

## AMBIENTE Y SALUD

*Análisis*

### LA AGRICULTURA Y LOS RIESGOS A LA SALUD EN OAXACA<sup>12</sup> AGRICULTURE AND HEALTH RISKS IN OAXACA

Héctor Ulises Bernardino Hernández, Jaime Vargas Arzola y José Ángel Cueva Villanueva<sup>3</sup>  
Facultad de Ciencias Químicas,  
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, México.

#### RESUMEN

La agricultura es la actividad más extendida en Oaxaca. Los diversos cultivos que se producen en el estado están expuestos al proceso de modernización que involucra el uso indiscriminado de insumos externos, en particular el uso de plaguicidas, el cual está comprobado que tiene impactos negativos en el ambiente y la salud pública. El objetivo del presente texto, es documentar el uso de plaguicidas en los principales cultivos que se producen en el estado de Oaxaca y las posibles consecuencias a la salud pública que involucra la exposición a dichos productos químicos. Los principales cultivos en dicha entidad son: el maíz, pastos, café, caña de azúcar y frijol. El maíz y frijol son granos básicos destinados principalmente para el autoconsumo familiar, el resto de los cultivos son para fines comerciales. Los pocos estudios locales, reportan que se están empleando plaguicidas para el combate de plagas en ciertos cultivos como en el tomate y el mango. Sin embargo, derivado del proceso de globalización, existe una alta probabilidad de que los campesinos tengan acceso y utilicen la diversidad de plaguicidas que se ofertan en el mercado local y regional. Es necesario profundizar en las investigaciones para documentar la diversidad de estos productos y los posibles daños a la salud derivados de la exposición a los mismos, principalmente en esta entidad.

#### ABSTRACT

Agriculture is the most widespread activity in Oaxaca. The various crops produced in the state are exposed to the modernization process that involve the indiscriminate use of external inputs, in particular the use of pesticides, which have negative impacts on the environment and public health. The objective of this research is to document the use of pesticides in the main crops grown in the state of Oaxaca and the possible public health consequences of exposure to these chemicals. The main crops in this entity are: corn, pasture, coffee, sugar cane and beans. Corn and beans are basic grains mainly for family self- consumption, the rest are for commercial purposes. The few local studies report that pesticides are used to combat pests in certain crops such as tomatoes and mangoes. However, as a result of the globalization process, there is a high probability that farmers will have access and use the diversity of pesticides that are offered in the local and regional market. Further research is needed to document the diversity of these products and the possible health damages that result from the exposure to them, mainly in this entity.

#### PALABRAS CLAVE

Oaxaca, actividades agrícolas, plaguicidas, riesgos a la salud.

#### KEYWORDS

Oaxaca, agricultural activities, pesticides, health risks.

<sup>1</sup> Recibido el 20 de agosto y aceptado el 3 de septiembre del 2017.

<sup>2</sup> El presente artículo fue financiado por el Programa de Apoyos Complementarios para la Consolidación Institucional de Grupos de Investigación, convocatoria 2015 de Repatriaciones y Retenciones del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Convenio MOD-ORD-27 PCI-2076-11-15; con el proyecto denominado Ambiente, desarrollo y salud laboral en el Valle de Oaxaca.

<sup>3</sup> E-mail: hbernardino@yahoo.com, vajcquabjo@hotmail.com y angelus\_pub@hotmail.com

**E**l estado de Oaxaca es una de las entidades del sureste mexicano con una gran riqueza biocultural y de recursos naturales (Ordoñez y Rodríguez, 2008), sin embargo, también forma parte de la región con los índices más elevados de pobreza y marginación, así como serios problemas sociales y económicos (Hernández, Lelis, Alonso, Islas y Torres, 2006).

La economía de Oaxaca se ha caracterizado por ser poco dinámica, con baja productividad y es una de las más atrasadas del territorio mexicano. Desde hace varias décadas, el sector terciario ha contribuido con más del 60% del Producto Interno Bruto (PIB) estatal, destacando las actividades relacionadas con los servicios turísticos (comercio, restaurantes y hoteles) y servicios financieros (seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler). El sector secundario ha aportado el 19% (industria manufacturera y de la construcción). El sector primario (agropecuario) ha participado solamente con un 18% en el PIB estatal, sin embargo, es el sector con mayor participación de población ocupada en el estado (42%), y gran parte de esta población se encuentra en zonas rurales y no recibe ingresos (Hernández et al., 2006).

La actividad económica más extendida en las zonas rurales en Oaxaca es la agricultura (Hernández et al., 2006). Sin embargo, no se ha logrado un desarrollo apropiado de las actividades agrícolas en el estado, las cuales se encuentran en una seria crisis rural y productiva. El gobierno estatal ha aceptado serias limitaciones y problemas en este sector. El Plan de Desarrollo Sustentable 2004-2010, menciona la asociación a diversos factores, entre ellos:

La deficiente o nula planeación de la producción, el uso de tecnologías inapropiadas, la escasa asesoría técnica y la falta de capacitación, la investigación desvinculada de lo productivo, la baja productividad, las campañas fitosanitarias aisladas y de poco impacto, la exclusión de las organizaciones de productores del abasto y la comercialización, la ausencia de sistemas de información del sector agropecuario, el excesivo intermediarismo, la limitada y obsoleta

infraestructura agroindustrial, el exiguo financiamiento y la inserción desventajosa de la economía en el contexto internacional (Plan de Desarrollo Sustentable 2004-2010, p. 16).

En este sentido, los diversos cultivos que se producen en el estado dependen del temporal de lluvias y están expuestos a este abanico de adversidades, en particular al proceso de modernización que involucra el uso indiscriminado de insumos externos, específicamente de plaguicidas, como consecuencia del control o prevención de los daños provocados por la presencia de diversas plagas de insectos y enfermedades. Desafortunadamente, el uso de plaguicidas en la agricultura tiene impactos negativos en el ambiente y la salud pública. Para el estado de Oaxaca, hay poca información relacionada con la magnitud de este problema.

En el presente artículo, se documenta el uso de plaguicidas y los principales cultivos que se producen en el territorio oaxaqueño con las posibles consecuencias en la salud pública que involucra la exposición a dichos productos químicos. La información se obtuvo de los reportes que hay para Oaxaca y se complementó con los resultados obtenidos de otros estudios a nivel nacional con sistemas de producción similares.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTADO DE OAXACA

Oaxaca es un estado ubicado al sur del territorio mexicano formado por 570 municipios, distribuidos en 8 regiones y 30 distritos: (a) región Cañada (Teotitlán y Cuicatlán); (b) región Costa (Jamiltepec, Juquila y Pochutla); (c) región Istmo (Tehuantepec y Juchitán); (d) región Mixteca (Silacayoapam, Huajuapam, Coixtlahuaca, Juxtlahuaca, Teposcolula, Nochixtlán y Tlaxiaco); (e) región Papaloapan (Tuxtepec y Choapam); (f) región Sierra Norte (Ixtlán, Villa Alta y Mixe); (g) región Sierra Sur (Miahuatlán, Yautepec, Putla y Sola de Vega); y (h) región Valles Centrales (Etna, Zaachila, Zimatlán, Centro, Tlacolula, Ejutla y Ocotlán) (Alvarado, 2008; Hernández et al., 2006). Es el quinto estado con mayor extensión territorial, ocupando el 4.8% de la superficie nacional con 9 379.33 millones de

hectáreas (93 793 km<sup>2</sup>). El 53% de esta superficie es forestal, 25% es para uso pecuario y solamente el 16% para uso agrícola (aproximadamente 1 500.6 millones de hectáreas). El 93% de la superficie agrícola es de temporal, el 5% de riego y el 2% de humedad (Plan Estratégico Sectorial Agropecuario, Forestal y Pesquero: Subsector Agrícola 2010-2016). Cabe señalar que el total de superficie agrícola sembrada hasta 2015 fue de 1 384 571.57 hectáreas (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2015a).

El estado presenta altitudes desde el nivel del mar hasta los 3 750 msnm. Cuenta con una diversidad en suelos, climas y vegetación que ofrecen grandes ventajas para el desarrollo de la agricultura, principalmente basada en un esquema de economía campesina con unidades de producción de auto abasto, de donde dependen más del 50% de la población rural. Además, por su diversidad agrícola ocupa el quinto lugar y es considerada una región preferente para el desarrollo agrícola a nivel nacional (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012).

Lamentablemente, Oaxaca es el tercer estado más pobre y marginado por encima de Chiapas y Guerrero. Más del 60% de la población se encuentra por debajo del umbral de pobreza (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, 2013). La entidad tiene los mayores niveles de dispersión en un territorio predominantemente montañoso, 89% de los 570 municipios y 98.5% de las 10 511 localidades son rurales y sólo 1.5% son urbanas, sin embargo, éstas últimas concentran casi 40% de la población total de la entidad y el restante 60% de las localidades muestra un patrón de asentamiento muy disperso (Ordoñez y Rodríguez, 2008). La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2013) afirma que la entidad presenta un alto grado de ruralidad habitado por campesinos dedicados a actividades agropecuarias.

Desde una perspectiva más específica, Toledo, Alarcón-Chaires y Barón (2002) indican que existen dos formas extremas de campesinos: el tradicional y el agroindustrial. El primero es el productor a pequeña escala que se basa en los recursos físicos y energéticos a su alcance. El segundo, es el

productor moderno de alto rendimiento y se basa en la utilización de insumos externos (fertilizantes y plaguicidas). En la producción rural del territorio oaxaqueño, existe una diversidad de prácticas productivas que mezclan sistemas tradicionales con tecnologías modernas en diferentes combinaciones, lo que permite una clasificación muy variada de productores y sistemas de producción. Al respecto, Ordoñez y Rodríguez (2008) señalan que en la entidad predominan los campesinos semitradicionales (58.9% del total de municipios), seguido de los campesinos tradicionales (39.8%) y los productores transicionales (1.1%).

## PRINCIPALES CULTIVOS DEL ESTADO

Hasta 1980, del total de la superficie estatal agrícola, el 71.2% correspondía a tierra de temporal destacando los cultivos de maíz, frijol, caña de azúcar, sorgo, algodón, ajonjolí, cacahuete, copra y café. La producción de frutas comprendía plátano, piña, naranja, sandía, melón y toronja. Los pastizales representaban el 7% destinado principalmente para la alimentación ganadera, predominando la cría de ganado bovino, caprino, porcino y ovino, principalmente.

La lista de los primeros 45 cultivos en el estado se presenta en la Tabla 1, que representa el 98.82% de la superficie total sembrada.

La producción estatal comprende cultivos anuales y perennes; entre los primeros destaca el sector de granos básicos, predominando el maíz y en menor proporción el frijol, sorgo en grano y trigo, juntos representan el 46.54% de la superficie agrícola sembrada hasta 2015. El sector forrajero representa el 30.68% de la superficie, destacando los pastos y en menor importancia la alfalfa verde, maíz y sorgo forrajero. Ambos sectores representan el 77.22% de la superficie agrícola sembrada a nivel estatal. El resto (22.78%) está representado por cultivos comerciales diversos, destacando el café, caña de azúcar, cítricos (limón, naranja y toronja principalmente), agave y diversos cultivos frutales (tropicales:

mango, plátano, papaya, piña, coco; cucurbitáceas: sandía, melón y; caducifolias: durazno, manzana, entre otros). Este último grupo, aunque la superficie es menos representativa que los dos sectores anteriores, son promisorios, dado su potencial económico productivo y de generación de empleos a nivel local. De manera general, la producción de granos básicos (maíz y frijol), se orienta principalmente al autoconsumo familiar. El resto de los cultivos son para fines comerciales.

Tabla 1.

*Principales cultivos agrícolas por superficie sembrada y distritos en el estado de Oaxaca hasta 2015 (SAGARPA, 2015a).*

|                 | Superficie sembrada (hectáreas) |           |                   |            |               |            |                  | Total      |
|-----------------|---------------------------------|-----------|-------------------|------------|---------------|------------|------------------|------------|
|                 | Cañada                          | Costa     | Huajuapán de León | Istmo      | Sierra Juárez | Tuxtepec   | Valles Centrales |            |
| Maíz en grano   | 34 875.00                       | 77 347.50 | 123 805.25        | 80 021.00  | 22 547.75     | 65 032.00  | 164 506.07       | 568 134.57 |
| Pasto           |                                 | 92 320.00 |                   | 153 372.00 |               | 174 567.00 |                  | 420 259.00 |
| Café            | 20 854.61                       | 52 632.17 | 8 844.55          | 15 405.20  | 14 643.04     | 20 214.00  | 7 226.27         | 139 819.84 |
| Caña de azúcar  | 591.00                          |           |                   |            |               | 67 694.00  |                  | 68 285.00  |
| Frijol          | 1 514.50                        | 4 020.60  | 17 148.90         | 2 883.00   | 4 034.75      | 1 349.50   | 9 855.80         | 40 807.05  |
| Sorgo en grano  |                                 | 55        |                   | 19 817.00  |               | 2 255.00   |                  | 22 127.00  |
| Limón           | 1 354.00                        | 4 477.00  | 53.60             | 2 958.72   |               | 11 762.50  | 42.00            | 20 647.82  |
| Mango           | 704.75                          | 1 616.50  | 177.50            | 13 903.00  |               | 479.00     |                  | 16 880.75  |
| Trigo en grano  | 199.00                          |           | 12 669.52         |            | 397.25        |            | 22.00            | 13 287.77  |
| Agave           |                                 |           | 72.50             | 1 408.42   | 73.02         |            | 6 194.32         | 7 748.26   |
| Ajonjolí        |                                 | 2 052.00  |                   | 5 448.50   |               | 210.00     |                  | 7 710.50   |
| Cacahuete       |                                 | 5 157.00  | 33.75             | 423.00     |               |            | 162.50           | 5 776.25   |
| Naranja         | 11.50                           |           | 23.75             | 4 008.00   | 185.00        | 443.00     |                  | 4 671.25   |
| Alfalfa verde   |                                 |           | 395.45            |            | 13.50         |            | 3 344.90         | 3 753.85   |
| Plátano         |                                 | 713.00    | 498.70            |            |               | 2 318.00   | 78.25            | 3 607.95   |
| Jamaica         |                                 | 2 951.00  | 9.80              |            |               |            | 10.50            | 2 971.30   |
| Chile verde     |                                 | 714.00    | 173.75            | 387.00     | 293.25        | 762.50     | 245.87           | 2 576.37   |
| Papaya          | 60.00                           | 2 283.00  | 5.25              | 141.80     |               | 7.00       | 23.00            | 2 520.05   |
| Aguacate        | 1 134.85                        |           | 76.90             | 474.00     | 261.50        |            | 205.80           | 2 153.05   |
| Sandía          |                                 | 416.00    | 589.00            | 702.50     |               | 171.00     | 50.60            | 1 929.10   |
| Piña            |                                 |           |                   | 6.00       |               | 1 815.00   | 22.00            | 1 843.00   |
| Coco fruta      |                                 | 637.00    |                   | 734.00     |               |            |                  | 1 371.00   |
| Durazno         | 590.50                          |           | 248.00            |            | 287.00        |            | 129.20           | 1 254.70   |
| Melón           | 100.50                          | 59.50     | 8.00              | 930.00     |               |            | 17.95            | 1 115.95   |
| Pitaya          |                                 |           | 1 063.80          |            |               |            |                  | 1 063.80   |
| Tomate          | 110.56                          |           | 101.43            | 113.50     | 9.05          |            | 437.90           | 772.44     |
| Manzana         | 296.25                          |           | 83.20             |            | 233.00        |            | 101.00           | 713.45     |
| Maíz forrajero  |                                 |           |                   |            |               |            | 578              | 578.00     |
| Calabacita      |                                 |           | 377.75            |            |               |            | 114.70           | 492.45     |
| Chicharo        |                                 |           |                   |            | 303.25        |            | 81.90            | 385.15     |
| Cilantro        |                                 |           |                   |            | 303.25        |            | 81.90            | 385.15     |
| Tomate verde    | 53.50                           |           | 92.30             | 48.50      |               |            | 158.20           | 352.50     |
| Garbanzo        |                                 |           |                   |            | 23.75         |            | 273.50           | 297.25     |
| Sorgo forrajero |                                 | 66.00     | 4.00              | 63.00      |               |            | 121.40           | 254.40     |
| Zapote          | 219.50                          |           |                   |            |               |            |                  | 219.50     |

|                | Superficie sembrada (hectáreas) |                   |                   |                   |                  |                   | Valles Centrales  | Total               |
|----------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
|                | Cañada                          | Costa             | Huajuapán de León | Istmo             | Sierra Juárez    | Tuxtepec          |                   |                     |
| Granada        | 164.00                          |                   | 49.00             |                   |                  |                   |                   | 213.00              |
| Tamarindo      |                                 |                   |                   | 201.00            |                  |                   |                   | 201.00              |
| Ajo            |                                 |                   | 16.50             |                   |                  |                   | 170.90            | 187.40              |
| Ciruella       |                                 |                   |                   | 54.00             | 122.00           |                   |                   | 176.00              |
| Nuez           |                                 |                   |                   |                   | 30.00            |                   | 128.00            | 158.00              |
| Toronja pomelo |                                 |                   |                   |                   |                  | 150.00            |                   | 150.00              |
| Vainilla       |                                 |                   |                   |                   |                  | 134.50            |                   | 134.50              |
| Ejote          |                                 |                   | 41.25             |                   |                  |                   | 66.82             | 108.07              |
| Pera           |                                 |                   | 8.75              |                   | 96.00            |                   |                   | 104.75              |
| Tuna           |                                 |                   | 44.00             |                   |                  |                   | 57.10             | 101.10              |
| <b>Total</b>   | <b>62 834.02</b>                | <b>247 517.27</b> | <b>166 716.15</b> | <b>303 503.14</b> | <b>43 856.36</b> | <b>349 364.00</b> | <b>194 508.35</b> | <b>1 368 299.29</b> |

Nota: El primer lugar lo ocupa el maíz con el 41.03% de superficie agrícola total, seguido de los pastos (30.35%), café (10.1%), caña de azúcar (4.93%), frijol (2.95%), limón (1.49%), sorgo en grano (1.6%), mango (1.22%), trigo en grano (0.96%) y agave (0.56%), entre los diez más importantes.

## PLAGAS Y USO DE PLAGUICIDAS EN EL ESTADO

Existe poca información relacionada con las plagas y la utilización de plaguicidas en el estado de Oaxaca. A continuación, se describirán los datos de ciertos cultivos encontrados en la literatura revisada. Para los cultivos que no se encontraron referencias, se realiza su comparación con sistemas similares ubicados en otros estados del territorio mexicano.

El cultivo de maíz es la actividad agrícola ubicada en primer lugar en Oaxaca. Aragón-Cuevas et al. (2002) señalan que en la entidad se concentran 35 razas que representan el 54% de las reportadas para el territorio nacional. Particularmente, Hernández et al. (2006) mencionan que en las zonas serranas y de difícil acceso del estado, predomina el cultivo de maíz en ladera en la que se ha fomentado el uso de insumos químicos. En la Sierra Sur, específicamente en la región de los Loxicha (San Agustín Loxicha, Candelaria Loxicha, San Bartolomé Loxicha, Santa Catarina Loxicha y San Baltazar Loxicha), Rendón-Aguilar et al. (2015) indican que los plaguicidas y fertilizantes inorgánicos, son empleados sin control y sin seguir un programa técnico. No hay datos claros para Oaxaca, sin embargo, los campesinos oaxaqueños podrían estar expuestos a herbicidas diversos, tal como ocurre en el Estado de México (Albert, 2005). Por su parte, Bernardino et al. (2016) reportan el uso de diversos

herbicidas (paraquat, 2-4 D, glifosato) para el control de las malezas e insecticidas (fosforo de aluminio) para el control de insectos (gorgojos) en la región Altos de Chiapas.

El cultivo de forrajes, es la actividad agrícola ubicada en el segundo lugar, representada por los pastos. Radillo, González y Ceballos (2009) revelan que la producción de forraje se enfrenta principalmente con problemas relacionados con la nutrición vegetal asociada a la obtención en cantidad y calidad de materia seca disponible para la alimentación animal. Dicho problema es combatido con la aplicación de fertilizantes inorgánicos, situación que incrementa los costos de producción y contribuye en la contaminación ambiental por su excesiva aplicación. Al parecer el uso de plaguicidas no es de importancia, a pesar de la presencia de plagas pertenecientes a las órdenes ortóptera, hemíptera, coleóptera, y lepidóptera, que pueden ocasionar daños a las estructuras foliares, peciolares y tallos de las plantas.

El café es el tercer cultivo de importancia para Oaxaca. El estado aporta el 13% de la producción nacional (Nájera, 2002). No hay datos sobre los plaguicidas que pueden ser utilizados en ellos. A partir de la superficie cultivada (20 636 ha) de café orgánico reportada por Escamilla et al. (2005) y la superficie agrícola sembrada hasta 2015, se puede calcular que el café con manejo tradicional representa aproximadamente el 75%. Por lo que, los campesinos podrían estar haciendo uso de insecticidas y fungicidas para el control de las diversas plagas que los dañan. Al respecto, Temis-Pérez, López-Malo y Sosa-Morales (2011) señalan que la broca (*Hypothenemus hampei*) y roya (*Hemileia vastatrix*) son las principales plagas, en menor medida mohos del género *Aspergillus* y otras plagas: minador de la hoja (*Leucoptera ciffeella*), ojo de gallo (*Mycena citricolor*), mancha del fruto (*Cercospora coffeicola* Berke-Cooke) y otros hongos como *Penicillium* y *Fusarium*.

Por su parte, en lo correspondiente a la caña de azúcar (cuarto cultivo de importancia para Oaxaca) no existen datos locales, no obstante, Rivera (2008) reporta para Veracruz, que los principales insectos plaga son la mosca pinta, termitas y barrenador del tallo, en menor medida la chinche de encaje y

gusano falso medidor. Su control se realiza mediante insecticidas como el clorpirifos, fipronil y carbofuran. Las enfermedades más importantes son la roya, mosaico pokkan boeng y escaldura de la hoja. En Tabasco, Hernández-Acosta, Qué-Ramos, Piña-Guzmán y Laines (2013) reportan la presencia de mosca pinta, picudo, gusano barrenador, falso medidor, ratas, chinche de encaje y pulgón amarillo. Para su control se emplean los plaguicidas carbosulfan, carbofuran, monocrotofos, imidacloprid, malation, deltametrina, lambdacialotrina, fipronil, cipermetrina, flocoumafen, brodifacoum y difacinona. De manera general, la SAGARPA (2015b) señala que dicho cultivo es afectado por virus, bacterias fitopatógenas (*Pseudomonas spp*, *Xanthomonas spp* y *Leifsonia spp*), fitoplasmas de la clase Mollicutes, hongos como la roya, nematodos e insectos diversos como el barrenador del tallo, pulgones, gusanos comedores del follaje, así como la presencia de malezas. Al respecto, Albert (2005) indica que en las zonas cañeras del centro del país, se aplican herbicidas e insecticidas para el control de plagas.

Para el grupo de hortalizas, el tomate es el más rentable en los últimos años. Ante ello, recientemente se han incorporado nuevas tecnologías como coberturas plásticas, fertirriego e hidroponía, en invernaderos de la Región de Valles Centrales. Zárate-Nicolás (2007) menciona que en Santa María Atzompa, se han presentado diversas enfermedades fungosas y se ha combatido con diversos fungicidas, por ejemplo, para la alternaria se ha empleado fosetil-Al y mancozeb, para el control de cenicilla se ha utilizado mancozeb combinado con oxiclورو de cobre y triadimefon. Para el control de insectos principalmente la mosquita blanca, se ha usado endosulfan y deltametrina. Por su parte, Bravo (2002), menciona que en el cultivo de tomate se aplican diversos plaguicidas en más de 25 ocasiones durante el ciclo de cultivo para el combate de diversas plagas: mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius, *Trialeurodes vaporariorum* West), áfidos (*Myzus persicae* Sulzer y *Aphis gossypii* Glover) y psílicos (*Paratriosa cockerelli* Sulc.), vectores de enfermedades virales, así como los gusanos del fruto (*Helicoverpa zea* Boddie y *H. virescens* Fabricius). Incluso, Ríos-Osorio, Chávez-Servia y Carrillo-Rodríguez (2014), reportan para la región de Tehuantepec-Juchitán, que el control de plagas lo realizan regularmente con paratión metílico y metomilo.

En cuanto al cultivo del chile de agua (*Capsicum annuum L.*), otro cultivo económicamente importante en los Valles Centrales debido a su consumo generalizado (Carrillo et al., 2009), se puede afirmar que se siembra en campo abierto y algunos productores emplean cubiertas flotantes e incluso invernaderos (López, 2007). Vásquez, Tlapal, Yáñez, Pérez y Quintos (2009) reportan que los hongos *Phytophthora capsici* y *Rhizoctonia solani* son los agentes causales de la marchitez y muerte de las plantas en San Jerónimo Tlacoahuaya, San Sebastián Abasolo y Cuilapam de Guerrero. Castañeda, Ambrosio, Lozano y Díaz (2007) indican la misma problemática en San Pablo Huixtepec y San Sebastián Abasolo, situación que provoca pérdidas que van del 60% al 100%. Por lo que los productores hacen un uso indiscriminado de plaguicidas (Aparicio del Moral, Tomero-Campante, Sandoval-Castro, Villarreal-Manzo y Rodríguez-Mendoza, 2013).

Respecto a la producción de agave mezcalero, ésta se concentra en la región del mezcal ubicada en los Valles Centrales, siendo única en el ámbito nacional, ya que por sus características agroclimáticas favorece la producción de agave y mezcal, aportando 75% de la producción nacional (Antonio, 2004; Bautista y Ramírez, 2008; Bautista y Terán, 2008). Bautista y Smith (2012) mencionan que los productores han modificado la tecnología tradicional, ocasionando su especialización y monocultivo, intensificando la utilización de fertilizantes, herbicidas e insecticidas. El problema del picudo, torito o barrenador (*Scyphophocus acupunctatus interstitialis*) se ha incrementado considerablemente y para su control se han empleado insecticidas al menos dos veces durante el ciclo de desarrollo de la planta, aunado a ello, Bautista y Ramírez (2008) señalan que durante los primeros tres años de establecimiento del cultivo, se utilizan herbicidas para el control de malezas.

Para los cítricos de manera general, Macías-Rodríguez, Santillán-Ortega, Robles-Bermudez, Isiordia-Aquino y Ortiz-Cantón (2013) mencionan que la plaga más representativa es la *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), que transmite la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB) o dragón amarillo causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp. Para el control de este insecto se ha recomendado abamectina. Igualmente, Díaz-Zorrilla, Villanueva-Jiménez, Ovando-Cruz, Hernández-

Bautista y Pérez-Pérez (2014) indican que para el control de *diaphorina* y pulgones se recomienda imidacloprid; para la antracnosis, el empleo de los fungicidas benomilo, azoxystrobin y mancozeb y, para el ácaro blanco, la abamectina.

En lo que respecta a los cultivos frutales tropicales, uno de los más relevantes para Oaxaca es el mango. Fuentes-Matus, Vega, Díaz-González, Noa-Pérez y Gutiérrez-Tolentino (2010) reportaron la presencia de malatión y malaoxón en mango Aaulfo y Tommy Atkins producidos en Chahuities, dichos productos fueron utilizados para el combate de la mosca de la fruta. Para otros cultivos frutales (papaya, plátano, aguacate, sandía, piña, melón, manzana, entre otros), no se encontraron estudios en el estado de Oaxaca, sin embargo, existe una alta probabilidad de que los campesinos hagan uso de distintos insecticidas, fungicidas y herbicidas para el control de las plagas a los que se encuentran expuestos.

### RIESGO A LA SALUD POR LA EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS

Es evidente que la producción agrícola en Oaxaca, es un escenario donde los campesinos pueden estar altamente expuestos al contacto con diversos plaguicidas de distintos tipos y niveles de toxicidad que pudieran estar ocasionando daños a la salud de la población en general, así como al entorno ambiental. A pesar de la poca información existente para dicha entidad, los reportes señalan la presencia de herbicidas, insecticidas y fungicidas, de uso común en otros lugares del territorio mexicano y que pertenecen a distintas categorías toxicológicas y grupos químicos como los organofosforados, carbamatos, ditiocarbamatos, piretroides, bipiridilos e incluso organoclorados, entre otros, en ese orden de importancia. Por lo que en esta sección, se referirán los principales grupos identificados por su demanda de uso y relevancia en el daño que pueden ocasionar a la salud.

Los organofosforados son ésteres, amidas o tioles derivados de los ácidos fosfórico, fosfónico y fosforico (Vale, 1998). Se descomponen con mayor facilidad y se degradan por oxidación e hidrólisis, dando origen a productos solubles en agua, aparentemente menos persistentes. Algunos plaguicidas

que pertenecen a este grupo son el paration, clorpirifos, monocrótofos, malation, usados principalmente como insecticidas (Al-Saleh, 1994).

Los carbamatos pueden ser de tres tipos: (a) derivados de ésteres de carbamato (principalmente insecticidas), (b) derivados del ácido tiocarbámico (principalmente fungicidas) y (c) carbamatos propiamente dichos (principalmente herbicidas) (Vale, 1998). Son relativamente inestables y aparentemente tienen un tiempo corto de persistencia ambiental. Se descomponen por oxidación y sus metabolitos finales son hidrosolubles (Al-Saleh, 1994). Algunos productos de este grupo son: el carbofuran, carbosulfan, metomilo y el ditiocarbamato mancozeb.

Jeyaratman y Maroni (1994) indican que los organofosforados y carbamatos son altamente tóxicos y se absorben rápidamente por las vías respiratorias y la piel, así como también por medio de la ingestión, una vez que ingresan al cuerpo se distribuyen rápidamente por el torrente sanguíneo. Ambos grupos son conocidos como inhibidores de la acetilcolinesterasa debido a que producen efectos tóxicos en el sistema nervioso, principalmente en las terminaciones nerviosas. (Weiss, Amler, S. y Amler, R. 2004). Dicha enzima es el mediador en la transmisión del impulso eléctrico desde las fibras nerviosas hasta los tejidos inervados, una vez cumplida la transmisión, es inactivada por fosforilación. Durante la intoxicación aguda, la estructura química de este grupo de plaguicidas bloquea la enzima impidiendo que degrade a la acetilcolina, lo que conduce a la acumulación de dicho neurotransmisor en los receptores, provocando una serie de desequilibrios en el cuerpo que dependiendo de su intensidad, pueden llevar hasta la muerte (Ferrer, 2003). Los síntomas por intoxicación aguda en humanos son: náuseas, salivación abundante, bradicardia, miosis, hiperemia, parálisis vasomotora, sudoración excesiva, vértigos, temblores, falta de coordinación muscular, visión borrosa, lagrimeo, color amarillento en la piel, convulsiones, debilitamiento de la memoria, opresión en el pecho, respiración ruidosa, calambres abdominales y musculares hasta el coma. Los daños crónicos están relacionados con daños genéticos que provocan malformaciones y deficiencias mentales (Fuentes-Matus et al., 2010). Pinilla-Monsalve et al. (2014) mencionan que mancozeb se ha

asociado a predisposición tumoral, trastornos psiquiátricos, enfermedad de Parkinson, ataxia, disfunción tiroidea y ovárica. El carbofurán se ha asociado con angina de pecho, edema de miembros inferiores, necrosis muscular y subarticular, edema pulmonar, paro respiratorio, trastornos amnésicos, hipotiroidismo, hiperplasia testicular, disminución de la acción osteoblástica y pancreatitis aguda.

Los piretroides son otro grupo de plaguicidas ampliamente utilizados principalmente como insecticidas, se trata de piretrinas sintéticas que pueden ser de dos tipos: (a) sin grupo  $\alpha$ -ciano (permetrina y resemetrina) y (b) con grupo  $\alpha$ -ciano (diametrina, cypermetrina, deltametrina, lamdacyalotrina). Son metabolizados por hidrólisis, oxidación y conjugación, con poca tendencia a la acumulación en tejidos y son de rápida degradación en el ambiente (Al-Saleh, 1994). Soderlund et al. (2007) señalan que la intoxicación con piretroides incluye alteraciones en el sistema nervioso e inmunológico. Ferrer (2003) indica que aunque la tasa de absorción cutánea es baja, se han descrito casos de reacciones alérgicas y dermatitis.

Por su parte, los plaguicidas organoclorados fueron los primeros en aplicarse de manera masiva a nivel mundial, actualmente su uso se encuentra muy restringido debido a los efectos tóxicos que pueden causar. Su estructura química corresponde al de los hidrocarburos clorados, lo que le confiere una alta estabilidad física y química, haciéndolos insolubles en agua, no volátiles y altamente solubles en disolventes orgánicos, favoreciendo su persistencia en el ambiente y lenta biodegradabilidad. Sus productos representativos son el DDT, el aldrín, el dieldrín, endosulfan y lindano (Al-Saleh, 1994). Estos plaguicidas ejercen efectos negativos sobre el sistema endocrino (disruptores endócrinos), además de ser potencialmente mutagénicos y carcinogénicos, aunque también afectan el sistema nervioso y se acumulan en el tejido graso (Ferrer, 2003). Partanen, Monge y Wesseling (2009), reportan que la exposición a insecticidas organoclorados se ha asociado con riesgo de linfomas no Hodgkin, cánceres del sistema nervioso central, de próstata, de páncreas y de hígado.

Para el caso de algunos herbicidas de importancia agrícola, destaca el paraquat, 2,4 D y glifosato. Dichos productos son de grupos químicos diferentes (bipiridilo, clorofenoxi y fosfonatos, respectivamente). El paraquat y el diquat son herbicidas de tipo bipiridilo. El paraquat (bicloruro de 1,1-dimetil-4,4'-bipiridilo) es uno de los más tóxicos y específicos a nivel pulmonar, las vías de absorción son oral, respiratoria, cutánea y ocular (Morgan, 1989). La intoxicación aguda por paraquat, produce irritación y ulceraciones en la piel, irritación conjuntival y queratitis, irritación, edema y hemorragias en vías aéreas superiores, laringitis, esofagitis y gastritis en tracto digestivo; por lo general, tiene predilección por tejidos con saturación importante de oxígeno como el pulmón, hígado y riñón. La intoxicación crónica se ha relacionado con casos de parkinsonismo (León-Verastegui, 2012; Viales, 2014).

El 2,4 D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) es neurotóxico, se absorbe con facilidad a través de la piel, tracto digestivo y respiratorio, distribuyéndose en todos los tejidos y puede causar daños al hígado, a los riñones, a los músculos y al tejido cerebral (Harikrishan y Usha, 2007). El glifosato puede estar en forma de sal de isopropilamina de N-(fosfometil) glicina, se puede absorber por inhalación, por ingestión y también por la piel (Varona et al., 2009). Salazar-López y Aldana (2011) indican que el glifosato en el organismo humano puede causar toxicidad en células placentarias y del hígado, actuar como un disruptor endocrino, generar afecciones respiratorias, gastrointestinales, dermatológicas y neurológicas, así como fragmentación del material genético. Recientemente, el glifosato ha sido relacionado con posibles efectos citotóxicos y genotóxicos (Villaamil, Bovi y Nassetta, 2013). Junto con el 2,4-D, estos componentes han sido clasificados como probables carcinógenos para los seres humanos por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer de la Organización Mundial de la Salud (*Pesticide Action Network International*, 2015).

Finalmente, dado que en Oaxaca no se tienen datos precisos de las afectaciones a la salud asociadas directa o indirectamente con plaguicidas, es necesario documentar los efectos a corto y largo plazo en la población rural que se dedica a las actividades agrícolas. Al respecto, la Asociación Mexicana de la

Industria Fitosanitaria (2012), reporta que los productos más frecuentemente involucrados en las intoxicaciones son los organofosforados, piretroides y carbamatos (19%, 20% y 14% respectivamente), seguido de los bupiridilos (6%), fosfóricos (5%) y organoclorados (1%). Ortiz, Ávila-Chávez y Torres (2014) señalan que hasta el 2008, Oaxaca ocupaba el 11º lugar de incidencia de intoxicaciones por plaguicidas con un 3.77 casos por 10 000 habitantes, donde Nayarit ocupa el primer lugar con 16.13 casos.

## CONCLUSIONES

---

Los principales cultivos en Oaxaca son el maíz, pastos, café, caña de azúcar y frijol. El maíz y frijol son granos básicos destinados principalmente para el autoconsumo familiar, el resto de los cultivos son para fines comerciales. Los escasos reportes evidencian, que se están empleando plaguicidas para el combate de plagas en ciertos cultivos ubicados en distintas regiones oaxaqueñas, particularmente en el tomate se aplican fungicidas (fosetil-Al, mancozeb, triadimefon) e insecticidas (endosulfan, deltametrina, paration metílico y metomilo), en el mango se emplean insecticidas como el malatión y malaoxón. Lamentablemente, derivado del proceso de globalización, existe una alta probabilidad de que los campesinos en los diversos sistemas de producción, tengan acceso y utilicen la diversidad de plaguicidas que se ofertan en el mercado local y regional, desconociendo el nivel de peligrosidad y los riesgos a su salud que provoca su uso, asociado a su condición de alta vulnerabilidad y condiciones de pobreza en la que viven.

Por lo tanto, es necesario profundizar con investigaciones para documentar la diversidad de plaguicidas que se aplican en los diversos sistemas de producción de las diferentes regiones agrícolas de Oaxaca, así como identificar los posibles daños a la salud derivados de la exposición a estos productos. Además de lo anterior, resulta interesante documentar el impacto de su empleo sobre los agroecosistemas, tales como resistencia, surgimiento y resurgimiento de insectos y enfermedades, eliminación de organismos benéficos, así como la contaminación de los recursos naturales (agua y

suelo). Incluso, es posible suponer que la salud de los consumidores también estaría expuesta, debido a los residuos de plaguicidas que podrían haberse acumulado en los alimentos que se consumen a diario. Otra área que debe explorarse, es el estudio de los efectos de la mezclas de varios ingredientes activos que pudieran realizar los agricultores, por lo que es necesario efectuar investigaciones para conocer los efectos sinérgicos que pueden darse y los posibles daños a la salud pública.

Dichas áreas, son un enorme potencial para generar conocimientos de bienestar para el cuidado de la salud pública y el ambiente en el estado de Oaxaca, sobre todo en la población rural que se dedica a las actividades agrícolas y se encuentra en condiciones de pobreza y vulnerabilidad social. Además de contribuir con información que puede ser utilizada por aquellas instituciones gubernamentales y no gubernamentales, para promover estrategias relacionadas con el uso racional y correcto de plaguicidas, así como la reconversión productiva a sistemas amigables con el ambiente y la salud.

## REFERENCIAS

- Albert, L. (2005). Panorama de los plaguicidas en México. *7º Congreso de Actualización en Toxicología Clínica* (pp. 1-17), Nayarit: Servicios de Salud de Nayarit y Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.
- Al-Saleh, I. (1994). Pesticides: a review article. *Journal Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 13(3),151-161.
- Alvarado, A. (2008). Migración y pobreza en Oaxaca. *El Cotidiano*, 23(148), 85-94.
- Antonio, J. (2004). *Sostenibilidad y agroindustria del agave en las unidades socioeconómicas campesinas de los valles centrales de Oaxaca, México. (Tesis doctoral)*. Puebla: Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática. Colegio de Postgraduados.

- Aparicio del Moral, J., Tornero-Campante, M., Sandoval-Castro, E., Villarreal-Manzo, L. & Rodríguez-Mendoza, M. (2013). Factores sociales y económicos del cultivo de chile de agua (*Capsicum annum* L.) en tres municipios de los valles centrales de Oaxaca. *Ra Ximhai*, 9(1), 17-24.
- Aragón-Cuevas, F., Castro F., Paredes, E., Dillánes, N., Hernández, J., Taba, S. & Díaz, J. (2002). In situ conservation and participatory breeding of milpa in Oaxaca. *Memorias del Simposio Manejo de la diversidad cultivada en los agroecosistemas tradicionales*. (pp. 124-130). México: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria –AMIFAC- (2012). *Estadísticas 2012*. Recuperado el 30 de agosto de 2013 de [www.amifac.org.mx](http://www.amifac.org.mx): <http://www.amifac.org.mx/estadisticas.html>.
- Bautista, J. & Ramírez, J. (2008). Agricultura y pluriactividad de los pequeños productores de agave en la región del mezcal, Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México*, 34 (4), 443-451.
- Bautista, J. & Smith, M. (2012). Sustentabilidad y agricultura en la “región del mezcal” de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 5-20.
- Bautista, J. & Terán, E. (2008). Estrategias de producción y mercadotecnia del mezcal en Oaxaca. *El Cotidiano*, 23(148), 113-122.
- Bernardino, H., Mariaca, R., Nazar, A., Álvarez, J., Torres, A. & Herrera, C. (2016). Factores socioeconómicos y tecnológicos en el uso de agroquímicos en tres sistemas agrícolas en Los Altos de Chiapas, México. *Interciencia*, 41(6), 382-392.
- Bravo, E. (2002). Uso reducido de insecticidas y control biológico de plagas del jitomate en Oaxaca. *Agricultura Técnica en México*, 28(2), 137-149.
- Carrillo, E., Mejía, J., Carballo, A., García, G., Aguilar, V. & Corona, T. (2009). Calidad de semilla en colectas de chile de agua (*Capsicum annum* L.) de los Valles Centrales de Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México*, 35(3), 257-266.
- Castañeda, E., Ambrosio, F., Lozano, S. & Díaz, G. (2007). *Análisis sociocultural del agroecosistema chile de agua (Capsicum annum L.) en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca; México*.

Recuperado el 13 de julio de 2016 de [www.somas.org.mx](http://www.somas.org.mx):  
[http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs\\_libros/agriculturasostenible5/5\\_1/36.pdf](http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible5/5_1/36.pdf)

- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social –CONEVAL- (2013). *Medición de la pobreza. Resumen ejecutivo*. Recuperado el 14 de julio de 2016 de [web.coneval.gob.mx](http://web.coneval.gob.mx):  
[http://web.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/Medici%C3%B3n/Pobreza%202012/Resumen\\_ejecutivo.aspx](http://web.coneval.gob.mx/Medicion/Paginas/Medici%C3%B3n/Pobreza%202012/Resumen_ejecutivo.aspx).
- Díaz-Zorrilla, U., Villanueva-Jiménez, J., Ovando-Cruz, M., Hernández-Bautista, J. & Pérez-Pérez, I. (2014). Paquete tecnológico para producir limón persa en los meses de alta rentabilidad. *Memoria del X Simposio Internacional Citrícola y 2do. Simposio Internacional sobre HLB en cítricos ácidos 2014*. (pp.141-146). Oaxaca: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce A.C. (COFUPRO); Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA); Comité Nacional Sistema Producto Limón Mexicano A.C. (CONASIPROLIM); Gobierno del Estado de Oaxaca; *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura*.
- Escamilla, E., Ruíz, O., Díaz, G., Landeros, C., Platas, D., Zamarripa, A. & González, V. (2005). El agroecosistema café orgánico en México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (76), 5-16.
- Ferrer, A. (2003) Intoxicación por plaguicidas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(1), 155-171.
- Fuentes-Matus, C., Vega y León, S., Díaz-González, G., Noa-Pérez, M. & Gutiérrez-Tolentino, R. (2010). Determinación de residuos de malatión y malaoxón en mango de las variedades Ataulfo y Tommy Atkins producidos en Chahuities, Oaxaca. *Agrociencia*, 44(2), 215-223.
- Harikrishan, V. & Usha, S. (2007). Revisión crítica del 2,4-D. Respuestas a preguntas frecuentes. En F. Bejarano (Ed). *2,4-D Razones para su prohibición mundial*. (pp. 19-51). Recuperado el 14 de marzo de 2015 de [www.rap-al.org](http://www.rap-al.org): [http://www.rap-al.org/articulos\\_files/EI\\_2,4-D.pdf](http://www.rap-al.org/articulos_files/EI_2,4-D.pdf)

- Hernández, S., Lelis, M., Alonso, M., Islas, V. & Torres, G. (2006). *Movilidad y Desarrollo Regional en Oaxaca. Vol. 1: Regionalización y encuesta de origen y destino*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte.
- Hernández-Acosta, L., Qué-Ramos F., Piña-Guzmán, A. & Laines, J. (2013). Uso de plaguicidas en zonas cañeras del municipio de Cárdenas Tabasco, México: posible impacto ambiental y a la salud. *Revista AIDS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, 6(2), 1-11.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2012). *Anuario estadístico de Oaxaca*. México: Autor.
- Jeyaratman, J. & Maroni, M. (1994). Organophosphorus compounds. *Toxicology*. (91), 15-27.
- León-Verastegui, A. (2012). Enfermedad de Parkinson por exposición ocupacional a paraquat. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 50(6), 665-672.
- López, P. (2007). *El chile de agua: un chile típico de los Valles Centrales de Oaxaca*. Recuperado el 28 de junio de 2016 de [www.innovacion.gob.sv](http://www.innovacion.gob.sv): <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/1060/contenido.pdf>
- Macías-Rodríguez, L., Santillán-Ortega, C., Robles-Bermúdez, A., Isiordia-Aquino, N. & Ortiz-Cantón, M. (2013). Insecticidas de bajo impacto ambiental para el control de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en limón Persa en “La Fortuna”, Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias*, 2(3), 154-161.
- Morgan, D. (1989). *Diagnóstico y tratamiento de los envenenamientos por plaguicidas*. Estados Unidos de América: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
- Nájera, O. (2002). El café orgánico en México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (48), 59-75.
- Ordoñez, M. & Rodríguez, P. (2008). Oaxaca, el estado con mayor diversidad biológica y cultural de México y sus productores rurales. *Ciencias*, (91), 54-64.
- Ortiz, I., Ávila-Chávez, M. & Torres, L. (2013). Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, (4), 26-46.

- Partanen, T., Monge, P. & Wesseling, C. (2009), Causas y prevención del cáncer ocupacional. *Acta Médica Costarricense*, 51 (4), 195-205.
- Pesticide Action Network International. (2015). *Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos de PAN Internacional*. Recuperado el día 28 de noviembre de 2016 de [www.rap-al.org](http://www.rap-al.org): [http://www.rap-al.org/articulos\\_files/HHP%20Lista%20PAN%202015corr.pdf](http://www.rap-al.org/articulos_files/HHP%20Lista%20PAN%202015corr.pdf)
- Pinilla-Monsalve, G., Manrique-Hernández, E., Caballero-Carvajal, A., Gómez-Rodríguez, E., Marín-Hernández, L. & Portilla-Portilla, A. (2014). Neurotoxicología de Plaguicidas Prevalentes en la Región Andina Colombiana. *Médica UIS*, 27(3), 57-67.
- *Plan de Desarrollo Sustentable (2004-2010)*. Oaxaca, México.
- *Plan Estratégico Sectorial Agropecuario, Forestal y Pesquero: Subsector Agrícola (2010-2016)*. Oaxaca, México.
- Radillo, F., González, A. & Ceballos, B. (2009). Efecto de abonos orgánicos e inorgánicos en la producción del pasto guinea (*Panicum maximum* jaqc) variedad "Tanzania". *VI Simposio Internacional de Pastizales*. (pp. 1-7). México: Universidad Autónoma de Nuevo León e Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- Rendón-Aguilar, B., Aguilar-Rojas, V., Aragón-Martínez, M., Ávila-Castañeda, J., Bernal-Ramírez, L., Bravo-Avilez, D., Carrillo-Galván, G., Cornejo-Romero, A., Delgadillo-Durán, E., Hernández-Cárdenas, G., Hernández-Hernández, M., López-Arriaga, A., Sánchez-García, J., Vides-Borrell, E. & Ortega-Packzca, R. (2015). Diversidad de maíz en la Sierra Sur de Oaxaca, México: conocimiento y manejo tradicional. *Polibotánica*, (39), 151-174.
- Ríos-Osorio, O., Chávez-Servia, J. & Carrillo-Rodríguez, J. (2014). Producción tradicional y diversidad de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) nativo: Un estudio de caso en Tehuantepec-Juchitán, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 11(1), 35-51.
- Rivera, F. (2008). *El cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L) en la región de Cardel, centro de Veracruz. (Monografía para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo en Producción)*. Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

- Salazar-López, N. & Aldana, M. (2011). Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *Biocencia*, 13(2), 23-28.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación –SAGARPA- (2015a). *Cierre de la producción agrícola por estado. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Recuperado el 8 de agosto de 2016 de [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx): <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación –SAGARPA- (2015b). *Plagas y enfermedades de la caña de azúcar*. Recuperado el 29 de agosto de 2016 de [www.gob.mx](http://www.gob.mx): [http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114374/Nota\\_Tecnica\\_Informativa\\_Noviembre\\_2015.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114374/Nota_Tecnica_Informativa_Noviembre_2015.pdf)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Inventario Estatal Forestal y de Suelos-Oaxaca*. México: Autor.
- Soderlund, D., Clark, J., Sheets, L., Mullin, L., Picirillo, V., Sargent, D., Stevens, J. & Weiner, M. (2002). Mechanisms of pyrethroids neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. *Toxicology*, 171(1), 3-59.
- Temis-Pérez, A., López-Malo, A. & Sosa-Morales, M. (2011). Producción de café (*Coffea arabica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 5(2), 54-74.
- Toledo, V., Alarcón-Chaires, P. & Barón, L. (2002). *La modernización rural de México: un análisis socioeconómico*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto Nacional de Ecología (INE), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Vale, J. (1998). Toxicokinetic and toxicodynamic aspects of organophosphorus (OP) insecticide poisoning. *Toxicology Letters*, 102-102(28), 649-652.
- Varona, M., Henao, G., Díaz, S., Lancheros, A., Murcia, Á., Rodríguez, N. & Álvarez, V. (2009). Evaluación de los efectos del glifosato y otros plaguicidas en la salud humana en zonas objeto del programa de erradicación de cultivos ilícitos. *Biomédica*, 29(3), 456-475.

- Vásquez, A., Tlapal, B., Yáñez, M., Pérez, R. & Quintos, M. (2009). Etiología de la marchitez del chile de agua (*Capsicum annum* L.) en Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(2), 127-134.
- Viales, G. (2014). Intoxicación por Paraquat. *Revista Medicina Legal de Costa Rica*, 31(2), 1-7.
- Villaamil, E., Bovi, G. & Nassetta, M. (2013). Situación actual de la contaminación por plaguicidas en Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 25-43.
- Weiss, B., Amler, S. & Amler, R. (2004). Pesticides. *Pediatrics*, (113), 1030-1036.
- Zárate-Nicolás, B. (2007). *Producción de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. (Tesis de maestría). Oaxaca: Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca.