

# Estado actual del uso de pesticidas en productos agropecuarios

*de la península de Yucatán  
y su impacto en la sociedad: Retos y perspectivas*



Neith Aracely Pacheco López / Juan Carlos Cuevas  
Bernardino / Ariel Vázquez Elorza  
*Editores*



# Estado actual del uso de pesticidas en productos agropecuarios de la península de Yucatán y su impacto en la sociedad: retos y perspectivas

---

Neith Aracely Pacheco López  
Juan Carlos Cuevas Bernardino  
Ariel Vázquez Elorza  
*Editores*

2023

***Estado actual del uso de pesticidas en productos agropecuarios de la península de Yucatán y su impacto en la sociedad: retos y perspectivas***

Editores: Neith Aracely Pacheco López, Juan Carlos Cuevas Bernardino, Ariel Vázquez Elorza

1ª. edición

168 pp.: 11 ilustraciones; 17 x 23 cm

ISBN 978-607-8734-55-9

T. 338 Ciencias sociales – Economía - Producción      KNA Agroindustria y sector primario

**Coordinación de capítulos**

Capítulo 1. Dr. Norberto Ulises García Cruz

Capítulo 2. Dr. Manuel Alejandro Lizardi Jiménez

Capítulo 3. Dra. Ana Luisa Ramos Díaz

Capítulo 4. Dr. Juan Carlos Cuevas Bernardino

Capítulo 5. Dr. Rigoberto Rosas Luis

Capítulo 6. Dra. Sara Elisa Herrera Rodríguez

Capítulo 7. Dr. Ariel Vázquez Elorza

Capítulo 8. Dra. Neith Aracely Pacheco López

---

Primera edición, 2023

Obra realizada con el apoyo del proyecto CONAHCYT 316148

D.R. © Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C.

Av. Normalistas 800, Colinas de La Normal, 44270 Guadalajara, Jal., México

Tel: (33) 33455200 ext. 1118      <http://www.ciatej.mx>

Coordinación general: Neith Aracely Pacheco López

Las imágenes y fotografías fueron proporcionadas por los autores

Portada creada con imágenes generadas en: <https://www.bing.com/create?ssp=1&darkschemeovr=0&setlang=es-CL&safesearch=moderate&toWww=1&redig=8195C3604CE2443CAD2B9B2FB3512087>

Está permitido descargar y compartir esta obra citando y acreditando correctamente a la misma, más no está permitido cambiarla de forma alguna ni usarla comercialmente.

Atribución-NoComercial-SinDerivadas: CC BY-NC-ND

Código legal: <https://creavecommons.org>



GOBIERNO DE  
MÉXICO



CONAHCYT  
CONSEJO NACIONAL DE INNOVACIÓN  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



# Directorio

**Dra. Eugenia Lugo Cervantes**

*Directora general del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. CIATEJ*

**Dra. Teresa del Rosario Ayora Talavera**

*Directora del CIATEJ Subsele Sureste*

EDITORES

**Dra. Neith Aracely Pacheco López**

*Investigadora Titular C CIATEJ Subsele Sureste*

**Dr. Juan Carlos Cuevas Bernardino**

*Investigador por México CONAHCYT Subsele Sureste*

**Dr. Ariel Vázquez Elorza**

*Investigador Asociado C Subsele Sureste*

AUTORES

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA EN  
TECNOLOGÍA Y DISEÑO DEL ESTADO DE JALISCO

**Dra. Teresa del Rosario Ayora Talavera**

*Investigadora Titular C*

**Dra. Neith Aracely Pacheco López**

*Investigadora Titular C*

**Dra. Ana Luisa Ramos Díaz**

*Investigadora Titular B*

**Dra. Sara Elisa Herrera Rodríguez**

*Investigadora Titular B*

**Dra. Julia del Socorro Cano Sosa**

*Investigadora Titular A*

**Dra. Tania González Flores**

*Tecnóloga Titular A*

**Dr. Ariel Vázquez Elorza**

*Investigador Asociado C*

**Dr. Juan Carlos Cuevas Bernardino**

*Investigador por México CONAHCYT-  
CIATEJ*

**Dra. Soledad Cecilia Pech Cohuo**

*Postdoctorante*

**M. en C. Karina Jiménez Morales**

*Candidato a Doctor*

**M en C Iván Emanuel Herrera Pool**

*Candidato a Doctor*

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**Dr. Norberto Ulises García Cruz**

*Profesor de asignatura*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS  
POTOSÍ

**Dr. Manuel Alejandro Lizardi Jiménez**

*Investigador por México CONAHCYT*

**Dra. Violeta Mendezcarlo Silva**

*Investigadora*

**Dra. Gabriela Josefina Aguirre García**

*Investigadora*

ASESORES AMBIENTALES

**Mtro. Faustino Hernández Rodríguez**

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**Dr. Rigoberto Rosas Luis**

*Investigador por México CONAHCYT-  
TNM-Chetumal*

COLEGIO DE VERACRUZ

**M. en C. Jéssica Geraldine Villatoro  
Hernández**

*Candidata a Doctor*

**Obra realizada por el apoyo de los proyectos CONAHCYT:**

**Proyecto 321295:** Desarrollo e implementación de metodologías sustentables para el aprovechamiento de biomasa de algas, residuos pesqueros y acuícolas de la Península de Yucatán para su valoración como ingredientes alimenticios nutritivos y productos funcionales.

**Proyecto 316148:** Fortalecimiento del laboratorio de inocuidad alimentaria para la determinación de glifosato y plaguicidas en miel y alimentos como apoyo solidario a productores del sureste.

# Contenido

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>PRÓLOGO</b>                                                                                             | 13 |
| <b>CAPÍTULO 1. PESTICIDAS: GENERALIDADES Y EFECTOS EN EL AMBIENTE</b>                                      | 15 |
| 1.1 Introducción                                                                                           | 15 |
| 1.2 Definición y clasificación de pesticidas                                                               | 17 |
| 1.3 Uso de pesticidas en la agricultura: efectos y permanencia en el ambiente                              | 23 |
| 1.3.1 Efecto en contaminación del suelo y agua                                                             | 24 |
| 1.3.2 Plaguicidas en cuerpos de agua de la península de Yucatán                                            | 26 |
| 1.4 Conclusiones, recomendaciones, prospectiva                                                             | 29 |
| Referencias                                                                                                | 30 |
| <b>CAPÍTULO 2. PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN RELACIONADO CON LOS PRODUCTOS AGROPECUARIOS Y DERECHOS HUMANOS</b>  | 35 |
| 2.1 Productos agropecuarios en la península de Yucatán en el contexto de soberanía y seguridad alimentaria | 36 |
| 2.2 Plaguicidas y contaminantes en la península de Yucatán: principio de precaución                        | 39 |
| 2.3 Derechos humanos en el contexto de soberanía alimentaria                                               | 45 |
| 2.4 Conclusiones                                                                                           | 50 |
| Referencias                                                                                                | 51 |
| <b>CAPÍTULO 3. IMPACTO DE LOS PESTICIDAS EN LA APICULTURA Y DAÑOS COLATERALES</b>                          | 55 |
| 3.1 Introducción                                                                                           | 55 |
| 3.2 Recurrencia de pesticidas y residuos de medicamentos veterinarios en la cera, miel y en las abejas     | 56 |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 3.3 Mecanismo de toxicidad de pesticidas en las abejas       | 59 |
| 3.4 Reportes de pérdida de colmenas por pesticidas en México | 64 |
| 3.5 Experiencia de meliponicultores con pesticidas           | 64 |
| Conclusiones                                                 | 66 |
| Referencias                                                  | 66 |

## **CAPÍTULO 4. PRODUCCIÓN HORTOFRUTÍCOLA Y PLAGUICIDAS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 4.1 Introducción                              | 72 |
| 4.2 Producción hortofrutícola                 | 75 |
| 4.3 Plaguicidas utilizados                    | 77 |
| 4.4 Efectos en la sociedad de los plaguicidas | 79 |
| 4.5 Retos y perspectivas                      | 83 |
| 4.6 Conclusiones                              | 85 |
| Referencias                                   | 86 |

## **CAPÍTULO 5. CONTAMINANTES Y PRODUCCIÓN PESQUERA Y ACUÍCOLA**

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1 Marco legal para la atención de la contaminación relacionada con productos pesqueros y acuícolas | 91  |
| 5.2 Consumo de productos pesqueros y acuícolas                                                       | 93  |
| 5.3 Los productos pesqueros y acuícolas de México y la península de Yucatán                          | 94  |
| 5.3.1 Pesca                                                                                          | 94  |
| 5.3.2 Acuicultura                                                                                    | 95  |
| 5.4 Contaminantes potenciales en los productos de origen marino                                      | 96  |
| 5.5 Contaminantes potenciales en los productos de la acuicultura                                     | 99  |
| 5.6 Generación de contaminantes por la actividad pesquera                                            | 101 |



|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.7 Generación de contaminantes por la acuacultura                                               | 102 |
| 5.8 Recomendaciones para la atención de la contaminación en<br>la producción pesquera y acuícola | 104 |
| Conclusiones                                                                                     | 105 |
| Referencias                                                                                      | 105 |

## **CAPÍTULO 6. EFECTOS NOCIVOS DE PESTICIDAS: CASO GLIFOSATO**

|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1 Generalidades de los efectos de los pesticidas en humanos | 111 |
| 6.2 Pesticidas y esclerosis lateral amiotrófica               | 113 |
| 6.3 Aspectos del uso de glifosato                             | 114 |
| 6.3.1. Relación con el medio ambiente                         | 115 |
| 6.3.2. Exposición en humanos                                  | 116 |
| 6.3.3 Salud humana                                            | 117 |
| 6.3.4 Efecto sobre reproducción, fertilidad y embarazo        | 118 |
| 6.3.5 Toxicidad en sistema nervioso (neutotoxicidad)          | 118 |
| 6.3.6 Cáncer                                                  | 119 |
| 6.3.7 Efecto con organismos terrestres y marinos              | 119 |
| 6.4 Conclusiones                                              | 120 |
| Referencias                                                   | 121 |

## **CAPÍTULO 7. SITUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN QUE UTILIZAN PLAGUICIDAS**

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 7.1 Introducción      | 128 |
| 7.2 Estado de Yucatán | 129 |
| 7.3 Metodología       | 132 |
| 7.4 Resultados        | 138 |
| 7.5 Conclusiones      | 146 |
| Referencias           | 147 |

|                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 8. SUSTENTABILIDAD AGRÍCOLA:<br/>MANEJO Y ALTERNATIVAS DE USO DE<br/>PLAGUICIDAS</b> | <b>151</b> |
| 8.1 Sustentabilidad agrícola y alimentación                                                      | 151        |
| 8.2 Economía circular                                                                            | 153        |
| 8.3 Usos sustentables de pesticidas                                                              | 154        |
| 8.4 Alternativas de uso de pesticidas                                                            | 158        |
| 8.5 Ejemplos de alternativas sustentables en México                                              | 160        |
| Conclusiones                                                                                     | 165        |
| Referencias                                                                                      | 165        |

*In memoriam*

Tania González Flores



# PRÓLOGO

*Teresa del Rosario Ayora Talavera <sup>1</sup>*

*Neith Aracely Pacheco López <sup>1</sup>*

México, al ser un país con gran diversidad de climas, la producción hortofrutícola se convierte en una actividad económica nacional muy importante. México es uno de los principales productores mundiales de hortalizas; ocupa el noveno lugar con una producción que supera 14 millones de toneladas en 2021 (SIACON, 2021). Los productores mexicanos utilizan diferentes tipos de pesticidas para el control de plantas, insectos y microorganismos nocivos para las cosechas. En la mayoría de las zonas de producción hortofrutícola, el uso indiscriminado de este tipo de plaguicidas se vuelve una actividad rutinaria y en la mayoría de los casos hay poca o nula concientización sobre los posibles problemas que acarrea, ya sea en la salud o en el medio ambiente, aunado a la deficiencia en regulación o conocimiento de los efectos dañinos de los diversos productos que se ofertan en el mercado (comunicación personal en zonas de producción).

Se han realizado diversos estudios científicos que han reclasificado varias de los principales compuestos activos de los plaguicidas o pesticidas que habían sido autorizados como compuestos tóxicos, esto es de gran importancia ya que a pesar de que para su autorización en nuestro país pasan por un estricto proceso, si el compuesto no había presentado muestras científica de su toxicidad, éste puede estar permitido y posteriormente demostrar su toxicidad, debido a la profundidad de estudios o de las nuevas tecnologías que permiten identificar su efecto a menores concentraciones. Los estudios científicos internacionales han demostrado que si en un inicio algunas de estas sustancias no presentaban un riesgo para la salud con el

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsede Sureste, Tablaje Catastral 31264 km 5.5 Carr. Sierra Papacal-Chuburná puerto, Parque Científico Tecnológico de Yucatán, CP 97302, Mérida, Yucatán, México.

tiempo y su uso desmedido en el campo han traído consecuencias nocivas, tanto para el ser humano como su efecto en la fauna y flora, convirtiéndose en un problema a escala mundial.

El análisis de la península de Yucatán incluye datos de los principales restos de plaguicidas reportados en la región en productos como la miel, principales productos hortofrutícolas y en la acuicultura. Se presentan de manera muy general definiciones y clasificaciones de pesticidas, así como algunas alternativas de uso, con la finalidad de concientizar a la población con relación a este tema de gran interés nacional.

# 1. PLAGUICIDAS: GENERALIDADES Y EFECTOS EN EL AMBIENTE

*Ulises García-Cruz*<sup>1</sup>

*Karina Jiménez Morales*<sup>2</sup>

*Juan Carlos Cuevas-Bernardino*<sup>2</sup>

*Emanuel Herrera-Pool*<sup>2</sup>

*Neith Pacheco*<sup>2</sup>

*Teresa Ayora-Talavera*<sup>2</sup>

## Resumen

Los agroquímicos utilizados en la agricultura se refieren a fertilizantes y plaguicidas, estos últimos catalogados como un material químico fabricado con la finalidad de destruir plagas. Un pesticida es considerado cualquier sustancia que se pueda usar con fines de matar, repeler o controlar el crecimiento de plantas, hongos o animales vivos que sean clasificadas como plagas, en el presente capítulo se aborda la temática al respecto de los pesticidas y su clasificación de acuerdo a las diferentes instancias internacionales, así mismo se presentará información de los efectos ocasionados en el suelo y agua, especificando algunos de los efectos presentes en el Sureste del país.

## 1.1 Introducción

El éxito en el incremento de producción agrícola durante la llamada “revolución verde” se basa, en gran medida, en la evolución realizada en el sec-

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, ENES-Mérida, Tablaje Catastral N°6998, Carretera Mérida-Tetiz Km. 4.5, Municipio de Ucu, Yucatán, México.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco, Subsele Sureste Tablaje Catastral 31264 km 5.5 Carr. Sierra Papacal- Chuburná Puerto. Parque Científico Tecnológico de Yucatán Cp. 97302 Mérida Yucatán,

tor agroalimenticio, la integración de la fertilización, el uso de variedades mejoradas y la introducción de los agroquímicos en la forma de pesticidas para controlar las plagas en los cultivos (Lykogianni et al., 2021).

Los agroquímicos utilizados en la agricultura se refieren a fertilizantes y plaguicidas, de los que hablaremos en este capítulo, los cuales son definidos por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) como cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, así como las sustancias defoliantes y las desecantes. Así mismo, la EPA “Agencia de Protección Ambiental, por sus siglas en inglés” también los define como un material químico fabricado con la finalidad de destruir plagas. De acuerdo con sus características, presentaciones, toxicidad y usos los plaguicidas se clasifican de diferentes maneras y a pesar de los beneficios que estos generan en los cultivos, las afecciones al medio ambiente y la salud pueden ser fatales.

México se encuentra entre los mayores productores mundiales de hortalizas, ya que ocupa el noveno lugar con 14.1 millones de toneladas de producción, ([www.gob.mx](http://www.gob.mx)), para ello, requiere de una gran demanda de diferentes plaguicidas para el control de plagas nocivos para las cosechas. Sin embargo, actualmente varios estudios científicos han reclasificado varias de estas sustancias que están autorizadas como tóxicas, esto es de gran importancia ya que a pesar de que para su autorización y uso en el país pasan por un estricto proceso llevado a cabo por la COFEPRIS, se ha puesto en evidencia que si en un inicio algunas de estas sustancias no presentaban un riesgo para la salud, su uso desmedido en el campo ha presentado consecuencias nocivas, en el ser humano, flora y fauna, convirtiéndose en un problema a escala mundial. Es por eso que, se han creado organismos internacionales para regular de mejor manera estas sustancias, tanto los compuestos de baja toxicidad como aquellos que pueden considerarse altamente peligrosos. Actualmente “La red Internacional de Pesticidas: PAN” (por sus siglas en inglés) creó una lista de los Pesticidas Altamente Peli-



grosos (PAP) por su alta toxicidad. En el caso de México, de las sustancias autorizadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para su uso como pesticidas, existen 183 compuestos que están clasificados como PAP de acuerdo con dicha red, lo que se considera un problema grave de salud y de contaminación ambiental, ya que se siguen utilizando en el campo sin ninguna restricción o regulación. En el presente capítulo se hace una breve reseña del uso, efectos y toxicidad de los pesticidas que más se usan en México.

## **1.2 Definición y clasificación de los plaguicidas**

Como se mencionó en el apartado anterior la COFEPRIS define a los plaguicidas como: “cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, así como las sustancias defoliantes y las desecantes”, de acuerdo con el Art. 278, fracción de la LGS y Art. 2. Frac. XXXVIII del RPLAFEST.

De manera general un pesticida es considerado como cualquier sustancia que se usa con fines de matar, repeler o controlar el crecimiento de plantas, hongos o animales vivos que sean clasificadas como plagas (NIEHS, EPA), el término pesticida se ha utilizado de manera global, sin embargo, se refiere de igual forma a un plaguicida. El plaguicida/pesticida está conformado por la combinación de una sustancia activa que es el químico que actúa en el control de las plagas y una sustancia inerte, esta última juega un rol muy importante al incrementar el rendimiento y la efectividad del producto.

De acuerdo con el principio activo presente en los pesticidas, estos se pueden clasificar de acuerdo con EPA en:

- a) **Convencionales:** son todos aquellos ingredientes que se sintetizan químicamente y que no tienen un origen biológico, también quedan excluidos toda aquella sustancia que se utiliza como antimicrobianos.

- b) Antimicrobianos: son compuestos o mezclas de estos que se aplican a superficies u objetos inertes para suprimir o destruir bacterias, virus u hongos que son nocivos.
- c) Biopesticidas: son todas aquellas sustancias que se producen o se sintetizan a partir de materiales naturales o de un organismo.

A su vez, los pesticidas sintéticos o convencionales pueden presentar diferencias en sus propiedades físicas y químicas por lo que se pueden clasificar dependiendo de las necesidades (Chandra Yadav & Linthoingambi Devi, 2017). Actualmente están clasificados en tres grupos: 1) de acuerdo con la forma de contacto, 2) de acuerdo con la función y la especificidad del compuesto y 3) de acuerdo con la estructura química del pesticida

- 1) *Clasificación de acuerdo con la forma de contacto.* Pesticidas sistémicos que son todos aquellos que se absorben por la piel o la superficie de las plantas y después son transportados a los tejidos, en el caso de las plantas estos se pueden mover por el sistema vascular de manera unidireccional o multidireccional. En animales es utilizado para controlar las plagas de gusanos, piojos y pulgas. Los pesticidas no-sistémicos, también conocidos como pesticidas de contacto ya que estos actúan sobre plagas específicas cuando estas entran en contacto con el compuesto vía epidermis, por lo general son letales al organismo. Los tóxicos estomacales, son todos aquellos que entran a través de la boca del animal y por el sistema digestivo causando la muerte por envenenamiento. La plaga consume este tipo de pesticidas cuando se alimenta ya que pueden estar mezclados con su alimento como pueden ser en distintas partes de la planta, para el caso de los insectos estos lo absorben por el cuerpo causándoles la muerte es por lo que se utilizan para el control de vectores. Los fumigantes son todos aquellos pesticidas que se aplican en forma de vapor, estos gases son venenosos para las plagas e ingresan a su cuerpo a través de su sistema respiratorio o traqueal causándoles la muerte por envenenamiento. Esta clase de pesticidas se utilizan mayormente para eliminar o controlar plagas

en productos alimenticios almacenados y para animales rastreros. Por último, los pesticidas repelentes, se utilizan para el control de plagas ya que estos no matan al organismo y los mantiene alejados de ciertas áreas (Chandra Yadav & Linthoingambi Devi, 2017).

- 2) *Clasificación de acuerdo con la función y especificidad del compuesto.* Con base a esta clasificación los pesticidas se nombran en función de la plaga objetivo, es por esto que se les nombra como plaguicidas, existen algunos plaguicidas que pueden afectar a más de una plaga como ejemplo el aldicarb que puede ser considerado acaricida, insecticida o nematocida porque controla ácaros, insectos y nematodos. Otro ejemplo es el herbicida 2,4D, el cual también funge como repelente d ciertas especies. En la tabla 1 se muestran algunos pesticidas y su aplicación.
- 3) *Clasificación por estructura química.* Esta es una de las clasificaciones más comúnmente utilizadas en el mundo, basada en la estructura química y en la naturaleza del principio activo de los pesticidas, con esta información se puede calcular su eficiencia, así como sus propiedades fisicoquímicas; determinar las proporciones para su uso y aplicación, los potenciales riesgos a la salud, así como cuál sería el mejor método de aplicación para alcanzar los máximos rendimientos del producto.

Tabla 1.1. Clasificación de plaguicidas considerando la plaga objetivo

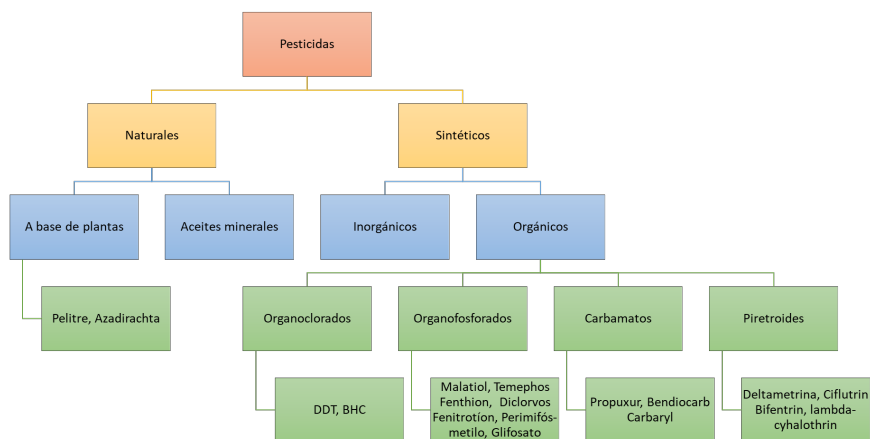
| Plaga        | Plaga objetivo/ función                                       | Pesticida             |
|--------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Insecticida  | Elimina artrópodos e insectos                                 | Aldicarb              |
| Fungicidas   | Mata hongos y mohos                                           | Azoxystrobin          |
| Bactericidas | Mata bacterias o actúa en contra de estas                     | complejos de cobre,   |
| Herbicidas   | Mata malezas y plantas que crecen en lugares no deseados      | glifosato<br>atrazina |
| Acaricidas   | Mata todo tipo de acaro que se alimente de plantas o animales | Bifenazato            |
| Rodenticidas | Control de roedores                                           | Warfarina             |

|               |                                                            |                  |
|---------------|------------------------------------------------------------|------------------|
| Algucidas     | Mata y controla algas                                      | Sulfato de cobre |
| Larvicidas    | Inhibe el crecimiento de larvas                            | Metopreno        |
| Repelentes    | Repele plagas                                              | Methiocarb       |
| Desecantes    | Actúan en plantas secando sus tejidos                      | Ácido bórico     |
| Ovicidas      | Inhibe el desarrollo de los huevos de insectos y ácaros    | Enzoxazin        |
| Virucidas     | Contra virus                                               | Scytovirin       |
| Molusquicidas | Controla y mata caracoles que afectan a los plántos        | Metaldehído      |
| Nematicidas   | Elimina los nematodos que actúan como parásitos en plantas | Aldicarb         |
| Termicidas    | Para control y erradicación de termitas                    | fipronil         |

Fuente: Elaboración propia con información tomada de Chandra Yadav & Linthoingambi Devi, 2017).

Esta clasificación incluye 4 grupos: organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretrina y piretroides. Actualmente la mayoría de los pesticidas son orgánicos es por eso por lo que dentro de esta clasificación se toma en cuenta los pesticidas sintéticos y los de origen natural (Figura 1).

Figura 1.1 Clasificación de pesticidas por su estructura química.



Así mismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) propuso por primera vez en el año 1975 que se clasificaran los pesticidas por su toxicidad y peligros que representan a la salud humana y de animales, pero fue hasta el año 2009 que se establecieron los niveles de toxicidad los cuales se siguen utilizando hasta la fecha (Tabla 1.2). Esta clasificación hace una distinción entre la forma más y menos peligrosas de cada plaguicida, la cual está basada en la toxicidad tanto del compuesto puro como la de sus mezclas o formulaciones con el objetivo de obtener la LD50 tanto por vía oral como por vía epidérmica en roedores. Para alcanzar este objetivo establece varios criterios que ayudan a una mejor categorización de los pesticidas agrupándolos en cinco clases (World Health Organisation (WHO), 2019), como se puede ver en la Tabla 1.2

**Tabla 1.2. Clases y niveles de toxicidad en pesticidas**

| Clase |                               | LD50 para ratas<br>(mg/Kg de peso corporal) |          |
|-------|-------------------------------|---------------------------------------------|----------|
|       |                               | Oral                                        | Dérmico  |
| Ia    | Extremadamente peligrosos     | <5                                          | <50      |
| Ib    | Altamente peligrosos          | 5-50                                        | 50-200   |
| II    | Medianamente peligrosos       | 50-2000                                     | 200-2000 |
| III   | Ligeramente peligrosos        | arriba de 2000                              |          |
| U     | No presentan un peligro agudo | 5000 o más alto                             |          |

Fuente: Extraído de la OMS: Clasificación de pesticidas.

A manera de ejemplo, los pesticidas altamente peligros (PAP) son aquellos que presentan niveles altamente peligrosos, agudos, irreversibles o crónicos que dañan la salud humana y el ambiente de acuerdo con lo descrito por la OMS y el Sistema Armonizado Global (por sus siglas en inglés). Actualmente a nivel mundial los PAP están representando un grave problema para el medio ambiente y la salud humana, debido a que pueden resistir el intemperismo del ambiente durante décadas y volverse una amenaza ecológica en los plantíos. Lo anterior, debido a que se concentran por el uso

excesivo y las malas prácticas durante su aplicación, lo que ha derivado en la contaminación de cuerpos de agua y suelos. La presencia de estas sustancias encontrados en el ambiente puede llevar a la pérdida de biodiversidad ya que pueden eliminar o atenuar poblaciones de insectos que son benéficos para el ambiente. En el año 2015 durante el congreso sobre sustancias químicas (ICCM4) se reconoce a un pequeño grupo de pesticidas como PAP y los considera como un problema a escala mundial por los efectos que tienen, los cuales pueden causar un grave daño al ambiente y a la salud humana en donde se ha observado efectos y contaminación muy nociva en el ambiente y una toxicidad de alta a aguda para el humano.

A partir de esta problemática mundial de los PAP se genera la Red Internacional de Acción de Pesticidas (PAN Internacional) que actualmente es la encargada de integrar toda la información mundial acerca de los pesticidas que se genera por parte de las organizaciones como son la OMS (Organización Mundial de la Salud), EPA (Environmental Protection Agency), SGA (Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos) y IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer), así mismo esta organización establece que para que un pesticida sea considerado como un PAP debe de cumplir los siguientes criterios de toxicidad:

- Aquellos compuestos que se encuentren clasificados como Ia y Ib de acuerdo con la OMS
- Todo aquel pesticida que cumpla los criterios 1A y 1B de la SGA para sustancias carcinogénicas y mutagénicas
- Las sustancias que se encuentren incluidas en los convenios internacionales (anexos A y B, convenio de Estocolmo (POP's); anexo III convenio de Rotterdam; Pesticidas listados en el protocolo de Montreal)
- Aquellos ingredientes activos o las formulaciones de plaguicidas que presenten una alta incidencia de efectos adversos irreversibles o severos en la salud o el ambiente, según las condiciones de uso en el país de acuerdo con la FAO-OMS (2008).

### **1.3 Uso de pesticidas en la agricultura: efectos y permanencia en el ambiente.**

Las opciones de los agricultores para el manejo rápido de plagas y protección de sus siembras han sido principalmente los plaguicidas sintéticos (Lengai et al., 2020a). Desafortunadamente, estos agroquímicos han tenido efectos perjudiciales en la salud, el ambiente y la producción, efectos de toxicidad en organismos no objetivo, además de la generación de resistencia, a la vez que representan un riesgo para la gente directamente expuesta (Lechenet et al., 2017; Lengai et al., 2020b; Zepeda Jazo, 2018a), entre ellos el colapso o extinción de poblaciones de insectos, disminución de aves de pastizales, de organismos benéficos, merma y daños agrícolas, malas prácticas por aplicaciones descontroladas, eliminación deficiente de agroquímicos, uso de productos falsificados, que en su conjunto atentan contra la seguridad alimentaria, contaminación de agua y suelo (Lykogianni et al., 2021a; Zepeda Jazo, 2018b).

El empleo de los plaguicidas sintéticos en la agricultura también ha afectado en forma negativa a los agricultores que comercializan o exportan productos hortícolas, debido a la presencia de plaguicidas prohibidos o cantidades por encima de los límites permitidos (Lengai et al., 2020b), que se relaciona con las malas prácticas por parte de los agricultores. A pesar de que las regulaciones referentes a estos límites en productos agrícolas, los protegen, la situación de los mercados nacionales para estos productos no es del todo claro, y aun con los esfuerzos realizados para un mejor uso de agroquímicos, el uso de productos altamente peligrosos sigue siendo una práctica. Ante estos inconvenientes, la búsqueda de alternativas de plaguicidas como los botánicos ha ganado popularidad, por su baja toxicidad, su eficacia, biodegradabilidad, obtención a partir de materiales, naturales, siendo popular su uso en la agricultura orgánica (Lengai et al., 2020b). Sin embargo, hay que señalar que el aumento de la agricultura orgánica y la legislación relacionada no necesariamente ha implicado una mayor seguridad al ambiente y consumidores, debido a que aún existen malas prácticas en aplicaciones o usos ilegales, como sucede

en la agricultura convencional. Incluso, presencia de algunos plaguicidas que sobrepasan los límites permitidos, han sido detectados en productos orgánicos agrícolas, como resultado principalmente del uso de plaguicidas no autorizados lo cual representa un efecto negativo para la producción. Las malas prácticas en el uso de plaguicidas, el uso irracional en plagas no objetivo, la falta de regulación sobre plaguicidas altamente peligrosos en algunos países, el empleo de sustancias activas no autorizadas por la carencia de productos autorizados, han representado implicaciones negativas sobre su uso (Lykogianni et al., 2021b).

### *1.3.1 Efecto en contaminación del suelo y agua*

Los suelos de siembra consisten en una mezcla de componentes orgánicos y minerales presentes en estado sólido, líquido o gaseoso, lo que proporciona las características para el desarrollo de plantas y cultivos, la conformación de estos suelos varía de acuerdo con sus componentes ya que les permiten almacenar el agua y nutrientes necesarios para lograr un desarrollo de las raíces de cultivos y de microorganismos presentes en el. Sin embargo, el suelo posee la capacidad de retener metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y pesticidas, todos estos considerados contaminantes, funcionando como un absorbente de estos y que pudieran afectar la cadena alimenticia hasta llegar a afectar a la salud humana (Wołejko et al., 2020).

Así mismo, el riesgo ambiental por plaguicidas varía en función de las características intrínsecas de sus sustancias activas, tales como su toxicidad o persistencia, por los volúmenes aplicados, los periodos, los métodos de aplicación, los cultivos o tipo de suelo (Vela et al., 2019a). Debido a que los plaguicidas sintéticos, no son de fácil biodegradación, se suelen acumular en el ambiente, y causan contaminación en aguas subterráneas y suelos, o también producen el agotamiento de la capa de ozono. Por ello los plaguicidas químicos se han asociado a efectos nocivos en los seres humanos, como enfermedades crónicas por exposición (Lengai et al., 2020b). Algunos plaguicidas por ejemplo como el flonicamid, son estables a las soluciones acuosas y a la fotólisis, pero no son persistentes en el suelo y tiene relativamente baja toxicidad acuática en el medio ambiente, sin embargo,



otros como el clorantlanilipol, son persistentes en aguas superficiales, pero con alta toxicidad acuática (Vela et al., 2019b).

Aun cuando diversos investigadores han demostrado que una gama de contaminantes orgánicos en los tejidos de cultivos, tienen un riesgo disminuido, y que las plantas poseen vía metabólicas para su transformación o degradación, el problema de regulación y uso indiscriminado de plaguicidas da lugar a que sus residuos tóxicos contaminen el medio ambiente y se bioacumulen en la cadena alimenticia representado una amenaza de salud pública, (Mondal et al., 2020a; Vela et al., 2019b). Casos como la presencia de residuos altamente peligrosos como el DDT o HCH aún son frecuentes en alimentos, principalmente grasos, como la leche (Ishaq & Nawaz, 2018; Mondal et al., 2020b).

En el caso de productos hortícolas, los remanentes de plaguicidas depositados en las superficies tienden a penetrar las ceras cuticulares y capas más profundas con el paso de los días. Plaguicidas altamente peligrosos como los piretroides sintéticos o el mismo DDT, resistentes a hidrólisis o menos volátiles, se eliminan lentamente en productos agrícolas, incluso sus residuos pueden aumentar su concentración por la pérdida de humedad (Vela et al., 2019b). Por otro lado, las prácticas agrícolas se han considerado entre las principales formas de contaminación de agua por plaguicidas, así grandes volúmenes de agua residuales agrícolas suelen generarse para reutilización en riego o recarga de acuíferos. Provenientes de los tratamientos con plaguicidas y enjuague de la maquinaria utilizada para la aplicación de los agroquímicos que, al contener residuos de plaguicidas químicos, generalmente no son eliminados de forma correcta y controlada, ocasionan fitotoxicidad, contaminación de aguas superficiales o filtración de los plaguicidas al suelo subterráneo (Campos-Mañas et al., 2019; Vela et al., 2019b).

A pesar de existir alternativas como los plaguicidas botánicos, los cuales se ha promovido debido a su biodegradabilidad en horas o pocos días, y no acumulación en el agua o en suelo, la eliminación de sus solventes de extracción aun es un tema de contaminación a resolver (Lengai et al., 2020b). Por otro lado, al entrar en vigor la directiva referente al uso

sostenible de plaguicidas (2011-2018), el uso de plaguicidas químicos de alto riesgo no ha tenido gran cambio en la actualidad. Además, el cambio climático aunado a la alta velocidad de resistencia a compuestos químicos, tienden a intensificar la problemática actual del uso de plaguicidas químicos. Incluso algunos países aun dependen de moléculas de plaguicidas antiguas, peligrosas pero baratas, que ocasionan efectos agudos o crónicos, ya sea por exposición directa o residuos (Lykogianni et al., 2021b; Mondal et al., 2020b). Ante esta situación y los impactos negativos de la utilización de plaguicidas químicos en los campos agrícolas, las prácticas para un mejor uso y búsqueda de soluciones, sigue siendo una tarea actual. Tarea que es importante se aborde en comunicación con todas las partes interesadas, tales como los industriales agrícolas, los fabricantes de plaguicidas, las autoridades gubernamentales como la COFEPRIS, encargada de la autorización de registros de estos productos, de la mano de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), así como de la autorización, control y/o vigilancia de los establecimientos de fabricación, formulación y almacenamiento de plaguicidas, en el ámbito de sus atribuciones ([www.gob.mx/senasica/](http://www.gob.mx/senasica/) [www.gob.mx/cofepris/](http://www.gob.mx/cofepris/)),

### *1.3.2 Plaguicidas en cuerpos de agua de la península de Yucatán.*

Como se ha mencionado, los agroquímicos son usados para aumentar rendimientos de cultivos y pastos, sin embargo, algunos tienen alto potencial de poder ser lixiviados en suelos cársticos por su gran capacidad de solubilidad en agua, lo que puede provocar que estos compuestos tóxicos puedan ser encontrados en el agua que se encuentra en el subsuelo y los cenotes de la península de Yucatán, sobre todo en temporada de lluvias donde el fomento de la presencia de ciertos agroquímicos se incrementa (Tabla 1), (Cejudo et al., 2021).

La contaminación de los recursos hídricos subterráneos es el resultado de la lixiviación de pesticidas del suelo donde se han aplicado y donde pueden persistir debido a su mala disipación (Góngora-Echeverría et al., 2019). En Yucatán, se tiene evidencia científica que existe una expo-

sición crónica de la población maya a los plaguicidas y parte de esta población bebe agua contaminada con residuos de pesticidas organoclorados (Á. G. Polanco Rodríguez et al., 2017). Los autores reportan en el estudio realizado a 70 muestras de sangre de mujeres mayas pertenecientes a 18 municipios del estado de Yucatán que fueron detectadas concentraciones de pesticidas organoclorados, lo cual puede ser debido a la infiltración de estos compuestos tóxicos hacia los acuíferos, mismos de donde proviene el agua que se potabiliza.

También, hay reportes sobre presencia de glifosato en agua del subsuelo y agua para beber que se encuentra embotellada, lo que indica una alta exposición y uso exagerado de este herbicida en la agricultura (Rendón-Von Osten & Dzul-Caamal, 2017). Otro estudio realizado en el municipio de Ticul, Yucatán fue llevado a cabo para poder detectar y medir las concentraciones de pesticidas en el agua del grifo doméstico para estimar el riesgo de problemas a la salud en lactantes, niños y adultos (Pérrera-Rios et al., 2021).

Ante estos escenarios, hay varios factores a considerar en el proceso de contaminación de agua en la península de Yucatán, tales como: sociales (pobreza, niveles de baja educación, baja percepción de riesgo sobre el uso de agroquímicos cancerígenos, tasas de enfermedades por arriba de la media nacional relacionadas a agroquímicos cancerígenos) y naturales (la fragilidad del ecosistema por alta densidad de cenotes, los cuales son una ruta principal que favorece la contaminación de los mantos acuíferos subterráneos), es por ello que la contaminación tanto del glifosato y de los pesticidas organoclorados han agravado la toxicidad del acuífero subterráneo y los problemas de salud humana de la península de Yucatán (Rodríguez G & Araujo Leon, 2018).

Actualmente, es importante la conservación del agua para evitar un alto efecto en la salud, así como la aplicación de normas ambientales, especialmente cuando existe una alta fragilidad por la contaminación del agua en el ecosistema, particularmente en los países en desarrollo (Angel G Polanco, 2018). Debido a todo lo anterior, es muy importante contar con agua potable de buena calidad, ya que este vital líquido es fundamental

para la salud humana, la conservación de la biodiversidad, así como para el desarrollo económico y social de los países, por ello el manejo de los recursos hídricos debe llevarse a cabo de manera estratégica en la agenda de los gobiernos (Rodríguez G & Araujo Leon, 2018). A nivel mundial existen normas y reglamentos que indican límites máximos permitidos de plaguicidas organoclorados presentes en agua, que deben ser monitoreados para que la calidad del agua no exceda estos límites (Angel G Polanco, 2018). Así mismo, existen recientes estudios que indican la gran necesidad para establecer programas de monitoreo permanentes en el agua y sedimentos de los cuerpos de agua en México, esto con la finalidad de poder implementar medidas de mitigación de ciertos pesticidas altamente peligrosos (Leal-Acosta et al., 2022).

Tabla 1.3 Plaguicidas principales detectados en acuíferos de la península de Yucatán.

| Plaguicidas                                       | Lugar de estudio.                                                                                                                                                                                                                            | Principales hallazgos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Referencias.                            |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4 D). | Área agrícola (Yucatán: Tizimin, Sucilá y Panabá).<br><br>Área no agrícola (Benito Juárez, Quintana Roo).                                                                                                                                    | Presencia del herbicida 2,4 D a concentraciones < 0.5 mg L <sup>-1</sup> en agua subterránea.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | (Cejudo et al., 2021).                  |
| Pesticidas organoclorados.                        | 18 municipios de Yucatán (zona metropolitana: Uman, Kanasin, Tixkokob, Izamal, Dzoncauich y Progreso; zona agrícola: Peto, Tzucacab, Tekax, Oxkutzkab, Teabo y Ticul; zona pecuaria: Tizimin, Espita, Valladolid, Chemax, Tekom y Cuncunul). | Se detectaron endosulfán (7.35 µg/mL), aldrín (3.69 µg/mL), diclorodifeniltricloroetano (2.33 µg/mL), δ-HCH (1.39 y 1.46 µg/mL) en el área pecuaria, mientras que, dieldrin (1.19 µg/mL) y 4,4' DDE (1.26 µg/mL) se el área agrícola y finalmente en el área metropolitana se detectaron γ-HCH (0.080 µg/mL) y heptacloro (0.064 µg/mL) todo llevado a cabo en muestras de sangre de mujeres. | (Á. G. Polanco Rodríguez et al., 2017). |

|                                                 |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                         |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Herbicida glifosato (N-(fosfonometil) glicina). | Muestras de aguas subterráneas de pozos, agua embotellada y orina en Hopelchén, Campeche.                                                                    | Concentración de glifosato en agua subterránea (1.42 µg/L), agua embotellada (0.65 µg/L) y orina (0.47 µg/L) de agricultores de varias localidades de Campeche.                                                                                                                                                               | (Rendón-Von Osten & Dzul-Caamal, 2017). |
| Ingredientes activos de pesticidas.             | 48 muestras de agua domestica de Ticul, Yucatán.                                                                                                             | 24 ingredientes activos de pesticidas fueron detectados en las muestras de agua doméstica. Los principales fueron: β-BHC, clorotalonil, malatión, aldrín heptacloro y clorfirifós-metilo, los cuales poseen un riesgo mayor en la salud de infantes de Ticul, especialmente por los posibles riesgos cancerígenos a la salud. | (Perera-Rios et al., 2021).             |
| Pesticidas organoclorados.                      | Muestras de agua de 20 cenotes de 11 municipios de Yucatán (Abalá, Buctzotz, Celestún, Chocholá, Dzilám G., Izamal, Kinchil, Kopomá, Sacalúm, Tekit, Tecóh). | Dzilam presentó las mayores concentraciones de heptacloro (13.61 y 12.54 ppm), por su parte Tecoh presentó altas concentraciones de α-lindano (6.5 ppm) y δ-lindano (10.86 ppm), además, Celestun presentó altas concentraciones de heptacloro (4.42) y γ-lindano (2.56 ppm).                                                 | (A. G. Polanco Rodríguez et al., 2015). |

Fuente: Elaboración propia.

## 1.4 Conclusiones, recomendaciones, prospectiva

El control sobre el uso de plaguicidas químicos es de gran interés debido a sus propiedades tóxicas intrínsecas, sobre todo de aquellos clasificados como altamente peligrosos. Ya que los plaguicidas químicos pueden llegar al ser humano por diferentes vías de exposición, pueden acumularse en el ambiente, tener efectos crónicos ya sea por exposición directa o por los

residuos en alimentos y otras fuentes con las que el ser humano se encuentre en contacto. Por ello, el uso correcto de plaguicidas acorde a las buenas prácticas, el uso de plaguicidas autorizados y acorde al uso autorizado, el respeto a los límites máximos permisibles, representan un gran reto debido a que son tareas que recaen en los diferentes participantes que intervienen, desde su producción, uso y los encargados de su regulación. Tales como, los industriales que fabrican las sustancias activas, los empresarios que los utilizan, la academia que aporta sus conocimientos para identificación de riesgos y sugerencias de uso, las autoridades gubernamentales que emite la legislación, las acciones para la vigilancia, control y autorización sobre su uso. La legislación sanitaria disponible en diferentes países no es respetada del todo, en algunos casos hace falta la revisión o actualización de la legislación existente y en otros casos la regulación es carente, lo que da lugar a uso de productos obsoletos o prohibidos en algunas partes del mundo. La integración y comunicación de los diferentes participantes que interviene en el uso de plaguicidas es crucial para el acatamiento de los reglamentos existentes, para la actualización, modificación y emisión de leyes y/o las normas necesarias, para la capacitación y entendimiento de estas.

## Referencias

- Angel G Polanco, R. (2018). Impact of the Pesticides in the Environment and Public Health: The Case of Yucatan, Mexico. *International Archives of Public Health and Community Medicine*, 2(1), 2–3. <https://doi.org/10.23937/iaphcm-2017/1710005>
- Campos-Mañas, M. C., Plaza-Bolaños, P., Martínez-Piernas, A. B., Sánchez-Pérez, J. A., & Agüera, A. (2019). Determination of pesticide levels in wastewater from an agro-food industry: Target, suspect and transformation product analysis. *Chemosphere*, 232, 152–163. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.147>
- Cejudo, E., Leal-Bautista, R. M., Smith, D. N. I., & Grimaldo-Hernández, C. D. (2021). Detección de 2, 4-D en agua subterránea en el noreste de la Península de Yucatán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2472>

- Chandra Yadav, I., & Linthoingambi Devi, N. (2017). Pesticides Classification and Its Impact on Human and Enviroment. In B. R. Gurjar & R. Chandra (Eds.), *Environmental Science and Engineering : Toxicology* (Vol. 6, p. 500). Studium Press LLC.
- Góngora-Echeverría, V. R., Martin-Laurent, F., Quintal-Franco, C., Lorenzo-Flores, A., Giacomán-Vallejos, G., & Ponce-Caballero, C. (2019). Dissipation and Adsorption of 2,4-D, Atrazine, Diazinon, and Glyphosate in an Agricultural Soil from Yucatan State, Mexico. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230(6). <https://doi.org/10.1007/S11270-019-4177-Y>
- Ishaq, Z., & Nawaz, M. A. (2018). Analysis of contaminated milk with organochlorine pesticide residues using gas chromatography. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 878–890. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1460607>
- Leal-Acosta, M. L., de Jesús Bastidas-Bastidas, P., Cruz-Acevedo, E., Aguilar-Jiménez, E. E., Perea-Domínguez, X. P., Martínez-Álvarezd, I. G., & Leyva-Morales, J. B. (2022). Pesticides in water and sediments of Chacahua-Pastoria Lagoon System, Oaxaca, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 174, 113177. <https://doi.org/10.1016/J.MAR-POLBUL.2021.113177>
- Lechenet, M., Dessaint, F., Py, G., Makowski, D., & Munier-Jolain, N. (2017). Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nature Plants*, 3(March), 1–6. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.8>
- Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. (2020a). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>
- Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. (2020b). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>
- Lykogianni, M., Bempelou, E., Karamaouna, F., & Aliferis, K. A. (2021a). Science of the Total Environment Do pesticides promote or hinder

- sustainability in agriculture ? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. *Science of the Total Environment*, 795, 148625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148625>
- Lykogianni, M., Bempelou, E., Karamaouna, F., & Aliferis, K. A. (2021b). Science of the Total Environment Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture ? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. *Science of the Total Environment*, 795, 148625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148625>
- Mondal, P., Chandra, B., Viswavidyalaya, K., Ganguly, M., Chandra, B., Viswavidyalaya, K., Saha, K., Chandra, B., & Viswavidyalaya, K. (2020a). *Pesticide Residue Management : Current Scenario and Innovations For Ecological Sustainability*. August.
- Mondal, P., Chandra, B., Viswavidyalaya, K., Ganguly, M., Chandra, B., Viswavidyalaya, K., Saha, K., Chandra, B., & Viswavidyalaya, K. (2020b). *Pesticide Residue Management : Current Scenario and Innovations For Ecological Sustainability*. August.
- Perera-Rios, J., Ruiz-Suarez, E., Bastidas-Bastidas, P. de J., May-Euán, F., Uicab-Pool, G., Leyva-Morales, J. B., Reyes-Novelo, E., & Pérez-Herrera, N. (2021). Agricultural pesticide residues in water from a karstic aquifer in Yucatan, Mexico, pose a risk to children's health. *International Journal of Environmental Health Research*. <https://doi.org/10.1080/09603123.2021.1950652>
- Polanco Rodríguez, A. G., Alberto, J. A. N., Sánchez, J. S., Rejón, G. J. M., Gómez, J. M., & Del Valls Casillas, T. A. (2015). Contamination by organochlorine pesticides in the aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatán, México. *Water and Environment Journal*, 29(1), 140–150. <https://doi.org/10.1111/wej.12080>
- Polanco Rodríguez, Á. G., Riba López, M. I., DelValls Casillas, T. Á., Araujo León, J. A., Mahjoub, O., & Prusty, A. K. (2017). Monitoring of organochlorine pesticides in blood of women with uterine cervix cancer. *Environmental Pollution*, 220, 853–862. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2016.10.068>



- Rendón-Von Osten, J., & Dzul-Caamal, R. (2017). Glyphosate residues in groundwater, drinking water and urine of subsistence farmers from intensive agriculture localities: A survey in Hopelchén, Campeche, Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph14060595>
- Rodriguez G, A. P., & Araujo Leon, J. A. (2018). The glyphosate herbicide in Yucatan, Mexico. *MOJ Bioequivalence & Bioavailability*, 5(6), 284–286. <https://doi.org/10.15406/mojbb.2018.05.00115>
- Vela, N., Fenoll, J., Garrido, I., Pérez-lucas, G., Flores, P., Hellín, P., & Navarro, S. (2019a). Science of the Total Environment Reclamation of agro-wastewater polluted with pesticide residues using sunlight activated persulfate for agricultural reuse. *Science of the Total Environment*, 660, 923–930. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.060>
- Vela, N., Fenoll, J., Garrido, I., Pérez-lucas, G., Flores, P., Hellín, P., & Navarro, S. (2019b). Science of the Total Environment Reclamation of agro-wastewater polluted with pesticide residues using sunlight activated persulfate for agricultural reuse. *Science of the Total Environment*, 660, 923–930. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.060>
- Wołejko, E., Jabłońska-Trypuć, A., Wydro, U., Butarewicz, A., & Łozowicka, B. (2020). Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides – A review. *Applied Soil Ecology*, 147(November 2019). <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.09.006>
- World Health Organisation (WHO). (2019). The Who recommended classification of pesticides by hazard. In *World Health Organization* (2019th ed.).
- Zepeda Jazo, I. (2018a). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 99. <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i1.752>
- Zepeda Jazo, I. (2018b). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 99. <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i1.752>

## **Bibliografía internet**

<https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pesticides/index.cfm> (fecha de consulta 26/01/2022)

<https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/basic-information-about-pesticide-ingredients> (Fecha de consulta 26/01/2022)

<https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/emerging-issues/highly-hazardous-pesticides-hhps#:~:text=%E2%80%9CHighly%20Hazardous%20Pesticides%20means%20pesticides,listing%20in%20relevant%20binding%20international> (Fecha de consulta 26/01/2022)

<https://www.gob.mx/senasica/documentos/registro-de-plaguicidas-agricolas?state=published> (Fecha de consulta 06/09/2022)

<https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/registro-sanitario-de-plaguicidas-y-nutrientes-vegetales> (Fecha de consulta 06/09/2022)

## **2. PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN RELACIONADO CON LOS PRODUCTOS AGROPECUARIOS Y DERECHOS HUMANOS**

*Manuel Alejandro Lizardi Jiménez <sup>1</sup>*

*Violeta Mendezcarlo Silva <sup>2</sup>*

*Gabriela Josefina Aguirre García <sup>3</sup>*

### **Resumen**

El término de seguridad alimentaria se focaliza como el acceso y abasto de los alimentos sin considerar quién y cómo los producen (Micarelli, 2018). Pero no considerar el quién y cómo producen los alimentos ha exhibido la dependencia de regiones enteras ante potencias económico-tecnológicas que imponen reglas acerca de cómo se consumen esos alimentos. Además de su función obvia de asegurar la subsistencia, los alimentos son un medio complejo por el cual se crean, reproducen y transforman identidades, relaciones socioambientales y fenómenos culturales. Por ejemplo, se impone desde una idea mercantilista y productivista OMG en lugar de alimentos orgánicos. Otra manera de acercarse al Derecho Humano a la Alimentación se ha planteado dentro de los movimientos globales alimentarios. La Vía Campesina propuso en 1996 el camino de la Soberanía Alimentaria como uno de los principales derechos que poseen los pueblos para poder precisar sus políticas tanto agrícolas como alimentarias. En el 2012, el concepto se radicalizó hacia el derecho de los pueblos para poder manejar sus propias

---

<sup>1</sup> CONAHCYT-Universidad Autónoma de San Luis Potosí. MDH, LGAC Estudios Sociales, Sierra Leona 550, 2da. Sección, San Luis Potosí, San Luis Potosí C. P. 78210, México.

<sup>2</sup> Facultad de Derecho, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Sierra Leona 550, 2da. Sección, San Luis Potosí, San Luis Potosí C. P. 78210, México.

<sup>3</sup> Maestría en Derechos Humanos, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Sierra Leona 550, 2da. Sección, San Luis Potosí, San Luis Potosí C. P. 78210, México.

materias primas como las semillas, la utilización de su agua y su territorio en función de una producción local (Micarelli, 2018). La idea de Soberanía Alimentaria ha sido promovida por el movimiento Vía Campesina como una vía hacia una alimentación sana, nutritiva y culturalmente adecuada. En el presente capítulo se presentarán los productos agropecuarios de la Península de Yucatán en el contexto de soberanía alimentaria y seguridad alimentaria, abordando la presencia de plaguicidas y contaminantes en la península enfocado al principio de precaución, así como los derechos humanos contextualizándolos en la soberanía alimentaria.

## **2.1 Productos agropecuarios en la península de Yucatán en el contexto de soberanía y seguridad alimentaria**

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) definió en la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996 a la seguridad alimentaria en los siguientes términos: “...existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana” (Urquía-Fernández, 2014).

En general la FAO considera indicadores tales como la disponibilidad total de alimentos y la población total. Las diferencias con relación a los alimentos y la cantidad de calorías a las que se accede. Sin embargo, el cálculo de esos indicadores suele ser complejo para cada país, particularmente en uno como México con marcadas regiones con desarrollo distinto. Aún más, incluso entre entidades federativas y en subregiones dentro de cada entidad. En ese sentido parece temerario hablar de una seguridad alimentaria nacional en el Estado Mexicano. Basta recordar que las fronteras entre las entidades federativas responden a políticas de división administrativa y no necesariamente son consistentes con las maneras de acceder a los alimentos en cada región.

El término de seguridad alimentaria se centra en el acceso y abasto de los alimentos sin considerar quién y cómo los producen (Micarelli,

2018). Pero no considerar el quién y cómo producen los alimentos a exhibido la dependencia de regiones enteras ante potencias económico-tecnológicas que imponen reglas acerca de cómo se consumen esos alimentos. Otra manera de acercarse al Derecho Humano a la Alimentación es posible y se ha imaginado prácticamente en paralelo. Dentro de los movimientos globales alimentarios La Vía Campesina propuso en 1996 el camino de la Soberanía Alimentaria como el derecho de los pueblos a definir sus políticas agrícolas y alimentarias. En resumen, cuestionar ¿Quién y por qué? produce los alimentos. Un poco más reciente, en el 2012, el concepto se radicalizó hacia el derecho de los pueblos de controlar sus propias semillas, su agua y su territorio en función de una producción local (Micarelli, 2018). La idea subyacente es contraria a la hipermercantilización de los alimentos.

La idea de Soberanía Alimentaria ha sido promovida por el movimiento Vía Campesina como una vía hacia una alimentación nutritiva, sana y adecuada desde el punto de vista cultural (Giunta, 2021) y es completamente contraria a la idea de dependencia de las grandes transnacionales de la alimentación. La Vía Campesina se erige como una clave en las luchas transnacionales populares actuales contra el neoliberalismo (Von Redecker & Herzig, 2020). Son más de 200 millones de agricultores de 73 países, entre ellos México y la zona Maya (Martínez-Torres & Rosset, 2014). La Península de Yucatán, su cultura y su alimentación están bien documentadas. El manto cultural de la alimentación tiene implicaciones en la relación entre grupos humanos y con su ambiente. En las zonas costeras de la península está documentado la ingesta de peces como rayas y tiburones. Tierra adentro aves como pavos, mamíferos como los armadillos y reptiles como las tortugas (Flores & Götz, 2014). Actualmente, entre los productos agropecuarios en la península de Yucatán destacan los de la actividad acuícola, hortofrutícola y apícola.

En cuanto a la actividad acuícola, tierra adentro se presenta el cultivo de tilapia de manera importante y en zonas costeras se han tenido experiencias con camarón entre otras especies. Está documentado la contaminación de efluentes acuícolas con nitrógeno y fosforo. El amonio, (una

fueron importantes de nitrógeno) es letal para peces (1.5 mg/L)(Poot López et al., 2021).

Respecto a la actividad hortofrutícola destaca la región de Oxkutzcab (Yucatán). El municipio Oxkutzcab ha sido llamado desde los años cincuenta del siglo pasado como “la huerta de Yucatán” y de ahí se proveía al mercado yucateco, y la región peninsular, de frutas y hortalizas. Desde chicozapote hasta mamey, desde ciruela hasta aguacate (Pérez Castro et al., 2019). Sin embargo, a finales de siglo, la política neoliberal rompió esta especialización y la comunidad tuvo que ganarse la vida de otras maneras, generando entonces nuevas relaciones sociales. Sin embargo, los saberes tradicionales de esa comunidad son un ejemplo claro de la reserva de conocimientos y tecnologías tradicionales que pueden insertarse de manera eficiente en la política pública de la soberanía alimentaria. La soberanía alimentaria hace énfasis en la manera de producir culturalmente adecuada. Los saberes de una cultura abonan a esa soberanía lejos de las imposiciones mercantilistas de las grandes transnacionales agropecuarias.

Respecto a la actividad apícola se puede decir que la miel de Yucatán presenta propiedades físicas, químicas y sensoriales apreciadas en el mercado internacional. Justamente esa calidad se ha conservado gracias a sus saberes de tecnología tradicional no tecnificado(Ordóñez et al., 2012). En muchas ocasiones la tecnificación con objetivo de masificar un producto cambia las propiedades y culturalmente implica una manera de relacionarse distinto con él. Cuando el cambio tecnológico se adecua a una lógica de maximización de utilidad económica al margen de los deseos y/o intereses de la comunidad se puede hablar de una imposición. Por otro lado, la diversidad biológica de México ha definido regiones apícolas, dando a la miel Yucateca una ventaja competitiva en el mercado global, junto con otras mieles mexicanas (Magaña Magaña et al., 2012). Sin embargo, la contaminación y plaguicidas imponen riesgos para la actividad apícola. El número de colonias de abejas silvestres han disminuido sustancialmente en Europa y Estados Unidos en detrimento no solo de la producción de mieles sino de la biodiversidad ya que la polinización de flora silvestre disminuye. Contaminantes y pesticidas son un riesgo para las abejas dado

el aumento de mortandad de su volumen. Peor aún, no hay información suficiente al respecto en México específicamente en la Península de Yucatán(Becher et al., 2013).

En la Figura 1 se presenta el esquema de los elementos de productos agropecuarios en la península de Yucatán en el contexto de Soberanía y seguridad alimentaria.



Figura 2.1. Elementos de distinción entre soberanía y seguridad alimentaria en el contexto de los productos agropecuarios en la península de Yucatán. Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 Plaguicidas y contaminantes en la península de Yucatán: principio de precaución

La soberanía alimentaria como elemento determinante de derechos y a su vez, dependiente del manejo sustentable del suelo, agua y aire por parte de las comunidades yucatecas para decidir qué productos quieren producir y comer, también está determinado por una condición histórica de contaminación del ecosistema peninsular, debido a los riesgos e impactos tanto de tipo ambiental como social, que el sector industrial ha dejado desde hace más de un siglo para la zona.

De acuerdo con una reciente investigación de contaminación por “pesticidas organoclorados” en Yucatán (Escamilla-López et al., 2020), los cuales tienen algunos efectos nocivos en la reproducción y desarrollo animal, además de alterar el sistema inmunológico, los pesticidas han permanecido y se han movido por la península desde hace más de un siglo. Esta investigación documenta que, durante el periodo de la epidemia de la malaria, que ocurrió de 1888 a 1990, se aplicaron 33 toneladas de DDT en varios de los municipios de Yucatán. Por otra parte, el monocultivo del henequén hasta mediados del siglo XX relacionado con la pobreza alimentaria de la zona, empujó a las comunidades rurales a mantener huertos familiares para la producción de comida en los alrededores de los monocultivos, los cuales contaminaron el suelo y los alimentos con “pesticidas organoclorados”, por su uso continuo sin regulación. Esta contaminación histórica, de acuerdo con la misma investigación, sigue presente en la sangre de las mujeres yucatecas que padecen cáncer cervical, en la leche de las mujeres mayas, en el agua de los cenotes, en la sangre de las tortugas y en los tejidos de los peces. Los municipios de la península que reporta esta investigación con presencia de contaminantes organoclorados son: Cacalchén, Chicxulub pueblo, Homún, Komchén, Kopomá, Motul, Seyé, Sinanché, Tetiz, Timucuy y Tixkokob.

Posteriormente, con el desuso mundial del henequén y, con la finalidad de diversificar la agroindustria y los negocios en la península de Yucatán la producción de carne de cerdo, primero para consumo local y después, para ser exportada, básicamente a Japón (López-Fabila, 2020), aunado al encadenamiento de la producción del monocultivo de la soya, principalmente sobre Campeche y Yucatán (SIAP, 2021b), así como, el desarrollo de la industria turística, desarrollada básicamente sobre la Riviera Maya (García de Fuentes, 2019), representan actividades industriales que producen riesgo ambiental y pérdida de soberanía alimentaria sobre la península.

De acuerdo con una investigación (López-Fabila, 2020) enfocada en la experiencia de riesgo y daños ambientales que padece la comunidad de Kinchil, Yucatán, frente a la imposición de un megaproyecto porcícola,



se sabe que esta agroindustria está restructurando a favor del capital industrial, tanto los modos de producción agrícola local, como la manera en que se organiza la producción desde el punto de vista social.

En lo que respecta a la restructuración agrícola, el encadenamiento entre la industria porcícola desarrollada básicamente en Yucatán, 86% del total de las granjas instaladas en la península se localizan en esta entidad, con la producción de soya, la cual se siembra tanto en Campeche como en Yucatán y según cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2021b), el estado de Campeche es el primer productor de soya en el país, ha modificado la composición agrícola de la península, sustituyendo el cultivo de maíz por el cultivo de la soya. De acuerdo con el SIAP, (SIAP, 2021a.), la superficie sembrada en hectáreas sólo para estado de Yucatán ha venido aumentando año con año. En el 2008, la superficie sembrada con soya fue de 10, 750 hectáreas mientras que, para el 2021 la superficie sembrada aumento a 13, 365 hectáreas, en tanto, la superficie de siembra de maíz ha venido disminuyendo en la misma proporción, en la que la soya aumenta. Este dato nos indica que el estado de Yucatán está perdiendo en términos relativos soberanía alimentaria en maíz y ganando en producción de soya para la producción de cerdos que se exportan.

En lo que respecta a la restructuración de la manera que se organiza la producción local desde un punto de vista social y siguiendo con el caso de estudio de la comunidad de Kinchil, Yucatán (López-Fabila, 2020), la introducción de la industria porcícola en Yucatán integra a los campesinos de la región a la industria con la denominación de “socios” del negocio. Bajo esta denominación, la empresa les entrega cerdos a los campesinos para que los cuide y alimente conforme las técnicas que la empresa dispone en torno a los animales y, sobre las instalaciones que se crean expreso para la cría de cerdos, sobre el territorio de los campesinos. Bajo esta modalidad nos dice López-Fabila (2020:99), se territorializa el despojo a través de; “un abaratamiento de la mano de obra, reducción de inversiones y deslinde de responsabilidades frente al daño ambiental” a lo cual agregaría, que este modelo de negocio hace que el campesino pierda

control, tanto de su fuerza de trabajo como de los conocimientos o saberes en los que históricamente ha fundamentado su modo de vida.

No obstante, a los daños y riesgos a la soberanía alimentaria que promueve la industria porcícola en Yucatán los riesgos ambientales que genera esta industria incluyen la utilización descontrolada de agrotóxicos peligrosos para la producción de soya (Hinojosa & Rendón, 2017), la extracción de grandes cantidades de agua de los acuíferos para alimentar y limpiar a los cerdos, el depósito de aguas contaminadas con excrementos y orina de los cerdos, sin previo tratamiento al acuífero (Greenpeace, 2020), la contaminación por malos olores (Pacheco, 1997), así como el riesgo de surgimiento de virus que han ocasionado pandemias como la gripe porcina (AH1N1) (Wallace, 2016).

En lo que respecta a la contaminación del agua por el uso de agrotóxicos para la producción de soya, el agua del estado de Campeche está contaminada por varios plaguicidas usados en los cultivos de la zona. El estudio de Hinojosa y Rendón (2017) efectuado en Hopelchén, Campeche muestra que el agua que se distribuye en localidades de Sahcabchén, Suc Tuc, Crucero San Luis, Ich-Ek y Francisco J. Mújica tiene residuos de glifosato y en la laguna de Silvictuc en Campeche se da detectado la presencia de varios plaguicidas, en los que destacan el glifosato, 2,4-D, picloram, paraquat, fenitrotion y metamidofos, y algunos de estos se reportan en la lista de PAPs, e incluso algunos de ellos han sido prohibidos en otros países.

De acuerdo con un estudio sociológico realizado a la comunidad de Dzidzantún en Yucatán (Tamayo Manrique et al., 2018), que se dedica principalmente a la agricultura, las prácticas tradicionales para buscar eliminar las plagas y las “malas hierbas” de los cultivos han cambiado casi en su generalidad, pues sólo el 18% de la comunidad utiliza técnicas tradicionales. El uso de herbicidas como el Paraquat y el glifosato es muy común, lo mismo que el uso del metamidofos, que se considera uno de los compuestos con mayor toxicidad ya que se absorbe rápidamente por la piel y presentando capacidad neurotóxica, también utilizan el lindano, con efectos neurotóxicos, causando daño en el hígado, riñones y puede funcionar como disruptor endocrino, el Furan, que produce sobreestimulación

del sistema nervioso, la cipermetrina presenta efectos de irritación ocular, afecciones en la piel y sistema nervioso, por último la permetrina catalogado como agente cancerígeno por vía oral y que también daña el sistema nervioso.

Respecto a la contaminación por excremento y orina de los cerdos, de acuerdo con el estudio que realizó Greenpeace en el 2020 a diversas muestras de agua que se localizaban cerca de granjas de cerdo en Yucatán, indicando que el total de las muestras excedieron los límites permitidos de amonio ( $\text{NH}_4$ ), nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y nitritos ( $\text{NO}_2$ ), en función de la NOM-127-SSA1, que establece la calidad de agua para consumo humano. Cabe destacar que los resultados obtenidos en este estudio indicaron que la mayoría de los pozos que se analizaron constituyen un riesgo para los organismos expuestos a esta agua debido a que los desechos pecuarios han aumentado en seis veces la contaminación que la que se origina por la población humana del lugar.

Por otra parte, el estudio de Greenpeace detectó 43 granjas porcícolas en territorio yucateco consideradas áreas naturales protegidas (ANP). También se detectó una granja en un sitio Ramsar, como se clasifica a los humedales que tienen importancia internacional y otra gran cantidad de granjas (122) en regiones que son consideradas como lugares de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad.

No obstante, a los problemas y riesgos al ambiente y a la salud que provoca la industria porcina y el monocultivo de la soya el desarrollo de la industria turística que se ha dado en el último medio siglo sobre la Riviera Maya, la cual se ampliará con el proyecto del tren maya, pone en mayor riesgo el ecosistema de la zona y, con ello la soberanía alimentaria.

Los estudios sobre los daños ecológicos que el turismo provoca sobre la península aún no son tantos, como los expuestos previamente, sin embargo, ya contamos con evidencia científica de que el modelo turístico desarrollado en sitios como Cancún y, más recientemente sobre toda la “Riviera Maya”, incluyendo “la ruta de los cenotes” es fuertemente impactada en términos ecológico, económicos y sociales, por el turismo de carácter masivo (García de Fuentes, 2019).

De las características de este turismo no sólo es su carácter masivo sino también es cosmopolita, lo que implica que los visitantes que se meten a nadar en los cenotes o en el mar trae consigo, formas diferenciadas de relacionarse con la naturaleza, la cultura ambiental de los visitantes es muy variada, por lo cual, el ecosistema básicamente recreacional para los turistas, y que da servicios ecosistémicos alimentarios para los lugareños, tiene que soportar la carga excesiva de visitantes que muchas veces se introduce al agua con cremas, lociones o simplemente son visitantes que se orinan dentro del agua, lo cual modifica la estructura natural del ecosistema.

De acuerdo con una investigación relativa al desarrollo del complejo turístico de Cancún (Pérez Villegas & Carrascal, 2000), este ha modificado el paisaje natural de manera considerable, ahora la región que era eminentemente rural se convirtió en un espacio urbano, que ha acentuado el desequilibrio regional y ecológico de la zona. Siguiendo los resultados de esta investigación, las prácticas de eliminación de la vegetación natural en Cancún para construir hoteles, centros comerciales y casas ha reducido la capacidad de autodepuración de las lagunas, cenotes y mares en torno a Cancún. Por otra parte, la eliminación de la vegetación natural ha hecho que aumente la contaminación del aire y del agua, que se modifiquen las precipitaciones, así como la temperatura diurna y la radiación global y, se ha ocasionado una disminución de la humedad relativa y un aumento en la velocidad del viento, lo que hace más vulnerable a la población a sucesos ambientales inesperados como los huracanes.

Aunque Cancún no es considerado un gran productor de frutas y hortalizas si es un lugar pesquero, por ejemplo, hasta la actualidad la población de Puerto Morelos, tiene por sustento alimenticio tradicional a los productos del mar por lo que, las modificaciones sufridas al ecosistema también vulneran su derecho a la alimentación tradicional.

Con base en lo anterior, podemos decir que la condición de contaminación a la que está expuesto el ecosistema peninsular y, los riesgos ambientales y sociales que actualmente provoca el sector industrial ponen en riesgo la soberanía alimentaria de la población. Ante ello, el “principio precautorio” tiene lugar.

Desde la generación de la Declaración de Río de Janeiro que se refiere al Medio Ambiente y el Desarrollo, del año de 1992, a partir del Principio<sup>15</sup>, el principio precautorio indica que: “Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente” (ONU, 1992).

En ese sentido, el principio de precaución obliga a las autoridades a prevenir de daños al ecosistema que puedan ser causados por la actividad productiva de particulares. Este principio obedece a la lógica menos costosa en términos monetarios, ambientales y sociales que versa en el sentido de que; “más vale prevenir que lamentar”.

### **2.3 Derechos humanos en el contexto de soberanía alimentaria**

De acuerdo a lo anteriormente señalado, encontraremos que la omisión de las autoridades en establecer las medidas necesarias para buscar reducir los daños ambientales y a la salud de las personas por el uso de plaguicidas, así como por la exposición a las diferentes formas de contaminación que se generan por las actividades que pretenden impulsar el desarrollo, especialmente en el sur de nuestro país, pueden fácilmente encuadrarse en una denegación de los derechos humanos, considerando sus diferentes manifestaciones y elementos. Por ello que requieren una intervención urgente a favor de la preservación del paradigma de desarrollo natural y comunitario.

En el caso concreto, se ha puesto ya de manifiesto que existe un conflicto al establecer como objetivo central de las políticas de desarrollo, a la seguridad alimentaria por encima de la soberanía alimentaria, en tanto que el primer concepto ha sido utilizado inadecuadamente por el Estado mexicano para vulnerar los derechos de autodeterminación de pueblos indígenas para la utilización de sus recursos, y en su lugar se han establecido prácticas estandarizadas de producción agropecuaria y ganadera que

soslayan las vocaciones y capacidades de los ecosistemas y de las tierras disponibles en el sur del país, y desdeñan al mismo tiempo las prácticas tradicionales que los campesinos y las comunidades indígenas conservan tradicionalmente.

Los derechos humanos, por su propia conformación exhiben diferentes principios que les son inherentes, como es el caso de “la universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad”, lo que implica que el Estado como principal responsable de su cumplimiento debe articular las acciones necesarias para su observancia. Todo lo anterior en cumplimiento con lo establecido en el propio artículo 1ro. Constitucional (Congreso de la Unión et al., 2021):

“Todas las autoridades, en el ámbito de sus competencias, tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad”.

Dicha mención nos permite enlazar el ya mencionado principio precautorio que podría ser aplicado para prevenir la contaminación por el uso de pesticidas, debido a que este principio ha sido enunciado y desarrollado a través de diferentes documentos internacionales que conforman el corpus juris del derecho ambiental internacional, y cuya aplicación resulta obligatoria según lo señala el párrafo constitucional supra citado en el Estado mexicano (Comisión Estatal de Derechos Humanos, 2019):

“Tiene sus orígenes en la Declaración de Estocolmo de 1972 en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, en el que se aludió al equilibrio entre el desarrollo y la responsabilidad en el uso de nuevas tecnologías; así como a la necesidad de orientar los actos, hacia el conocimiento más profundo sobre las causas y efectos del uso de las mismas, sobre el medio ambiente”.

...

“En la Declaración de Río derivada de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en junio de 1992, en la que los estados miembros de la ONU establecieron una serie de principios con el objeto de crear un sistema de alianza mundial para la defensa del medio ambiente, en compatibilidad con la protección a la salud y a la vida; constituye un parámetro sobre el cual deben interpretarse los sistemas regionales. De éstos, destaca el Principio 15, en el que se establece la aplicación del criterio de precaución “cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”.

Actualmente, debido al auge comercial de índole internacional, el principio precautorio se considera en la normativa del comercio global. La Organización Mundial de Comercio (OMC) a través del Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo) establece que el comercio de alimentos transfronterizo puede generar riesgos a la salud de los consumidores y con la finalidad de promover prácticas leales en el comercio alimentario se establece, a través del Acuerdo que el conocimiento científico existente es una herramienta útil para definir los riesgos a la salud de los consumidores que implica el comercio de alimentos (OMC, 2022)

Uno de los elementos a destacar del Acuerdo es que la OMC adopta el principio precautorio en su versión limitada. Si bien la OMC considera el conocimiento científico existente para definir los riesgos sanitarios que implica el comercio de alimentos no considera de manera explícita las incertidumbres científicas y éticas que el comercio de alimentos industrializados y no industrializados, pero identificados como mercancías de alto valor económico, como la soya pueden generar en términos de riesgos de pérdida de la soberanía alimentaria o pérdida de conocimientos locales que impone la importación de alimentos baratos y uniformes a nivel global. Desde la OMC la visión precautoria sólo se enfoca al binomio protección de la salud y protección del comercio, pero no considera la protección de los ecosistemas que propician las prácticas culturales a nivel local.

De ahí que el principio precautorio establecido en diferentes documentos, resultan de ineludible aplicación para el Estado mexicano, aunque con la limitante de que la aplicación de este no se llevaría a cabo para la tutela del derecho a la alimentación en términos de la soberanía alimentaria sino en términos del derecho humano a la alimentación y al derecho humano a un medio ambiente sano, con efectos expansivos sobre el resto de los derechos que se ven interrelacionados.

Así mismo, en el caso que nos ocupa, resulta muy claro que el principio de interdependencia resulta inaplicado a consecuencia del interés del Estado, de establecer políticas sociales, económicas y ambientales para el desarrollo de la zona sur de nuestro país, con una mayor pertinencia con un desarrollo sustentable y que permita mantener la vigencia de otros derechos humanos. En ese sentido, resultan evidentes las violaciones al derecho humano al medio ambiente sano, al agua y al saneamiento, a la salud, a la vivienda, a la alimentación y al desarrollo al generar un modelo de dependencia productiva en la que se supeditan los conocimientos y prácticas tradicionales culturalmente arraigadas y la vocación de las tierras de vocación productiva a los dictados de las necesidades de las empresas transnacionales, y a un esquema de desarrollo turístico que no preserva las capacidades ecosistémicas y las formas de organización ancestrales de la zona. Adicionalmente, existen otros derechos que se ven conculcados por las omisión del Estado en regular los modelos de producción extractivista que vulneran a nuestro país sometiendo su soberanía alimentaria, en tanto que las prácticas de producción impuestas a los productores y sus familias que son sometidos a las reglas del mercado, limitan sus capacidades y sus libertades, así como otros derechos humanos que les son interdependientes, entre ellos: el derecho a la educación, el derecho al trabajo, a la información, a la libertad de expresión las ideas, entre otros.

Por su parte, y continuando con los diferentes principios que surgen de los derechos humanos se hace necesario mencionar otro aspecto señalado en el artículo primero constitucional que enuncia el principio pro persona en términos de lo siguiente:



“Las normas relativas a los derechos humanos se interpretarán de conformidad con esta Constitución y con los tratados internacionales de la materia favoreciendo en todo tiempo a las personas la protección más amplia”.

Nuevamente, la propia redacción de nuestra Constitución establece una directriz de aplicación en favor de los derechos de las personas, de tal forma que las acciones de las autoridades beneficien en todo momento a los individuos titulares de los derechos en riesgo. Por ello, la utilización del principio precautorio se encuentra plenamente justificado intentando evitar la lesión de cualquiera de los derechos ya enumerados.

Otro de los problemas enunciados es la carencia de instrumentos que prohíban estas prácticas lesivas, que permitan una aplicación inmediata del marco normativo o garantías primarias, en favor de los particulares sin necesidad de acudir ante los tribunales para reparar algún daño ya causado. La obligación de garantía consiste en (Valeria et al., 2010):

“Esta garantía de los derechos es norma en los Estados que firmaron los pactos y declaraciones, no es electiva, sino que los mismos están obligados a realizar estas acciones. Estas iniciativas de los Estados pueden ser el acceso a la documentación (garantía del derecho a la identidad y de acceso a otros derechos como educación, salud, elección de representantes, alimentación), el acceso al sistema de salud, tareas para mejorar las condiciones medioambientales o encuentros de reflexión sobre la crianza y alimentación de los niños, por nombrar algunos ejemplos”.

De ahí que sea necesaria la creación, reforma y armonización de leyes, la emisión y actualización de las Normas Oficiales Mexicanas -que prohíban la utilización de los pesticidas no permitidos en otras partes del mundo como en el caso señalado (Comisión Nacional de Derechos Humanos, 2017)-, así como la creación de mecanismos para la verificación y vigilan-

cia en el cumplimiento de tales limitaciones, tanto por las empresas como para recibir las denuncias de transgresiones a las limitaciones reconocidas por el Estado con la finalidad.

De lo señalado, puede desprenderse la complejidad de las violaciones los derechos humanos que se pueden infringir al realizar las políticas inadecuadas de crecimiento económico que los estados implementan o toleran en su implementación, incluso en detrimento de su deber de protección. A más de lo anterior se demuestra que existen principios idóneos para la protección de las personas en la realización de estas actividades nocivas, como el principio precautorio, mismo que en el futuro (y ante la rápida progresión de la ciencia y la tecnología) puede ser un auxiliar poderoso para prevenir mayores daños.

## **2.4 Conclusiones**

La Soberanía Alimentaria es una vía para el derecho con el que cuentan los pueblos para poder definir sus políticas agrícolas y alimentarias. Más allá de la hipermercantilización de los alimentos. Los alimentos constituyen una base fundamental para el desarrollo de la vida humana. Por lo tanto, el Derecho Humano a la alimentación está relacionado al núcleo de derechos que permita mantener la vigencia de otros derechos humanos. En ese sentido, resultan evidentes las violaciones al derecho humano al medio ambiente sano, al agua y al saneamiento, a la salud, a la vivienda, a la alimentación y al desarrollo al generar un modelo de dependencia productiva en la que se supeditan los conocimientos y prácticas tradicionales culturalmente arraigadas y la vocación de las tierras de vocación productiva. En la península de Yucatán, en el caso concreto de la actividad apícola existe un caso emblemático en el que se relaciona la Soberanía Alimentaria y el Derecho a la Alimentación vía la producción de miel, por un lado y por otro la presencia de plaguicidas que vulnera el Derecho Humano al ambiente sano, por partida doble: puede afectar al ser humano directamente por sus características toxicológicas pero también se constituye como un riesgo, no muy bien dimensionado, acerca de la pérdida de biodiversidad

del ecosistema vía la afectación de la polinización. Por otra parte, el principio de precaución obliga a las autoridades a prevenir de daños al ecosistema que puedan ser causados por la actividad productiva de particulares. Este principio obedece a la lógica menos costosa en términos monetarios, ambientales y sociales que versa en el sentido de que; “más vale prevenir que lamentar”

En resumen, cuestionar ¿Quién y por qué? produce los alimentos en la Península de Yucatán, hacía una radicalización del derecho de los pueblos de controlar sus propias semillas, su agua y su territorio, su miel, sus productos agropecuarios en función de una producción local, es decir hacía la efectivización de una soberanía alimentaria. Esta discusión es una apuesta por el desprenderse de la complejidad de las violaciones los derechos humanos que infringen las políticas inadecuadas de crecimiento económico que los estados implementan.

## Referencias

- Becher, M. A., Osborne, J. L., Thorbek, P., Kennedy, P. J., & Grimm, V. (2013). REVIEW: Towards a systems approach for understanding honeybee decline: a stocktaking and synthesis of existing models. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 868–880. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12112>
- Comisión Estatal de Derechos Humanos. (2019). *Recomendación No. 19/2019*.
- de Diputados, C., Congreso De, D. H., & Unión, L. A. (n.d.). *Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos*.
- Escamilla-López, A., Ruiz-Piña, H. A., & Rendón-von Osten, J. (2020). Organochlorine Pesticides Residues in Blood of Peridomestic Populations of Virginia Opossum (*Didelphis virginiana*) from Ex-He-nequen Rural Localities of Yucatan, Mexico. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 78(2), 303–309. <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00685-y>

- Flores, D. A. H., & Götz, C. M. (2014). La alimentación de los antiguos mayas de la Península de Yucatán: Consideraciones sobre la identidad y la cuisine en la época prehispánica. *Estudios de Cultura Maya*, 43(43), 69–98. [https://doi.org/10.1016/S0185-2574\(14\)70325-9](https://doi.org/10.1016/S0185-2574(14)70325-9)
- García de Fuentes, A. (2019). Representaciones cartográficas de la turistificación de la península de Yucatán a medio siglo de la creación de Cancún. *Investigaciones Geográficas*, 100. <https://doi.org/10.14350/rig.60023>
- Giunta, I. (2021). *Soberanía alimentaria entre derechos del buen vivir y políticas agrarias en Ecuador*. <http://www.revista-theomai.unq.edu.ar/numero38>
- Greenpeace. (2020). *¿Qué hay detrás de la industria porcícola en la Península de Yucatán? La carne que está consumiendo al planeta*. <https://bit.ly/2B57yhk>
- Hinojosa, & Rendón. (2017). Uso de plaguicidas altamente peligrosos en Campeche. In *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*.
- López-Fabila, A. (2020). Agroextractivismo y racismo ambiental: La industria porcícola en el estado de Yucatán. *Geopauta*, 4(4), 93–112. <https://doi.org/10.22481/rg.v4i4.7718>
- Magaña Magaña, M. Á., Moguel Ordóñez, Y. B., Sanginés García, J. R., & Leyva Morales, C. E. (2012). Estructura e importancia de la cadena productiva y comercial de la miel en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(1), 49–64. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242012000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=)
- Martínez-Torres, M. E., & Rosset, P. M. (2014). *Diálogo de saberes in La Vía Campesina: food sovereignty and agroecology*. <https://doi.org/10.1080/03066150.2013.872632>, 41(6), 979–997. <https://doi.org/10.1080/03066150.2013.872632>
- Micarelli G. (2018). Vista de Soberanía alimentaria y otras soberanías: el valor de los bienes comunes. <https://revistas.icanh.gov.co/index.php/rca/article/view/464/392>

- OMC. (2019). Organización Mundial De Comercio. OMC | *Medidas sanitarias y fitosanitarias - Texto del Acuerdo*. [https://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/sps\\_s/spsagr\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/tratop_s/sps_s/spsagr_s.htm)
- ONU. (1992). *La declaración del Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Río de Janeiro República Federativa del Brasil., aprobada en Estocolmo.
- Ordóñez, Y. M., Ordóñez, Y. B. M., González, C. E., & Escobedo, R. M. (2012). Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *Apis mellifera* producida en el estado de Yucatán durante diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 43(3), 323 a 334. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1369>
- Pacheco. (1997). *Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán*. México. Facultad de Ingeniería-Universidad Autónoma de Yucatán.
- Perez Castro, Bella, A., Dzul, J., & Colli, A. (2019). El consumo y los modos de ganarse la vida en Oxkutzcab, «la huerta de Yucatán», México = *Consumption and ways to make a living in Oxkutzcab*, «The Yucatan Garden», México. 7, 119–133. <https://doi.org/10.14201/rea20197119133>
- Pérez Villegas, G., & Carrascal, E. (2000). El desarrollo turístico en Cancún, Quintana Roo y sus consecuencias sobre la cubierta vegetal. *Investigaciones Geográficas*, 43, 145–166.
- Poot López, G. R., olini, S.-B., Mendoza-Carranza Pérez-Jiménez, M., & Mendoza-Carranza, M. (2012). Related papers. [www.sisal.unam.mx](http://www.sisal.unam.mx)
- SIAP. (n.d.). Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera. Retrieved November 25, 2021, from [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- SIAP. (2021). Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
- Tamayo Manrique, JM., Munguia Gil, A., & Polanco Rodríguez, Á. (2018). Los conocimientos tradicionales y los insumos modernos en agricultura del municipio de Dzidzantún, en Yucatán. *Veredas*, 36.

Urquía-Fernández. (2014a). Artículo especial.

Urquía-Fernández, N. (2014b). La seguridad alimentaria en México. *Salud Pública de México*, 56, s92–s98.

Valeria, A., Figueroa, E., Mercedes, P., & Elida, O. (2010). *Soberanía Alimentaria; Derecho a la Alimentación*. Argentina Diaeta (B.Aires), 28(131).

von Redecker, S., & Herzig, C. (2020). The Peasant Way of a More than Radical Democracy: The Case of La Via Campesina. *Journal of Business Ethics* 2020 164:4, 164(4), 657–670. <https://doi.org/10.1007/S10551-019-04402-6>

Wallace, R. (2016). Big Farms Make Big Flu Dispatches on Infectious Disease, *Agribusiness and the Nature of Science*..

### **3. IMPACTO DE LOS PESTICIDAS EN LA APICULTURA Y DAÑOS COLATERALES**

*Ramos-Díaz Ana Luisa <sup>1</sup>*

*Hernández Rodríguez Faustino <sup>2</sup>*

*Cano-Sosa Julia <sup>1</sup>*

#### **Resumen**

En las últimas décadas, los cultivos para agricultura y alimentación se han incrementado debido al crecimiento poblacional, lo que conlleva no solo la pérdida de ecosistemas durante la transformación del uso del suelo, sino también implica un efecto a largo plazo en la fauna debido al uso excesivo de los pesticidas (FAO, 2011). Si bien algunos pesticidas eran considerados como seguros para las abejas y otros polinizadoras, reportes recientes han demostrado que la exposición prolongada causa reducción en la proliferación de las colmenas, y otros efectos que conllevan a la pérdida completa de las mismas. En el presente capítulo se abordará el efecto de los pesticidas en las abejas, la recurrencia de los pesticidas, residuos de medicamento veterinarios en la cera, miel y en las propias abejas, además se presentará información de reportes de pérdidas de colmenas por pesticidas en México.

#### **3.1 Introducción**

En el 2011, la FAO reportó que los cultivos para agricultura y alimentación cubrían un 11% de la superficie de la tierra lo que conlleva no solo la pérdida de ecosistemas durante la transformación del uso del suelo, también implica un efecto a largo plazo en la fauna debido a las prácticas agrícolas como

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco.

<sup>2</sup> Asesor ambiental y especialista en unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre.

el uso excesivo de los pesticidas (FAO, 2011), que en los últimos años han enfatizado su efecto sobre la biodiversidad, haciendo énfasis en los insectos polinizadores como las abejas.

En los últimos años se ha incrementado la controversia por el excesivo uso de pesticidas, incluso algunos que eran considerados como seguros para las abejas y otros polinizadoras, pero reportes recientes han demostrado que la exposición prolongada causa reducción en la proliferación de las colmenas, y que junto con otros pesticidas ocasionan lo que actualmente se denomina “Colony Collapse Disorder” (CCD).

Una evidencia de esto se ha logrado gracias a una plataforma de alertas de pérdidas de abejas (nativas o europeas), creada por la organización no gubernamental “BEEALERT” (<http://www.semabelhasemalimento.com.br/beealert/>) en la que apicultores voluntarios reportan alertas de desaparición o muerte de abejas en Brasil, cuando estas alertas son confirmadas pasan a formar parte de una base de datos sobre la reducción y pérdida de colmenas y las posibles causas en ese país, en un periodo de 5 años reportes indican que el 81.2% de la pérdida de las colmenas tuvo como causa probable el uso de pesticidas (Castilhos et al., 2019). En el presente capítulo discutiremos los descubrimientos sobre la prevalencia de los ingredientes activos de pesticidas más utilizados en el mundo, que han sido detectados en la miel, cera y/o en las abejas (tabla 1) y los mecanismos de acción que provocan la mortalidad de éstas.

### **3.2 Recurrencia de pesticidas y residuos de medicamentos veterinarios en la cera, miel y en las abejas**

Los pesticidas, son compuestos químicos que incluyen fungicidas, herbicidas, nematicidas e insecticidas, aunque no son relegados únicamente a las actividades agrícolas, los insecticidas como el tau-fluvalinato son ampliamente usados en la apicultura para controlar la varroa, ya sea por uso directo o indirecto, el efecto de estos químicos en la mortalidad de las abejas, su acumulación en la miel y cera del panal, como su potencial toxicidad para



la salud humano es constante preocupación y tema de estudio de diversas investigaciones mundiales (Martin-Culma & Arenas-Suárez, 2018).

En un análisis para detectar la presencia de pesticidas en 182 muestras de cera del panal de abejas en Bélgica, encontraron que el 97.3% de las muestras resultaron positivas a pesticidas y se identificaron 54 compuestos diferentes, siendo los acaricidas (tau-fluvalinato y cumafós) los de mayor prevalencia en las muestras de cera (92.1% y 80.9% respectivamente) (El Agrebi et al., 2020). En estudios similares, en regiones apícolas de Chile, los pesticidas acrinatrina, (42%), acetamiprid (11%), metamidofos (11%) fipronil (8%) y diazinón no como clorpirifos (3%), fueron detectados en abejas colectadas vivas (Balsebre, 2018).

En Israel, el acetamiprid fue detectado en 12.5 % de 32 muestras de miel colectadas en diferentes regiones del país (Bommuraj et al., 2019), en contraste el tau- fluvalinato no fue detectado en la miel, pero si en la cera del panal con una prevalencia de 23.8% de las muestras colectadas. En este estudio también identificaron al 2,4-ácido diclorofenoxiacético (2,4-D), N-(2,4-dimetilfenil)-formida (DMF), N'-(2,4-Dimetilfenil)-N-metilformamida (DMPF), Carbendazim, Clopyralid, Cumafós, óxido de fenbutatin, Imidacloprid, pirimicarb, tiacloprid, oxyfluorfen, encontrando entre dos a nueve diferentes pesticidas por muestra de miel, el 56% de las muestras de miel dieron positivo a cinco tipos de pesticidas, en el caso de la cera analizada, en el 70% se detectaron entre 6 y 8 pesticidas diferentes (Bommuraj et al., 2019).

En España se detectaron 17 pesticidas en panal de abeja colectado en apiarios de la costa este. El DMF (amitraz) y los cumafós fueron los prevalentes (97% y 94% respectivamente). La cera de abejas estaba contaminada exclusivamente con acaricidas utilizados en apicultura, y productos expuestos no utilizados por años en los colmenares, señalando así la estabilidad de los plaguicidas en esta matriz (Calatayud-Vernich et al., 2019).

Tabla 3.1. Lista de pesticidas que se han detectado en la miel/cera/abejas vivas y muertas.

| Ingrediente activo                                      | LC <sub>50</sub><br>µg abeja <sup>-1</sup> | Uso                                               | País donde ha sido detectado           | Referencia                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acetamiprid                                             | 14.53                                      | Insecticida                                       | España, Israel, México                 | (Bommuraj et al., 2019; Calatayud-Vernich et al., 2019; Sanchez-Bayo & Goka, 2014; Vargas-Valero et al., 2020)                                             |
| Acrinatrina                                             | 0.17                                       | Insecticida y acaricida                           | Bélgica, Chile, España                 | (Balsebre, 2018; Calatayud-Vernich et al., 2019; El Agrebi et al., 2020; Sanchez-Bayo & Goka, 2014)                                                        |
| Carbaril                                                | 0.84                                       | Insecticida                                       | México                                 | (Sanchez-Bayo & Goka, 2014; Valdovinos-Flores et al., 2017)                                                                                                |
| Carbendazim                                             | 50                                         | Fungicida                                         | Bélgica, España, Israel, México        | (Calatayud-Vernich et al., 2019; El Agrebi et al., 2020; Vargas-Valero et al., 2020)                                                                       |
| Clorotalonil                                            | 135.32                                     | Fungicida                                         | Bélgica, Chile                         | (Balsebre, 2018; El Agrebi et al., 2020; Sanchez-Bayo & Goka, 2014)                                                                                        |
| Clorpirifós                                             | 0.07-0.24                                  | Insecticida                                       | Bélgica, Chile, España, México         | (Balsebre, 2018; Calatayud-Vernich et al., 2019; El Agrebi et al., 2020; Sanchez-Bayo & Goka, 2014; Valdovinos-Flores et al., 2017)                        |
| Cumafós                                                 | 4.6-20.29<br>(2.5 µg g <sup>-1</sup> )     | Insecticida y acaricida                           | Bélgica, Chile, Israel, España, México | (Balsebre, 2018; Bommuraj et al., 2019; Calatayud-Vernich et al., 2019; El Agrebi et al., 2020; Sanchez-Bayo & Goka, 2014; Valdovinos-Flores et al., 2017) |
| Deltametrina                                            | 0.02                                       | Insecticida                                       | Bélgica, México                        | (El Agrebi et al., 2020; Sanchez-Bayo & Goka, 2014; Valdovinos-Flores et al., 2017)                                                                        |
| Diazinón                                                | 0.38                                       | Insecticida y acaricida                           | Bélgica, Chile, México                 | (Balsebre, 2018; El Agrebi et al., 2020; Sanchez-Bayo & Goka, 2014; Valdovinos-Flores et al., 2017)                                                        |
| N,N-dimetilformamida (o dimetilformida) (DMF; (Amitraz) | 50                                         | Insecticida/ acaricida utilizado en la apicultura | Bélgica, Israel, España                | (Bommuraj et al., 2019; Calatayud-Vernich et al., 2019; El Agrebi et al., 2020)                                                                            |

|                                                     |                                    |                                                   |                         |                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2,4-dimetilfenil-N'-metilformamida (DMPF; (Amitraz) | 50                                 | Insecticida/ acaricida utilizado en la apicultura | Bélgica, Israel, España | (Bommuraj et al., 2019; Calatayud-Vernich et al., 2019; El Agrebi et al., 2020)                                    |
| Fipronil                                            | 0.007                              | Insecticida sistémico utilizado en la agricultura | India                   | (Nadaf et al., 2015; Sanchez-Bayo & Goka, 2014)                                                                    |
| Imidacloprid                                        | 0.006                              | Insecticida                                       | Israel, España, México  | (Bommuraj et al., 2019; Calatayud-Vernich et al., 2019; Sanchez-Bayo & Goka, 2014; Valdovinos-Flores et al., 2017) |
| Indoxacarb                                          | 0.59                               | Insecticida                                       |                         | (Sanchez-Bayo & Goka, 2014)                                                                                        |
| Metamidofos                                         | >0.220                             | Insecticida/ acaricida                            | México                  | (Sanchez-Bayo & Goka, 2014; Vargas-Valero et al., 2020)                                                            |
| tau-fluvalinato                                     | 8.66<br>13.7 mg<br>L <sup>-1</sup> | Insecticida/ acaricida                            | Bélgica, Israel         | (Aljedani, 2022; Bommuraj et al., 2019; El Agrebi et al., 2020; Sanchez-Bayo & Goka, 2014)                         |
| Tebuconazole                                        | 83.05                              | Fungicida                                         | Bélgica, España, México | (Calatayud-Vernich et al., 2019; El Agrebi et al., 2020; Valdovinos-Flores et al., 2017)                           |

LC<sup>50</sup>: Dosis Letal media  
Fuente: Elaboración propia.

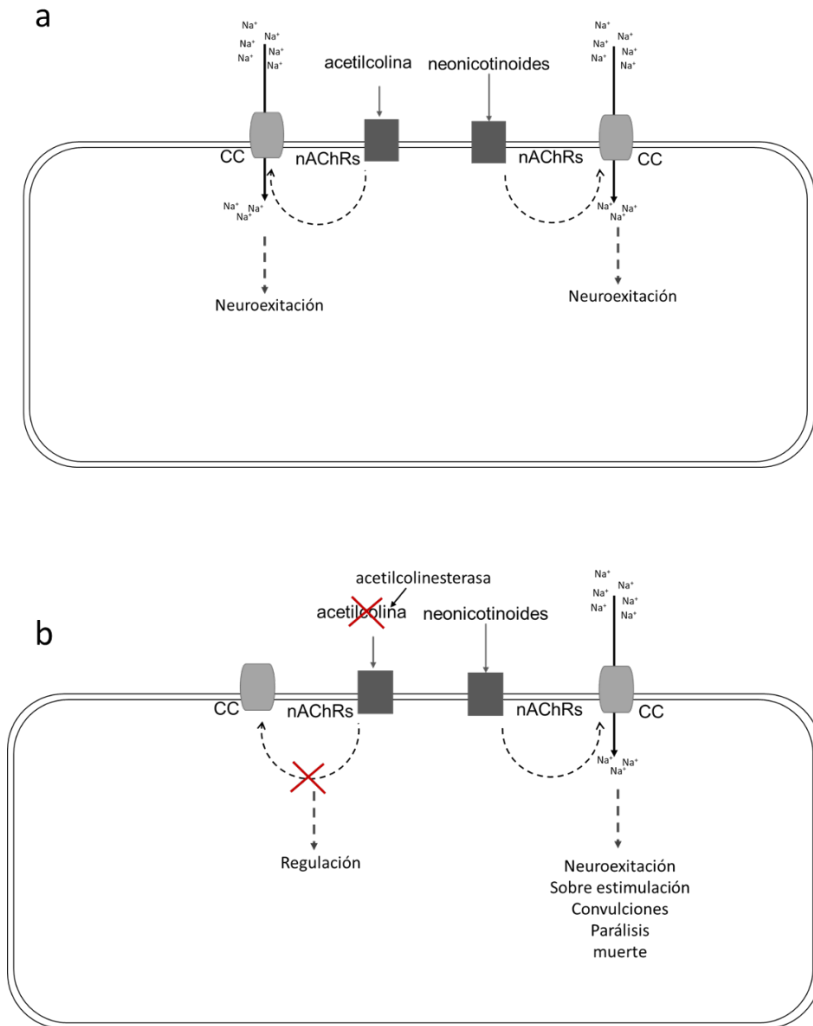
### 3.3 Mecanismo de toxicidad de pesticidas en las abejas

Los pesticidas entran en contacto con las abejas por tres rutas: (1) por contacto directo cuando estos son esparcidos como aerosoles y partículas suspendidas en el aire, (2) por ingesta cuando los pesticidas se depositan en las fuentes de agua, en partes de plantas o son de tipo sistémicos, metabolizados o transportados por las plantas, entonces están contenidos en el néctar, polen y savia de las plantas y son consumidos por las abejas y transferidos a la miel, a la cera y a otras abejas; (3) por la inhalación de plaguicidas volátiles (Botías & Sánchez-Bayo, 2018). Dependiendo de la concentración, el tipo de pesticida, el estado de desarrollo y el tipo de abeja

es la gravedad del efecto toxico del pesticida (Chmiel et al., 2020). En la tabla 1 presentamos  $LC_{50}$  reportadas para diferentes pesticidas, sin embargo, estos valores varían de acuerdo con las condiciones en las que se realizaron las evaluaciones, el tipo de abeja que se evaluó (obrero, zángano o reina) o la etapa de desarrollo, sin embargo, diferentes autores concuerdan en la toxicidad de estos pesticidas tanto para las abejas como en la permanencia de estos en la miel y cera de las colmenas. Cuando la concentración del pesticida no es letal, la exposición aun causa un daño y reducción en la población de las abejas por efectos reproductivos y neurológicos, como es el caso de los neonicotinoides, los fenilpirazoles y los piretroides que interactúan con receptores en las membranas plasmáticas de las neuronas, como se detallara a continuación:

### *Neonicotinoides*

Los neonicotinoides son insecticidas sistémicos, independientemente de la forma de aplicación y la ruta de entrada a la planta, se trasladan a todos los tejidos volviendo tóxica a la planta para los insectos que se alimentan de éstas (Simon-Delso et al., 2015), tanto para herbívoros, como para polinizadores como las abejas que usan el néctar y polen. El mecanismo de acción de los neonicotinoides es por la unión a los receptores de acetilcolina nicotínico (nAChRs), ya que imitan la acción de la acetilcolina, que es un neurotransmisor excitatorio del sistema nervioso central (SNC) de los insectos. En respuesta a estímulos las células presinápticas liberan acetilcolina el cual se une a los receptores nAChRs de las células postsinápticas y activan los canales catiónicos (CC) intrínsecos (figura 3.1a). La apertura del canal permite el ingreso de átomos de sodio, lo cual resulta en la despolarización de la membrana de la célula postsinápticas, que conlleva a la neuroexcitación. El cual debe ser regulada rápidamente por la acción de la enzima acetilcolinesterasa, que degrada a la acetilcolina. En contraste, los neonicotinoides no son degradados por la enzima y el efecto no es atenuado, la neuroexcitación es persistente lo que ocasiona convulsiones parálisis y muerte de los insectos (figura 3.1b).



**Figura 3.1. Mecanismo de acción de los neonicotinoides.**  
Fuente: Elaboración propia.

Además de los efectos en la sobrevivencia de estos insectos, también se han observado cambios claros en su comportamiento, la exposición a neonicotinoides induce una serie de síntomas que son consistentes con las deficiencias neuronales hipersensibles. Éstas son observadas como pérdidas en el aprendizaje y la memoria necesarias para las actividades de recolección de alimento, provocan problemas para la detección de flores por el aroma, para encontrar la ruta de regreso a la colmena o a donde se encuentra el alimento, esto conlleva a un aumento en el tiempo de vuelo, desorientación, agotamiento y dificultad para regresar a la colmena (Ndakidemi et al., 2016). Una consecuencia de ello, es que las abejas nodrizas inician la búsqueda de alimento a una edad más temprana, creando así un grupo de recolectores precoces, que pueden reducir el número de abejas nodrizas disponibles dedicadas a las crías (Chmiel et al., 2020). Otros motivos por el cual las colonias no prosperan en presencia de neonicotinoides es debido a la reducción de la capacidad reproductiva de la colmena, en un estudio se demostró que el tiametoxam reduce el éxito reproductivo de las abejas reinas, aunque no afecta su mortalidad (Gajger et al., 2017).

### *Fenilpirazoles*

Los fenilpirazoles, como el fipronil son insecticidas neurotóxicos de amplio espectro, ampliamente usados en la agricultura, los cuales han sido reportados como extremadamente dañinos para las abejas (Carrillo et al., 2013; El Hassani et al., 2009). Son del tipo simbiótico, por lo que las abejas al tomar el polen, néctar u otras partes de las plantas se contaminan y llevan el pesticida a la colmena.

Se ha propuesto que en dosis no letales el mecanismo de acción está relacionado con su interacción con los receptores ácido  $\gamma$ -aminobutírico ligados a canales de  $\text{Cl}^-$  ( $\text{GABA-Cl}^-$ ) y los de Glutamato, estos son bloqueados por el Fipronil generando una rápida inhibición sináptica, que provoca una hiperexcitación neuronal debido a la acumulación del neurotransmisor (GABA) en las uniones sinápticas, que afecta la percepción, aprendizaje olfatorio, actividad motora y en concentraciones altas provoca la muerte de las abejas (El Hassani et al., 2009; Roat et al., 2013; Simon-Delso et al., 2015).

### *Piretroides*

Los insecticidas piretroides son compuestos ampliamente utilizados, inicialmente derivados de ésteres del ácido crisantémico, con alto grado de lipofilidad, que actúan sobre el SNC y el periférico por medio de la interacción con los canales de  $\text{Na}^+$  de las membranas de las neuronas. En ausencia de los pesticidas, estos canales se abren para permitir el ingreso de  $\text{Na}^+$ , que genera un impulso nervioso por una despolarización transitoria de la membrana, entonces se abren los canales de  $\text{K}^+$  para permitir el eflujo de este catión y el cierre de los canales de  $\text{Na}^+$  para detener su influjo en la neurona, de esta forma los impulsos nerviosos se propagan en forma de ondas hasta llegar a los axones donde estimulan la liberación de transmisores químicos. Cuando los piretroides interactúan con los canales de  $\text{Na}^+$  evitan su regulación del cierre, aumentando la duración en los impulsos nerviosos, este efecto en la corriente de  $\text{Na}^+$  también provocan un aumento en la liberación de neurotransmisores de las terminales nerviosas presinápticas (Bloomquist, 2009; Kadala et al., 2019).

Como ejemplo, el tau-fluvalinato es un piretroide clorado, fluorado, sintético con actividad insecticida y acaricida ampliamente usado en la apicultura para el control de la varroa en las colmenas de abejas (Semkiw et al., 2013), sin embargo, en los últimos años se ha demostrado el efecto tóxico a nivel individuo, tejido y celular en las abejas. A nivel individuo, en las abejas se observa en alteraciones en el comportamiento que compromete su capacidad de sobrevivir. Aljedani 2021 encontraron que el tau-fluvalinato en una concentración de 3.6 y 25.5  $\text{mg L}^{-1}$  provocan el 28 y 65 % de mortandad en abejas adultas en un periodo de 96 hr, con  $\text{LC}_{50}$  de 13.7  $\text{mg L}^{-1}$  in vitro (Aljedani, 2022). Además, las autopsias de las abejas muertas por exposición a tau-fluvalinato, mostraron deformación en el aparato digestivo de las abejas (Aljedani, 2022).

### **3.4 Reportes de pérdida de colmenas por pesticidas en México**

Los medios de información mexicanos han publicado diversos artículos sobre el efecto de los pesticidas, especialmente los agroquímicos. En 2016, el periódico “La Jornada” dió voz a investigadores y apicultores para informar sobre la desaparición y pérdida de abejas, atribuidas a fumigaciones aéreas en Chihuahua, Durango, Coahuila, Zacatecas, Querétaro, Yucatán y Campeche (Pérez, 2016)

En 2018 apicultores del ejido de Candelaria en el municipio de José María Morelos, Quintana Roo, denunciaron la pérdida de más 330 colmenas , debido a la fumigación realizada en un cultivo de chile habanero localizado a 4 Km de la comunidad (CCMSS, 2018; Diario de Yucatán, 2018). En enero de 2019 Leydi Pech , delegada de la “Alianza Maya por las abejas de la Península de Yucatán” denunció que continuaban los casos de pérdidas de colmenas por fumigaciones aéreas (Castillo, 2019), como también se reportó por otros medios información, la pérdida del 50% de colmenas en la localidad de Yohactún de Hidalgo, en Yucatán, debido a una fumigación aérea a campos de cultivos de soya y maíz que se localizan a 18 km de los apiarios (Miranda, 2019). Recientemente se reportó la muerte de 200 colmenas de al menos 12 apiarios, en el municipio de José María Morelos, de Quintana Roo presumiblemente por la fumigación de un campo de cultivo de chile (Kauil, 2021).

La significancia de los pesticidas en la apicultura, no solo nos muestran la pérdida de las abejas, la posible contaminación de la miel que es transferida a sus consumidores y el golpe económico a los apicultores; también nos sirve como un marcador del daño ecológico que ocasiona el uso indiscriminado de pesticidas, a otros organismos que no tienen importancia económica, pero tienen un valor en el equilibrio ambiental.

### **3.5 Experiencia de meliponicultores con pesticidas**

En el año 2018 se trabajó con un grupo de meliponicultores en el estado de Yucatán, en un proyecto comunitario socio-productivo en las localidades



pertenecientes a la Región Metropolitana, Subregión Metropolitana; denominados “Regionalización socio-productiva y biodiversidad” ( de F. A. García & Córdoba, 2010). El grupo de meliponicultores contaba con 20 colonias “colmenas” (10 jóbones y 10 cajas racionales), dicho grupo tenía como objetivos: Manejar y conservar las colonias, con la finalidad de producir miel, polen, propóleo, cerumen y cera (Guzmán et al., 2011). También tenían considerado generar productos derivados como shampoo, acondicionador, cremas, jabones, tinturas y bálsamos del ramo de la cosmetología.

Dichos objetivos no pudieron cumplirse debido a que las colonias (colonias madres con ocho o más panales o discos de crías), nunca proliferaron en cuanto a producción de miel, polen cera y los demás derivados de la colonia, tampoco tuvieron éxito reproductivo para la división de nuevas colonias, a pesar de que alrededor del meliponario se encontraban especies de plantas consideradas néctar-poliníferas y apibotánicas de la flora nativa, tanto silvestres como especies cultivadas en los traspatios de los solares (huertos familiares) y del apoyo técnico y académico.

Después de casi 8 meses transcurridos y de haber pasado le mejor temporada (enero-junio) para la cosecha y división de las colonias, donde no hubo cosecha ni divisiones, y al contrario las colonias iban en detrimento, cuando el proyecto ya era considerado no exitoso. Una posible explicación a la baja proliferación de las colmenas podría ser debido a que el meliponario se encontraba entre 15 y 20 metros de la vialidad donde transitaba frecuentemente un vehículo de “vectores del sector salud” que son utilizado para fumigar con una motobomba que asperjaban un líquido blanco de olor penetrante y desagradable fumigación (posible insecticida). Después de un mes de investigación se logró confirmar, que el producto aplicado era un insecticida de amplio espectro denominado URBAN 20. Que es un piretroide sintético e insecticida por contacto e ingestión y con marcada actividad repelente contra plagas de Salud Pública. [https://www.dragon.com.mx/wp-content/uploads/2019/08/96\\_CT\\_URBAN\\_20.pdf](https://www.dragon.com.mx/wp-content/uploads/2019/08/96_CT_URBAN_20.pdf). Después de un análisis los meliponicultores decidieron cambiar de comunidad el meliponario, alejado de la zona de fumigaciones urbanas, se ha logrado un éxito productivo y reproductivo.

## Conclusiones

Diversas investigaciones han demostrado el efecto nocivo de diferentes pesticidas sobre la proliferación de las colonias de abejas europeas, que podría ser utilizado como una forma de visualizar el efecto nocivo sobre otro tipo de abejas e insectos que tienen una contribución ecológica. Por lo que es importante establecer límites de concentración que reduzcan el impacto ecológico manteniendo un balance entre la necesidad de estos para la producción agrícola y los ecosistemas.

## Referencias

- Aljedani, D.M., 2022. Evaluation of the potential toxicity of tau-fluvalinate on adult honeybees *Apis mellifera*, under laboratory conditions. *Applied Ecology And Environmental Research* 20, 55–67. [https://doi.org/10.15666/aeer/2001\\_055067](https://doi.org/10.15666/aeer/2001_055067)
- Balsebre, C.A., 2018. *Determinación de pesticidas organofosforados, halogenados y neonicotinoides, en abejas de apiarios de la V y VI región en Chile*. Universidad de Chile.
- Bloomquist, J.R., 2009. *Insecticides: Chemistries and Characteristics* 2nd Edition, 2a ed. University of Florida, Gainesville, FL, 32610, Gainesville.
- Bommuraj, V., Chen, Y., Klein, H., Sperling, R., Barel, S., Shimshoni, J.A., 2019. Pesticide and trace element residues in honey and beeswax combs from Israel in association with human risk assessment and honey adulteration. *Food Chemistry* 299, 125123. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125123>
- Botías, C., Sánchez-Bayo, F., 2018. The role of pesticides in pollinator declines. *Ecosistemas* 27, 34–41. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1314>
- Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simó, E., Pascual Aguilar, J.A., Picó, Y., 2019. A two-year monitoring of pesticide hazard in-hive: High honey bee mortality rates during insecticide poisoning episodes in

- apiaries located near agricultural settings. *Chemosphere* 232, 471–480. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.170>
- Carrillo, M.P., Bovi, T.D.S., Negrão, A.F., Orsi, R.D.O., 2013. Influence of agrochemicals fipronil and imidacloprid on the learning behavior of *Apis mellifera* L. honeybees - doi: 10.4025/actascianimsci.v35i4.18683. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 35. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i4.18683>
- Castilhos, D., Bergamo, G.C., Gramacho, K.P., Gonçalves, L.S., 2019. Bee colony losses in Brazil: a 5-year online survey. *Apidologie* 50, 263–272. <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00642-7>
- Castillo, G., 2019. Apicultores exigen declarar emergencia por muerte de abejas en Yucatán [WWW Document]. *Plumas atómicas*. URL <https://plumasatomicas.com/noticias/mexico/apicultores-exigen-declarar-emergencia-por-muerte-de-abejas-en-yucatan/> (consultado 12.15.21).
- CCMSS, 2018. Muerte masiva de miles de abejas, golpe histórico a la apicultura de José María Morelos, Quintana Roo [WWW Document]. *Comunidades fuertes, territorios vivos*. URL <https://www.ccmss.org.mx/muerte-masiva-de-miles-de-abejas-golpe-historico-a-la-apicultura-de-jose-maria-morelos-quintana-roo/> (consultado 12.20.21).
- Chmiel, J.A., Daisley, B.A., Pitek, A.P., Thompson, G.J., Reid, G., 2020. Understanding the Effects of Sublethal Pesticide Exposure on Honey Bees: A Role for Probiotics as Mediators of Environmental Stress. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00022>
- Diario de Yucatán, 2018. Muerte masiva de abejas en Quintana Roo; culpan a empresario yucateco. *Diario de Yucatán*, Quintana Roo.
- El Agrebi, N., Traynor, K., Wilmart, O., Tosi, S., Leinartz, L., Danneels, E., de Graaf, D.C., Saegerman, C., 2020. Pesticide and veterinary drug residues in Belgian beeswax: Occurrence, toxicity, and risk to honey bees. *Science of The Total Environment* 745, 141036. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141036>

- El Hassani, A.K., Dupuis, J.P., Gauthier, M., Armengaud, C., 2009. Glutamatergic and GABAergic effects of fipronil on olfactory learning and memory in the honeybee. *Invertebrate Neuroscience* 9, 91–100. <https://doi.org/10.1007/s10158-009-0092-z>
- FAO, 2011. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture*, FAO. ed. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Gajger, I.T., Sakač, M., Gregorc, A., 2017. Impact of Thiamethoxam on Honey Bee Queen (*Apis mellifera carnica*) Reproductive Morphology and Physiology. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 99, 297–302. <https://doi.org/10.1007/s00128-017-2144-0>
- García, de F.A., Córdoba, y O.J., 2010. Regionalización socio-productiva y biodiversidad, en: Durán, R., Méndez, M. (Eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán*. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, Mérida, Yucatán, pp. 63–70.
- Guzmán, D.M., Balboa, A.C., Vandame, R., Albores, G.M.L., González-Acereto, J.A., 2011. *Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México: Melipona beecheii y Scaptotrigona mexicana*, 1era ed, El Colegio de la Frontera Sur. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas.
- Kadala, A., Charreton, M., Charnet, P., Cens, T., Rousset, M., Chahine, M., Vaissière, B.E., Collet, C., 2019. Voltage-gated sodium channels from the bees *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* are differentially modulated by pyrethroid insecticides. *Scientific Reports* 9, 1078. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37278-z>
- Kauil, L., 2021. Mueren 200 colmenas de abejas en José María Morelos por presuntos químicos. *Por Esto*.
- Martin-Culma, N.Y., Arenas-Suárez, N.E.A.-S.E., 2018. Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado* 14, 232–240. <https://doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>
- Miranda, F., 2019. Reportan muerte masiva de abejas en Tizimín, Yucatán. *Milenio*.

- Nadaf, H.A., Yadav, G.S., Kumari, B., 2015. Validation and monitoring of pesticide residues in honey using QuEChERS and gas chromatographic analysis. *Journal of Apicultural Research* 54, 260–266. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1143693>
- Ndakidemi, B., Mtei, K., Ndakidemi, P.A., 2016. Impacts of Synthetic and Botanical Pesticides on Beneficial Insects. *Agricultural Sciences* 07, 364–372. <https://doi.org/10.4236/as.2016.76038>
- Pérez, U.M., 2016. Crece la alerta por desaparición de abejas en varios estados. *La Jornada*.
- Roat, T.C., Carvalho, S.M., Nocelli, R.C.F., Silva-Zacarin, E.C.M., Palma, M.S., Malaspina, O., 2013. Effects of Sublethal Dose of Fipronil on Neuron Metabolic Activity of Africanized Honeybees. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 64, 456–466. <https://doi.org/10.1007/s00244-012-9849-1>
- Sanchez-Bayo, F., Goka, K., 2014. Pesticide Residues and Bees – A Risk Assessment. *PLoS ONE* 9, e94482. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094482>
- Semkiw, P., Skubida, P., Pohorecka, K., 2013. The Amitraz strips efficacy in control of varroa destructor after many years application of amitraz in apiaries. *Journal of Apicultural Science* 57, 107–121. <https://doi.org/10.2478/jas-2013-0012>
- Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Chagnon, M., Downs, C., Furlan, L., Gibbons, D.W., Giorio, C., Girolami, V., Goulson, D., Kreutzweiser, D.P., Krupke, C.H., Liess, M., Long, E., McField, M., Mineau, P., Mitchell, E.A.D., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Pisa, L., Settele, J., Stark, J.D., Tapparo, A., Van Dyck, H., Van Praagh, J., Van der Sluijs, J.P., Whitehorn, P.R., Wiemers, M., 2015. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research* 22, 5–34. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>
- Valdovinos-Flores, C., Alcantar-Rosales, V.M., Gaspar-Ramírez, O., Saldaña-Loza, L.M., Dorantes-Ugalde, J.A., 2017. Agricultural

- pesticide residues in honey and wax combs from Southeastern, Central and Northeastern Mexico. *Journal of Apicultural Research* 56, 667–679. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1340798>
- Vargas-Valero, A., Reyes-Carrillo, J., Moreno-Reséndez, A., Véliz-Deras, F., Gaspar-Ramírez, O., Rodríguez-Martínez, R., 2020. Residuos de plaguicidas en miel y cera de colonias de abejas de La Comarca Lagunera. *Abanico Veterinario* 10, 1–16. <https://doi.org/10.21929/abavet2020>.

## 4. PRODUCCIÓN HORTOFRUTÍCOLA Y PLAGUICIDAS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

*González-Flores, Tania <sup>1</sup>,  
Cano-Sosa, Julia <sup>1</sup>,  
Pech-Cohuo, Soledad <sup>2</sup>,  
Cuevas-Bernardino, Juan C. <sup>3\*</sup>*

### Resumen

En este capítulo se presenta un panorama general sobre la aplicación de plaguicidas como una práctica agrícola muy común en los sistemas primarios de producción de frutas y hortalizas, esto como parte de las medidas para el control de plagas y enfermedades agrícolas, ya que este tipo de prácticas tiene como principales objetivos: incrementar los rendimientos de producción y satisfacer la demanda mundial del sector agroalimentario. Sin embargo, la aplicación excesiva de este tipo de compuestos químicos sintéticos ha incrementado la presencia de residuos tóxicos en los productos hortofrutícolas cosechados y comercializados, lo cual representa una gran amenaza para los ecosistemas circundantes a las zonas de su aplicación y también se convierten en un grave problema para la salud de toda la población, este problema es en gran parte por el incumplimiento de leyes y reglamentos sobre el uso de plaguicidas y la adopción de malas prácticas agrícolas.

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsede Sureste, Tablaje Catastral 31264 km 5.5 Carr. Sierra Papacal-Chuburná puerto, Parque Científico Tecnológico de Yucatán, CP 97302, Mérida, Yucatán, México.

<sup>2</sup> Estancia Postdoctoral-Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsede Sureste, Tablaje Catastral 31264 km 5.5 Carr. Sierra Papacal-Chuburná puerto, Parque Científico Tecnológico de Yucatán, CP 97302, Mérida, Yucatán, México.

<sup>3</sup> CONAHCYT-Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsede Sureste, Tablaje Catastral 31264 km 5.5 Carr. Sierra Papacal-Chuburná puerto, Parque Científico Tecnológico de Yucatán, CP 97302, Mérida, Yucatán, México. \*Autor de correspondencia: jcuevas@ciatej.mx

México, al ser un país con gran diversidad de climas, la producción hortofrutícola es una actividad económica de gran importancia nacional, pero en la gran mayoría de estas zonas de producción, el uso indiscriminado de este tipo de plaguicidas se vuelve una actividad rutinaria y en algunos casos hay poca o nula concientización sobre los posibles problemas que conlleva, tanto para la salud humana como para el medio ambiente.

En el análisis de la península de Yucatán, la cual comprende los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, se incluyen los datos de producción de forma general de los principales productos hortofrutícolas, así como de los principales restos de plaguicidas reportados en la región y la problemática que se ha generado durante el paso del tiempo, sobre todo por el uso indiscriminado de su aplicación en las milpas y parcelas de comunidades mayas.

Finalmente, el capítulo presenta un apartado con los principales retos y perspectivas del sector hortofrutícola en la península de Yucatán, así como los posibles impactos benéficos que se podrían obtener al minimizar el uso de plaguicidas durante la producción primaria de frutas y hortalizas.

Palabras clave: plaguicidas, productos hortofrutícolas, península de Yucatán.

## **4.1 Introducción**

Los plaguicidas se consideran un insumo importante en la agricultura mundial para aumentar la producción. Estos compuestos químicos sintéticos son clasificados como insecticidas, herbicidas o fungicidas de acuerdo con sus especies objetivo de acción, sin embargo, sus efectos perjudiciales son a menudo inespecíficos y afectan a organismos que no son el objetivo principal, incluidos a los propios humanos (Moebus & Boedeker, 2021). Cabe indicar que la presencia de residuos de plaguicidas en productos hortofrutícolas se debe principalmente por el uso inadecuado o indiscriminado de éstos en las prácticas agrícolas, así como también en el intervalo de seguridad (días entre la aplicación y la cosecha del producto) recomendado para cada plaguicida (Castro-Valdez, Pérez-Grajales, Pérez-



Olvera, Contreras-Cruz, & Pineda-Pineda, 2021). De hecho, persisten las preocupaciones sobre los efectos negativos de los plaguicidas en la salud humana y el medio ambiente, particularmente en los países de ingresos bajos y medianos (Valbuena, Cely-Santos, & Obregón, 2021). Cabe indicar que la manifestación generalizada y la influencia toxicológica de los plaguicidas peligrosos han planteado algunas consecuencias adversas en diversas directamente en el medio ambiente y los seres humanos, esto a través de la bioacumulación o indirectamente a través de la cadena alimentaria, debido a la presencia continua de residuos de plaguicidas por encima de los niveles permisibles y ante tal hecho se ha prestado mucha atención a la reevaluación para regular estas prácticas de uso sin dañar o afectar el medio ambiente (Parra-Arroyo et al., 2022). Por ejemplo, para el caso del medio ambiente, este se ha visto afectado por el uso inapropiado y exacerbado de uso de plaguicidas, lo cual ha causado su paulatino deterioro y por otra parte los seres humanos se ven afectados principalmente por el consumo de este tipo productos hortofrutícolas que han sido producidos en terrenos agrícolas usando altas concentraciones de plaguicidas, sin embargo, ante esta situación se debe de poner mayor atención en la toma de ciertas consideraciones analíticas y regulatorias para monitorear y mitigar de manera más efectiva el problema que conlleva de este tipo de sustancias tóxicas (Reyes-Calderón et al., 2022). Cabe resaltar que para evaluar adecuadamente la inocuidad de los productos hortofrutícolas, los límites deben establecerse teniendo en cuenta los patrones de consumo de los diferentes alimentos y los valores finales toxicológicos, así como la ingesta diaria admisible o la dosis aguda de referencia (Mac Loughlin et al., 2018).

A fin de minimizar los riesgos para la salud y el medio ambiente, el nivel de residuos de plaguicidas permitido en los alimentos hortofrutícolas generalmente se define mediante el establecimiento de límites máximos de residuos y estos límites describen las concentraciones de plaguicidas que pueden permitirse legalmente en alimentos específicos y se debe considerar que estos niveles no deben de presentar problemas de ningún tipo (toxicidad aguda y toxicidad crónica) en la salud durante el consumo de por vida (Osaili et al., 2022). Además, considerando que la cantidad de

residuos de plaguicidas presentes en los productos hortofrutícolas después de la aplicación depende en gran medida de la dosis aplicada, es de vital importancia saber cómo varían estos residuos en función del tiempo, con el fin de poder calcular el período de disipación y así también determinar el intervalo precosecha.

En México, los plaguicidas son utilizados de manera muy amplia en la producción agrícola para el control de plagas, enfermedades, malezas y otros fitopatógenos que permiten mantener una buena calidad del producto hortofrutícola final; sin embargo, el consumo de alimentos y agua contaminados con residuos de plaguicidas genera una exposición directa a dichos compuestos, generando impactos adversos sobre el medio ambiente y sobre la vida silvestre, los peces y las plantas, muchos de estos efectos dependen de la toxicidad del plaguicida, la forma en que se aplica, las condiciones climáticas que prevalecen durante y después de la aplicación y su persistencia en el medio ambiente (Rosas-Sánchez, Saldarriaga-Noreña, Chávez-Almazán, Vergara-Sánchez, & Murillo-Tovar, 2022). Por ejemplo, se estima que cada año se utilizan aproximadamente 250,000 kg de ingredientes activos en la región de los valles del noroeste de México, la mitad de los cuales se consideran plaguicidas altamente peligrosos (García-Hernández et al., 2021). También, en las regiones tropicales, la presencia de valles agrícolas hace que el uso de agroquímicos sea una práctica común, de hecho, se tiene conocimiento que en actividades como la agricultura hacen un uso excesivo de estos tipos de agroquímicos, los cuales podrían estar afectando la calidad del agua y el suelo, lo que podría traer como consecuencia una posible bioacumulación de residuos de plaguicidas en los alimentos que se producen y se consumen (Leal-Acosta et al., 2022).

Por su parte, la península de Yucatán es una región con un alto impacto de contaminación hídrica ya que posee un suelo tipo kárstico que favorece la entrada de contaminantes al nivel freático, única fuente de agua dulce en la zona, sin embargo, hay pocos o nulos estudios que reportan plaguicidas en agua para consumo humano o el riesgo que representan éstos (Perera-Rios et al., 2021). Estudios recientes en Yucatán han reportado la presencia de plaguicidas organoclorados en la sangre de mujeres con cáncer

de cuello uterino, en la leche de mujeres mayas, en el agua de cenotes, en la sangre de tortugas y en el tejido de peces, llegando a causar problemas a nivel endocrino (Escamilla-López, Ruiz-Piña, & Rendón-von Osten, 2020). También, hay estudios sobre la disipación y adsorción de cuatro de los plaguicidas más utilizados (2,4-D, atrazina, diazinón y glifosato) por agricultores del sureste de México y se han registrado los impactos adversos que pueden causar en el suelo agrícola, así como su estimación de riesgo para el acuífero de la península de Yucatán (Góngora-Echeverría et al., 2019). Otro trabajo relevante en este sentido es sobre la determinación de la presencia de plaguicidas organoclorados y organofosforados, así como la toxicidad potencial del suelo en campos agrícolas con diferentes cultivos del centro del estado de Quintana Roo, esto mediante la utilización de un conjunto de biomarcadores enzimáticos (Andrade-Herrera et al., 2019). El objetivo del presente capítulo es brindar un panorama general de la producción hortofrutícola, los plaguicidas empleados durante la producción, así como los efectos ocasionados en la salud por la aplicación de dichos plaguicidas en la sociedad de la península de Yucatán.

## **4.2 Producción hortofrutícola**

La península de Yucatán es la región del sureste México que se caracteriza por tener condiciones medioambientales muy particulares, lo cual le favorece para que ciertos cultivos hortofrutícolas puedan presentar una destacada producción. La tabla 4.1 presenta los datos de producción de los principales productos hortofrutícolas de la península de Yucatán, reportados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para el año agrícola 2021. Dentro de los principales productos hortofrutícolas en el estado de Yucatán se encuentran: naranja, limón, penino y toronja; mientras que en el estado de Campeche los principales son: caña de azúcar, sandía, papaya y mango; finalmente indicar que en el estado de Quintana Roo los principales productos hortofrutícolas producidos son: caña de azúcar, piña y limón.

Tabla 4.1. Producción agrícola (hortofrutícola) de la península de Yucatán en el año agrícola 2021.

| Cultivo        | Producción 2021 (ton) |            |              |
|----------------|-----------------------|------------|--------------|
|                | Yucatán               | Campeche   | Quintana Roo |
| Aguacate       | 12,356.80             | 829.46     | N.P.         |
| Berenjena      | 2,172.12              | N.P.       | 286.1        |
| Calabacita     | 11,658.79             | 1,327.47   | 2,541.29     |
| Caña de azúcar | N.P.                  | 993,914.11 | 1,794,603.06 |
| Chile verde    | 3,573.17              | 6,475.95   | 4,066.43     |
| Copra          | N.P.                  | 374.00     | N.P.         |
| Guayaba        | 130.00                | N.P.       | N.P.         |
| Lechuga        | 20.45                 | N.P.       | N.P.         |
| Limón          | 96,991.23             | 16,392.28  | 39,127.03    |
| Mango          | 1,967.60              | 19,026.90  | N.P.         |
| Melón          | 87.90                 | N.P.       | N.P.         |
| Naranja        | 182,501.35            | 17,685.29  | 15,066.55    |
| Nopalitos      | 50.00                 | N.P.       | N.P.         |
| Papaya         | 10,249.65             | 24,554.20  | 13,648.80    |
| Pepino         | 36,906.85             | 412.20     | 12,441.99    |
| Piña           | 80.80                 | 1,200.55   | 54,586.40    |
| Plátano        | 1,901.96              | 1,286.00   | 10,587.47    |
| Sandía         | 5,998.98              | 29,688.00  | 10,999.17    |
| Tomate rojo    | 1,376.18              | 6,484.80   | 1,998.50     |
| Tomate verde   | 41.7                  | N.P.       | N.P.         |
| Torónja        | 15,104.72             | 9,326.70   | N.P.         |

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2021.  
N.P. = No Producción.

En México, se han encontrado residuos de plaguicidas altamente peligrosos en productos hortofrutícolas, los cuales se consideran prohibidos especificados en normatividad ambiental internacional debido a su gran potencial para causar efectos dañinos a la salud y al medio ambiente, ante este contexto, es necesario su eliminación, pero es necesario que el marco regulatorio del país se debe actualizar y además debe de ser muy dinámico conforme se avanza en el conocimiento de los efectos adversos de los plaguicidas en la salud humana (Díaz-Vallejo, Barraza-Villarreal, Yáñez-Estrada, & Hernández-Cadena, 2021). De hecho, existen regulaciones vigentes que prohíben el uso de múltiples plaguicidas peligrosos, sin

embargo, se deben de redoblar esfuerzos para lograr una detección robusta y una mitigación completa de estas sustancias químicas tóxicas, esto podría ser mediante una combinación de métodos nuevos y convencionales en la producción agrícola y hortofrutícola, además, otro punto clave que se debe considerar es desarrollar estrategias de detección sensibles y rápidas, que ayuden a detectar y cuantificar múltiples plaguicidas en los productos hortofrutícolas (Parra-Arroyo et al., 2022).

### **4.3 Plaguicidas utilizados**

Los plaguicidas también denominados pesticidas, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) se definen como “cualquier sustancia o mezcla de sustancias con ingredientes químicos o biológicos destinados a repeler, destruir o controlar cualquier plaga o a regular el crecimiento de las plantas” (OMS & FAO, 2015) y existen tipos diferentes de plaguicidas enfocados a combatir diversas plagas desde algas, bacterias, virus, hongos, insectos, roedores, o incluso ser utilizados como sustancias profilácticas para preservar madera (EPA, 2021). Debido a lo anterior los pesticidas cobraron auge y su uso se extendió ampliamente ya que produjeron beneficios a los agricultores, pero desde 1980 se han registrado y realizado investigaciones sobre las intoxicaciones por la exposición a estas sustancias, así como a su consumo en productos hortofrutícolas contaminados. Además de los daños en salud y al medioambiente se le suman los gastos económicos que implican las intoxicaciones para los sistemas de salud (García, 1998). Es importante por ello mantener la vigilancia, la reducción y la sustitución del uso de plaguicidas sintéticos altamente peligrosos.

En México aún se utilizan en gran medida los plaguicidas clasificados como altamente peligrosos, causando contaminación y afectación a la salud humana, animal y de insectos polinizadores de interés mundial para la agricultura. La península de Yucatán es un claro ejemplo de preocupación y vulnerabilidad por el uso de plaguicidas, debido al origen, la morfología e incluso la biología de sus suelos (suelos kársticos) (Carlos & Medina, 2019;

Polanco Rodríguez, Magaña Castro, Cetz Luit, & Quintal López, 2019).

En este sentido, tanto el glifosato como los plaguicidas organoclorados son ampliamente utilizados en la península de Yucatán, lo cual ha propiciado contaminación por filtración en los suelos debido a naturaleza (Polanco Rodríguez et al., 2019). Ambos químicos están reportados como cancerígenos por lo que son altamente tóxicos (Ordoñez-Beltrán, Frías-Moreno, Parra-Acosta, & M.E., 2019). De acuerdo con Polanco Rodríguez et al. (2019) sobre uso de pesticidas en el sector agrícola de Yucatán, específicamente en la zona de mayor actividad agrícola (Tekáx, Oxkutzkab y Dzán), reportan uso de sesenta y nueve plaguicidas para cultivos de maíz, soya, cítricos y hortalizas. Dentro de éstos, en la tabla 4.2 se presentan dieciocho que están catalogados como extremadamente tóxicos o altamente tóxicos por su probable o comprobada actividad cancerígena y los ingredientes activos que contienen y algunos de ellos aun poseen autorización de ser usados en México a pesar de ser altamente peligrosos y estar prohibidos o no permitidos en otros países (Bejarano-González, 2017).

Tabla 4.2. Principios activos de plaguicidas extremadamente tóxicos o altamente tóxicos utilizados en zona de mayor actividad agrícola de Yucatán.

| Principio activo       | Categoría             | Tipo de plaguicida |
|------------------------|-----------------------|--------------------|
| Benzoato de amamectina | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Paratión metílico      | Extremadamente tóxico | Insecticida        |
| DDT                    | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Endosulfan             | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Fipronil               | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Metamidofos            | Extremadamente toxico | Insecticida        |
| Etión                  | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Carbofuran             | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Abamectina             | Extremadamente tóxico | Insecticida        |
| Metomilo               | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Lindano                | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Fosfuro de aluminio    | Extremadamente tóxico | Insecticida        |
| Coumafós               | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Heptacloro             | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Aldrin                 | Altamente tóxico      | Insecticida        |
| Paraquat               | Altamente tóxico      | Herbicida          |

|                    |                  |           |
|--------------------|------------------|-----------|
| Glifosato          | Altamente tóxico | Herbicida |
| Paraquat dicloruro | Altamente tóxico | Herbicida |

Fuente: Elaboración propia con información tomada de (Polanco Rodríguez et al., 2019).

Además de los cultivos agrícolas señalados, en la península existen otros cultivos como la palma de aceite, cultivo de tomate, pepino, papaya, etc., en los que también se utilizan plaguicidas, además la agricultura extensiva y los denominados monocultivos van en aumento en la península de Yucatán, por lo que como indica el Dr. Jaime Rendon en entrevista realizada por Gerardo Suarez en 2020 para el Consejo Civil Mexicano para la silvicultura Sostenible, es primordial optar por otro sistema de producción agrícola para disminuir o eliminar el uso de plaguicidas, con la intención de maximizar el uso de recurso y fertilidad de suelos sin utilizar plaguicidas de naturaleza sintética que permita proteger el medio ambiente, además es importante mencionar este tipo de alternativas (incluyendo la agricultura orgánica) está creciendo y diversificándose en nuestro país, y es por ello que existen nueve organismos a través de los cuales se puede certificar la producción orgánica y que son respaldados por Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. En el caso de Yucatán el uso de plaguicidas se debe de poner especial atención en la península de Yucatán dado los efectos que pudieran observarse a mediano plazo por el uso inadecuado de plaguicidas altamente o extremadamente tóxicos aunado al hecho de las características de suelo que presenta (Suarez, 2020).

#### 4.4 Efectos en la sociedad de los plaguicidas

La actividad agrícola actual que se realiza en la península de Yucatán presenta una combinación de tecnología antigua que viene de la época prehispánica y la moderna como producto del desarrollo social actual. En esta última se encuentran los diferentes avances logrados por diferentes ciencias, como la química orgánica, genética, agronomía, etc. (Pérez Herrera, Alvarado Mejía, Castillo Burguete, González Navarrete, & Quintanilla

Vega, 2012; Villanueva-Mukul, 1990). Desde hace algunos años la actividad agrícola en la región ha incrementado el uso de agroquímicos en sus sistemas de producción, siendo las hortalizas y los cítricos donde más se aplican, seguidos por el maíz (Pérez Herrera et al., 2012). El uso de estos productos se ha extendido y es común en varios municipios del interior del estado, que su almacenamiento en los hogares se considera normal y prioritario para asegurar el sustento familiar, sin embargo, representa un alto riesgo para la salud humana (Polanco Rodríguez et al., 2019). De acuerdo con la OMS (Organización Mundial de la Salud) la exposición constante, así como la intoxicación accidental o deliberada a estos compuestos, ha causado afecciones a la salud en muchas partes del mundo (OMS, 2022). En general, la toxicidad de estas sustancias químicas produce efectos adversos en los organismos vivos que deterioran las funciones y producen lesiones en los organismos, así como reducen su capacidad de respuesta a factores de riesgo o estrés (Alberto Schaaf, 2018).

En relación con lo anterior, se han llevado a cabo diferentes estudios en Yucatán, en los cuales se describen los efectos negativos en las personas que realizan actividades agrícolas. Así como diferentes actividades de concientización de los riesgos del uso de estos productos. Por ejemplo, en los municipios Tekax, Oxkutzkab y Dzan, ubicados al sur de Yucatán, se entrevistó a los pobladores sobre el uso de agroquímicos y cómo llevan a cabo sus labores (Polanco Rodríguez et al., 2019). Los trabajadores solo usan ropa sencilla que consideran que los protege, ya que no cuentan con equipamiento especial, presentando contacto directo con la piel de la espalda y brazos, además de respirarlo. En cuanto a la disposición final de los contenedores de estos productos, la mitad de la población encuestada indicó que los envases son generalmente depositados en el traspatio o milpa una vez usados, un tercio de los encuestados los desecha en depósitos clandestinos, alrededor del 20% los queman, y sólo alrededor del 1% es entregado a brigadas del gobierno que recoge los envases vacíos (Polanco Rodríguez et al., 2019). En un estudio realizado en la Unidad Agrícola del Pozo V, Ticul, al sur de Yucatán, los agricultores expresaron haber sufrido náuseas, debilidad, cefaleas y molestias en la garganta después de usar



agroquímicos en sus labores (Ramírez & Poo-Uicabl, 2016). En su mayoría, los agricultores de esta comunidad no están acostumbrados a protegerse (Ramírez & Poo-Uicabl, 2016).

Entre 2003 y 2004 se realizó en Muna, también al sur del estado, un estudio entre 100 agricultores para identificar los efectos en la salud reproductiva tomando como indicadores lo siguiente: número de abortos, partos y pretérmino y óbitos entre sus parejas sexuales (Pérez Herrera et al., 2012). El intervalo de edad de los agricultores estudiados fue de 19 a 70 años, quienes reportaron sólo utilizar sombrero de paja, camisas o playeras de mangas largas y pantalones durante la elaboración de mezclas y aplicación de los productos (Polanco Rodríguez et al., 2019) (Ramírez & Poo-Uicabl, 2016). El 88% además usan botas de hule, el 19% emplea guantes y lentes protectores. También es importante mencionar que el 51% de los agricultores lleva más de 20 años utilizando plaguicidas, el 22% entre 16 y 20 años, y el 18% entre 11 y 15 años. En promedio los agroquímicos se aplican de 2 a 3 veces por semana durante todo el año. En Muna se aplican una gran variedad de plaguicidas: entre los que destacan los organofosforados, carbamatos y derivados de dipiridilo. En cuanto a las parejas de los agricultores el promedio de edad fue de 42 años. En este trabajo se reportó un riesgo relativo (RR) de 11 veces más abortos espontáneos, y de 5 veces más partos antes de términos en las esposas de agricultores de la comunidad de Muna expuestos a estos compuestos. También se obtuvo una mala calidad del semen en los agricultores evaluados, y afecciones el volumen de eyaculación, morfología, motilidad, viabilidad y concentración espermática. En general, los resultados señalan que existe un impacto en la salud reproductiva de las familias de estos agricultores, tanto a nivel gestación de las mujeres parejas de agricultores expuestos a dichos compuesto, como en las características del semen (Pérez Herrera et al., 2012).

Otro de los efectos adversos que se han reportado en la literatura es una asociación entre afecciones al sistema nervioso y la exposición a plaguicidas, con manifestaciones subclínicas como: enfermedad de Alzheimer, mal de Parkinson, deterioro cognitivo y la depresión clínica. Esto se ha reportado en personas que trabajan con compuestos organoclorados,

organofosforados y bromuro de etilo. Los síntomas varían dependiendo de la dosis de exposición y la frecuencia (Lugo López, 2017). Para conocer el efecto de los plaguicidas sobre el sistema nervioso de personas expuestas a ellos en el municipio de Opichén Yucatán. Se estudiaron a 55 agricultores de los cuales 51 utilizaba plaguicidas y cuatro habían dejado de utilizarlos. En este estudio se aplicó una entrevista semiestructurada con 170 preguntas y el inventario de depresión de Beck (instrumento compuesto por 21 ítems que mide la presencia de depresión con base al sondeo de los síntomas depresivos que determina el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales) y la Clasificación Internacional de Enfermedades (Lugo López, 2017). En el reporte se encontró la exposición a plaguicidas no solo afecta al agricultor, existen comportamientos que extienden la exposición a personas y animales fuera de la zona de aplicación como: a) guardar los líquidos en casa, b) no cambiarse la ropa hasta llegar a casa, c) lavar la ropa sin distinción, d) la presencia de otras personas en la milpa cuando se aplican los agroquímicos, e) que se rocíe en la calle o casa con los mismos plaguicidas que en la milpa y f) reparar la bomba en casa. Se menciona en el estudio que el uso de los plaguicidas, más que un riesgo desconocido es un riesgo aceptado, lo cual se deriva de la incapacidad de asociar los efectos a la salud a largo plazo con la exposición crónica a dosis bajas. Por lo que toda la familia de los agricultores tiene exposiciones indirectas debido a la falta de conocimiento, como también se ha mencionado en otros reportes. En cuanto al análisis de los resultados de la depresión los autores encontraron que 5.88% (3/51) de los agricultores entrevistados fueron diagnosticados con depresión, de acuerdo con los criterios del Inventario de Depresión de Beck en el que se obtuvieron un puntaje de 17, 20 y 28, los tres pertenecen al sexo masculino y tienen 50 y 51 años, con nivel educativo de primaria. Toda persona con un puntaje igual o mayor a 17 se considera que necesita ayuda profesional, lo cual indica que estas personas sufrían de depresión al momento de la realización del inventario (Lugo López, 2017). Sin embargo, no pudo compararse con el grupo control de agricultores denominados orgánicos, ya que declinaron participar en el estudio.

Otro importante problema que causa serios efectos ambientales por el uso indiscriminado de plaguicidas es la contaminación del acuífero de la península de Yucatán (Gasca-Cobos & Medina-Barrientos, 2018; Giacoman Vallejos, Lizárraga Castro, Hernández Núñez, & del Carmen Ponce Caballero, 2017). Los cuerpos de agua encontrados en el subsuelo de Yucatán presentan una vulnerabilidad elevada, debido a la permeabilidad del suelo kárstico, así como de la superficialidad del manto freático (Giacoman Vallejos et al., 2017). Se han encontrado en algunos estudios la presencia de residuos y metabolitos de plaguicidas organoclorados en el agua subterránea en el trayecto de la ciudad de Mérida al puerto de Progreso lo que implica la lixiviación de los contaminantes desde el suelo, un proceso influenciado por la cantidad de precipitación que se presenta en la zona de temporada de lluvias y temporalidades o por riego en época de secas (Giacoman Vallejos et al., 2017). Además se encontró que más del 60% de pozos evaluados presentan agua que no es apta para consumo humano por la presencia de uno o más contaminantes, acorde a la normatividad nacional e internacional (Giacoman Vallejos et al., 2017). También se han hecho estudios para la detección de plaguicidas organofosforados (Gasca-Cobos & Medina-Barrientos, 2018), aunque estos han sido escasos. Este tipo de compuestos no permanecen por mucho tiempo en el ambiente como los plaguicidas organoclorados, pero son muy tóxicos para los peces. Los residuos de estos productos se incorporan al agua subterránea, debido a la lluvia y a la naturaleza calcárea del substrato, los efectos adversos pueden notarse en las zonas cercanas a las unidades de producción y a las zonas libres de influencia agrícola, ocasionando diversos daños a la flora y fauna acuática de los cenotes (Gasca-Cobos & Medina-Barrientos, 2018), por ende a la población que depende de éstos.

#### **4.5 Retos y perspectivas**

Con el cambio climático en curso, se deben de examinar algunos de los problemas en el uso de plaguicidas, ya que muchos agricultores en los

países menos desarrollados no obtienen el apoyo necesario para evitar estas sustancias tóxicas altamente peligrosas y así puedan por tanto mejorar el momento y el método de aplicación en cada cultivo, además se requiere de mucha investigación independiente y servicios de extensión efectivos en el uso de plaguicidas altamente peligrosos (Matthews, College, & Park, 2021).

La evaluación de los niveles reales de residuos de plaguicidas en muestras de productos hortofrutícolas, requiere metodologías analíticas sofisticadas, así como equipos con un alto grado de precisión y resolución, que permitan detectar de forma inequívoca los compuestos de interés, lo que representa un gran desafío, dados los altos costos que representa esta tecnología, de hecho, hay una gran preocupación por parte de la población mexicana, que conoce los impactos negativos en la salud humana, que representa la exposición a cierto tipo de plaguicidas (Rosas-Sánchez et al., 2022). Algunos plaguicidas, como el glifosato, son complicados de detectar analíticamente y, por lo tanto, necesitan métodos de detección independientes y costosos, por lo que en ocasiones este tipo de compuestos químicos tóxicos se les puede omitir e incluso se puede correr el riesgo de subestimarlos en los productos hortofrutícolas, un gran reto en el sector hortofrutícola es poder desarrollar métodos accesibles en los países en desarrollo.

Existen normas, en la práctica, que limitan la venta, almacenamiento, uso de plaguicidas y su concentración en el medio ambiente, sin embargo, se necesita la aplicación de dichas reglamentaciones y un control estricto de los plaguicidas en los países en desarrollo como México para poder mitigar o minimizar de manera eficiente la aplicación de dichos plaguicidas peligrosos (Parra-Arroyo et al., 2022).

El mecanismo de disposición de los plaguicidas aplicados es muy variable en las tierras agrícolas del mundo; por lo tanto, la remediación sostenible de sitios contaminados con pesticidas es un área de investigación prioritaria para el manejo ecológico de estos contaminantes, de hecho, trabajos de investigación desaconsejan la remediación física y química de pesticidas y sus metabolitos debido a problemas relacionados con el consumo de tiempo, la rentabilidad y la sostenibilidad en comparación con la remediación microbiana y enzimática (Sarker, Nandi, Kim, & Islam,

2021). Es urgente la creación de programas para minimizar la exposición a plaguicidas a través de los alimentos (Mac Loughlin et al., 2018).

La principal recomendación sugerida en el estudio mencionado hacia las agencias de aplicación y los tomadores de decisiones, se resume en implementar programas de registro de plaguicidas utilizados en la agricultura y para el control de enfermedades, que además especifiquen principios activos y cantidades, como un buen comienzo para medir con precisión los impactos ambientales y en la salud (García Hernández et al., 2018). Con todo lo anterior, se debe de buscar nuevas alternativas para evitar problemas relacionados con la acumulación de residuos de plaguicidas, tanto en el medio ambiente como en el ser humano, para ello se deben de adoptar prácticas agrícolas “verdes” para tratar las plagas de los productos hortofrutícolas que no afecten a los organismos que no son el objetivo o que los afecten mínimamente para que no se acumule. Es importante considerar que los plaguicidas utilizados en la producción de productos hortofrutícolas pueden viajar largas distancias debido a su persistencia y condiciones climáticas llegando a zonas alejadas de donde fueron aplicados originalmente y está bien documentado que la mayoría de los estudios relacionados con los plaguicidas se centran solo en algunos plaguicidas específicos, sin embargo, estas bien documentado en el estado del arte la presencia de múltiples plaguicidas tanto en el medio ambiente como en el cuerpo humano, es por ello, que en la península de Yucatán se requieren de estudios más profundos para poder detectar, mitigar y regular con éxito su aplicación en la producción de productos hortofrutícolas.

#### **4.6 Conclusiones**

En los últimos años, la exposición a plaguicidas en la península de Yucatán ha llamado gran la atención debido a sus efectos adversos para la salud y el medio ambiente, se deben de seguir enfocando las investigaciones en conocer los efectos adversos que se tienen por la exposición a largo plazo a los plaguicidas en las funciones vitales de los sistemas nervioso y reproductivo humanos, sobre todo es crucial el poder determinar los niveles

de trazas de residuos de plaguicidas en los productos hortofrutícolas que se destinan a la alimentación. A pesar de que ciertas regulaciones nacionales e internacionales prohíben el uso de múltiples plaguicidas peligrosos para el medio ambiente y la salud, los países en desarrollo como México, todavía en muchas regiones como la península de Yucatán que usan estos tipos de compuestos químicos tóxicos y en la mayoría de las veces los agricultores de productos hortofrutícolas carecen de la infraestructura y buenas prácticas agrícolas necesarias para manejar y mitigar ciertos plaguicidas altamente peligrosos tanto para el medio ambiente como para el ser humano.

## Referencias

- Alberto Schaaf, A. A. (2018). Uso de pesticidas y toxicidad: relevamiento en la zona agrícola de San Vicente, Santa Fe, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(2), 323–331. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i2.1252>
- Andrade-Herrera, M., Escalona-Segura, G., González-Jáuregui, M., Reyna-Hurtado, R. A., Vargas-Contreras, J. A., & Rendón-von Osten, J. (2019). Presence of Pesticides and Toxicity Assessment of Agricultural Soils in the Quintana Roo Mayan Zone, Mexico Using Biomarkers in Earthworms (*Eisenia fetida*). *Water, Air, and Soil Pollution*, 230(3). <https://doi.org/10.1007/S11270-019-4105-1>
- Bejarano-González, F. (2017). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. Red de Acción Sobre Plaguicidas y Alternativas En México, A. C., 1–17.
- Carlos, R., & Medina, B. (2019). *El karst de Yucatán: su origen , morfología y biología*. Resumen. 1–18.
- Castro-Valdez, D. F., Pérez-Grajales, M., Pérez-Olvera, M. A., Contreras-Cruz, L. F., & Pineda-Pineda, J. (2021). Pesticides residues in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) for the national and international market. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 37, 133–143. <https://doi.org/10.20937/RICA.53714>

- Díaz-Vallejo, J., Barraza-Villarreal, A., Yáñez-Estrada, L., & Hernández-Cadena, L. (2021). *Plaguicidas en alimentos: riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz*, México. Salud Pública de México, 63(4), 486–497. <https://doi.org/10.21149/12297>
- EPA, U. (2021). Información básica sobre pesticidas.
- Escamilla-López, A., Ruiz-Piña, H. A., & Rendón-von Osten, J. (2020). Organochlorine Pesticides Residues in Blood of Peridomestic Populations of Virginia Opossum (*Didelphis virginiana*) from Ex-Henequen Rural Localities of Yucatan, Mexico. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 78(2), 303–309. <https://doi.org/10.1007/S00244-019-00685-Y>
- García-Hernández, J., Leyva-Morales, J. B., Bastidas-Bastidas, P. de J., Leyva-García, G. N., Valdez-Torres, J. B., Aguilar-Zarate, G., & Betancourt-Lozano, M. (2021). A comparison of pesticide residues in soils from two highly technified agricultural valleys in northwestern Mexico. *Journal of Environmental Science and Health. Part. B, Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 56(6), 548–565. <https://doi.org/10.1080/03601234.2021.1918977>
- García Hernández, J., Leyva Morales, J. B., Martínez Rodríguez, I. E., Hernández Ochoa, M. I., Aldana Madrid, M. L., Rojas García, A. E., ... Perera Rios, J. H. (2018). Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 34(Special Issue 1), 29–60. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.ESP01.03>
- García, J. E. (1998). *Intoxicaciones agudas con plaguicidas: costos humanos y económicos*. 4(6), 383–387.
- Gasca-Cobos, V. M., & Medina-Barrientos, R. C. (2018). Los plaguicidas organofosforados y su impacto en el ambiente acuático de Yucatán, México. *Bioagrociencias*, 11(1), 5–10.
- Giacoman Vallejos, G., Lizárraga Castro, I., Hernández Núñez, E., & del Carmen Ponce Caballero, M. (2017). *Presencia de Plaguicidas en el Acuífero Cárstico entre los Municipios de Mérida a Progreso*, Yucatán, México. Centro Azúcar, 44(3), 1–13.

- Góngora-Echeverría, V. R., Martin-Laurent, F., Quintal-Franco, C., Lorenzo-Flores, A., Giacomán-Vallejos, G., & Ponce-Caballero, C. (2019). Dissipation and Adsorption of 2,4-D, Atrazine, Diazinon, and Glyphosate in an Agricultural Soil from Yucatan State, Mexico. *Water, Air, and Soil Pollution*, 230(6). <https://doi.org/10.1007/S11270-019-4177-Y>
- Leal-Acosta, M. L., de Jesús Bastidas-Bastidas, P., Cruz-Acevedo, E., Aguilar-Jiménez, E. E., Perea-Domínguez, X. P., Martínez-Álvarez, I. G., & Leyva-Morales, J. B. (2022). Pesticides in water and sediments of Chacahua-Pastoria Lagoon System, Oaxaca, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 174, 113177. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2021.113177>
- Lugo López, L. C. (2017). *Depresión y exposición a plaguicidas en agriculturas de opichén, Yucatán, México* (Tesis (M.C.)), Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Mérida. Departamento de Ecología Humana. <https://doi.org/10.16/CSS/JQUERY.DATATABLES.MIN.CSS>
- Mac Loughlin, T. M., Peluso, M. L., Etchegoyen, M. A., Alonso, L. L., de Castro, M. C., Percudani, M. C., & Marino, D. J. G. (2018). Pesticide residues in fruits and vegetables of the argentine domestic market: Occurrence and quality. *Food Control*, 93, 129–138. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2018.05.041>
- Matthews, G., College, I., & Park, S. (2021). *Reflections on using pesticides-A global problem. Outlooks on Pest Management*, 32(3), 109–113. [https://doi.org/10.1564/V32\\_JUN\\_04](https://doi.org/10.1564/V32_JUN_04)
- Moebus, S., & Boedeker, W. (2021). Case Fatality as an Indicator for the Human Toxicity of Pesticides—A Systematic Scoping Review on the Availability and Variability of Severity Indicators of Pesticide Poisoning. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021, Vol. 18, Page 8307, 18(16), 8307. <https://doi.org/10.3390/IJERPH18168307>
- OMS. (2022). *Plaguicidas altamente peligrosos* - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud.



- OMS, & FAO. (2015). *Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas*. Roma.
- Ordoñez-Beltrán, V., Frías-Moreno, M. N., Parra-Acosta, H., & M.E., M.-T. (2019). *Estudio sobre el uso de plaguicidas y su posible relación con daños a la salud*. 148–153.
- Osaili, T. M., Al Sallagi, M. S., Dhanasekaran, D. K., Bani Odeh, W. A. M., Al Ali, H. J., Al Ali, A. A. S. A., ... Holley, R. (2022). Pesticide residues in fresh vegetables imported into the United Arab Emirates. *Food Control*, 133, 108663. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2021.108663>
- Parra-Arroyo, L., González-González, R. B., Castillo-Zacarías, C., Melchor Martínez, E. M., Sosa-Hernández, J. E., Bilal, M., ... Parra-Saldivar, R. (2022). Highly hazardous pesticides and related pollutants: Toxicological, regulatory, and analytical aspects. *Science of The Total Environment*, 807, 151879. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.151879>
- Perera-Rios, J., Ruiz-Suarez, E., Bastidas-Bastidas, P. de J., May-Euán, F., Uicab-Pool, G., Leyva-Morales, J. B., Pérez-Herrera, N. (2021). Agricultural pesticide residues in water from a karstic aquifer in Yucatan, Mexico, pose a risk to children's health. *International Journal of Environmental Health Research*. <https://doi.org/10.1080/09603123.2021.1950652>
- Pérez Herrera, N. E., Alvarado Mejía, J. A., Castillo Burguete, M. T., González Navarrete, R. L., & Quintanilla Vega, M. B. (2012). Efectos reproductivos en agricultores expuestos a plaguicidas en Muna, Yucatán. In Género, *Ambiente y Contaminación por Sustancias Químicas* (pp. 79–94). Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología.
- Polanco Rodríguez, A. G., Magaña Castro, T. V., Cetz Luit, J., & Quintal López, R. (2019). *Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México*. Centro Agrícola, 46(2), 72–83.

- Ramírez, A. G., & Poo-Uicabl, G. de los Á. (2016). *Percepción del riesgo de salud ambiental por el uso de plaguicidas en agricultores de la comunidad de Ticul, Yucatán*. Tlmati Sabiduría, 7(2).
- Reyes-Calderón, A., Pérez-Uribe, S., Ramos-Delgado, A. G., Ramalingam, S., Oza, G., Parra-Saldívar, R., Sharma, A. (2022). Analytical and regulatory considerations to mitigate highly hazardous toxins from environmental matrices. *Journal of Hazardous Materials*, 423, 127031. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2021.127031>
- Rosas-Sánchez, J., Saldarriaga-Noreña, H., Chávez-Almazán, L. A., Vergara-Sánchez, J., & Murillo-Tovar, M. A. (2022). *Agricultural Pesticide Exposure and Risk Assessment to Human Health in Mexico*. 101–118. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1928-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1928-5_6)
- Sarker, A., Nandi, R., Kim, J. E., & Islam, T. (2021). Remediation of chemical pesticides from contaminated sites through potential microorganisms and their functional enzymes: Prospects and challenges. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101777. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2021.101777>
- Suarez, G. (2020). *Elevado uso de plaguicidas altamente tóxicos en la Península de Yucatán se reflejará en graves problemas de salud en unos años: Jaime Rendón*.
- Valbuena, D., Cely-Santos, M., & Obregón, D. (2021). Agrochemical pesticide production, trade, and hazard: Narrowing the information gap in Colombia. *Journal of Environmental Management*, 286, 112141. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.112141>
- Villanueva-Mukul, E. (1990). *La formación de las regiones en la agricultura: El caso de Yucatán*. Mérida, Yucatán: Maldonado Editores.

## **5. CONTAMINANTES Y PRODUCCIÓN PESQUERA Y ACUÍCOLA**

*Rigoberto Rosas Luis*<sup>1</sup>

### **Resumen**

La contaminación generada por las actividades humanas comprende una variedad de desechos que se pueden incluir en los tres niveles de organización de la materia, sólido, líquido y gas. La contaminación en el medio ambiente y en los sistemas de producción acuícola es un problema que afecta la economía y desarrollo de las comunidades a lo largo de la zona costera en todo el litoral nacional, sus efectos se observan directamente en la disminución de las poblaciones de organismos animales y vegetales y la devaluación paisajística que limita el desarrollo turístico y económico. La revisión y síntesis de la información reportada sobre contaminantes que afectan a los productos marinos corresponden a agentes patógenos, elementos químicos, y a los micro y nanoplásticos, los cuales pueden estar presentes en los tejidos de peces, cefalópodos, y crustáceos. Por otro lado, los contaminantes que afectarían la producción en sistemas de cultivo controlado en ambiente cerrado corresponden a acumulaciones de productos químicos en los tejidos que posteriormente son comercializados para consumo humano. El desarrollo propio en la generación de productos acuícolas, tanto de origen marino como de acuicultura, propicia la generación de residuos.

### **5.1 Marco legal para la atención de la contaminación relacionada con productos pesqueros y acuícolas**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el Artículo 4 menciona que “toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para

---

<sup>1</sup> Investigador por México CONAHCYT- Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal. Avenida Insurgentes 330, 17 de Octubre, 77013 Chetumal, Q.R. Correspondencia: riroluis@yahoo.com.mx

su desarrollo y bienestar, siendo el Estado quien garantizará el respeto a este derecho”, además de delimitar las líneas de acción reflejadas en los Artículos 25 y 27 (CPEUM, 2021). Esto se traduce en la instrucción a los gobernantes de las diferentes regiones del país para instituir líneas estratégicas para el aseguramiento de este derecho constitucional y propiciar que se desarrollen acciones directas que ayuden a cumplir sus objetivos principales. México es uno de los países que firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, lo que directamente compromete al país a desarrollar tecnologías y metodologías orientadas a la disminución de contaminantes y la mitigación de sus efectos en ambientes afectados por la acción del ser humano.

Los objetivos plasmados en la Conferencia de las Partes (COP 13) del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) de Naciones Unidas celebrada en Cancún Quintana Roo en diciembre de 2016 se refieren a: “asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos ecológicos, salvaguardar la diversidad genética de las especies, asegurar el aprovechamiento racional de los recursos”, y lograr un desarrollo sustentable entre el hombre y la naturaleza (ONU, 2016). Basado en este antecedente se identifica una clara línea de acción que ayuda a mitigar los efectos negativos que se provocan con la contaminación en nuestro medio natural. Acciones que deben de ser emprendidas a la brevedad por organismos académicos, gubernamentales, y la sociedad en su conjunto.

La Agenda de transiciones ambientales de la cuarta transformación menciona que sus líneas de acción deberán dar soporte y ayudar en restauración, recuperación y restablecimiento de los procesos naturales que se desarrollan en los ecosistemas afectados o degradados en el territorio nacional (SEMARNAT, 2020). Bajo esta premisa y en concordancia con los planes de mejoramiento ambiental y mitigación de los efectos del cambio climático, se hace evidente la necesidad de generar programas de educación ambiental y de investigación científica que se enfoquen en la reducción y mitigación de efectos de contaminantes sólidos en el país.

La Ley General de Salud contiene los lineamientos para regular los productos acuáticos en el Reglamento de Control Sanitario de Productos y

Servicios (CDHCU, 2021). Este reglamento contiene las normas aplicables de carácter obligatorio en los productos acuícolas:

La NOM-128-SSA1-1994 establece: “la obligatoriedad del Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos. La norma abarca cualquier producto de la pesca o acuicultura encontrado en los mercados nacionales (de producción nacional o importación), así como al producto procesado en México, pero destinado a los mercados internacionales”.

## **5.2 Consumo de productos pesqueros y acuícolas**

El consumo mundial per cápita de alimentos provenientes del mar y la acuicultura llegó a 20 kilogramos en 2014, aumentando lentamente a 20.5 kg para el 2018 siendo el máximo valor registrado (Livia et al., 2018; FAO, 2020). En la última década, el gobierno de México se propuso aumentar el consumo per cápita de pescados y mariscos anual a 12 kg, mediante la instauración de políticas públicas que permitan incrementar la producción, disponibilidad y como consecuencia el consumo de estos alimentos, ayudado de instituciones como la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) e Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), dicho valor se logró alcanzar en mucho menor tiempo de lo estipulado.

Los datos oficiales de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural describen que “México cuenta con más de 11 mil kilómetros de litorales donde se puede pescar, lo que lo coloca en la posición 17 en producción pesquera en el mundo; asimismo, se cuenta con el 12% de la biodiversidad mundial y en los mares mexicanos habitan 2 mil especies endémicas” (CONAPESCA, 2022a).

El último reporte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura mostró que para el año 2018 se obtuvieron aproximadamente 178.5 millones de toneladas de productos acuáticos (FAO, 2020). De esta producción, 96.4 millones de toneladas correspondieron a recursos capturados en ambientes naturales y 82.1 millones de toneladas a productos de la acuicultura, de este total 156.4 millones de toneladas fueron

destinadas a la alimentación humana (FAO, 2020). A nivel económico, se estima que la producción mundial de pescado en 2018 alcanzó valores de primera venta alrededor de 400 000 millones de dólares, en México se generó un capital de \$ 41,728,466 miles de pesos para el 2018, mientras que el estado de Quintana Roo para 2018 obtuvo ganancias por \$ 181,839 miles de pesos. Al conocer los datos anteriores se puede entender la importancia de la pesca como actividad económica global, nacional y regional.

### **5.3 Los productos pesqueros y acuícolas de México y la península de Yucatán**

#### *5.3.1. Pesca*

La pesca, se define como una actividad que aprovecha los recursos naturales renovables del océano, en el país, la captura es realizada por pescadores costeros, artesanales y en pequeña escala, excepto para el atún, la sardina y el camarón que son capturados de modo industrial (Arreguín-Sánchez y Arcos-Huitrón, 2011). En México las principales capturas son de sardina 33.5%, camarón 10.6%, mojarra 8.3%, anchoveta 5.1%, atún 4.5%, macarela 3.1%, ostión 2.6%, carpa 2.5%, jaiba 2.3%, pulpo 1.8% y resto de especies 25.8% (CONAPESCA, 2015). Respecto a las especies que se capturan en la península de Yucatán, los reportes del CONAPESCA hasta el año 2018 indican la presencia de langosta, mero, pargo, camarón, pulpo, mojarra, esmedregal, rubio, peto, róbalo, rubia y villajaiba, tiburón, jurel, corvina, guachinango, lisa, cazón, sierra, raya y similares, cabrilla, pámpano, bonito, bandera, anchoveta, lenguado, atún, ronco y otras (Figura 5.1).



Figura 5.1. Productos pesqueros del golfo de México y mar Caribe. Fotos del autor, edición propia.  
Fuente: Elaboración propia sobre la base de trabajo de campo.

### 5.3.2 Acuicultura

La acuicultura es una actividad que encontró un nicho productivo en México, como una estrategia para incrementar la producción de organismos acuáticos, tanto de origen marino como de agua dulce (Platas-Rosas y Vilaboa-Arroniz, 2014). En el país, la acuicultura se encuentra bien desarrollada en los estados del norte (Sonora y Sinaloa) en los que la producción de camarón ha sobrepasado a la de ganado, en otros estados

del sur del país (Tabasco y Veracruz), la tilapia es el principal producto, aproximadamente existen 9000 centros de producción acuícola en todo el país (CONAPESCA, 2022b).

Los productos acuícolas reportados para México incluyen moluscos, peces, crustáceos, equinodermos y anfibios (Amador-del Ángel y Cabrera-Rodríguez, 1999; Flores-Nava et al., 2014; Platas-Rosado y Vilaboa-Arroniz, 2014; Poot-Lopez y Gasca-Leyva, 2016; FAO, 2020). La clasificación de los productos se mencionan a continuación:

- *Moluscos*: Ostiones, mejillones, callo de hacha, abulón y almejas, pulpo.
- *Peces*: Bagre de canal, peces de ornato, mojarras, tilapias, salmón, truchas, esmedregal, robalos, lutjanidos, pámpanos, boquinete, rubia, mero, lisa, caballitos de mar, molly de velo, entre otros.
- *Crustáceos*: Camarón, jaiba, artemia, langostinos, langosta de agua dulce, entre otros.
- *Equinodermos*: Pepino de mar.
- *Anfibios*: Rana toro.

## 5.4 Contaminantes potenciales en los productos de origen marino

### *Metales pesados*

El desarrollo de actividades humanas cercanas a la costa y dentro de la zona costera ha propiciado el incremento en la concentración de metales pesados; el cromo se utiliza para el revestimiento plástico, galvanoplastia de metales, curtido y productos de cuero, para la fabricación de pigmentos y conservantes de madera; el cadmio es utilizado en la fabricación de baterías de níquel-cadmio, anticorrosivos y pigmentos; y el mercurio y el plomo son desechados en los materiales agrícolas, minería y las descargas industriales (Mohan et al., 2006; Wu et al., 2016; Al-Hamouz et al, 2017). Desafortunadamente, el vertido y acumulación de estos metales en los sistemas acuáticos está produciendo contaminación directa sobre los organismos que en ellos habitan y que son productos de consumo humano.



Los metales pesados como contaminantes en organismos marinos han sido reportados en peces de Colombia (Vargas-Licona y Marrugo-Negrete, 2019), Argentina (Gil et al., 2006), México y otros (Frías-Espéricueta et al., 2010, 2011; Aguilar-Ucán et al., 2014), y sus efectos en los humanos pueden ser desde neurotoxicidad, apoptosis, autismo, alteraciones neuropsicológicas, pérdida de visión, inmunotoxicidad, daño de linfocitos, teratogénesis y carcinogénesis, deformidades y pérdida de motilidad de espermatozoides, alteración de niveles hormonales, entre otras (Choy et al., 2002; Silbergeld et al., 2005; Bridges et al., 2007; Geier y Geier, 2007; Crespo et al., 2009; Ceccatelli et al., 2010; Barcelos et al., 2011; De Marco et al., 2012; Ursinyoba et al., 2012)

### *Desechos sólidos plásticos*

La producción de desechos contaminantes y su deposición en los ambientes acuáticos se ha intensificado a lo largo de los años y como consecuencia del incremento de población en la zona costera. La producción de desechos sólidos principalmente plásticos se ha reportado como un problema de salud ambiental y para la captura y venta de productos acuícolas. Los materiales plásticos son transformados en contaminantes cuando son depositados libremente en el medio ambiente, y se clasifican en micro plásticos y macro plásticos dependiendo de su tamaño que varía de micras hasta estructuras mayores de más de un metro cuadrado (Cole et al., 2011).

Las consecuencias directas de la acumulación de desechos sólidos en organismos marinos ha sido documentada y afecta directamente en el desarrollo y crecimiento, ya que un gran número de especies está ingiriendo los desechos sin que puedan procesarlos, los ejemplos claros se han evidenciado en mamíferos marinos, tortugas, peces de gran tamaño como pez espada, aves marinas, y los calamares (Azzarello y Van-Vleet, 1987; Laist, 1987; Blight & Burger, 1997; Moore et al., 2001; Possatto et al., 2011; Ivar-do-Sol & Costa, 2013; Rosas-Luis, 2016). Además de las consecuencias identificadas por la ingesta de estos contaminantes, se han descrito efectos negativos en la sobrevivencia de los organismos animales y vegetales ya que se ven enmallados o aprisionados directamente por los plásticos y en

ocasiones sufren daño debido a las toxinas que algunos materiales pueden contener (Derraik, 2002; Andrady, 2011).

Dos características que presentan los plásticos y que representan problemas de contaminación son la resistencia y la durabilidad, ya que impiden su eliminación del ambiente y favorecen su consumo por los organismos acuáticos (Figura 5.2) (Andrady, 2011; Cole et al., 2011, Ritchie y Roser, 2018). Las partículas de plástico presentan una alta toxicidad, ya que los animales marinos absorben contaminantes ambientales tales como los bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, pesticidas organoclorados los cuales pueden bioacumularse y después ser transferidos a los humanos (Cole et al., 2011; Andrady, 2011; De-la-Torre, 2019; Toledo-Martínez, 2019).



Figura 5.2. Contaminación por residuos sólidos en playas del Caribe mexicano. Foto tomada por el autor.  
Fuente: Elaboración propia sobre la base de trabajo de campo.

Los restos de plásticos identificados en los contenidos estomacales corresponden a materiales usados en las redes de pesca, cuerdas de multifilamentos de poliuretano y restos de flotadores fabricados a base de PVC, ambos materiales son catalogados como microplásticos secundarios ya que provienen de la fragmentación de materiales plásticos grandes tanto en el mar como en tierra (Cole et al., 2011; Rosas-Luis, 2016). Estos materiales al presentar características rígidas y de larga duración se mantienen flotando en la columna de agua y se vuelven contaminantes que son ingeridos por los organismos como pulpos, calamares y peces, o por medio de transmisión vía cadena trófica a organismos mayores “ejemplo: presencia de microplásticos en pelágicos mayores tiburones y peces, por depredación directa sobre pulpos y calamares”.

La ingesta de microplásticos en los humanos puede ocasionar daño celular, estrés oxidativo, secreción de citocinas, inflamación, reacciones inmunitarias, daño al ADN, neurotoxicidad, fibrosis y alergias (Vethaak y Legler, 2021). Es por ello por lo que se debe poner mayor esfuerzo en la investigación del origen, tipo y vías de acumulación de estos contaminantes en los productos acuáticos de consumo para el humano.

### **5.5 Contaminantes potenciales en los productos de la acuicultura**

El problema de la contaminación en los productos de origen acuícola se refiere a la pérdida de inocuidad directamente relacionada a la presencia de contaminantes como agentes químicos, bacterias o virus. Los agentes químicos que se han documentados incluyen a los plaguicidas, fertilizantes químicos, antibióticos, promotores de crecimiento, combustibles y metales pesados (Cárdenas-Bonilla y Noriega-Orozco, 2003). Las enfermedades que se desprenden directamente de la presencia de estos contaminantes en los productos que consume el ser humano son la amibiasis, fiebre tifoidea, intoxicación por bacterias, paratifoidea y otras salmonelosis, además de que se pueden presentar casos de shigelosis, envenenamiento paralizante por ingesta de moluscos, envenenamiento diarreico, envenenamiento neurotóxico, envenenamiento amnésico (Noriega, 1996; Villalobos, 2000).

Los virus son agentes patógenos que afectan el desarrollo de los organismos y dependiendo de su especificidad, se darán los impactos negativos. En los cultivos de peces se procura mantener a los organismos sanos y libres de virus como el de la enfermedad de linfocistis, el cual provoca una enfermedad crónica con presencia de tumores en la piel y con baja mortalidad (Xiuzhen et al 2007). A pesar de que este sea un virus aparentemente simple, otros son de mayor agresión como el virus de la necrosis pancreática infecciosa, que como su nombre indica afecta directamente al páncreas, o el virus de la enfermedad del bagre de canal que se caracteriza por una septicemia hemorrágica en peces juveniles (Wolf, 1988). Otros virus que pudieran presentarse en los sistemas de cultivo incluyen a la viremia primaveral de la carpa y odontoma en peces de ornato (Escobedo-Bonilla et al., 2017).

En los cultivos de crustáceos nueve son los virus identificados con efectos en los sistemas de acuicultura de México, ellos incluyen a Baculovirus penaei, Monodon baculovirus, Baculovirus de la necrosis de la glándula digestiva, virus de la narcosis infecciosa, parvovirus hepatopancreático, virus del síndrome de la cabeza amarilla, virus del síndrome de Taura, virus del síndrome de la mancha blanca, y el virus de mionecrosis infecciosa (Lightner, 2011; Escobedo-Bonilla, 2013; Escobedo-Bonilla et al., 2017). Para los moluscos cinco son los virus que han prendido las alarmas en la acuicultura mexicana, ellos son: el herpesvirus del ostión, la ganglioneuritis viral de la abulón, el iridovirus, el papilomavirus, y virus de la familia Birnaviridae que causan necrosis celulares (Escobedo-Bonilla et al., 2017). A pesar de que los virus son patógenos presentes en el ambiente natural, en condiciones de cultivo se han convertido en un problema ya que las condiciones aparentan ser las idóneas para su desarrollo, es por ello por lo que los productores necesitan capacitación en el manejo y eliminación de estos agentes para que no representen riesgo para la comercialización y consumo para los seres humanos.

## 5.6 Generación de contaminantes por la actividad pesquera

En la experiencia del autor, los desechos orgánicos de la industria pesquera en el estado de Quintana Roo se listan a continuación:

- Desechos orgánicos de extremidades, aletas pectorales, anales, dorsales y cabeza en peces, telson “cola”, antenas, patas y cabeza en crustáceos (figura 5.1).
- Desechos orgánicos de vísceras, estómago, corazón, restos de órganos internos (figura 5.3).
- Conchas en moluscos.

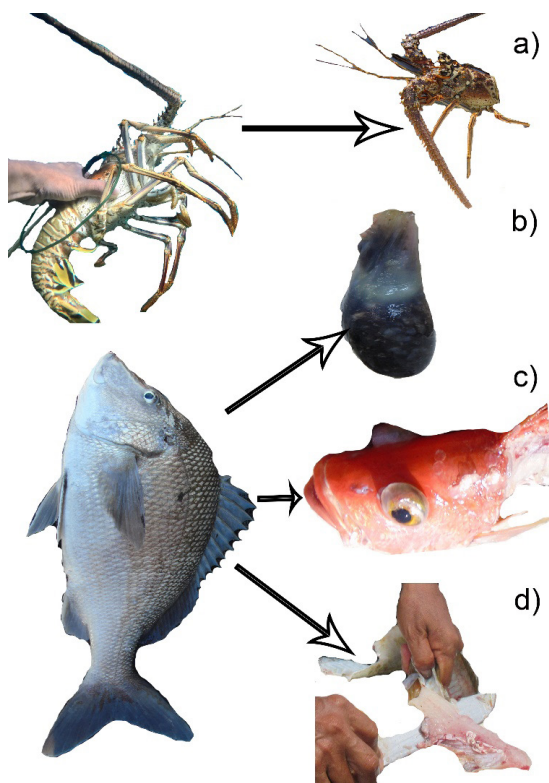


Figura 5.3. Principales residuos del procesamiento de productos acuícolas. a) restos de crustáceos cabeza, b) vísceras, c) cabezas de pescado, d) piel de pescado.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de trabajo de campo.

A la fecha no se cuenta con un estudio detallado de los volúmenes de residuos generados por la actividad pesquera en materia de desperdicios orgánicos. Sin embargo, se ha documentado en otros estados de México, y en otros países de Latinoamérica, que los residuos de la actividad pesquera pueden ser materia base para la producción de harina, aceites, colágeno, gelatinas, toxinas, hidrolizados proteicos y enzimas (Kim y Mendis, 2006).

### **5.7 Generación de contaminantes por la acuacultura**

Los contaminantes producto de la acuacultura están referidos al incremento en el nivel máximo de concentración de una sustancia en un medio específico, que pudiera causar un daño si ese medio se usa para otro propósito de manera constante (reutilización para otro sistema de cultivo o deposición directa en el ambiente (Cárdenas-Bonilla y Noriega-Orozco, 2003). El oxígeno disuelto, es una de las variables que ayudan en el mantenimiento de la calidad del agua, los principales criterios para especificar la calidad se especifican a concentraciones mínimas aceptables que aseguren el mantenimiento de las funciones biológicas, en caso de pasar los valores mínimos, se considera un impacto negativo y contaminación. Algunos parámetros que se miden para la calidad en los análisis de agua son concentración de sólidos suspendidos y disueltos totales, turbidez, pH, fosfatos, nitratos, cloruros, sulfuros, metales, oxígeno disuelto, y Coliformes Totales y Fecales. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-031-SSA1-1993, para que un sistema de cultivo se considere adecuado y se apruebe su funcionamiento para el cultivo debe de mantener una mediana del número más probable de bacterias coliformes fecales por debajo de 14/100 ml y que no más del 10% de todas las pruebas exceda 43/100 ml. Esto significa que un incremento en esa mediana sería considerado como contaminación directa por coliformes fecales y si las aguas producto de ese sistema de cultivo son depositadas en el ambiente, la contaminación se extendería a otros sistemas acuáticos.

En la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021 sobre el agua para uso y consumo humano se encuentran listados los límites permisibles de la calidad del agua. En la tabla 1 se encuentran listados los parámetros y sus límites permisibles. En los desechos de los sistemas de acuicultura, toda medida superior a estos parámetros se considera contaminante y debe ser procesada para eliminarlos antes de ser depositada en el ambiente natural o reusada para el sistema de cultivo.

Tabla 5.1. Principales parámetros y límites permitidos para la calidad del agua.

| Parámetro                                  | Límite permitido |
|--------------------------------------------|------------------|
| Cianuros totales                           | 0.07 mg/L        |
| Dureza total como CaCO <sub>3</sub>        | 500 mg/L         |
| Fluoruros                                  | 1.50 mg/L        |
| Nitrógeno amoniacal                        | 0.50 mg/L        |
| Nitrógeno de nitratos (N-NO <sub>3</sub> ) | 11.00 mg/L       |
| Nitrógeno de nitritos (N-NO <sub>2</sub> ) | 0.90 mg/L        |
| Sólidos disueltos totales                  | 1000.00 mg/L     |
| Sulfatos (SO <sub>4</sub> )                | 400.00 mg/L      |
| Aluminio                                   | 0.20 mg/L        |
| Arsénico                                   | 0.025 mg/L       |
| Bario                                      | 1.3 mg/L         |
| Cadmio                                     | 0.005 mg/L       |
| Cobre                                      | 2.00 mg/L        |
| Cromo total                                | 0.05 mg/L        |
| Hierro                                     | 0.30 mg/L        |
| Manganeso                                  | 0.15 mg/L        |
| Mercurio                                   | 0.006 mg/L       |
| Níquel                                     | 0.07 mg/L        |
| Plomo                                      | 0.01 mg/L        |
| Selenio                                    | 0.04 mg/L        |
| Cloro residual libre                       | 0.2 a 1.5 mg/L   |
| Yodo residual libre                        | 0.2 a 1.5 mg/L   |
| Plata total                                | 0.05 a 0.1 mg/L  |

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021.



## **5.8 Recomendaciones para la atención de la contaminación en la producción pesquera y acuícola**

En la región del Mar Caribe el desarrollo de unidades habitacionales y el incremento poblacional han propiciado el aumento de los volúmenes de desechos, que en la mayoría de las ocasiones no son tratados de manera adecuada y terminan su vida útil siendo arrojados a los desagües y pequeños canales. Esta práctica ha propiciado un incremento en la contaminación de la zona marino-costera, requiriendo esfuerzos conjuntos de los gobiernos locales, estatal, y federal para lograr la mitigación de los efectos actuales y disminuir los impactos negativos que en futuro se podrían sufrir. Un caso en particular, en la ciudad de Chetumal, el ayuntamiento de Othón P. Blanco ha recolectado tan sólo en un fin de semana más de 30 toneladas de basura únicamente de la zona del Boulevard Bahía, principalmente envases de cristal de cerveza, plásticos y otros residuos que contaminan el ambiente y por consiguiente el santuario del manatí. La falta de cultura para depositar la basura en los depósitos, han generado un alto grado de contaminación que afecta a las especies de la bahía. Debido a esto, es necesario que se implemente un programa de investigación que directamente identifique las especies afectadas por la disposición de contaminantes en la zona marino-costera, y que ayude en la mitigación futura de los efectos negativos en su desarrollo.

Otro de los sectores que se deben investigar es el de acuacultura, ya que es necesario identificar los procesos vulnerables a los efectos de la contaminación y aquellos que contribuyen a su mitigación, para con ello impulsar su aplicación como protocolos de sanidad que mejoren la inocuidad de sus productos, así como disminuir los efectos negativos que provocan al medio ambiente.

Como estrategia regional se debería implementar un monitoreo de la calidad de los productos acuáticos de consumo humano, que incluya análisis de contaminantes, metales pesados, microplásticos, y la inclusión de la determinación de propiedades nutritivas, con ello se mantendría una línea base de investigación que permita la detección temprana de contaminación y de colapso en la producción de estos recursos.



## Conclusiones

La inclusión de productos marinos en el consumo humano continúa incrementando a nivel mundial. Esta tendencia representa una oportunidad de desarrollo para la región península de Yucatán, ya que los estados que la integran presentan litorales extensos y diversos, de los cuales se extraen toneladas de pescados y otros productos marinos. La comercialización de pescados se mantiene a un nivel local, por lo que es necesario que se implementen estrategias para lograr la comercialización a nivel nacional e internacional, siguiendo el ejemplo de pesquerías como la de la langosta del caribe, de la cual se conoce su exportación a Europa y Asia.

La acuicultura como actividad productiva representa un potencial para la región, el desarrollo de granjas de cultivo en Yucatán es el primer esfuerzo por incursionar en esta actividad. Si bien, la acuicultura representa riesgos en cuanto a manejo de desechos, su aplicación y estudio pueden ser abordados por las instituciones de investigación de la región. La producción acuícola es la principal fuente de pescado en las regiones interiores de la península, por lo tanto, su estudio y potencialización debe seguir una estrategia regional acorde a los estándares nacionales para producción y manejo.

## Agradecimiento

El autor es miembro de Laboratorio de Nano y Micro Fluídica en el cual se están realizando esfuerzos para la caracterización de microplásticos y su impacto en los organismos marinos.

## Referencias

Aguilar-Ucán C.A, Montalvo-Romero C, Cerón-Bretón JG, Anguebes-Francesch F. 2014. Niveles de Metales pesados en especies marinas: Ostión (*Crassostrea virginica*), Jaiba (*Callinectes sapidus*) y Camarón

- (*Litopenaeus setiferus*), de Ciudad del Carmen, Campeche, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 10: 9-17.
- Al-Hamouz OCS, Estatie M, Saleh TA. 2017. Removal of cadmium ions from wastewater by dithiocarbamate functionalized pyrrole based terpolymers. *Separation and Purification Technology*, 177: 101-109.
- Andrady AL. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1596-1605.
- Amador-del Ángel LE, Cabrera-Rodríguez P. 1999. La acuacultura en el estado de Campeche México: situación actual y perspectivas. *Gaceta Universitaria UACarmen*, 42: 21-26.
- Azzarello MY, Van-Vleet ES. 1987. Marine birds and plastic pollution. *Marine Ecology Progress Series*, 37: 295-303.
- Barcelos G, Angeli J, Serpeloni J, Grotto D, Rocha B, Bastos J. 2011. Quercetin protects human-derived liver cells against mercury-induced DNA-damage and alterations of the redox status. *Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 726: 109-115.
- Blight LK, Burger AE. 1997. Occurrence of plastic particles in sea-birds from the Eastern North Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 34: 323-325.
- Bridges C, Battle J, Zalups R. 2007. Transport of thiol-conjugates of inorganic mercury in human retinal pigment epithelial cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 221: 251-260.
- Cárdenas-Bonilla A, Noriega-Orozco L- 2003. *Manual de Buenas Prácticas de manufactura en el procesamiento primario de productos Acuícolas*. SENASICA-SAGARPA, Guaymas, México.
- CDHCU. 2021. *Ley general de salud*. Cámara de Diputados. México.
- Ceccatelli S, Daré E, Moors M. 2010. Methylmercury-induced neurotoxicity and apoptosis. *Chemico-Biological Interactions*, 188: 301-308.
- Choy C, Yeung Q, Briton C, Cheung C, Lam C, Haines C. 2002. Relationship between semen parameters and mercury concentrations in blood and in seminal fluid from subfertile males in Hong Kong. *Fertility and Sterility*, 78:426-428.
- Cole, M.P., Lindeque, C., Halsband, T. y S. Gallowayc. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62(12): 2588-2597.

- CONAPESCA. 2015. Foro económico de pesca y acuicultura en México. CONAPESCA <https://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=101152&IDCat=3&IdEnt=47>
- CONAPESCA. 2018. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca*. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>
- CONAPESCA. 2022a. *La pesca mexicana, una actividad inmensa como el mar*. <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/la-pesca-mexicana-una-actividad-inmensa-como-el-mar-227722?idiom=es>
- CONAPESCA. 2022b. Ubicación de Centros Acuícolas. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/ubicacion-de-centros-acuicolas>
- CPEUM 2021. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Diario Oficial de la Federación.
- Crespo M, Macêdo G, Pereira S, Arrifano G, Picanço D, Nascimento J. 2009. Mercury and human genotoxicity: Critical considerations and possible molecular mechanisms. *Pharmacological Research*, 60 :212-220.
- De-la-Torre, G.E. 2019. Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Revista de ciencia y tecnología*, 15: 27-37.
- Derraik JGB. 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 44: 842-852.
- De Marco K, Antunes L, Tanus J, Barbosa Jr. 2012. Intron 4 polymorphism of the endothelial nitric oxide synthase (eNOS) gene is associated with decreased NO production in a mercuryexposed population. *Science of the Total Environment*, 414: 708-712.
- Escobedo-Bonilla CM, 2013. Application of RNA interference against viral infections in shrimp: a review. *Journal of Antivirals and Antiretrovirals*, 5: 1-12.
- Escobedo-Bonilla CM, Cáceres-Martínez J, Ortega-Santana C, Vásquez-Yeomas R. 2017. Virus y acuicultura. En: Arias CF et al., *La virología en México: situación actual, retos y oportunidades*. Academia Mexicana de Ciencias, México. pp: 123-144.
- FAO 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. *Sustainability in action*. Rome. 244 p.

- Flores Nava, A., Castro Agüero, C., & Martínez Díaz, G. (2014). Potencial para la camaronicultura en el Estado de Yucatán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(14). <https://doi.org/10.19136/era.a7n14.465>
- Frías-Espéricueta MG, Osuna-López JI, Izaguirre-Fierro G, Aguilar-Juárez M, Voltolina D. 2010. *Cadmio y plomo en organismos de importancia comercial de la zona costera de Sinaloa*, México: 20 años de estudios. *CICIMAR Oceánides*, 25: 121-134.
- Frías-Espéricueta MG, Aguilar-Juárez M, Osuna-López I, Abad-Rosales S, Izaguirre-Fierro G, Voltolina D. 2011. *Los metales y la camaronicultura en México*. *Hidrobiológica*, 21: 217-228.
- Geier D, Geier MA. 2007. Prospective Study of Mercury Toxicity Biomarkers in Autistic Spectrum Disorders. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 70:1723-1730.
- Gil MN, Torres A, Harvey M, Esteves JL. 2006. Metales pesados en organismos marinos de la zona costera de la Patagonia argentina continental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41: 167-176.
- Ivar-do-Sol JA, Costa MF. 2013. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185: 352-354.
- Kim SK, Mendis E. 2006. Bioactive Compounds from Marine Processing Byproducts: A Review. *Food Research International*, 39: 383-393.
- Laist DW. 1987. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18: 319-326.
- Lightner DV. 2011. Virus diseases of farmed shrimp in the western hemisphere (the Americas): a review. *Journal of Invertebrate Pathology*, 106: 110-130.
- Livia C, Roscher L, Lorenz C, Gerdtz G, Primpke S. 2018. Comparison of Raman and Fourier Transform Infrared Spectroscopy for the Quantification of Microplastics in the Aquatic Environment. *Environmental Science and Technology*, 52, 13279-88.
- Moore CJ, Moore SL, Leecaster MK, Weisberg SB. 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific central gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 42: 1297-1300.

- NOM-128-SSA1-1994. *Norma Oficial Mexicana Bienes y Servicios*. Que establece la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca. Diario Oficial de la Federación. México.
- Noriega L. O. 1996. *Fishing and SeaFood Quality: Consumer and Regulatory Agencies Approach*. Tesis de Maestría de U. of Reading. 82 pp.
- Mohan D, Singh KP, Singh VK. 2006. Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth. *Journal of Hazardous Materials*, 135: 280-295.
- ONU 2016. Convenio sobre la diversidad biológica. Informe CBD/COP/13/25.
- Platas-Rosado DE, Vilaboa-Arroniz J. 2014. La acuicultura mexicana: potencial, retos y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35: 1065-1071.
- Poot-López GR, Gasca-Leyva E. 2016. Acuicultura en Yucatán. *Bioagrobiencias*, 9: 27-34.
- Possatto FE, Barletta M, Costa MF, Ivar-do-Sul JA, Dantas DV. 2011. Plastic debris ingestion by marine catfish: an unexpected fisheries impact. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1098-1102.
- Rosas-Luis R. 2016. Description of plastic remains found in the stomach contents of the jumbo squid *Dosidicus gigas* landed in Ecuador during 2014. *Marine Pollution Bulletin*, 113: 203-305.
- Ritchie H, Roser M. 2018. *Plastic Pollution*. <https://ourworldindata.org/plastic-pollution#citation> (Consultado el 15 de diciembre de 2021)
- Silbergeld EK, Silva IA, Nyland JF. 2005. Mercury and autoimmunity: implications for occupational and environmental health. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 207: 282-292.
- SEMARNAT. 2020. *Agenda de transiciones ambientales de la cuarta transformación*. SEMARNAT, México.
- Ursinyova M, Uhnakova I, Serbin R, Masanova V, Husekova Z, Wsolova L. 2012. The Relation Between Human Exposure to Mercury and Thyroid Hormone Status. *Biological Trace Element Research*, 148: 281-291.

- Vargas-Licon SP, Marrugo-Negrete JL. 2019. Mercurio, metilmercurio y otros metales pesados en peces de Colombia: riesgo por ingesta. *Acta Biológica Colombiana*, 24:232-242.
- Vethaak A, Legler J. 2021. Microplastics and human health. *Science*, 371: 672-674.
- Villalobos V. 2002. Conferencia: Inocuidad Alimentaria en México: Importancia de la Prevención y Control de Riesgos Microbiológicos en la Cadena Alimentaria. En: *Foro sobre Evaluación de Riesgos Microbiológicos en Alimentos*. Hermosillo, Son. México.
- Wolf K. 1988. *Fish viruses and fish viral diseases*. Cornell University Press. Itaka, New York.
- Wu CY, Mouri H, Chen SS, Zhang DZ, Koga M, Kobayashi J. 2016. Removal of trace-amount mercury from wastewater by forward osmosis. *Journal of Water Process Engineering*, 14: 108-116.
- Xiuzhen S, Wenbin Z, Songjuan X, Shunfeng C. 2007. Histopathological observation of lymphocystis disease and lymphocystis disease virus detection in cultured diseased *Sebastes schlegelii*. *Journal of Ocean, University of China*, 6: 378-382.

## 6. EFECTOS NOCIVOS DE PESTICIDAS SOBRE LA SALUD: CASO GLIFOSATO

*Sara Elisa Herrera Rodríguez <sup>1</sup>*

*Neith Aracely Pacheco López <sup>1</sup>*

### Resumen

Una gran variedad de residuos de pesticidas se puede encontrar en alimentos y bebidas que consumimos diariamente, incluyendo cereales, agua, frutas, jugos, y hasta en el alimento para animales, además se sabe que el lavado y pelado de frutas no logra remover por completo estos residuos químicos. Comúnmente la exposición a pesticidas es parte de la vida de los trabajadores de la agricultura, productores de pesticidas y personal dedicado a exterminar plagas, sin embargo, todos estamos expuestos a estar en contacto con ellos, de hecho, los niños, mujeres embarazadas, enfermos o adultos mayores podrían ser más sensibles a los efectos de los pesticidas que el resto de la población. En el presente capítulo se abordarán algunos de los efectos nocivos que causa los pesticidas con un enfoque particular en el caso del glifosato (Gly).

### 6.1 Generalidades de los efectos de los pesticidas en humanos

Los seres humanos estamos en contacto con los pesticidas a través de los alimentos, aire, agua, suelo, flora y fauna, si estos son absorbidos por el cuerpo pueden distribuirse por el torrente sanguíneo a todo el cuerpo y ser excretado a través del tracto gastrointestinal, urinario, piel y aparato respiratorio. El contacto puede y las formas de entrada de pesticidas comunes en el cuerpo, son de forma oral, dermal, respiratorio y a través de

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsele Sureste, Tablaje Catastral 31264 km 5.5 Carr. Sierra Papacal-Chuburná puerto, Parque Científico Tecnológico de Yucatán, CP 97302, Mérida, Yucatán, México.

los ojos (Hashimi et al., 2020). La OMS estima que alrededor de 4 millones de personas anualmente son envenenadas por pesticidas en el mundo, de los que un 25% son hospitalizados y alrededor del 8 % pierden la vida, muchos de estos accidentes suceden debido a que en los países en vías de desarrollo aún se utilizan pesticidas que generalmente están prohibidos en países desarrollados (Hashimi et al., 2020).

Actualmente el uso de pesticidas ha ido en crecimiento, así como su toxicidad, además la combinación de dos o más pesticidas o compuestos bioactivos pueden presentar un efecto sinérgico. Los pesticidas son tóxicos a dosis particulares para los organismos vivos, pero en el humano a bajas concentraciones pueden inhibir procesos enzimáticos e interrumpir reacciones normales del metabolismo. Se han reportado una gran cantidad de efectos negativos en la salud por los pesticidas, se reportan, problemas en la piel, sistema gastrointestinal, sistema nervioso central, sistema respiratorio, sistema reproductivo, renal, entre otros, además de presentar efecto carcinogénicos, teratogénicos y mutagénicos (Hashimi et al., 2020).

Un ejemplo de pesticidas en alimentos que generalmente no consideramos que pudieran estar contaminados es su presencia de residuos en la miel y la cera. Los pesticidas tipo organofosforados coumafos (clasificación toxicológica II) son insecticidas y acaricidas lipofílicos. Su uso fue aprobado desde 1999 por la agencia de control del medio ambiente de Estados Unidos para el control de ácaros varroa y pequeños escarabajos de las colmenas (por sus siglas en inglés SHB, small hive beetle), sin embargo, los coumafos son altamente persistente (más de un año en tierra). En México, es permitido su uso para el control de moscas, garrapatas, pulgas, piojos y ácaros en aves, ganado, ovejas, cabras, caballos, perros y cerdos, pero es también se permite su uso en colmenas de abejas melíferas (MANUAL2014, n.d.). Al ser usado contra los SHB y debido a su comportamiento de vivir dentro de las colmenas, hay un estudio que mostró presencia de pesticidas coumafos en el 100% de muestras de cera y en el 64 % de muestras de miel colectadas en Yucatán (Valdovinos-Flores et al., 2016).

Estudios han mostrado que la presencia de pesticidas coumafos en la cera del panal afecta a las abejas durante su desarrollo. Aunque la dosis



letal (LC50) para adultos de *Apis mellífera* es de 46.3 mg/L, la dosis letal es menor para las larvas es de 8mg/L (Zhu et al., 2014). Cintas con pesticida de coumafos en la cámara de nacimiento de abejas mostró que induce efectos subletales en la reina tales como asfixia, anormalidades, comportamiento atípico, bajo peso, y bajo peso de ovarios comparado con controles (Farina et al., 2019; Haarmann et al., 2002). Adicionalmente, la exposición a coumafos aumenta la mortalidad en la descendencia (Berry et al., 2013).

El pesticida que se vende en Yucatán, por ejemplo llamado “polvo mágico” (Valdovinos-Flores et al., 2016), tiene altas concentraciones de coumafos en su formulación por ser uno de los ingredientes activos. Es importante considerar su uso indiscriminado pues son insecticidas altamente persistentes, que ponen en riesgo la salud desde los cuidadores de abejas, abejas y a los consumidores, especialmente cuando no es regulado o cuando por los productores no han sido entrenados para su uso. A la fecha existen estudios que han realizado meta análisis para evaluar la posible exposición de los humanos a Gly a través del consumo de miel (Sgargi et al., 2020).

## **6.2 Pesticidas y esclerosis lateral amiotrófica**

A la enfermedad caracterizada por la pérdida progresiva de neuronas motoras superiores e inferiores y la atrofia muscular se le conoce como esclerosis lateral amiotrófica (ALS, por sus siglas en inglés). Algunos estudios observacionales han mostrado que la exposición ambiental a los pesticidas está relacionada con evidencia del incremento en el riesgo a padecer ALS en Estados Unidos (A. Andrew et al., 2021; Gunnarsson & Bodin, 2018), existen estudios que apoyan la relación de la exposición de pesticidas (A. S. Andrew et al., 2017). Existe evidencia de un incremento de casos e incidencias de ALS en Italia derivado de un estudio de seguimiento en trabajadores de la agricultura realizado desde 1964 hasta 1988 (Govoni et al., 2005), en otro estudio, usando cuestionarios emparejados por edad y sexo de residentes de la región se encontró que la exposición ocupacional fue de 32 % de los casos en comparación del 13 % de los controles y que el riesgo se incrementa por empleado en el sector de la agricultura por más

de 10 años (Filippini et al., 2020). En la tabla 1 se muestran los pesticidas asociados a ALS.

**Tabla 6.1. Grupo de pesticidas que favorecen la asociación positiva con ALS**

|                      | Mecanismo de acción                                  | Pesticidas asociados con riesgo de ALS       |
|----------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Ditiocarbamatos      | Actividad por contacto en diferentes sitios          | Ferbam, Maneb, Metiram, Thiram, Zineb, Ziram |
| Anilino- Pirimidinas | Biosíntesis de la metionina                          | Cyprodinil, Pyrimethanil                     |
| Benzimidazoles       | En el ensamble de la $\beta$ -tubulina en la mitosis | Benomyl, Thiabendazole, Thiophanate- Methyl  |
| Fosfonatos           | Inducción de defensa en la planta                    | Fosetyl-Al, Phosphorous Acid /Salts          |
| Piridinio            | Fotosistema tipo I                                   | Diquat, Paraquat                             |

Fuente: Tomado de A. Andrew et al. (2021).

### 6.3 Aspectos del uso de glifosato

Los herbicidas basados en glifosato se desarrollaron con la finalidad de reemplazar o reducir la dependencia de otros herbicidas que se conocen son responsables de causar problemas desde el daño a las semillas, como daño a la salud humana. El glifosato, N-(fosfonometil) glicina (Gly) es el herbicida más usado alrededor del mundo desde 1974, hace más de 40 años, su acción es de amplio espectro y se consideraba de bajo riesgo por efectos dañinos mínimos, sobre todo en las especies no-blanco, como los mamíferos. Por ello, desde finales de los años setenta y a la fecha las autoridades regulatorias del mundo han permitido que el volumen aplicado de herbicidas basados en glifosato se incremente en unas 100 veces. La figura 6.1 ilustra el incremento del uso de Gly a través del tiempo y su relación con la evidencia encontrada con respecto a la resistencia al efecto de los antibióticos. Estudios recientes soportan esta hipótesis, pues han encontrado que a altas dosis de exposición de Glifosato se incrementa significativamente la expresión de genes de resistencia a antibióticos en las bacterias de agua dulce, mediante bombas de flujo para multidrogas. Por lo que Gly puede generar por selección cruzada, resistencia a antibióticos (Barbosa da Costa et al., 2022).

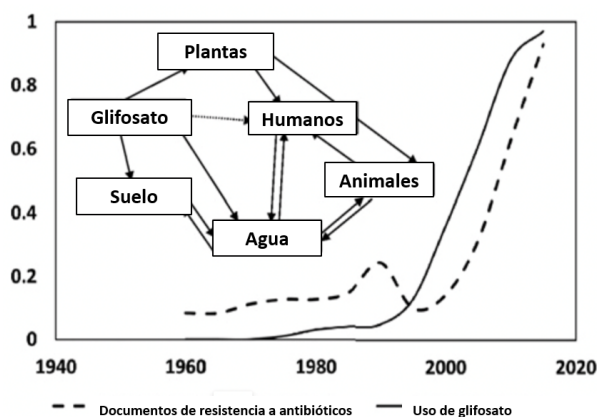


Figura 6.1. Incremento del uso de herbicida glifosato en el tiempo y su aparente influencia a la resistencia a los antibióticos en microorganismos. Fuente: Modificado de Van Bruggen et al. (2018).

### 6.3.1 Relación con el medio ambiente

La principal función para la que se ha usado el Gly es eliminar malas hierbas en los cultivos de trigo, canola y soya. Aunque en los cultivos de trigo también se utiliza como desecante previo de la cosecha (Van Bruggen et al., 2018). Adicionalmente, Gly es usado en áreas urbanas, en parques y en el contexto marino para eliminar plantas acuáticas (Clements et al., 2017). Debido a su uso intensivo sobre cultivos ha contribuido a la selección de semillas y microorganismos glifosfato-resistentes, lo cual ha cambiado la composición microbiana por la presión selectiva, lo que contribuye a la proliferación de patógenos indeseables en plantas y animales contaminados.

Además de la presencia de Gly en tierra y agua, también se encuentra su principal residuo de degradación, el ácido aminometil fosfónico (por sus siglas en inglés AMPA, aminomethyl phosphonic acid). Y de igual forma se ha observado que tienen efecto tóxico sobre macro y microorganismos, donde afecta de forma negativa a la composición microbiana.

Aunque los efectos de toxicidad aguda de Gly y AMPA en mamíferos se considera baja, existe la posibilidad de efectos en la salud asociados con la exposición crónica de dosis ultra-bajas relacionadas a la acumulación de

estos compuestos en el ambiente. Además, se sabe que los ingredientes que componen las diversas formulaciones de los productos pueden coadyuvar a aumentar el efecto nocivo que produce Gly (R. Mesnage et al., 2015).

### *6.3.2 Exposición en humanos.*

Desafortunadamente, por su uso de forma extensiva por años, recientemente existe la preocupación mundial de los posibles efectos sobre la salud humana ya sea de forma directa por residuos de Gly en alimentos o indirecta por contaminación de tierra y agua. Aunque, el efecto de Gly se produce por la especificidad y acción de inhibición de la actividad del 3-fosfoshikimate 1-carboxiviniltransferasa (EPSPS por sus siglas en inglés), la enzima clave en la vía shikimate, la cual está ausente en los vertebrados, por ello, durante mucho tiempo se pensó que éste no podría representar un riesgo serio a los humanos o en su salud.

De forma directa, Gly puede dañar por ingestión, pues se ha detectado en alimentos sin pasar los límites en muestras al azar en supermercado en Suiza (Zoller et al., 2018). Residuos de Gly y AMPA se han detectado en alimentos en Estados Unidos, Y en Canadá (Kolakowski et al., 2020). La contaminación ambiental con estos residuos puede causar daño de forma indirecta por encontrarse en tierra, polvo, lluvia y superficies de agua (Bai & Ogbourne, 2016). Como resultado de esto, la población puede ser expuesta por diversas rutas como la ingestión, inhalación y la absorción dérmica. Múltiples estudios recientes han reportado niveles detectables de Gly en fluidos del cuerpo humano (principalmente orina) en población en general (Gillezeau et al., 2019), así también, en sangre y tejidos (Mesnage et al., 2015) e inclusive en leche materna (Gillezeau et al., 2019) representando así y haciendo evidente un alto riesgo perjudicial para la salud. Adicionalmente, los niveles de detección de Gly en orina se han incrementado en las últimas décadas (Conrad et al., 2017). Por ello, las autoridades científicas internacionales han considerado actualmente que el compuesto ya no debe catalogarse como no tóxico en humanos.

### 6.3.3 Salud humana

Los estudios con respecto al daño que puede causar el Gly en humanos ha sido limitado y controversial, pues solo se pueden realizar estudios observacionales, usando como referencia al personal expuesto, tales como granjeros o bien, por estudios in vitro o en modelos animales, por evaluación de su capacidad toxica, geno o neuro tóxica.

No obstante, la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IRAC por siglas en inglés, International Agency for Research on Cancer) parte de la organización mundial de la salud reclasificó al Gly como un posible carcinogénico para humanos en el grupo 2A, basado en evidencia “limitada” de cáncer en humanos expuestos naturalmente y “suficiente” evidencia de cáncer en animales de experimentación de estudios usando glifosato “puro”. Así IRAC concluyó que hay “fuerte” evidencia de genotoxicidad tanto con glifosato “puro” y formulaciones con glifosato. IRAC revisó cerca de 1000 estudios buscando personas naturalmente expuestas por su tipo de trabajo como agricultores. Además de estudios de tipo experimental en efectos relacionados con cáncer (Q&A on Glyphosate, 2016). Este análisis terminó en 2015. Por su parte el Comité de la Agencia Europea de Químicos (ECHA por sus siglas en inglés) concluyó que la “evidencia científica disponible no se relaciona con los criterios de CLP para clasificar a Gly por su toxicidad órgano específico, o como un carcinógeno, a como un mutágeno o por toxicidad en la reproducción” (ECHA 2017) (Portier et al., n.d.)

En estudios in vitro, han mostrado que esta sustancia causa efectos citotóxicos y genotóxicos daño del DNA en leucocitos y disminución de metilación (Kwiatkowska et al., 2017). Aumenta el estrés oxidativo por inducción de la generación de especies reactivas del oxígeno (ROS) en modelos animales directa o indirectamente expuestos a través de su metabolito AMPA, además, interfiere con la vía del estrógeno y puede comprometer las funciones cerebrales, además, se relaciona con varios tipos de cáncer (Marino et al., 2021; Nagy et al., 2019; Peillex & Pelletier, 2020). Adicionalmente, múltiples estudios en roedores han mostrado que la exposición a Gly tiene efectos sobre el microbioma del intestino (Mao et al., 2018; Robin Mesnage et al., 2019).

#### *6.3.4 Efecto sobre la reproducción, fertilidad y embarazo.*

Debido al gran uso del Gly muchos de los estudios e investigaciones de su efecto sobre la salud humana se han centrado en los entornos laborales donde puede haber exposición y pocas investigaciones se realizan de la exposición en población en general. Pocos estudios han investigado la relación entre la exposición al Gly y el desarrollo reproductivo como la fertilidad o el embarazo. Con relación a la salud de la mujer embarazada y los recién nacidos al parecer la exposición apunta a nacimientos pretérmino, pero más estudios son necesarios (Lesseur et al., 2022). Por ejemplo, en previos estudios, se ha observado que crías de ratas expuestas a Gly muestran una distancia ano genital más larga, un marcador de exposición a andrógenos (Manservigi et al., 2019). Además, recientemente se reportó un incremento en niñas infantes de la distancia anogenital nacidas de madres con alta exposición y niveles de AMPA (Lesseur et al., 2021). Un estudio reportó una directa asociación entre los niveles de Gly maternos en orina (semana 11 a 38 de gestación) en un periodo de gestación más corto en 71 mujeres embarazadas (Parvez et al., 2018). Recientes estudios en animales han ligado a Gly por tener capacidad de ser un disruptor endocrino y causar toxicidad reproductiva (Ingaramo et al., 2020; Jarrell et al., 2020; Muñoz et al., 2021).

#### *6.3.5 Toxicidad en sistema nervioso (neurotoxicidad).*

Estudios in vitro, en células humanas han mostrado que una baja exposición diaria de Gly puede comprometer la función de la acetilcolinesterasa, permitiendo la desregulación en la transmisión de los impulsos nerviosos y en consecuencia que aparezcan desordenes neurológicos (Van Bruggen et al., 2018). Sin embargo, según las instituciones EFSA y la FAO estudios realizados en 2015 y 2016 en animales con Gly muestran la ausencia de neurotoxicidad inclusive a altas concentraciones. (“Conclusion on the Peer Review of the Pesticide Risk Assessment of the Active Substance Glyphosate,” 2015; World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations, n.d.). Es por ello, existe la propuesta en la comunidad científica de se realicen estos estudios de manera independiente y no por las instituciones (Landrigan & Belpoggi, 2018).

Estudios en años recientes han asociado una relación entre la exposición a pesticidas durante el desarrollo neuronal que contribuye a un espectro de desórdenes incluido el autismo (He et al., 2022). También en 2016 un estudio en ratas demostró que Gly altera el desarrollo neuronal y el crecimiento axonal a través de una vía de señalización no canónica WNT (Coullery et al., 2016).

#### *6.3.6 Cáncer*

Estudios epidemiológicos en humanos han reportado solo la posibilidad de un incremento en el desarrollo de linfoma non-Hodgkin entre los granjeros expuestos a Gly (Meloni et al., 2021). De la misma forma y por no contar con un número grande de muestra se ha relacionado la exposición ocupacional al Gly y el riesgo de desarrollo de diversos tipos de cáncer, pero a la fecha no hay resultados contundentes.

#### *6.3.7 Efecto con organismos terrestres y marinos.*

Como bien se ha mencionado este pesticida también es capaz de encontrarse en agua (Bai & Ogbourne, 2016), por ello existen estudios para determinar el posible daño que puede causar a este nivel, se han observado consecuencias en peces que han sido expuestos a la formulación Roundup que contiene Gly en bajas concentraciones como la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno (ROS), el daño adrenal, daño a nivel de DNA, daño en branquias e hígado (Braz-Mota et al., 2015; De Castilhos Ghisi & Cestari, 2013).

En la Figura 6.2 se muestra un esquema de las repercusiones generales del glifosato, basado en lo reportado por Gandhi et al., 2021.

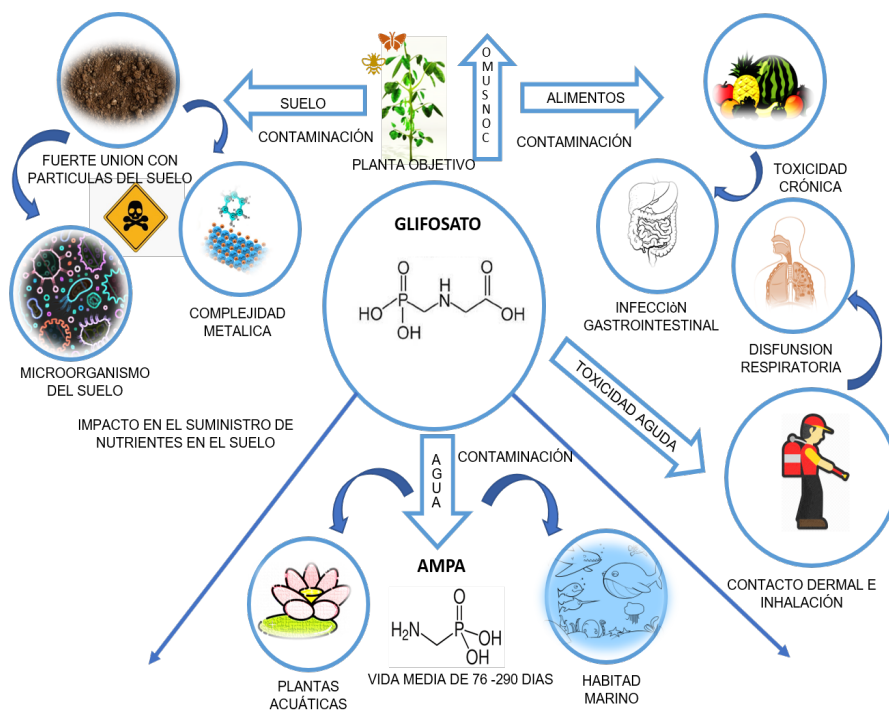


Figura 6.2. Impacto global y alcance de daño Glifosato.  
Fuente: Modificado de Gandhi et al. (2021).

## 6.11 Conclusiones

El glifosato es un pesticida de amplio espectro tomado por las plantas blanco para así evitar el crecimiento concomitante de malas hierbas, pero que también por su uso en grandes cantidades se acumula y encuentra en tierra donde ejerce un efecto en la flora microbiana, hasta generar organismos resistente y agua es capaz de llegar a ríos, donde puede ejercer efectos tóxicos en peces. Además, los vegetales no blanco del pesticida se puede contaminar, los que son usados para alimentación de humanos, los que pueden exponerse por la vía digestiva causando en ellos trastornos



respiratorios y gastrointestinales. Por la vía dérmica y respiratoria el humano se expone ocupacionalmente al pesticida y es en estos individuos aun a pesar de exponerse a bajas dosis se han observado que tienen trastornos a nivel reproductivo, de procesos inflamatorios, problemas de respuesta inmune e inclusive cáncer.

## Referencias

- Andrew, A. S., Caller, T. A., Tandan, R., Duell, E. J., Henegan, P. L., Field, N. C., Bradley, W. G., & Stommel, E. W. (2017). Environmental and Occupational Exposures and Amyotrophic Lateral Sclerosis in New England. *Neurodegenerative Diseases*, 17(2–3), 110–116. <https://doi.org/10.1159/000453359>
- Andrew, A., Zhou, J., Gui, J., Harrison, A., Shi, X., Li, M., Guetti, B., Nathan, R., Tischbein, M., Pioro, E. P., Stommel, E., & Bradley, W. (2021). Pesticides applied to crops and amyotrophic lateral sclerosis risk in the U.S. *NeuroToxicology*, 87, 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2021.09.004>
- Bai, S. H., & Ogbourne, S. M. (2016). Glyphosate: environmental contamination, toxicity and potential risks to human health via food contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(19), 18988–19001. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7425-3>
- Barbosa da Costa, N., Hébert, M.-P., Fugère, V., Terrat, Y., Fussmann, G. F., Gonzalez, A., & Shapiro, B. J. (2022). A Glyphosate-Based Herbicide Cross-Selects for Antibiotic Resistance Genes in Bacterioplankton Communities. *MSystems*, 7(2). <https://doi.org/10.1128/msystems.01482-21>
- Berry, J. A., Hood, W. M., Pietravalle, S., & Delaplane, K. S. (2013). Field-Level Sublethal Effects of Approved Bee Hive Chemicals on Honey Bees (*Apis mellifera* L). *PLoS ONE*, 8(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076536>
- Braz-Mota, S., Sadauskas-Henrique, H., Duarte, R. M., Val, A. L., & Almeida-Val, V. M. F. (2015). Roundup® exposure promotes gills and

- liver impairments, DNA damage and inhibition of brain cholinergic activity in the Amazon teleost fish *Colossoma macropomum*. *Chemosphere*, 135, 53–60. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.042>
- Clements, D., Dugdale, T. M., Butler, K. L., Florentine, S. K., & Sillitoe, J. (2017). Herbicide efficacy for aquatic *Alternanthera philoxeroides* management in an early stage of invasion: integrating above-ground biomass, below-ground biomass and viable stem fragmentation. *Weed Research*, 57(4), 257–266. <https://doi.org/10.1111/wre.12257>
- Coullery, R. P., Ferrari, M. E., & Rosso, S. B. (2016). Neuronal development and axon growth are altered by glyphosate through a WNT non-canonical signaling pathway. *NeuroToxicology*, 52, 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2015.12.004>
- De Castilhos Ghisi, N., & Cestari, M. M. (2013). Genotoxic effects of the herbicide Roundup® in the fish *Corydoras paleatus* (Jenyns 1842) after short-term, environmentally low concentration exposure. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(4), 3201–3207. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2783-x>
- Farina, W. M., Balbuena, M. S., Herbert, L. T., Goñalons, C. M., & Vázquez, D. E. (2019). Effects of the herbicide glyphosate on honey bee sensory and cognitive abilities: Individual impairments with implications for the hive. In *Insects* (Vol. 10, Issue 10). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/insects10100354>
- Filippini, T., Tesaro, M., Fiore, M., Malagoli, C., Consonni, M., Violi, F., Iacuzio, L., Arcolin, E., Conti, G. O., Cristaldi, A., Zuccarello, P., Zucchi, E., Mazzini, L., Pisano, F., Gagliardi, I., Patti, F., Mandrioli, J., Ferrante, M., & Vinceti, M. (2020). Environmental and occupational risk factors of amyotrophic lateral sclerosis: A population-based case-control study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph17082882>
- Gunnarsson, L. G., & Bodin, L. (2018). Amyotrophic lateral sclerosis and occupational exposures: A systematic literature review and meta-analyses. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 15, Issue 11). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112371>

- Haarmann, T., Spivak, M., Weaver, D., Weaver, B., & Glenn, T. (2002). Effects of fluvalinate and coumaphos on queen honey bees (Hymenoptera: Apidae) in two commercial queen rearing operations. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 28–35. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.28>
- Hashimi, M. H., Hashimi, R., & Ryan, Q. (2020). Toxic Effects of Pesticides on Humans, Plants, Animals, Pollinators and Beneficial Organisms. *Asian Plant Research Journal*, 5(4), 37–47. <https://doi.org/10.9734/aprj/2020/v5i430114>
- He, X., Tu, Y., Song, Y., Yang, G., & You, M. (2022). The relationship between pesticide exposure during critical neurodevelopment and autism spectrum disorder: A narrative review. In *Environmental Research* (Vol. 203). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111902>
- Ingaramo, P., Alarcón, R., Muñoz-de-Toro, M., & Luque, E. H. (2020). Are glyphosate and glyphosate-based herbicides endocrine disruptors that alter female fertility? In *Molecular and Cellular Endocrinology* (Vol. 518). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2020.110934>
- Jarrell, Z. R., Ahammad, M. U., & Benson, A. P. (2020). Glyphosate-based herbicide formulations and reproductive toxicity in animals. *Veterinary and Animal Science*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2020.100126>
- Kolakowski, B. M., Miller, L., Murray, A., Leclair, A., Bietlot, H., & Van De Riet, J. M. (2020). Analysis of Glyphosate Residues in Foods from the Canadian Retail Markets between 2015 and 2017. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 68, Issue 18, pp. 5201–5211). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07819>
- Kwiatkowska, M., Reszka, E., Woźniak, K., Jabłońska, E., Michałowicz, J., & Bukowska, B. (2017). DNA damage and methylation induced by glyphosate in human peripheral blood mononuclear cells (in vitro study). *Food and Chemical Toxicology*, 105, 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.03.051>
- Landrigan, P. J., & Belpoggi, F. (2018). The need for independent research on the health effects of glyphosate-based herbicides. In *Environmental*

- Health: A Global Access Science Source* (Vol. 17, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0392-z>
- Lesseur, C., Pathak, K. V., Pirrotte, P., Martinez, M. N., Ferguson, K. K., Barrett, E. S., Nguyen, R. H. N., Sathyanarayana, S., Mandrioli, D., Swan, S. H., & Chen, J. (2022). Urinary glyphosate concentration in pregnant women in relation to length of gestation. *Environmental Research*, 203. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111811>
- Lesseur, C., Pirrotte, P., Pathak, K. V., Manservigi, F., Mandrioli, D., Belpoggi, F., Panzacchi, S., Li, Q., Barrett, E. S., Nguyen, R. H. N., Sathyanarayana, S., Swan, S. H., & Chen, J. (2021). Maternal urinary levels of glyphosate during pregnancy and anogenital distance in newborns in a US multicenter pregnancy cohort. *Environmental Pollution*, 280. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117002>
- Manservigi, F., Lesseur, C., Panzacchi, S., Mandrioli, D., Falcioni, L., Bua, L., Manservigi, M., Spinaci, M., Galeati, G., Mantovani, A., Lorenzetti, S., Miglio, R., Andrade, A. M., Kristensen, D. M., Perry, M. J., Swan, S. H., Chen, J., & Belpoggi, F. (2019). The Ramazzini Institute 13-week pilot study glyphosate-based herbicides administered at human-equivalent dose to Sprague Dawley rats: Effects on development and endocrine system. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0453-y>
- Mao, Q., Manservigi, F., Panzacchi, S., Mandrioli, D., Menghetti, I., Vornoli, A., Bua, L., Falcioni, L., Lesseur, C., Chen, J., Belpoggi, F., & Hu, J. (2018). The Ramazzini Institute 13-week pilot study on glyphosate and Roundup administered at human-equivalent dose to Sprague Dawley rats: Effects on the microbiome. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0394-x>
- Marino, M., Mele, E., Viggiano, A., Nori, S. L., Meccariello, R., & Santoro, A. (2021). Pleiotropic outcomes of glyphosate exposure: From organ damage to effects on inflammation, cancer, reproduction and development. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 22, Issue 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijms222212606>

- Meloni, F., Satta, G., Padoan, M., Montagna, A., Pilia, I., Argiolas, A., Piro, S., Magnani, C., Gambelunghe, A., Muzi, G., Ferri, G. M., Vimercati, L., Zanotti, R., Scarpa, A., Zucca, M., De Matteis, S., Campagna, M., Miligi, L., & Cocco, P. (2021). Occupational exposure to glyphosate and risk of lymphoma: results of an Italian multicenter case-control study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00729-8>
- Mesnage, R., Defarge, N., Spiroux de Vendômois, J., & Séralini, G. E. (2015). Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. In *Food and Chemical Toxicology* (Vol. 84, pp. 133–153). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.08.012>
- Mesnage, Robin, Le Roy, C. I., Biserni, M., Salles, B., & Antoniou, M. N. (2019). Relationship between faecal microbiota and plasma metabolome in rats fed NK603 and MON810 GM maize from the GMO90+ study. *Food and Chemical Toxicology*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.05.055>
- Muñoz, J. P., Bleak, T. C., & Calaf, G. M. (2021). Glyphosate and the key characteristics of an endocrine disruptor: A review. In *Chemosphere* (Vol. 270). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128619>
- Nagy, K., Tessema, R. A., Budnik, L. T., & Ádám, B. (2019). Comparative cyto- and genotoxicity assessment of glyphosate and glyphosate-based herbicides in human peripheral white blood cells. *Environmental Research*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108851>
- Parvez, S., Gerona, R. R., Proctor, C., Friesen, M., Ashby, J. L., Reiter, J. L., Lui, Z., & Winchester, P. D. (2018). Glyphosate exposure in pregnancy and shortened gestational length: A prospective Indiana birth cohort study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0367-0>
- Peillex, C., & Pelletier, M. (2020). The impact and toxicity of glyphosate and glyphosate-based herbicides on health and immunity. *Journal of Immunotoxicology*, 17(1), 163–174. <https://doi.org/10.1080/1547691X.2020.1804492>

- Portier, C. J., Armstrong, B. K., Baguley, B. C., Baur, X., Belyaev, I., Bellé, R., Belpoggi, F., Biggeri, A., Bosland, M. C., Bruzzi, P., Budnik, L. T., Bugge, M. D., Burns, K., Calaf, G. M., Carpenter, D. O., Carpenter, H. M., López-Carrillo, L., Clapp, R., Cocco, P., Zhou, S.-F. (n.d.). *Differences in the carcinogenic evaluation of glyphosate between the International Agency for Research on Cancer (IARC) and the European Food Safety Authority (EFSA)*.
- Q&A on Glyphosate. (2016).
- Sgargi, D., Adam, B., Budnik, L. T., Dinelli, G., Moldovan, H. R., Perry, M. J., Scheepers, P. T., Schlünssen, V., Teixeira, J. P., Mandrioli, D., & Belpoggi, F. (2020). Protocol for a systematic review and meta-analysis of human exposure to pesticide residues in honey and other bees' products. *Environmental Research*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109470>
- Valdovinos-Flores, C., Gaspar-Ramírez, O., Heras-Ramírez, M. E., Lara-Álvarez, C., Dorantes-Ugalde, J. A., & Saldaña-Loza, L. M. (2016). Boron and coumaphos residues in hive materials following treatments for the control of *aethina tumida murray*. *PLoS ONE*, 11(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153551>
- Van Bruggen, A. H. C., He, M. M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K. C., Finckh, M. R., & Morris, J. G. (2018). Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. In *Science of the Total Environment* (Vols. 616–617, pp. 255–268). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.309>
- Zhu, W., Schmehl, D. R., Mullin, C. A., & Frazier, J. L. (2014). Four common pesticides, their mixtures and a formulation solvent in the hive environment have high oral toxicity to honey bee larvae. *PLoS ONE*, 9(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077547>
- Zoller, O., Rhyn, P., Rupp, H., Zarn, J. A., & Geiser, C. (2018). Glyphosate residues in Swiss market foods: monitoring and risk evaluation. Food Additives and Contaminants: Part B, *Surveillance*, 11(2), 83–91. <https://doi.org/10.1080/19393210.2017.1419509>

## **7. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS DE YUCATÁN QUE UTILIZAN PLAGUICIDAS**

*Ariel Vázquez Elorza<sup>1</sup>*

*Jéssica Geraldine Villatoro Hernández<sup>2</sup>*

### **Resumen**

Este capítulo muestra la situación socioeconómica de los productores agropecuarios en la Península de Yucatán considerando cuáles son los principales patrones y factores que determinan la utilización de agroquímicos. Existen diversos factores que juegan un rol preponderante para incentivar las decisiones en el uso de los productos nocivos para el suelo y medio ambiente en la Península de Yucatán, tales como: incremento de la producción para enfrentar la inseguridad alimentaria, bajos niveles de educación, entre otros. Para robustecer los análisis, se generaron indicadores del Índice de Gini sobre la distribución del ingreso de los productores agropecuarios; niveles de inseguridad alimentaria sobre la base de la FAO a partir de la Encuesta de Gastos e Ingresos de los Hogares del INEGI; asimismo, mediante la utilización de un modelo de regresión logística fue posible identificar la prevalencia de que un productor agropecuario utilice agroquímicos según características socioeconómicas. Se reconoce una realidad heterogénea en la problemática social y económica en que viven los productores en las localidades urbanas y rurales. Los estratos socio económicos con menores

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Dr. en Problemas Económico-Agroindustriales.

<sup>2</sup> Doctorante en Desarrollo Regional Sustentable por el Colegio de Veracruz, México.

ingresos y mayores niveles de pobreza evidencian mayores propensiones a orientar recursos para disponer y utilizar agroquímicos cuya expectativa es alcanzar mayores ingresos en sus actividades agrícolas con mayor producción. Se sugiere mejorar el diseño e implementación de las políticas públicas agropecuarias en la Península de Yucatán para incentivar la producción más sustentable considerando la problemática desde un enfoque multifactorial para enfrentar los retos del sector.

## 7.1 Introducción

Los plaguicidas son un insumo utilizado en las actividades agropecuarias. En México, la Ley General de Salud en el artículo 278, define a los plaguicidas como “Cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal [...]” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022). El Convenio de Basilea, firmado en 1989 y entrado en vigor en mayo de 1992, tiene por objetivo la gestión ecológicamente racional de los desechos peligrosos y la reducción al mínimo de su generación, así como obtener un control adecuado sobre los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos (ONU, 2022). México ratificó el convenio en 1991 y sus disposiciones generales se adoptaron en 1992, misma fecha que entró en vigor a nivel internacional (SEMARNAT, 2015).

Existe un extenso marco regulatorio y normativo internacional y nacional. No obstante, la realidad es que aún existen problemáticas relacionadas con el uso de plaguicidas prohibidos o clasificados como peligrosos. De acuerdo a la OECD (2021), “México permite la importación de un plaguicida regulado bajo el Convenio de Róterdam sin ninguna condición y 10 plaguicidas o formulaciones de plaguicidas bajo condiciones específicas”. El Comité Coordinador Nacional del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo señaló que, en 2016 se manifestó que existían registros de usos de dos plaguicidas contaminantes orgánicos persistentes



(COP) el pentaclorofeno y la sulfuramida (SEMARNAT, 2018). A su vez, el en 2018 México registró un consumo total de plaguicidas de 53.1 miles de toneladas, de las cuales el 54% correspondió a fungicidas y bactericidas, 34% a insecticidas y 22% a herbicidas (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2020).

Arellano-Aguilar y Rendón (2016) enlistan 30 plaguicidas que se siguen empleando en México pero que en otros países han sido prohibidos por su nivel de toxicidad para las personas, los polinizadores y el medio ambiente. Los cultivos en donde más se utilizan dichos plaguicidas son el maíz, papa, manzana, caña de azúcar y diversas hortalizas como el chile, jitomate, lechuga, brócoli, col, cebolla, entre otros. Además, se han reportado efectos en la salud de los trabajadores agrícolas y sus familias, por ejemplo, en niveles anormales en ciertas hormonas, así como disminución en niveles de testosterona (Aguilar-Garduño et al., 2013), intoxicación por parte de jornaleros en campos agrícolas de Sinaloa, principalmente aquellos encargados de las mezclas de agroquímicos (Chaín-Castro, Barrón-Aragón, & Haro-García, 1998).; aunque también podría deberse a un problema de malas prácticas de manejo por falta de capacitación especializada; situación que invita a continuar estudiando más de cerca al sector en la región.

## **7.2 Situación del sector primario en el Estado de Yucatán**

En el estado de Yucatán, los principales productos agrícolas que destacan son los pastos, henequén, maíz grano, la naranja, limón, soya, sorgo y otros 62 cultivos. El chile habanero cuenta con denominación de origen en todos los municipios del estado (SADER, 2020). Existen problemáticas que no son estrictamente un problema directamente relacionado con los plaguicidas; sin embargo, representan un problema de manejo y de delimitación de áreas de cultivo o de fumigación. El sector pecuario del estado destaca en la producción nacional de pavo y por la producción de miel, siendo el estado número uno en su producción (SIAP, 2020). El estado de Yucatán cuenta con riqueza ambiental y biodiversidad; sin embargo, por situaciones de manejo y control, en 2018 se reportó la afectación a más de 300 colmenas

de 18 apicultores en el municipio de José María Morelos, derivado de la fumigación de terrenos contiguos para sembrar chile habanero, el químico usado para ello fue el fipronil, clasificado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un plaguicida de clase II, altamente tóxico (García-Linan, 2017). Las pérdidas por las abejas, la cera y la miel, se estimaron en un promedio de dos millones 300 mil pesos (CCMSS, 2018). En ese mismo año se registró un caso en el ejido Dzonot Carretero de Tizimín, donde fumigaciones aéreas a otros cultivos, destruyeron 91 colonias con un valor de 4 mil pesos cada una (Reporteros hoy TZ, 2018). De hecho, en el 2019 el volumen de producción de la miel se redujo en un 3.5%, comparado con el 2018, derivado de la deforestación, el cambio climático y el uso de agroquímicos que han dañado las zonas apícolas (SIAP, 2020).

En los últimos años se incrementó la siembra comercial en el estado de Yucatán, tal es el caso de la soya que ocupó el tercer lugar en producción y ha incrementado un 16.5% entre el 2018 y 2019 (SIAP, 2020). Asimismo, el maíz de riego, continúa que sigue creciendo derivado de la demanda industrial y pecuaria de dichos productos (Martínez-Guzmán, 2020). No obstante, en 2020 se reportó un alto grado de contaminación por glifosato, herbicida organofosforado de amplio espectro (SENASICA, 2020), generándose información sobre sus efectos al ambiente y a la salud de las personas (Polanco-Rodríguez et al., 2019).

El objetivo de este trabajo de investigación fue identificar las características socioeconómicas de los productores agropecuarios de Yucatán que utilizan plaguicidas en sus actividades productivas y con ello, aportar elementos que coadyuven a mejorar la toma de decisiones a los hacedores de políticas públicas. En Yucatán existen 689,725 Unidades Productivas agropecuarias donde el 62.75% están dirigidos por mujeres jefas de hogar y el 37.25% por un hombre (datos propios obtenidos a partir de la Encuesta de Ingresos y Gastos de los Hogares del Instituto Nacional de Geografía y Estadística ENIGH-INEGI, 2020) De este total, el 43.37% corresponden a 299,158 Unidades Agropecuarias que manifestaron utilizar algún tipo de Insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc.

De acuerdo a la ENIGH-INEGI (2020) de las 299,158 Unidades

Agropecuarias, administradas por jefes y jefas de hogares en Yucatán, que sí utilizaron algún tipo de insecticidas, fungicidas o herbicidas en sus actividades agropecuarias, en el 2020, las actividades agrícolas alcanzaron una cifra de 218,388 de los cuales 197,250 corresponden a jefes de hogar masculinos y 21,138 a mujeres; respecto a las actividades de cría y explotación de animales 26,628 jefes de hogar hombre utilizaron algún tipo de insecticidas, en contraste, con las jefas de hogar que superó con una cantidad de 49,818. Es importante destacar que, en este rubro, sobresalen las mujeres jefas de hogar con una importante utilización de estos agroquímicos; en las actividades de recolección únicamente se encuentran los hombres con una cifra de 1,510; respecto a las actividades de la reforestación y tala de árboles ascendió a 2,087 Unidades Agropecuarias con la dirección de hombres jefes de hogar que utilizan agroquímicos; en el caso de las actividades de pesca únicamente se identificaron 185 Unidades de producción con población masculina (datos propios obtenidos a partir de la ENIGH-INEGI, 2020).

Respecto al porcentaje de personas en pobreza que utilizan agroquímicos en los negocios agropecuarios alcanza el 66.42% del total, esto es, 212,781 jefes de hogar; porcentaje de personas en pobreza moderada 36.11% (115,697); porcentaje de personas en pobreza extrema 30.30% (97,084); porcentaje de personas vulnerables por carencia social 30.18% (96,697); porcentaje de personas vulnerables por ingreso 1.11% (3,558); porcentaje de personas con rezago educativo 58.41% (187,129); porcentaje de personas con carencia por acceso a los servicios de salud 28.40% (90,991); porcentaje de personas con carencia por acceso a la seguridad social 70.70% (226,490); porcentaje de personas con carencia por calidad y espacios de la vivienda 21.36% (68,450); porcentaje de personas con carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda 87.17% (279,276); porcentaje de personas con carencia por acceso a la alimentación 25.11% (80,451); porcentaje de personas con al menos una carencia social 96.60% (309,478), y porcentaje de personas con tres o más carencias sociales 63.52% (203,503) (datos propios obtenidos a partir de la ENIGH-INEGI, 2020).

La (in)seguridad alimentaria entre los productores que utilizan agroquímicos se encuentra en orden de importancia de la siguiente manera: el

28.7% de la población agropecuaria utiliza agroquímicos con condiciones de seguridad alimentaria; por su parte, el 38.1% también hace uso de estos productos y está en condiciones de seguridad alimentaria leve, le sigue la población con seguridad alimentaria 22.2% e inseguridad alimentaria severa 11.0%. En la tabla 1 se puede observar las cantidades de población en términos absolutos. Las actividades agropecuarias y agroindustriales se encuentran determinadas por múltiples y heterogéneas actividades que se relaciona con los factores biológicos, sociales, ambientales, y de los factores de tierra trabajo y capital. Además de lo anterior también se interrelacionan otros factores externos como son los niveles de las condiciones socioeconómicas y bienestar de las familias agrícolas rurales. Sin duda, la inseguridad alimentaria representa un verdadero reto para muchas familias y hogares que viven en la Península de Yucatán y obtener alimentos y alimentación y no únicamente producciones para la venta y comercialización exterior.

Tabla 7.1. Unidades Agropecuarias de Yucatán según utilización de agroquímicos y nivel de inseguridad alimentaria.

| Nivel de seguridad               | No utilizan | Sí utilizan | Total   |
|----------------------------------|-------------|-------------|---------|
| Seguridad alimentaria            | 119,449     | 85,914      | 205,363 |
|                                  | 58.2%       | 41.8%       | 100.0%  |
|                                  | 30.6%       | 28.7%       | 29.8%   |
| Inseguridad Alimentaria leve     | 167,723     | 113,937     | 281,660 |
|                                  | 59.6%       | 40.5%       | 100.0%  |
|                                  | 42.9%       | 38.1%       | 40.8%   |
| Inseguridad Alimentaria moderada | 72,257      | 66,361      | 138,618 |
|                                  | 52.1%       | 47.9%       | 100.0%  |
|                                  | 18.5%       | 22.2%       | 20.1%   |
| Inseguridad Alimentaria severa   | 31,138      | 32,946      | 64,084  |
|                                  | 48.6%       | 51.4%       | 100.0%  |
|                                  | 8.0%        | 11.0%       | 9.3%    |
| Total                            | 390,567     | 299,158     | 689,725 |
|                                  | 56.6%       | 43.4%       | 100.0%  |
|                                  | 100.0%      | 100.0%      | 100.0%  |

Fuente: Elaboración propia basada en ENIGH-INEGI (2020).

### 7.3 Metodología

Se realizó un análisis de la bibliografía sobre las principales características que tiene el sector agropecuario en el estado de Yucatán referente al uso de plaguicidas, fungicidas e insecticidas. Asimismo, fue necesario llevar a cabo un análisis cuantitativo a partir de información obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Consejo Nacional de Población (CONAPO), entre otras bases de información de fuentes oficiales primarias. De esta manera fue posible generar indicadores cualitativos y cuantitativos y orientarlos hacia el objetivo principal de este trabajo de investigación, por ello, se seleccionaron aquellas variables socio económicas representativas de la población agropecuaria de Yucatán.

La Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2020 se conforma por 16 tablas de datos normalizadas, de estas, se utilizaron las tablas de población, ingresos, gastos por persona, agro productos, ingresos y gastos de los hogares agropecuarios, principalmente. Se seleccionaron todos los productos agrícolas y pecuarios que la encuesta contiene segmentando al estado de Yucatán mediante el software estadístico Stata® V17.

Asimismo, se clasificaron aquellos productores (hombres y mujeres jefas de hogares) que utilizan herbicidas, fungicidas e insecticidas sobre la base del gasto en estos tipos de productos relacionados con efectos de dolor de cabeza y migraña, diarrea, infecciones, y malestar de estómago, tos, y alergias. Siguiendo con (O'Malley & O'Malley, 2022) los productos “organofosforados y carbamatos causan lagrimeo, visión borrosa, salivación, sudoración, tos, vómitos, así como deposiciones y micción frecuentes [...]. Provocan dificultad para respirar y los músculos se contraen y debilitan”.

Sobre la base del objetivo de esta investigación, se consideró pertinente generar diversos indicadores tales como; el Índice de Gini, Curva de Lorenz, y un modelo de regresión logística que relacione variables referentes a las personas que usan los agroquímicos y sus condiciones socioeconómicas y necesidades para contextualizar los factores que existen en las personas en el uso de estos productos.

### *Descomposición de Índice de Gini de los ingresos agropecuarios en los hogares que utilizan agroquímicos*

El Coeficiente de Gini (CG) es utilizado fundamentalmente para la medición y monitoreo de las distribuciones del consumo, ingresos u otros indicadores relativos al bienestar de las familias u hogares. La fórmula del CG es la siguiente:

$$CG = \frac{1}{2\mu} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |y_i - y_j|}{n(n-1)} \right] = \frac{1}{2\mu} \Delta$$

$\Delta$  = media aritmética de las  $n(n-1)$  diferencias absolutas de las observaciones.  
 $2\mu$  = valor máximo que asume  $\Delta$  cuando un individuo concentra todo el ingreso. (Medina, 2001, p[ag. 17].

A su vez, el indicador ayuda a conocer cuáles son las vulnerabilidades, oportunidades, amenazas y oportunidades entre la población (Medina, 2001; Stark, Taylor, & Yitzhaki, 1986). El CG se utiliza para medir desigualdad en la distribución de la renta, gastos, ingresos, la riqueza, gastos, etc. Sin embargo, cuando se descompone se identifican los determinantes de la desigualdad. La fórmula general es:

$$G = \sum_{k=1}^K S_K G_K R_K$$

Donde: G = Descomposición de Gini  
 $S_K$  = Participación de importancia de la fuente de ingresos k en el ingreso total.  
 $G_K$  = Distribución del ingreso.  
 $R_K$  = Correlación de Gini del ingreso de la fuente k con la distribución del ingreso total.

Siguiendo a (Lopez-Feldman, 2006) establece que:

[...] el cambio porcentual en la desigualdad resultante de un pequeño cambio porcentual en el ingreso de la fuente k es igual a la contribución original de la fuente k a la desigualdad del ingreso menos la participación de la fuente k en el ingreso total:

$$\frac{\partial G / \partial e}{2\alpha} = x = \frac{S_K G_K R_K}{G} - S_K$$

### *Modelo de regresión logística*

Generalmente los análisis y correlaciones de diversas variables socioeconómicas se realizan de forma descriptiva. Con la finalidad de agregar valor a la información se utilizaron técnicas estadísticas para facilitar la comprensión de las relaciones de factores que influyen en la sociedad agropecuaria y su relación con el uso de agroquímicos. Para identificar las probabilidades de ocurrencia sobre el uso de insecticidas, fungicidas y herbicidas en la población agropecuaria de Yucatán debe tenerse presente que, existen elementos socioeconómicos y productivos multifactoriales interrelacionados que pueden influir en la toma de decisiones; no obstante, en la mayoría de las veces, se observan de forma individualizada y aislada. En este contexto, se propuso un modelo de regresión logística que tiene la peculiaridad de relacionar información de tipo binarias, cuantitativa, cualitativa, entre otras. De acuerdo con Long y Freese (2014), el modelo de regresión logística (MRL) estima las probabilidades de ocurrencia de un fenómeno, se pueden utilizar indicadores binarios y, determina modelos de forma aleatoria o de elección discreta.

Núñez et al. (2011) señalan que un “modelo de regresión logística es apropiado cuando se trata de un criterio de valoración binario [...]. Lo único que necesitamos conocer acerca del criterio de valoración es si está presente o ausente en cada individuo al final del estudio”. Asimismo, estas técnicas facilitan modelar las probabilidades sobre los eventos de ocurrencia sobre la línea base de otros factores que influyen en la variable dependiente (Bernardi, 2012)

Usualmente, el cociente de razones indicadas como aquellas variaciones de la razón de ocurrencia del fenómeno dado un cambio en las variables independientes son denominados Odds Ratio (Long & Freese, 2014). En este trabajo de investigación la variable dependiente corresponde a aquellos hombres y mujeres jefas de hogar que realizan actividades agropecuarias que utilizan productos agropecuarios.

Tabla 7.2. Variables de análisis en el modelo de regresión logística.

|                            |                                                                             |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| v1. Ut                     | Utiliza agroquímicos (TP)                                                   |
| v2. GrupRC                 | Rango de gasto corriente trimestral en agroquímicos. D4=\$400/\$3,400 pesos |
| v3. tipoactiAgr            | Actividades agrícolas                                                       |
| v4. tipoactiAnim           | Actividades de cría y explotación de animales                               |
| v5. ic_rezedu              | Personas con rezago educativo                                               |
| v6. sexo                   | Sexo 1=Hombre, 0=Mujer                                                      |
| v7. edad                   | Edad                                                                        |
| *v8.0 Seg_alim             | Seguridad alimentaria                                                       |
| *v8.1 InSalim_lev          | Inseguridad alimentaria leve                                                |
| *v8.2 InSalim_mod          | Inseguridad alimentaria moderada                                            |
| v9. ic_asalud              | Personas con carencia por acceso a los servicios de salud                   |
| v10. ic_segsoc             | Personas con carencia por acceso a la seguridad social                      |
| v11. ict                   | Ingreso corriente total del hogar                                           |
| v12. ing_lab               | Ingreso corriente monetario laboral                                         |
| v13. ing_tra               | Ingreso corriente monetario por transferencias                              |
| *v14.0 Primaria incompleta | Primaria incompleta                                                         |
| *v14.1 Prim_comp           | Primaria completa                                                           |
| *v14.2 Sec_incomp          | Secundaria incompleta                                                       |
| *v14.3 Sec_comp            | Secundaria completa                                                         |
| *v14.4 Prep_incomp         | Preparatoria incompleta                                                     |
| *v14.5 Prep_comp           | Preparatoria completa                                                       |
| *v14.6 Carr_Tcomp          | Carrera técnica completa                                                    |
| *v14.7 Prof_incomp         | Profesional incompleta                                                      |

Nota: Se determinaron las variables que presentan relaciones muy importantes entre los productores agropecuarios que utilizan productos agroquímicos en Yucatán.

Se estableció como variable dependiente el uso de agroquímicos o no que manifestó cada productor. El rango es de 0 (no aplica) a 1 (sí aplica), con ello, se realiza la transformación sobre las probabilidades dentro de las medidas de razón “odds”. Cuando se genera el fenómeno en estudio se determina  $y = 1$  y cuando no realiza  $y = 0$ .

$$Pr \left( Utiliza Agroquímicos ut = \frac{1}{x} \right) = C(\beta_0 + \beta_1 v1 + \beta_2 v2 + \beta_3 v3 + \beta_4 v4 + \beta_5 v5 + \beta_6 v6 + \beta_7 v7 + \beta_8 v8_{ij} + \beta_9 v9 + \beta_{10} v10 + \beta_{11} v11 + \beta_{12} v12 + \beta_{13} v13 + \beta_{14} v14_{ij} + \epsilon_i)$$



Además de lo anterior, para identificar los cambios marginales particulares se establece la siguiente fórmula (Long & Freese, 2014, p. 241)

$$\frac{\partial Pr(y_i = 1 | x)}{\partial x_k} = Pr(y_i = 1 | x) [1 - Pr(y_i = 1 | x)] \beta_k$$

Asimismo, se pueden encontrar variables discretas en ocasiones llamadas como la primera diferencia del cambio actual de la probabilidad predictiva por el cambio en  $x_k$ . Estos efectos marginales identifican los cambios en las probabilidades, ceteris paribus. El efecto marginal aproxima el cambio de la variable discreta por cada unidad de cambio en  $x_k$ ; y por otra parte, un cambio en las variables discretas calcula los cambios finitos en la variables  $x_k$  (Long & Freese, 2014, p. 239). Para lo anterior, se utiliza la siguiente fórmula:

$$= \frac{(\Delta Pr(y = 1 | x) / (\Delta x_k(x_k \rightarrow x_k + \delta)))}{Pr(y = 1 | x, x_k + \delta) - Pr(y = 1 | x, x_k)}$$

En la Ecuación 1 se señalan los indicadores socioeconómicos seleccionadas sobre la base de los productores agropecuarios que utilizan herbicidas, fungicidas e insecticidas en el estado de Yucatán. Para la ejecución del modelo de regresión logística se utilizó el programa de Stata®. A partir de la encuesta, se correlacionaron las variables que se mencionan en la Tabla 2. Entre las variables de análisis, se generó la clasificación sobre la inseguridad alimentaria siguiendo la metodología de la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA3) propuesta por la

<sup>3</sup> La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012<sup>3</sup>, pág. 68) desarrolló una clasificación de la (in)seguridad alimentaria que se segmenta en segura, leve, moderada y severa. Los indicadores son generados a partir de 15 preguntas cualitativas obtenidas en la ENIGH-INEGI, 2020. Las dimensiones que la conforman son: Preocupación por los alimentos en los hogares, cantidad y calidad de alimentos en el hogar, calidad de la alimentación, entre otras. Estos indicadores se basan en lo siguiente: hogares sin problemas de alimentación integrados solamente por adultos; inseguridad leve con 1 a 3 carencias; inseguridad moderada de 4 a 6 carencias, e inseguridad severa de 7 a 8 carencias. También se incluyó a los hogares con personas adultas y con menores a 18 años con seguridad alimentaria.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012). Es importante destacar que se utilizó el factor de expansión en la base de análisis con el propósito de tener la representatividad de los productores agropecuarios de Yucatán.

## 7.4 Resultados

En la tabla 7.3 se aprecian las distintas variables que se utilizaron para el análisis del modelo de regresión logística. fundamentalmente se enuncian la cantidad de productores agropecuarios que se encuentran ubicados en cada una de ellas; así como, el promedio de los gastos trimestrales utilizados en agroquímicos y máximos. se destaca que existen aproximadamente 218,000 388 productores dedicados a las actividades agrícolas que utilizan agroquímicos, de este total sobresalen los hombres en su uso.

Tabla 3. Tipo de Unidades agropecuarias que utilizan agroquímicos según indicador socioeconómico en el estado de Yucatán.

| Variables.<br>Unidades Productivas =UP, promedio=P, máximo=M) |                                                      | Indicador<br>total | Hombre  | Mujer   |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|---------|---------|
| ut                                                            | Utiliza agroquímicos (UP)                            | 299,158            | 228,202 | 70,956  |
| GrupRC_D1                                                     | Rango de gasto trimestral corriente agroquímicos (P) | \$149              | \$153   | \$136   |
| GrupRC_D2                                                     | Rango de gasto trimestral corriente agroquímicos (P) | \$291              | \$294   | \$281   |
| GrupRC_D3                                                     | Rango de gasto trimestral corriente agroquímicos (P) | \$478              | \$478   | \$477   |
| GrupRC_D4                                                     | Rango de gasto trimestral corriente agroquímicos (P) | \$924              | \$923   | \$931   |
| GrupRC_D5                                                     | Rango de gasto trimestral corriente agroquímicos (P) | \$5,124            | \$3,987 | \$8,010 |
| tipoactiAgr                                                   | Actividades agrícolas (UP)                           | 218,388            | 197,250 | 21,138  |
| tipoactiAnim                                                  | Actividades de cría y explotación de animales (UP)   | 76,446             | 26,628  | 49,818  |
| ic_rezedu                                                     | Personas con rezago educativo                        | 172,921            | 129,623 | 43,298  |
| sexo                                                          | Sexo                                                 | 299,158            | 228,202 | 70,956  |
| edad                                                          | Edad                                                 | 54.14              | 54.08   | 54.35   |

|                       |                                                                |         |         |         |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Seguridad alimentaria | Seguridad alimentaria (UP)                                     | 85,914  | 69,987  | 15,927  |
| Ins_leve              | Inseguridad alimentaria leve (UP)                              | 113,937 | 81,876  | 32,061  |
| Ins_moderada          | Inseguridad alimentaria moderada (UP)                          | 66,361  | 48,933  | 17,428  |
| Ins_severa            | Inseguridad alimentaria severa (UP)                            | 32,946  | 27,406  | 5,540   |
| ic_asalud             | Personas con carencia por acceso a los servicios de salud (UP) | 83,591  | 64,737  | 18,854  |
| ic_segsoc             | Personas con carencia por acceso a la seguridad social (UP)    | 224,854 | 169,498 | 55,356  |
| ict                   | Ingreso corriente total del hogar (P)                          | 8,092.6 | 7,917.7 | 8,655.1 |
| ing_lab               | Ingreso corriente monetario laboral (P)                        | 5,418.4 | 5,233.9 | 6,011.9 |
| ing_tra               | Ingreso corriente monetario por transferencias (UP)            | 1,842.1 | 1,842.1 | 1,841.1 |
| niv_edTod             |                                                                |         |         |         |
| Prim_incompleta       | Primaria incompleta (UP)                                       | 166,779 | 124,216 | 42,563  |
| Prim_completa         | Primaria completa (UP)                                         | 47,790  | 36,465  | 11,325  |
| Sec_incompleta        | Secundaria incompleta (UP)                                     | 13,345  | 12,708  | 637     |
| Sec_completa          | Secundaria completa (UP)                                       | 46,495  | 32,895  | 13,600  |
| Prep_incompleta       | Preparatoria incompleta (UP)                                   | 4,408   | 3,138   | 1,270   |
| Prep_completa         | Preparatoria completa (TP)                                     | 9,229   | 8,592   | 637     |
| Normal completa       | Normal completa (UP)                                           | 5,755   | 5,755   | -       |
| Carr_téc_completa     | Carrera técnica completa (UP)                                  | 3,010   | 2,086   | 924     |
| Carr_téc_incomp       | Carrera técnica incompleta (UP)                                | 1,734   | 1,734   | -       |
| Prof_incompleta       | Profesional incompleta (UP)                                    | 613     | 613     | -       |

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH-INEGI (2020).

Cuando se analizan los ingresos monetarios (ing\_mon) trimestrales que reciben aquellos hogares que utilizan agroquímicos en Yucatán se obtiene que, en promedio, las mujeres obtienen ingresos no agropecuarios por \$7,910 (en un trimestre), en contraste, los hombres alcanzan \$7,076. En los

ingresos agropecuarios las mujeres con seguridad alimentaria reciben en promedio \$7,850; inseguridad leve \$8,955; inseguridad moderada \$6,479, e inseguridad severa \$6,533. En el caso de los hombres, perciben \$9,220 con seguridad alimentaria; inseguridad leve \$6,632; inseguridad moderada \$6,105, e inseguridad severa \$4,659.

Cabe destacar, que los productores que no utilizan agroquímicos de acuerdo con la Encuesta Nacional presentan, en promedio, ligeramente un ingreso mayor, en contraste, con aquellos que sí utilizan agroquímicos. El gasto promedio trimestral que utilizan los productores con seguridad alimentaria oscila en \$2,746; con inseguridad alimentaria leve \$711; moderada \$1,826 y severa \$1,584. Estas relaciones colocan en evidencia que los pequeños productores que presentan niveles de inseguridad alimentaria moderada tienen una propensión a gastar más recursos en productos dañinos al medio ambiente.

Para entender mejor la distribución del ingreso que tienen los hombres y mujeres agropecuarios que utilizan agroquímicos en Yucatán se realiza un análisis del coeficiente de Gini y Curva de Lorenz sobre la base de las Unidades Agropecuarias de 299,158. Los resultados están generados a partir de la ENIGH-INEGI (2020) referida a un trimestre en los Ingresos corrientes monetarios laborales (ing\_lab); Ingresos corrientes monetarios por transferencias (ing\_tra); Ingresos corrientes monetarios por rentas (ing\_ren); fundamentalmente. El Coeficiente de Gini cuenta con un rango de valores entre 0 y 1. El valor de 1 representa una concentración de los ingresos y máxima desigualdad y, 0 demuestra una máxima igualdad (los ingresos se encuentran distribuidos entre los individuos).

En la Tabla 7.4 se muestran las relaciones de las principales fuentes de ingresos. de las Unidades Agropecuarias de Yucatán. Para contextualizar aún más la relevancia que tienen los ingresos se establece la importancia de diversas fuentes con respecto al ingreso total ( $S_k$ ); la situación equitativa o desigual distribuida de la fuente de ingresos ( $G_k$ ); y cómo se correlacionan la fuente de ingresos y la distribución de los ingresos totales en estudio ( $R_k$ ).

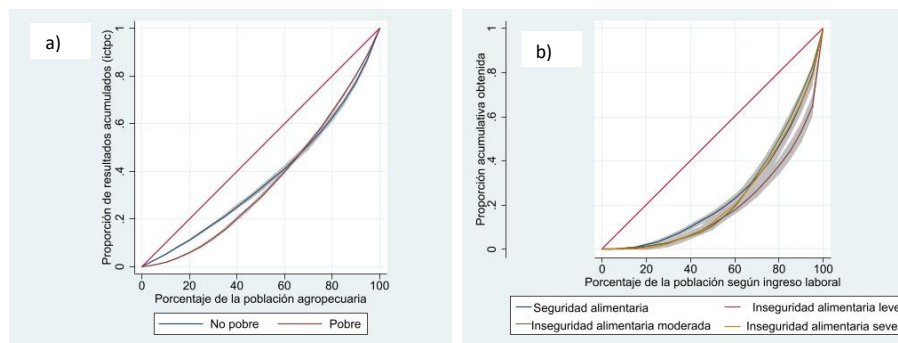
Tabla 7.4. Descomposición de Gini en las Unidades Agropecuarias que utiliza agroquímicos.

| Ingreso total              | Variable: | ing_mon |        |               |          |
|----------------------------|-----------|---------|--------|---------------|----------|
| Ingreso                    | Sk        | Gk      | Rk     | Participación | % Cambio |
| Ingreso por transferencias | 0.2548    | 0.6138  | 0.5353 | 0.1748        | -0.0800  |
| Ingreso laboral            | 0.7442    | 0.5715  | 0.9287 | 0.8245        | 0.0803   |
| Ingreso por rentas         | 0.0009    | 0.9931  | 0.3145 | 0.0006        | -0.0003  |
| Total, ingreso             |           | 0.4790  |        |               |          |

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH-INEGI (2020).

Los ingresos por transferencias muestran que un aumento del 1% en esa fuente de ingresos, en igualdad de condiciones, se reduce el coeficiente de Gini del ingreso total en un -0.0800%; con un efecto ligeramente igualador en la distribución del ingreso. Los ingresos de transferencias están distribuidos relativamente de manera desigual Gk (0.6138) y la correlación de Gini entre los ingresos de transferencias y los ingresos totales es de Rk (0.5353), indicando que los ingresos por transferencias favorecen a los pobres. Por su parte, los ingresos laborales tienen un efecto desigual en la distribución del ingreso total. Este hallazgo muestra que un Gini de esta fuente es relativamente bajo (0.0803), además, los ingresos laborales tienen un efecto desigual en la desigualdad del ingreso total. Estos ingresos son muy importantes respecto al ingreso total. Asimismo, están distribuidos de manera desigual (0.5715) y la correlación de Gini entre los ingresos laborales y los ingresos totales es de (0.9287), indicando que los ingresos por transferencias favorecen a los pobres más que cualquier otra fuente de recursos.

Los ingresos por rentas presentan un efecto ligeramente no desigual en la distribución del ingreso total. Un aumento del 1% en esa fuente de ingresos, en igualdad de condiciones, reduce el coeficiente de Gini del ingreso total en un -0.0003%; Asimismo, están distribuidos de manera muy desigual (0.9931) y la correlación de Gini entre los ingresos obtenidos por rentas y la suma de todos los tipos de ingresos es alta (0.3145).



**Figura 7.1** Curva de Lorenz de a) los ingresos corrientes per cápita y b) laborales de la población agropecuaria de la región.

Fuente: Elaboración propia con datos generados a partir de la ENIGH-INEGI (2020).

La desigualdad crece en la medida que la curva de Lorenz se aleja de la recta de equidistribución y se acerca a los ejes. Por el contrario, cuando la curva coincide con la diagonal se entiende una forma igualitaria de la distribución del ingreso promedio. En la figura 7.1a se evidencia una mayor desigualdad entre la población agropecuaria no pobre en los primeros quintiles en Yucatán referente al ingreso per cápita.

En la Figura 1b se muestra la distribución del ingreso laboral corriente de los hogares agropecuarios de Yucatán que utilizan agroquímicos en la Curva de Lorenz según inseguridad alimentaria. Se observa que los productores con niveles de inseguridad alimentaria severa se acercan más hacia una errática la equidistribución (diagonal) lo cual revela una relación menos equitativa aproximadamente con el 60% de la población; en este caso, se evidencia que la población en condiciones de inseguridad, en general, presenta una mala distribución entre las personas, en contraste con la población con seguridad alimentaria relativamente. Aun así, aproximadamente el 60% de la población un 23% de los ingresos laborales, lo cual, evidencia que falta mucho por hacer para mejorar las condiciones y distribución de los ingresos en la población agropecuaria.

Tabla 7.5. Modelo de regresión logística para los productores que utilizan agroquímicos y sus características socioeconómicas.

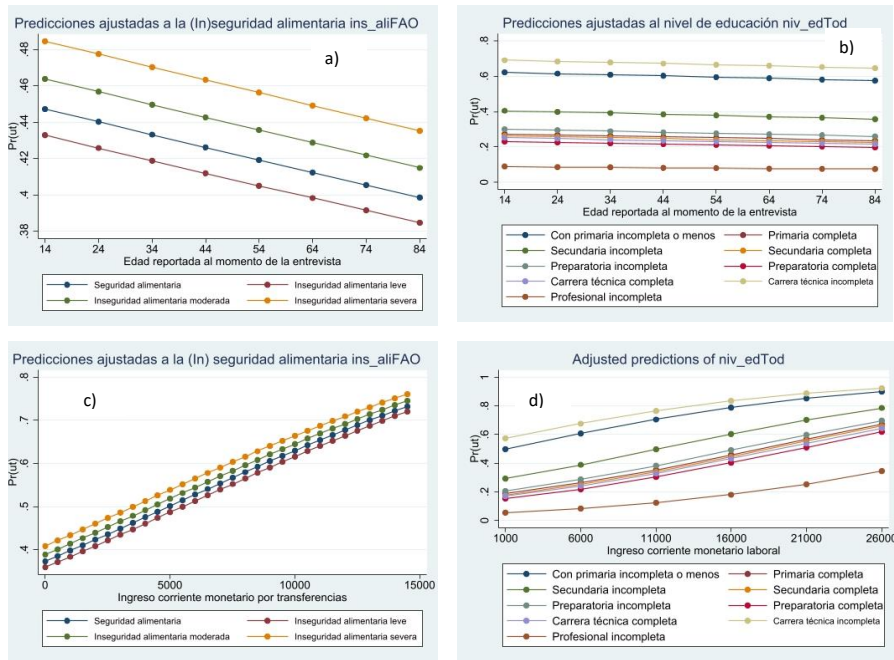
| Logistic regression              | Number of obs = 672,782 |           |         |       |                      |       |
|----------------------------------|-------------------------|-----------|---------|-------|----------------------|-------|
| LR chi2(21) = 109250.71          |                         |           |         |       |                      |       |
| Prob > chi2 = 0.0000             |                         |           |         |       |                      |       |
| Log likelihood = -406203.03      | Pseudo R2 = 0.1185      |           |         |       |                      |       |
| Ut (utiliza insecticidas)        | Odds ratio              | Std. err. | z       | P> z  | [95% conf. interval] |       |
| tipoactiAgr                      | 6.539                   | 0.116     | 106.090 | 0.000 | 6.316                | 6.770 |
| tipoactiAnim                     | 3.244                   | 0.060     | 64.060  | 0.000 | 3.129                | 3.363 |
| ic_rezedu                        | 0.326                   | 0.006     | -58.060 | 0.000 | 0.313                | 0.338 |
| sexo                             | 2.148                   | 0.015     | 112.380 | 0.000 | 2.120                | 2.177 |
| edad                             | 0.997                   | 0.000     | -11.020 | 0.000 | 0.997                | 0.998 |
| ins_alifAO                       |                         |           |         |       |                      |       |
| Inseguridad alimentaria leve     | 0.943                   | 0.006     | -8.760  | 0.000 | 0.931                | 0.956 |
| Inseguridad alimentaria moderada | 1.069                   | 0.008     | 8.420   | 0.000 | 1.053                | 1.086 |
| Inseguridad alimentaria severa   | 1.162                   | 0.012     | 14.870  | 0.000 | 1.139                | 1.185 |
| ic_asalud                        | 0.908                   | 0.006     | -14.510 | 0.000 | 0.896                | 0.920 |
| ic_segroc                        | 2.682                   | 0.020     | 135.090 | 0.000 | 2.643                | 2.720 |
| ict                              | 1.000                   | 0.000     | -35.970 | 0.000 | 1.000                | 1.000 |
| ing_lab                          | 1.000                   | 0.000     | 39.140  | 0.000 | 1.000                | 1.000 |
| ing_tra                          | 1.000                   | 0.000     | 44.190  | 0.000 | 1.000                | 1.000 |
| niv_edTod                        |                         |           |         |       |                      |       |
| Primaria completa                | 0.230                   | 0.005     | -72.660 | 0.000 | 0.221                | 0.239 |
| Secundaria incompleta            | 0.414                   | 0.008     | -44.580 | 0.000 | 0.398                | 0.430 |
| Secundaria completa              | 0.217                   | 0.005     | -71.660 | 0.000 | 0.208                | 0.226 |
| Preparatoria incompleta          | 0.261                   | 0.008     | -43.780 | 0.000 | 0.246                | 0.277 |
| Preparatoria completa            | 0.183                   | 0.005     | -66.520 | 0.000 | 0.174                | 0.192 |
| Carrera técnica completa         | 0.205                   | 0.007     | -47.770 | 0.000 | 0.192                | 0.219 |
| Carrera técnica incompleta       | 1.354                   | 0.097     | 4.210   | 0.000 | 1.176                | 1.559 |
| Profesional incompleta           | 0.059                   | 0.003     | -55.250 | 0.000 | 0.054                | 0.065 |
| _cons                            | 0.217                   | 0.008     | -42.510 | 0.000 | 0.202                | 0.233 |

Fuente: Elaboración propia con datos generados a partir de la ENIGH-INEGI (2020).

El ajuste del modelo evaluado se consideró satisfactorio. La prueba del Pseudo  $R^2$  fue de 11.85% con probabilidad de ( $p=0.000$ ), es decir que las relaciones entre las Unidades Agropecuarias que utilizan agroquímicos en Yucatán son estadísticamente significativas con las variables socioeconómi-

cas del modelo considerando un nivel de confianza es de 95% ( $p \leq 0.05$ ). Las covariables presentan significancias estadísticas contrastando las hipótesis relacionadas con la variable dependiente (ut). Cuando se compara la relación de los productores que realizan actividades agropecuarias, el cociente de razón aumenta 6.538; lo que indica que el nivel de Unidades Agropecuarias que utilizan agroquímicos está liderado por este sector a diferencia de los de producción animal, *ceteris paribus*. Además, cuando la Unidad Agropecuaria es dirigida por un hombre la frecuencia de ocurrencia 2.148, *ceteris paribus*. Llama la atención que las personas con inseguridad alimentaria severa en comparación con aquellos con seguridad alimentaria se incrementa la ocurrencia en 1.162 *ceteris paribus*. Este resultado comprueba que los productores con mayores niveles de inseguridad alimentaria y rezago educativo presentan mayores probabilidades de utilizar agroquímicos en sus unidades agropecuarias, aunque en términos absolutos los productores con inseguridad moderada tienen niveles de gastos más altos, en contraste, con las personas con mejores problemas socioeconómicos en general. Los productores agropecuarios con carrera técnica completa presentan altos niveles de ocurrencia OR, esto es en alrededor de 1.353, preservando el resto de las variables constantes ( $p < 0.01$ ).





**Figura 7.2 Probabilidades de ocurrencia del uso de agroquímicos según características socioeconómica.**  
Fuente: Elaboración propia con datos generados del modelo de regresión logística.

En la figura 2a) se comprueba que en los hombres y mujeres agropecuarios que tienen mayores niveles de inseguridad alimentaria moderada presentan extraordinarios niveles de probabilidades por utilizar agroquímicos en Yucatán; no obstante, esta se reduce a medida que aumenta la edad de los jefes de hogares (productores). Esto evidencia que las políticas públicas deben orientarse sobre una lógica de discriminación positiva, es decir, tratar desigual a los desiguales (gente adulta, en contraste, con gente joven). La probabilidad de utilizar agroquímicos es menor en el caso de los productores que tienen seguridad alimentaria. En la figura 2b se aprecia que a medida que los productores agropecuarios tienen primaria incompleta y carrera técnica incompleta existen mayores probabilidades de utilizar agro-

químicos en comparación con los demás niveles educativos. Las relaciones anteriores también se corresponden con el nivel de ingresos (corriente per cápita del hogar y laboral trimestral) donde se manifiesta que a medida que aumentan los ingresos per cápita se reducen las probabilidades de utilizar agroquímicos; por otra parte, a medida que los productores agropecuarios aumentan sus ingresos laborales se incrementan la probabilidad del uso de agroquímicos (figura 2c y 2d, respectivamente).

## 7.5 Conclusiones

La utilización de agroquímicos como insecticidas, herbicidas y fungicidas resulta relevante sobre todo cuando se buscan las alternativas para mejorar el bienestar sustentable y la protección del medio ambiente. En este caso, se evidencia que existen incentivos mayores de aplicar este tipo de productos en aquellos estratos socio económicos que presentan tanto menores ingresos laborales e inseguridad alimentaria severa. Los responsables de las Unidades agropecuarias que tienen seguridad alimentaria destinan en promedio mayores cantidades de recursos en el uso de agroquímicos (\$2,476), en comparación con los demás con algún grado de inseguridad alimentaria (leve \$711; moderada \$1,826, y severa \$1,584). Sin duda la educación juega un papel preponderante en la decisiones e incentivos en la utilización de recursos para la compra de agroquímicos, es decir, quienes cuentan con niveles de primaria incompleta o carrera técnica incompleta reciben mayores incentivos de probabilidades de utilizar ese tipo de productos; no obstante, las cantidades de recursos económicos son mayores en quienes tienen seguridad alimentaria. Cabe destacar que a medida que aumenta la edad en los productores se reduce la prevalencia en la utilización de agroquímicos.

Las políticas públicas para enfrentar esta problemática no sólo deben estar orientadas al cuidado del medio ambiente, sino también, hacia el cuidado de la salud pública sobre la base de una lógica de discriminación positiva, es decir, tratar desigual a los desiguales. Las características y factores que inciden en la utilización y uso de los agroquímicos en las personas agropecuarias son multifactoriales y obedecen a incentivos para

incrementar las productividades para un mejor bienestar e ingreso familiar. Esta situación pone de relieve la importancia de una discriminación positiva en el diseño e implementación de políticas públicas (es decir, no tratar igual a los desiguales). Sin duda esta realidad, representa un verdadero reto, no sólo, para que los gobiernos locales mejoren la toma de decisiones sobre las restricciones en el uso de agroquímicos, sino también, para que las familias e integrantes valoricen las consecuencias vinculantes relacionadas con la salud y medioambientales de la región.

## Referencias

- Aguilar-Garduño, C., Lacasaña, M., Blanco-Muñoz, J., Rodríguez-Barranco, M., Hernández, A., Bassol, S., ... Cebrián, M. (2013). Changes in male hormone profile after occupational organophosphate exposure. A longitudinal study. *Toxicology*, 307, 55-65.
- Arellano-Aguilar, O., & Rendón, O. (2016). La huella de los plaguicidas en México. E. Martínez. *Greenpeace México AC Las Flores*, 35.
- Bernardi, F. (2012). *Cuadernos Metodológicos*, 45: Análisis de Datos con STATA (1er edición ed.). Madrid, España: Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS).
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2022). *Ley General de Salud*.
- CCMSS. (2018, agosto 16). *Muerte masiva de miles de abejas, golpe histórico a la apicultura de José María Morelos, Quintana Roo*. Recuperado 17 de enero de 2022, de Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible website: <https://www.ccmss.org.mx/muerte-masiva-de-miles-de-abejas-golpe-historico-a-la-apicultura-de-jose-maria-morelos-quintana-roo/>
- CEDRSSA. (2020). *Impacto del uso de plaguicidas en el sector agropecuario*. Recuperado 16 de enero de 2022, de [http://www.cedrssa.gob.mx/post\\_impacto\\_del\\_-n-uso-n\\_de\\_-n-plaguicidas-n\\_en\\_el\\_-n-sector\\_agropecuario-n.htm](http://www.cedrssa.gob.mx/post_impacto_del_-n-uso-n_de_-n-plaguicidas-n_en_el_-n-sector_agropecuario-n.htm)
- Chaín-Castro, T. D. J., Barrón-Aragón, R., & Haro-García, L. (1998). Pes-

- ticide poisoning in Mexican seasonal farm workers. *International journal of occupational and environmental health*, 4(3), 202-203.
- FAO. (2012). Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA). Recuperado de <https://www.fao.org/3/i3065s/i3065s.pdf>
- García-Linan, S. (2017). ¿Qué provoca el fipronil usado en pesticidas e insecticidas? Recuperado 17 de enero de 2022, de *El Financiero*, website: <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/salvador-garcia-linan/que-provoca-el-fipronil-usado-en-pesticidas-e-insecticidas/>
- Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). (2020). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares* (ENIGH). 2020 Nueva serie. INEGI-ENIGH, p. 1. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/enigh/nc/2020/>
- Long, S., & Freese, J. (2014). *Regression Models for Categorical Dependent Variables Using Stata Third College Station*.
- Lopez-Feldman, A. (2006). Decomposing inequality and obtaining marginal effects. *The Stata Journal*, 6(1), 106-111.
- Martínez-Guzmán, V. (2020). Yucatán alista PIB agropecuario al alza. Recuperado 17 de enero de 2022, de *El Financiero*, website: <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/veronica-martinez-guzman/yucatan-alista-pib-agropecuario-al-alza/>
- Medina, F. (2001). Consideraciones sobre el índice de Gini para medir la concentración del ingreso. Cepal.
- Núñez, E., Steyerberg, E. W., & Núñez, J. (2011). Estrategias para la elaboración de modelos estadísticos de regresión. *Revista española de cardiología*, 64(6), 501-507.
- OECD. (2021). Gobernanza Regulatoria en el Sector de Plaguicidas de México. <https://doi.org/10.1787/b4805eb5-es>
- O'Malley, G., & O'Malley, R. (2022). Intoxicación (envenenamiento) por insecticidas—Traumatismos y envenenamientos. Recuperado 5 de septiembre de 2022, de Manual MSD versión para público general website: <https://www.msdmanuals.com/es-mx/hogar/traumatismos-y-envenenamientos/intoxicaciones-o-envenenamientos/intoxicaci%C3%B3n-envenenamiento-por-insecticidas>

- ONU. (2022). Basel Convention. Recuperado 13 de enero de 2022, de <http://www.basel.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1275/Default.aspx>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA): Manual de uso y aplicaciones. En Roma: FAO.
- Polanco-Rodríguez, A. G., Magaña Castro, T. V., Cetz Luit, J., Quintal López, R., Polanco Rodríguez, A. G., Magaña Castro, T. V., ... Quintal López, R. (2019). Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México. *Centro Agrícola*, 46(2), 72-83. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0253-57852019000200072&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852019000200072&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Reporteros hoy TZ. (2018). *Agrotóxicos y fumigaciones amenazan a abejas de la península*. Recuperado 17 de enero de 2022, de <https://reporterohoy.mx/wp/agrotoxicos-y-fumigaciones-amenazan-a-abejas-de-la-peninsula.html>
- SADER. (2020). *Yucatán, un paraíso del campo*. Recuperado 17 de enero de 2022, de Gob.mx website: <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/yucatan-un-paraíso-del-campo>
- SEMARNAT. (2015). *Convenio de Basilea*. Recuperado 13 de enero de 2022, de Gob.mx website: <http://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convenio-de-basilea>
- SEMARNAT. (2018). *Informe Electrónico Convenio de Estocolmo: México*. Recuperado de <http://ers.basel.int/ERS-Extended/FeedbackServer/fsadmin.aspx?fscontrol=respondentReport&surveyid=73&voterid=49245&readonly=1&nomenu=1>
- SENASICA. (2020). *La Península de Yucatán, expuesta a potente contaminante de agua y alimentos*. Recuperado 16 de enero de 2022, de <https://prod.senasica.gob.mx/ALERTAS/inicio/pages/single.php?noticia=5504>
- SIAP. (2020). *Panorama agroalimentario 2020*. Recuperado 17 de enero de 2022, de <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>

Stark, O., Taylor, J. E., & Yitzhaki, S. (1986). Remittances and inequality.  
*The Economic Journal*, 96(383), 722-740.

## 8. MANEJO Y ALTERNATIVAS DE USO DE PLAGUICIDAS.

*Karina Jiménez Morales*<sup>1</sup>  
*Teresa del Rosario Ayora Talavera*<sup>1</sup>  
*Neith Aracely Pacheco López*<sup>\* 1</sup>

### Resumen

El acceso a alimentos inocuos es un derecho fundamental de acuerdo con lo descrito por la FAO en 2009. Sin embargo, se sabe que es un reto para los próximos años poder producir la cantidad de alimento necesario para la población mundial que presenta un crecimiento exponencial. En este sentido, la agricultura sostenible o sustentable es considerada como la actividad agrícola que se basa en sistemas de producción que además de generar buenos rendimientos es rentable, buscando generar desarrollo en las comunidades donde se llevan a cabo (SADER, 2019). Tiene como principal objetivo lograr satisfacer las necesidades de alimentación de la población creciente del planeta mientras que se asegure de producir un impacto mínimo en el ambiente, en el ser humano y además beneficie a los productores. Considerando lo anterior, el presente capítulo presenta alternativas de uso de plaguicidas y su manejo con un enfoque sustentable.

### 8.1 Sustentabilidad agrícola y alimentación

A mediados del siglo pasado, uno de los objetivos mundiales fue aumentar la productividad de alimentos y fibras, lográndose esto con nuevas tecnologías, la mecanización, el uso de productos químicos en ocasiones de manera indiscriminada, la especialización de los cultivos y las políticas de los gobiernos. Además, estas estrategias también favorecieron la reducción de

---

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco, A.C. Subsede Sureste. \*Autor de correspondencia: npacheco@ciatej.mx.

los precios de los alimentos, y desafortunadamente beneficiando a pocos agricultores.

Aunque estos desarrollos han tenido muchos efectos positivos y han reducido muchos riesgos en la agricultura, también han tenido costos significativos. Destacan entre ellos el agotamiento de la capa superior del suelo, la contaminación de las aguas subterráneas, la contaminación del aire, las emisiones de gases de efecto invernadero, el declive de las explotaciones agrícolas familiares, el abandono de las condiciones de vida y de trabajo de los trabajadores agrícolas, las nuevas amenazas para la salud y la seguridad humanas debido a la propagación de nuevos patógenos, la concentración en las industrias alimentaria y agrícola, y desintegración de las comunidades rurales, tal como se ha mencionado en los capítulos anteriores.

Sin duda alguna, una de las estrategias para aumentar la productividad en la agricultura y que ha causado un gran daño a la salud humana, de los suelos y el agua es el uso indiscriminado de plaguicidas (insecticidas, herbicidas y fungicidas) (Lykogianni et al., 2021); por un lado, debido a que ha causado resistencia en algunos de los diferentes organismos catalogados como plagas, aumentado la cantidad de su aplicación, y por otro, su permanencia residual en los alimentos que se consumen, alojándose y acumulándose en el tejido adiposo del ser humano causando serios daños a la salud, desde alergias hasta cáncer y muerte (Debnath & Khan, 2017).

Sin embargo, la producción de los alimentos tiene que seguir en aumento, pero utilizando mecanismos y estrategias que permitan una agricultura sustentable y una seguridad alimentaria, a través de la conservación y gestión de los recursos naturales, y buscando un cambio tecnológico orientado, asegurando que se logre la satisfacción de las necesidades de manera continua para las generaciones por venir. Esta agricultura sostenible busca además la conservación de los suelos, el recurso hídrico, las variedades de plantas y animales, y es ambientalmente no degradante, apropiada técnicamente, económicamente viable y socialmente aceptable, lo que permite la disponibilidad o la suficiente producción de alimentos, así como el acceso a ellos y la capacidad para comprarlos, logrando la suficiencia en términos de nutrición, incluidos energía, proteínas y micronutrientes, así como la



seguridad, la estabilidad y previsibilidad de estas condiciones (Vågsholm et al., 2020).

## **8.2 Economía circular**

El concepto de Economía circular se ha desarrollado como una manera de buscar revertir los problemas asociados al excesivo uso de la tierra, agua, aire y que ha causado un daño ecológico irreversible con la pérdida del 90% de la biodiversidad, además de buscar soluciones a largo plazo, en este sentido se busca que cada actividad económica maximice las funciones del ecosistema y el bienestar del ser humano, a través del aprovechamiento de los productos durante su ciclo de vida, considerando las materias primas, los insumos, transformación, consumo y después poder transformar los residuos generados en nuevas materias primas, con lo que se pretende implementar un flujo de manera cíclica en la obtención, modificación, distribución, utilización y recuperación de las materias o productos y servicios disponibles (Calzolari et al., 2022).

En México, el concepto de Economía Circular es relativamente nuevo, las políticas públicas asociadas a la investigación hacia la implementación de un modelo de economía circular se están desarrollando. Algunos estudios previos han indicado que el manejo de los residuos sólidos urbanos son la principal prioridad a atender, por lo que actividades como el reciclaje y composteo, la generación de energía a partir de residuos, mejoras en la infraestructura, manejar la informalidad y crear el interés en las personas, podrían afrontar este reto (Munoz-Melendez et al., 2021). Otros puntos importantes a cubrir bajo la estrategia de la economía circular es el aprovechamiento de los residuos agrícolas y la reducción de la utilización de plásticos de un solo uso, sin embargo, existen otros residuos que también requieren atención urgente como lo son los residuos peligrosos, particularmente aquellos que tienen la potencialidad de enfermar a los seres humanos ya que tienen un gran impacto en la salud pública, lo anterior con la finalidad de lograr que el país se vuelva más sustentable, resiliente e inclusivo (Munoz-Melendez et al., 2021).

La generación de residuos peligrosos y particularmente de residuos de manejo especial producidos por la utilización de agroquímicos, requieren de la implementación de estrategias que permitan su valorización, sin implicar un problema para la salud y el ambiente, tal es el caso de contenedores plásticos o utensilios, los cuales generalmente son tirados a cielo abierto en zonas clandestinas, cerca de canales de riego, en las mismas zonas de cultivo o en algunos casos son incinerados sin control alguno generando gases aún más peligrosos y tóxicos que los agroquímicos que contienen en estado líquido o sólido. En casos más extremos y por falta de conocimiento, estos envases pueden ser utilizados para almacenar agua de uso doméstico con las consecuencias que esto conlleva (Cuadras-Valenzuela & Arciniega-Galaviz, 2021). Por tal motivo, la educación sobre el manejo de este tipo de residuos, su factible reutilización y la disminución del uso de estos, son tareas de gran importancia para lograr la reducción en la generación de residuos sólidos peligrosos, que además de disminuir la contaminación, permitan concientizar a la población de los riesgos de su uso.

En la actualidad, un caso de éxito ha sido lo llamado agricultura circular implementado en Holanda, enfocado a la percepción de un precio justo para los productores, dar un valor adecuado a los alimentos en todos los niveles, considerando que los residuos de la biomasa agrícola y el procesamiento de los alimentos del sistema alimentario puedan ser utilizados como recursos renovables y que los insumos externos utilizados como insumos sean cada vez menos en específico los fertilizantes químicos.

### **8.3 Usos sustentables de pesticidas**

El uso de plaguicidas químicos extremadamente peligrosos, como los clasificados en la clase I por la OMS, a pesar de su prohibición en los países, siguen siendo utilizados, representando un riesgo a la salud (Mondal et al., 2020). Ante esto, el uso cuidadoso de los agroquímicos juega un rol importante en el desarrollo sustentable de la civilización vista como un todo (Nudelman, 2011), pues en las producciones intensivas, aun no puede prescindirse del todo de los plaguicidas químicos. Por ello el uso sustentable

de plaguicidas se encamina a la reducción de los riesgos y los efectos por su uso, tanto en la salud humana como el medio ambiente, en el fomento de una manejo integrado de plagas y el planteamiento o técnicas alternativas, como las no químicas a los plaguicidas (EC, 2009). Diversas son las estrategias y acciones que se han desarrollado e implementado para lograr un mejor uso de plaguicidas (Fig. 1).

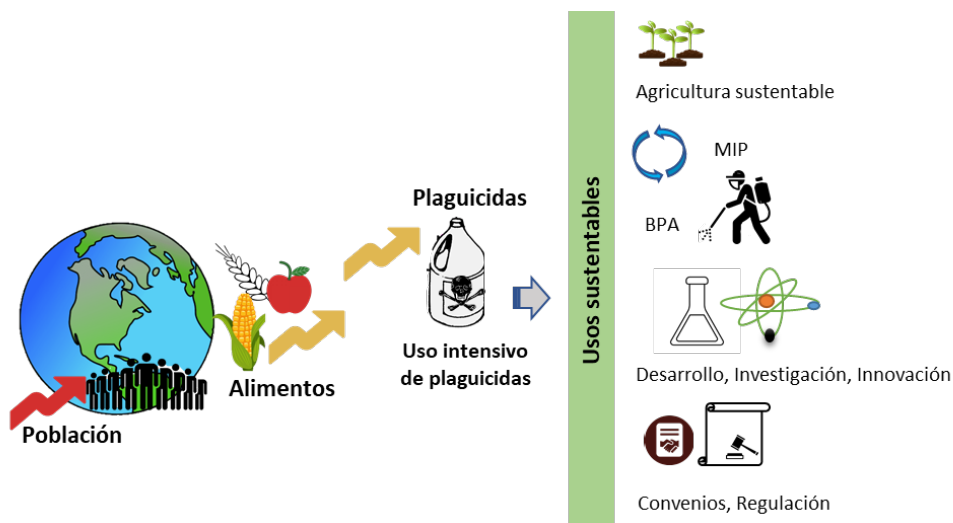


Figura 8.1. Uso sustentable de plaguicidas

Un objetivo clave en la Comunidad Europea para el desarrollo sustentable, es la agricultura dentro de este marco. Donde se contempla necesario establecer soluciones para contrarrestar los impactos negativos en la salud humana y medio ambiente, asociados al uso de plaguicidas químicos (Calliera et al., 2021). Los enfoques al respecto se basan esencialmente en intervenciones regulatorias, aprobaciones para colocación de los productos en el mercado, evaluación completa de riesgos de cada sustancia activa y los productos formulados, todo ello con base en el Reglamento Europeo y la Directiva de uso sustentable de plaguicidas. Así los estados miembros deben realizar tareas para reducir los riesgos, implementar medidas de mitigación,

prácticas para la aplicación de plaguicidas que minimicen la exposición ambiental y humana, así como desarrollar etiquetados e instrucciones de uso que garanticen su adecuada aplicación (Calliera et al., 2021).

Una mejor utilización del manejo integrado de plagas (MIP), que consiste esencialmente en el conocimiento de la biología de la plaga, el monitoreo, la aplicación de dosis adecuadas, la rotación de sustancias activas, rotación de cultivos, técnicas adecuadas de cultivo, mejora de organismos benéficos, el control mixto biológico, químico y cultural. Así como el uso de insecticidas nuevos de bajas dosis, la llegada de los bioplaguicidas y los cultivos genéticamente modificados, han dado como resultado una reducción en el uso de plaguicidas peligrosos en la Región Latinoamericana. La cual depende sustancialmente de su producción agrícola-ganadera, favoreciendo así una producción sustentable (EC, 2009; Nudelman, 2011; Zepeda Jazo, 2018). Como parte del incremento de la producción de alimentos y la necesidad de plaguicidas, el uso racional, informado y cuidadoso de los estos ha sido indispensable para el desarrollo sustentable en este continente, para la protección ambiental y su calidad de vida. En el caso de la agricultura orgánica, al cual integra prácticas biológicas, culturales, mecánicas, la promoción del ciclo de los recursos, el equilibrio ambiental y la biodiversidad, la delimitación de uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos, junto con el MIP, también ofrece enfoques alternativos de protección ambiental y sostenible, a la agricultura convencional (Lykogianni et al., 2021) y por ende también uno uso sostenible de plaguicidas.

Por otro lado, dentro de la “intensificación de la agricultura” que es una de las propuestas así llamadas para el incremento en la producción de alimentos, se plantean estrategias sustentables como el uso correcto y responsable de plaguicidas, el desarrollo e investigación de productos nuevos o moléculas más específicas, así como la aplicación de biología y biotecnología (Nudelman, 2011). Desde décadas pasadas se han tratado de desarrollar tecnologías para la producción de compuestos químicos, evitando la producción aquellos muy contaminantes. Se ha prohibido la producción de plaguicidas altamente peligrosos como el DTT desde 1970 y de PCB en la mayoría de los países desarrollados, y se han ido desarrollando produc-

tos de bajo impacto en los ciclos de los ecosistemas (Mendes et al., 2020; Nudelman, 2011). Todo ello como parte de una química sustentable, que aborda el diseño de productos para aplicaciones sustentables a fin de reducir o eliminar el uso o generación de sustancias peligrosas (Nudelman, 2011).

Dentro de las estrategias adoptadas por agricultores para el uso sustentable de plaguicidas en la Comunidad Europea, las buenas prácticas agrícolas (BPA) y la mitigación, son componentes claves en las condiciones de uso de estos productos. Estas prácticas consisten en recomendaciones específicas para el tipo de riesgo que se pretenda minimizar, por ejemplo, el uso de protección especial por los usuarios durante la manipulación del plaguicida o el ajuste de las condiciones de aplicación o uso para minimizar transferencias a otros puntos. En general comprende los lineamientos para reducir los riesgos de contaminación, pudiendo abarcar tanto las prácticas agrícolas en el campo y las prácticas de manejo, desde el cultivo, pasando por la cosecha, transporte, empaque y envío (Calliera et al., 2021; Siller-Cepeda et al., 2002).

El comportamiento correcto en el manejo de plaguicidas a nivel de fincas, las cuales representan una estrategia a la transición de la agricultura sustentable, y la adopción de tecnologías innovadoras como los sistemas de biorremediación, que se han analizado en investigaciones (Calliera et al., 2021) han representado medidas eficaces para evitar o prevenir la contaminación de fuentes locales con plaguicidas. También la concientización de la población y agricultores sobre la contaminación, los cursos obligatorios, los sistemas de formación certificada obligatoria, han sido medidas estudiadas para una sensibilización sobre el uso sustentable de plaguicidas (Calliera et al., 2021). El manejo de zonas de almacenamiento de amortiguación de no pulverización de plaguicidas, el uso de dispositivos técnicos para reducir los desvíos del rociado de plaguicidas, el análisis de suelos para la fertilización, el control de malezas, son otras prácticas que se han ido adoptando para reducir el número de uso plaguicidas o su exposición (Calliera et al., 2021; EC, 2009). Incluso ideas como las plataformas móviles impermeables para lavado y llenado de equipos de aplicación de plaguicidas representan soluciones, sin embargo, aun requieren de aprobación por las entidades regulatorias.

Además a nivel mundial importantes convenios internacionales han sido desarrollados para el manejo de los agroquímicos, tales como el convenio de Basilea, el convenio de Estocolmo y Rotterdam, para el transporte de sustancias químicas, manejo específicos para plaguicidas persistentes, y sobre responsabilidad y comercio internacional de plaguicidas y otras sustancias peligrosas (Nudelman, 2011) que coadyuvan en conjuntos con otras regulaciones locales a nivel de países a un manejo sustentable de plaguicidas.

Dado que la propuesta de transición hacia una agricultura y desarrollo sustentables, y la modificación en el uso de plaguicidas, se trata de un proceso. Se debe tener en mente que por tanto requiere pasos pequeños y realistas, que puede lograrse en plazos razonablemente breves, siempre que se promuevan y logren interacciones sistemáticas, participativas y esfuerzos mancomunados entre las diversas partes involucradas, tales como los agricultores, comunidad científica, académica, industriales y gobierno (Calliera et al., 2021; Lee et al., 2019; Zepeda Jazo, 2018) para la obtención de resultados eficaces a los objetivos establecidos. Ya que aun cuando han sido emitidas las directivas en cuanto al uso sustentable de plaguicidas, no se ha reflejado del todo un cambio en el uso de los altamente peligrosos. Por otro lado, en cuanto a las medidas obligatorias para el manejo de plaguicidas por parte de los agricultores, tales como la capacitación, el almacenamiento, las inspecciones, respeto a zonas de no fumigación, entre otros, es difícil su evaluación debido a la falta de entendimiento sobre si han sido aplicadas apropiadamente (Calliera et al., 2021). Y si bien a nivel mundial la cantidad de agricultura que se realiza con base en el MIP ha aumentado y la producción de plantas con uso reducido de plaguicidas sintéticos y uso de bioplaguicidas es más rentable, aún existen discrepancias entre agricultores ante su uso debido a la falta de productos alternativos (Lykogianni et al., 2021).

## **8.4 Alternativas de uso de pesticidas**

Los plaguicidas químicos representan un elemento relevante para la protección de los cultivos y por ende para asegurar la producción. No

obstante, por sus efectos negativos asociados, que ha dependido en mucho de su forma de uso, han causado perjuicios al medio ambiente y salud humana. Ante la búsqueda de alternativas de plaguicidas, a pesar de los costos y dificultades de autorización que representa el desarrollo de nuevas alternativas, la inversión en la investigación y desarrollo permanece a la alta (Lykogianni et al., 2021)

Entre las alternativas al uso de plaguicidas, la reintroducción de la agricultura orgánica, que se basa esencialmente en trabajar en los sistemas y ciclos ecológicos vivos, imitarlos y ayudar a mantenerlos. Tiene sus orígenes en India y es de gran importancia para la exclusión de plaguicidas químicos sintéticos, para garantizar una sustentabilidad integral de la economía y el ecosistema. Sin embargo su potencial para satisfacer la demanda es aún una preocupación de científicos y creadores de políticas (Mondal et al., 2020). La agricultura orgánica prohíbe el uso de organismos genéticamente modificados, radiación ionizante, hormonas o antibióticos y limita el uso de plaguicidas sintéticos (Lykogianni et al., 2021). Esto representa una alternativa al uso de plaguicidas químicos, sin embargo, muy pocos y específicos, están permitidos para uso fitosanitario. Lo cual sigue implicando una puerta de riesgo para el ambiente o los consumidores, en caso de ocurrir aplicaciones indebidas.

Los bioplaguicidas representan otras alternativas a los plaguicidas sintéticos, y suelen utilizarse dentro del enfoque del manejo integrado de plagas. Son productos formulados a base de productos naturales, feromonas, sistemas vivos y genes. Son de alta aceptación por su bajo riesgo, por su procedencia de componentes naturales, y en una definición más amplia se refieren también a productos bioquímicos como feromonas o atrayentes, plaguicidas microbianos, o los manipulados genéticamente. En el caso de los plaguicidas botánicos, estos son derivados de las plantas de diferentes familias que repelen, inhiben el crecimiento o matan a las plagas, son de gran aceptación por su biodegradación, ya que factores como la luz solar, la humedad o la temperatura pueden degradarlos en poco tiempo. Sus subproductos se absorben en el suelo, se descomponen, o se biotransforman por degradación microbiana, evitando su acumulación y contaminación. Se

utilizan como extractos, aceites esenciales o ambos y al igual que los bio-plaguicidas y plaguicidas microbiales ofrecen un bajo riesgo de desarrollo de resistencia (Lengai et al., 2020; Lykogianni et al., 2021). Otras alternativas al uso de plaguicidas, la representa el cambio hacia una producción de plantas genéticamente modificadas, producidas por diversos métodos en combinación con plaguicidas apropiados. Las soluciones biotecnológicas como el mejoramiento de cultivos resistentes a plagas resulta una opción más viable sobre todo para los grandes industriales que temen ver comprometida la rentabilidad de sus cultivos (Lechenet et al., 2017)

## **8.5 Ejemplos de alternativas sustentables en México**

En México, un 78.2 % reporta pérdidas en su producción agropecuaria debidas a causas climáticas, plagas y enfermedades. Si bien los plaguicidas químicos son útiles, también pueden llegar a contaminar los cultivos representando una vía de exposición con efectos a la salud. Aproximadamente diez entidades federativas, entre las cuales se encuentran Sinaloa, Sonora, Chiapas, Colima, Jalisco, Nayarit, Tamaulipas y Veracruz, son las que llegan a utilizar el 70% de los plaguicidas, siendo principalmente herbicidas, insecticidas y fungicidas (Díaz-Vallejo et al., 2021; Zepeda Jazo, 2018).

Algunas de las alternativas que están siendo utilizadas son los bio-plaguicidas a base de hongos, levaduras, bacterias o a base de extractos vegetales, que representan opciones más seguras para el ambiente. El MIP por otro lado, como alternativa para un uso sustentable de plaguicidas, ha ido evolucionando para que sea más efectivo, y con esto se empleen una serie de estrategias para un mejor control de plagas que dañen lo menos posible los cultivos. Sin embargo, esta opción requieren de apoyos de gobierno, difusión, incentivos, asesorías a productores (Zepeda Jazo, 2018) para mejores resultados.

La agricultura en el Noreste del país es una de las más desarrolladas en México, la cual se destina a la producción de diferentes cultivos como trigo, algodón, maíz y hortalizas. Los estados de Sonora y Sinaloa se destacan por su gran producción de trigo, granos y hortalizas (como maíz,



frijol, tomate, chile, pepino) respectivamente, tanto para consumo nacional y exportación. Tan solo el estado de Sonora representa el 44.4% de la producción nacional y Sinaloa el 39.1% de producción de hortalizas del país. Dado los efectos del uso de plaguicidas químicos utilizados, se han buscado alternativas, entre las cuales destacan los plaguicidas de origen botánico y los de origen microbiológico (Tabla 1) para el control de hongos y otros patógenos. De esta forma, el emplear un recurso microbiano se considera como una solución sustentable y eficaz para la evitar la elevación o reducir los contaminantes químicos, además de ser una opción económicamente viable a largo plazo (Gálvez Gamboa et al., 2018). De acuerdo a la consulta de plaguicidas autorizados, registrados y vigentes a la fecha publicados por Comisión Federal para la Protección contra Riesgo Sanitarios (COFEPRIS), plaguicidas alternativos se muestran en la Tabla 1 (COFEPRIS, 2021). Lo cuales corresponden a plaguicidas microbianos, botánicos y bioquímicos formulados a base de hongos, levaduras, bacterias, virus, cepas específicas, o bien a base de extractos o aceites esenciales botánicos, o sus mezclas; así como algunos productos bioquímicos derivados de productos naturales, lo cuales presentan todos ellos, la categoría toxicológica más bajas de acuerdo con la normatividad mexicana.

Tabla 8.1. Alternativas de plaguicidas en México, autorizados por COFEPRIS

| PLAGUICIDAS MICROBIANOS<br>(Para aplicación en cultivos de hortalizas o frutos, como fungicidas o insecticidas o nematocidas o atrayentes) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beauveria bassiana                                                                                                                         |
| Paecilomyces fumosoroseus+Metarhizium anisopliae+Beauveria bassiana                                                                        |
| Bacillus turingiensis                                                                                                                      |
| Trichoderma Harzianum                                                                                                                      |
| Paecilomyces lilacinus                                                                                                                     |
| Verticillium lecanii                                                                                                                       |
| Bacillus stearotheophilus                                                                                                                  |
| Bacillus subtilis+Bacillus spp.+Torulopsis inconspicua                                                                                     |
| Levadura seca de torula                                                                                                                    |
| Streptomyces spp                                                                                                                           |
| Trichoderma viride                                                                                                                         |
| Bacillus subtilis+Bacillus spp.+Torulopsis inconspicua                                                                                     |
| Bacillus amyloliquefaciens                                                                                                                 |
| Cepa seca del Bacillus pumilus                                                                                                             |
| Trichoderma spp.                                                                                                                           |
| Bacillus licheniformis+Trichoderma Harzianum                                                                                               |
| Gliocladium virens                                                                                                                         |
| Trichoderma harzianum Rifai cepa T-22+Trichoderma virens cepa G-41                                                                         |
| Metarhizium anisopliae                                                                                                                     |
| Bacillus sphaericus                                                                                                                        |
| Chromobacterium subtsugae                                                                                                                  |
| Burkholderia sp.                                                                                                                           |
| Steinernema carpocapsae                                                                                                                    |
| Paecilomyces fumosoroseus+Metarhizium anisopliae+Beauveria bassiana                                                                        |
| Virus de la poliedrosis nuclear de Helicoverpa zea                                                                                         |
| Virus de la granulosis de Cydia pomonella                                                                                                  |
| Virus de la poliedrosis nuclear de Spodoptera exigua                                                                                       |
| Nomuraea rileyee en combinación con otros microorganismos                                                                                  |
| Myrothecium verrucaria                                                                                                                     |
| Steinernema carpocapsae                                                                                                                    |
| Pochonia chlamydosporia                                                                                                                    |
| Paecilomyces lilacinus+Bacillus firmus                                                                                                     |
| Paecilomyces variotii                                                                                                                      |

| PLAGUICIDAS BOTÁNICOS<br>(En frutos u hortalizas o cereales. Empleados como fungicidas o insecticidas o repelentes)                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aceite de romero+aceite de clavo+aceite de tomillo+aceite de menta                                                                                                                                                   |
| Extractos botánicos de árboles fabales                                                                                                                                                                               |
| Extracto botánico de cítricos                                                                                                                                                                                        |
| Extracto de sésamo                                                                                                                                                                                                   |
| Geraniol+timol                                                                                                                                                                                                       |
| Extracto de Marigold                                                                                                                                                                                                 |
| Extracto oleoso de labiadas                                                                                                                                                                                          |
| Aceite vegetal de maíz                                                                                                                                                                                               |
| Argemonina+berberina+ricinina+a-tertienil                                                                                                                                                                            |
| Piretrinas naturales                                                                                                                                                                                                 |
| Extracto de chicalote para                                                                                                                                                                                           |
| Extracto de piretrinas naturales I y II +aceite extracto de canela+aceite extracto de neem                                                                                                                           |
| Extracto esencial de ajo                                                                                                                                                                                             |
| Tetranortriterpenoides naturales+tioéteres naturales+glucosinolatos+capsaicinoides                                                                                                                                   |
| Extracto acuoso de catecoles y saponinas naturales+extracto oleoso de glucosinolatos naturales                                                                                                                       |
| Aceite de soya                                                                                                                                                                                                       |
| Extracto de epazote                                                                                                                                                                                                  |
| Extracto de semilla de toronja                                                                                                                                                                                       |
| Extracto de gobernadora                                                                                                                                                                                              |
| Aceite de tomillo                                                                                                                                                                                                    |
| Extracto de Mimosa tenuiflora                                                                                                                                                                                        |
| Extracto de Yucca schidigera                                                                                                                                                                                         |
| Extracto de canela+extracto de toronja+extracto de yuca+extracto de clavo                                                                                                                                            |
| Paecilomyces lilacinus+Bacillus subtilis+Pseudomonas fluorescens+extracto de nuez+extracto de Yucca schidigera+extracto de guiche de lechuguilla+extracto de cáscara de nuez+gel de nopal+aceite de higuera+chitosan |
| Extracto de gobernadora+extracto de lechuguilla+extracto de orégano                                                                                                                                                  |
| Extracto de sauce blanco                                                                                                                                                                                             |
| Extracto de equisetum+aceite de mostaza                                                                                                                                                                              |
| Quitina+extracto de orégano+extracto de tomillo                                                                                                                                                                      |
| Extracto de Reynoutria sachalinensis                                                                                                                                                                                 |
| Aceite de higuera+aceite extracto de canela+aceite extracto de neem+extracto de quitina+extracto de lipasa                                                                                                           |
| Extracto de Singlewa glutinosa Blanco Merr                                                                                                                                                                           |
| Bacillus spp. + aceite de clavo+aceite de neem                                                                                                                                                                       |
| Extracto de cítrico+quercetina                                                                                                                                                                                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aceite del árbol de té                                                                                                                                                                                                                             |
| Aceite de naranja                                                                                                                                                                                                                                  |
| Extracto de cáscara de naranja                                                                                                                                                                                                                     |
| Aceite de extracto de canela                                                                                                                                                                                                                       |
| Extracto de Acacia mearnsii                                                                                                                                                                                                                        |
| Extracto de Candelilla euphorbia antysiphilitica + extracto de limón Citrus latifolia + extracto de gobernadora Larrea tridentata                                                                                                                  |
| Extracto de piretro (mezcla de piretrinas) Chrysanthemum cinerariaefolium                                                                                                                                                                          |
| Concentrado de ajo                                                                                                                                                                                                                                 |
| Aceite esencial de neem                                                                                                                                                                                                                            |
| Concentrado de mostaza                                                                                                                                                                                                                             |
| Aceite de neem+extracto de ajo+extracto de chile+extracto de cardo santo                                                                                                                                                                           |
| Componentes del extracto de chenopodium                                                                                                                                                                                                            |
| Extracto de crisantemo-piretro                                                                                                                                                                                                                     |
| Extracto vegetal de neem+extracto vegetal de orégano+extracto vegetal de toloache                                                                                                                                                                  |
| Aceite de soya+extracto de chilcuague                                                                                                                                                                                                              |
| Aceite de ajo+aceite de ajonjolí                                                                                                                                                                                                                   |
| Extracto de canela+aceite de ricino                                                                                                                                                                                                                |
| Extracto vegetal de pino+extracto de orégano+extracto vegetal de higuierilla                                                                                                                                                                       |
| Extracto vegetal de quilaya                                                                                                                                                                                                                        |
| Extracto oleoso de Lauráceas (Cinnamomum verum)                                                                                                                                                                                                    |
| Aceite de canela+aceite de pimienta+aceite de neem+extracto de raíz de gobernadora+extracto de flor de cempasúchil+extracto de raíz de gobernadora+extracto de jengibre+aceite de higuierilla+extracto de raíz de gobernadora+extracto de jengibre |
| Equinacea+tomillo+manzanilla                                                                                                                                                                                                                       |
| Extracto de cuasia +aceite de karanja +aceite de neem                                                                                                                                                                                              |
| Extracto de torvisco+extracto de ruda+extracto de hoja santa                                                                                                                                                                                       |
| Aceite de romero+aceite de hierbabuena                                                                                                                                                                                                             |
| Extracto de ajo+extracto de Cuassia amara+extracto de canela+extracto de chile                                                                                                                                                                     |
| Aceite vegetal de Palma Africana                                                                                                                                                                                                                   |
| Extracto acuoso de Sophora flavescens                                                                                                                                                                                                              |
| <b>PLAGUICIDAS BIOQUÍMICOS</b>                                                                                                                                                                                                                     |
| (Feromonas o atrayentes sexuales para aplicaciones en hortaliza o frutos, algodón o tabaco o nogal)                                                                                                                                                |
| SpinosAD                                                                                                                                                                                                                                           |
| Serricornin                                                                                                                                                                                                                                        |
| Dodecadienil acetato                                                                                                                                                                                                                               |
| Feromona de confusión                                                                                                                                                                                                                              |
| (E)(Z)-4-Tridecen-1-il acetato                                                                                                                                                                                                                     |
| Proteína hidrolizada                                                                                                                                                                                                                               |
| Codlemone                                                                                                                                                                                                                                          |
| Gossypure                                                                                                                                                                                                                                          |

|                     |
|---------------------|
| Metrafenona         |
| Quitina             |
| $\beta$ -Glucanasa  |
| Jasmonatos+chitosan |

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

Diversas son las estrategias encaminadas a combatir la problemática asociada al uso de agroquímicos, tales como los plaguicidas, que resaltan por sus efectos negativos hacia el medio ambiente, salud y

producción en la alimentación. Conceptos como la economía circular, el trabajo agrícola y el empleo de plaguicidas dentro del marco sustentable, la actividades y productos alternativos al uso de plaguicidas, son las vías actuales para la disminución de riesgos asociados al uso de agroquímicos. Todo ello comprende entre otros, evitar, la reutilización de envases que contuvieron químicos peligrosos, el aprovechamiento de materia primas y productos durante su ciclo de vida, la implementación, seguimiento y uso de buenas prácticas, uso de productos de origen botánico, biológico o bioquímicos. Estas tareas requieren de la participación de diversas disciplinas y organismos públicos, privados y gubernamentales para su desarrollo, avance y aplicación efectiva.

## Referencias

Calliera, M., Capri, E., Zambito, R., Russo, E., Bisagni, M., Colla, R., Marchis, A., & Suci, N. (2021). Science of the Total Environment Multi-actor approach and engagement strategy to promote the adoption of best management practices and a sustainable use of pesticides for groundwater quality improvement in hilly vineyards. *Science of the Total Environment*, 752, 142251. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142251>

- Calzolari, T., Genovese, A., & Brint, A. (2022). Environmental and Sustainability Indicators Circular Economy indicators for supply chains : A systematic literature review. *Environmental and Sustainability Indicators*, 13, 100160. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100160>
- COFEPRIS. (2021). *Consulta de Registros Sanitarios de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y LMR*.
- Cuadras-Valenzuela, M. B., & Arciniega-Galaviz, M. A. (2021). Propuesta de una economía circular para envases vacíos de agroquímicos [ Proposal for a circular economy for empty agrochemical containers ]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 32(1), 166–174. <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- Debnath, M., & Khan, M. S. (2017). Health Concerns of Pesticides. In M. S. Khan & M. S. Rahman (Eds.), *Pesticide Residue in Foods: Sources, Management, and Control* (pp. 103–118). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-52683-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52683-6_6)
- Díaz-Vallejo, J., Barraza-Villarreal, A., Yáñez-Estrada, L., & Hernández-Cadena, L. (2021). *Plaguicidas en alimentos: riesgo a la salud y marco regulatorio en Veracruz, México*. *Salud Pública de México*, 63(4), 486–497. <https://doi.org/10.21149/12297>
- EC. (2009). Directiva 2009/128/CE. Eur-Lex Access to European Union Law.
- Gálvez Gamboa, G. T., Sánchez Servín, M. R., Parra Cota, F., García Pereyra, J., Aviña Martínez, G. ., & Santos Villalobos, S. (2018). Plaguicidas en la agricultura mexicana y potenciales alternativas sustentables para su sustitución. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 6(1), 61–75. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v6i1.138>
- Lechenet, M., Dessaint, F., Py, G., Makowski, D., & Munier-Jolain, N. (2017). Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nature Plants*, 3(March), 1–6. <https://doi.org/10.1038/nplants.2017.8>
- Lee, R., den Uyl, R., & Runhaar, H. (2019). Assessment of policy instruments for pesticide use reduction in Europe; Learning from a systematic literature review. *Crop Protection*, 126(August), 104929. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104929>

- Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W., & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>
- Lykogianni, M., Bempelou, E., Karamaouna, F., & Aliferis, K. A. (2021). Science of the Total Environment Do pesticides promote or hinder sustainability in agriculture ? The challenge of sustainable use of pesticides in modern agriculture. *Science of the Total Environment*, 795, 148625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148625>
- Mendes, L. D., Bernardi, G., Elias, W. C., de Oliveira, D. C., Domingos, J. B., & Carasek, E. (2020). A green approach to DDT degradation and metabolite monitoring in water comparing the hydrodechlorination efficiency of Pd, Au-on-Pd and Cu-on-Pd nanoparticle catalysis. *Science of The Total Environment*, 143403. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143403>
- Mondal, P., Chandra, B., Viswavidyalaya, K., Ganguly, M., Chandra, B., Viswavidyalaya, K., Saha, K., Chandra, B., & Viswavidyalaya, K. (2020). *Pesticide Residue Management : Current Scenario and Innovations For Ecological Sustainability*. August.
- Munoz-Melendez, G., Delgado-Ramos, G. C., & Diaz-Chavez, R. (2021). Circular Economy in Mexico. *Circular Economy: Recent Trends in Global Perspective*, 497–523. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-0913-8\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-16-0913-8_16)
- Nudelman, N. S. (2011). *Uso Sustentable de Agroquímicos Debates a nivel nacional e internacional*, Dra. N. Sbarbati Nudelman. 471–482.
- SADER. (2019). *El reto: una agricultura sustentable, productiva e inclusiva*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural-Gobierno de México.
- Siller-Cepeda, J. H., Báez, M. A., Barajas, A., & Sañudo, R. (2002). *Manual de buenas prácticas agrícolas* (CIAD A. C. & SENASICA (Eds.); Primera). CIAD A. C. SENASICA.
- Vågsholm, I., Arzoomand, N. S., & Boqvist, S. (2020). Food Security, Safety, and Sustainability—Getting the Trade-Offs Right. *Frontiers in*

*Sustainable Food Systems*, 4(February), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00016>

Zepeda Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 99. <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i1.752>.





## Dictamen de aceptación de la obra

H. Puebla de Z. a 4 de agosto de 2023

Consejo Editorial del Centro de Investigación y  
Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ)  
PRESENTE

Atn.:

Dra. Neith Aracely Pacheco López. CIATEJ  
Dr. Juan Carlos Cuevas Bernardino. CIATEJ  
Dr. Ariel Vázquez Elorza. CIATEJ

Atendiendo la Invitación a dictaminar el libro: ***“Estado actual del uso de pesticidas en productos agropecuarios de la península de Yucatán y su impacto en la sociedad: retos y perspectivas”***, me permito presentar a ustedes el dictamen correspondiente.

### ANTECEDENTES

Se convocó a cuatro miembros del Centro de Investigación y Estudios de Posgrado en Economía CIEPE de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para realizar las actividades correspondientes de revisión y dictaminación.

- Dr. Adolfo Federico Herrera García
- Dr. Israel Deolarte George
- Dr. Hedyberto Castro Cuamatzin
- Dr. José Fernando Camacho Acevo

Se considera a la revisión por pares como el mecanismo más efectivo y eficaz para garantizar la calidad, confiabilidad, integridad y consistencia de la literatura académica.

Se trabajó con el firme objetivo de eliminar los sesgos, animar las opiniones honestas y enfocarse en la calidad del manuscrito, y el valor inestimable del esfuerzo de realizar la presente investigación, lograndose con ello un producto de alta calidad.

Bajo estos elementos, se trabajó aplicándose en primer lugar, una evaluación doble ciego y para el cierre una evaluación colegiada y de conjunto, a fin de emitir un dictamen único y observaciones para el libro.



Una vez concluido el trabajo bajo la metodología señalada, nos permitimos emitir el siguiente

### ***DICTAMEN***

#### ***RELEVANCIA TEMÁTICA, ORIGINALIDAD E IMPORTANCIA EN EL CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL TEMA:***

El contenido del libro es producto de un trabajo multidisciplinario, profesional de investigación, recopilación, análisis y generación de propuestas, que incluyen resultados de investigación, sistematización de información y trabajo de campo, donde se precisan la metodología y los alcances sobre el análisis del uso de pesticidas sobre la producción de alimentos agropecuarios; así como también el análisis de efectos nocivos y contaminantes, que ponen de manifiesto un panorama general que contribuyen al desarrollo agropecuario y el cuidado del medio ambiente.

#### ***NIVEL DE DOMINIO DEL TEMA OBJETO DE LA OBRA***

Cada capítulo de libro presentado en la obra contiene un nivel estándar de calidad, además se considera, que cada uno de los apartados cuentan con una sólida estructura metodológica, lo que lo hace un libro con corte de investigación.

#### ***CLARIDAD DE LA EXPOSICIÓN***

En términos generales todos los apartados de la obra contienen claridad en su redacción y exposición de los temas, solo hace falta una revisión a profundidad sobre corrección de estilo y gramática.

#### ***APORTACIÓN CIENTÍFICA CON LA QUE CONTRIBUYE A SU CAMPO DE INVESTIGACIÓN***

La obra vista es un su conjunto, contribuye a resolver muchas interrogantes sobre el uso de pesticidas, los efectos nocivos y contaminantes en la producción de alimentos en la Península de Yucatán especialmente en la productos de la miel, principales productos hortofrutícolas y en la acuacultura.

#### ***ORIENTACIÓN DE LA LÍNEA DE ARGUMENTACIÓN (O BIEN DE LA EVIDENCIA EMPÍRICA) HACIA LA FUNDAMENTACIÓN DE LOS PLANTEAMIENTOS ESENCIALES***

Como se ha mencionado, la obra es una buena combinación de investigación aplicada y estudios de campo; lo cual hace que de manera natural muestre suficiente evidencia empírica determinante en cada uno de sus apartados, realizando una fuerte revisión en los principales compuestos activos de los plaguicidas o pesticidas que cuentan con compuestos tóxicos, la profundidad de estudios o de las nuevas tecnologías que permiten identificar su efecto a menores concentraciones.



### ***RIGOR EN LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA***

La metodología empleada durante toda la obra es diversa ya que muestra una combinación de la investigación cuantitativa, cualitativa, documental, entre otras, cumpliendo con el rigor que amerita una obra de calidad.

### ***EVALUACIÓN DEL USO Y LA ACTUALIZACIÓN DE LAS FUENTES***

Se presenta bibliografía actualizada y relevante que es indispensables para la construcción del marco teórico

### ***PERTINENCIA DE LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS (CUANDO APLIQUE)***

Durante toda la obra se puede observar el uso de estadística descriptiva, así como de estadística inferencial además de la utilización de las clasificaciones de pesticidas utilizadas por la OMS, además de otros métodos para el análisis.

### ***CORRELACIÓN ENTRE LA EXPOSICIÓN DEL TEMA Y LAS CONCLUSIONES***

Se aprecia congruencia entre los objetivos de la investigación y las conclusiones de esta, por lo que considero que EXISTE correlación entre el tema y sus conclusiones.

El contenido y la calidad del texto en general presenta una alta calidad y rigurosidad académica, pertinente y que atienden a una problemática escasamente analizada desde una visión multidisciplinaria para ofrecer una perspectiva integral para su explicación, la cual es la principal virtud del libro, por lo que el equipo de evaluadores considera que:

El libro ***“Estado actual del uso de pesticidas en productos agropecuarios de la península de Yucatán y su impacto en la sociedad: retos y perspectivas”***, es publicable. Una vez atendidas las observaciones que se anexan.

Agradeciendo su invitación a colaborar, me es grato quedar de usted

DR. ADOLFO FEDERICO HERRERA GARCÍA  
COORDINADOR DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO EN ECONOMÍA  
(CIEPE)  
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad  
de Economía

Av. San Claudio y 22 Sur, Col. San  
Manuel, Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 5605 y 7843

México, al ser un país con gran diversidad de climas, la producción hortofrutícola se convierte en una actividad económica nacional muy importante. México es uno de los principales productores mundiales de hortalizas; ocupa el noveno lugar con una producción que supera 14 millones de toneladas en 2021 (SIACON, 2021). Los productores mexicanos utilizan diferentes tipos de pesticidas para el control de plantas, insectos y microorganismos nocivos para las cosechas. En la mayoría de las zonas de producción hortofrutícola, el uso indiscriminado de este tipo de plaguicidas se vuelve una actividad rutinaria y en la mayoría de los casos hay poca o nula concientización sobre los posibles problemas que acarrea, ya sea en la salud o en el medio ambiente, aunado a la deficiencia en regulación o conocimiento de los efectos dañinos de los diversos productos que se ofertan en el mercado (comunicación personal en zonas de producción).

Se han realizado diversos estudios científicos que han reclasificado varias de los principales compuestos activos de los plaguicidas o pesticidas que habían sido autorizados como compuestos tóxicos, esto es de gran importancia ya que a pesar de que para su autorización en nuestro país pasan por un estricto proceso, si el compuesto no había presentado muestras científicas de su toxicidad, éste puede estar permitido y posteriormente demostrar su toxicidad, debido a la profundidad de estudios o de las nuevas tecnologías que permiten identificar su efecto a menores concentraciones. Los estudios científicos internacionales han demostrado que si en un inicio algunas de estas sustancias no presentaban un riesgo para la salud con el tiempo y su uso desmedido en el campo han traído consecuencias nocivas, tanto para el ser humano como su efecto en la fauna y flora, convirtiéndose en un problema a escala mundial.

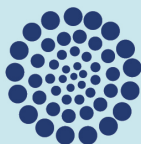
El análisis de la península de Yucatán incluye datos de los principales restos de plaguicidas reportados en la región en productos como la miel, principales productos hortofrutícolas y en la acuicultura. Se presentan de manera muy general definiciones y clasificaciones de pesticidas, así como algunas alternativas de uso, con la finalidad de concientizar a la población con relación a este tema de gran interés nacional.

*Teresa del Rosario Ayora Talavera  
Neith Aracely Pacheco López*

ISBN 978-607-8734-55-9



9 786078 734559



**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

