

Niveles de colinesterasa sérica en agricultores de San Pablo de Borbur, Boyacá, expuestos a organofosforados

Serum cholinesterase levels in farmers from San Pablo de Borbur, Boyacá, exposed to organophosphates

Andrés Felipe Rodríguez-Gil¹ ; Eliana Ximena Urbano-Cáceres¹ ; Laura Ximena Ramírez-López¹ ; Duvier Fabián Meza-Fandiño¹ 

* eliurbano@uniboyaca.edu.co

Forma de citar: Rodríguez Gil AF, Urbano-Cáceres EX, Ramírez-López LX, Meza Fandiño DF. Niveles de colinesterasa sérica en agricultores de San Pablo de Borbur, Boyacá, expuestos a organofosforados. Salud UIS. 2023; 55: e23012. doi: <https://doi.org/10.18273/saluduis.55.e:23012> 

Resumen

Introducción: las colinesterasas son enzimas que se encargan de hidrolizar la acetilcolina en ácido acético y colina, poniéndole fin a la transmisión nerviosa a lo largo de la sinapsis de las uniones neuromusculares. La medición de la actividad de la colinesterasa sérica constituye un indicador del efecto causado por la exposición prolongada a los organofosforados. **Objetivo:** determinar los niveles de colinesterasa sérica y factores relacionados con la exposición a organofosforados en agricultores de la vereda de Páramo Lagunas de San Pablo de Borbur, Boyacá, Colombia. **Metodología:** estudio prospectivo, de corte transversal, con una muestra de 57 trabajadores. A cada individuo se le aplicó una encuesta de datos sociodemográficos y factores laborales, posteriormente se les tomó una muestra de sangre venosa en ayuno de 8-12 horas; con el fin de determinar las concentraciones de colinesterasa sérica (kit Colinesterasa Butirilcolina Biosystems®) con el equipo automatizado de química clínica A-15 de Biosystems®. **Resultados:** el rango de edad de los participantes estuvo entre los 22 y 64 años, el 72 % de los individuos pertenecía al sexo masculino. El 3,5 % (2 varones) presentó valores inferiores al intervalo biológico de referencia (IBR), el 88 % de las personas afirmó realizar tareas con plaguicidas y el 54 % afirmó no utilizar los elementos de protección personal (EPP) al trabajar con estas sustancias. **Conclusiones:** se evidenció la falta de escolaridad y la ausencia del acompañamiento técnico en esta zona, lo que induce a que estos agricultores realicen procesos agrícolas relacionados con la aplicación de plaguicidas sin el adecuado conocimiento y sin la utilización adecuada de EPP.

Palabras clave: Acetilcolinesterasa; Intoxicación; Plaguicidas; Inhibidores; Colinesterasa; Organofosforados; Agricultores; Enzima.

¹Universidad de Boyacá. Tunja, Colombia.

Abstract

Introduction: Cholinesterases are enzymes responsible for hydrolyzing acetylcholine in acetic acid and choline, which ends nerve transmission along the synapse of neuromuscular junctions. Measurement of serum cholinesterase activity acts as an indicator of the effect caused by prolonged exposure to organophosphates and carbamates. **Objective:** To determine serum cholinesterase levels and factors related to exposure to organophosphates in farmers from the county of Páramo Lagunas in San Pablo de Borbur, Boyacá, Colombia. **Methodology:** Prospective, cross-sectional study, with a sample of 57 agricultural workers, a survey of sociodemographic data and labor factors was applied to each individual and a venous blood sample was taken in an 8-12 hour fasting. Serum cholinesterase concentrations were determined (Biosystems® Butyrylthiocholine Cholinesterase kit), by means of the Biosystems® A-15 automated clinical chemistry kit. **Results:** The age range of the participants was between 22 and 64 years old, 72% of the individuals belonged to the male sex. 3.5% (2 male individuals) presented values lower than the biological reference interval (BRI); 88% of the people affirmed to carry out tasks with pesticides and 54% of them affirmed not to use personal protective equipment (PPE) when working with these substances. **Conclusions:** The lack of schooling was evidenced in most of the farmers, as well as the absence of technical support to this area, which induces these farmers to carry out agricultural processes such as pesticide application, without adequate knowledge and without the proper use of PPE.

Keywords: Acetylcholinesterase; Poisoning; Pesticides; Inhibitors; Cholinesterase; Organophosphates; Farmers; Enzyme.

Introducción

Los plaguicidas organofosforados (POF) se clasifican como potentes inhibidores de las colinesterasas. Son ésteres del ácido fosfórico y sus homólogos, biodegradables y de fácil hidrólisis en medios húmedos y pH alcalinos¹. Afectan la salud humana de diversas formas, ya que penetran el organismo por inhalación, ingestión o a través de la piel intacta, se distribuyen por el organismo, donde sufren varias reacciones metabólicas de activación, desoxidación y conjugación, y son eliminados de manera correcta por vía renal². Estos agroquímicos, una vez inhiben la función colinesterásica, no pueden ser eliminados normalmente del organismo, por ende, se acumulan y se convierten en compuestos neurotóxicos. Esta inhibición se produce en el tejido nervioso, lo cual propicia una acumulación de acetilcolina endógena, con los consecuentes signos y síntomas que mimetizan los efectos muscarínicos y nicotínicos de la acetilcolina, así como los que esta enzima produce en el sistema nervioso central³. Estos organofosforados son altamente utilizados en nuestro país como insumos agrícolas, plaguicidas domésticos y para el control de plagas que amenazan constantemente los cultivos⁴.

En Colombia, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cada año se presentan unos 3 millones de casos de intoxicación aguda por plaguicidas, de los cuales 220 000 tienen un desenlace fatal⁵. El 75 % de las muertes y de las intoxicaciones se dan a causa de la manipulación directa de plaguicidas y organofosforados, el resto se debe a envenenamientos por consumo de alimentos contaminados⁶. En el país,

se está presentando un gran aumento del uso de estos productos, debido a la expansión de la ganadería y al crecimiento de cultivos como algodón, plátano, café, caña y flores, entre otros^{7,8}. De acuerdo con el análisis que realizó la Secretaría de Salud del departamento de Boyacá sobre el comportamiento en la notificación de intoxicaciones por sustancias químicas para el año 2019, las intoxicaciones por organofosforados ocupan el segundo lugar con un 20,7 % (117 casos)⁹. Para el año 2020 se realizó un análisis del comportamiento de las intoxicaciones agudas por sustancias químicas, de acuerdo con los casos ingresados en el aplicativo Sivigila hasta la semana epidemiológica 32; se encontraron 204 casos notificados, en su mayoría ocasionados por intoxicaciones por plaguicidas y otras sustancias¹⁰.

Los trabajadores del sector agrícola corren el riesgo de exposición a estos agroquímicos, principalmente durante la mezcla, carga y fumigación con estos productos¹¹. Los efectos producidos en la salud de los trabajadores expuestos a estas sustancias pueden ser agudos, retardados o crónicos, y los casos reportados con más frecuencia son las intoxicaciones agudas, las cuales teóricamente se presentan cuando existe una inhibición del 25 % o más de la enzima acetilcolinesterasa¹².

El cuadro clínico producido por la intoxicación con estos compuestos organofosforados es dado por el agotamiento de las colinesterasas en las terminaciones nerviosas y su acumulación en el espacio postsináptico de las neuronas, lo cual genera un exceso de actividad colinérgica a nivel del sistema nervioso central, periférico y autónomo (simpático y parasimpático)¹³. En

el municipio de San Pablo de Borbur, especialmente en la vereda Páramo Lagunas, se desconoce la información sobre el uso de los EPP al aplicar plaguicidas, dado que la población se encuentra en una zona alejada del casco urbano y no cuenta con los recursos y servicios suficientes como tecnología e internet, por lo cual existe desinformación. Por otro lado, esta zona rural no ha sido intervenida con capacitaciones de prevención y promoción que puedan llegar a concientizar a la población agricultora¹⁴, por esto, el propósito de este trabajo fue determinar los niveles de colinesterasa sérica y los factores relacionados con la exposición a organofosforados en agricultores de la vereda Páramo Lagunas de San Pablo de Borbur, Boyacá.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio descriptivo de corte transversal con el fin de determinar los niveles de colinesterasa sérica y los factores relacionados con la exposición a organofosforados en agricultores de la vereda Páramo Lagunas de San Pablo de Borbur, Boyacá. La población de estudio estuvo compuesta por 137 agricultores, con una prevalencia del 55 % de exposición a organofosforados¹⁵ (relacionada con el grado de exposición de los agricultores a plaguicidas organofosforados y carbamatos y las concentraciones de colinesterasa sérica en esta población), un intervalo de confianza del 95 % y un porcentaje de pérdida del 10 %, para un total de 57 participantes.

El muestreo se realizó a conveniencia. Los criterios de inclusión fueron personas que hayan residido en el municipio San Pablo de Borbur, vereda Páramo Lagunas, durante los 3 meses anteriores al estudio, que se dedicaran a la agricultura (labores de siembra y fumigación), y personas que voluntariamente participaran del proyecto. Dentro de los criterios de exclusión se establecieron: menores de 18 años, personas con alteraciones que puedan disminuir la colinesterasa sérica, como enfermedades del sistema nervioso central, infecciones agudas, desnutrición crónica, ataques al corazón, daño hepático, cáncer, pacientes ictericos, pacientes ya diagnosticados, tanto clínicamente como por el laboratorio, con intoxicación por organofosforados, procesos de inflamación, individuos con limitación cognitiva que no les permitiera diligenciar el instrumento de recolección de datos, y por último, personas que no acudieron a la toma de muestra con los requerimientos adecuados, como el ayuno previo de 8 a 12 horas y no haber aplicado plaguicidas 24 horas antes.

Una vez se obtuvo la firma del consentimiento informado por parte de los agricultores, se aplicó la encuesta de enrolamiento para aplicadores de plaguicidas y organofosforados, validada por un grupo de investigadores de la Universidad Católica de Córdoba y la Universidad Nacional de Córdoba, en el estudio denominado “Exposición a plaguicidas en agro aplicadores terrestres de la provincia de Córdoba, Argentina”. Con esta, se buscaba indagar aspectos sociodemográficos y factores laborales asociados al uso de organofosforados en trabajadores agrícolas¹⁶. De este instrumento se aplicaron 21 preguntas, debido a que los demás interrogantes se relacionaban con las marcas y nombres comunes de los pesticidas usados en Argentina, por lo que no aplicaban para la población de estudio colombiana.

Posterior a ello, se recolectó una muestra de sangre venosa en ayuno de 8-12 horas y sin que la persona haya aplicado algún agroquímico las últimas 24 horas. Las muestras fueron dispuestas en tubos secos con gel separador y centrifugado a 3500 rpm por 10 minutos. Seguido a esto, se determinaron las concentraciones de colinesterasa sérica (kit Colinesterasa Butiriltiocolina Biosystems®) con un intervalo biológico de referencia para hombres entre 4620-11 500 U/L y para mujeres entre 3930-10 800U/L, esto en el equipo automatizado de química clínica A-15 de Biosystems®, con reactivos y controles de calidad de la misma casa comercial.

Para la presente investigación se contó con el aval de Comité de Bioética de la Universidad de Boyacá (2 de febrero del 2021), y se consideró el cumplimiento de las normas éticas y bioéticas que proponen el respeto de la dignidad de los seres humanos, la protección de los animales y del medioambiente (Resolución 8430 de 1993, Título II. De las investigaciones en seres humanos).

Resultados

Caracterización sociodemográfica de la población de estudio

El 100 % de los participantes (57 personas) habitaban la vereda Páramo Lagunas, 72 % (41 personas) eran hombres y el 28 % (16 personas), mujeres, tenían una edad mínima de 18 años, una máxima de 66 y una desviación estándar de 12,2. Según el grado de escolaridad, el 62 % de los participantes culminaron la primaria, el 23 % culminaron bachillerato, 14 % refieren ser técnicos y el 1 % de la población es profesional.

Determinación de los niveles de colinesterasa

Para este estudio se utilizó como indicador de exposición la actividad de colinesterasa sérica; a la totalidad de los participantes se les realizó una toma de muestra de sangre venosa, como se mencionó anteriormente. Del resultado de la cuantificación de la enzima colinesterasa sérica, se obtuvo una concentración mínima de 4493 U/L, una máxima de 8154 U/L, una media de 6016,4 U/L y un intervalo de confianza de 1532-2137. Solo un 3,5 % (2 hombres) del total de los participantes presentaron valores inferiores al intervalo biológico de referencia (IBR), cuyos resultados pueden deberse a la intoxicación por organofosforados o a posibles infecciones agudas, desnutrición crónica, infarto agudo al miocardio (IAM) o a daño hepático. Por otro lado, el

aumento de los niveles de esta enzima podría deberse a un trastorno del metabolismo de glúcidos como diabetes o hiperglicemia, nefrosis y reticulocitosis.

Factores laborales relacionados con la exposición a organofosforados

En la **Tabla 1**, se presentan los resultados de los interrogantes planteados en la encuesta de enrolamiento para aplicadores de plaguicidas de la vereda Paramo Lagunas.

Al clasificar los plaguicidas, teniendo en cuenta la categoría toxicológica, se encontró que pertenecían a la categoría toxicológica I (extremadamente tóxicos) y II (medianamente tóxicos).

Tabla 1. Factores laborales del uso de plaguicidas

Variable	Sí	
	Nº	%
Realiza tareas con plaguicidas	57	100
Agricultores que tuvieron contacto directo con plaguicidas de tipo insecticida	28	50
Agricultores que tuvieron contacto directo con plaguicidas de tipo herbicida	28	50
Tiene en cuenta las indicaciones de una persona especialista en plaguicidas	29	51
Tiene en cuenta la recomendación de dosis de un especialista	35	61
Utiliza elementos de protección personal	26	46
Luego de la actividad con plaguicidas realiza limpieza en el lugar de trabajo	15	26
Forma de limpieza en el lugar de domicilio	53	93

Fuente: autores.

Tabla 2. Plaguicidas más utilizados por los agricultores de la zona

Plaguicidas más usados en los cultivos de la vereda Paramo Lagunas	Sí	
	Nº	%
Regent® (insecticida, Bayer S. A., categoría toxicológica II)	16	28
Lorsban™® (insecticida, Dow AgroSciences, categoría toxicológica II)	13	23
Cerillo® (funguicida, Syngenta, categoría toxicológica II)	11	18
Gramoxone® (funguicida, Syngenta, categoría toxicológica II)	11	18
Glifosol® (funguicida, UPL Colombia S. A. S., categoría toxicológica II)	7	13

Fuente: los autores

Respecto al tipo de plaguicidas más utilizados, 39 agricultores (68 %) afirmaron usarlos en sus domicilios y cultivos, 18 participantes (32 %) indicaron almacenarlos dentro de la vivienda y el 68 % restante indicó que los insumos son almacenados, posteriormente a su uso, en lugares alejados de sus viviendas, incluyendo bodegas especiales.

Las formas de aplicación de plaguicidas y fertilizantes que más prevalecen en la vereda intervenida son la pulverización (37 %), fumigación (68 %) y máquinas de aplicación (75 %), con las cuales se realiza una distribución de los plaguicidas y fertilizantes en forma de

líquido, que se deposita sobre las plantas como pequeñas gotas. Respecto al uso de los elementos de bioseguridad, 31 personas (54 %) afirmaron no utilizarlos a la hora de manipular o realizar tareas de aplicación en los cultivos, y 46 % afirmó utilizar uno o dos de ellos, por ejemplo tapabocas-guantes, overol-caretta.

Además, la población de estudio indicó que no cuenta con asistencia técnica constante ni capacitaciones que ayuden a orientar a los agricultores sobre los temas de manipulación, dosificación y aplicación de los insumos agrícolas, por lo que se infiere que la población realiza estas tareas de manera empírica.

Luego de las actividades con plaguicidas y fertilizantes, los agricultores del estudio afirmaron que el proceso de limpieza se realiza principalmente en el domicilio (91 %), lugar de trabajo (30 %) y baño del domicilio (82 %), y que la forma de limpieza de estos lugares luego de utilizar los plaguicidas y fertilizantes es con alcohol (40 %) o con agua y jabón (70 %).

Discusión

El presente estudio genera un impacto importante en la salud de individuos ocupacionalmente expuestos al uso de plaguicidas en la vereda Páramo Lagunas del municipio de San Pablo de Borbur, Boyacá, ya que el 88 % de los agricultores refirieron realizar tareas de campo empleando organofosforados, los cuales son aplicados por fumigación.

En Colombia, Carmona-Fonseca Jaime realizó dos investigaciones en el año 2002 y 2003^{18,19} en dos grupos de poblaciones laborales activas del Valle de Aburrá y del cercano oriente antioqueño, enfocadas a establecer valores de referencia de la actividad de la colinesterasa eritrocitaria y sérica para el país; en el primero, comparó dos técnicas de diferentes fundamentos (Michael y EQM®), y en el segundo incluyó una tercera: Monotest®. De los resultados, se resalta que los valores de la actividad de la colinesterasa eritrocitaria encontrados por las técnicas analíticas Michael, EQM® y Monotest® fueron significativamente superiores a los valores foráneos utilizados actualmente como valores de referencia en Colombia, lo que plantea problemas clínicos y epidemiológicos. Respecto a los valores obtenidos, se encontró que en el oriente antioqueño la actividad enzimática masculina fue significativamente mayor que la femenina, por lo que se puede inferir que la altura sobre el nivel del mar es una variable que influye significativamente en la concentración del analito. Los resultados de esta investigación son comparables al presente estudio, debido a que de igual forma se encontró una elevación en los resultados de los participantes de sexo masculino; en este sentido, la variable altura sería un factor que en próximas investigaciones se podría tener en cuenta.

En 2014, en Córdoba, Colombia, se buscó describir la exposición laboral por plaguicidas, por lo que se obtuvo que los métodos más utilizados para la aplicación de estos productos en los cultivos fueron la bomba de espalda y la fumigación por aspersión; estos representan el mayor riesgo de exposición. El 5,88 % de los trabajadores encuestados que utilizaron estos métodos presentaron niveles por debajo del IBR, resultados

que al ser comparados con la presente investigación se asemejan, ya que el método de aplicación que más usaron fue fumigación (44 %) por medio de mochila bomba, procedimiento de alto riesgo de contaminación con los organofosforados, debido a las corrientes de aire contrarias al momento de la fumigación²⁰.

Un estudio realizado en el 2015 en Magdalena, Colombia, tuvo como principal objetivo evaluar la concentración de colinesterasa sérica en trabajadores de una empresa bananera, expuestos ocupacionalmente a organofosforados; se identificó que de 74 personas de sexo masculino (92,5 %), dos tuvieron valores menores a 2952 U/L, información que se asemeja a la del presente estudio, las causas de estas concentraciones pueden deberse al tiempo de exposición a estos compuestos y al uso inadecuado de los EPP²¹.

En el 2017, en el departamento de Caldas, Colombia, se realizó una investigación, en la cual se encontró que, de 1098 agricultores, el 98,4 % eran hombres, y el 3,8 % presentaba valores por debajo de 4659 U/L²². De otra parte, en la República Central de Benin, en el año 2017, se obtuvo que 160 personas (60,61 %) presentaron una inhibición de la enzima colinesterasa, entre ellos, 31 agricultores (11,88 %) mostraron más del 20 % de inhibición de esta enzima; estos datos, al compararlos con este estudio, difieren debido a que tan solo el 3,5 % de los participantes mostró inhibición de los valores de colinesterasa sérica en el sexo masculino²³.

En Ecuador, en 2011, Torres realizó un estudio, cuyo objetivo fue determinar los niveles de actividad de la colinesterasa sérica en personas que trabajan con insecticidas organofosforados en una plantación de rosas, donde se obtuvo que, de 32 hombres, 5 tuvieron valores por debajo al IBR de colinesterasa sérica, resultado comparable a la presente investigación, en donde, de un total de 57 participantes, 2 presentaron valores inferiores al IBR de sexo masculino²⁴.

Por otro lado, es evidente que la exposición a plaguicidas y organofosforados ocurre, principalmente, durante la preparación de la mezcla y la aplicación del producto, por lo que, una vez estos agroquímicos entran en contacto con el cuerpo, pueden ingresar por diversas vías: a nivel respiratorio, absorción por la piel, absorción por la conjuntiva ocular o por ingestión de alimentos; por esto, el uso de EPP debe ser estricto a la hora de la manipulación y aplicación de estos agroquímicos²⁵.

Uno de los factores laborales obtenidos en la encuesta de enrolamiento para plaguicidas fue el uso de

elementos de protección personal, donde el 54 % de los agricultores afirmaron no utilizarlos a la hora de manipular y aplicar estos compuestos. En el 2014, en Nepal, Asia, se realizó un estudio, cuya finalidad era describir los tipos de pesticidas utilizados, el uso de EPP y las prácticas de higiene entre los agricultores; se obtuvo una prevalencia más baja frente a la de la presente investigación, ya que en la vereda Páramo Lagunas el 13 % de los participantes no utilizaron ningún equipo de protección personal mientras rociaban pesticidas en el campo²⁶.

En Arusha, Tanzania, en el año 2019, Kapeleka et al. realizaron un estudio que brindó información útil sobre el nivel de exposición ocupacional y ambiental a plaguicidas en los sistemas de producción hortícola de pequeños agricultores; se obtuvo como resultado que, de los 108 agricultores, ninguno utilizaba EPP (85,7 %) ²⁷. Otro estudio realizado en 2015, en Tolima, Colombia, obtuvo que el 44 % de las personas no utilizaba estos elementos, posiblemente por incomodidad, el 28 % no los usaba por factores económicos, el 17 % desconocía la importancia de estos elementos, y el 6 % creía que estos no tenían una utilidad aparente²⁸. En comparación con los estudios anteriormente mencionados, la presente investigación tuvo un porcentaje elevado de uso inadecuado de los EPP (54 %), esto posiblemente por la falta de capacitaciones técnicas y el desconocimiento de los agricultores sobre su uso y manejo correcto.

Por otra parte, respecto a los plaguicidas más usados en los cultivos de la vereda Páramo Lagunas, el Regent® fue el más utilizado por los agricultores (28 %), clasificado en categoría II, por lo que hace parte de los que, medianamente, generan efectos crónicos, hasta incluso llegar a generar la muerte en las personas. Un estudio realizado en el 2020 en Etiopía tuvo como objetivo evaluar el uso de plaguicidas en fincas de flores seleccionadas en esta zona de África, donde de los 45 plaguicidas clasificados por la OMS, uno era de tipo organofosforado, clasificado como clase IB, con un ingrediente activo altamente peligroso para la salud de las personas, mientras que 31 (27,4 %) de los plaguicidas estaban en la clase II; esta información se asemeja a la del presente estudio, ya que se utilizaron plaguicidas de las mismas categorías toxicológicas, donde los organofosforados son los de mayor uso²⁹.

En 2009, en Córdoba, Argentina, se realizó un estudio que tuvo como fin caracterizar una población de aplicadores terrestres de plaguicidas de Córdoba y describir los factores condicionantes de la exposición y adopción de medidas de protección, respecto a la

frecuencia de uso de los plaguicidas, se encontró que el herbicida más difundido fue el glifosato con un 98 %, información que difiere con la presente investigación, ya que los plaguicidas que se utilizaron con mayor frecuencia eran de tipo insecticida, especialmente el Regent (28 %) y el Lorsban (23 %) ³⁰.

Conclusiones

Una vez concluido el presente estudio, y a partir de la información obtenida en el sitio de investigación, el procesamiento de los datos obtenidos, su análisis y su interpretación, se presentan las siguientes conclusiones.

Se encontró que los 57 participantes del estudio tenían un rango de edad entre los 25 a 44 años, donde el porcentaje de hombres (72 %) fue mayor al de mujeres (28 %); el nivel de escolaridad que prevaleció fue la primaria completa en un 62 %.

Al determinar las concentraciones de colinesterasa sérica, se encontró que el 3,5 % de la población (2 participantes) presentó valores alterados por debajo del intervalo biológico de referencia. La población de estudio tuvo una concentración mínima de 4493 U/L, una máxima de 8154 U/L, una media de 6016,4 U/L.

Se determinó que el 88 % de la población de estudio tiene contacto directo con plaguicidas de tipo insecticidas y el 12 % restante con herbicidas, que según su clasificación toxicológica, son extremada y medianamente tóxicos. Además de esto, el 54 % de los agricultores afirman no utilizar los elementos de protección personal.

Diferentes estudios demuestran la gran importancia de la cuantificación de las colinesterasas, las cuales permiten tener un seguimiento de los efectos de los organofosforados sobre la salud de las personas; sin embargo, esto debe fortalecerse en la población agrícola de la vereda Paramo Lagunas del municipio de San Pablo de Borbur, Boyacá, ya que estos no acostumbran realizar un control de las concentraciones de colinesterasa, debido a la falta de conocimiento y a la ausencia de asistencia técnica.

Recomendaciones

se sugiere a los agricultores realizar de forma periódica la determinación de colinesterasa sérica, así como tener en cuenta las recomendaciones de los proveedores de los productos que se usan como plaguicidas en cuanto a dosis y bioseguridad en la aplicación.

Se invita realizar este tipo de proyectos en poblaciones vulnerables y en regiones en donde existan prevalencias altas de intoxicaciones por el uso de plaguicidas, así como la intervención de la comunidad con estrategias de información, educación y comunicación relacionadas con el tema.

Se recomienda implementar un plan de capacitaciones a los agricultores de esta zona, los cuales trabajan con plaguicidas que contienen compuestos inhibidores de la colinesterasa. Esta capacitación debe tocar puntos como usos, beneficios y riesgos, formas de protegerse, manera de almacenarlos y desecharlos, primeros auxilios y reconocimiento de los síntomas en caso de intoxicaciones, entre otros aspectos, lo cual ayudará a disminuir los efectos dañinos sobre la salud y el medioambiente.

Conflicto de interés

Los autores hacemos constar que no existe conflicto de intereses entre los autores y ninguna entidad pública o privada relacionada con la producción o comercialización de los agroquímicos plaguicidas.

Referencias

1. Muñoz-Quezada MT, Lucero B, Iglesias V, Muñoz MP, Achú E, Cornejo C, et al. Plaguicidas organofosforados y efecto neuropsicológico y motor en la Región del Maule, Chile. *Gac Sanit.* 2016 May 1; 30(3): 227-231. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.01.006>
2. Cortés-Iza SC, Rodríguez AI, Cortés-Iza SC, Rodríguez AI. Oxidative stress and pesticide disease: a challenge for toxicology. *Rev Fac Med.* 2018 Apr 1; 66(2): 261-267. doi: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n2.60783>
3. Marrero S, González S, Guevara H, Eblen A. Evaluación de la exposición a organofosforados y carbamatos en trabajadores de una comunidad agraria. *Comunidad Salud.* 2017; 15(1): 30-41.
4. Tiwari P, Dwivedi S, Singh MP, Mishra R, Chandy A. Basic and modern concepts on cholinergic receptor: A review. *Asian Pacific J Trop Dis.* 2013 Oct; 3(5): 413-420. doi: [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(13\)60094-8](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(13)60094-8)
5. Díaz SM, Sánchez F, Varona M, Eljach V, Muñoz G MN, Díaz SM, et al. Niveles de colinesterasa en cultivadores de papa expuestos ocupacionalmente a plaguicidas, Totoró, Cauca. *Salud UIS.* 2017 Mar 24; 49(1): 85-92. doi: <https://doi.org/10.18273/revsal.v49n1-2017008>
6. Fernández A DG, Mancipe G LC, Fernández A DC. Intoxicación por organofosforados. *Rev Fac Med.* 2010; 18(1): 84-92.
7. Devine GJ, Eza D, Ogusuku E, Furlong MJ. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Rev Peru Med Exp Salud Pública.* 2008; 25(1).
8. Holzer F, Mastroleo I. Innovative Practice in Latin America: Medical Tourism and the Crowding Out of Research. *Am J Bioeth.* 2019 Jun 3; 19(6): 42-44. doi: <https://doi.org/10.1080/15265161.2019.1602189>
9. Mesa Romero Y. Informe del comportamiento epidemiológico de las intoxicaciones por sustancias químicas, Boyacá - 2019. Gobernación de Boyacá. 2019.
10. Pedraza Bernal AM. Informe de intoxicaciones por sustancias químicas en Boyacá para el VIII periodo epidemiológico de 2020. Tunja; 2020.
11. Jiménez Quintero CA, Pantoja Estrada AH, Leonel HF. Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuenca “La Pila.” *Univ Salud.* 2016 Dec 20; 18(3): 417-431. doi: <https://doi.org/10.22267/rus.161803.48>
12. Del Puerto Rodríguez AM, Tamayo Suárez S, Palacio Estrada D. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud Effects of pesticides on health and the environment. *Rev Cubana Hig Epidemiol.* 2014; 52(3): 372-387.
13. González Vides G. Intoxicación por plaguicidas: casuística del Hospital Universitario del Caribe y de la Clínica Universitaria San Juan de Dios de Cartagena. 2009-2010. Universidad Nacional de Colombia; 2011.
14. Franco Paz S. Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud del municipio de San Pablo de Borbur 2017. San Pablo de Borbur; 2017.
15. Chalén Benites NI, Demera Sánchez JA. Estudio bibliográfico de los niveles de colinesterasa como biomarcador de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en agricultores. Guayaquil, Universidad de Guayaquil; 2021
16. Carmona Fonseca J. Valores de referencia de colinesterasa plasmática con los métodos de Michel, EQM y Monotest en población laboral activa del departamento de Antioquia, Colombia. *Biomédica.* 2003; 23(4): 437.
17. Carmona-Fonseca J. Valores de referencia de la actividad de la colinesterasa eritrocitaria según las técnicas de Michel y EQM® en población laboral de Antioquia, Colombia. *Rev Panam Salud Pública.* 2003; 14(5): 316-324.
18. Hanna Lavalle M, Orozco Valeta M. Exposición

- laboral por plaguicidas en cultivadores de algodón: Valle del Sinú medio. *Económicas CuC*. 2016; 35(2): 65-74.
19. Lozano-Socarras SL. Determinación del nivel de colinesterasa sérica en una población ocupacionalmente expuesta a plaguicidas en el municipio Zona Bananera, Magdalena (Colombia), 2012. *Curare*. 2015; 2(1). doi: <http://dx.doi.org/10.16925/cu.v2i1.1309>
 20. Rojas Rodríguez AE, Toro-Osorio BM, Díaz-Zapata JA. Niveles de colinesterasa sérica en caficultores del Departamento de Caldas, Colombia. *Rev Salud Pública*. 2017; 19(3): 318-324. doi: <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n3.52742>
 21. Colangelo C, Shichkova P, Keller D, Markram H, Ramaswamy S. Cellular, synaptic and network effects of acetylcholine in the neocortex. *Front Neural Circuits*. 2019; 13(April). doi: <https://doi.org/10.3389/fncir.2019.00024>
 22. Luzuriaga Calle MA, Vega Torres PV. Determinación de colinesterasa sérica en trabajadores y personal administrativo de las plantaciones “El Trébol” ubicadas en el cantón biblián. Cuenca: Universidad de Cuenca; 2011.
 23. Mladenovi M, Arsi BB, Stankovi N, Mihovi N, Ragno R, Regan A, et al. molecules The targeted pesticides as acetylcholinesterase inhibitors: Comprehensive cross-organism molecular modelling studies performed to anticipate the pharmacology of harmfulness to humans in vitro. *Molecules*. 2018; 23. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules23092192>
 24. Neupane D, Jørs E, Brandt L. Pesticide use, erythrocyte acetylcholinesterase level and self-reported acute intoxication symptoms among vegetable farmers in Nepal: A cross-sectional study. *Environ Heal A Glob Access Sci Source*. 2014 Nov 20; 13(1): 1-7.
 25. Kapeleka JA, Sauli E, Sadik O, Ndakidemi PA. Biomonitoring of Acetylcholinesterase (AChE) Activity among Smallholder Horticultural Farmers Occupationally Exposed to Mixtures of Pesticides in Tanzania. *J Environ Public Health*. 2019. doi: <https://doi.org/10.1155/2019/3084501>
 26. López K, Pinedo C, Zambrano M. Prácticas de Salud Ocupacional y niveles de biomarcadores séricos en aplicadores de plaguicidas de cultivos de arroz en Natagaima-Tolima, Colombia. *Rev Toxicol*. 2015; 32(2): 102-106.
 27. Shentema MG, Kumie A, Brátveit M, Deressa W, Ngowi AV, Moen BE. Pesticide Use and Serum Acetylcholinesterase Levels among Flower Farm Workers in Ethiopia—A Cross-Sectional Study. *Int J Environ Res Public Heal*. 2020 Feb 4; 17(3): 964. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17030964>
 28. Lantieri MJ, Meyer Paz R, Butinof M, Fernández RA, Stimolo MI, Díaz MP. Exposición a plaguicidas en agroaplicadores terrestres de la provincia de Córdoba, Argentina: factores condicionantes. *Agrisciencintia*. 2009; 26(2): 43-54.