

Determinación de plaguicidas organofosforados a trabajadores de control de plagas del estado de Coahuila, México

Determination of organophosphate pesticides to pest control workers of the state of Coahuila, México

Determinação de pesticidas organofosforados para trabalhadores de controle de pragas no estado de Coahuila, México

Détermination des pesticides organophosphorés chez les travailleurs chargés de la lutte antiparasitaire dans l'État de Coahuila, Mexique

Valeria Maldonado Ortega¹ , Yisa María Ochoa Fuentes² , Ernesto Cerna Chávez³ 

DOI: 10.19136/hs.a19n2.3640

Artículo Original

Fecha de recibido: 11 de febrero de 2020

Fecha de aceptado: 11 de marzo de 2020

Autor de correspondencia:

Yisa María Ochoa Fuentes. Dirección postal: Calzada Antonio Narro 1923,
Col. Buenavista. Saltillo, Coahuila, México. Correo electrónico: yisa8a@yahoo.com

Resumen

Objetivo: Determinar el nivel de plaguicidas organofosforados en muestras de orina, con la finalidad de proponer el uso adecuado de medidas de seguridad para reducir riesgos laborales provocados por la constante exposición a estos productos.

Materiales y métodos: Se realizó una técnica colorimétrica para la determinación de cuatro plaguicidas organofosforados: metamidofos, malatión, clorpirifos y naled, en muestras de orina recolectadas en el estado de Coahuila. Se utilizó un espectrofotómetro ultravioleta visible para su análisis.

Resultados: Los datos obtenidos en esta investigación mostraron que los cuatro productos analizados se encontraron presentes en las muestras de orina, en un rango de concentraciones de 11.4 a 654.15 µl/ml.

Conclusiones: Se obtuvieron resultados positivos en las dieciséis muestras de orina, encontrándose presencia de los cuatro plaguicidas organofosforados estudiados, lo que podría indicar una falta de uso de medidas de seguridad en los trabajadores.

Palabras clave: Residuos de Pesticidas; Organofosforados; Pruebas de detección.

¹. Maestra en Ciencias en Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología, Saltillo, Coahuila, México.

². Profesora investigadora de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología, Saltillo, Coahuila, México

³. Profesor investigador de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología, Saltillo, Coahuila, México.

Abstract

Object: To determine the level of organophosphorus pesticides in urine samples, in order to propose the appropriate use of safety measures to reduce occupational hazards caused by constant exposure to these products.

Materials and methods: A colorimetric technique was used to determine four organophosphorus pesticides: methamidophos, malathion, chlorpyrifos and naled, in urine samples collected in the state of Coahuila. A visible ultraviolet spectrophotometer was used for analysis.

Results: The data obtained in this investigation showed that the four products analyzed were present in the urine samples, in a concentration range of 11.4 to 654.15 $\mu\text{l} / \text{ml}$.

Conclusions: Positive results were obtained in the sixteen urine samples, finding presence of the four organophosphorus pesticides studied, which could indicate a lack of use of safety measures in workers.

Keywords: Pesticide Residues; Organophosphates; Diagnostic tests.

Resumo

Objetivo: Determinar o nível de pesticidas organofosforados nas amostras de urina, a fim de propor o uso adequado de medidas de segurança para reduzir os riscos ocupacionais causados pela exposição constante a esses produtos.

Materiais e métodos: Foi realizada uma técnica colorimétrica para a determinação de quatro pesticidas organofosforados: metamidofós, malatião, clorpirifós e naled, em amostras de urina coletadas no estado de Coahuila. Um espectrofotômetro ultravioleta visível foi utilizado para sua análise.

Resultados: Os dados obtidos nesta investigação mostraram que os quatro produtos analisados estavam presentes nas amostras de urina, na faixa de concentração de 11,4 a 654,15 $\mu\text{l} / \text{ml}$.

Conclusões: Resultados positivos foram obtidos nas dezesseis amostras de urina, encontrando a presença dos quatro pesticidas organofosforados estudados, o que pode indicar falta de uso de medidas de segurança nos trabalhadores.

Palavras-Chave: Resíduos de Pesticidas; Organofosfatos; Testes de triagem.

Résumé

Objectif : Déterminer le niveau de pesticides organophosphorés dans des échantillons d'urine, afin de proposer l'utilisation appropriée de mesures de sécurité pour réduire les risques professionnels causés par une exposition constante à ces produits.

Matériels et méthodes : Une technique colorimétrique a été utilisée pour déterminer quatre pesticides organophosphorés - méthamidophos, malathion, chlorpyrifos et naled - dans des échantillons d'urine prélevés dans l'État de Coahuila. Un spectrophotomètre à ultraviolet visible a été utilisé pour l'analyse.

Résultats : Les données obtenues dans cette recherche ont montré que les quatre produits analysés étaient présents dans les échantillons d'urine, dans une fourchette de concentration de 11,4 à 654,15 $\mu\text{l}/\text{ml}$.

Conclusions : Des résultats positifs ont été obtenus dans les seize échantillons d'urine, révélant la présence des quatre pesticides organophosphorés étudiés, ce qui pourrait indiquer un manque d'utilisation de mesures de sécurité chez les travailleurs.

Mots clés : Résidus de pesticides ; Organophosphates ; Tests de dépistage.

Introducción

Los plaguicidas permiten combatir hierbas, plagas, malezas e insectos no deseados¹. Estos compuestos se utilizan a gran escala en actividades agrícolas y, como resultado, se puede producir la contaminación del medio ambiente y generar residuos en los alimentos que pueden dañar la salud humana². Los plaguicidas se han convertido en una parte esencial en la agricultura actual, jugando un papel importante en el incremento de la productividad agrícola. Sin embargo, el uso indiscriminado y extensivo de ellos representa una problemática en el ambiente y en la salud humana. Dentro de las consecuencias en su uso inapropiado se pueden mencionar: provocar brotes de plagas secundarias³, destrucción de especies no objetivo, contaminación del suelo, agua y aire⁴, y residuos en productos agrícolas primarios y derivados⁵.

En la actualidad se ha coincidido a través de investigaciones científicas que existe un exceso de aplicación de plaguicidas en el sector agrícola, lo que ha tenido como consecuencia al deterioro de las tierras así como la generación de resistencia a ciertas plagas⁶. La mayoría de los productos utilizados se aplican por aspersión de polvos o mezclas acuosas al follaje de las plantas y/o malezas que crecen junto a los cultivos. Los plaguicidas que son aplicados por fumigaciones aéreas pueden ser arrastrados por el viento a varios kilómetros de distancia de donde se aplican⁷, lo que puede ocasionar un riesgo adicional al ambiente.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias químicas o biológicas destinadas a destruir cualquier tipo de plaga, incluyendo vectores de enfermedades, especies no deseadas de plantas que lleguen a causar un perjuicio en la producción agropecuaria⁸. Los agricultores y el personal que se encuentra directamente involucrado en el manejo de plaguicidas, corren un alto riesgo de exposición a través del contacto con residuos en cultivos, malas prácticas de manipulación, almacenamiento y eliminación, así como la falta de protección⁹.

Según Bejarano¹⁰, los efectos negativos que se presentan comúnmente atribuidos a estas sustancias son, dolores de cabeza, náuseas, vómitos, dolores de estómago y diarreas. La gravedad de estos efectos sobre la salud va a depender de diversos factores tales como: el tipo de plaguicida y su grado de toxicidad, la exposición y concentración, frecuencias de aplicación y la utilización de medidas de protección personal¹¹. Además de los efectos inmediatos, los cuales son evidentes, la exposición crónica puede causar daños al sistema nervioso, sistema inmunitario, así como daño en la fertilidad, mutaciones¹², y en numerosos casos, cáncer¹³.

En 2009 Payán y colaboradores¹⁴ estudiaron los efectos de la exposición crónica a plaguicidas. El experimento se llevó a cabo en una comunidad de Jalisco en donde se realizó un estudio comparativo entre dos grupos de trabajadores: los expuestos directamente a la aplicación de plaguicidas y un grupo control. A cada caso se le abrió un historial médico que se complementó con pruebas sanguíneas, el 20% de los trabajadores mostraron síntomas de intoxicación y diversas alteraciones en los sistemas digestivo, respiratorio y renal; presentaron también fragmentos de ADN libres en el plasma y un alto nivel de peroxidasa lipídica en comparación con los trabajadores no expuestos, lo cual sugiere que existen daños en la salud a nivel celular.

Cabe apuntar que en México, de acuerdo con la legislación inscrita en la Ley Federal del Trabajo apartado "A" inciso XIII, corresponde a la Secretaría de Salud y a la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), realizar acciones como campañas informativas sobre los riesgos del uso de plaguicidas, así como fomentar el uso de equipo de protección personal y prácticas de seguridad durante la exposición laboral¹⁵.

Por lo antes expuesto, el objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de plaguicidas organofosforados en muestras de orina recolectadas de fumigadores utilizando la técnica de espectrofotometría.

Material y métodos

Se colectaron muestras de orina de fumigadores urbanos en el estado de Coahuila: Acuña, Piedras Negras, Sabinas y Monclova. Se tomaron cuatro muestras por municipio, en vasos clínicos para recolección de muestras con tapa rosca, los cuales se transportaron en refrigeración hasta su lugar de procesamiento en el Laboratorio de Toxicología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Se utilizó una técnica aplicada en el año 2000 por Namera¹⁶, con ligeras modificaciones para llevar a cabo la determinación de cuatro plaguicidas organofosforados: metamidofos, malatión, clorpirifos y naled. Se agregaron 0.2 mL de NBP (45% de acetona) a 2 mL de muestra de orina, mezclándolo por 30 segundos en el vortex. La mezcla se llevó a calentamiento hasta 100 °C por 20 minutos en baño maría, para posteriormente dejar enfriar a temperatura ambiente. Se agregó 0.2 mL de TEP y 2 mL de éter dietílico, se forman dos fases de la cual se extrae la fase superior, vertiéndola en celdillas de vidrio para su análisis mediante espectrofotómetro ultravioleta visible.

Resultados

El método utilizado fue aplicado a un total de 16 muestras de orina de fumigadores urbanos con edades comprendidas entre los 21 a 70 años, cuatro por cada municipio del estado, a los cuales se les notificó que dicha toma de muestra fue para conocer el nivel de plaguicidas.

Se analizaron cuatro plaguicidas organofosforados (metamidofos, malatión, clorpirifos y naled). En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis espectrofotométrico en las muestras de orina.

Discusión

Se pudo observar que todas las muestras se mostraron positivas en presencia de los cuatro plaguicidas estudiados; siendo naled el producto con las concentraciones más altas, seguido por clorpirifos, malatión y metamidofos.

En cuanto a los municipios, la ciudad de Acuña presentó una mayor concentración de los cuatro plaguicidas. De acuerdo al Panorama Epidemiológico de Dengue 2019¹⁷, este municipio se encuentra dentro de la zona de seguridad con 27 casos

por cada 100,000 habitantes; sin embargo, las aplicaciones cuentan como zona de alarma dentro de los meses de julio a diciembre. Tomando en consideración que el muestreo se llevó a cabo en el mes de diciembre, pudo haber sido un factor que las aplicaciones frecuentes de estas sustancias químicas se hayan visto reflejadas en los resultados presentados.

La letra A representa al trabajador con mayor edad y va en descenso; los niveles más elevados se presentaron en los trabajadores de mayor edad, el comportamiento de las concentraciones va disminuyendo de acuerdo a la edad. La ciudad de Sabinas contaba con los trabajadores más jóvenes y se pudo observar en su área de trabajo que no se contaba con material de protección. En un estudio realizado por Jallow¹⁸ y colaboradores en 2017, en donde se encuestó a un total de 250 agricultores, reportaron que era común el uso de plaguicidas de toxicidad clase II y III (según la OMS), tales como monocrotofos, profenofos y malatión.

En los Estados Unidos fue retirado por la EPA en 2001 el registro de los plaguicidas clorpirifos y malatión para la fumigación fuera o dentro de residencias, limitando su uso solamente fumigadores certificados y para usos adicionales en campos de golf o plantas industriales¹⁹. Se ha mencionado

Tabla 1. Concentración de plaguicida ($\mu\text{L}/\text{mL}$) presente en muestras de orina de trabajadores de control de plagas del estado de Coahuila

Concentración de plaguicida ($\mu\text{L}/\text{mL}$)				
Muestra	Metamido- fos	Malatión	Clorpiri- ifos	Naled
A. Acuña	47.4	32.9	159.6	654.15
B. Acuña	31.35	21.8	105.5	432.54
C. Acuña	17.7	12.35	59.8	245.19
D. Acuña	11.4	7.96	38.5	157.975
F. Piedras N	22.3	15.52	75.17	307.94
G. Piedras N	13.8	9.64	46.71	191.35
H. Piedras N	17.87	12.42	60.18	246.53
I. Piedras N	30	20.88	101.13	414.295
J. Sabinas	10.74	7.46	36.17	148.18
K. Sabinas	13.48	9.37	45.40	186.01
L. Sabinas	7.54	5.24	25.41	106.47
M. Sabinas	13.19	9.17	44.42	186.09
N. Monclova	12.70	8.83	42.8	175.33
O. Monclova	32.32	22.47	108.84	445.89
P. Monclova	11.80	8.20	39.75	162.87
Q. Monclova	7.16	4.97	24.11	98.79

Fuente: Elaboración propia

en investigaciones anteriores que estos ingredientes activos provocan alteraciones en el ADN, así como la inducción de la apoptosis en linfocitos de trabajadores²⁰.

Los plaguicidas organofosforados se encuentran entre los compuestos más utilizados en México²¹. Aproximadamente el 80% de estos compuestos se metabolizan generando alcohol y metabolitos diaquilfosfatos (DAP), los cuales se agrupan de acuerdo con su estructura química y el compuesto organofosforado padre, es por ello que en la actualidad la exposición a estos plaguicidas se estima a través de la medición urinaria de estos metabolitos²². Diferentes estudios epidemiológicos han reportado que las concentraciones urinarias de metabolitos DAP son superiores en personas que viven en zonas agrícolas, en comparación con aquellos que residen en áreas urbanas²³.

Ramírez y col. (2010)²⁴, realizaron un estudio en un grupo de niños y adolescentes residentes de una comunidad agrícola de gran importancia en el estado de San Luis Potosí, en donde se aplican con mayor frecuencia los productos clorpirifos, diazinón, malatión, metamidofos, dimetoato y monocrotofos. Los resultados mostraron que la incidencia de metabolitos metilados como el dimetiltiofosfato (DMTP) es mayor que los metabolitos etilados, se hace mención que dentro de los metilados se encuentran el malatión, dimetoato, paratión y naled. Por otro lado, Arcury y col. (2012)²⁵ detectaron, cuantificaron y compararon la presencia de estos metabolitos en trabajadores agrícolas y no agrícolas, en donde las detecciones de la mayoría de los metabolitos DAP fueron similares para ambos casos, expresándose DMTP en un 75.4 y 67.4% respectivamente.

Conclusiones

Se obtuvieron resultados positivos en las dieciséis muestras de orina, encontrándose presencia de los cuatro plaguicidas organofosforados estudiados en rangos de 11.4 a 654.5 µl/ml, lo que puede indicar una exposición en mayor frecuencia a naled, clorpirifos, malatión y por último a metamidofos. Esto puede indicar una falta de uso o conocimiento de las medidas y equipos de seguridad que deben de ser utilizados durante las jornadas de fumigación.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología de México (CONACYT), por el apoyo económico brindado a la autora principal por medio de beca para seguir cursando sus estudios de posgrado.

Referencias

1. Pochini KM, Hoverman JT. Reciprocal effects of pesticides and pathogens on amphibian hosts: the importance of exposure order and timing. *Environ. Pollut.* 2017; 221, 359-366. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.11.086
2. Mekonen S, Argaw R, Simanesew A, Houbraken M, Senaev D, et al. Pesticide residues in drinking water and associated risk to consumers in Ethiopia. *Chemosphere.* 2016; 162, 252-260.
3. Gross K, Rosenheim JA. Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal inference statistics. *Ecol. Appl.* 2011; 21, 2770-2780. DOI: 10.1890/11-0118.1
4. Zacharia JT. Physical and chemical properties of pesticides, pesticides in the modern world-trends in pesticides analysis. *InTech.* 2011; Disponible en: <http://www.intechopen.com/books/pesticides-in>. DOI: 10.5772/17513.
5. Osman KA, Al-Humaid AM, Al-Redhaiman KN. Monitoring of pesticide residues in vegetables marketed in Al-Qassim region, Saudi Arabia. *Ecotox. Environ. Saf.* 2010; 73, 1433-1439. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2010.05.020
6. Albert LA. Panorama de los plaguicidas en México [en línea]. 2015 [10 de enero 2020]. Disponible en: <http://alef.mx/el-jarocho-cuatico-49-los-plaguicidas-en-mexico/>
7. Butler-Ellis MC, van de Zande JC, van den Berg F, Kennedy MC, O'Sullivan CM, Jacobs CM, et al. The browse: model for predicting exposures of residents and bystanders to agricultural use of plant protection products: an overview. *Biosystems Eng.* 2016; 154, 92-104. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.08.01
8. FAO. Código internacional de conducta para la gestión de plaguicidas. Actualización. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014; Código, Roma, Italia, 6 pp. Disponible en: <http://www.fao.org/3/A0220S/a0220s.pdf>
9. Atreya K, Johnse FH, Sitaula B, K. Health and environmental costs of pesticide use in vegetable farming in Nepal. *Environ. Dev. Sustain.* 2012; 14, 477-493. DOI: 10.1007/s10668-011-9334-4
10. Bejarano J. Guía para la gestión ambiental responsable de los plaguicidas químicos de uso agrícola en Colombia. 2011; 22. Disponible en: <http://cep.unep.org/repacar/capacitacion-y-concienciacion/andi/publicaciones-andi/Guia%20ambiental%20plaguicidas.pdf>

- 11 Machado A, Ruíz M, Sastre M, Butinof M. Exposición a plaguicidas, cuidado de la salud y subjetividad. España y Portugal: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe; 2012. Disponible en: <https://www.revistakairos.org/exposicion-a-plaguicidas-cuidado-de-la-salud-y-subjetividad/>
- 12 Piperakis SM, Kontogianni K, Karanastasi G. Investigation of the genotoxic effects of pesticides on greenhouse workers lymphocytes. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 2009; 50, 121-126.
- 13 Bolognesi C, Creus A, Ostrosky-Wegman P, Marcos R. Micronuclei and pesticide exposure. *Mutagenesis*. 2011; 26:19-26. DOI: 10.1093/mutage/geq070
- 14 Payán R, Garibay G, Rangel R, Preciado V, Muñoz L, Beltrán C, et al. Effect of chronic pesticide exposure in farm workers of a Mexico community. *Archives of Environmental and Occupational Health*. 2012; 67 (1), 22-30. DOI: 10.1080/19338244.2011.564230
- 15 Sánchez M, Pérez N, Quintanilla B. Organophosphorous pesticides research in Mexico: epidemiological and experimental approaches. *Toxicol. Mech. Methods*. 2011; 21, 681-691. DOI: 10.3109/15376516.2011.602130.
- 16 Namera A, Utsumi Y, Yashiki M, Ohtani M, Imamura T, Kojima T. Direct colorimetric method for determination of organophosphates in human urine. *Clinica Chimica Acta*. 2000; 9-12. DOI: 10.1016/s0009-8981(99)00189-8
- 17 Secretaría de Salud. Panorama Epidemiológico de Dengue 2019. Secretaría de Salud, Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud, Dirección General de Epidemiología. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/524262/Pano_dengue_52_2019.pdf
- 18 Jallow MF, Awadh DG, Albaho MS, Devi VY, Thomas, BM. Pesticide knowledge and safety practices among farm workers in Kuwait: results of a survey. *International Journal of Environment Research and Public Health*. 2017; 14; 340. DOI: 10.3390/ijerph14040340
- 19 Horton MK, Rundle A, Camann DE, Boyd Barr D, Rauh VA, Whyatt RM. Impact of prenatal exposure of piperonyl butoxide and permethrin on 36-month neurodevelopment. *Pediatrics*. 2011; 127. DOI: 10.1542/peds.2010-0133
- 20 Li Q, Kobayashi M, Kawada T. Chlorpyrifos induces apoptosis in human T cells. *Toxicology*. 2009; 255: 53-57. DOI: 10.1016/j.tox.2008.10.003
- 21 Quintanilla B, Pérez N, Rojas E. Epidemiological studies of anticholinesterase pesticide poisoning in Mexico. *Metabolism, neurotoxicity, and epidemiology*. 2010; (Sato T. y Gupta R.C., Eds.). John Wiley and Sons, 471-479. DOI: 10.1002/9780470640500.ch34
- 22 Yañez L, Ramírez M, Rodríguez Y, Calderón J, Ramos, E. Evaluación de las alteraciones en el desempeño cognitivo de niños mexicanos expuestos a plaguicidas organofosforados. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2018; 34; 9-23. DOI: 10.20937/RICA.2018.34.esp02.01
- 23 Oulhote Y, Bouchard MF. Urinary metabolites of organophosphate and pyrethroid pesticides and behavioral problems in Canadian children. *Environ. Health Perspect*. 2013; 121, 1378-1384. DOI: 10.1002/9780470640500.ch34
- 24 Ramírez R, Mejía R, Calderón J, Montero R, Yañez L. Concentraciones urinarias de metabolitos de plaguicidas organofosforados en niños y adolescentes de una zona agrícola de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 2010; 1 (4); 87-97. Disponible en: <http://reibci.org/publicados/2014/septiembre/3300123.pdf>
- 25 Arcury TA, Laurienti PJ, Chen H, Howard T, Boyd D, Mora D, et al. Organophosphate pesticide urinary metabolites among latino immigrants. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2012; 58 (11); 1079-1086. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000875