



Ciencia y Agricultura

ISSN: 0122-8420

ISSN: 2539-0899

cienciayagricultura@uptc.edu.co

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Colombia

Esparza-Olalla, Johanna Elizabeth; Carolina Forero-Lugo, Francy; Mardones-Montanares, Marcela Alejandra
Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos
Ciencia y Agricultura, vol. 17, núm. 1, 2020, -, pp. 31-50
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Colombia

DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n1.2020.10603>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560062453003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos

Johanna Elizabeth Esparza-Olalla, Francy Carolina Forero-Lugo & Marcela Alejandra Mardones-Montanares

Citación: Esparza-Olalla, J. E., Forero-Lugo, F. C., & Mardones-Montanares, M. A. (2020). Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos. *Ciencia y Agricultura*, 17(1), 31-50.

<https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n1.2020.10603>

Recibido: Septiembre 16, 2019; **Aceptado:** Diciembre 1, 2019; **Publicado:** Enero 15, 2020

Derechos de reproducción: Este es un artículo en acceso abierto distribuido bajo la licencia [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#).

Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos

Johanna Elizabeth Esparza-Olalla¹

Francy Carolina Forero-Lugo²

Marcela Alejandra Mardones-Montanares³

Resumen

En Ecuador el uso de plaguicidas organofosforados en la agricultura se ha convertido en un problema de salud pública, según datos bibliográficos las personas expuestas de manera ocupacional a estos agroquímicos manifiestan alteraciones en su salud. Este estudio fue enfocado en la valoración de parámetros hematológicos y morfológicos de agricultores expuestos de forma ocupacional a estos plaguicidas. Es un estudio observacional, descriptivo de corte transversal y correlacional. En la comunidad de Guaslán-Ecuador aproximadamente 400 personas se dedican a la agricultura, de los cuales 186 individuos formaron parte del estudio forma libre y voluntaria. El 53% de la población fueron mujeres, el 47% hombres. La valoración del hemograma permitió determinar alteraciones cuantitativas como: poliglobulia, leucocitosis, neutrofilia, linfocitosis y cambios en las plaquetas. La morfología celular se valoró con el análisis del frotis de sangre periférica que evidenció alteraciones cualitativas en glóbulos rojos, blancos y plaquetas. Los hallazgos más relevantes fueron: neutrófilos con granulación tóxica, linfocitos reactivos, hipersegmentación, plaquetas grandes y estomatocitosis. La colinesterasa eritrocitaria obtuvo 13% de la población. El 99% de la población presentó al menos una alteración cuantitativa y un 80% alteraciones cualitativas. La actividad de la colinesterasa resultó inversamente proporcional al tiempo de exposición. Se concluye que los plaguicidas organofosforados son capaces de producir alteraciones a nivel celular y enzimático. Se recomienda incluir el hemograma y el frotis de sangre periférica como marcadores de hemotoxicidad en pruebas ocupacionales o de perfil epidemiológico para personas expuestas a este tipo de agroquímicos.

Palabras clave: agricultores; colinesterasa; hemograma; organofosforados; salud pública.

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Quito, Ecuador). ORCID: [0000-0002-3425-0599](https://orcid.org/0000-0002-3425-0599).

² Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Quito, Ecuador). ORCID: [0000-0001-5376-9102](https://orcid.org/0000-0001-5376-9102).

³ M. Sc. Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Quito, Ecuador). mmardones382@puce.edu.ec. ORCID: [0002-5629-0567](https://orcid.org/0002-5629-0567).

Use of organophosphates by farmers in the community of Guaslán- Ecuador and hematological changes

Abstract

In Ecuador, the use of organophosphorus pesticides in agriculture has become a public health problem, according to bibliographic data, people exposed to these agrochemicals in occupational ways show alterations in their health. This study was focused on the assessment of hematological and morphological parameters of farmers exposed in an occupational way to these pesticides. It is an observational, descriptive cross-sectional and correlational study. In the community of Guaslán-Ecuador approximately 400 people are engaged in agriculture, of which 186 individuals were part of the study freely and voluntarily. 53% of the population were women, 47% men. The assessment of the blood count allowed to determine quantitative alterations such as: polyglobulia, leukocytosis, neutrophilia, lymphocytosis and platelet changes. Cellular morphology was assessed with the analysis of the peripheral blood smear that showed qualitative alterations in red, white and platelet cells. The most relevant findings were: neutrophils with toxic granulation, reactive lymphocytes, hypersegmentation, large platelets and stomatocytosis. Erythrocyte cholinesterase obtained 13% of the population. The 99% of the population presented at least one quantitative alteration and 80% qualitative alterations. Cholinesterase activity was inversely proportional to the exposure time. It is concluded that organophosphorus pesticides are capable of producing alterations at the cellular and enzymatic level. It is recommended to include the blood count and peripheral blood smear as markers of hemotoxicity in occupational tests or epidemiological profile for people exposed to this type of agrochemicals.

Keywords: blood count; cholinesterase; farmers; organophosphorus; public health.

Para citar este artículo:

Esparza-Olalla, J. E., Forero-Lugo, F. C., & Mardones-Montanares, M. A. (2020). Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos. *Ciencia y Agricultura*, 17(1), 31-50.
<https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n1.2020.10603>

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento 4.0



I. INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas a nivel agrícola son una herramienta útil y aplicada que permite eliminar plagas que invaden los cultivos, esto mejora su producción y comercialización. Sin embargo, el uso indiscriminado y sin regulación de los agroquímicos hace que las plagas se vuelvan resistentes, por lo tanto se utilizan químicos más concentrados en su componente activo, altamente tóxicos sin considerar el efecto dañino para el agricultor y el medio ambiente (Mora Ortiz, 2014).

Los individuos expuestos de manera ocupacional al uso y manejo de organofosforados muchas veces manifiestan enfermedades graves, de aparición crónica con sintomatología que va desde irritación de piel, mucosas, cefalea, convulsiones, debilidad, problemas neurológicos, ansiedad, mareos, náuseas, vómitos, problemas de sueño y anorexia (Toro B. Rojas A. Díaz J., 2017).

El cuadro característico de intoxicación por plaguicidas organofosforados, es más conocido como síndrome colinérgico, debido a la estimulación exacerbada de los receptores de acetilcolina, como consecuencia de ello las manifestaciones clínicas más comunes son debilidad muscular, excesiva actividad secretora de la enzima acetilcolinesterasa y alteración del estado de conciencia (Fernández, Mancipe, & Fernández, 2010). Algunos estudios realizados sobre plaguicidas organofosforados indican que estos agroquímicos generan la producción de radicales libres en el organismo, los cuales ocasionan lesiones a nivel de las membranas celulares ricas en lípidos mediante el mecanismo de lipoperoxidación. Este mecanismo provoca variaciones en las diferentes líneas celulares presentando alteraciones cualitativas y cuantitativas de las mismas (Cortez, 2017).

En Ecuador, las investigaciones sobre el efecto de plaguicidas organofosforados en la población se han enfocado al estudio del biomarcador recomendado por la Organización Mundial Salud (OMS) como indicador biológico de exposición, es decir medir la actividad de la colinesterasa; una disminución de la actividad superior al 30% sugiere supervisar y evaluar el estado de salud de la persona expuesta junto con un retiro pasajero del trabajo, mientras que la actividad inhibida de la enzima en más del 50% indica una intoxicación de tipo agudo teniendo en cuenta los síntomas clínicos en aquellos sujetos que no han tenido alteraciones anteriores (Fernández *et al.*, 2010; Cortez, 2017).

La superficie agrícola ecuatoriana es de 2.813.217 hectáreas (ha) con cultivos permanentes, transitorios y de flores. De esta área, 1.320.988,67 ha utiliza algún tipo de plaguicida de origen químico en los sembríos, lo que representa al 47% de toda la superficie. De acuerdo con las estadísticas, 1 de cada 10 ha de los cultivos utilizan plaguicidas de categoría I, conocidos como extremadamente tóxicos. Teniendo en cuenta este dato es de suma importancia abordar temas relacionados con el efecto y las consecuencias que tienen los plaguicidas sobre el ser humano (INEC, 2013; INEC, 2016).

Varios aspectos como: la manera de fumigación, escasa información, ausencia de control, exceso en la dosis recomendada, tipo de almacenamiento y desecho final entre otros son preocupantes, que deben ser considerados para generar cambios favorables a los agricultores, consumidores y el medio ambiente, siendo este último de gran importancia, ya que Ecuador es el primer país a nivel mundial en reconocer a la naturaleza como sujeto de derecho, garantizando de esta manera la biodiversidad y los ecosistemas agrarios para generar soberanía alimentaria (Naranjo, 2017).

II. METODOLOGÍA

La comunidad de Guaslán tiene un clima templado subandino, con una temperatura máxima de 18°C y una mínima de 10°C, humedad relativa del 75-80%. La ubicación geográfica de la parroquia de San Luis es al Oeste del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo con una altitud de 2662 msnm (Santillán *et al.*, 2014), formada por nueve comunidades, la cabecera parroquial y distribuida de la siguiente forma:

Tabla 1. Población según división territorial interna (GAD, 2014).

Asentamiento Humano	Población	Superficie (Hectáreas)
Cabecera parroquial	1835	659,22
Candelaria	615	317,45
Corazón de Jesús	840	117,12
El Troje	695	295,64
Guaslán	1310	469,98
La Libertad	2451	177,16
La Inmaculada	2100	462,79
Monjas Tunshi	300	139,48
San Antonio	1130	169,73
San Vicente Tiazo	780	118,35

El estudio fue de tipo observacional, descriptivo, de corte transversal y correlacional. Se relacionaron las variables como las alteraciones de los contejos celulares con las variables sociodemográficas, tiempos de exposición a organofosforados, tipo de actividad que realizan en el campo, uso de equipos de protección y capacitaciones, entre otras. El muestreo para la investigación se realizó mediante una técnica probabilística aleatoria simple, en la cual todos los individuos de la población tuvieron la misma posibilidad de ser seleccionados.

Los participantes llenaron el consentimiento informado libre y voluntariamente y las muestras de sangre fueron extraídas según lo indica las normas del Comité Internacional de Estandarización de Laboratorios Clínicos (CLSI). El análisis de laboratorio se realizó con la ayuda de dos equipos automatizados: Mindray BC-5800 para el hemograma y uso de reactivos comerciales (M-53P PROBE CLEANSER de 50 ml, M-58 LEO (I) LYSE de 1 litro, M-58 LH LYSE de 500 ml, M-58 LEO (II) LYSE de 200ml, M-58 LBA LYSE de 1 litro y M-58D DILUENT de 20 litros, además se utilizó colorante Wright para la tinción de los frotis sanguíneos

para la observación microscópica. Otro equipo utilizado fue Vital Scientific - Elitech Selectra XL-PRO para la prueba enzimática.

Una vez procesadas las muestras fueron eliminadas según en el acuerdo ministerial N°5186 de los Ministerios de Salud Pública y Ambiente

Se creó una base de datos que fue importado al programa estadístico SPSS vs.24 para la codificación de las variables y la realización del análisis estadístico, resumido en tablas y gráficos que sirvieron para evidenciar la presencia de alteraciones cualitativas y/o cuantitativas en las células sanguíneas y la actividad de la colinesterasa eritrocitaria en los agricultores expuestos ocupacionalmente a plaguicidas organofosforados. Se utilizó la prueba de Ji cuadrado con un nivel de significancia estadística del 0,05 para establecer si existió o no relación entre las variables de estudio.

III. RESULTADOS

En el grupo de agricultores que conformaron la muestra del estudio se encontró mayor participación de mujeres con un 53% (98) frente al 47% (88) para el grupo de los hombres.

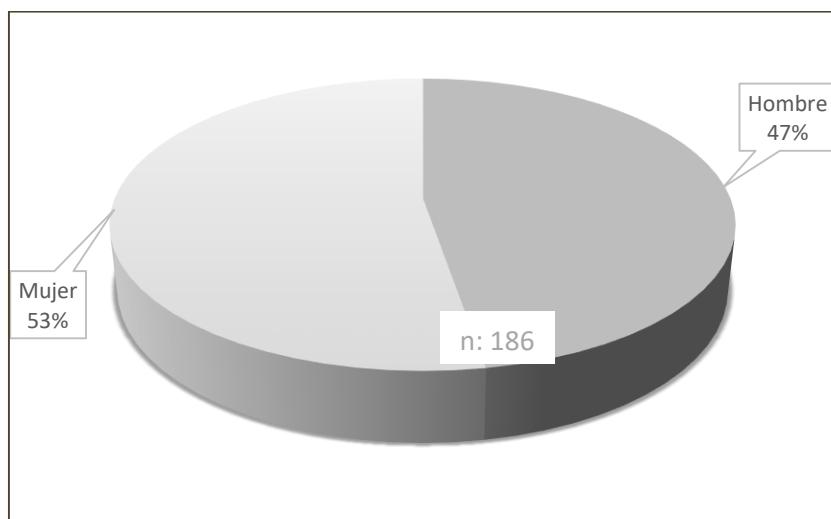


Fig. 1. Distribución de los agricultores por género.

De acuerdo a la edad el porcentaje mayor de agricultores se presenta de 29 a 49 años de edad (53%).

Tabla 2. Distribución por edad.

Edad	Frecuencia	Porcentaje
18 a 28 años	43	23%
29 a 49 años	98	53%
> 49 años	45	24%
Total	186	100%

Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos

El 41% de agricultores refirieron tener una superficie de cultivos menor a 2000 m², el 31% sostuvo que la superficie de sus cultivos estaba dentro del rango de 2000 a 4000 m² y por último un 28% indicó tener una superficie cultivada mayor a 4000 m² dedicados al cultivo de hortalizas que corresponde al 58% y el 7% al cultivo de frutas. Un grupo importante de agricultores se dedican al cultivo mixto, es decir tanto frutas como hortalizas, 35%.

Un 70% de los agricultores aplican en sus cultivos entre 100 a 200 litros de solución con plaguicida durante la fumigación. Un 14% y un 16% usan volúmenes menores a 100 litros y mayores a 200 respectivamente. Estas fumigaciones las realizan los agricultores cada quince días (46%), seguido por aquellos que las realizan una vez por semana, el 28% (n=52), porcentaje no despreciable dado el impacto que tienen los plaguicidas en la comunidad en general y por último 49 de 186 agricultores fumigan los cultivos una vez al mes, que representa el 26%.

Con la finalidad de relacionar el tiempo de exposición a plaguicidas organofosforados y posibles alteraciones en las células sanguíneas, se preguntó a los agricultores sobre el tiempo al que llevan expuestos a plaguicidas organofosforados, el mayor porcentaje fue de 51% de los agricultores expuestos de 15 a 30 años.

Tabla 3. Superficie cultivada, cultivos y prácticas de fumigación.

Variable	Categoría	n	%
Superficie cultivada (m ²)	< 2000	76	40,9
	2000 a 4000	57	30,6
	> 4000	53	28,5
Tipo de cultivo	Hortalizas	107	57,5
	Frutas y hortalizas	66	35,5
	Frutas	13	7,0
Frecuencia de fumigación	Cada 15 días	85	45,7
	Una vez por semana	52	28,0
	Una vez al mes	49	26,3
Volumen de solución de plaguicida	100 a 200 litros	130	69,9
	> 200 litros	30	16,1
	<100 litros	26	14,0
Tiempo de exposición del agricultor	15 a 30 años	95	51,1
	< 15 años	48	25,8
	> 30 años	43	23,1
Uso de EPP ^f	No usa	116	64,4
	Usa	70	37,6
Total		186	100,0

^f: Equipo de Protección Personal.

De 186 participantes, 70 indicaron que utilizan equipos de protección personal mientras que 116 admitieron no utilizar EPP, sin embargo, se constató que estos

no son los equipos adecuados para la actividad que realizan, según lo recomendado por organismos internacionales.

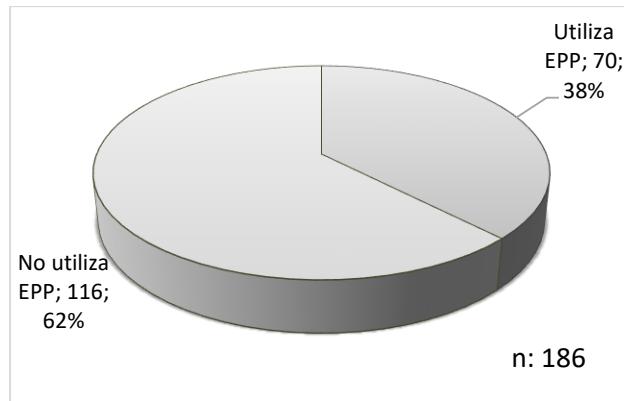


Fig. 2. Uso de equipo de protección personal para labores de campo.

De la relación de variables, se pudo establecer una asociación altamente significativa entre los niveles de hemoglobina y del hematocrito vs el género de los agricultores, mediante el análisis de la prueba de Ji cuadrado se obtuvo un $p=0,000$ y $0,001$ para hemoglobina y hematocrito respectivamente.

Tabla 4. Niveles de hemoglobina, hematocrito y variables sociodemográficas; actividades de los agricultores y de fumigación.

Variables	Categoría	Nivel de hemoglobina				Nivel de hematocrito				p	
		Normal (H: 14.90-18.30 g/dL; M: 12.70-16.20 g/dL)		Alto (H: >18 g/dL; M: >16 g/dL)		Normal (H: 43.30-52.80%; M: 37.90-47%)		Alto (H: >53%; M: >47%)			
		n	%	n	%	n	%	n	%		
Género	Hombre	88	47,3	20	10,8	68	36,6	56	30,1	0,000**	
	Mujer	98	52,7	45	24,2	53	28,5	33	17,7		
Edad	18 a 28 años	43	23,1	12	6,5	31	16,7	20	10,8	0,800	
	29 a 49 años	98	52,7	33	17,7	65	34,9	46	24,7		
	> 49 años	45	24,2	20	10,8	25	13,4	23	12,4		
Actividad	Fumiga	9	4,8	1	0,5	8	4,3	7	3,8	0,281	
	Siembra	5	2,7	1	0,5	4	2,2	3	1,6		
	Cosecha	6	3,2	3	1,6	3	1,6	3	1,6		
	Todas	166	89,2	60	32,3	106	57,0	76	40,9		
Superficie cultivada (m ²)	< 2000	76	40,9	21	11,3	55	29,6	28	15,1	0,009**	
	2000 a 4000	57	30,6	20	10,8	37	19,9	27	14,5		
	> 4000	53	28,5	24	12,9	29	15,6	34	18,3		
Tipo de cultivo	Frutas	13	7,0	4	2,2	9	4,8	6	3,2	0,575	
	Hortalizas	107	57,5	36	19,4	71	38,2	48	25,8		
								59	31,7		

Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos

Parámetros		Nivel de hemoglobina						Nivel de hematocrito			
Frutas y hortalizas	66	35,5	25	13,4	41	22,0		35	18,8	31	16,7
Frecuencia de fumigación	Una vez por semana	52	28,0	17	9,1	35	18,8	31	16,7	21	11,3
	Cada 15 días	85	45,7	34	18,3	51	27,4	0,378	38	20,4	47
	Una vez al mes	49	26,3	14	7,5	35	18,8		20	10,8	29
Volumen de solución de fumigación	< 100 litros	26	14,0	5	2,7	21	11,3	12	6,5	14	7,5
	100 a 200 litros	130	69,9	49	26,3	81	43,5	0,193	60	32,3	70
	> 200 litros	30	16,1	11	5,9	19	10,2		17	9,1	13
Tiempo de exposición	< 15 años	48	25,8	12	6,5	36	19,4	23	12,4	25	13,4
	15 a 30 años	95	51,1	36	19,4	59	31,7	0,240	46	24,7	49
	> 30 años	43	23,1	17	9,1	26	14,0		20	10,8	23
Uso de EPP	Usa	70	37,6	17	9,1	53	28,5	0,118	31	16,7	39
	No usa	116	62,4	48	25,8	68	36,6		58	31,2	58
Total		186	100	65	34,9	121	65,1		89	47,8	97
52,2											

Nota: p –Test Ji cuadrado: *asociación estadísticamente significativa; **asociación estadística altamente significativa; EPP: Equipo de protección personal; H. hombre; M: mujer.

En la tabla 5 el 9,6% de los agricultores presentó valores altos en el contejo celular para glóbulos blancos, los porcentajes más altos se encontraron en los agricultores que poseen tierras con más de 4000 m² de cultivo (4,3%), cultivan hortalizas (5,4%), fumigan cada semana y cada quince días (7,6%), con un volumen de 100 a 200 litros (6,5%) y los que están expuestos a productos químicos para fumigación entre 25 y 30 años (4,8%).

Tabla 5. Nivel de glóbulos blancos y variables sociodemográficas, actividades de los agricultores y de fumigación

Nivel de glóbulos blancos		Normal (4.0 - 10.0 K/□I)		Alto (> 10.0 K/□I)		Total en muestra		p
Variable	Categoría	n	%	n	%	n	%	
Género	Hombre	79	42,5	9	4,8	88	47,3	0,81
	Mujer	89	47,8	9	4,8	98	52,7	
Edad	18 a 28 años	34	24,2	9	4,3	43	23,1	0,015*
	29 a 49 años	91	5,9	7	1,1	98	52,7	
	> 49 años	43	52,2	2	5,4	45	24,2	
Actividad en el campo	Fumiga	7	3,8	2	1,1	9	4,8	a
	Siembra	4	2,2	1	0,5	5	2,7	
	Cosecha	4	2,2	2	1,1	6	3,2	
	Todas	153	82,3	13	7,0	166	89,2	
Área cultivada < 2000		70	37,6	6	3,2	88	47,3	0,284

Nivel de glóbulos blancos		Normal (4.0 - 10.0 K/μl)		Alto (> 10.0 K/μl)		Total en muestra		p
Variable	Categoría	n	%	n	%	n	%	
	2000 a 4000	53	28,5	4	2,2	98	52,7	
	> 4000	45	24,2	8	4,3	43	23,1	
Tipo de cultivo	Frutas	11	5,9	2	1,1	98	52,7	
	Hortalizas	97	52,2	10	5,4	45	24,2	0,770
	Frutas y hortalizas	60	32,3	6	3,2	9	4,8	
Frecuencia de fumigación	Una vez por semana	45	24,2	7	3,8	5	2,7	
	Cada 15 días	78	41,9	7	3,8	6	3,2	0,554
	Una vez al mes	45	24,2	4	2,2	166	89,2	
Volumen de solución plaguicida	< 100 l	24	12,9	2	1,1	26	14,0	
	100 a 200 l	118	63,4	12	6,5	135	69,9	0,739
	> 200 l	26	14,0	4	2,2	30	16,1	
Tiempo de exposición	< 15 años	40	21,5	8	4,3	48	25,8	
	15 a 30 años	86	46,2	9	4,8	95	51,1	0,069
	> 30 años	42	22,6	1	0,5	43	23,1	
Uso de EPP	Usa	59	31,7	11	5,9	70	37,6	0,031*
	No usa	109	58,6	7	3,8	116	62,4	
	Total	168	90,3	18	9,6	186	100	

Nota: p –Test Ji cuadrado: *asociación estadísticamente significativa; EPP: Equipo de protección personal. a: no se realiza la prueba Ji cuadrado por el número de casos muy bajo o cero en las celdas.

En la tabla 6, el porcentaje mayor fue para neutropenia y para neutrofilia se encontró en las tres variables, así los que se dedican a todas las actividades en el campo presentaron el 25,3% de nivel bajo y el 3,2% de nivel alto; los que cultivan hortalizas con presencia de neutropenia el 18,3% y con neutrofilia el 3,8%, finalmente aquellos que utilizan entre 100 y 200 litros de solución para fumigación, 21% con neutropenia y el 4,9% con neutrofilia.

Las relaciones nivel de neutrófilos (%) y la superficie de tierra cultivada fue estadísticamente significativa (p. 0,050). Los datos recogidos para los linfocitos, eosinófilos, monocitos y basófilos no fue representativa para que sea evidenciado en tablas.

Tabla 6. Porcentaje de neutrófilos y variables sociodemográficas, actividades de los agricultores y de fumigación.

Nivel de neutrófilos (fórmula leucocitaria)		Bajo (< 50%)		Normal (50-70%)		Alto (>70%)		Total en muestra		p
Variable	Categoría	n	%	n	%	n	%	n	%	
Género	Hombre	24	12,9	58	31,2	6	3,2	88	47,3	
	Mujer	30	16,1	64	34,4	4	2,2	98	52,7	0,661
Edad	18 a 28 años	8	4,3	30	16,1	5	2,7	43	23,1	0,143

Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos

Nivel de neutrófilos (fórmula leucocitaria)		Bajo (< 50%)		Normal (50-70%)		Alto (>70%)		Total en muestra		p
Variable	Categoría	n	%	n	%	n	%	n	%	
Edad años	29 a 49 años	30	16,1	65	34,9	3	1,6	98	52,7	
	> 49 años	16	8,6	27	14,5	2	1,1	45	24,2	
Actividad en el campo	Fumiga	2	1,1	5	2,7	2	1,1	9	4,8	
	Siembra	3	1,6	2	1,1	0	0,0	5	2,7	
	Cosecha	2	1,1	2	1,1	2	1,1	6	3,2	a
	Todas	47	25,3	113	60,8	6	3,2	166	89,2	
Superficie cultivada (m ²)	< 2000	23	12,4	51	27,4	2	1,1	76	40,9	
	2000 a 4000	16	8,6	40	21,5	1	0,5	57	30,6	0,050*
	> 4000	15	8,1	31	16,6	7	3,8	53	28,5	
Tipo de cultivo	Frutas	3	1,6	10	5,4	0	0,0	13	7,0	
	Hortalizas	34	18,3	66	35,5	7	3,8	107	57,5	0,661
	Frutas y hortalizas	17	9,1	46	24,7	3	1,6	66	35,5	
Frecuencia de fumigación	Una vez por semana	13	7,0	34	18,2	5	2,7	52	28,0	
	Cada 15 días	26	14,0	56	30,1	3	1,6	85	45,7	0,586
	Una vez al mes	15	8,1	32	17,2	2	1,1	49	26,3	
Volumen de solución plaguicida	< 100 l	7	3,8	19	10,2	0	0,0	26	14,0	
	≥ 100 a 200 l	39	21,0	82	44,1	9	4,9	130	69,9	0,594
	> 200 l	8	4,3	21	11,3	1	0,5	30	16,1	
Tiempo de exposición del agricultor	< 15 años	13	7,0	30	16,1	5	2,7	48	25,8	
	15 a 30 años	26	14,0	66	35,5	3	1,6	95	51,1	0,367
	> 30 años	15	8,1	26	14,0	2	1,1	43	23,1	
Uso de EPP	Usa	22	11,8	43	23,1	5	2,7	70	37,6	
	No usa	32	17,2	79	42,5	5	2,7	116	62,4	0,557
	Total	54	29,0	122	65,6	10	5,4	186	100	

Nota: p –Test Ji cuadrado: *asociación estadísticamente significativa; EPP: Equipo de protección personal. a: no se realiza la prueba Ji cuadrado por el número de casos muy bajo o cero en las celdas

En la Tabla 7 se detectó la presencia de estomatocitosis (morfología) característico en pacientes con afectación al hígado en un 2.7% en mujeres y en agricultores que no utilizan el EPP se observa en un 3.2%, agricultores susceptibles de presentar una enfermedad

Tabla 7. Morfología de glóbulos rojos y variables sociodemográficas, actividades de los agricultores y de fumigación.

	Morfología células sanguíneas serie roja ^a	Normocrómico normocítico	Normocrómico presencia estomatocitos	Hipercrómico, normocítico	Hipocrómico, normocítico		Total en muestra		
	Variable/Categoría	n	%	n	%	n	%	n	%
Género	Hombre	76	40,9	3	1,6	8	4,3	1	0,5
	Mujer	92	49,5	5	2,7	1	0,5	0	0,0
Edad	18 a 28 años	37	19,9	2	1,1	4	2,2	0	0,0
	29 a 49 años	89	47,8	4	2,2	4	2,2	1	0,5
	> 49 años	42	22,6	2	1,1	1	0,5	0	0,0
Actividad en el campo	Fumiga	6	3,2	2	1,1	1	0,5	0	0,0
	Siembra	4	2,2	1	0,5	0	0,0	0	0,0
	Cosecha	6	3,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	Todas	152	81,7	5	2,7	8	4,3	1	0,5
Superficie cultivada (m ²)	< 2000	70	37,6	1	0,5	5	2,7	0	0,0
	2000 a 4000	48	25,8	5	2,7	3	1,6	1	0,5
	> 4000	50	26,9	2	1,1	1	0,5	0	0,0
Tipo de cultivo	Frutas	10	5,4	1	0,5	2	1,1	0	0,0
	Hortalizas	99	53,2	4	2,2	4	2,2	0	0,0
	Frutas y hortalizas	59	31,7	3	1,6	3	1,6	1	0,5
Frecuencia de fumigación	Una vez por semana	48	25,8	2	1,1	1	0,5	1	0,5
	Cada 15 días	77	41,4	3	1,6	5	2,7	0	0,0
	Una vez al mes	43	23,1	3	1,6	3	1,6	0	0,0
de solución plaqüicida	< 100 l	20	10,8	2	1,1	2	1,1	1	0,5
	100 a 200 l	120	64,5	5	2,7	5	2,7	0	0,0
	> 200 l	28	15,1	1	0,5	1	0,5	0	0,0
Tiempo de exposición del	< 15 años	42	22,6	2	1,1	4	2,2	0	0,0
	15 a 30 años	87	46,8	4	2,2	3	1,6	1	0,5
	> 30 años	39	21,0	2	1,1	2	1,1	0	0,0
Uso de EPP	Usa	63	33,9	4	2,2	3	1,6	0	0,0
	No usa	105	56,5	4	2,2	6	3,2	1	0,5
	Total	168	90,3	8	4,3	9	4,8	1	0,5
186 100									

Nota: EPP: Equipo de protección personal. a: no se realiza la prueba Ji cuadrado por el número de casos muy bajo o cero en las celdas correspondientes a glóbulos rojos hipocrómicos normocíticos.

En la Tabla 8, los cambios más representativos a nivel morfológico en los glóbulos blancos son los siguientes: neutrófilos con granulación tóxica que aparecen como respuesta a un cuadro infeccioso, inflamatorio o tóxico. •Neutrófilos con hipersegmentación son células que tiene más de 5 lobulaciones en el núcleo, se asocian entre otros con procesos infecciosos y linfocitos reactivos que aparecen en procesos virales.

Tabla 8. Morfología de glóbulos blancos y variables sociodemográficas, actividades de los agricultores y de fumigación

Morfología células sanguíneas serie blanca		Neutrófilos con granulación tóxica		Linfocitos reactivos		Neutrófilos con granulación tóxica y Lo reactivos		Sin alternaciones		Total en muestra	p
Variable	Categoría	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Género	Hombre	4	2,2	10	5,4	50	26,9	24	12,9	88	47,3
	Mujer	10	5,4	17	9,1	51	27,4	20	10,8	98	52,7
Edad	18 a 28 años	4	2,2	5	2,7	23	12,4	11	5,9	43	23,1
	29 a 49 años	9	4,8	16	8,6	50	26,9	23	12,4	98	52,7
	> 49 años	1	0,5	6	3,2	28	15,1	10	5,4	45	24,2
Actividad en el campo	Fumiga	0	0,0	1	0,5	5	2,7	3	1,6	9	4,8
	Siembra	0	0,0	3	1,6	1	0,5	1	0,5	5	2,7
	Cosecha	1	0,5	2	1,1	1	0,5	2	1,1	6	3,2
	Todas	13	7,0	21	11,3	94	50,5	38	20,4	166	89,2
Superficie cultivada (m ²)	< 2000	9	4,8	10	5,4	40	21,5	17	9,1	76	40,9
	2000 a 4000	5	2,7	9	4,8	32	17,2	11	5,9	57	30,6
	> 4000	0	0,0	8	4,3	29	15,6	16	8,6	53	28,5
Tipo de cultivo	Frutas	0	0,0	4	2,2	6	3,2	3	1,6	13	7,0
	Hortalizas	12	6,5	12	6,5	58	31,2	25	13,4	107	57,5
	Frutas y hortalizas	2	1,1	11	5,9	37	19,9	16	8,6	66	35,5
Frecuencia de fumigación	Una vez por semana	2	1,1	8	4,3	27	14,5	15	8,1	52	28,0
	Cada 15 días	6	3,2	9	4,8	51	27,4	19	10,2	85	45,7
	Una vez al mes	6	3,2	10	5,4	23	12,4	10	5,4	49	26,3
Volumen de solución plagiocida	< 100 l	1	0,5	5	2,7	10	5,4	10	5,4	26	14,0
	≥ 100 a 200 l	12	6,5	16	8,6	76	40,9	26	14,0	130	69,9
	> 200 l	1	0,5	6	3,2	15	8,1	8	4,3	30	16,1
Tiempo de exposición del agricultor	< 15 años	4	2,2	7	3,8	22	11,8	15	8,1	48	25,8
	15 a 30 años	8	4,3	17	9,1	51	27,4	19	10,2	95	51,1
	> 30 años	2	1,1	3	1,6	28	15,1	10	5,4	43	23,1
Uso de EPP	Usa	4	2,2	10	5,4	40	21,5	16	8,6	70	37,6
	No usa	10	5,4	17	9,1	61	32,8	28	15,1	116	62,4
Total								186	100		

Nota: EPP: Equipo de protección personal. a: no se realiza la prueba Ji cuadrado por el número de casos muy bajo o cero en las celdas.

Del total de la muestra estudiada el 28% de los agricultores presentan plaquetas grandes mientras y el 72% presentan plaquetas con morfología normal.

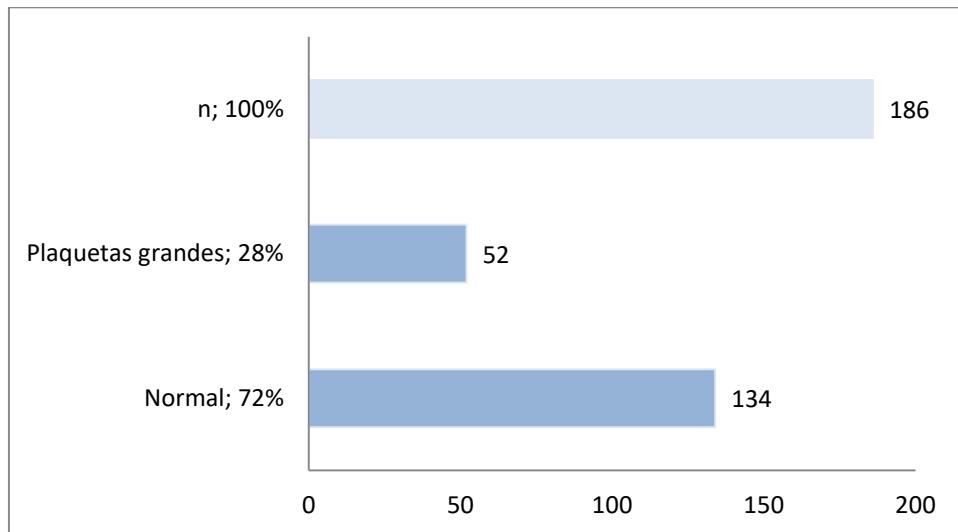


Fig. 3. Porcentaje de plaquetas con morfología alterada y normal.

En la Tabla 9 se evidencian cambios en 14,5% de plaquetas grandes en agricultores entre 29 - 49 años de edad y el 10,8% de ellos poseen menos de 2000 m² de tierras cultivadas, el 17,2% de agricultores presentó plaquetas grandes al fumigar cada 15 días, utilizan de 100 a 200 litros de solución (21%) y han mantenido contacto con estos agentes químicos durante 25 a 30 años(15,3%) por último los agricultores que no utilizan equipo de protección individual 18,3% y al microscopio óptico refleja la presencia de plaquetas grandes.

La asociación estadísticamente significativa es para la relación entre la morfología de las plaquetas y la frecuencia de fumigación para un p de 0,025.

Tabla 9. Morfología de plaquetas y variables sociodemográficas, actividades de los agricultores y de fumigación.

Variable	Categoría	Morfología de plaquetas		Sin alteraciones		Plaquetas grandes		Total en muestra		p
		n	%	n	%	n	%	n	%	
Género	Hombre	65	34,9	23	12,4	88	47,3			0,156
	Mujer	69	37,1	29	15,6	98	52,7			
Edad	18 a 28 años	30	16,1	13	7,0	43	23,1			0,925
	29 a 49 años	71	38,2	27	14,5	98	52,7			
	> 49 años	33	17,7	12	6,5	45	24,2			
Actividad en el campo	Fumiga	8	4,3	1	0,5	9	4,8			0,631
	Siembra	3	1,6	2	1,1	5	2,7			
	Cosecha	4	2,2	2	1,1	6	3,2			
	Todas	119	64,0	47	25,3	166	89,2			

Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos

Morfología de plaquetas		Sin alteraciones		Plaquetas grandes		Total en muestra		p
Variable	Categoría	n	%	n	%	n	%	
Superficie cultivada (m^2)	< 2000	56	30,1	20	10,8	76	40,9	0,765
	2000 a 4000	39	21,0	18	9,7	57	30,6	
	> 4000	39	21,0	14	7,5	53	28,5	
Tipo de cultivo	Frutas	7	3,8	6	3,2	13	7,0	0,311
	Hortalizas	78	41,9	29	15,6	107	57,5	
	Frutas y hortalizas	49	26,3	17	9,1	66	35,5	
Frecuencia de fumigación	Una vez por semana	41	22,0	11	5,9	52	28,0	0,025*
	Cada 15 días	53	28,5	32	17,2	85	45,7	
	Una vez al mes	40	21,5	9	4,8	49	26,3	
Volumen de solución plaguicida	< 100 l	21	11,3	5	2,7	26	14,0	0,528
	100 a 200 l	91	48,9	39	21,0	130	69,9	
	> 200 l	22	11,8	8	4,3	30	16,1	
Tiempo de exposición	< 15 años	35	18,8	13	7,0	48	25,8	0,884
	15 a 30 años	67	36,0	28	15,1	95	51,1	
	> 30 años	32	17,2	11	5,9	43	23,1	
Uso de EPP	Usa	52	28,0	18	9,7	70	37,6	0,597
	No usa	82	44,1	34	18,3	116	62,4	
Total		134	70,0	52	30,0	186	100	

Nota: p: Prueba Ji cuadrado, * asociación estadísticamente significativa; EPP: Equipo de protección personal.

En la Figura 4 la presencia de colinesterasa disminuida en un 13,4% de los agricultores indica posibles problemas de hemotoxicidad en los agricultores del sector de Guaslán, parroquia de San Luis.

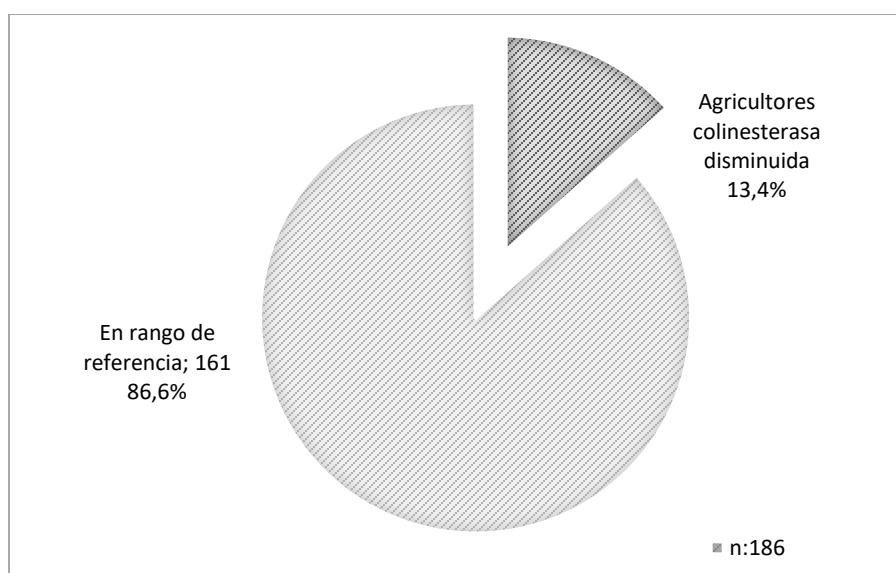


Fig. 4. Niveles de concentración de colinesterasa eritrocitaria.

IV. DISCUSIÓN

Los agricultores que están expuestos ocupacionalmente a plaguicidas organofosforados en el país tienen una alta frecuencia en uso y manipulación de estos agroquímicos, lo que genera un problema de salud pública por ser aplicados en varias zonas agrícolas a nivel nacional, lo que se corrobora con lo dicho por Naranjo A, 2017 de Acción Ecológica, que indica que los agrotóxicos pasaron de ser una amenaza a ser un riesgo de salud pública.

En la población que se estudió, el 99% de las personas obtuvo más de una alteración en los parámetros evaluados en la biometría hemática. Los parámetros de hemoglobina (Hb) y hematocrito (Hct) se encontraron significativamente elevados entre 65% y 52% de la población estudiada; un estudio realizado en Colombia demostró que la Hb y Hct se encontraron aumentados en 6% y 12% de un grupo de trabajadores de empresas privadas que estaban en contacto con plaguicidas organofosforados (Cortés, 2017). 111 agricultores presentaron contajes altos de glóbulos rojos,(parámetro hematológico) con un porcentaje del 60% de la población con valores fuera del rango de referencia, solamente el 2% de la población tuvo hemoglobina corpuscular media (HCM) baja y 82% presentaron concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) disminuido, coincide este porcentaje con un estudio realizado en la India en donde los valores encontrados bajos los límites se observó en Hct, Hb, MCV, MCHC comparados con campesinos agricultores que usaban agrotóxicos y que fueron relacionados con problemas respiratorios descritos por Fareed *et al.* (2013).en contraparte con las normas establecidas en ese país para la fabricación de pesticidas donde crecen las expectativas de ser un potencial productor, con el apoyo de tecnología extranjera.

Del grupo de agricultores, 121 (65,1%) obtuvo valores de hemoglobina sobre los valores de referencia, de los cuales 68 (36,6%) fueron hombres y 53 (28,5%) mujeres. El hematocrito se elevó en 32 agricultores (17,2%) hombres y 65 (35,9%) mujeres, con un total de 97 (52,1%).

La poliglobulia encontrada podría ser valorada como un signo de adaptación fisiológica en personas que viven en las alturas, según lo dicho por Gallagher (2004), que coinciden con las variaciones encontradas en Colombia con poblaciones eminentemente agrícolas, lo que lleva a pensar que se deberían realizar mayores investigaciones en población agrícola a bajas alturas.

El recuento de glóbulos blancos presentó una elevación del 10% de la población (18 personas) lo que coincide con los datos descritos en el estudio de Cortés (2017), el cual menciona que el 12% del grupo estudiado presentó leucocitosis, al igual que en los estudios realizados por Wafa *et al.* (2013) y Hundekari *et al.* (2013)(Hundekari, Suryakar, & Rathi, 2013)este último autor corrobora también con el estudio donde el 29% de agricultores presentó neutrofilia, que sugiere que el desarrollo de leucocitosis puede deberse a un mecanismo de defensa del

sistema inmunológico frente a la intoxicación por organofosforados. Por otro lado, la población linfoide se valoró fuera del rango de referencia en un 34%, de los cuales el 30% reportó linfocitosis (con presencia de algunos linfocitos reactivos), al igual que los resultados obtenidos por Wafa *et al.* (2013) y Cortés (2017), en sus investigaciones.

De 186 agricultores, solo cinco personas presentaron contajes de plaquetas fuera de los rangos de referencia, tres tuvieron trombocitosis y dos trombocitopenias. Las plaquetas elevadas están relacionadas con los hallazgos obtenidos en el estudio de García *et al.* (2016)(García-García *et al.*, 2016) y Wafa *et al.* (2013), así como el estudio Fareed *et al.* (2013), indicado como un mecanismo de defensa. Figueiredo *et al.* (2011)(De Figueiredo, Trape, & Alonzo, 2011) y Díaz *et al.* (2001)(Diaz V, Pistilli N, Guillén N, Melgarejo MV, 2001), concuerdan al referirse al conteo de plaquetas disminuidas, valores menores a 150 ($10^3/\text{mm}^3$) El 20% de pacientes con plaquetas bajas (trombocitopenia de tipo inmune) se relaciona con enfermedades de tipo crónico por lo que es muy importante la realización de frotis sanguíneo EBMT (Group, 2011).

El frotis sanguíneo reflejó cambios en los glóbulos rojos como la estomatocitosis lo que hace referencia a la lipoperoxidación que se presenta en estados de intoxicación con organofosforados entre otros y que permite el aumento del estrés oxidativo en las células interactuando perjudicialmente con las membranas de las células, las proteínas y los ácidos nucleicos en general. Además, en el frotis se observaron glóbulos blancos con granulación tóxica, vacuolización y segmentados hiperlobulados (hipersegmentados) todos indicativos de presencia de un proceso infeccioso generalmente de tipo agudo. Según lo indicado por Campuzano (2008), el análisis del frotis de sangre es uno de los parámetros más informativos que el profesional de laboratorio puede realizar y ningún equipo automatizado hasta la fecha puede suplantarla, por esa razón se reitera la importancia de realizar el frotis sanguíneo como estudio en los cambios que se pueden presentar en personas intoxicadas con pesticidas en este caso con organofosforados.

Mediante la determinación de la colinesterasa eritrocitaria se estableció que la actividad enzimática de este analito estaba disminuida y 13% de agricultores presentaron este valor ($n=25$), coincidiendo con los datos obtenidos por Hongsibsong *et al.* (2017), Ibarra (2012) y Cobano (2018) en sus estudios.

La población con rango de edad entre 29 a 49 años que realizaban todas las actividades en el campo, en una superficie menor a 2000 m^2 , que sembraban hortalizas, utilizaban una cantidad de plaguicida entre 100 a 200 litros, con períodos de fumigación de una vez cada 15 días, con un tiempo de exposición de 25 a 30 años y que no utilizaban equipos de protección personal (EPP) fueron los más afectados en cuanto a las alteraciones celulares cualitativas y cuantitativas.

Es importante resaltar que el estudio de Figueiredo *et al.* (2010), el 79% de la población estudiada no utilizó implementos de protección para la fumigación, de igual manera Hongsibsong (2017) indicó que no existe implementos

estandarizados de protección o usan simples pañuelos que tapan nariz y boca que no protegen lo suficiente al agricultor, lo que concuerda con esta investigación, se observaron agricultores que no ocupaban adecuadamente sus ropa de protección a pesar de existir instituciones que entregan implementos de fumigación no son utilizados evidenciando falta de capacitación y responsabilidad en los agricultores que no los utilizan. Deben existir normas que exijan el cumplimiento para el manejo de estos pesticidas resaltando la necesidad por parte de autoridades en salud que disminuiría el riesgo en salud y mantendría una mejor calidad de vida en los agricultores que tienen tan complicada tarea en el campo.

AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno Autónomo Descentralizado del San Luis y su presidente el Sr. Leonardo Santillán y a la comunidad de Guaslán-Ecuador que han permitido que sea posible realizar este estudio.

Referencias

- Campuzano, G. (2008). *Utilidad del extendido de sangre periférica: los leucocitos**. Colombia. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medlab/myl-2008/myl089-10b.pdf>
- Cobano, I. (2018). *Indicadores de efecto en la prevención de intoxicaciones agudas por organofosforados y carbamatos*. Universidad de Sevilla. Recuperado de: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/82626>
- Cortez, S. C. (2017). *Evaluación de los parámetros hematológicos: Cuadro hemático y frotis de sangre periférica, en trabajadores expuestos a pesticidas organofosforados, carbamatos y piretroides. Cundinamarca 2016-2017*. Bogotá D. C.: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/58052/1/53068721.2017.pdf>
- De Figueiredo, G. M., Trape, A. Z., & Alonso, H. A. (2011). Exposição a múltiplos agrotóxicos e prováveis efeitos a longo prazo à saúde: Estudo transversal em amostra de 370 trabalhadores rurais de Campinas (SP). *Revista Brasileira de Medicina Do Trabalho*, 9(1), 1–9.
- Diaz, V., Pistilli, N., Guillén, N., & Melgarejo, M.V. (2001). Valores Hematologicos en individuos expuestos accidentalmente a insecticidas organofosforados. *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud*, 1(1), 1-4.
- Fernández, D., Mancipe, L., & Fernández, D. (2010). Intoxicación por organofosforados. *SEMERGEN - Medicina de Familia*, 33 (1), 21-23. [https://doi.org/10.1016/S1138-3593\(07\)73839-X](https://doi.org/10.1016/S1138-3593(07)73839-X)
- Gallagher, S. A., & Hackett, P. H. (2004). High-altitude illness. *Emergency Medicine Clinics of North America*, 22(2), 329-355. <https://doi.org/10.1016/j.emc.2004.02.001>
- García-García, C. R., Parrón, T., Requena, M., Alarcón, R., Tsatsakis, A. M., & Hernández, A. F. (2016). Occupational pesticide exposure and adverse health effects at the clinical, hematological and biochemical level. *Life Sciences*, 145, 274-283. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2015.10.013>
- Group EBMT (2011). Trombocitopenia inmune. Recuperado de: https://www.ebmt.org/sites/default/files/migration_legacy_files/document/EBMT_Practical_Guides_for_Nurses_Immune_Thrombocytopenia_Spanish.pdf
- Hongsibsong, S., Sittitoon, N., & Sapbamrer, R. (2017). Association of health symptoms with low-level exposure to organophosphates, DNA damage, AChE activity, and occupational knowledge and practice among rice , corn , and double-crop farmers. *Journal of Occupational Health*, 59(2), 165-176. <https://doi.org/10.1539/joh.16-0107-QA>
- Hundekari, I. A., Suryakar, A. N., & Rathi, D. B. (2013). Acute organo-phosphorus pesticide poisoning in North Karnataka, India: Oxidative damage, haemoglobin level and total leukocyte. *African Health Sciences*, 13(1), 129-136. <https://doi.org/10.4314/ahs.v13i1.18>
- Ibarra, E., & Linares, T. (2012). Colinesterasa sérica como biomarcador de exposición a compuestos organofosforados y carbamatos. *Revisión crítica*, 13(537), 59-65.
- INEC (2013). Modulo Ambiental: Uso de Plaguicidas en la Agricultura, 1-15.
- INEC (2016). Ecuador en cifras/compendio estadístico | Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Mora Ortiz, L. E. (2014). *Manejo de plaguicidas e impacto en la salud de los trabajadores que cultivan cebolla, Jubones, Cantón Santa Isabel, 2014*. Universidad de Cuenca. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23671/1/TESIS.pdf>
- Naranjo, A.-A. (2017). *La otra guerra: la situación de los plaguicidas en el Ecuador*. Quito. Recuperado de: http://www.swissaid.org.ec/sites/default/files/images/plaguicidas_web.pdf
- Sáenz, F. K., Narváez, G. L., & Cruz, M. (2008). Revista Mexicana de Patología Clínica. *Revista Ciencia y Agricultura (Cien. Agri.) Vol. 17 (1)*. L-ISSN 0122-8420. eISSN 2539-0899. Enero-Abril 2020, pp. 31-50. Tunja (Boyacá) – Colombia. DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v17.n1.2020.10603>

Uso de organofosforados por agricultores de la comunidad de Guaslán- Ecuador y los cambios hematológicos

- Latinoamericana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, 55(4), 207-215.
- Santillán, L., Moroch, E., & Aucancela, L. S. (2014). *Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San Luis, periodo 2014-2019*. Recuperado de: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/portal_sni/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660819820001_diagnostico_pdyot_2015_san_luis_30-10-2015_13-28-45.pdf
- Toro, B., Rojas, A., & Díaz, J. (2017). Niveles de colinesterasa sérica en caficultores del Departamento de Caldas, Colombia. *Rev. Salud Pública*, 19(3), 318-324. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n3.52742>
- Wafa, T., Nadia, K., Amel, N., Ikbal, C., Insaf, T., Asma, K., & Mohamed, H. (2013). Oxidative stress, hematological and biochemical alterations in farmers exposed to pesticides. *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 48(12), 1058-1069. <https://doi.org/10.1080/03601234.2013.824285>