

Evaluación de colinesterasa plasmática en floricultores de los municipios de Chiquinquirá y Toca, Boyacá, Colombia

Evaluation of Plasma Cholinesterase in Flower Growers in the municipalities of Chiquinquirá and Toca, Boyacá, Colombia

Leidy Johanna Caro-Gamboa¹

Ruth Maribel Forero-Castro²

Viviana Esperanza Torres-Torres³

Dalia Xiomara Suárez-Pulido⁴

Alix Eugenia Dallos-Báez⁵

Fecha de recepción: 11 de septiembre de 2019

Fecha de aceptación: 28 de octubre de 2019

Resumen

La exposición a plaguicidas en el contexto laboral requiere una vigilancia epidemiológica a través del análisis de la actividad de las enzimas colinesterasas. Actualmente, Colombia cuenta con documentos técnicos donde se exponen los parámetros para realizar la prueba. Los plaguicidas organofosforados inhiben las enzimas colinesterasas; el grado de inhibición depende de la condición biológica del individuo expuesto, la toxicidad del plaguicida manipulado y las características de la exposición, en cuanto a duración y frecuencia. Por ende, se quiere evaluar los niveles de colinesterasa plasmática como biomarcador de exposición a plaguicidas en floricultores de los municipios de Chiquinquirá y Toca, del departamento de Boyacá, Colombia, por medio de un estudio descriptivo de corte transversal con una muestra de 76 trabajadores de empresas de flores expuestos a

¹ M. Sc. (c) Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). leidyjohanna.caro@uptc.edu.co. ORCID: [0000-0003-2717-0715](https://orcid.org/0000-0003-2717-0715).

² Ph.D. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). maribel.forero@uptc.edu.co. ORCID: [0000-0002-5205-8891](https://orcid.org/0000-0002-5205-8891).

³ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). viviana.torres01@uptc.edu.co. ORCID: [0000-0001-5297-8471](https://orcid.org/0000-0001-5297-8471).

⁴ Universidad de Cundinamarca (Girardot-Cundinamarca, Colombia). dxsuarez@ucundinamarca.edu.co. M. Sc. (c) Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). dalia.suarez@uptc.edu.co. ORCID: [0000-0001-7969-7231](https://orcid.org/0000-0001-7969-7231).

⁵ M. Sc. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). ORCID: alix.dallos@uptc.edu.co. [0000-0003-0920-1741](https://orcid.org/0000-0003-0920-1741).

plaguicidas. Se recolectó la información sobre edad, sexo y labor de todos los trabajadores. La colinesterasa plasmática se determinó mediante el método cinético DGKC, donde se obtuvo un 98.68 % (75/76) de floricultores que presentaron niveles normales de colinesterasa plasmática, de acuerdo con los valores de referencia establecidos para la técnica, y el 1.32 % (1/76) tuvo valores por debajo de 3930 U/L. No se evidenciaron asociaciones de la actividad de la colinesterasa con el sexo ($p=0,407$), la edad ($p=0,435$) o la labor desempeñada ($p=0,762$). En conclusión, en los trabajadores estudiados se observó una mínima inhibición de la colinesterasa plasmática (1.32 %,) comúnmente causada por exposición a plaguicidas organofosforados, lo cual indica que posiblemente estos trabajadores estén laborando en empresas donde, en cumplimiento de la normativa vigente, se están implementando medidas adecuadas de protección personal, las cuales disminuyen la exposición.

Palabras clave: agricultura; colinesterasa plasmática; exposición ocupacional; plaguicidas; vigilancia epidemiológica.

Abstract

Occupational exposure to pesticides requires epidemiological surveillance through the analysis of cholinesterase enzyme activity. Currently, Colombia has technical documents setting out the parameters for carrying out the test. Organophosphate pesticides inhibit cholinesterase enzymes, the degree of inhibition depends on the biological condition of the exposed individual, the toxicity of the pesticide and the characteristics of the exposure, in terms of duration and frequency. Therefore, we want to evaluate plasma cholinesterase levels as a biomarker of pesticide exposure in flower growers in the municipalities of Chiquinquirá and Toca, in the state of Boyacá, Colombia, by means of a descriptive cross-sectional study with a sample of 76 workers of flower companies exposed to pesticides. Information on age, sex and labor was collected from all workers. Plasma cholinesterase was determined using the DGKC kinetic method. Where 98.68% (75/76) of flower growers presented normal levels of plasma cholinesterase according to the reference values established for the technique and 1.32% (1/76) had values below 3930 U/L. No associations of cholinesterase activity with sex ($p=0.407$), age ($p=0.435$) or work ($p=0.762$) were evident. In conclusion, in the workers studied a minimal inhibition of plasma cholinesterase (1.32%) was observed, commonly caused by exposure to organophosphate pesticides, which indicates that these workers may be working in companies where, in compliance with current

regulations, adequate personal protection measures are being implemented, which reduce exposure.

Keywords: agriculture; epidemiological surveillance; occupational exposure; plasma cholinesterase; pesticides.

Para citar este artículo:

Caro-Gamboa, L. J., Forero-Castro, R. M., Torres-Torres, V. E., Suárez-Pulido, D. X., & Dallos-Báez, A. E. (2019). Evaluación de colinesterasa plasmática en floricultores de los municipios de Chiquinquirá y Toca, Boyacá, Colombia. *Pensamiento y Acción*, 27, 21-42.

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento 4.0



Introducción

El manejo de plaguicidas conlleva riesgos para la salud de las personas que los emplean en labores agrícolas, como los agricultores y floricultores (Cervantes et al., 2006). La exposición ocupacional a plaguicidas ocurre por la participación de los trabajadores agrícolas en diferentes etapas del ciclo de utilización del plaguicida, tales como su transporte, almacenamiento, aplicación y manipulación posconsumo (Ministerio de la Protección Social [MPS], 2008a; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014). Como resultado de la exposición a plaguicidas es posible que se presenten afectaciones en el funcionamiento del cuerpo humano, que provoquen intoxicaciones en el momento (intoxicaciones agudas) o a lo largo del tiempo (intoxicaciones crónicas) asociadas a un mal manejo de los plaguicidas (Cervantes et al., 2006; Instituto Nacional de Salud [INS], 2010).

Con el fin de reducir los riesgos en la salud de los individuos en contacto con plaguicidas, uno de los criterios propuestos en el Código de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas, es la implementación de un programa de vigilancia (FAO, 2014). De acuerdo con esto, en Colombia, específicamente en el ámbito ocupacional, el Plan Decenal de Salud Pública 2012-2021, adoptado mediante Resolución 1841 de 2013 (Ministerio de Salud y Protección Social [MinSalud], 2013b), señala como una de las estrategias del componente de situaciones prevalentes de origen laboral, la de promover la vigilancia epidemiológica ocupacional. El propósito de este tipo de vigilancia es identificar los riesgos y las consecuencias de estos sobre la salud de los trabajadores, con especial atención a la exposición a plaguicidas en el sector agrícola (MinSalud, 2013a).

En el contexto nacional, el país cuenta con diferentes documentos técnicos como los emitidos por el INS, entre los cuales se encuentra el “Protocolo de vigilancia en salud pública, intoxicaciones por sustancias químicas” (INS, 2016b) y el “Manual de

intoxicaciones por sustancias químicas” (INS, 2018). Así mismo, los publicados por el Ministerio de Salud y Protección Social, tales como la “Guía para el manejo de urgencias toxicológicas” (MPS, 2008b) y las guías de atención integral de salud ocupacional basadas en la evidencia, adoptadas mediante Resolución 1013 del 2008 (MPS, 2008c), entre ellas la de trabajadores expuestos a plaguicidas inhibidores de la colinesterasa (MPS, 2008a).

En todos estos documentos, la principal prueba de laboratorio que se emplea para vigilar a trabajadores ocupacionalmente expuestos a plaguicidas organofosforados, es el análisis de laboratorio de la actividad de las enzimas colinesterasas, bien sea la colinesterasa plasmática (CP), la colinesterasa eritrocitaria (CE) o ambas (INS, 2016; Minsal de Chile, 2014; MSCBS de España, 1999). Se usan las enzimas colinesterasas (CP y CE) como biomarcadores, porque permiten identificar el efecto tóxico de los plaguicidas inhibidores de la colinesterasa como los organofosforados, ya que cuando este tipo de plaguicidas es absorbido en el cuerpo, se une al sitio activo de las enzimas reduciendo sus niveles de actividad (Fernández, Mancipe & Fernández, 2010).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el presente estudio se planteó como objetivo evaluar los niveles de CP como biomarcador de exposición a plaguicidas en floricultores de los municipios de Chiquinquirá y Toca, del departamento de Boyacá, Colombia.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en los municipios de Chiquinquirá y Toca, departamento de Boyacá (Colombia); el primero se encuentra a 5° 37' 10" latitud y 73° 49' 15" longitud, y el segundo a 5° 33' 50" latitud y 73° 11' 30" longitud (Gobernación de Boyacá, 2016). En cuanto a la producción agrícola para el año 2015, el municipio de

Chiquinquirá reportó cultivos de curuba, mora y tomate de árbol; para este mismo año Toca registró cultivos de clavel, girasol, mini clavel y rosa (Gobernación de Boyacá, 2016).

Muestra

Se elaboró un estudio descriptivo de corte transversal, con 76 trabajadores expuestos a plaguicidas, pertenecientes a tres empresas floricultoras de los municipios de Chiquinquirá (n=1) y Toca (n=2) entre los años 2015 a 2017. Se emplearon como criterios de inclusión: floricultores expuestos a plaguicidas, mayores de 18 años y de cualquier sexo. Adicionalmente, la muestra de estudio fue clasificada según el tipo de exposición, estableciéndose como expuestos directos aquellos floricultores que manipularon o tuvieron contacto habitual o regular con plaguicidas al desarrollar labores relacionadas con la mezcla, carga y fumigación de estas sustancias, por lo menos durante los últimos seis meses previos al estudio. Estos criterios fueron establecidos acorde con investigaciones relacionadas con el tema de la investigación (Alvarado et al., 2019; Butinof et al., 2017; Hanna & Orozco, 2014; Nganchamung, Robson & Siriwong, 2017; Palacios & Paz, 2011; Simoniello, Kleinsorge & Carballo, 2010; Varona & De Segurado, 2007). Finalmente, fue posible evaluar de manera longitudinal los niveles de CP en 14 trabajadores, a lo largo de dos o tres periodos de medición.

Prueba de colinesterasa plasmática

La prueba de CP en los trabajadores expuestos ocupacionalmente a plaguicidas, fue procesada mediante el kit de Colinesterasa Liquiform de la casa comercial Labtest Diagnóstica S.A. El kit utilizó los parámetros del test de Gernon planteado por la Sociedad Alemana de Química Clínica (Deutsche Gesellschaft für Klinische Chemie, DGKC), los cuales se basan en el método de Ellman (Maia, Pérez & Soler, 2012). El método de Ellman mide la producción de tiocolina procedente de la acción de la enzima colinesterasa que hidroliza el sustrato butirilcolina en tiocolina y butirato. La producción de tiocolina está directamente relacionada con la actividad

de la enzima presente en la muestra de sangre, a mayor actividad de la colinesterasa, mayor tiocolina (Ellman, Courtney, Andres & Featherstone, 1961). La diferencia entre el test Gernon y el método de Ellman, es que el test de Gernon emplea el ferricianuro de potasio por ser más específico para la CP (Maia et al., 2012). La longitud de onda utilizada en la lectura fue de 405 nm, la temperatura de la reacción fue de 37 °C y el intervalo de tiempo entre lecturas fue de 30 segundos. Los valores de la actividad CP fueron expresados en unidades por litro (U/L).

Para la interpretación de los resultados se utilizaron los siguientes rangos de normalidad: 3930 a 10800 U/L para hombres entre 16 a 39 años, 2800 a 7400 U/L para mujeres no embarazadas de 16 a 39 años, y 3500 a 8500 U/L para hombres y mujeres mayores de 40 años.

Análisis y tratamiento de los datos

Como variables categóricas se tuvieron en cuenta, sexo, empresa, oficio o labor y tipo de exposición, y como variables cuantitativas se evaluaron la edad y los niveles de colinesterasa expresados en U/L. Se estableció la distribución de frecuencias absolutas y relativas para cada conjunto de datos pertenecientes a variables categóricas. Como medidas de tendencia central se calcularon la media y la desviación estándar o la mediana y rango intercuartil, según normalidad de los datos, evaluada mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y de Shapiro-Wilk según el caso. Las diferencias entre dos grupos se compararon mediante la prueba de Chi-cuadrado o prueba exacta de Fisher, para las variables categóricas, tales como: sexo, rangos de edad, tipo de exposición, oficio o labor. Para variables continuas se usaron las pruebas de t-test de Student (medias de CP vs. sexo, tipo de exposición respectivamente) y U de Mann-Whitney (edad vs. sexo), según distribución de los datos. Los análisis de varianza (ANOVA) para un factor se aplicaron para comparar simultáneamente tres o más medias en grupos independientes (medias de CP vs. rangos de edad, empresa, oficio o labor); de igual forma, se empleó el modelo factorial de análisis de varianza para evaluar el efecto

individual y conjunto de dos o más factores (variables independientes categóricas: medias de CP vs. rango de edad y sexo) sobre una variable dependiente cuantitativa (valores de CP). Finalmente, los modelos de análisis de varianza (ANOVA) de un factor con medidas repetidas (MR) se usaron para comparar la diferencia entre las medias de CP en floricultores con mediciones en dos o tres periodos anuales.

Todas las pruebas fueron de dos colas y se tuvo en cuenta un valor de probabilidad de 0.05 con un nivel de significancia estadística del 5 %. Los datos colectados del estudio fueron sistematizados en una base de datos Excel y procesados en el paquete de *software* IBM SPSS Statistics Base v23.0.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en la reunión del 3 de diciembre del 2018; asimismo, siguió los lineamientos jurídicos y éticos contemplados en la última modificación (Edimburgo, Escocia, octubre de 2000) de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (“Principios éticos para la investigación que involucra sujetos humanos”) y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

Resultados

Características de la serie de estudio

En la Tabla 1 se describen las características de la muestra analizada en este estudio.

Tabla 1. Características de la muestra de floricultores expuestos a plaguicidas. Municipios de Chiquinquirá y Toca, departamento de Boyacá.

Parámetro		Total (n=76)		Femenino (n=9)		Masculino (n=67)		Valor p	
		N	%	n	%	n	%		
Edad (mediana, RI; media, ±)		76	29,50 (RI: 23-39)	9	36 (RI: 32-45,5)	67	31,45±12,232	0,02*	
Rangos de edad	18 – 26	33	43,4%	0	0,0%	33	49,3%	0,006**	
	27 -34	16	21,1%	3	33,3%	13	19,4%		
	35 – 44	13	17,1%	4	44,4%	9	13,4%		
	>45	14	18,4%	2	22,2%	12	17,9%		
	Total	76	100%	9	100%	67	100%		
Tipo de exposición	Indirecto	10	16,7%	3	60,0%	7	12,7%	0,029**	
	Directo	50	83,3%	2	40,0%	48	87,3%		
	Total	60	100%	5	100%	55	100%		
Oficio o labor	Expuestos directos	Asistente de finca	1	2,0%	0	0,0%	1	2,1%	0,989***
		Bombero	1	2,0%	0	0,0%	1	2,1%	
		Fumigador	2	4,0%	0	0,0%	2	4,2%	
		Monitor de fumigación	3	6,0%	0	0,0%	3	6,3%	
		Operario	40	80,0%	2	100,0%	38	79,2%	
		Regador	2	4,0%	0	0,0%	2	4,2%	
		Tanquista	1	2,0%	0	0,0%	1	2,1%	
	Total	50	100%	2	100%	48	100%		
	Expuestos indirectos	Bodeguero	1	10,0%	0	0,0%	1	14,3%	0,172***
		Gerente técnico	1	10,0%	0	0,0%	1	14,3%	
		Jefe de finca	1	10,0%	0	0,0%	1	14,3%	
		Mantenimiento	2	20,0%	0	0,0%	2	28,6%	
		Recepción	1	10,0%	0	0,0%	1	14,3%	
		Supervisor	4	40,0%	3	100%	1	14,3%	
Total	10	100%	3	100%	7	100%			
Total		60	100%	5	100%	55	100%		

*Prueba no paramétrica U de Mann-Whitney

**Razón de verosimilitud chi-cuadrado

***Prueba de Chi-cuadrado y prueba exacta de Fisher

De la cohorte de trabajadores analizada, el 88 % correspondió a hombres y el 12 % a mujeres. Las edades oscilaron en un rango entre 18 a 67 años, con una mediana

29,50 (RI: 23-39) años. La edad media para los hombres fue de 31,45 ($\pm 12,232$), con un valor mínimo de 18 y valor máximo de 67 años. Para las mujeres, la mediana de edad fue de 36 (RI: 32-45,5) años, en el intervalo de 29 a 57 años. Se encontraron diferencias en la distribución de las edades entre hombres y mujeres (U de Mann-Whitney $p= 0,02$) (Tabla1).

Del total de la muestra analizada, el 43.4 % de los trabajadores se encontraba en un rango de edad de 18 a 26 años. Hubo una diferencia significativa en los rangos de edad entre hombres y mujeres ($p= 0,016$), así pues, el 44.4 % de las trabajadoras estaba en el rango de edad entre 35 a 44 años, mientras que el 49.3 % de trabajadores estaba en el rango de 18 a 26 años (Tabla 1).

En relación con la distribución de las empresas, el 59.2 % hizo parte de la empresa codificada como uno; el 23.65 %, de la empresa dos; y el 17.11 %, de la empresa tres. El 83.3 % de los trabajadores reportaron ser expuestos directos, mientras que el 16.7 % fueron expuestos indirectos, siendo los hombres mayormente expuestos de manera directa a plaguicidas respecto a las mujeres (87.3 % vs. 40 %, $p=0,029$). En cuanto a los oficios reportados por los trabajadores con exposición directa a plaguicidas (60/76), se encontró que el 80 % eran operarios, y en menor proporción se destacan monitores de fumigación (6 %), fumigadores (4 %) y regadores (4 %). El 100 % de las mujeres con exposición directa eran operarias, y en cuanto a los hombres, además de ejercer oficios de operario (79.2 %) también desempeñaron otras labores relacionadas con exposición directa a plaguicidas, las cuales se detallan en la Tabla 1. En cuanto a los expuestos indirectos, cabe resaltar los oficios de supervisor (40 %) y de mantenimiento (20 %) (Figura 1).

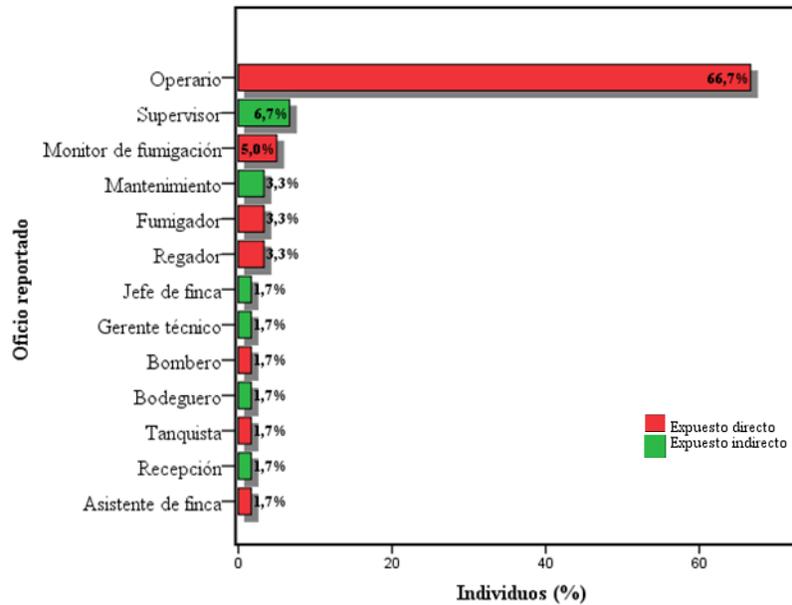


Figura 1. Distribución por oficio de los floricultores formales expuestos a plaguicidas. Municipios de Chiquinquirá y Toca, departamento de Boyacá.

Valores de colinesterasa plasmática en la muestra de estudio

Teniendo en cuenta los valores de referencia del método cinético DGKC usados en este estudio para evaluar los niveles de CP, se pudo establecer que el 98.7 % de los floricultores presentaron niveles normales en la actividad de la enzima. El valor promedio de CP obtenido en la muestra total de estudio fue de $8063,78 \pm 1934.01$ U/L.

La CP en hombres estuvo en el rango de 3422,4 a 12548,8 U/L con una media de $8135,36 \pm 1981,88$ U/L. En las mujeres, el valor mínimo observado fue de 5034,4 y el máximo de 9498,4, con una media de $7530.93 \pm 1516,15$ U/L, el cual fue menor con respecto a los trabajadores de sexo masculino; sin embargo, no se identificó una diferencia estadísticamente significativa (Prueba t-test de varianzas iguales $p=0,382$).

La Figura 1 muestra los niveles de CP en los floricultores formales expuestos a plaguicidas según rangos de edad. Se observa que no hubo diferencias significativas en las medias de estos grupos al compararlos tanto con la serie global (ANOVA de un factor de varianzas iguales, $p= 0,513$) como por sexo (ANOVA factorial de la varianza, $p= 0,433$). Sin embargo, cabe resaltar que los valores de colinesterasa fueron más bajos en los trabajadores menores de 45 años (<45 años: $7908,49 \pm 1988,120$ vs. ≥ 45 años $8751,50 \pm 1551,722$, Prueba t-test de varianzas iguales $p= 0,142$) (Figura 2).

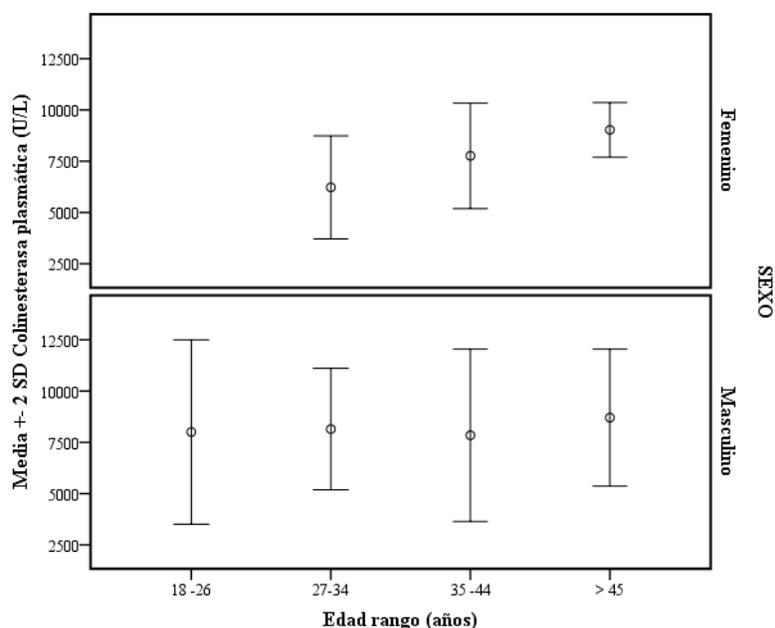


Figura 2. Niveles de CP en los floricultores formales expuestos a plaguicidas según rangos de edad y sexo. Municipios de Chiquinquirá y Toca, departamento de Boyacá.

El valor de la media de la actividad de la CP en la empresa uno (Chiquinquirá) fue de $7645,86 \pm 1907,768$ U/L, valor mínimo 3422 y máximo 10044 U/L; en la empresa dos (Toca) la media fue $7429,76 \pm 1192,371$ U/L, valor mínimo 5034 U/L y máximo 8978 U/L y en la empresa tres (Toca) media $8438,12 \pm 2115,269$ U/L, valor mínimo 4662 U/L y máximo 12549 U/L. No existieron diferencias significativas entre las medias de la actividad de la enzima observadas en los trabajadores de las diferentes empresas (ANOVA de un factor, $p= 0,120$); no obstante, se evidenció que la

empresa de flores número dos ubicada en el municipio de Toca, presentó la media de la actividad de la enzima más baja $7429,76 \pm 1192,371$ U/L con respecto a las otras empresas.

La media de CP en fumigadores fue de $6522,40 \pm 2174,49$ U/L, en individuos dedicados a actividades de mantenimiento de $7626 \pm 1911,451$ U/L; en los monitores de fumigación $7814,80 \pm 1596,41$ U/L, en operarios $8182,65 \pm 2145,064$, en regadores $6956,40 \pm 2262,17$ y en supervisores $8258,40 \pm 455,042$. No hubo diferencias significativas en las medias entre estos oficios (ANOVA de un factor de varianzas iguales, $p= 0,752$); sin embargo, se observa que la media de CP es menor en los fumigadores y regadores con respecto a las otras labores. De igual manera, no se encontró una diferencia significativa entre labores con exposición directa e indirecta (Prueba t-test de varianzas iguales, $p= 0,329$); aunque se observó una media más baja de CP en floricultores con exposición directa ($8048,68 \pm 2058,85$ U/L) frente a aquellos con exposición indirecta ($8726,68 \pm 1569,17$ U/L) (Figura 3).

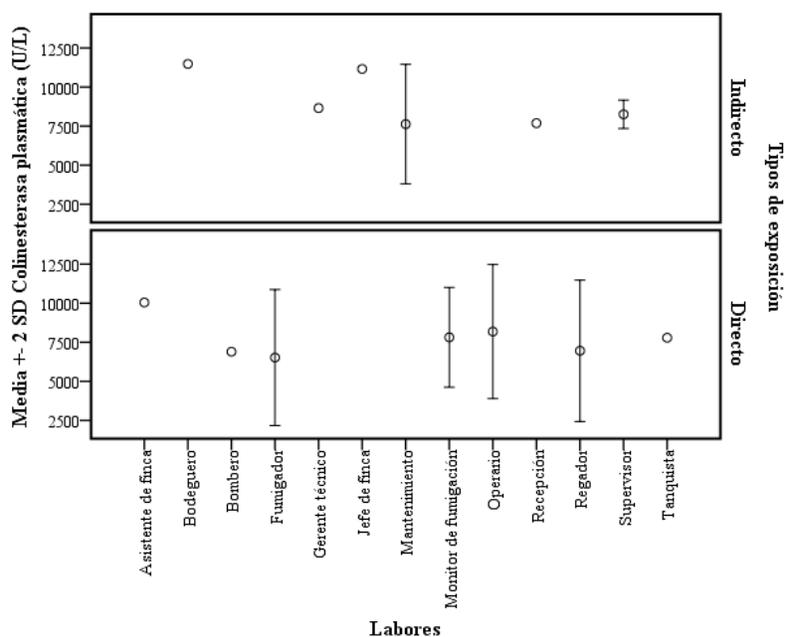


Figura 3. Niveles de CP en los floricultores formales a plaguicidas según tipo de exposición y labor. Municipios de Chiquinquirá y Toca, departamento de Boyacá.

Floricultores formales con más de una medición de colinesterasa plasmática entre 2015 a 2017

Adicionalmente, fue posible evaluar de manera longitudinal los niveles de CP en 14 trabajadores, a través de dos o tres periodos de medición. En la primera medición (n=14), la media de la CP fue de $9192,37 \pm 1419,22$, con un valor mínimo de 7043,20 U/L y un valor máximo de 11480 U/L; para la segunda medición (n=14), la media de colinesterasa fue de $8595,76 \pm 1731,54$ U/L entre 5522,40 U/L a 11651,04 U/L, y en la tercera medición (n=7) el valor medio de la CP fue de $8176,80 \pm 2163$ U/L en un rango de 5183,20 U/L a 11109,60 U/L. Aunque se apreció una disminución entre las medias de CP durante las mediciones 1 y 2 y mediciones 1, 2 y 3, el análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo (MR-ANOVA) no arrojó diferencias significativas entre las medias de la actividad de CP durante los tres periodos anuales de medición ($p=0,25$).

Discusión y conclusiones

En la vigilancia epidemiológica ocupacional a plaguicidas, la prueba de laboratorio de las enzimas colinesterasas es utilizada para determinar de forma temprana la exposición a este tipo de compuestos, con el fin de evaluar aspectos del trabajo que puedan generar alteraciones y deterioro en la salud de los trabajadores (INS, 2010; Minsal de Chile, 2014; MSCBS de España, 1999; OEHHA, 2015).

De acuerdo con el tiempo, el contexto y la cantidad de plaguicida, la exposición a PO se clasifica como aguda y crónica (INS, 2010). Es posible identificar una intoxicación aguda cuando se reportan valores deprimidos de la actividad de CP y aparecen síntomas negativos para la salud (Neupane, Jørs, & Brandt, 2017). Se emplea la CP, porque con respecto a la CE tarda menos tiempo en disminuir sus niveles, así como en recuperarlos entre días a semanas. Por su parte, debido a que la CE requiere más tiempo en deprimirse y volver a sus niveles de normalidad, entre uno a tres meses, esta es la utilizada para determinar una intoxicación crónica (Carmona, 2006; Cotton, Edwards, Rahman & Brumby, 2018; Restrepo, Londoño &

Sánchez, 2017). Por lo tanto, debido a que los niveles inhibidos son más prolongados, la CE se emplea en casos donde se presume que han ocurrido exposiciones previas entre un tiempo de tres a cuatro meses (INS, 2016b; Minsal de Chile, 2014; MSCBS de España, 1999).

Las diferencias en los tiempos de recuperación de estas enzimas se encuentran asociadas al tipo de células en las cuales estas se sintetizan, las hepáticas para la CP y los glóbulos rojos para la eritrocitaria (Cotton et al., 2018). En este estudio se evaluaron 76 trabajadores expuestos a plaguicidas que desempeñaron labores en empresas de flores de los municipios de Chiquinquirá y Toca, departamento de Boyacá. Se encontró una diferencia en la proporción de trabajadores analizados de acuerdo con el sexo ($p=0,02$); es así como se observó que prevaleció el trabajo en el género masculino. Estos resultados concuerdan con lo reportado en estudios nacionales llevados a cabo en los departamentos de Boyacá, donde encontraron que el 75.6 % (68/90) fueron hombres trabajadores en invernaderos de cultivo de tomate (Rodríguez, Garzón, Parra & Mojica, 2010); Caldas, el 90.9 % (120/132) de trabajadores agrícolas de tomate eran hombres (Varona et al., 2012); Cauca con un 63.2 % (79/125) de trabajadores de cultivo de papa (Díaz, Sánchez, Varona, Eljach & Muñoz, 2017); Córdoba con un 97 % (181/187) de trabajadores de cultivo de algodón (Hanna & Orozco, 2014); Magdalena con un 92.5 % (74/80) de trabajadores bananeros (Lozano, 2015) y Putumayo con un 86.8 % (177/204) de trabajadores del sector agrícola (Varona et al., 2007).

Con respecto a la edad, la mayor parte de los trabajadores formales estuvieron en un rango de edad entre 18 a 26 años (43.42 %, 33/76), lo cual evidencia que son parte de la población laboralmente activa del país. Este hallazgo fue similar al de Rodríguez *et al.* (2010), quienes reportaron que el 40 % (36/90) de la muestra de agricultores del municipio de Villa de Leyva, departamento de Boyacá, presentaron edades entre 15 a 29 años (Rodríguez et al., 2010). De igual manera, Lozano (2015) reportó el mayor porcentaje de trabajadores bananeros del departamento de

Magdalena (53.75 % (43/80)) en el rango de 18-34 años, lo cual concuerda con nuestro estudio donde el 64.5 % (49/76) de floricultores pertenecieron a ese rango de edad.

En cuanto a la determinación de la colinesterasa, en los trabajadores estudiados se observó que el 98.68 % (75/76) de los valores de CP se encontraron dentro de los valores de referencia normales y el 1.32 % (1/76) tuvo valores por debajo de 3930 U/L. Este bajo porcentaje de trabajadores con niveles reducidos de CP también ha sido identificado por estudios previos nacionales como el de Lozano (2015), quien encontró niveles disminuidos en la enzima tan solo en el 11.1 % (10/80, método de Ellman, VR: 3.200 a 9.000 U/L) y Toro, Rojas y Díaz (2018) en un 3.8 % de caficultores del departamento de Caldas (42/1.098, método Ellman, VR: 4.659 a 14.443 U/L). En estudios internacionales como el de Marrero, Guevara, Eblen y Sequera (2018), en el 15 % de trabajadores agrícolas de Venezuela (3/30, método Ellman, VR: 4,970 a 13,977 U/L), Neupane *et al.* (2017) en el 8.51 % de agricultores de Nepal (2/25, método Ellman, VR: 1,35 a 3,23 U/ml) y Butinof *et al.* (2017), quienes no encontraron inhibición de la enzima CP en los 99 agroaplicadores argentinos analizados (Ellman, VR: 3200 a 9000 U/l) (Marrero *et al.*, 2018; Toro *et al.*, 2018).

En el caso de CE, Varona *et al.* (2007) observaron inhibición de la enzima en el 26.5 % (54/204) de los trabajadores agrícolas analizados del departamento de Putumayo; Amaya, Roa, Camacho y Meneses (2008), en el 100 % (50/50) de agricultores de Cundinamarca (Colombia); Varona *et al.* (2012) en el 34.1 % (45/132) de cultivadores del departamento de Caldas; Hanna y Orozco (2014), en el 9.6 % (18/187) de los agricultores del departamento de Córdoba. Y de los estudios que evaluaron las dos enzimas, Díaz *et al.* (2017) hallaron que el 8 % (10/125) de los agricultores de cultivo de papa del departamento de Cauca tuvieron inhibición de la CE y ninguno en la CP.

Cabe resaltar que, aunque no se encontró asociación de la actividad de la CP con el sexo, la edad, el cargo, el tipo de exposición, se observó que la actividad de la enzima presentaba valores menores en trabajadores de sexo masculino, particularmente en los trabajadores menores de 45 años, y en los floricultores con exposición directa a plaguicidas, principalmente en fumigadores y regadores. Estos hallazgos son respaldados por Cuaspud y Vargas (2010), quienes afirman que en los intervalos de edad de 32 a 38 años se encuentra la mayor cantidad de trabajadores activos y, por ende, son los que tienen mayor exposición a los plaguicidas. Igualmente, Simoniello *et al.* (2010) establecieron que los niveles de colinesterasa eritrocintaria presentaron mayor disminución en expuestos directos frente a expuestos indirectos. En el estudio de Hanna *et al.* (2014) se encontró que de 187 agricultores del departamento de Córdoba (Colombia), a quienes se les evaluó la CE mediante el método Lovibond, el 9.63 % de los agricultores tuvo niveles por debajo de lo normal y de estos, el 4.81 % eran fumigadores y el 3.74 % recolectores, oficios donde hubo una manipulación directa con plaguicidas (Hanna *et al.*, 2014).

Finalmente, en el presente estudio no se evidenciaron diferencias significativas entre las medias de la actividad de CP durante los tres periodos anuales de medición ($p=0,25$), lo cual concuerda con lo reportado por Cotton *et al.* (2018), quienes tampoco hallaron diferencia significativa en la actividad promedio de la CE al comparar su actividad entre 41 agricultores y 14 no agricultores australianos antes y después de la exposición, durante cuatro puntos temporales 3–4 semanas, 6-7 semanas, 9-12 semanas y 10–12 semanas.

En resumen, los resultados anteriormente descritos señalan que el 98.68 % de los floricultores analizados presentaron niveles normales de CP, lo cual indica que casi la totalidad de estos trabajadores no presentaban intoxicación aguda por exposición a plaguicidas y que posiblemente estos trabajadores estén laborando en empresas de flores de los municipios de Chiquinquirá y Toca, del departamento de Boyacá,

donde se está prestando atención e implementando medidas de prevención que disminuyen la exposición a plaguicidas inhibidores de la colinesterasa, de acuerdo con los sistemas de control en la fuente, el medio y el receptor, en cumplimiento de la normativa nacional vigente. Es recomendable complementar el análisis en este tipo de trabajadores con la medición de los niveles de la CE, con el fin de descartar intoxicaciones crónicas y realizarles un estricto seguimiento y control de signos y síntomas asociados a este tipo de exposición.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por la financiación del proyecto de investigación titulado “Evaluación de la actividad de la colinesterasa plasmática como biomarcador de efecto de insecticidas organofosforados en trabajadores de empresas agropecuarias y de flores del departamento de Boyacá, Colombia”, durante los periodos 2015-2018, SGI 2503”, en el marco de la convocatoria DIN 2018 N.º 9 - Apoyo maestrías en investigación y doctorados.

Contribución de los autores

LJC-G y MF-C escribieron el manuscrito. VET-T, DXS-P y AED-B recolectaron y sistematizaron los datos del estudio, todos los autores contribuyeron a la revisión y corrección de las diferentes versiones del manuscrito. MF-C y AED-B diseñaron el estudio, revisaron y aprobaron la versión final del manuscrito.

Referencias

- Alvarado, J., Valencia, C. A., Castillo, M. R., Luna, P. D., Borboa, J. A., Mexia, M. E., & Ruiz, N. C. (2019). Agroquímicos organofosforados y su potencial daño en la salud de trabajadores agrícolas del campo sonorense. *Ciencia Ergo-Sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 26(1), 1-11. <https://doi.org/10.30878/ces.v26n1a8>.
- Amaya, E. F., Roa, A. M., Camacho, J. E., & Meneses, S. (2008). Valoración de factores de riesgo asociados a los hábitos de manejo y exposición a organofosforados y carbamatos en habitantes y trabajadores de la vereda de Bateas del municipio de Tibacuy, Cundinamarca, Colombia. *Nova*, 6(10), 147-155. <https://doi.org/10.22490/24629448.405>.

- Butinof, M., Fernández, R. A., Lerda, D., Lantieri, M. J., Filippi, I., & Díaz, M. del P. (2017). Biomonitorio en exposición a plaguicidas y su aporte en vigilancia epidemiológica en agroaplicadores en Córdoba, Argentina. *Gaceta Sanitaria*, 33(3), 216-221. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.12.002>.
- Carmona, J. (2006). Colinesterasas eritrocitaria y plasmática en trabajadores con enfermedades crónicas controladas y en usuarios de medicamentos. *Iatreia*, 19(1), 14–28.
- Cervantes, R., Henao, G.L., Morales, L., Varona, M., Condarco, G., & Huici, O. (2006). *Fortalecimiento de la vigilancia en salud pública de los plaguicidas entre Colombia y Bolivia. Informe final*. 153. Recuperado de https://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicacione-s-ops-oms-colombia&alias=611-vigilancia-en-salud-publica-de-los-plaguicidas&Itemid=688.
- Cotton, J., Edwards, J., Rahman, M. A., & Brumby, S. (2018). Cholinesterase research outreach project (CROP): point of care cholinesterase measurement in an Australian agricultural community. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0374-1>.
- Cuaspué, J., & Vargas, B. (2010). Determinación de colinesterasa eritrocitaria en trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas organofosforados y carbamatos. *Química Central*, 1(1), 71-82.
- Díaz, S.M., Sánchez, F., Varona, M., Eljach, V., & Muñoz, M. N. (2017). Niveles de colinesterasa en cultivadores de papa expuestos ocupacionalmente a plaguicidas, Totoró, Cauca. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 49(1), 85-92. <https://doi.org/10.18273/revsal.v49n1-2017008>.
- Ellman, G. L., Courtney, D., Andres, V., & Featherstone, R. M. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7(2), 88-95. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(61\)90145-9](https://doi.org/10.1016/0006-2952(61)90145-9).
- Fernández, D., Mancipe, L., & Fernández, D. (2010). Intoxicación por organofosforados. *Revista Med (UMNG)*, 18(1), 84-92. <https://doi.org/10.18359/rmed.1295>.
- Gobernación de Boyacá (2016). *Anuario estadístico Gobernación de Boyacá año 2015*. 522. Recuperado de https://www.dapboyaca.gov.co/descargas/anuarios/2015/ANUARIO_ESTADISTICO_2015.pdf.
- Hanna, M., & Orozco, M. (2014). Exposición laboral por plaguicidas en cultivadores de algodón: Valle del Sinú Medio. *Económicas CUC*, 35(2), 65-74.
- Instituto Nacional de Salud [INS] (2010). Vigilancia y control en salud pública. Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por plaguicidas. Recuperado de https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/intoxicacion_por_plaguicidas.pdf.
- Instituto Nacional de Salud [INS] (2016a). *Informe del evento intoxicaciones por sustancias químicas*. Recuperado de https://www.manizalessalud.net/apl/repositorioagregar/archivos/intoxicaciones_Periodo_III_2016.pdf.
- Instituto Nacional de Salud [INS] (2016b). *Protocolo de vigilancia en salud pública. Intoxicaciones por sustancias químicas*. Recuperado de http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/subdireccion-vigilancia/sivigila/protocolos_sivigila/pro_intoxicaciones.pdf.
- Instituto Nacional de Salud [INS] (2018). *Manual de referencia para la vigilancia de las intoxicaciones por sustancias químicas*. Recuperado de http://idsn.gov.co/site/web2/images/documentos/epidemiologia/aplicativo/Manual_VSP_Intoxicaciones_p_or_Sustancias_Quimicas_2018.pdf.
- Lozano, S. L. (2015). Determinación del nivel de colinesterasa sérica en una población ocupacionalmente expuesta a plaguicidas en el municipio Zona Bananera, Magdalena (Colombia), 2012. *Curare*, 2(1), 23-

28. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.16925/cu.v2i1.1309>.
- Maia, A.R., Pérez, M., & Soler, F. (2012). Comparación de tres métodos de determinación de la actividad colinesterasa plasmática en perro. *Revista de Toxicología*, 29(2), 135-140.
- Marrero, S., Guevara, H., Eblen, A., & Sequera, M. (2018). Evaluación de la actividad de la colinesterasa, medio ambiente y geolocalización de trabajadores expuestos en una comunidad agraria de la Colonia Tovar, Venezuela. *Revista Latinoamericana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, 65(1), 45-54.
- Ministerio de la Protección Social [MPS] (2008a). *Guía de atención integral de salud ocupacional basada en la evidencia para trabajadores expuestos a plaguicidas inhibidores de la colinesterasa (organofosforados y carbamatos)* (GATISO-PIC). Recuperado de https://www.epssura.com/guias/guia_gatiso_exposicion_organofosforado.pdf.
- Ministerio de la Protección Social [MPS] (2008b). *Guías para el manejo de urgencias toxicológicas*. Recuperado de https://www.minsalud.gov.co/Documentos_y_Publicaciones/Guía_de_Manejo_de_Urgencias_Toxicológicas.pdf.
- Ministerio de la Protección Social [MPS]. (2008c). *Resolución 1013 de 2008*. Recuperado de https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MPS_1013_2008.pdf.
- Ministerio de Salud [Minsal] de Chile (2014). *Protocolo de vigilancia epidemiológica de trabajadores expuestos a plaguicidas*. Recuperado de https://www.minsal.cl/sites/default/files/protocolo_de_vigilancia_trabajadores_expuestos_plaguicidas.pdf.
- Ministerio de Salud y Protección Social [MinSalud] (2013a). *Plan decenal de salud pública PDSP, 2012-2021*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/Documents/dimensiones/Documento-completo-PDSP.pdf>.
- Ministerio de Salud y Protección Social [MinSalud] (2013b). *Resolución 1841 de 2013*. Recuperado de <http://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-1841-de-2013.pdf>.
- Ministerio de Sanidad y Consumo [MSCBS] de España (1999). *Protocolos de vigilancia sanitaria específica plaguicidas*. Recuperado de <https://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/docs/plaguicidas.pdf>.
- Neupane, D., Jørs, E., & Brandt, L. P. A. (2017). Plasma Cholinesterase Levels of Nepalese Farmers Following Exposure to Organophosphate Pesticides. *Environmental Health Insights*, 11, 1-4. <https://doi.org/10.1177/1178630217719269>.
- Nganchamung, T., Robson, M. G., & Siriwong, & W. (2017). Association Between Blood Cholinesterase Activity, Organophosphate Pesticide Residues on Hands, and Health Effects. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 68(2), 175-183.
- Office of Environmental Health Hazard Assessment [OEHHA] (2015). *Medical Supervision of Pesticide Workers. Guide Lines for Physicians Who Supervise Workers Exposed to Cholinesterase-Inhibiting Pesticides*. Recuperado de <http://oehha.ca.gov/media/docguide2015-1.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2014). *Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas*.
- Palacios, M. E., & Paz, M. P. (2011). Sintomatología persistente en trabajadores agrícolas expuestos a plaguicidas órgano-fosforados. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 29(2), 153-162.
- Restrepo, B., Londoño, A., & Sánchez, J. (2017). Valores de colinesterasa plasmática y eritrocitaria con ácido 6-6'-ditiodinicotínico (DTNA) como indicador Plasma. *Revista Colombiana de Química*, 46(1), 13-19.

- Rodríguez, C., Garzón, M., Parra, R. A., & Mojica, G. A. (2010). Concentración de colinesterasa eritrocitaria en cultivadores de tomate en invernadero expuestos a plaguicidas organofosforados en Villa de Leyva de julio de 2007 a julio de 2008. *Revista Salud, Historia Y Sanidad*, 5(1), 1-13.
- Simoniello, M. F., Kleinsorge, E. C., & Carballo, M. A. (2010). Evaluación bioquímica de trabajadores rurales expuestos a pesticidas. *Medicina (Buenos Aires)*, 70(6), 489-498.
- Toro, B. M., Rojas, A. E., & Díaz, J. A. (2018). Niveles de colinesterasa sérica en caficultores del Departamento de Caldas, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 19(3), 318-324. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n3.52742>.
- Varona, M., Castro, R. A., Paéz, I., Carvajal, N., Barbosa, E., León, L. M., & Díaz, S. M. (2012). Impacto en la salud y el medio ambiente por exposición a plaguicidas e implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de tomate, Colombia, 2011. *Revista Chilena de Salud Pública*, 16(2), 96-106. <https://doi.org/10.5354/0717-3652.2012.20267>.
- Varona, M., Henao, G., Lancheros, A., Murcia, Á., Díaz, S., Morato, R., & De Segurado, P. (2007). Factores de exposición a plaguicidas organofosforados y carbamatos en el departamento del Putumayo, 2006. *Biomédica*, 27(3), 400-409. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v27i3.202>.