan, M. (1998). Integrated pest management: Historical perspective and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43, 243-270.
- Kogan, M. y Bajwa, W. (1999). Integrated pest management: A global reality? *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*, 28(1). 1-25.
- LaNGIF, UASLP y SENASICA. (2009). *Inventario Nacional de Plagas Reglamentadas. Informe Técnico*. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria.
- LaNGIF, UASLP y SENASICA. (2019). *Desarrollo de módulos para el monitoreo y análisis de datos de la estrategia de punto de observación permanente (pop). Informe técnico*. Laboratorio Nacional de Geoprosamiento de Información Fitosanitaria.
- Miller, S., Beed, F. y Lapaire, C. (2009). Plant Disease Diagnostic Capabilities and Networks. *The Annual Review of Phytopathology*, 47, 15-38. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081743>
- Moo, A., Azorin, E., Ramírez, N. y Moreno, M. (2020). Estado de la producción y consumo de plaguicidas en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(43). 1-12. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109820/State%20of%20the%20production%20and%20consumption%20of%20pesticides%20in%20Mexico%20.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Muñoz, M. y Santoyo, V. (2010). Del extensionismo a las redes de innovación. En J. Aguilar, J. Altamirano, R. Rendón (Coords.), *Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural*. Universidad Autónoma de Chapingo-FAO-CYTED.
- NIOSH. (2012). *A story of impact: NIOSH pesticide poisoning monitoring program protects farmworkers*. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Centers for Disease Control and Prevention, US Department of Health and Human Services.
- Oerke, E. (2002). *Crop losses due to pests in major crops*. CAB International Crop Protection Compendium 2002. Economic Impact. CAB International.
- Olvera, L. y Galindo, G. (2014). Propuesta para el establecimiento de nodos espaciales para el análisis del Huanglongbing y el Psílido Asiático de los Cítricos. En G. Galindo y C. Contreras (Coords.) *Huanglongbing y Psílido Asiático de los Cítricos. Un acercamiento metodológico multidisciplinario*

- (pp. 154-164). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Pakdaman, S. y Mohammadi, G. (2018). Weeds, Herbicides and Plant Disease Management. En E. Lichtfouse (Ed.), *Sustainable Agriculture Reviews*, 31, 41-178. Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-94232-2\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-94232-2_3)
- PAN. (2016). *Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional*. Red de Acción Internacional sobre Plaguicidas. <https://rap-al.org/lista-de-plaguicidas-altamente-peligrosos-de-pan-internacional-2016/>
- Perlak, F., Oppenhuizen, M., Gustafson, K., Voth, R., Sivasupramanian, S., Heering, D., Carey, B., Ihrig, R. y Roberts, J. (2001). Development and commercial use of bollgard® cotton in the usa-early promises versus today's reality. *Plant Journal*, 27(6), 489-502. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3113X.2001.01120.x>
- Pimentel, D. y Burgess, M. (2014). Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. En D. Pimentel y R. Peshin (Eds.), *Integrated Pest Management* (pp. 47-72). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5_2)
- Popp, J., Peto, K. y Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 243-255. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>
- Porras, A. (2017). *Diplomado de Análisis de Información Geoespacial: Tipos de muestreo*. CentroGeo. <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/163/1/19-Tipos%20de%20Muestreo%20-%20%20Diplomado%20en%20An%C3%A1lisis%20de%20Informaci%C3%B3n%20Geoespacial.pdf>
- Ramanajaneyulu, G. y Hussain, Z. (2007). Redefining pest management: A case study of punukula. In *Sustainable Agriculture-A Pathway to Eliminate Poverty*. Sustanet, Gtz.
- Ramanajaneyulu, G., Kavitha, K. y Hussain, Z. (2004). *No Pesticides No Pests*. Centre for Sustainable Agriculture. <http://www.csa-india.org>
- RAN. (2020). *Padrón e Historial de Núcleos Agrarios*. Registro Agrario Nacional. <https://phina.ran.gob.mx/index.php>
- Rendón, R., Roldán, E., Hernández, B. y Cadena, P. (2015). Los procesos de extensión rural en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 151-161.
- Richter, E. (2002). Acute human pesticide poisonings. En D. Pimentel (Ed.), *Encyclopedia of Pest Management* (pp. 3-6). Marcel Dekker.
- Rodríguez, A., Mejía, R., Calderón, J., Labrada, V. y Yañez, L. (2020) Alteraciones del ciclo menstrual de adolescentes expuestas no ocupacionalmente a una mezcla de plaguicidas de una zona agrícola de San Luis Potosí, México. Una prueba piloto. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36 (4) 997-1010.
- Roldan, E., Islas, A., Sánchez, J. y Rendón, R. (2019). Redes de innovación en sistemas de producción de milpa. *Revista de Geografía Agrícola*, 63, 45-62. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2019.63.09>
- Russell, D. (2004). Integrated pest management in less developed countries. En: A. Horowitz, I. Ishaaya. (Eds.), *Insect Pest Management: Field and Protection Crops* (pp. 141-179). Springer.
- SADER y SENASICA (2019). *Manual para el buen uso y manejo de plaguicidas en campo*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Servicio Nacional de Sanidad Vegetal, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/452645/MANUAL\\_PARA\\_EL\\_BUEN\\_USO\\_Y\\_MANEJO\\_DE\\_PLAGUICIDAS\\_EN\\_CAMPO.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/452645/MANUAL_PARA_EL_BUEN_USO_Y_MANEJO_DE_PLAGUICIDAS_EN_CAMPO.pdf)
- SEGOB y DOF. (1969). Ratificado (1997). Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. 31 de diciembre de 1969. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=2065537&fecha=31/12/1969](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2065537&fecha=31/12/1969)
- SEGOB y DOF. (2016). Reglamento de la Ley Federal de Sanidad Vegetal. 15 de julio de 2016. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5444943&fecha=15/07/2016](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5444943&fecha=15/07/2016)
- SENASICA. (2018). *Presupuesto Moscas Nativas de la Fruta*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/presupuesto-moscas-nativas-de-la-fruta>
- SENASICA. (2021). *Mapa Directorio de los Puntos de Verificación e Inspección Interna (PVI)*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/637897/Mapas\\_PVI\\_28-04-2021\\_compressed.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/637897/Mapas_PVI_28-04-2021_compressed.pdf)
- Wambede N., Joyfred A. y Jimmy A. (2019). Constraints to Agricultural Transformation in Yumbe District, Uganda. En Y. Bamutaze, S. Kyamanywa, B. Singh, G. Nabanoga, y R. Lal (Eds.), *Agriculture and Ecosystem Resilience in Sub Saharan Africa. Climate Change Management*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-12974-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12974-3_2)
- Wang, H., Wang, B. y Li, Z. (2006). Advance in research on integrated Pest management. *Journal of Henan Institute of Science and Technology*, 34(3), 40-42.
- Wang, Q. y Lu, G. (1999). A brief analysis on IPM in China. *Hubei Plant Protection*, 6, 30-32.
- WHO. (1990). Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39772>

- Zadoks, J. (1991). A hundred and more years of plant protection in the Netherlands. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 97, 3-24. <https://doi.org/10.1007/BF01995781>
- Zadoks, J. (2002). Fifty years of crop protection, 1950-2000. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 50(2), 181-193. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(03\)80006-4](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(03)80006-4).
- Zaller, J. (2020). *Daily Poison. Pesticides an Underestimated Danger*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50530-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50530-1_1)