

Exposición laboral a plaguicidas y la salud en agricultores Ciénega, Jalisco, México

Occupational exposure to pesticides and health in farmers Cienega, Jalisco, Mexico

Torres Sánchez, E. D. ¹, Flores Gutiérrez, C. A. ¹, Torres Jasso, J. H. ²,
Reyes Uribe, E. ¹, Salazar Flores, J. ^{1*}

¹ Dpto de Ciencias Médicas y de la Vida, Centro Universitario de la Ciénega. Universidad de Guadalajara. Av. Universidad, 1115. C.P 47810, Ocotlán, Jalisco, México.

² Dpto de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. Av. Universidad, 203, Delegación Ixtapa. C.P 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Torres Sánchez, E. D., Flores Gutiérrez, C. A., Torres Jasso, J. H., Reyes Uribe, E., Salazar Flores, J. (2024). Occupational exposure to pesticides and health in farmers Cienega, Jalisco, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1612. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1612>

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: December 05th 2024.

Accepted/Aceptado: May 29th 2024.

Available on line/Publicado: June 19th 2024.

RESUMEN

Los agricultores tienen mayor vulnerabilidad de intoxicación por plaguicidas. La Ciénega, Jalisco tiene alta productividad agrícola y elevado uso de plaguicidas. Sin embargo, no hay estudios previos que evalúan los efectos en la salud de agricultores. El objetivo de este estudio fue describir las consecuencias de la exposición laboral a plaguicidas en la salud de agricultores de la Ciénega de Jalisco. Se aplicaron 121 encuestas a agricultores con exposición crónica (2019 a 2022) sobre incidentes en el uso de plaguicidas. La encuesta consta de 64 ítems tipo cualitativas dicotómicas y se validó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, con valor de 0.6880. Los síntomas más frecuentes fueron mareos (66.7 y 36.9 %) y dolor de cabeza (58.3 y 48.8 %). Las enfermedades más frecuentes fueron hipercolesterolemia (34.3 y 26.7 %), hipertensión (31.4 y 36 %) y Diabetes Mellitus tipo 2 (22.9 y 14.7 %). El 92.08 % de los agricultores presentaron niveles de glucosa inferiores a 200 mg/dL. El 63.89 % de los participantes consumieron alimentos durante la aplicación de plaguicidas. Se encontró asociación de mareos ($p = 0.027$) y ardor en piel ($p = 0.003$) con el género lo cual indica que el sexo puede ser una condición relacionada con los síntomas de intoxicación a plaguicidas.

PALABRAS CLAVE: Plaguicidas, Exposición laboral, Intoxicación, Coeficiente alfa de Cronbach, Síntomas.

*Corresponding Author:

Joel Salazar-Flores. Dpto de Ciencias Médicas y de la Vida, Centro Universitario de la Ciénega. Universidad de Guadalajara. Av. Universidad, 1115. C.P 47810, Ocotlán, Jalisco, México. Teléfono: (392) 925 9400. E-mail: joel.salazar@academicos.udg.mx

ABSTRACT

Farmers are more vulnerable to pesticide poisoning. La Ciénega, Jalisco, has high agricultural productivity and high pesticide use. However, there are no previous studies evaluating the health effects on farmers. This study aimed to describe the consequences of pesticide occupational exposure on the health of farmers in La Ciénega de Jalisco area. A total of 121 surveys were applied to farmers with chronic exposure (2019 to 2022) on pesticide use incidents. The survey consisted of 64 dichotomous qualitative-type items and was validated by Cronbach's alpha coefficient, with a value of 0.6880. The most frequent symptoms were dizziness (66.7 % and 36.9 %) and headache (58.3 % and 48.8 %). The most frequent diseases were hypercholesterolemia (34.3 % and 26.7 %), hypertension (31.4 % and 36 %), and type 2 diabetes mellitus (22.9 % and 14.7 %). Glucose levels below 200 mg/dL were found in 92.08 % of the farmers. 63.89 % of the participants consumed food during pesticide application. Dizziness ($p = 0.027$) and burning skin ($p = 0.003$) were associated with gender, indicating that gender may be a condition related to pesticide poisoning symptoms.

KEY WORDS: Pesticides, Occupational exposure, Poisoning, Cronbach's alpha coefficient, Symptoms.

Introducción

Los plaguicidas son sustancias químicas utilizadas para controlar el desarrollo de plagas en cultivos con importancia económica. Según su organismo objetivo se clasifican como insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, rodenticidas, alguicidas, avicidas, entre otros (Rani *et al.*, 2021). Los plaguicidas aumentan la producción agrícola, sin embargo, son altamente tóxicos para el ser humano y pueden relacionarse con el desarrollo de cáncer, leucemia, diabetes mellitus tipo 2 (T2DM), asma, enfermedad de Parkinson, enfermedades reproductivas, renales, del desarrollo, metabólicas y autoinmunes (Ceja-Gálvez *et al.*, 2021; Rani *et al.*, 2021). La toxicidad del plaguicida depende de factores como edad, sexo, constitución genética, dosis, vía de exposición y duración de exposición (Valbuena *et al.*, 2020). Existen grupos vulnerables a la exposición como niños, adultos mayores, mujeres embarazadas y sujetos con exposición laboral crónica (Salazar-Flores *et al.*, 2020). En México, el uso de plaguicidas ha aumentado significativamente; estudios muestran que las condiciones laborales y ambientales aumentan la susceptibilidad de agricultores a intoxicaciones con diversas consecuencias en salud (Esquivel-Valenzuela *et al.*, 2019). En dos valles agrícolas de Sonora y Sinaloa, se encontró contaminación en suelo con 10 plaguicidas altamente peligrosos (García-Hernández *et al.*, 2021); además, en Veracruz se determinó que la asociación entre la exposición laboral a plaguicidas y su riesgo a la salud humana es alto

debido a la falta de capacitación en el manejo y aplicación de estas sustancias, así como un uso mínimo e incompleto de equipo de protección (Ramírez-Mora *et al.*, 2019). En Jalisco se encontró, tanto en hombres (Figura 1a) como mujeres (Figura 1b), un alto número de intoxicaciones en comparación con otros estados durante el periodo 2012 a 2020 (Figura 1; secretaria de salud, 1984-2021). Los municipios con mayor número de intoxicaciones fueron La Barca, Jocotepec y Ocotlán; mientras que Atotonilco el Alto y Tototlán (Figura 2) obtuvieron las frecuencias más bajas, todos pertenecientes a la región Ciénega (Secretaría de Salud, 2012-2017). Estudios previos en esta región indicaron el uso de plaguicidas considerados altamente peligrosos, específicamente Salazar-Flores *et al.* (2020) reportó el porcentaje de uso de carbofurano (21.4 %), paraquat (19.02 %) y terbufos (18.7 %), además se observó una alteración en los marcadores de estrés oxidativo como lipoperoxidos, nitratos/nitritos, grupos carbonilos y fluidez de membrana. (Salazar-Flores *et al.*, 2020; García-Hernández *et al.*, 2021; Silva-Madera *et al.*, 2021). Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos en la salud por exposición laboral a los plaguicidas en agricultores de la Ciénega Jalisco, México.

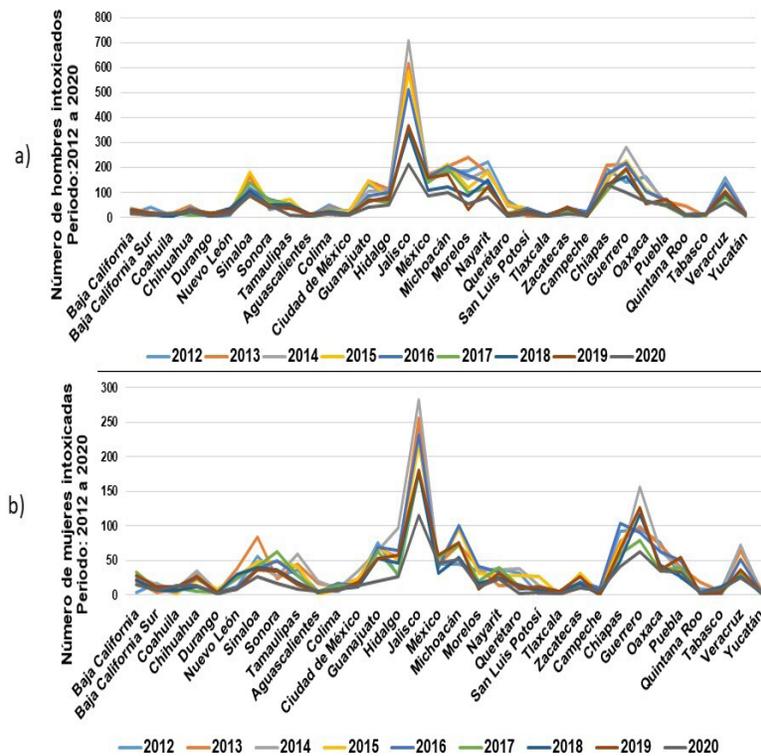


Figura 1. Frecuencia de intoxicaciones por género a nivel nacional a) resultados en hombres, b) resultados en mujeres.

Fuente: Elaboración propia a partir de IBM SPSS v.24.0 con datos de Secretaría de Salud, 1984-2021.

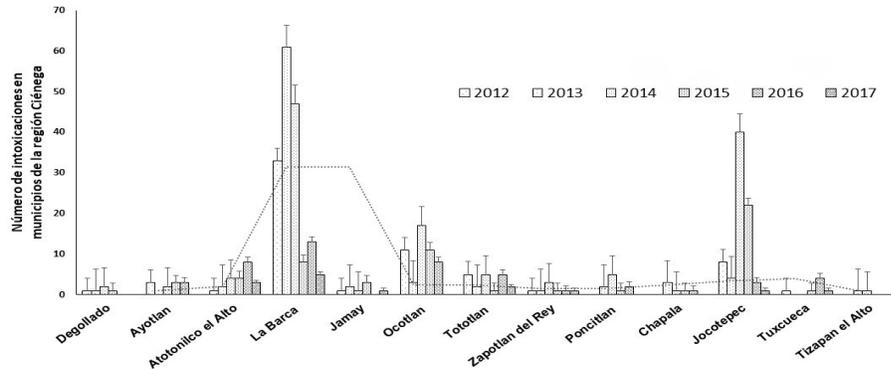


Figura 2. Número de intoxicaciones en el estado de Jalisco.

Fuente: Elaboración propia a partir de IBM SPSS v.24.0 con datos de Secretaría de Salud, 2012-2017.

Material y Métodos

Población de estudio

Se realizó un estudio descriptivo. Del año 2019 al 2022, durante los meses de junio-agosto se aplicaron 121 encuestas autoinformadas a trabajadores agrícolas con exposición crónica a plaguicidas, correspondientes a 39 mujeres y 82 hombres, residentes de comunidades rurales, la mayoría con escolaridad de nivel primaria. Se agruparon las edades de ambos sexos para obtener un promedio general el cual fue de 49.8 ± 15.7 años. Debido a que no hay diferencia entre poblaciones, las encuestas se realizaron en Poncitlán, Ocotlán, La Barca y Atotonilco el Alto, municipios de la Ciénega (Figura 3). Además, a todos los sujetos se les realizó una prueba de glucosa aleatoria mediante un glucómetro One-Touch Ultra2.

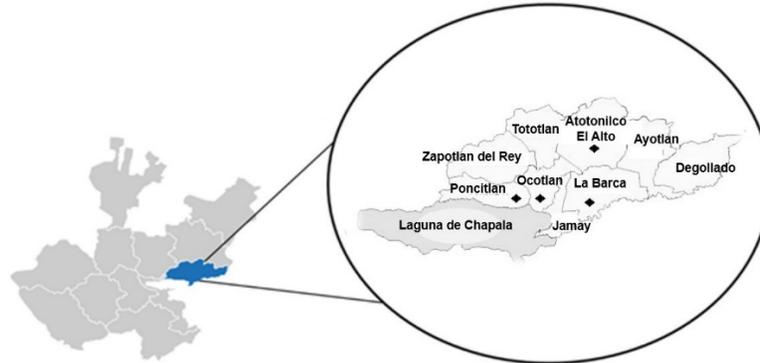


Figura 3. Región Ciénega de Jalisco. Los municipios estudiados se señalan con ◆.

Fuente: Tomada y modificada de <https://visitjalisco.com.mx/region/regioncienega/>; Castro-Sánchez & Galán-Briseño, 2020, el día 20/02/2023.

Cálculo de muestra

El tamaño de muestra se calculó por la ecuación (1) para un diseño descriptivo, donde n es el tamaño de muestra, Z es la desviación estándar a 95 % del intervalo de confianza, p es la frecuencia de encontrar el factor de estudio (0.50), q es la frecuencia de no encontrar el factor de estudio (0.50) y d es el sesgo del estudio (0.10). Con una n de 96 participantes.

$$n = \frac{Z^2 pq}{d^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.50)(0.50)}{(0.10)^2} = 96.04$$

Diseño del cuestionario

La encuesta se dividió en tres secciones: 1) datos sociodemográficos, con datos básicos como nombre, edad, peso, sexo y localidad; 2) características de exposición a plaguicidas, tipos, incidentes en salud, forma de uso, disposición de residuos, tiempo de exposición, uso de equipo de protección, consumo de alimentos, acciones de higiene después de la exposición y fecha del último contacto con los plaguicidas; y 3) efectos en la salud por exposición a plaguicidas, enfermedades crónicas preexistentes, enfermedades de familiares cercanos, parentesco de los enfermos, hábitos de consumo, actividad física y consumo de medicamentos. La encuesta contó con 64 ítems, se validó mediante la ecuación del coeficiente alfa de Cronbach, con valor de 0.6880 que indica buena consistencia y confiabilidad (Cronbach, 1951), el instrumento se aplicó durante el temporal de lluvias (junio a agosto) para garantizar la exposición a plaguicidas.

Criterios de selección

Inclusión

- Personas mayores de edad (> 18 años)
- Agricultores expuestos a plaguicidas
- Personas que laboraron en la región Ciénega
- Individuos de ambos sexos

No inclusión

- Personas menores de edad (< 18 años)
- Agricultores que no utilicen plaguicidas
- Personas que no laboren en la región Ciénega

Exclusión

- Personas que no hayan contestado los datos necesarios para los diferentes análisis (síntomas, tiempo de exposición)
- Personas que no firmaron la carta de consentimiento
- Personas que decidan abandonar el estudio

Criterios éticos

En este estudio el nivel de riesgo que presentaron los individuos es mínimo ya que solo se obtuvo una pequeña muestra de sangre por extracción capilar. Este estudio se aprobó por el Comité de Ética del Centro Universitario de La Ciénega, Universidad de Guadalajara, Folio 2019-037. Cada participante firmó una carta de consentimiento informado y se les garantizó la confidencialidad de sus datos. El estudio se realizó bajo los principios de la Declaración de Helsinki.

Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva para estimar frecuencias, porcentajes y promedios. Se evaluó la asociación del tiempo de exposición, sexo y edad con la frecuencia de síntomas y enfermedades a través de la prueba chi-cuadrada de Pearson o corrección de Yates. Para los niveles de glucosa aleatoria se realizaron dos análisis; en el primero se buscó la asociación de los niveles altos de glucosa con los síntomas característicos de la diabetes (incluidos en la encuesta). El segundo evaluó la correlación entre niveles de glucosa y tiempo de exposición con la finalidad de saber si ha mayor tiempo de exposición se incrementaba los niveles de glucosa. Se trabajó con el programa estadístico IBM SPSS v.24.0. Un valor $p \leq 0.05$ se consideró significativo para las asociaciones y un valor de $r > 0.5$ y < 1.0 se consideró una correlación fuerte.

Resultados

El 32 % de los participantes fueron mujeres y 68 % hombres, ambos géneros indicaron no emplear equipo de protección en la aplicación de plaguicidas. Los síntomas más frecuentes durante la aplicación de los plaguicidas en mujeres fueron mareos (66.7 %), dolor de cabeza (58.3 %), visión borrosa (33.3 %), irritación de garganta (30.6 %), problemas para respirar (27.8 %) y temblores (25 %). Otros síntomas encontrados con menor frecuencia fueron palpitations cardíacas, vómito y ardor en la piel. Respecto a hombres el síntoma más común fue dolor de cabeza (48.8 %) seguido de mareos (36.9 %), visión borrosa (33.3 %), ardor en la piel (26.2 %), vómito (23.8 %), temblores (21.4 %), irritación de garganta, palpitations cardíacas y problemas para respirar (todos con 16.7 %). Otros síntomas encontrados con menor frecuencia fueron debilidad muscular, pérdida de memoria y desmayos (Tabla 1).

En el análisis de los datos, únicamente se encontró asociación positiva, tomando la variable sexo como factor de riesgo, con mareos ($p = 0.027$) y ardor en la piel ($p = 0.003$). No se encontró significancia estadística con los síntomas restantes, ni con las variables tiempo de exposición y edad (Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencias de síntomas en mujeres y hombres de la región Ciénega.

Síntoma	Mujeres (%)	Hombres (%)	Sexo	Tiempo de exposición	Edad
Mareos	66.7 %	36.9 %	$p = 0.027$		
Dolor de cabeza	58.3 %	48.8 %			
Visión borrosa	33.3 %	33.3 %			
Irritación de garganta	30.6 %	16.7 %			
Problemas para respirar	27.8 %	16.7 %			
Temblores	25 %	21.4 %			
Debilidad muscular	16.7 %	14.3 %	$p > 0.050$	$p > 0.050$	$p > 0.050$
Palpitaciones cardíacas	13.9 %	16.7 %			
Vómito	13.9 %	23.8 %			
Pérdida de memoria	0	9.5 %			
Desmayos	0	1.2 %			
Ardor en la piel	8.3 %	26.2 %	$p = 0.003$		

$p =$ prueba chi-cuadrada de Pearson.

Fuente: Elaboración propia

En mujeres las frecuencias de las enfermedades encontradas fueron: hipercolesterolemia (34.3 %), hipertensión (31.4 %), T2DM (22.9 %), neurosis (17.1 %), leucemia (14.3 %), cáncer (11.4 %) y enfermedad renal (8.6 %). En hombres, la hipertensión fue la enfermedad más frecuente (36 %), seguido de hipercolesterolemia (26.7 %), enfermedad renal (16 %), T2DM (14.7 %), neurosis (5.3 %), leucemia y cáncer (ambos con 4 %). Otras enfermedades encontradas en menor frecuencia fueron hepatitis y demencia. Ninguna enfermedad mostró significancia estadística con las variables sexo, tiempo de exposición y edad (Tabla 2).

Para los niveles de glucosa se tomó como parámetro 200 mg / dL, dado que uno de los criterios para realizar el diagnóstico de diabetes es padecer síntomas de diabetes y tener una concentración de glucosa aleatoria mayor o igual a 200 mg / dL. Se define como muestra aleatoria aquella que se obtiene sin tomar en cuenta el tiempo que ha pasado desde el último alimento (Brunton *et al.*, 2019). El 92.08 % de los participantes (111 individuos) tuvieron niveles inferiores a 200 mg/dL (Figura 4a) y durante el mes anterior presentaron síntomas de T2DM (poliuria, polidipsia y polifagia). Es importante mencionar que los participantes autoinformaron un diagnóstico médico

de T2DM. En el análisis de asociación de glucosa no se encontró significancia entre niveles altos y los síntomas representativos ($p > 0.05$); Por otro lado, el análisis de correlación indicó una $r^2 = 0.083$, por lo que no existe correlación entre el tiempo de exposición y los niveles de glucosa. Además, el 18.52 % indicó que no consumían alimentos durante la aplicación de plaguicidas, el 17.59 % algunas veces y 63.89 % indicaron su consumo (Figura 4b). Respecto a la disposición de residuos, 2.94 % de los participantes tiran a la basura los remanentes, 5.88 % lo devuelve al proveedor y 91.18 % lo guarda para su reutilización (Figura 4c).

Tabla 2. Frecuencias de enfermedades en mujeres y hombres de la región Ciénega.

Enfermedad	Mujeres (%)	Hombres (%)	Sexo	Tiempo de exposición	Edad
Hipercolesterolemia	34.3 %	26.7 %			
Hipertensión	31.4 %	36 %			
T2DM	22.9 %	14.7 %			
Neurosis	17.1 %	5.3 %			
Leucemia	14.3 %	4 %	$p > 0.050$	$p > 0.050$	$p > 0.050$
Cáncer	11.4 %	4 %			
Enfermedad renal	8.6 %	16 %			
Hepatitis	5.7 %	1.3 %			
Demencia	0	1.3 %			

$p =$ prueba chi-cuadrada de Pearson.

Fuente: Elaboración propia.

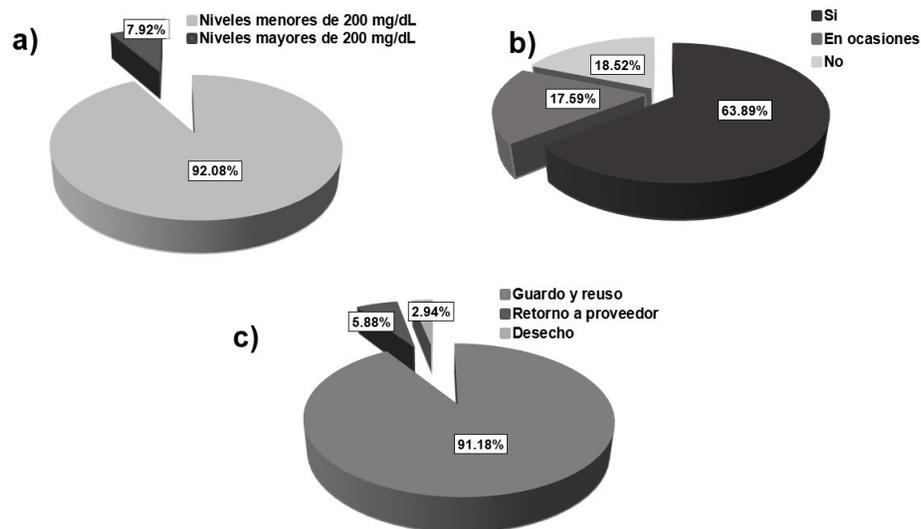


Figura 4. Datos adicionales, a) Niveles de glucosa aleatoria (mg/dL) en sujetos laboralmente expuestos a plaguicidas, b) frecuencia del consumo de alimentos durante la aplicación de plaguicidas y c) destino de residuos de plaguicidas durante un ciclo de siembra.

Fuente: Elaboración propia a partir de IBM SPSS v.24.0.

Respecto al consumo de fármacos, 16.9 % consume antihipertensivos, 11.9 % fármacos antiinflamatorios no esteroideos (NSAIDs), 10.2 % hipoglucemiantes orales, 5.10 % antidepresivos orales y con frecuencias menores a 5 % multivitamínicos, inhibidores de la bomba de protones (IPP), antibióticos, estatinas y anticonvulsivos (Figura 5).

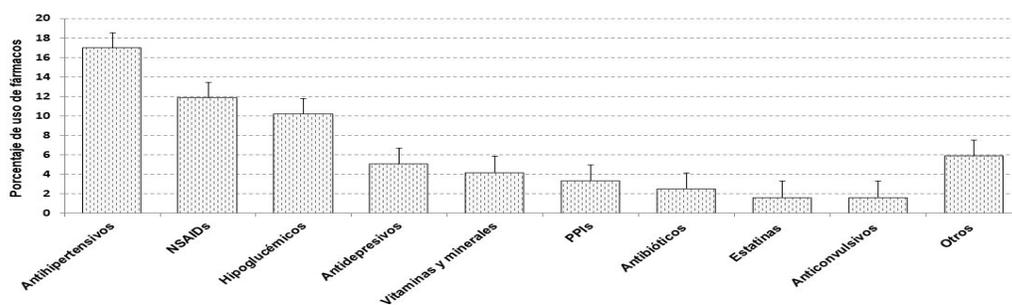


Figura 5. Porcentajes de uso de distintos grupos farmacológicos en sujetos laboralmente expuestos a plaguicidas en la Ciénega, Jalisco México.

Fuente: Elaboración propia a partir de IBM SPSS v.24.0.

Discusión

Este estudio surge como necesidad ante las altas concentraciones de plaguicidas que se han encontrado en aguas superficiales y escorrentías de la región Ciénega; siendo el malatión y glifosato los plaguicidas con mayor presencia en la región con valores superiores a los permisibles de acuerdo con datos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) (Silva-Madera *et al.*, 2021).

En la Ciénega los niveles elevados de plaguicidas en fuentes de agua (Silva-Madera *et al.*, 2021) pueden relacionarse con mayor número de intoxicaciones (Secretaría de Salud, 1984-2021; 2012-2017), que se pueden exacerbar por el inadecuado manejo de plaguicidas, derivándose en los siguientes síntomas y enfermedades que se describen a continuación.

Los síntomas más frecuentes (Tabla 1) se relacionan con toxicidad colinérgica mediada por exposición a plaguicidas organofosforados, estos inhiben la enzima acetilcolinesterasa (AChE) provocando una sobre estimulación de receptores de acetilcolina (ACh) manifestándose en síntomas como dolor de cabeza, náusea, mareo, vómito, constricción pupilar, sudoración excesiva, lagrimeo y salivación en casos leves, además, pueden afectar los impulsos de regulación hormonal y, por tanto, funcionar como disruptor endocrino (Ganie *et al.*, 2022; van Melis *et al.*, 2023). El mareo y dolor de cabeza se relacionan con aumento de ACh en receptores colinérgicos del sistema nervioso central (CNS). Síntomas como visión borrosa, dolor de garganta, broncoespasmo / broncorrea (problemas respiratorios) y vómito, comunes en ambos sexos (Tabla 1) se pueden presentar por sobre estimulación de receptores muscarínicos para ACh (Lott & Jones, 2022).

Encontramos significancia estadística entre la variable sexo y los síntomas mareos ($p = 0.027$) y ardor en la piel ($p = 0.003$); lo cual sugiere que el sexo puede ser una condición relacionada con los síntomas de intoxicación a plaguicidas. Nuestros resultados indican que las mujeres pueden tener mayor riesgo al presentar mayores porcentajes en los síntomas descritos (Tabla 1); sin embargo, estos resultados deben interpretarse de manera cautelosa ya que, la exposición a organofosforados se ha asociado significativamente con probabilidades elevadas de síndrome metabólico en componentes individuales en hombres (Luo *et al.*, 2020). Asimismo, se ha descrito que, con excepción del déficit en la función motora, los hombres tienen mayor susceptibilidad a la exposición por organofosforados y, en consecuencia, mayor sensibilidad a la mayoría de los efectos adversos provocados por estas sustancias (Comfort & Re, 2017). Por lo que, esta controversia muestra la necesidad del desarrollo de una nueva área de investigación sobre el efecto de los plaguicidas por clasificación en género con tasas de exposición equitativas de hombres y de mujeres.

Respecto a las enfermedades, a pesar de no encontrar significancia entre la exposición a plaguicidas y las variables estudiadas, se ha demostrado que los plaguicidas pueden influir en el desarrollo de las enfermedades obtenidas en este estudio. Por ejemplo, los plaguicidas se relacionan con aumento de estrés oxidativo que provoca daño en DNA, en expresión génica, desacetilación y metilación, lo que indica su relación epigenética (Sabarwal *et al.*, 2018), que

puede explicar el desarrollo de cáncer y leucemia, con alta frecuencia en mujeres en este estudio (Tabla 2). Se ha documentado la asociación entre la exposición a plaguicidas y el riesgo leucemia (Foucault *et al.*, 2021). La exposición a plaguicidas aumenta los niveles de especies reactivas de oxígeno (ROS), lo que conduce a un incremento del estrés oxidativo, el cual desempeña un papel importante en la aparición y progresión de leucemia al estimular la supervivencia celular, señalización de crecimiento y la inestabilidad genómica (Kreitz *et al.*, 2019; Rafeenia *et al.*, 2022). Desafortunadamente, en México no existen estudios previos que evalúen leucemia en personas expuestas a plaguicidas.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 2, las enfermedades más comunes en ambos sexos fueron hipercolesterolemia, hipertensión y T2DM, lo cual concuerda con lo reportado en trabajadores de Pakistán y Camerún con exposición crónica a organofosforados, además en este último estudio se reporta que el contacto con agroquímicos se relaciona con el desarrollo de trastornos metabólicos como hipertensión, hiperglucemia, sobrepeso y dislipidemia (Leonel Javeres *et al.*, 2021). Los plaguicidas pueden aumentar los niveles de triglicéridos y lípidos por medio de la activación del receptor gamma activado por el proliferador de peroxisomas (PPAR γ), un gen implicado en la diferenciación de adipocitos y el control de la glucosa, por lo que su activación podría provocar dislipidemia e hiperglucemia (Montaigne *et al.*, 2021; Seok *et al.*, 2022). En un estudio con ratas macho de 2, 10 y 20 meses de edad con exposición al organofosforado clorpirifos vía oral (dosis 45 mg/kg por 45 días) desarrollaron hiperglucemia e hiperlipidemia (Samarghandian *et al.*, 2020).

Del mismo modo, estudios epidemiológicos muestran una relación entre exposición a plaguicidas y diabetes como se observa en la Tabla 2 (Samarghandian *et al.*, 2020; Leonel Javeres *et al.*, 2021). Los metabolitos tóxicos generados por la biotransformación de plaguicidas aumentan el riesgo de padecer intolerancia a la glucosa, ya que son capaces de generar lipotoxicidad (Lytrivi *et al.*, 2020; Utembe & Kamng'ona., 2021). Este riesgo puede aumentar en agricultores tras consumir alimentos durante la aplicación de plaguicidas (figura 2b) o por omisión en el equipo de protección personal (Yarpuz-Bozdogan, 2018; Sapbamrer & Thammachai, 2020). Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021), estiman que 10.32 % de las personas mayores de 20 años en México tienen diagnóstico de T2DM, sin embargo, faltan estudios que corroboren la asociación de T2DM y la exposición a plaguicidas.

En población mexicana sin exposición laboral a plaguicidas, los hombres tienen una prevalencia mayor al 50 % de hipertensión arterial y 35.5 % en T2DM en comparación con mujeres (Vintimilla *et al.*, 2020). Sin embargo, no existen resultados que evalúen estas variables para población con exposición a plaguicidas.

La neurosis, fue otra enfermedad que destacó principalmente en mujeres (Tabla 2) esta puede presentarse por sobreestimulación colinérgica del CNS, del 4 al 9 % de los sujetos que han sufrido intoxicación por organofosforados tuvieron diversos síntomas neuropsiquiátricos incluyendo neurosis (Ganie *et al.*, 2022). Datos de la UNAM (2022), indican que en México cerca de 15 millones de personas sin exposición laboral a plaguicidas padecen neurosis. Sin embargo, es complicado determinar incidencia y prevalencia de este trastorno (De la Fuente Muñiz, 2022).

Por otro lado, se reporta mayor prevalencia en insuficiencia renal en hombres (16 %), se ha proporcionado evidencia de que la exposición a malatión aumenta el riesgo de baja función renal, por lo que se sospecha de un posible papel nefrotóxico (Stalin *et al.*, 2020; Wan *et al.*, 2021). En México, el 8 % de la población padece enfermedad renal, en Jalisco en el municipio de Poncitlán, se reportó un aumento de enfermedad renal crónica de etiología desconocida (CKDu) denominada nefropatía mesoamericana. La prevalencia de enfermedad renal en Poncitlán es de 20.1 % en contraste con el 10.4 % de los sujetos de otros municipios. Por lo que la alta exposición a plaguicidas puede estar relacionado con el aumento de CKDu en la región (García-García *et al.*, 2020).

Los fármacos de mayor consumo fueron antihipertensivos (16.9 %) y NSAIDs (11.9 %), relacionados con alta frecuencia de dolor de cabeza (58.3 %); e hipoglucemiantes (10.2 %). Las estatinas fueron de uso moderado (1.7 %, Figura 3). Los medicamentos antihipertensivos e hipoglucemiantes se prescriben para reducir niveles de LDL, triglicéridos y presión arterial favoreciendo la pérdida de peso, aumento de sensibilidad a la insulina y niveles de HDL (Díaz *et al.*, 2019). Sin embargo, no hay datos publicados sobre el consumo de medicamentos por agricultores expuestos a plaguicidas.

Otros puntos a resaltar son los elevados porcentajes en la ausencia de equipo de protección y el consumo de alimentos durante la aplicación de plaguicidas; estos datos en conjunto con el desconocimiento de riesgos a la salud, falta de estandarización en dosis de aplicación, disposición de residuos, almacenamiento y transporte del agroquímico pueden aumentar el riesgo de intoxicación y, por ende, padecer las distintas sintomatologías y/o patologías relacionadas con la exposición a plaguicidas. Estas limitaciones se suman a la contaminación del agua por plaguicidas en la Ciénega (Silva-Madera *et al.*, 2021), que exacerban el riesgo en salud de trabajadores agrícolas. Anteriormente ya se reportó la necesidad de mejorar condiciones en bioseguridad y de legislar adecuadamente en esta materia (Yarpuz-Bozdogan, 2018; Sapbamrer & Thammachai, 2020).

Conclusiones

Los síntomas más frecuentes fueron mareos y dolor de cabeza; en el análisis de asociación se obtuvo significancia estadística entre el sexo y los síntomas mareos ($p = 0.027$) y ardor en la piel ($p = 0.003$) lo cual indica que el sexo puede ser una condición relacionada con los síntomas de intoxicación a plaguicidas, sin embargo, se necesitan más estudios para comprobar estos hallazgos. Aunque no se encontró asociación entre las diferentes enfermedades y las 3 variables analizadas (sexo, tiempo de exposición y edad), hay evidencia de que los plaguicidas contribuyen a la patología de las enfermedades descritas en este estudio. Las mujeres laboralmente expuestas a plaguicidas representan un grupo de riesgo en el desarrollo de hipercolesterolemia, hipertensión arterial y T2DM, patologías de mayor frecuencia. Además, la mayoría de los participantes consume alimentos durante la aplicación de plaguicidas por lo que de no contar con el equipo de protección adecuado y buenas prácticas de higiene pueden aumentar el riesgo a intoxicación con plaguicidas. Este trabajo es el primero en describir padecimientos autorreportados de agricultores

de la región Ciénega expuestos a plaguicidas. Nuestros resultados sugieren la importancia de nuevos estudios que contribuyan a resaltar los daños en la salud del ser humano, particularmente cuando no se usa el equipo de protección adecuado y no se siguen las buenas prácticas de aplicación.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, TSED, SFJ.; desarrollo de la metodología, FGCA, TJJH, RUE.; manejo de software, FGCA, SFJ.; validación experimental, TSED, TJJH.; análisis de resultados, TSED, FGCA, RUE.; Manejo de datos, FGCA, SFJ.; escritura y preparación del manuscrito, TSED, FGCA, SFJ.; redacción, revisión y edición, TSED, SFJ.; administrador de proyectos, SFJ.

Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Declaraciones éticas

Este estudio se aprobó por el Comité de Ética del Centro Universitario de La Ciénega, Universidad de Guadalajara, Folio 2019-037

Declaración de consentimiento informado

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos involucrados en el estudio.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Castro-Sánchez, M., & Galán-Briseño, L. M. (2020). Turismo alternativo en la región Ciénega del Estado de Jalisco. http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/Vinculategica6_2/27_Castro_Galan.pdf
- Brunton L.L., Chabner B.A., & Knollmann B.C. (2019) Goodman & Gilman: Las Bases

- Farmacológicas De La Terapéutic, 13e. McGraw-Hill Education. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2457§ionid=191984577>
- Ceja-Gálvez, H.R., Torres-Sánchez, E.D., Torres-Jasso, J.H., Reyes-Uribe, E., & Salazar-Flores, J. (2021). Relationship between PON-1 enzymatic activity and risk factors for pesticides poisoning in farmers from the Ciénega, Jalisco, Mexico. *Biocell*, 45(5), 1241-1250. <http://dx.doi.org/10.32604/biocell.2021.015771>
- Comfort, N., & Re, D.B. (2017). Sex-Specific Neurotoxic Effects of Organophosphate Pesticides Across the Life Course. *Current Environmental Health Reports*, 4(4), 392-404. <https://doi.org/10.1007/s40572-017-0171-y>
- Cronbach, L.J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02310555>
- De la Fuente Muñiz, R. (2022). La salud mental en México. *Salud Mental*, 1(1), 4-13. http://revistasaludmental.mx/index.php/salud_mental/article/view/1/1
- Díaz, E. G., Medina, D. R., Porras, Ó. M. M., & Mateos, J. L. C. (2019). Determinantes de la inercia en El tratamiento hipolipidemante de pacientes Con diabetes mellitus tipo 2. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 66(4), 223-231. <https://doi.org/10.1016/j.endinu.2018.08.014>
- Esquivel-Valenzuela, B., Cueto-Wong, J. A., Valdez-Cepeda, R. D., Pedroza-Sandoval, A., Trejo-Calzada, R., & Pérez-Veyna, Ó. (2019). Prácticas de manejo y análisis de riesgo por el uso de plaguicidas en La Comarca Lagunera, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(1), 25-33. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.01.02>
- Foucault, A., Vallet, N., Ravalet, N., Picou, F., Bene, M. C., Gyan, E., & Herault, O. (2021). Occupational pesticide exposure increases risk of acute myeloid leukemia: a meta-analysis of case-control studies including 3,955 cases and 9,948 controls. *Scientific Reports*, 11(1), 2007. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81604-x>
- Ganie, S. Y., Javid, D., Hajam, Y. A., & Reshi, M. S. (2022). Mechanisms and treatment strategies of organophosphate pesticide induced neurotoxicity in humans: A critical appraisal. *Toxicology*, 472, 153181. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2022.153181>
- García-García, G., Gutiérrez-Padilla, A., Perez-Gomez, H. R., Chavez-Iñiguez, J. S., Morraz-Mejia, E. F., Amador-Jimenez, M. J., Romero-Muñoz, A. C., Gonzalez-De la Peña, M. M., Klarenbach, S., & Tonelli, M. (2020). Chronic kidney disease of unknown cause in Mexico: the case of Poncitlan, Jalisco. *Clinical Nephrology*, 93(Supplement 1), 42-48. <https://doi.org/10.5414/cnp92s107>
- García-Hernández, J., Leyva-Morales, J.B., Bastidas-Bastidas, P.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*, 56(6), 548-565. <https://doi.org/10.1080/03601234.2021.1918977>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2022, July 29). Estadísticas del día Mundial de la Diabetes. https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2021/EAP_Diabetes2021
- Jalisco es México, Región Ciénega. (2023, February 20) <https://visitjalisco.com.mx/region/region-cienega/>
- Kreitz, J., Schönfeld, C., Seibert, M., Stolp, V., Alshamleh, I., Oellerich, T., Steffen, B., Schwalbe, H., Schnütgen, F., Kurrle, N., & Serve, H. (2019). Metabolic plasticity of acute myeloid

- leukemia. *Cells*, 8(8), 805. <https://doi.org/10.3390/cells8080805>
- Leonel Javeres, M.N., Habib, R., Judith Laure, N., Abbas Shah, S.T., Valis, M., Kuca, K., & Muhammad Nurulain, S. (2021). Chronic Exposure to Organophosphates Pesticides and Risk of Metabolic Disorder in Cohort from Pakistan and Cameroon. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 2310. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052310>
- Lott, E.L., & Jones, E.B. (2022). Cholinergic Toxicity. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan-. PMID: 30969605. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK539783/>
- Luo, K., Zhang, R., Aimuzi, R., Wang, Y., Nian, M., & Zhang, J. (2020). Exposure to organophosphate esters and metabolic syndrome in adults. *Environment International*, 143, 105941. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105941>
- Lytrivi, M., Castell, A. L., Poitout, V., & Cnop, M. (2020). Recent insights into mechanisms of β -cell lipo- and glucolipotoxicity in type 2 diabetes. *Journal of molecular biology*, 432(5), 1514-1534. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.09.016>
- Montaigne, D., Butruille, L., & Staels, B. (2021). PPAR control of metabolism and cardiovascular functions. *Nature Reviews Cardiology*, 18(12), 809-823. <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00569-6>
- Rafeeinia, A., Asadikaram, G., Karimi-Darabi, M., Abolhassani, M., Abbasi-Jorjandi, M., & Moazed, V. (2022). Organochlorine pesticides, oxidative stress biomarkers, and leukemia: a case-control study. *Journal of Investigative Medicine*, 70(8), 1736-1745. <https://doi.org/10.1136/jim-2021-002289>
- Ramírez-Mora, E., Pérez-Vázquez, A., Landeros-Sánchez, C., Martínez-Dávila, J. P., Villanueva-Jiménez, J. A., & Lagunés Espinoza, L. C. (2019). Occupational exposure to pesticides in sugarcane agroecosystems in the central region of Veracruz state, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 6, e495. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e495>
- Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A. S., Srivastav, A. L., & Kaushal, J. (2021). An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of cleaner production*, 283, 124657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>
- Sabarwal, A., Kumar, K., & Singh, R.P. (2018). Hazardous effects of chemical pesticides on human health-Cancer and other associated disorders. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 63, 103-114. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.08.018>
- Salazar-Flores, J., Pacheco-Moisés, F.P., Ortiz, G.C., Torres-Jasso, J.H., Romero-Rentería, O., Briones-Torres, A.L., & Torres-Sánchez, E.D. (2020). Occupational exposure to organophosphorus and carbamates in farmers in La Cienega, Jalisco, Mexico: oxidative stress and membrane fluidity markers. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 15, 32. <https://doi.org/10.1186/s12995-020-00283-y>
- Samarghandian, S., Foadoddin, M., Zardast, M., Mehrpour, O., Sadighara, P., Roshanravan, B., & Farkhondeh, T. (2020). The impact of age-related sub-chronic exposure to chlorpyrifos on metabolic indexes in male rats. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(18), 22390-22399. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08814-0>
- Sapbamrer, R., & Thammachai, A. (2020). Factors affecting use of personal protective equipment and pesticide safety practices: A systematic review. *Environmental research*, 185, 109444.

- <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109444>
- Secretaría de Salud Jalisco. (2023, February 12). Boletín epidemiológico 2012 a 2017. <https://ssj.jalisco.gob.mx/salud-publica/estadisticas-e-indicadores/boletin-epidemiologico-2021>
- Secretaría de Salud. (2023, January 2). Anuario de morbilidad 1984-2021. Consultado en <https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/>
- Seok, J. W., Park, J. Y., Park, H. K., & Lee, H. (2022). Endrin potentiates early-stage adipogenesis in 3T3-L1 cells by activating the mammalian target of rapamycin. *Life sciences*, 288, 120151. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2021.120151>
- Silva-Madera, R.J., Salazar-Flores, J., Peregrina-Lucano, A.A., Mendoza-Michel, J., Ceja-Gálvez, H.R., Rojas-Bravo, D., & Torres-Sánchez, E.D. (2021). Pesticide contamination in drinking and surface water in the Cienega, Jalisco, Mexico. *Water, Air, Soil Pollution*, 232(2), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-04990-y>
- Stalin, P., Purty, A.J., & Abraham, G. (2020). Distribution and Determinants of Chronic Kidney Disease of Unknown Etiology: A Brief Overview. *Indian Journal of Nephrology*, 30(4), 241-244. https://doi.org/10.4103/ijn.ijn_313_18
- UNAM. (2022, July 29). Neurosis. <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/la-neurosis-un-padecimiento-que-afecta-a-15-millones-de-mexicanos/>
- Utembe, W., & Kamng'ona, A. W. (2021). Gut microbiota-mediated pesticide toxicity in humans: Methodological issues and challenges in the risk assessment of pesticides. *Chemosphere*, 271, 129817. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129817>
- Valbuena, D. S., Meléndez-Flórez, M. P., Villegas, V. E., Sánchez, M. C., & Rondón-Lagos, M. (2020). Daño celular y genético como determinantes de la toxicidad de los plaguicidas. *Ciencia en Desarrollo*, 11(2), 25-42. <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n2.2020.11245>
- van Melis, L. V., Heusinkveld, H. J., Langendoen, C., Peters, A., & Westerink, R. H. (2023). Organophosphate insecticides disturb neuronal network development and function via non-AChE mediated mechanisms. *Neurotoxicology*, 94, 35-45. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2022.11.002>
- Vintimilla, R., Reyes, M., Johnson, L., Hall, J., & Bryant, S. (2020). Cardiovascular risk factors in Mexico and the United States: a comparative cross-sectional study between the HABLE and MHAS participants. *Gaceta Médica de México*, 156(1), 17-21. <https://doi.org/10.24875/gmm.19005350>
- Wan, E. T., Darssan, D., Karatela, S., Reid, S. A., & Osborne, N. J. (2021). Association of pesticides and kidney function among adults in the US population 2001–2010. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19), 10249. <https://doi.org/10.3390/ijerph181910249>
- Yarpuz-Bozdogan, N. (2018). The importance of personal protective equipment in pesticide applications in agriculture. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 4, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.02.001>