


¿Plaguicidas en Áreas Naturales Protegidas? Evidencia de su uso en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro

*Pesticides in Protected Natural Areas?
Evidence of their use in the Sierra Gorda
Biosphere Reserve, Queretaro*

Alexis Vélez-Hernández 

Eduardo Luna-Sánchez* 

Mayra Juliana Chávez-Alcalá 

Miguel Ángel Bartorila 

Universidad Autónoma de Querétaro

*eduardo.lusan@uaq.mx

DOI: 10.61820/dcuqa.2395-8847.1962

Fecha de recepción: 4 de junio del 2025

Fecha de aceptación: 18 de noviembre del 2025

Resumen

Diversos estudios internacionales han documentado los impactos ambientales causados por los plaguicidas en reservas de biosfera; sin embargo, se ha explorado muy poco sobre la forma en que los agricultores que las habitan utilizan dichos productos. Con la finalidad de entender este fenómeno en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro, el presente trabajo se planteó el objetivo de conocer el empleo de plaguicidas en el valle agrícola de Concá, la zona de mayor producción de hortalizas de riego en la reserva. Se realizó un estudio transversal descriptivo basado en entrevistas semiestructuradas y la observación de prácticas de uso y disposición de plaguicidas. Como resultados, se identificaron más de 80 plaguicidas comerciales, muchos clasificados como altamente peligrosos, y las prácticas de manejo revelan una exposición elevada a riesgos para la salud y el medio ambiente, así como un bajo uso de equipo de protección personal y disposiciones de residuos inadecuadas. Esta investigación llena un vacío empírico sobre el tipo de sustancias empleadas y la forma en que se utilizan en un Área Natural Protegida (ANP) mexicana, contribución científica que brinda evidencia aplicable para el diseño de intervenciones técnicas. En concreto, se propone



una capacitación focalizada y culturalmente pertinente para productores y jornaleros, acompañada de una restricción escalonada de pesticidas altamente peligrosos.

Palabras clave: percepción, plaguicidas, reservas de biosfera, Sierra Gorda

Abstract

Numerous international studies have documented the environmental impacts of pesticides in biosphere reserves; however, very little research has examined how farmers living within these reserves actually use such products. To address this gap in the Sierra Gorda Biosphere Reserve (Queretaro, Mexico), this study aimed to characterize pesticide use in Conca's agricultural valley, the reserve's main irrigated vegetable-growing area. A descriptive cross-sectional study was conducted based on semi-structured interviews, as well as the observation of pesticide use and disposal practices. More than 80 commercial pesticides were identified, many classified as highly hazardous. Additionally, management practices indicate elevated risks to human health and the environment, alongside low use of personal protective equipment and inadequate waste disposal. This research fills an empirical gap on the substances used within a Mexican Protected Natural Area (PNA) and their handling, providing actionable evidence for the design of technical interventions. Specifically, it proposes targeted, culturally appropriate training for farmers and farmworkers, accompanied by a phased restriction of highly hazardous pesticides.

Keywords: biosphere reserves, perception, pesticides, Sierra Gorda

Introducción

Las reservas de biosfera son un modelo de conservación que propone la coexistencia armónica entre pobladores locales y el patrimonio natural (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], s.f.). Sin embargo, el uso de plaguicidas en reservas es un problema difícil de resolver, especialmente cuando la declaratoria se realiza en regiones agrícolas sin la participación de los pobladores locales (Brockington y Wilkie, 2015).

El impacto negativo de los plaguicidas sobre el medio ambiente ha sido ampliamente documentado. Por un lado, afectan de forma inmediata organismos no objetivo, como polinizadores, aves que ingieren insectos y vertebrados que consumen plantas rociadas con estos productos (Barranco León

et al., 2015; Perilla Melo, 2020). Por el otro, sustancias como los organofosforados y carbamatos pueden bioacumularse y provocar daños a la fauna silvestre expuesta de forma crónica, como defectos mutagénicos, muerte prematura o no alcanzar la madurez sexual (Albert y Benítez, 2005; Alcántara, 2008; Monsalve Buriticá, 2019).

A nivel internacional, se han realizado investigaciones para identificar la contaminación residual de plaguicidas en reservas de biosfera adyacentes a zonas agrícolas (Brühl *et al.*, 2021; Paré *et al.*, 2014; Schneeweiss *et al.*, 2022). Por su parte, en México, al estudiarse la calidad del agua subterránea en Áreas Naturales Protegidas (ANP), se identificó la presencia de elementos carcinógenos asociados a la aplicación de pesticidas organoclorados, los cuales superan los valores recomendados por la normatividad mexicana (Polanco-Rodríguez *et al.*, 2020).

En este sentido, si bien se cuenta con diversas leyes mexicanas para reducir los efectos dañinos de los plaguicidas, existe una importante brecha de implementación en zonas rurales debido al desconocimiento de los productores y a la incapacidad de las autoridades para regular su uso (Sánchez-Gervacio *et al.*, 2021). Un caso emblemático de los desafíos institucionales para modificar el uso de plaguicidas corresponde a la sustitución del glifosato. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) se sumó en 2021 a la estrategia nacional para eliminar, de manera gradual, su aplicación en áreas agrícolas. Para ello, realizó un diagnóstico sobre el uso de este herbicida en ANP, preguntando a los productores su opinión, si conocían “proyectos agroecológicos” y si podían ubicar aliados para promover el abandono del glifosato. Sin embargo, ante la falta de una alternativa viable, México postergó en 2024 su prohibición (Barragán, 2024).

Más allá de la aplicación de normatividad, se ha reportado que una estrategia efectiva para cambiar prácticas de manejo de plaguicidas es capacitar a los productores y colocarlos en el centro de la toma de decisión (Kombusadee y Kurukodt, 2021), pues así desarrollan su conocimiento sobre medidas de seguridad en torno a estos productos, sus efectos sobre la salud y las consecuencias ambientales asociadas a su uso (González Ordóñez, 2014; Muñoz-Quezada *et al.*, 2019). Por ello, tanto para promover un manejo racional de plaguicidas como para sustituirlos por otras prácticas, es crucial documentar primero los plaguicidas empleados y la forma en que los productores utilizan este tipo de agroquímicos (Bernardino, 2013). No obstante, no se han realizado investigaciones al respecto dentro

de reservas de biosfera en México, espacios donde es urgente promover prácticas agrícolas que garanticen la conservación de la biodiversidad.

Por lo anterior, con la finalidad de explorar este fenómeno en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro, la presente investigación se planteó el objetivo de conocer el uso de plaguicidas en el valle agrícola de Concá, la zona de mayor producción de hortalizas de riego en la reserva. En ese sentido, las preguntas que orientaron el diseño del proyecto fueron:

- ¿Cuáles son las características de los plaguicidas empleados en la producción de hortalizas en el valle de Concá?
- ¿Qué prácticas de manejo de plaguicidas emplean los productores?
- ¿Qué conocimiento tienen los productores sobre riesgos a la salud y posibles impactos en el medio ambiente por el uso de plaguicidas?
- ¿Conocen los productores alternativas al uso de plaguicidas?
- ¿Qué percepción tienen de estas?

En el siguiente apartado del artículo se describen las características de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda y del valle agrícola de Concá, tras lo cual se desarrolla la metodología con la que se respondieron las preguntas. A continuación se presentan los principales resultados obtenidos, seguidos de la discusión de los hallazgos a la luz de otras investigaciones sobre el tópico. Finalmente, en las conclusiones se sintetizan las principales contribuciones del artículo y se plantean rutas de investigación futura.

Materiales y métodos

El valle agrícola de Concá

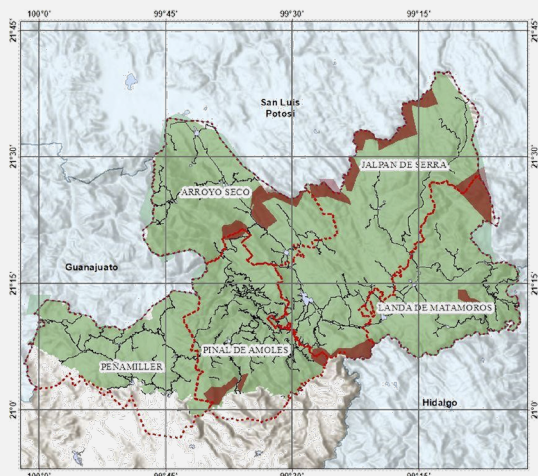
El estudio se llevó a cabo durante el 2022 en un valle agrícola de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro (Figura 1). Además de la gran diversidad de ecosistemas que aloja, la reserva se considera una zona estratégica en términos de recarga hídrica (Instituto Nacional de Ecología [INE], 1999), por lo que es parte de una de las reservas potenciales de agua más importantes del país (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2011).

A pesar de su carácter estratégico para la seguridad hídrica y la conservación de la biodiversidad, se han documentado problemáticas vinculadas con la degradación ambiental. Ejemplos

de estas son la ganadería extensiva que afecta la regeneración natural de los bosques, la propagación de especies acuáticas invasoras y la contaminación de ríos por descargas residuales y por el uso desmedido de agroquímicos (Bohórquez *et al.*, 2003; De la Lata Gómez, 2006; INE, 1999; Leung *et al.*, 2002; Sánchez-Cordero y Figueroa, 2007; Vitousek *et al.*, 1996).

Figura 1.

Reserva de la Biosfera Sierra Gorda



Fuente: INE (1999)

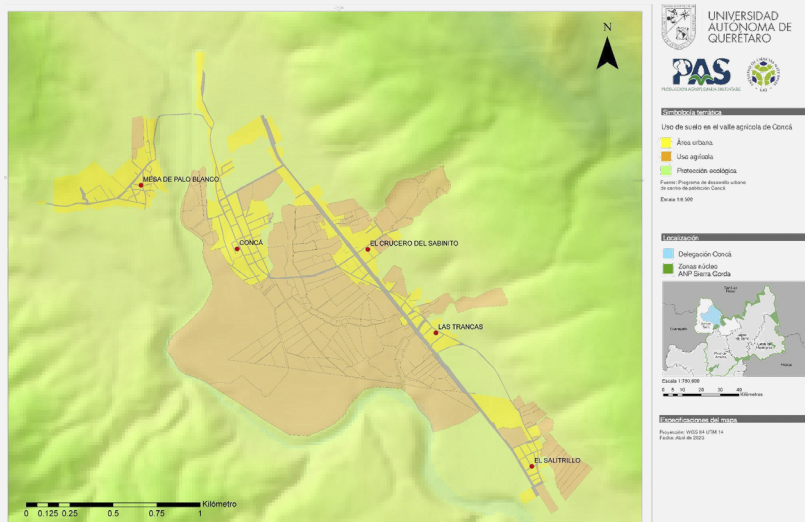
La principal zona productora de hortalizas en la reserva se encuentra en el valle agrícola de Concá (Figura 2). La localidad, en el municipio de Arroyo Seco y parte de la Sierra Gorda, es reconocida por albergar una de las cinco misiones franciscanas patrimonio de la humanidad, así como por una serie de afloramientos de agua subterránea que forman pozas naturales y que confluyen en un arroyo tributario del río Santa María.

Dentro de la zonificación de la reserva, dicho valle pertenece a la subzona de aprovechamiento intensivo, por lo que se permite realizar actividades agropecuarias (INE, 1999). La mayor parte de la producción de hortalizas se desarrolla a cielo abierto colocando cubiertas plásticas sobre el suelo y, en menor cantidad, bajo invernadero (Carbajal, 2019). Gracias a los manantiales antes mencionados, se lleva a cabo una agricultura de riego para la producción de monocultivos, principalmente chile (*Capsicum annum*), jitomate (*Solanum lycopersicum*), calabaza (*Cucurbita pepo*), tomate de cáscara (*Physalis philadelphica*) y maíz (*Zea mays*). Con respecto de la producción

frutícola, se tienen extensiones importantes de frutales como naranja (*Citrus × sinensis*) y mango (*Mangifera indica*).

Figura 2.

Ubicación del valle agrícola de Concá



Fuente: elaboración propia

En el valle se ha documentado la presencia de jornaleros migrantes indígenas del pueblo xi'uiui, quienes con frecuencia se desplazan desde San Luis Potosí para emplearse en la región como jornaleros agrícolas, desarrollando actividades como siembra, cosecha y aplicación de plaguicidas (Maestría en Gestión de Cuencas Integradas, 2014).

Metodología de la investigación

El estudio adoptó un diseño descriptivo orientado a construir una línea base sobre el uso y manejo de plaguicidas en el valle agrícola de Concá. La recolección de datos se realizó mediante entrevistas aplicadas en campo y en vivienda a productores seleccionados por bola de nieve, técnica adecuada cuando no existe un padrón completo y se requiere identificar informantes con experiencia directa en las prácticas de interés. Se conformó una muestra no probabilística de 20 informantes, cuyos criterios de inclusión fueron: tener interés expreso en participar, una edad entre 20 y 70 años, y que al menos 0.5 haya cultivado en el valle; el criterio de exclusión fue la negativa posterior a la lectura del consentimiento informado que detallaba los objetivos e implicaciones del estudio. Sin embargo, del total de agricultores que cumplían con los criterios mencionados,

ninguno rechazó la entrevista y solo uno no pudo ser entrevistado por encontrarse fuera de la región. Este enfoque, si bien no probabilístico, es adecuado para caracterizar el uso de plaguicidas en un contexto con información limitada, y aporta una línea de base adoptable para estudios futuros.

El instrumento fue un guion de entrevista semiestructurado con preguntas abiertas y cerradas, diseñado para documentar variables sociodemográficas y múltiples aspectos ligados con el manejo de plaguicidas (Tabla 1). Al elaborarlo, se retomaron ítems de investigaciones afines (Bernardino, 2013; García *et al.*, 2002) y se incorporó la retroalimentación de dos investigadores del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Materia Agrícola, Acuícola, Pecuaria y Forestal de la Universidad Autónoma de Querétaro. La aplicación del instrumento fue precedida por una prueba piloto que se aplicó a una muestra pequeña de productores, tras lo cual se ajustaron la redacción y secuencia de las preguntas.

Las entrevistas se condujeron como conversaciones guiadas con las que se recogieron tanto prácticas observadas por los productores como sus reflexiones. Además, se les solicitaba su consentimiento para registrar la interacción, y si la respuesta era favorable se procedía a utilizar una grabadora digital.

Tabla 1.
Apartados del instrumento de recolección de información

| Apartado | Descripción |
|---|--|
| Información socioeconómica | Información de los productores, como nombre, edad, escolaridad, años dedicados a la agricultura, último año de escolaridad y superficie sembrada. |
| Conocimiento y uso de plaguicidas | Registro de los tipos de plaguicidas (herbicidas, fungicidas, bactericidas, insecticidas) utilizados para el control y eliminación de las diferentes plagas que afectan los cultivos de producción agrícola. |
| Percepción de la exposición a plaguicidas | Registro de la perspectiva sobre las afectaciones del uso de plaguicidas a la salud. |
| Síntomas asociados al uso de plaguicidas | Registro de los principales síntomas (dolor de cabeza, visión borrosa, mareos, irritación en la piel, náuseas, vómito, desorientación) reportados cuando los productores o alguno de sus trabajadores son aplicadores. |

| | |
|---|---|
| Hábitos durante y después de la aplicación de plaguicidas | Registro de hábitos de los productores que también son aplicadores de plaguicidas, con la finalidad de identificar hábitos en torno al lavado de manos, consumo de alimentos o bebidas, entre otros, que pudieran poner en riesgo su salud. Asimismo, documentación de algunas prácticas durante el uso de plaguicidas por parte de los productores que no son aplicadores y contratan personal para realizar este trabajo. |
| Manejo de envases y percepción del daño al medio ambiente | Registro de las prácticas de los productores referentes al manejo de envases y su percepción del impacto al medio ambiente. |
| Uso de equipo de protección | Identificación del equipo de protección que usan o no los productores-aplicadores u ofrecen a sus empleados al momento de aplicar plaguicidas. Asimismo, registro de sus hábitos, los sitios donde preparan las mezclas y qué razón los convencería de usar el correcto equipo de protección. |
| Conocimiento y uso de alternativas de plaguicidas | En este apartado se documentó el conocimiento e interés por alternativas a los plaguicidas utilizados. |

Fuente: elaboración propia

De manera paralela, se realizaron observaciones directas del uso de plaguicidas en las parcelas y una entrevista a personal perteneciente al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Querétaro, A.C. (CESAVEQ, A.C.) con la finalidad de conocer si intervienen para brindar a los productores asesoría sobre el manejo adecuado de los fitosanitarios.

Una vez que la información se sistematizó en Excel, se analizó y visualizó en Google Data Studio para generar tablas y gráficos descriptivos de frecuencias y proporciones por categoría. Los datos de los plaguicidas se clasificaron con base en su nombre comercial, presentación, acción específica, grupo químico, ingrediente activo, categoría toxicológica, propósito externado (plaga y cultivo) y pertenencia a la lista PAN, la cual presenta plaguicidas altamente peligrosos que han sido prohibidos en múltiples países. En relación con las prácticas de manejo, el software permitió cruzar variables sociodemográficas con prácticas específicas (p. ej., escolaridad × uso de equipo de protección; edad × disposición de envases).

Resultados

Los resultados se presentan organizados en dos subsecciones. La primera aborda el perfil sociodemográfico de los productores entrevistados, así como los cultivos predominantes en el valle agrícola de Concá y las características fisicoquímicas y toxi-

Perfil sociodemográfico y uso de plaguicidas

cológicas de los plaguicidas empleados. La segunda describe detalladamente las percepciones y prácticas relacionadas con el manejo de estas sustancias, enfocándose en las conductas de los productores, el uso de equipo de protección, el almacenamiento, la disposición final de envases vacíos y la percepción sobre los impactos en la salud humana y el medio ambiente.

La muestra estuvo integrada por 20 productores agrícolas del valle de Concá con edades que oscilaron entre los 25 y 67 años. La mayoría (55%) se encuentra en el rango de adultos de 36 a 64 años, seguido por adultos mayores (25%) y jóvenes de entre 18 y 35 años (20%). En cuanto al nivel educativo, predominan los productores con educación básica (40%), seguidos de quienes alcanzaron educación superior (25%) y media superior (20%), mientras que un 15% no tiene estudios formales. Destaca la presencia de una mujer (5%), jefa de familia, responsable directa de 12 hectáreas dedicadas a la producción agrícola.

En relación con los cultivos predominantes, la mayor frecuencia se observó en maíz (22.1%), chile en diversas variedades (20.8%), calabaza (19.5%), jitomate (18.2%), tomate de cáscara (14.3%) y cebolla (5.1%). Respecto a la frecuencia en el uso de plaguicidas, los cultivos con más aplicaciones fueron el chile, la calabaza y el jitomate, debido a la alta presión fitosanitaria que estos presentan. Además, los agricultores reportaron la presencia de 16 diferentes plagas, principalmente insectos como la mosca blanca, araña roja y trips, así como problemas fúngicos como tizón y oídio.

En relación con las características fisicoquímicas y toxicológicas de los plaguicidas utilizados, se documentaron 81 productos diferentes, mayoritariamente insecticidas (55.6%), seguidos por fungicidas (24.7%) y herbicidas (13.6%). Los productos comerciales más empleados fueron Palgus, Tamarón, Cipermetrina y Confidor 70 WG (Tabla 2). Cabe destacar que el 70.4% de estos productos se clasifican como Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAPs), de acuerdo con la lista internacional PAN, destacando ingredientes activos como imidacloprid y fipronil, restringidos en diversas regiones por su impacto negativo sobre polinizadores.

Respecto a las categorías toxicológicas, predominan los plaguicidas de categoría IV (poco peligrosos, 54.3%), aunque también se utilizan productos altamente tóxicos, de categoría I (4.9%), como Paraquat y Metamidofos, cuyo uso está restringido o prohibido en diversos países por el alto riesgo a la salud que implican. También es notable el uso de glifosato, en la actualidad sujeto a una prohibición gradual en México debido a su posible efecto cancerígeno.

Tabla 2.
Características químicas y toxicológicas de los plaguicidas utilizados con mayor frecuencia en la agricultura del valle agrícola de Conca

| Nombre comercial | Categoría toxicológica (CT) ¹ | Grupo químico (GQ) | Ingrediente activo (IA) | Lista Pesticide Action Network International | Tóxico para abejas ² |
|------------------|--|--------------------|-------------------------|--|---------------------------------|
| Vydate | I | carbamatos | oxamil | Sí | Sí |
| Agrimec 1.8% CE | II | pentaciclina | abamectina | | Sí |
| Regent 4 SC | II | fenilpirazoles | fipronil | | Sí |
| Tamarón | II | organofosforado | metamidofos | | Sí |
| Cipermetrina | III | piretroides | cipermetrina | | Sí |
| Confidor 70 WG | IV | neonicotinoides | imidacloprid | | Sí |
| Muralla Max | IV | neonicotinoides | imidacloprid | | Sí |
| Movento | IV | spinosyn | spinetoram | | Sí |
| Coragen | V | diamidas | clorantraniliprol | | No |
| Palgus | V | spinosyn | spinetoram | | Sí |

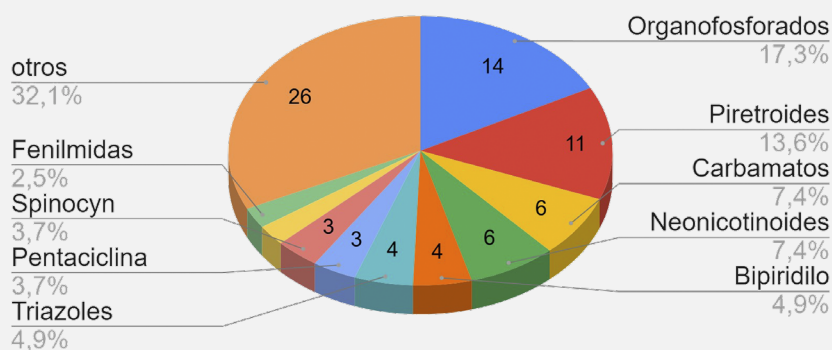
Fuente: elaboración propia

Se identificaron 39 grupos químicos, siendo los principales los organofosforados (17.3%), seguidos de los piretroides sintéticos (13.6%), los carbamatos (7.4%) y los neonicotinoides (7.4%) (Figura 3).

¹ Para determinar la categoría toxicológica se consultó el registro sanitario de plaguicidas, nutrientes vegetales y LMR, elaborado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).
² Toxicidad alta para las abejas por tener una dosis letal media menor de 2 microgramos por abeja (DL50 µg/abeja < 2).

Figura 3.

Principales grupos químicos utilizados en la agricultura del valle de Concá

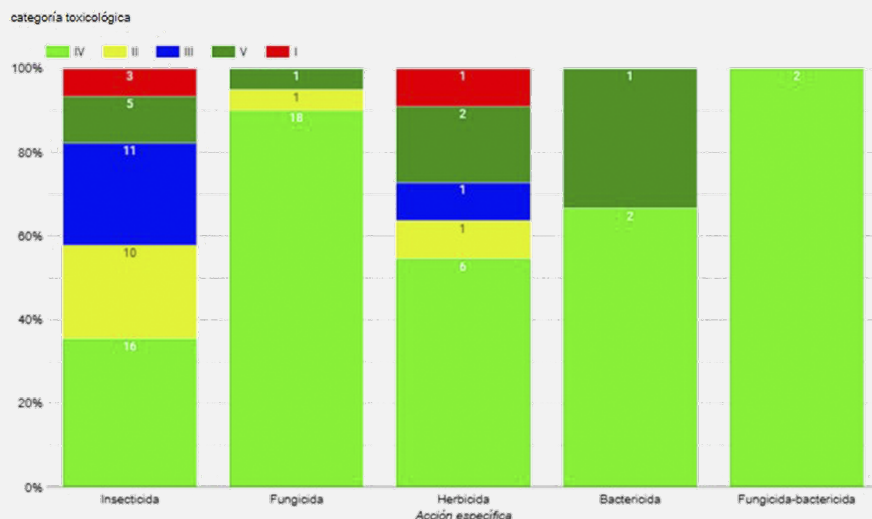


Fuente: elaboración propia

Con respecto a la acción biológica y la categoría toxicológica, los cinco principales grupos se conforman por los fungicidas categoría IV (18), los insecticidas categoría IV (16), los insecticidas categoría III (11), los insecticidas categoría II (10) y los herbicidas categoría IV (6) (Figura 4).

Figura 4.

Uso de productos según su acción biológica y categoría toxicológica utilizadas en el valle agrícola de Concá



Fuente: elaboración propia

*Prácticas asociadas
al manejo de plaguicidas*

En cuanto a las prácticas de manejo, se observó que la mayoría de los agricultores rota frecuentemente los productos debido a la resistencia generada por las plagas, situación que conlleva aumentos en las dosis o en la frecuencia de aplicaciones. Algunos productores realizan aplicaciones con regularidad, lo que refleja una intensificación significativa respecto a prácticas anteriores:

Antes solo aplicábamos productos cada ocho días, ahora las aplicaciones se realizan cada segundo o tercer día (productor #4, comunicación personal, 2022).

La mayoría de los productores refiere seguir las instrucciones del asesor o del envase, junto con aplicaciones preventivas al menos una vez por semana. Algunos usan las aplicaciones desde el trasplante o siembra como preventivos, y otros ejecutan monitoreos por la parcela y, en caso de detectar plaga, aplican producto dependiendo de su incidencia y de la fenología de la planta o de acuerdo al daño identificado:

Llevo a cabo monitoreos por la parcela y si detecto una plaga tomo una muestra y la llevo con el ingeniero en el expendio de plaguicidas para que me venda algún producto específico para combatir la plaga (productor #12, comunicación personal, 2022).

En relación con la interpretación de las etiquetas de seguridad, el 85% de los entrevistados afirma poder interpretar las etiquetas de los productos, aunque paradójicamente el 65% reportó haber sufrido accidentes relacionados con su manejo, lo cual revela una brecha importante entre el conocimiento y la práctica segura.

En términos del uso de equipo de protección personal, solamente el 55% de los productores proporciona alguna forma de protección a sus trabajadores, principalmente cubrebocas y botas. La incomodidad y las condiciones climáticas son factores que afectan negativamente su uso, cuestión que eleva considerablemente el riesgo de intoxicación. Además, solo el 20% de los agricultores usa guantes durante la preparación de mezclas, mientras que el 80% restante no emplea protección alguna.

Los hábitos posteriores a las aplicaciones también presentan riesgos considerables. Si bien el lavado de manos es universal, solo el 85% de los entrevistados emplea jabón. Sumado a ello,

prácticas inseguras como comer, beber o fumar durante las aplicaciones fueron reportadas por el 20% de ellos. El manejo inadecuado del equipo de aspersión es común, pues el 90% lo lava directamente en canales o parcelas, lo que aumenta el potencial de contaminación ambiental del suelo y cuerpos de agua.

Respecto al almacenamiento de los plaguicidas, si bien la mayoría reporta tener un espacio específico, es frecuente encontrar casos en que estos espacios también se utilizan para almacenar alimentos o realizar actividades domésticas, lo que incrementa los riesgos de intoxicación crónica y accidental.

En cuanto a la gestión de residuos, aunque existe infraestructura proporcionada por CESAVER, A.C. para el acopio temporal de envases vacíos, aún persisten prácticas incorrectas como su quema o abandono en campos y canales de agua. Asimismo, solo el 15% de los entrevistados realiza la práctica recomendada del triple lavado antes de depositar los envases en los puntos de acopio establecidos.

Por lo que se refiere a la percepción sobre los efectos de los plaguicidas, la totalidad de los productores reconoce los riesgos potenciales para la salud y cita síntomas frecuentes como mareos, vómitos, náuseas y visión borrosa asociados al uso de productos específicos como Lannate, Tamarón y Vydate. Del mismo modo, existe amplia conciencia del daño ambiental que ocasionan estos agroquímicos, especialmente en cuerpos de agua y suelos.

Finalmente, es alentador que el 65% de los productores conozca alternativas para el control de plagas, como extractos de neem, ajo y jabón potásico. Esta disposición muestra potencial para fomentar y expandir la implementación de técnicas de manejo integrado de plagas en lugar del uso intensivo de agroquímicos.

Discusión

En el estudio destaca que un elevado porcentaje de los plaguicidas utilizados en Concá pertenece a categorías altamente peligrosas según la clasificación de Pesticide Action Network International (2024). Es preocupante el uso de ingredientes activos como imidacloprid y fipronil, conocidos por su toxicidad en polinizadores, dado que se han limitado en otras partes del mundo debido a sus riesgos ambientales. En este sentido, el empleo generalizado de estos productos en Concá refleja una alarmante brecha en la implementación efectiva de normativas ambientales en reservas de biosfera. Además, la prevalencia de

sustancias altamente peligrosas, como paraquat y metamidofos, ambas prohibidas en numerosos países, resalta las debilidades institucionales en la regulación del mercado de plaguicidas en México, misma que debería ser especialmente estricta dentro de Áreas Naturales Protegidas.

Los patrones de cultivo en el valle reflejan una producción intensiva de hortalizas, principalmente chile, calabaza y jitomate, con alta dependencia de agroquímicos. Estos hallazgos son consistentes con estudios realizados en otras regiones agrícolas de México, donde los monocultivos y sistemas intensivos suelen ir acompañados de un uso significativo de plaguicidas para mantener rendimientos comerciales altos. Por ejemplo, Galindo *et al.* (2021) documentaron prácticas similares en el valle agrícola de Rioverde y Ciudad Fernández, destacando la aplicación de productos altamente peligrosos en cultivos de hortalizas.

El perfil socioeconómico identificado refleja un amplio rango educativo, donde casi la mitad de los agricultores cuenta con estudios medios o superiores, lo que podría favorecer una mayor predisposición hacia prácticas agrícolas mejor informadas. Trabajos previos han demostrado que el nivel educativo está vinculado a la adopción de tecnologías y la receptividad a información nueva sobre prácticas agrícolas (Galindo *et al.*, 2000), evidencia que sugiere que la población estudiada en el valle agrícola de Concá podría beneficiarse de intervenciones didácticas orientadas a mejorar la gestión de plaguicidas. En particular, se ha probado que la escolaridad y el acceso a capacitaciones se asocian a un mayor uso de equipo de protección y a mejores conductas de limpieza antes y después de la aspersión (Ben Khadda *et al.*, 2021).

En relación con las prácticas de manejo de plaguicidas, los agricultores de Concá tienden a realizar aplicaciones frecuentes y mixtas debido a la resistencia observada en las plagas. Esta dosificación “basada en la experiencia” ha sido documentada por otros estudios (Sinchire *et al.*, 2023) que la describen como una práctica que no solo incrementa los costos económicos, sino también agrava riesgos ambientales y de salud. Bernardino (2013) registró prácticas similares en comunidades de Chiapas, evidenciando que esta situación prevalece en diferentes regiones agrícolas del país. Dicha coincidencia pone de relieve la necesidad urgente de intervenciones educativas dirigidas específicamente a cambiar las prácticas de manejo de estos productos.

Por otra parte, aunque la mayoría de los productores entrevistados afirman comprender las etiquetas de los plaguicidas, los

numerosos accidentes reportados indican inconsistencias significativas en la práctica. López-Martínez *et al.* (2018) identificaron que trabajadores agrícolas con menor nivel educativo o barreras lingüísticas, como en comunidades indígenas, presentan un riesgo incrementado de exposición debido a dificultades en la comprensión de etiquetas y recomendaciones de seguridad. Esta problemática es particularmente relevante en Concá, donde la presencia de jornaleros indígenas, principalmente del pueblo xi'uij, añade una complejidad cultural y lingüística a considerar en programas de formación en seguridad laboral.

La brecha entre saber y hacer se manifiesta también en el uso de equipo de protección personal. Si bien los productores de Concá son capaces de mencionar el equipo adecuado, su baja adherencia al deber ser es preocupante. Tal y como ocurre en otras zonas agrícolas (Istriningsih *et al.*, 2022; Monger *et al.*, 2023; Sinchire *et al.*, 2023), la mayoría de los agricultores no emplea protección suficiente durante la preparación y aplicación de plaguicidas, lo que incrementa considerablemente los riesgos de exposición. Las razones comunicadas por los entrevistados, como la incomodidad y el calor, deben abordarse mediante capacitaciones prácticas y adaptadas a la cultura, reforzando la educación continua sobre los riesgos asociados al manejo inseguro de plaguicidas.

En cuanto a las prácticas postaplicación y el manejo de envases, los resultados indican riesgos significativos para el ambiente. Aunque existe una infraestructura básica para la gestión de envases, persisten prácticas inadecuadas, como su abandono y quema en las parcelas. Lo mismo ha sido observado en otras zonas agrícolas donde el conocimiento declarado por los productores no coincide con su comportamiento (Vásquez *et al.*, 2025). Esta disparidad se entiende como un llamado a reforzar el cumplimiento normativo y a diseñar capacitaciones con un enfoque basado en resultados, es decir, incorporando la medición del cumplimiento de métricas clave. En otras Áreas Naturales Protegidas se ha documentado la gravedad de tales prácticas, reflejada en la contaminación de cuerpos de agua subterráneos por residuos agroquímicos (Polanco-Rodríguez *et al.*, 2020). La situación observada en Concá confirma estas preocupaciones y requiere de intervenciones directas de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Finalmente, el reconocimiento amplio de los agricultores sobre los riesgos para la salud y el ambiente, junto con su disposición hacia alternativas agroecológicas, abre oportunidades para transitar hacia otras prácticas agrícolas. El conocimiento y

uso ocasional de opciones como los biofermentos y extractos naturales indican una apertura potencial ante métodos de manejo integrado de plagas que incorporen productos basados en especies nativas con potencial bioinsecticida.

Conclusiones

Los productores del valle de Concá hacen un uso intensivo y diversificado de plaguicidas, predominando los insecticidas, seguidos por los fungicidas y herbicidas. Se identificaron más de 80 productos comerciales, muchos de ellos clasificados como Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAPs), que incluyen ingredientes activos como metamidofos, imidacloprid, fipronil y oxamil. Estos productos conllevan riesgos significativos para la salud humana, la fauna silvestre, en particular los polinizadores, y los cuerpos de agua de la región, como el río Santa María.

Las prácticas observadas revelan un manejo deficiente durante la preparación, aplicación y almacenamiento de estos productos. El uso de equipo de protección personal es limitado y, en muchos casos, inadecuado. Asimismo, la quema o abandono de envases vacíos y el lavado del equipo en canales o parcelas aumentan la probabilidad de contaminación directa del suelo y el agua. Esta situación es en especial alarmante dado el carácter protegido del territorio.

Los productores reconocen los efectos nocivos de los plaguicidas en la salud, con síntomas frecuentes como mareos, vómitos y visión borrosa, así como en el ambiente, específicamente en el agua y el suelo. Si bien la mayoría declara saber interpretar las etiquetas, una proporción significativa ha sufrido accidentes durante la aplicación, lo cual evidencia una brecha entre el conocimiento declarado y las prácticas reales.

Frente a este panorama, resulta indispensable establecer mecanismos más efectivos de control para restringir el uso de sustancias altamente tóxicas, atendiendo al estatus de la zona como reserva de biosfera. Para ello, se requiere la intervención de la CONANP, de forma que se implemente un programa efectivo de restricción escalonada de PAPs.

Como complemento, sería conveniente que investigadores de la Universidad Autónoma de Querétaro desarrollaran alternativas al uso de plaguicidas basadas en especies nativas con potencial bioinsecticida. La voluntad de algunos productores por adoptar mejores prácticas representa un punto de partida para lograr la transferencia tecnológica, pero es necesario contar con productos validados en campo.

Como paso inmediato, podrían brindarse capacitaciones focalizadas y culturalmente pertinentes en torno al manejo racional de plaguicidas, con contenidos y formatos ajustados a los actores que interactúan con ellos: productores, jornaleros migrantes x'iui, jóvenes aplicadores, y mujeres que participan en la mezcla y lavado. En lugar de cursos extensos y teóricos, convendría estructurar micromódulos prácticos, con duración de dos a tres horas, impartidos directamente en las parcelas y enfocados en destrezas específicas: orden correcto de mezcla y medición (evitando la dosificación “por experiencia”), revisión y calibración del equipo de aspersión, uso del equipo de protección según el producto a emplear, interpretación funcional de etiquetas y manejo de envases vacíos. Estos contenidos podrían apoyarse en materiales bilingües (español-x'iui) y videos cortos disponibles en el teléfono celular.

Para asegurar que la formación se traduzca en cambios observables, es aconsejable definir métricas simples de desempeño y verificación. En el corto plazo, se puede monitorear el dominio de habilidades críticas, el aumento en el acopio de envases y la disminución de síntomas postaplicación reportados por el centro de salud. Con ello, la capacitación deja de ser un evento aislado y se convierte en un proceso verificable.

Reconocemos que la selección no probabilística por bola de nieve, si bien resultó funcional ante la ausencia de un padrón completo de agricultores, reduce la representatividad estadística. Sin embargo, la escala del valle permitió entrevistar a prácticamente la totalidad de los agricultores identificados. En estudios futuros, sería interesante realizar una triangulación de los datos con entrevistas a más actores involucrados, por ejemplo, la dirección de la reserva y los vendedores de fitosanitarios.

Finalmente, ante la ausencia de estudios específicos sobre los efectos ambientales y de salud asociados al uso de plaguicidas en la región, es urgente impulsar investigaciones que analicen su impacto en especies clave como las abejas, en la salud de los aplicadores y en la calidad del suelo y el agua. En ese sentido, como complemento a la documentación de los síntomas en la salud autorreportados por los productores, sería conveniente seguir el diseño de investigaciones que correlacionan lo declarado con biomarcadores que estiman la exposición reciente a organofosforados y carbamatos (Monger *et al.*, 2023). Lo anterior permitiría vincular, con evidencia fisiológica, el impacto de la aplicación de plaguicidas.

Agradecimientos

Al Fondo para el Fortalecimiento de la Investigación, Vinculación y Extensión de la Universidad Autónoma de Querétaro (FONFIVE-UAQ 2024).

Referencias

- Albert, L.A. y Benítez, J.A. (2005). Impacto ambiental de los plaguicidas en los ecosistemas costeros. En A.V. Botello, J. Rendón von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.), *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias* (pp. 157-176). Universidad Autónoma de Campeche/Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto Nacional de Ecología/Universidad Juárez Autónoma de Tabasco/Universidad Istmo Americana/Gobierno del Estado de Veracruz.
- Alcántara, M. (2008). Plan de acción para la erradicación del uso ilegal de venenos en el medio natural en Aragón. En *Actas del Seminario Mortalidad por intoxicación en aves necrófagas. Problemática y soluciones* (pp. 9-17). España. <https://quebrantahuesos.org/wp-content/uploads/2018/06/actasdelseminario.pdf>
- Barragán, A. (27 marzo del 2024) *México posterga la prohibición del glifosato ante la falta de alternativas viables para el campo*. El País. <https://elpais.com/mexico/2024-03-27/mexico-posterga-la-prohibicion-del-glifosato-ante-la-falta-de-alternativas-viables-para-el-campo.html>
- Barranco León, M.N., Vergara, C.H. y Mora Alcívar, A.U. (2015). Conocimiento actual del efecto de los insecticidas derivados de la nicotina (neonicotinoides) en las poblaciones de abejas polinizadoras. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 2(3), 118-122. <https://doi.org/10.26423/rctu.v2i3.66>
- Ben Khadda, Z., Fagroud, M., El Karmoudi, Y., Ezrari, S., Berni, I., De Broe, M., Behl, T., Bungau, S.G. y Sqalli Houssaini, T. (2021). Farmers' knowledge, attitudes, and perceptions regarding carcinogenic pesticides in Fez Meknes region (Morocco). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph182010879>
- Bernardino Hernández, H.U. (2013). *Plaguicidas: percepciones de su uso en comunidades rurales de Los Altos de Chiapas* [Tesis de doctorado]. El Colegio de la Frontera Sur. <https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/1715>
- Bohórquez Molina, J.G., García Espejel, A., Prieto Hernández, D. y Rodríguez Espinosa, M.A. (2003). *Los pobres del campo queretano. Política social y combate a la pobreza en el medio rural de Querétaro*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Brockington, D. y Wilkie, D. (2015). Protected areas and poverty. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 370. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0271>

- Brühl, C.A., Bakanov, N., Köthe, S., Eichler, L., Sorg, M., Hörren, T., Mühlethaler, R., Meinel, G. y Lehmann, G.U.C. (2021). Direct pesticide exposure of insects in nature conservation areas in Germany. *Scientific Reports*, 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03366-w>
- Carbajal Becerra, O. (2019). *Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agropecuarios del valle de la microcuenca de Conca, Arroyo Seco, Querétaro* [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro. <https://ri-ng.uaq.mx/xmlui/handle/123456789/1941>
- Comisión Nacional del Agua. (2011). *Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México*. <https://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/sgt-3-11media.pdf>
- De la Llata Gómez, R. (Coord.) (2006). *Caracterización de los ecosistemas, cambios en el uso del suelo y unidades paisajísticas en la Reserva de la Biósfera “Sierra Gorda” de Querétaro*. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.
- Galindo González, G., Tabares Rodríguez, W.C. y Gómez Aguirre, G. (2000). Caracterización de productores agrícolas de seis distritos de desarrollo rural de Zacatecas. *Terra Latinoamericana*, 18(1), 83-92. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318109.pdf>
- Galindo Mendoza, M.G., Aldaz Galicia, N.Y., Contreras Servín, C., Saldierna Salas, G. y Almendarez Rocha, S.D. (2021). Articulación territorial de la gestión de plaguicidas en el marco de la protección fitosanitaria. El caso del valle agrícola de Rioverde y Ciudad Fernández, San Luis Potosí. *Investigaciones Geográficas*, (106). <https://doi.org/10.14350/rig.60415>
- García, A.M., Ramírez, A. y Lacasaña, M. (2002). Prácticas de utilización de plaguicidas en agricultores. *Gaceta Sanitaria*, 16(3), 236-240. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112002000300007
- González Ordóñez, A. (2014). Programa de concientización para el uso de plaguicidas en la comunidad de productores agrícolas de Butare, municipio Colina, estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias*, 14(3), 257-267. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90432809003>
- Instituto Nacional de Ecología. (1999). *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Istriningsih, Dewi, Y.A., Yulianti, A., Hanifah, V.W., Jamal, E., Dadang, Sarwani, M., Mardiharini, M., Anugrah, I.S., Darwis, V., Suib, E., Her-teddy, D., Sutriadi, M.T., Kurnia, A. y Harsanti, E.S. (2022). Farmers' knowledge and practice regarding good agricultural practices (GAP) on safe pesticide usage in Indonesia. *Heliyon*, 8(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08708>

- Kombusadee, T. y Kurukodt, J. (2021). Development of a training manual for reducing use of pesticides by para rubber farmers at Bueng Khan province, Thailand. *Journal of Education and Learning*, 10(3), 48. <https://doi.org/10.5539/jel.v10n3p48>
- Leung, B., Lodge, D.M., Finnoff, D., Shogren, J.F., Lewis, M.A. y Lamberti, G. (2002). An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk analysis of invasive species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269(1508), 2407-2413. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2179>
- López-Martínez, G., Paredes-Céspedes, D.M., Rojas-García, A.E., Medina-Díaz, I.M., Barrón-Vivanco, B.S., González-Arias, C.A. y Bernal-Hernández, Y.Y. (2018). Implicaciones del contexto socioeconómico en la exposición a plaguicidas en jornaleros huicholes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34, 73-80. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.esp01.05>
- Maestría en Gestión de Cuencas Integradas (2014). *Caracterización y diagnóstico socioambiental de la microcuenca de Concá*. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Monger, A., Mahat, K., Dorjee, Om, N., Mongar, P., Dorji, T., Jamtsho, S., Wangdi, K., Wangdi, C., Jamtsho, T. y Chettri, V. (2023). Assessment of exposure to pesticides and the knowledge, attitude and practice among farmers of western Bhutan. *PLOS One*, 18(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286348>
- Monsalve Buriticá, S. (2019). Metales pesados, plaguicidas y efectos de los disruptores endocrinos en la salud humana y animal. En S. Monsalve Buriticá (Ed.), *Medicina de la conservación y enfermedades de la fauna silvestre* (pp. 73-82). Fondo Editorial Biogénesis.
- Muñoz-Quezada, M.T., Lucero, B., Bradman, A., Steenland, K., Zúñiga, L., Calafat, A.M., Ospina, M., Iglesias, V., Muñoz, M.P., Buralli, R.J., Fredes, C. y Gutiérrez, J.P. (2019). An educational intervention on the risk perception of pesticides exposure and organophosphate metabolites urinary concentrations in rural school children in Maule Region, Chile. *Environmental Research*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108554>
- Paré, S., Kaboré, B., Stechert, C., Kolb, M., Bahadir, M. y Bonzi-Coulibaly, L.Y. (2014). Agricultural practice and pesticide residues in soils and pool sediments from the Pendjari biosphere reserve area in Benin, West Africa. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 42(11), 1593-1603. <https://doi.org/10.1002/clen.201200371>
- Pesticide Action Network International (2024). *PAN International list of highly hazardous pesticides*. https://pan-international.org/wp-content/uploads/PAN_HHP_List.pdf
- Perilla Melo, J.E. (2020). *Afectación de colonias apícolas por la utilización del imidacloprid para el control de insectos plaga en zonas*

- de producción agrícola [Monografía]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/37250>
- Polanco-Rodríguez, A.G., Arcega-Cabrera, F., Araujo-León, J.A. y Lamas-Cosío, E. (2020). Organochlorine pesticides and potentially toxic elements in groundwater from a protected reserve in the Maya region of Hopelchen, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 104, 568-574. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02848-3>
- Sánchez-Cordero, V. y Figueroa, F. (2007). La efectividad de las Reservas de la Biósfera en México para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. En G. Halffter, S. Guevara y A. Melic (Eds.), *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica*. Sociedad Entomológica Aragonesa. <http://sea-entomologia.org/PDF/PDFSM3MVOL6/Pdf18161172018SanchezCordero.pdf>
- Sánchez-Gervacio, B.M., Legorreta-Soberanis, J., Bedolla-Solano, R., Rosas-Acevedo, J.L., Valencia-Quintana, R., Juárez-López, A.L. y Paredes-Solís, S. (2021). Impact of a non-formal environmental education program on safe handling of pesticides among Mexican subsistence farmers: a participatory pilot study. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 27(6), 1636-1654. <https://doi.org/10.1080/10807039.2020.1868285>
- Schneeweiss, A., Schreiner, V.C., Reemtsma, T., Liess, M. y Schäfer, R. (2022). Potential propagation of agricultural pesticide exposure and effects to upstream sections in a biosphere reserve. *Science of The Total Environment*, 836. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155688>
- Sinchire, R., Cayambe, J. y Heredia-R., M. (2023). Conocimiento, percepción y prácticas de los agricultores sobre la aplicación de plaguicidas: un estudio de caso de productores de arroz en Ecuador. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 35(1), 88-103. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1013>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (s.f.). *What are biosphere reserves?* Man and the Biosphere Programme (MAB). <https://www.unesco.org/en/mab/wnbr/about>
- Vásquez, C., Santana, R., Velastegui, G., Telenchana, N., Villa-Murillo, A. y Colmenarez, Y. (2025). Percepción y conocimiento de los agricultores sobre el manejo sostenible de plagas en una comunidad indígena, Salasaka, Ecuador. *Biotecnia*, 27. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2549>
- Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L. y Westbrooks, R. (1996). Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, 84(5), 218-228. https://www.researchgate.net/publication/43253574_Biological_Invasions_as_Global_Environmental_Change