

Prácticas del uso de plaguicidas y su efecto en agricultores del Estado de Oaxaca

Minerva e Isis Camacho Sánchez^{1*}, Yolanda Huante González²,
Guadalupe García Reyes³

Resumen

Las colinesterasas son enzimas utilizadas como biomarcadores para monitorear la salud de trabajadores que se exponen a plaguicidas organofosforados y carbamatos. El objetivo de este estudio fue determinar la actividad enzimática y conocer algunas características sociodemográficas de agricultores procedentes de tres comunidades de Oaxaca, las cuales fueron identificadas como: El Arenal, Coyula y Loxicha. La actividad de colinesterasa se determinó con un kit de la marca Wiener Lab, en muestras de suero de los agricultores y de individuos pertenecientes a un grupo testigo sin exposición a plaguicidas. Los resultados de la actividad enzimática en unidades por miligramo de proteína (Umg⁻¹), fueron de 19.1 Umg⁻¹ en el grupo testigo y 19.2 Umg⁻¹ en Loxicha, los cuales difieren significativamente ($F_{3,74} = 8.55, p < 0.05$) en relación a los de Arenal y Coyula con valores de 32.0 Umg⁻¹ y 35.4 Umg⁻¹ respectivamente. Además se aplicó un cuestionario a los participantes para conocer características sociodemográficas, síntomas presentados y antigüedad laboral. Se encontró que los síntomas de mayor frecuencia fueron irritación de los ojos y lagrimeo (32.3%) e irritación de la piel (27.9%). Los agricultores de Oaxaca al igual que en otros estados de México no tienen conocimiento sobre el riesgo de usar plaguicidas por lo que se exponen a ellos sin la protección adecuada.

Palabras clave: colinesterasa, plaguicidas, agricultores, características sociodemográficas, Oaxaca.

Recibido: 26 de mayo de 2021.

Abstract

Cholinesterases are enzymes that serve as biomarkers to monitor the health of workers who are exposed to organophosphates and carbamate pesticides. The purpose of this study was to document enzymatic activity and learn about the sociodemographic characteristics of farmers in three communities of Oaxaca identified as El Arenal, Coyula and Loxicha. Cholinesterase activity was monitored via serum samples from farmers using a Wiener Lab test. This test was applied to a control group of participants who had no exposure to pesticides. The results of the test, presented in terms of units per milligram of protein (Umg⁻¹) were 19.1 Umg⁻¹ in the control group and 19.2 Umg⁻¹ in Loxicha. These groups were significantly different ($F_{3,74} = 8.55, p < 0.05$) to results for the groups from El Arenal and Coyula which were 32.0 Umg⁻¹ and 35.4 Umg⁻¹ respectively. In addition, a questionnaire was used to determine sociodemographic characteristics, apparent symptoms and worker seniority. The most frequent symptoms were lacrimation and irritation of the eyes (32.3%) and irritation of the skin (27.9%). The farmers in Oaxaca and other states of Mexico do not know about the risks of working with pesticides, and so they are frequently exposed to them, and often do not employ adequate protection.

Key words: cholinesterase, pesticides, farmers, sociodemographic characteristics, Oaxaca.

Aceptado: 19 de noviembre de 2021.

¹ Instituto de Ecología, Universidad del Mar campus Puerto Angel. Ciudad Universitaria 70902, Puerto Angel, San Pedro Pochutla Oaxaca, México.

² Instituto de Recursos, Universidad del Mar campus Puerto Angel. Ciudad Universitaria 70902, Puerto Angel, San Pedro Pochutla Oaxaca, México.

³ Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Universidad del Mar campus Puerto Angel. Ciudad Universitaria 70902, Puerto Angel, San Pedro Pochutla Oaxaca, México.

* **Autor de correspondencia:** alquimistacs@gmail.com (MICS)

Introducción

La agricultura es el principal sector de sustento de más del 60% de la población global (Prince *et al.* 2018). En México 72.2 % del territorio nacional se destinan a la actividad agropecuaria, lo cual implica un total de 145 millones de hectáreas de las cuales 30 millones son tierras de cultivo. Prácticamente toda la producción de alimentos se origina por este sector y sigue siendo predominante en el campo mexicano, sobre todo entre la población más pobre, donde representa 42% del ingreso familiar (FAO 2021). Para obtener a gran escala la producción de alimento deseada, una de las propuestas más grandes y efectivas es el manejo de plagas ya que más de 50% de la producción anual se pierde debido a la infestación por diferentes tipos de organismos indeseables. Los plaguicidas químicos juegan un papel significativo y potencial para incrementar las cosechas debido a su capacidad para controlar parásitos y malezas. Los insecticidas organoclorados se utilizaron exitosamente para el control de plagas y enfermedades hasta que se prohibieron en 1960, otros agentes como organofosforados y carbamatos fueron introducidos posteriormente (Prince *et al.* 2018).

Los organofosforados y carbamatos tienen el mismo mecanismo de acción; se consideran inhibidores de colinesterasas tanto en insectos como en mamíferos incluidos los humanos. Se denominan colinesterasas aquellas enzimas que catalizan la hidrólisis de ésteres de colina y son sensibles al efecto inhibitorio de la eserina (fisoestigmina), en concentraciones de 10^{-5} M. Las colinesterasas de vertebrados se clasifican dependiendo de sus características bioquímicas y fisiológicas en dos grupos principales que son codificadas por dos genes distintos: 1) La colinesterasa verdadera o acetilcolinesterasa

(AChE, EC 3.1.1.7 acetilcolina hidrolasa, acetilcolina acetilhidrolasa) que hidroliza al neurotransmisor acetilcolina (ACh) mucho más rápido que otros ésteres de colina y es mucho menos activa sobre la butirilcolina y 2) la colinesterasa plasmática o sérica, pseudocolinesterasa o butirilcolinesterasa (BChE, EC 3.1.1.8, acetilcolina acetilhidrolasa) hidroliza a la butirilcolina (BCh) pero también a la acetilcolina. La AChE es predominante en músculo y sistema nervioso, en donde los niveles de BChE son menores. La BChE está presente en otros tejidos, como el hígado y después de ser sintetizada es excretada al plasma (Sánchez-Chávez & Salceda 2008). La AChE impulsa la transmisión en las terminales nerviosas sinápticas mediante la hidrólisis del neurotransmisor acetilcolina (ACh), mientras que BChE actúa como un apoyo de AChE y recolector de moléculas que quizá inhiben la actividad de la AChE.

El cuerpo humano tiene 10 veces más BChE que AChE, alrededor de 680 nmol de BChE y 62 nmol de AChE. La BChE fue de poco interés para la investigación científica hasta que el departamento de defensa de los Estados Unidos asignó millones de dólares para la producción masiva de butirilcolinesterasa humana pura, la cual se usó para la protección contra agentes tóxicos del sistema nervioso. Algunos estudios en animales han demostrado que el tratamiento previo con BChE protege por arriba de cinco veces el valor de la dosis letal media. El neurotransmisor acetilcolina (ACh) es un excelente sustrato para BChE ya que BChE hidroliza acetiltiocolina a una velocidad dos veces más lenta que la hidrólisis de butiriltiocolina. La BChE no parece tener un papel significativo en la hidrólisis de acetilcolina bajo condiciones normales como lo muestran preparaciones de tejido muscular donde la inhibición completa de la actividad

de BChE no tiene ningún efecto sobre la contracción muscular. Sin embargo, esta enzima parece tener un papel en la neurotransmisión de ratones con ausencia del gen que codifica para AChE, por tal motivo no tienen AChE pero presentan niveles normales de actividad de BChE. El tratamiento de estos ratones con organofosforados resulta en inhibición de la actividad de BChE y letalidad a concentraciones muy por debajo de aquellas que causan letalidad en ratones silvestres; lo cual sugiere que BChE realiza las funciones de hidrólisis de la acetilcolinesterasa ausente en estos ratones (Masson & Lockridge 2010).

La determinación de la actividad de colinesterasas se ha utilizado como la principal prueba de laboratorio para la vigilancia de la población laboralmente expuesta a organofosforados y carbamatos debido al efecto directo que producen sobre estas enzimas y como el principal biomarcador de estos plaguicidas. En este sentido, para la exposición prolongada y a bajas dosis se recomienda medir la actividad de AChE, mientras que para la exposición aguda se prefiere medir la actividad de BChE (Medina *et al.* 2015). La exposición frecuente a bajas dosis se ha relacionado con una variedad de trastornos a mediano y largo plazo, incluyendo diferentes tipos de cáncer, alteraciones de la reproducción y alteraciones del sistema nervioso entre otros (García *et al.* 2002). Los daños por exposiciones agudas ocurren poco tiempo después del contacto con el producto. Las causas por las cuales se presentan este tipo de efectos son los accidentes laborales al manipular inadecuadamente las sustancias, el uso durante las actividades agrícolas o la falta de equipos de protección al realizar actividades de fumigación.

En México el índice de intoxicación por plaguicidas entre 1990 y 1993 fue de

alrededor de dos casos por cada 10 mil habitantes, mientras que para 1994 el índice se elevó hasta nueve casos por cada 10 mil habitantes. A partir de este año y hasta el 2000 se observa una tendencia a la reducción; sin embargo, del 2000 a 2010 se ha mantenido un promedio de alrededor de tres casos por cada 10 mil habitantes. No obstante, estos registros deben ser tomados con reserva puesto que sólo se presentan los casos que fueron diagnosticados y registrados en instituciones de salud y en muchas ocasiones los accidentes no se reportaron o el diagnóstico no es el adecuado (Ortíz *et al.* 2014). Además se sabe que el número de personas intoxicadas con agroquímicos o insecticidas por año es de 350 casos en promedio, cifra que representa sólo el 10% del total de los casos reportados a la Dirección General de Epidemiología. Al respecto se sabe que la mayor incidencia de intoxicaciones con un 62% es de tipo accidental, seguida por las de tipo suicida y laboral (Ortíz *et al.* 2014, Cruz 2015).

Los agricultores constituyen el colectivo laboral más numeroso que se expone frecuentemente a sustancias químicas, aunque también horticultores, trabajadores industriales o de control sanitario. La exposición puede producirse por manipulación directa de estas sustancias o inhalación, en algunas ocasiones puede ser debido a ingestión ya que algunos individuos consumen alimentos mientras realizan su trabajo (García *et al.* 2002, Costa 2013). En el estado de Oaxaca 16% de la superficie y 42% de la población se dedica a la agricultura; es la actividad económica más extendida en las zonas rurales y solo contribuyen con el 18% del PIB. Por lo anterior el objetivo del presente trabajo fue conocer algunas características sociodemográficas, así como la afectación provocada por el uso de plaguicidas en

agricultores de tres comunidades de la costa de Oaxaqueña.

Materiales y métodos

El estudio fue de tipo transversal y se llevó a cabo entre junio y octubre del 2010 en el municipio de Santa María Huatulco. En total participaron 69 agricultores del sexo masculino que fueron reclutados de tres comunidades conocidas como: 1) Bajos del Arenal, 2) Bajos de Coyula y 3) Magdalena Loxicha, las cuales se designarán de ahora en adelante como: Arenal, Coyula y Loxicha respectivamente. Además se formó un grupo testigo en el que se incluyeron nueve individuos libres de exposición a plaguicidas ya que no realizan actividades agrícolas. En la primera y segunda comunidad el cultivo de papaya y uso de sustancias como la anticolinesterasa es común a las dos. Mientras que en Loxicha se dedican al cultivo de maíz y frijol, por lo cual el tipo de plaguicida empleado difiere, siendo el principal el ácido 2,4 diclorofenoxiacético ó 2,4-D que no tiene influencia sobre la actividad enzimática.

Se establecieron las normas éticas correspondientes y obtención de la carta de consentimiento informado, como lo establecen los "Principios éticos para la investigación médica en seres humanos" de la Declaración de Helsinki. Se aplicó un cuestionario para conocer características sociodemográficas (sexo, edad, talla, peso), antecedentes laborales (frecuencia de exposición, uso de equipo de protección), antigüedad laboral y síntomas que se presentan. Los trabajadores con alguna manifestación crónica, hábitos de tabaquismo o consumo de alcohol no fueron seleccionados para el estudio.

Determinación de la Actividad de BChE en los agricultores

Para la toma muestras de sangre se solicitó a los agricultores un periodo de ayunas de 8 h. Las muestras se obtuvieron por punción venosa con un tubo vacutainer sin anticoagulante y se preservaron en frío hasta su llegada al laboratorio. Se separó el suero por centrifugación a 4°C y 6000 rpm durante 20 min. El análisis enzimático se realizó dentro del siguiente mes posterior al día de toma de muestra, de lo contrario fue almacenado a -20°C. Debido a que los plaguicidas anticolinesterasa inhiben indistintamente tanto a la colinesterasa eritrocítica como a la sérica; se empleó BChE como indicador de exposición aguda, ya que es reducida más rápida e intensamente que AChE (Jacobsen-Pereira *et al.* 2018). Para su determinación se empleó un kit de colinesterasa (wiener lab código 1241403) que emplea butirilticolina como sustrato y ácido ditio-bis-nitrobenzoico en la reacción (Szász 1968). La actividad enzimática de los agricultores se comparó con los valores de referencia en UL⁻¹ del instructivo incluido en el kit, además se obtuvieron resultados de un grupo testigo y se realizó una comparación mediante una prueba *t*-student con ambos grupos. Por otro lado, para comparar entre individuos de las 3 diferentes comunidades y el testigo se ajustó la actividad de BChE según la concentración de proteínas séricas. Con los valores obtenidos en Umg⁻¹ de proteína se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con $\alpha = 0.05$. En la determinación, a los grupos significativamente diferentes se aplicó la prueba LSD de comparaciones múltiples, para ello se comprobaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk y homocedasticidad con la prueba de Levené. Para el análisis se empleó el software Statistica versión 7 (StatSoft, Inc.).

Resultados

Características sociodemográficas de la población

En este trabajo el 100 % de la población estudiada fue del sexo masculino y el promedio de edad de los participantes fue de 40.9 ($\delta=15.14$, Med= 43). El intervalo de edad de los participantes fue muy amplio, desde 14 hasta 67 años. La mayoría de los agricultores se encuentra entre los 19 y 24 años de edad (18%), seguidos por los de 43 a 48 años (16%). El promedio de antigüedad como agricultores fue de 15.5 años ($\delta=7$). La información obtenida mediante la aplicación de un cuestionario indica que la falta de conocimientos sobre el manejo y efecto de plaguicidas a la salud está presente en 71.22% de los encuestados. Del total de individuos encuestados

solo el 28.78 % tiene conocimientos sobre el riesgo que implica trabajar con plaguicidas y el 45.58 % no utilizan zapatos, pantalón y camisa de manga larga como protección básica. Las mascarillas o guantes son empleados por 21% de agricultores quienes preparan las mezclas de fumigación; esta es la actividad considerada de mayor riesgo y exposición a los plaguicidas, debido a que las concentraciones son las más altas (Tabla I).

Determinación de la Actividad de BChE en los agricultores y síntomas más frecuentes

Para conocer el efecto en los agricultores por la exposición a plaguicidas se determinó la BChE. El nivel promedio de los sujetos estudiados fue de 5786.7 ± 1504.7

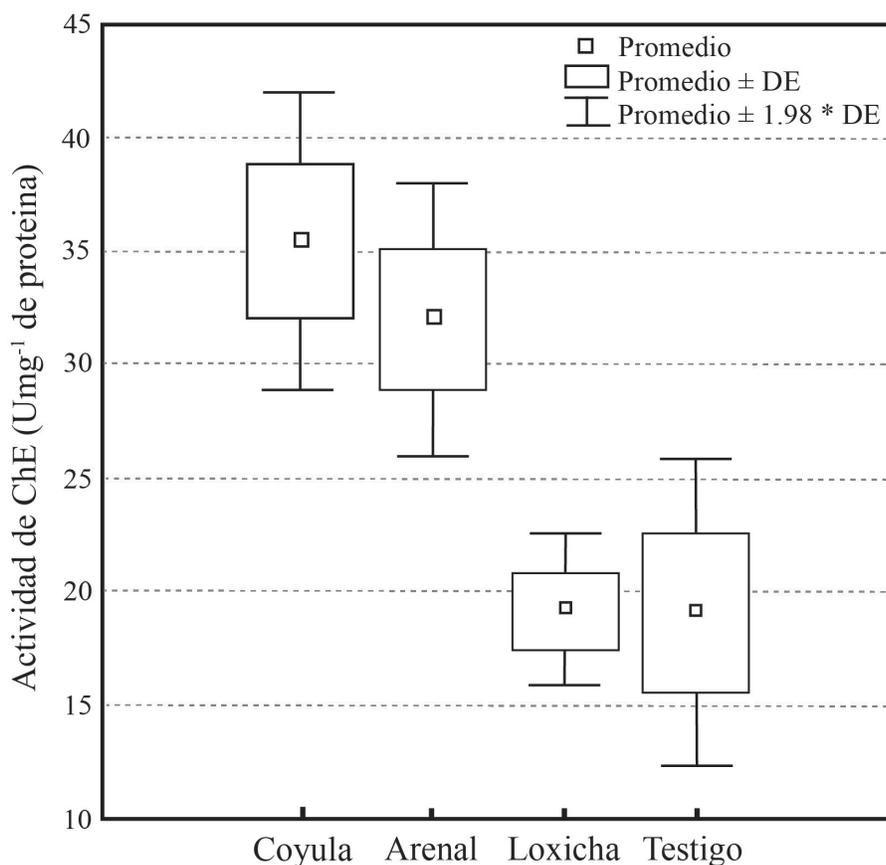


Figura 1. Actividad de ChE en agricultores de 3 comunidades de Oaxaca, México en relación a un grupo testigo ($p < 0.05$) sin exposición a plaguicidas. DE = Desviación estándar.

Tabla I. Características sociodemográficas de agricultores del Estado de Oaxaca y otros estados del país.

| Características | Guerrero ¹ | Estado de México ² | Campeche ³ | Sinaloa ⁴ | Jalisco ⁵ | Sinaloa ⁶ | Oaxaca ⁷ |
|--|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Edad promedio (años) | 46 | | 36.2 | 24.7 | 43 | 23 | 43 |
| Rango de edad | 14-80 | | | 15-44 | | 4-68 | 14-67 |
| Mayoría de edad | | 11-20 | | 15-26 | | 15-24 | 19-24 |
| Antigüedad (años) | 15 | 1-5 | | 5 | 19 | 11.5 | 15 |
| No sabe los riesgos o no recibe capacitación (%) | | 71.4 | | 81 | | | 71.22 |
| No usa ropa protectora (%) | 95 | 51.4 | 72.6 | | | | 45.58 |
| Si utiliza guantes o mascarilla (%) | | 22.9 | | | | | 21 |

¹ Cortés-Genchi *et al.* 2007, ² Hernández González *et al.* 2007, ³ Rendón *et al.* 2004, ⁴ Palacios-Nava 2003, 2004, ⁵ Payán-Rentería *et al.* 2012⁶ Palacios-Nava 2009, ⁷ El presente estudio.

UL⁻¹ y de 4427.5±1967.2 UL⁻¹ para el grupo control. Todos los valores están dentro del intervalo de referencia a 30°C (3962-11142) establecido para el kit utilizado (Wiener Lab código1241403). La transformación de estos datos en unidades por miligramo (Umg⁻¹) permitió la comparación del grupo testigo con los de las 3 comunidades estudiadas.

La figura 1 muestra los resultados de la actividad de BChE en individuos de tres comunidades de Oaxaca y el grupo testigo. El valor del grupo testigo fue de 19.1 Umg⁻¹ y el de Loxicha de 19.2 Umg⁻¹, los cuales difieren significativamente (F3,74 = 8.55, p<0.05) en relación a los participantes del Arenal y Coyula con 32.0 Umg⁻¹ y 35.4 Umg⁻¹ respectivamente.

En cuanto a los síntomas encuestados, el lagrimeo e irritación de los ojos (32.3%) y la irritación de la piel (27.9%) fueron los más frecuentes, los cuales fueron clasificados como síntomas generales y visión borrosa (30.8%) clasificado como síntoma específico (Tabla II).

Discusión

La entidad Oaxaqueña tiene los mayores niveles de dispersión poblacional en un territorio predominantemente montañoso, aproximadamente 70% de las localidades cuentan con menos de 250 hab, lo cual acentúa los retos y el acceso a oportunidades de tal manera que el 42% de la población trabaja en el campo (Bernardino *et al.* 2017). La agricultura es la actividad económica más extendida en zonas rurales de Oaxaca. En 2015 el total de superficie agrícola sembrada fue de 1 384,571.57 ha; el 93% de esta superficie es de temporal, el 5% de riego y 2% de humedad. Por lo tanto los diferentes cultivos dependen del temporal de lluvias, por otro lado se exponen a diferentes tipos de adversidades entre las que se encuentran diversas plagas y enfermedades; como consecuencia de lo anterior se hace necesario el empleo de plaguicidas, los cuales a veces se aplican de manera indiscriminada (Bernardino *et al.* 2017). Datos estadísticos pertenecientes a la FAO demuestran que en 2009 México alcanzó el volumen más alto de consumo de plaguicidas en el mundo con 36.3 mil toneladas (Ortiz *et al.* 2014).

Tabla II. Síntomas más frecuentes presentados por los agricultores de Oaxaca.

| Síntomas | Frecuencia | % de individuos |
|-----------------------------------|------------|-----------------|
| Lagrimeo e irritación de los ojos | 22 | 32.3 |
| Visión borrosa | 21 | 30.8 |
| Irritación de la piel | 19 | 27.9 |
| Dolor abdominal o diarrea | 12 | 17.6 |
| Calambres en las manos y pies | 11 | 16.1 |
| Náuseas y vómito | 10 | 14.7 |
| Pérdida de la conciencia | 2 | 2.9 |
| Convulsiones | 2 | 2.9 |
| Dificultad para respirar | 0 | 0 |

La información sobre las características sociodemográficas de los agricultores de Oaxaca y de otros estados de México se muestra en la tabla I. El promedio de edad fue de 40.9 años con una mediana de 43, similares a los obtenidos en Jalisco y Guerrero (Cortés-Genchi *et al.* 2008, Payán-Rentería *et al.* 2012). El rango de edades de los individuos de las comunidades estudiadas fue de 14 a 67 años pero la mayoría de ellos tenía entre 19 y 24 años. En otros estudios realizados se incluyeron desde 14 hasta 80 años (Cortés-Genchi *et al.* 2008) y de 15 a 44 años (Palacios-Nava 2004), en algunos casos se ha informado sobre la participación de niños desde cuatro años aunque la mayor parte de los participantes tenía edades de 15 a 24 años (Palacios *et al.* 2009). En relación a lo anterior, se sabe que debido a la pobreza y marginación los niños en Oaxaca abandonan sus estudios y se inician muy temprano en la agricultura. El estado se ubica en el tercer lugar nacional de mayor pobreza y el 67% de la población se encuentra por debajo del umbral. La educación promedio es de 6.9 años y la tasa de analfabetismo de 16%. Con respecto a la antigüedad, el promedio en este estudio fue de 15 años; lo que representa un valor muy cercano al informado para los individuos de Guerrero (Cortés-Genchi *et al.* 2008), Jalisco (Payán-Rentería *et al.* 2012) y Sinaloa (Palacios *et al.* 2009).

Una de las limitantes del sector agrícola en el estado es la escasa asesoría técnica y falta de capacitación a los trabajadores del campo (Bernardino *et al.* 2017). Las encuestas aplicadas por el grupo de trabajo reflejaron que el 71.22% de los participantes no conoce sobre la toxicidad y manejo de los plaguicidas. Estos datos son consistentes con los obtenidos en el estado de México (Hernández *et al.* 2007) con un valor de 71.4 % y los de Sinaloa del 81%

(Palacios 2003). Como se puede observar es muy preocupante el alto porcentaje de individuos carente de capacitación sobre el uso y manejo de sustancias químicas agrícolas, así como la falta de información sobre la peligrosidad y toxicidad. Al respecto se ha mencionado que la capacitación de los agricultores y su concientización sobre los efectos tanto a corto como a largo plazo es fundamental (Ortíz *et al.* 2014). Esto aumentaría el uso de medidas de seguridad, las cuales son una herramienta indispensable durante el manejo y aplicación de las sustancias.

Es bien sabido que la absorción de organofosforados y carbamatos realmente puede ocurrir a través de las rutas oral, dermal o inhalatoria propia a su alto grado de lipofilicidad (Britt 2015). Por tal motivo los trabajadores que se exponen se encuentran en riesgo alto de efectos adversos por transporte, mezclado, carga y aplicación, así como en las cosechas o aspersión de los cultivos. En este caso se piensa que la ruta dermal ofrece un alto potencial de exposición con una menor contribución de la ruta respiratoria cuando se usan los aerosoles. En último de los casos, vivir en la zona de rocío también representa riesgo porque la sustancia permanece a la deriva. En el ambiente ocupacional, la exposición dermal durante la manipulación o aplicación normal o en casos de derrame accidental, ocurre en áreas corporales no cubiertas por ropa protectora tales como el rostro o las manos. Por lo tanto, la deposición de los plaguicidas sobre la ropa quizá permite baja penetración a través del tejido y potencial exposición de otros si la ropa no es cambiada y lavada al término de la exposición (Costa 2013).

Se determinó que el 45.5% de los agricultores de Oaxaca no usa zapatos ni ropa de protección adecuados; esto es consistente con lo que establecido por Hernández *et*

al. (2007) en el estado de México donde el 51.4% labora en las mismas condiciones.

De acuerdo a lo referido por trabajadores de Arenal y Coyula, un factor que influye en el “no uso” de protección son las altas temperaturas ambientales; dichas comunidades se ubican en zonas donde la temperatura media anual es 27.6°C y la temperatura media máxima 29.8°C durante el mes de mayo (Ramírez 2005); cabe mencionar que durante el periodo de colecta de muestras sanguíneas se observó a algunos trabajadores vistiendo únicamente sandalias, playera y pantalón corto al momento de realizar la fumigación. Esto es una clara diferencia de lo informado para Estado de México (Hernández *et al.* 2007) donde 42.8% utiliza ropa ligera que le cubre la mayor parte del cuerpo. Por otra parte, el 95% en Guerrero (Cortés-Genchi *et al.* 2008) y en promedio 72.6% en las diferentes localidades de Campeche (Rendón *et al.* 2004) no utilizan ningún tipo de protección. Esto puede ser debido a que el equipo de protección es costoso e incómodo; además de que admitir debilidad o miedo frente al trabajo es socialmente inaceptable para ciertas comunidades (Tinoco & Halperin 1997).

El número de personas que declararon en este estudio usar guantes o mascarilla (17.7%) fue menor a lo obtenido (22.9%) en el Estado de México (Hernández *et al.* 2007). Esto se considera sumamente bajo tomando en cuenta que su uso representa protección para los encargados de preparar las mezclas para fumigación. Esta tarea es considerada la de mayor riesgo y exposición a los plaguicidas porque implica estar en contacto con la sustancia concentrada, motivo por el cual las dosis recibidas por vía dermal o inhalatoria son las más altas (Tinoco & Halperin 1997).

Determinación de la Actividad de BChE en los agricultores

Desde hace mucho tiempo determinar la actividad de colinesterasas, ya sea ChE o BChE se ha empleado como un indicador de exposición o efecto biológico por plaguicidas. Debido a su alta especificidad por organofosforados y carbamatos se convirtió en la principal prueba de laboratorio para la vigilancia de la población laboralmente expuesta (Medina *et al.* 2015). Tanto la evaluación de la BChE como la de AChE permiten conocer exposiciones recientes; sin embargo, la BChE parece ser más efectiva en reflejar exposición aguda a agentes tóxicos ya que es reducida más rápida e intensamente; mientras que la AChE es en realidad un biomarcador más preciso en exposiciones más prolongadas y de baja intensidad de dosis (Medina *et al.* 2015, Jacobsen-Pereira *et al.* 2018).

En este estudio la totalidad de los encuestados refirieron que nunca se realizan estudios de laboratorio como medida de control después de aplicar plaguicidas, esto ya fue señalado anteriormente por trabajadores del Estado de México (Hernández *et al.* 2007). Por lo tanto y para conocer el grado de afectación se determinó la actividad de la BChE. Los datos obtenidos en los grupos expuestos y el testigo estuvieron dentro del intervalo de referencia establecido para este estudio (3962-11142 UL⁻¹); igual que ocurrió para otros estudios realizados donde los valores de referencia fueron 7000-19000 UL⁻¹ (Jacobsen-Pereira *et al.* 2018). Posteriormente se hizo una transformación de la actividad de BChE a unidades por miligramo de proteína (Umg⁻¹) y los datos obtenidos fueron de 32.0 Umg⁻¹ en Arenal y 35.4 Umg⁻¹ en Coyula, estos valores están cercanos a 32.4 Umg⁻¹ registrados en individuos de Sinaloa (Palacios 2003).

El aumento de la actividad de BChE

en individuos del Arenal y Coyula puede ser explicado con base en los tipos de plaguicida empleados y el tipo de producto que cultivan. Los agricultores del Arenal y Coyula se dedican principalmente a la producción de papaya y el uso de plaguicidas colinesterásicos del tipo organofosforados y carbamatos son necesarios para ellos. En cambio, en la comunidad de Loxicha, así como en muchas otras de Oaxaca predomina el cultivo de maíz (Bernardino *et al.* 2003); por lo tanto los trabajadores mencionaron que la sustancia más utilizada es el 2-4 D o ácido 2,4 Diclorofenoxiacético. Este herbicida ejerce su acción sobre las hormonas de crecimiento de las plantas, sin efecto alguno sobre la función hormonal de animales o humanos. Los herbicidas clorofenoxi no interaccionan con las enzimas colinesterasas tal y como lo hacen los organofosforados y carbamatos (Britt 2015). Lo anterior explica el aumento significativo de la actividad de BChE en los participantes de Arenal y Coyula con respecto a los de Loxicha y el grupo control; además también se explica que en estos dos últimos grupos los valores obtenidos fueron muy semejantes y sin diferencia significativa. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en 2016 por Lozano-Paniagua y colaboradores donde también se presentó aumento en la actividad de BChE en los agricultores con respecto al grupo testigo, y se sugiere que este aumento puede ser resultado de una respuesta adaptativa contra la exposición a plaguicidas para compensar los efectos adversos a nivel bioquímico (Martínez-Valenzuela & Gómez-Arroyo 2007).

Síntomas presentados con mayor frecuencia

Durante 2013 y 2014 los grupos químicos de plaguicidas más utilizados en México fueron los piretroides (24%), organofosforados (17%), carbamatos (14%) y otros

grupos o sus mezclas (19%). Además estas sustancias son las que generan el mayor porcentaje de incidencias tóxicas piretroides con el 26%, carbamatos 13% y organofosforados 12%. Oaxaca se encuentra entre los 10 estados con mayor número de intoxicaciones anuales, durante el año 2014 se registraron 32 casos. Este mismo año el mayor número de casos se presentaron en Guerrero con 116 seguido por Guanajuato con 73 y Chiapas y Jalisco con 62 y 61 respectivamente (Cruz 2015). Con respecto a la afectación causada se encontró que de los nueve síntomas que se interrogaron los más frecuentes fueron irritación de los ojos y lagrimeo (32.3%) e irritación de la piel (27.9%), los cuales fueron clasificados por Palacios (2003) como síntomas generales y visión borrosa (30.8%) que se clasificó como síntoma específico. El resultado anterior concuerda con lo obtenido por Bondori y colaboradores en 2018 en un trabajo donde se examinaron siete síntomas; el más frecuentemente sufrido fue mareo en primer lugar (53.5%), seguido por irritación de piel y ojos como segundo problema más sufrido (35.2%) y en tercer lugar visión borrosa (29%) presente en un tercio de la población.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad del Mar por el financiamiento del proyecto 2IE1002, así como a las agencias municipales de Bajos de Coyula, Bajos del Arenal y Magdalena Loxicha y al hospital Materno Infantil de Santa Cruz Huatulco (CESSA) por el apoyo brindado durante su desarrollo. Dos árbitros anónimos proporcionaron comentarios que ayudaron a mejorar el presente trabajo.

Referencias

- Bernardino-Hernández, H.U., J. Vargas-Arzola & J.A. Cueva. 2017.** La agricultura y los riesgos de la salud en Oaxaca. *Cathedra et Scientia International Journal* [internet] 3(2):21-42. Consultado el 06/09/2021. Recuperado de: http://www.profesoresuniversitarios.org.mx/catedra_ciencia_international_journal/0066_agricultura_riesgos_salud_oaxaca.pdf
- Bondori, A., A. Bagheri, C.A. Damalas, M.S. Allahyari. 2018.** Use of personal protective equipment towards pesticide exposure: Farmers' attitudes and determinants of behavior. *Sci Total Environ* 639:1156-1163.
- Britt, J. 2015.** Properties and effects of pesticides. Pp 209-324 In: Roberts, S.M., James, R.C., Willian, P.L. (eds.) *Principles of toxicology: Environmental and industrial applications* 3th ed Wiley USA.
- Cortés-Genchi, P., G. Villegas-Arrión, M.P. Aguilar-Madrid, M. Paz-Román, M.R. Maruris-Reducindo, C.A. Juárez-Pérez. 2008.** Síntomas ocasionados por plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social* 46(2):145-152.
- Costa, L.G. 2013.** Toxic effects of pesticides Pp 933-980 In: Klaassen, C.D., Casarett, L.J., Doull J. (eds) *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*. 8th ed McGraw-Hill New York.
- Cruz, J.A. 2015.** Diagnóstico y tratamiento de intoxicaciones por productos para la protección de cultivos (Plaguicidas) Servicio de información toxicológica (SINTOX) 2015. Consultado el 02/02/2019. Disponible en: <http://www.cesaveg.org.mx/new/normatividad/Dia30Abril/SINTOX%20PRESENTACION%20PA%202015-04-29.pdf>
- García A.M., A. Ramírez & M. Lacasaña. 2002.** Prácticas de utilización de plaguicidas en agriultores. *Gaceta sanitaria* 16(3):236-40.
- Hernández, G.M.M., G.C. Jiménez, A.F.R. Jiménez & G.M.E. Arceo. 2007.** Caracterización de las intoxicaciones agudas por plaguicidas: Perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del Estado de México, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 23(4):159-167.
- Jacobsen-Pereira, C.H., C.R. Dos Santos, F.T. Maraslis, L. Pimentel, A.J.L. Feijó, C.I. Silva, G.D.S. de Medeiros, Z.R. Costa, R.C. Pedroza & M.S. Weidner. 2018.** Markers of genotoxicity and oxidative stress in farmers exposed to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safe* 148:177-183.
- Lozano-Paniagua, D., A. Gómez-Martín, F. Gil, T. Parrón, R. Alarcón & M. Requena. 2016.** Activity and determinants of cholinesterases and paraoxonase-1 in blood of workers exposed to non-cholinesterase inhibiting pesticides. *Chemico Biological Interactions* 259:160-167.
- Martínez-Valenzuela C. & S. Gómez-Arroyo. 2007.** Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en trabajadores agrícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 23(4):185-200.
- Masson.P.&O.Lockridge.2010.** Butyrylcholinesterase for protection from organophosphorus poisons: Catalytic complexities and hysteretic behavior. *Archives of Biochemical Biophysical* 494:107-120.
- Medina, O.M., L.H. Sánchez & O. Flores-Vargas. 2015.** Actividad enzimática de colinesterasa en muestras de sangre humana: efecto de las condiciones de almacenamiento. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud* 47(2): 151-158.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).** México en una mirada. Consultado el 06/09/2021. Disponible en: <http://www.fao.org/mexico/fao-en-mexico/mexico-en-una-mirada/es/>
- Ortiz, I., M.A. Avila-Chávez, & L.G. Torres, 2014.** Plaguicidas en México: Usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal* 4(1):26-46.
- Palacios-Nava, M.E. 2004.** Diferencias en la salud de jornaleras y jornaleros agrícolas migrantes en Sinaloa, México. *Salud Pública de México* 46(4):286-293.
- Palacios, N.M.E. 2003.** Aplicación de un instrumento para evaluar la exposición a plaguicidas organofosforados, efectos agudos y subagudos en la salud de trabajadores agrícolas. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM* 46(1):22-27.
- Palacios, N.M.E., T.G.S. García & R.M.P Paz. 2009.** Determinación de niveles de colinesterasa en jornaleros agrícolas. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM* 52(2), 63-68.
- Payán-Rentería, R. G. Garibay-Chávez, R. Rangel-Ascencio, V. Preciado-Martínez, L. Muñoz-Islas & C. Beltrán-Miranda. 2012.** Effect of chronic pesticide exposure in farm workers of a Mexico community. *Archives of Environmental Occupational and Health* 67(1):22-30
- Prince, C., K. Ravinder, S.V.J. Shiva & N. en Kumar. 2018.** Organophosphorus pesticides

residues in food and their colorimetric detection. *Environmental Nanotechnology Monitoring & Management* 10:292-307.

Ramírez, G.A. 2005. Las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México: ensayo geográfico-ecológico. *Ciencia y Mar* 9(25): 3-20

Rendón Von O.J., R. Tinoco-Ojanguren, A.M.V.M. Soares & L. Guilhermino. 2004. Effect of pesticide exposure on acetylcholinesterase activity in subsistence farmers from Campeche, México. *Archives of Environmental Health* 59(8):418-425.

Sánchez-Chávez, G. & R. Salceda. 2008. Enzimas polifuncionales: El caso de la acetilcolinesterasa. *Revista de Educación Bioquímica* 27(2): 44-51

Szász, G. 1968. Cholinesterase Bestimmung im serum mit Acetyl-und Butyrylthiocholin als substrat. *Clinica Chimica Acta* 19:191

Tinoco, R. & D. Halperin. 1997. Poverty, production and health: Inhibition of erythrocyte cholinesterase via occupational exposure to organophosphate insecticides in Chiapas, México. *Archives of Environmental Health* 53:29-35.