



**Revisión rápida de literatura del uso de clorpirifos y profenofos en Colombia y los
impactos en la capacidad cognitiva de niños entre 7 a 10 años**

Tatiana Faride Rojas Villamil

Universidad EAN
Facultad de administración, Finanzas y Ciencias Económicas
Maestría en Administración de Empresas de Salud-MBA
Bogotá D.C., Colombia
2022

Revisión rápida del uso de clorpirifos y profenofos en Colombia y los impactos en la capacidad cognitiva de niños entre 7 a 10 años

Tatiana Faride Rojas Villamil

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Administración en Salud

Director:

Diana Angélica Varela Martínez

Modalidad:

Trabajo dirigido

Universidad EAN
Facultad de administración, Finanzas y Ciencias Económicas
Maestría en Administración de Empresas de Salud-MBA
Bogotá D.C., Colombia

2022

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del director del trabajo de grado

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por sus bendiciones.

Gracias a mis hijos quienes son mi fuerza y a mi esposo por ser un apoyo incondicional para realizar este proyecto y entender por qué mama no podía dedicarles tiempo.

A la Dra. Fabiola Rey por su apoyo y a la Dra. Diana Varela por su ayuda, paciencia y colaboración para el desarrollo de este proyecto.

Gracias a mis padres, por sus oraciones y celebrar cada logro en mi vida.

RESUMEN

Los plaguicidas han sido utilizados con el objetivo de mitigar la propagación de plagas y virus por vectores en la agricultura desde la segunda guerra mundial. El uso excesivo de estas sustancias genera un daño significativo en la salud del ser humano, desde el momento de su utilización hasta el consumidor final. En la actualidad se ha vuelto muy común hablar de problemas a nivel neuronal, como déficit de atención, Alzheimer, Parkinson, entre otros y otros de tipo celular como el cáncer. Es por tal razón que se realiza una búsqueda sobre las investigaciones que se han desarrollado en la última década a nivel mundial sobre plaguicidas de tipo clorpirifos y profenofos principalmente. Se evidencio que este tipo de sustancias afecta principalmente la comunicación neuronal(sinapsis), generando un bloqueo en los neuroreceptores. Así mismo, se identificó que en países europeos el uso de este tipo de sustancias está totalmente prohibido y se incorpora en sus políticas de salud pública el uso de un tipo de agricultura artesanal o cultivos orgánicos.

Palabras clave: (Clorpirifos, profenofos, plaguicidas, Alzheimer, Parkinson, neuroreceptores)

ABSTRACT

Pesticides have been used with the aim of mitigating the spread of pests and viruses by vectors in agriculture since the Second World War. The excessive use of these substances generates significant damage to the health of the human being, from the moment of their use to the final consumer. At present it has become very common to talk about problems at the neuronal level, such as attention deficit, Alzheimer's, Parkinson's, among others and others of a cellular type such as cancer. It is for this reason that a search is carried out on the research that has been developed in the last decade worldwide on pesticides of the chlorpyrifos and profenofos type mainly. It was evidenced that this type of substance mainly affects neuronal communication (synapses), generating a blockade in neuroreceptors. Likewise, it was identified that in European countries the use of this type of substance is totally prohibited and the use of a type of artisanal agriculture or organic crops is incorporated into their public health policies.

Keywords: (Chlorpyrifos, profenofos, Pesticides, Alzheimer, Parkinson, neuroreceptors)

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	12
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	JUSTIFICACIÓN	18
4	MARCO DE REFERENCIA.....	21
4.1	PLAGUICIDAS.....	21
4.1.1	CLASIFICACIÓN DE PESTICIDAS:	24
4.1.2	CLORPIRIFOS:.....	27
4.1.3	PROFENOFOS:	31
4.1.4	PLAGUICIDAS USADOS EN COLOMBIA:	34
4.1.5	PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS Y PIRETROIDES:	39
4.2	MÁXIMOS LÍMITES DE RESIDUOS- LEGISLACIÓN EN COLOMBIA:.....	41
4.3	LISTA DE PLAGUICIDAS OP CON CLORPIRIFOS Y PROFENOFOS USADOS EN COLOMBIA:	45
5	TOXICIDAD:.....	50
6	METODOLOGÍA	56
6.1	RESULTADOS:	62
6.2	DISCUSIÓN:.....	66
7	CONCLUSIONES	69
8	BIBLIOGRAFIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
9	REFERENCIAS	72

TABLA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1, REPRESENTACIÓN DE UNA CÉLULA NEURONAL	50
ILUSTRACIÓN 2, COMPOSICIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO	51
ILUSTRACIÓN 3, FASES DE LA FORMACIÓN DE LA ACETILCOLINA.	52
ILUSTRACIÓN 4. NEUROTRANSMISORES DE TIPO N Y M.	53
ILUSTRACIÓN 5, SÍNTESIS DE LA ACETILCOLINA EN LA NEURONA	54

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

Colombia, es un país que debido a sus pisos termicos cuenta con una gran diversidad de productos agrícolas, gracias a las fuentes de agua y la ubicación geográfica, siendo así, la agricultura una de las actividades más importantes de la economía, la cual genera empleos directos e indirectos, es por esta razón, que cada vez más agricultores necesitan desarrollar estrategias sostenibles para hacer que sus cultivos sean más productivos y competitivos en los mercados globales para satisfacer la demanda actual. Gracias a ello, los plaguicidas siguen siendo usados en elevadas cantidades y concentraciones, con el fin de lograr el rendimiento y la producción en los cultivos que la demanda actual exige. Este uso intensivo de plaguicidas, ha despertado una especial preocupación por los riesgos y efectos que están ocasionando a la vida humana con su consumo y exposición, especialmente, cuando se encuentra en riesgo la población más vulnerable de la sociedad.

Los estudios que se han realizado por los riesgos a la salud consecuencia de la exposición a plaguicidas organofosforados como clorpirifos y profenofos, es objeto de investigación en muchos países. En Colombia - Bogotá se ha enfocado la atención en la localidad de Sumapaz, donde una parte de su actividad económica se centra en los cultivos como hortalizas, los cuales son tratados con productos químicos organofosforados (Monroy, 2009). En climas húmedos y tropicales el uso de plaguicidas se vuelve necesario, para el control de plagas y organismos vectores de enfermedades, por lo tanto, las personas responsables de realizar la fumigación deben tener en cuenta los protocolos de autoprotección como trajes especiales, guantes, gorros, no hablar, comer o beber mientras se está en contacto con estos plaguicidas (Isaac Omwenga, 2021).

El uso de clorpirifos está prohibido en países de Europa y otros, los cuales han realizado diversos estudios que arrojan como resultado daños importantes en la salud de tipo cognitivo, respiratorio y cancerígenos, en niños y adultos. El clorpirifos y el profenofos son los residuos de plaguicidas que más se encuentran en cultivos de hortalizas y frutas. Sin embargo, niveles de estos productos se han encontrado en la producción de leche, como consecuencia de la contaminación cruzada, pues estos en su aspersión caen al suelo (Bedi, 2015).

Debido a las investigaciones y resultados que se han obtenido en este amplio tema de los plaguicidas, se genera la agricultura tradicional o convencional la cual se origina en la Unión Europea, en este tipo de practica el uso de insumos agropecuarios como plaguicidas y fertilizantes tienen una alta demanda (Mie, 2017). Mientras que la agricultura orgánica se da a partir del control que genera la misma Unión Europea con respecto a un uso del suelo más amigable con los ecosistemas, disminuyendo significativamente el uso de sustancias químicas altamente toxicas para animales y seres humanos, incentivando este tipo de practica para otros países de la UE (Mie, 2017). Desde el año de 1985 hasta el 2015 se observó, que los cultivos que se tenían con este tipo de agricultura generaban cosechas de tipo “orgánico”.

¿Pero cuáles son las enfermedades o los trastornos más asociados al uso de este tipo de plaguicidas en los niños de 7 a 10 años? Las más conocidas son las enfermedades de tipo neuronal degenerativo, trastornos cognitivos o problemas de aprendizaje, depresión, cáncer (Porto., 2021), entre otros. A nivel cognitivo se encuentran trastornos como déficit de atención con hiperactividad definido como TDAH (Bouchard, 2010).

En Colombia el ICA, cuenta con una base de datos de los plaguicidas que se comercializan y tienen como ingrediente activo los Clorpirifos y profenofos, los cuales a pesar de los numerosos estudios que se han realizado a nivel mundial siguen siendo utilizados en los cultivos de frutas y hortalizas.

Cabe resaltar que la exposición directa en repetidas ocasiones con este tipo de plaguicidas (así sea con pequeñas dosis), puede generar malformaciones y así mismo, al estar en contacto por un tiempo muy largo generar enfermedades de tipo degenerativas (Kaur G., 2017), pues no es eliminado por el organismo al 100%.

Los plaguicidas organofosforados como el clorpirifos es uno de los más utilizados con el objetivo de mitigar el riesgo de infecciones por vectores (Rose, 2015) es decir, bacterias y virus transmitidos por insectos, caracoles y parásitos principalmente, los cuales generan gran daño como enfermedades infecciosas.

OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Identificar los daños y síntomas a nivel cognitivo que generan los plaguicidas como clorpirifos y profenofos específicamente, mediante una búsqueda detallada de literatura en los últimos 10 años, en pacientes de 7 a 10 años.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar una revisión rápida de bibliografía sobre el uso de pesticidas en Colombia, específicamente los pesticidas clasificados como organofosforados.
- Documentar la relación del uso de pesticidas y las relaciones con algunas alteraciones cognitivas en escolares.
- Determinar cuáles son las investigaciones que tienen mayor impacto en esta revisión rápida de literatura que indican puntualmente cual es el efecto que generan a nivel neuronal los clorpirifos y profenofos.

JUSTIFICACIÓN

3 JUSTIFICACIÓN

Colombia, país en donde su agricultura hace parte de uno de los renglones más importantes de la economía (Juan José Balcázar, y otros, 2013). Los conocimientos agrícolas ancestrales y los avances tecnológicos han contribuido históricamente a su desarrollo económico y social además de las fortalezas naturales y geográficas de Colombia (Domínguez, 2019).

La producción agrícola del país es muy diversa. Según la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (Upa), la producción agrícola fue de 73,3 millones de toneladas (republica, 2021), esto principalmente corresponde a cultivos tropicales tradicionales (piña, plátano), cereales, y frutas, que corresponde cerca de un 70% de siembras en el país (republica, 2021).

Al respecto de áreas sembradas, fueron 5,3 millones de hectáreas en donde aproximadamente se cosecharon 4,9 millones de toneladas informó la Upa (republica, 2021).

Debido a esto, Colombia hace parte de los países con mayor consumo de pesticidas, es así como el país es un gran importador de estos insumos para lograr industrialmente los cultivos.

Según el Instituto Colombiano Agropecuario, en 2016 existían 413 empresas registradas para la fabricación y distribución de pesticidas en el país (www.ica.gov.co, 2016), se registra aproximadamente una producción de 50,9 millones de litros y 24,5 millones de kg de plaguicidas (ICA, 2016), siendo los herbicidas los más producidos en el interior del país, básicamente organofosforados OP, carbamatos y piretroides (V, 2010).

El destino de estos plaguicidas es principalmente para su aplicación en cultivos de arroz, patata, flor y banano (Morales, 2015).

Sin embargo, gracias al desarrollo en la agricultura, el control de plagas, los controladores biológicos y el uso de bioinsumos, en los últimos 20 años el uso de plaguicidas ha disminuido en un 43 %, aunque su aplicación sigue siendo alta (Agronegocios, 2020). Obedeciendo a buenas prácticas agrícolas y evitando la aplicación excesiva de plaguicidas, Colombia ha venido desarrollando estas prácticas más sostenibles aplicando conocimientos ancestrales, evitando el monocultivo, aprovechando los beneficios de la agricultura orgánica, entre otros.

Teniendo en cuenta estos argumentos, cabe preguntarse qué tipo y cantidad de residuos generados por el alto uso de plaguicidas está llegando finalmente al consumidor, especialmente cuando se trata de productos agroalimentarios colombianos destinados a la exportación, y qué estrategias se podrían desarrollar para evitarlo. Este es, de hecho, uno de los retos más importantes de la agricultura actual: la producción de “alimentos libres de pesticidas”, garantizando y abasteciendo los alimentos del mundo con un bajo riesgo para el medio ambiente y la salud humana.

MARCO DE REFERENCIA

4 MARCO DE REFERENCIA

4.1 Plaguicidas

Son el resultado de una síntesis química, el cual tiene como objetivo principal el control de enfermedades por vectores. El Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas de la FAO, define en su artículo 2do. a los plaguicidas como:

Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de fruta o agentes para evitar la caída prematura de la fruta, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra la deterioración durante el almacenamiento y transporte. (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1986).

Es por tal razón, que los sistemas de producción agrícola buscan aumentar los rendimientos productivos, pero trayendo consigo algunos problemas como la erosión, pérdida de fertilidad del suelo y ciertas plagas. Para mitigar este último problema, el uso de plaguicidas ha sido la opción preferida ya que son simples y efectivos de usar, pero provocan el desequilibrio en los ecosistemas,

la pérdida de la regulación natural, la resistencia de algunas plagas y el nacimiento de otras como, así como la contaminación del medio ambiente (Colombian Agricultural Institute., 2021).

El uso de plaguicidas en el medio ambiente debe realizarse en condiciones específicas, controladas y aprobadas siguiendo normas nacionales e internacionales y aplicando las denominadas buenas prácticas agrícolas. Este concepto se aplica al uso de plaguicidas para el control de plagas y, a su vez, busca no ejercer efectos colaterales en el medio ambiente a partir de los residuos que quedan en él. Sin embargo, cuando no se siguen estas buenas prácticas agrícolas y las condiciones establecidas, seguramente se producen efectos nocivos sobre el medio ambiente y sobre las especies expuestas (Murcia & Stashenko, 2008).

El uso de productos químicos para la erradicación de plagas es probablemente tan antiguo como la agricultura. En la época de los romanos y los griegos, el azufre quemado se usaba como fumigante. En el siglo XVI se aplicaban determinados metales pesados, mientras que a principios del siglo XIX en Europa se empezaron a utilizar compuestos con mercurio, cobre, plomo y tabaco molido (es decir, la nicotina es un plaguicida muy conocido), entre otros. Estos fueron llamados plaguicidas de primera generación (básicamente insecticidas), muy persistentes en el medio ambiente pero poco efectivos (Idrovo A, 2005).

En el siglo XX, con las extensiones de cultivos, la producción a gran escala y con el crecimiento de la demanda por el aumento de la población mundial, se empezaron a explorar nuevas formas de producción de plaguicidas. El desarrollo de la síntesis de plaguicidas surgió principalmente a partir de las dos Guerras Mundiales, debido a la necesidad de buscar nuevas fuentes de productos

químicos. La agricultura apareció después, como el mercado ideal para ellos. A estos plaguicidas sintéticos se les conoce como los de segunda generación, principalmente insecticidas (JM., 2014), los más efectivos para la erradicación de plagas, pero altamente contaminantes. El primer compuesto sintetizado fue el 1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil) etano (DDT). Sus propiedades insecticidas, que fueron explicadas por Paul Müller en 1939, se utilizaron durante la Segunda Guerra Mundial para proteger a los soldados del mosquito transmisor de la malaria. En 1945 su comercialización, incluida la de otros plaguicidas organoclorados (OCP), se extendió al resto del mundo cuando Estados Unidos lo permitió, lo que se vio como un avance para seguir buscando sustancias más selectivas con actividad plaguicida (FR & Davis, 2019). En ese momento, muchos consumidores y la mayoría de los formuladores de políticas no eran conscientes del riesgo potencial para la salud del uso de plaguicidas. Durante la década de 1960, los análisis de rutina de residuos de plaguicidas en diferentes matrices agroalimentarias y medioambientales surgieron como consecuencia de los riesgos para el medio ambiente y la salud humana, pero dichos métodos también tuvieron que adaptarse a la continua introducción de plaguicidas en el mercado.

La clasificación de los plaguicidas depende de su origen pueden ser inorgánicos los cuales tienen como base en su estructura plomo, arsénico y cobre, biológicos pues son extraídos de plantas y en la mayoría de las ocasiones no tienen necesidad de mezclarse pero por su origen pueden elevar el costo de producción como el piretro y también están los sintéticos en este grupo se encuentran los organoclorados, carbamatos, piretroides, organofosforados, organometálicos y feromonas, este último grupo se puede considerar como el que más genera reacciones y daños importantes en la salud de los seres vivos y el planeta (Albert, 2005).

El glifosato, puede considerarse como el plaguicida mejor vendido de la historia, también se introdujo en las décadas de 1970 y 1980, que también fueron testigos de la introducción de un gran

número de familias de plaguicidas, es decir, triazoles, imidazoles, pirimidinas, dicarboximida, etc. o una nueva generación de otros como la tercera de piretroides. Esos nuevos plaguicidas eran más selectivos, menos dañinos que los anteriores, pero no estaban exentos de problemas relacionados con la resistencia. En la década de 1990 también aparecieron otras nuevas familias (es decir, triazolopirimidina, espinosina, estrobilurina, azolona, etc.) e incluso se mejoraron más tarde (FR & Davis, 2019).

En la actualidad, los plaguicidas son probablemente los compuestos químicos más estudiados desde el punto de vista ambiental. Muchos gobiernos alrededor del mundo han establecido regulaciones estrictas para su comercialización y uso, mientras analizan constantemente los productos alimenticios para verificar si se están aplicando correctamente, en particular, para garantizar la seguridad alimentaria.

4.1.1 Clasificación de Pesticidas:

La clasificación actual de los plaguicidas es bastante compleja y puede desarrollarse según su función específica, toxicidad, acción específica, familia química, etc. A modo de ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) clasifica los plaguicidas según su función específica, que es hoy en día una amplia clasificación de uso- como alguicidas (para eliminar algas y/o retardar su proliferación), antimicrobianos (para controlar gérmenes y microbios), desinfectantes (para controlar gérmenes y microbios), nematocidas (para controlar o eliminar plagas en las plantas) , fungicidas (para eliminar problemas de hongos como moho y óxido), herbicidas (para eliminar o inhibir el crecimiento de plantas no deseadas), insecticidas (para eliminar y controlar insectos), reguladores de crecimiento (para interrumpir el crecimiento y la reproducción de insectos), rodenticidas (para eliminar roedores) y conservantes para la madera

(que son resistentes a insectos, hongos y otras plagas) (United States Environmental Protection Agency., 2020).

Tabla 1. Clasificación de plaguicidas, fuente OMS

CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS	
Según su uso: 1. De uso o productos fitosanitarios, control vegetal 2. De uso ganadero 3. De uso en la industria alimentaria 4. De uso ambiental 5. En higiene personal 6. De uso domestico	Según los organismos que controlan: 1. Insecticidas 2. Acaricidas 3. Fungicidas 4. Nematocidas, desinfectantes y fumigantes en general 5. Herbicidas 6. Fitorreguladores y productos a fines 7. Molusquicidas, rodenticidas y varios 8. Específicos post cosecha y simientes 9. Protectores de maderas, fibras y derivados 10. Plaguicidas específicos varios
Presentaciones de sus fórmulas: 1. Gases o gases licuados 2. Fumigantes y aerosoles 3. Polvos con diámetro de partícula inferior a 50µ 4. Sólidos, excepto los cebos y los preparados en forma de tabletas	Composición química: 1. Arsenicales 2. Carbamatos 3. Derivados de cumarina 4. Derivados de urea

5. Líquidos 6. Cebos y tabletas	5. Dinitrocompuestos 6. Organoclorados 7. Organofosforados 8. Piretroides 9. Tiocarbamatos 10. Triazinas
Según su toxicidad aguda por inhalación, penetración cutánea o ingestión: 1. Ligeramente peligroso: no generan daños evidentes. 2. Moderadamente peligroso: Pueden generar daños limitados. 3. Altamente peligroso: Generan daños graves, agudos, crónicos o la muerte. 4. Extremadamente peligroso: Pueden generar riesgos extremadamente graves, agudos o la muerte.	Por efectos: 1. Corrosivos: En contacto con piel u otros tejidos pueden generar una destrucción. 2. Irritantes: Los cuales pueden causar una acción de tipo inflamatoria en mucosas o piel. 3. Fácilmente inflamables: Altamente inflamables por cualquier exposición o cambios de temperaturas. 4. Explosivos: Son altamente sensibles a la fricción.

Fuente: Adaptado de OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su tabla de clasificación de dosis letal (DL) tiene en cuenta, dos vías de intoxicación la dérmica y oral. En las intoxicaciones, en la mayoría de los casos, se tiene en cuenta la dosis por vía dérmica ya que se considera que la mayor parte de la absorción se hace por la piel. Para el cálculo de DL se tiene en cuenta la siguiente formula:

Ecuación 1. Cálculo de dosis letal, fuente OMS

$$\frac{DL_{50} \text{ del ingrediente activo} \times 100}{\text{Porcentaje del ingrediente activo en la preparación}}$$

Donde DL50 es un aproximado del nivel en miligramos por kilogramo del peso corporal para afectar a más del 50% de la población en exposición al plaguicida. No obstante, en el año 2009 la OMS tiene en cuenta la clasificación de toxicidad del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) (OMS, 2020).

Tabla 2. Niveles de toxicidad, fuente OMS.

CLASE	DL ₅₀ para la rata (^{mg} / _{kg} de peso corporal)	
	Oral	Dérmica
Ia Sumamente peligroso	< 5	< 50
Iib Muy peligroso	5 – 50	50 – 200
II Moderadamente peligroso	50 – 2000	200 – 2000
III Poco peligroso	Más de 2000	Más de 2000
U Poco probable que presente un peligro agudo	5000 o más	

Fuente: Adaptado de OMS

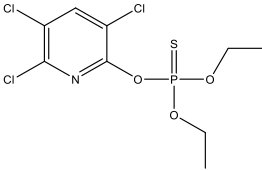
4.1.2 Clorpirifos:

Es un plaguicida y acaricida organofosforado, se caracteriza por ser altamente tóxico para mamíferos, pero con un nivel moderado para lombrices, algas y plantas acuáticas, es de amplio espectro para control de plagas de suelo y parásitos. Bloquea el paso de la acetilcolinesterasa a nivel neuronal (Lewis, 2016).

Tabla 3. Información general clorpirifos, fuente PPDB

INFORMACIÓN GENERAL Y PROPIEDADES DE LOS CLORPIRIFOS	
Códigos de identificación	• OMS 971 • ENT 27311

	Dowco 179
Plagas para controlar	Escala, pulgón lanudo, hormigas de fuego, gusano soldado, rodillo de hojas, orugas, moscas, gusanos de la raíz, cucarachas, gusano cogollero del maíz, escarabajos pulgas, termitas
No aprobado	Reino Unido
Aprobado	Austria Bélgica Bulgaria Chipre Republica Checa Alemania Dinamarca Estonia Grecia España Finlandia Francia Croacia Hungría Irlanda Italia

	Lituania Luxemburgo Letonia Malta Países bajos Polonia Portugal Rumania Suecia Eslovenia Eslovaquia
Solubilidad	Baja solubilidad acuosa
Volatilidad	Bastante volátil
Formula química	$C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$
Estructura Química	
Tipo de plaguicida	Insecticida
Grupo de sustancia	● Insecticida y acaricida organofosforado ● Insecticida y acaricida organotiofosforado

Origen	Sintético
Número CE	220-864-4
CID de PubChem	2730
Nombre IUPAC	O,O-dietil O-3,5,6-tricloro- 2-piridilo fosforotioato
Estado físico	Cristales color blanco o marrón claro
Productos que contienen este activo	Alfa Clorpirifos Balada Ciren Grupo de trabajo de Dursban Capital Gobernar Parapeto Hacha Lorsban
Aplicación y uso	Se usa concentrado emulsionable con agua y se rósea en el área. En el suelo se usa en gránulos de forma directa.
Punto de fusión	42°C
Densidad	1.51 g ml ⁻¹

Fuente: Adaptado de PPDB

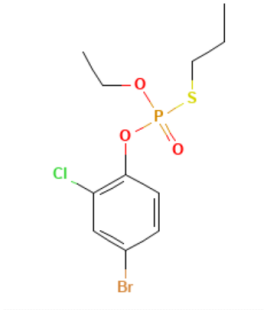
4.1.3 Profenofos:

Es un insecticida que se utiliza fundamentalmente contra lepidópteros y ácaros, en cultivos como algodón, tabaco, soja, patatas, maíz entre otros (Lewis, 2016).

Tabla 4. Información general Profenofos, tomado de PPDB.

INFORMACIÓN GENERAL Y PROPIEDADES DE LOS PROFENOFOS	
Códigos de identificación	• OMS 2004 • Policron • Selecron • Curacron • CGA 15324
Plagas para controlar	Orugas, chinche lygus, hoja webber, gusano soldado de la remolacha, pulgones, mosca blanca, gusano cogollero, ácaros, perforador de hojas de algodón, gusano del cogollo del tabaco
No aprobado	Reino unido
Aprobado	Austria España Letonia Bélgica

	Finlandia
	Malta
	Bulgaria
	Francia
	Países bajos
	Chipre
	Croacia
	Polonia
	Republica checa
	Hungría
	Portugal
	Alemania
	Irlanda
	Rumania
	Dinamarca
	Italia
	Suecia
	Estonia

	Lituania Eslovenia Grecia Luxemburgo Eslovaquia
Formula química	C ₁₁ H ₁₅ BrClO ₃ PS
Estructura química	
Tipo de plaguicida	Insecticida Acaricida
Grupo de sustancia	Insecticida y acaricida organofosforado Insecticida y acaricida organotiofosforado
Origen	Sintetico
Número CE	255-255-2

CID de PubChem	38779
Nombre IUPAC	(RS)-(O-4-bromo-2-clorofenil O-etil S-propil fosforotioato)
Estado físico	Líquido amarillo pálido
Productos que contienen este activo	Devi-Soldado Ellak Fertifenofos Hilfos Curacron Selecron 500 EC
Punto de fusión	N/A
Densidad	1.46 g ml ⁻¹

Fuente: Adaptado de PPBD.

4.1.4 Plaguicidas usados en Colombia:

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), es el ente que evalúa, regula y gestiona de acuerdo con la normatividad vigente los permisos de comercialización y uso de los plaguicidas en Colombia. Por lo tanto, el ICA para la actualización de los permisos y cancelaciones de los

registros de comercialización, producción, importación y exportación de plaguicidas tiene en cuenta el siguiente marco normativo:

- Resolución 3497 de 2014: “Por medio de la cual se establece el procedimiento para la revaluación de los plaguicidas químicos de uso agrícola registrados con anterioridad a la entrada en vigor de la Decisión CAN 436 y se establecen otras disposiciones”.
- Resolución 3759 de 2003: “Por la cual se dictan disposiciones sobre el Registro y Control de los Plaguicidas Químicos de uso agrícola”.
- Decisión 804 de 2015: Modificación de la Decisión 436 Norma Andina para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola.
- Manual Técnico Andino – resolución 2075 de 2019: “La cual tiene como objetivo establecer los lineamientos y procedimientos armonizados para el registro y control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola (PQUA); orientar su uso y manejo correcto en el marco de las buenas prácticas agrícolas; prevenir y minimizar riesgos a la salud y el ambiente; asegurar la eficacia biológica del producto; y, facilitar su comercio en la subregión”.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente el ICA cuenta con una base de datos de los plaguicidas con 854 registros cancelados hasta febrero de 2022 y 287 reevaluados para la comercialización en Colombia. En el listado de registros cancelados se encontraron 25 plaguicidas que tienen como ingrediente activo clorpirifos y un plaguicida con profenofos, mientras que de 287 reevaluados 17 cuentan con clorpirifos como ingrediente activo y no se encontró ninguno con profenofos (www.ica.gov.co, 2016).

Tabla 5. Plagidas cancelados en Colombia, fuente ICA

REGISTROS CANCELADOS	
NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO
LANCERO 500 EC	Profenofos
LORSBAN POLYETHYLENE-D	Clorpirifos
LORSBAN 2.5% G	Clorpirifos
CICATRIZANTE HORMONAL	Clorpirifos; oxiclورو de cobre y ana
PYRICRON EC	Clorpirifos
RELDAN 48 EC	Clorpirifos
DURSBAN 50 WP	Clorpirifos
VEXTER 2.5 GR	Clorpirifos
LORSBAN 240 EC	Clorpirifos
PIRIFOS 48 EC	Clorpirifos

NUFOS 4 EC	Clorpirifos
MORIX – SB	Clorpirifos
DALE 2.5 DP	Clorpirifos
DALE 48 EC	Clorpirifos
ARRIERO 2,5 DP	Clorpirifos
DOS BANG 2.5 DP	Clorpirifos
DOS BANG 48 EC	Clorpirifos
AGENT-48 EC	Clorpirifos
LANZETA 48 EC	Clorpirifos
CLORPIRIFOS 48 EC ECIFONPA	Clorpirifos
HELMOFOS 480 EC	Clorpirifos
PYRICROP 48 EC	Clorpirifos
PIRIFOS 2.5 DP	Clorpirifos
AGROPYRIFOS 480 EC	Clorpirifos

CLORFOS 48 EC	Clorpirifos
CLORFOS 2.5. DP	Clorpirifos

Fuente: Adaptado de ICA

Tabla 6. Registros reevaluados, fuente ICA

REGISTROS REEVALUADOS			
NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	CONCENTRACIÓN	CAT TOXIC.
PYRITILENE 1%	Clorpirifos	10 g/Kg	III
PYRINEX EC	Clorpirifos	480 g/L	III
CLORPIRIGROZ 480 E.C.	Clorpirifos	480 g/L	III
CLORPIRICOL 4 EC	Clorpirifos	480 g/L	III
LORSBAN 4 EC	Clorpirifos	480 g/L	III
LORSBAN 2.5% DP	Clorpirifos	2.5%	III
VEXTER 4 E.C	Clorpirifos	480 g/L	III

VEXTER 2.5 DP	Clorpirifos	2.5%	III
VEXTER 550 E.C	Clorpirifos; cipermetrina	500 g/L 50 g/L	III
LATIGO EC	Clorpirifos – cipermetrina	500 g/L 50 g/L	II
TRAPPER EC	Clorpirifos	480 g/L	III
RAFAGA ® 4 EC	Clorpirifos	480 g/L	III
RAFAGA 2.5. DP	Clorpirifos	2.5 %	III
ATTAMIX SB	Clorpirifos	12%	III
CHLORPYRIFOS AGROGEN 480% EC.	Clorpirifos	480 g/L	III
NIFEREX 48 EC	Clorpirifos	480 g/L	III
NIFEREX 2.5 DP	Clorpirifos	2.5%	II

Fuente: Adaptado de ICA

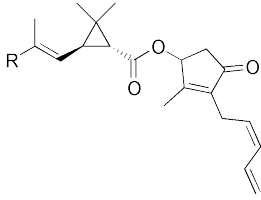
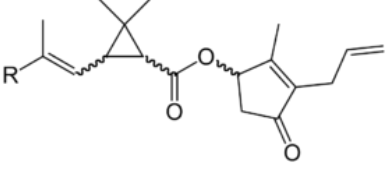
4.1.5 Plaguicidas Organofosforados y Piretroides:

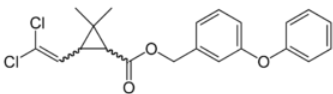
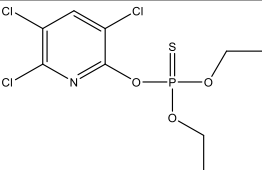
Los plaguicidas organofosforados (su sigla OP), generan un efecto de inhibidor de la acetilcolinesterasa (AChE) en los neurotransmisores de los mamíferos e insectos, provocando así una acumulación importante de la acetilcolina la cual genera la respuesta muscular, el

funcionamiento de los órganos (Mulchandani, 2011), los síntomas más comunes son vomito, diarrea, calambres en el abdomen, parálisis inclusive la muerte (Karam, 2004).

Los piretroides (su sigla PYR) poseen un nivel de toxicidad de LD50 de 0.5mg/kg a 250mg/kg para un nivel II, afectan los canales de sodio que dependen del voltaje alterando así, la función nerviosa de los insectos, las patologías asociadas son principalmente disnea, tos, broncoespasmos, vómitos y problemas dérmicos. Este tipo de plaguicidas son utilizados para controlar plagas de tipo agrícola como Coleóptera, Díptera, Hemíptera y también en formulas contra la sarna y los piojos, utilizados en la eliminación de moscos y zancudos transmisores del dengue entre otros, en Baygon y repelentes de mosquitos. Los piretroides sintéticos son extraídos de las piretrinas, se encuentran en las cabezas de las flores de los crisantemos (Ramchandra AM, 2019).

Tabla 7. Estructura Química.

PLAGUICIDA	ESTRUCTURA QUIMICA	DESCRIPCIÓN
Piretrina		La piretrina es muy inestable a la luz, por lo tanto, con el objetivo de buscar su estabilidad se cambió la estructura del éster carboxílico de ciclopropano.
Piretroide de tipo I		Piretroide sintético tipo I

Piretroide tipo II		Piretroide tipo II, con acción más letal
Clorpirifos		OP, compuestos tóxicos inhibidores de la colinesterasa

Recuperado de Indian J. Crit Care Med.

4.2 Máximos límites de residuos- legislación en Colombia:

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Salud y Protección social, mediante la Resolución 5897 de 2018 “Por la cual se determina la permanencia del reglamento técnico que regula los Límites Máximos de residuos de Plaguicidas -LMR- en alimentos para consumos humano y en piensos o forrajes”, establece que el reglamento técnico que se encuentra en la Resolución 2906 de 2007 sigue siendo válido para el territorio colombiano.

En la siguiente tabla se clasifican los alimentos que incluyen plaguicidas con clorpirifos y profenofos, objeto de estudio para este trabajo de investigación:

Tabla 8. Máximos límites de residuos en alimentos para el consumo humano.

ALIMENTOS	PLAGUICIDA	LMR (MG/KG)
Aceite comestible de maíz en grano	Clorpirifos	0.2
Aceite comestible de semilla de algodón	Clorpirifos	0.05
	Profenofos	0.05
Aceite de semilla de algodón sin refinar	Clorpirifos	0.05
Almendras	Clorpirifos	0.05
Arroz	Clorpirifos	0.5

Brécoles	Clorpirifos	2.0
Café en grano	Clorpirifos	0.05
Carne (mamíferos distintos de los marinos)	Profenofos	0.05
Carne de bovinos	Clorpirifos	1.0 fat
Carne de ovinos	Clorpirifos	1.0 fat
Carne de porcinos	Clorpirifos	0.02 fat
Carne de aves	Clorpirifos	0.01 under fat
Cebollas bulbo	Clorpirifos	0.2
Ciruelas (incluidas las ciruelas pasas)	Clorpirifos	0.5
Coles Chinas (Petsai)	Clorpirifos	1.0
Coles, arrepolladas	Clorpirifos	1.0
	Profenofos	1.0
Coliflor	Clorpirifos	0.05
Fresas	Clorpirifos	0.3
Frijoles comunes (vainas y/o semillas no maduras)	Clorpirifos	0.01
Frutas pomáceas	Clorpirifos	1.0
Frutos cítricos	Clorpirifos	1.0
Guisantes	Clorpirifos	0.01
Harina de trigo	Clorpirifos	0.1
Hígado de bovino	Clorpirifos	0.01

Huevos	Clorpirifos	0.01
	Profenofos	0.02
	Profenofos	0.01
Leche de cabra	Clorpirifos	0.02
Leche de oveja	Clorpirifos	0.02
Leche de vaca	Clorpirifos	0.02
Maíz	Clorpirifos	0.05
Maíz dulce	Clorpirifos	0.01
Melocotones	Clorpirifos	0.5
Nectarinas	Clorpirifos	0.05
Nueces de nogal	Clorpirifos	0.05
Pacanas	Clorpirifos	0.05
Papas, patatas	Clorpirifos	2.0
	Profenofos	0.05
Pimientos dulces	Clorpirifos	2.0
	Profenofos	0.5
Pimientos picantes, chile	Profenofos	5.0
Productos cárnicos comestibles de aves de corral	Clorpirifos	0.01
Productos cárnicos comestibles de ovino	Clorpirifos	0.01
Productos cárnicos comestibles de porcino	Clorpirifos	0.01
Remolacha azucarera	Clorpirifos	0.05

Riñones de bovino	Clorpirifos	0.01
Semillas para bebidas y dulces	Clorpirifos	0.3
	Clorpirifos	0.05
Soja seca	Clorpirifos	0.1
Sorgo	Clorpirifos	0.5
Tomates	Clorpirifos	0.5
	Profenofos	2.0
Trigo	Clorpirifos	0.5
Te, verde, negro	Clorpirifos	2.0
Tés y hierbas aromáticas	Clorpirifos	2.0
Uvas	Clorpirifos	0.5
Uvas Pasas, grosellas pasas y sultanas	Clorpirifos	0.1
Zanahorias	Clorpirifos	0.1

Recuperado de ICA (2022).

Tabla 9. Límites máximos de residuos de plaguicidas en forrajes

FORRAJE	PLAGUICIDA	LMR (MG/KG)
Forraje seco de alfalfa	Clorpirifos	5.0
Forraje seco de maíz	Clorpirifos	10.0
Paja y forraje seco de trigo	Clorpirifos	5.0
Paja y forraje seco de sorgo	Clorpirifos	2.0

Recuperado de ICA (2022).

4.3 Lista de plaguicidas OP con Clorpirifos y Profenofos usados en Colombia:

De acuerdo con el marco normativo vigente en Colombia según el ICA la siguiente tabla enuncia los plaguicidas con registro activo, nombre del producto, cual es el ingrediente activo, nivel de toxicidad, clase de producto, que empresa lo comercializa, cuál es su país de origen y en qué tipo de cultivo es utilizado.

- Listado de plaguicidas de tipo clorpirifos:

Tabla 10. Clorpirifos vigentes en Colombia fuente ICA

NOMBRE DEL PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	NIVEL TOXICIDAD	CLASE	EMPRESA	PAIS DE ORIGEN	CULTIVO
POLY D YANBER	10 g/Kg	III	insecticida	corporacion de plasticos agricolascorpoagro s.a.s	Costa Rica	banano
CLORPIRIFOS 2.5 DP AGRICENSE	25 g/kg	III	insecticida	agricense ltda	Colombia	arroz, algodón, sorgo, maiz
SILEX 75 WG	750 g/kg	III	insecticida	sodiak s.a	Austria - India	papa, café, pompon
CLORFOS	25 g/kg	III	insecticida	laboratorios chalver de colombia s.a	Colombia	frutales, hortalizas
LORSBAN 2.5 DP	25 g/Kg	III	insecticida	sodiak s.a	Colombia India	algodón, papa, cacao, yuca, naranja, cipres, papaya, ornamentales, café
VEXTER 2.5 DP	25 g/kg	III	insecticida	dow agrosciences de Colombia s.a	Colombia	algodón,cacao, yuca, naranja, cipres, papaya, ornamentales
ARRIERO® 2.5 DP	25 g/kg	III	insecticida	adama andina b.v. sucursal colombia	Colombia	café, naranja, platano, pastos, papa, limon, mandarina, lima, tangelo, toronja, platano, pino, eucalipto

PYRINEX® 4 EC	480 g/L	II	insecticida	adama andina b.v. sucursal colombia	Colombia Israel	papa, maiz, potreros, café, pino, eucalipto
LORSBAN 4 EC	480 g/L	II	insecticida	sodiak s.a	Colombia, India, China	algodón, maiz, café, papa, pastos, piña, habichuela, tomate, banano
VEXTER 550 EC	500 g/L	Ib	insecticida	dow agrosiences de colombia s.a	Colombia	café, algodón, sorgo, papa
VEXTER 4 EC	480 g/L	II	insecticida	dow agrosiences de colombia s.a	Colombia	algodón, maiz, sorgo, café, papa, pastos, piña, habichuela, tomate, banano
TRAPPER® EC	480 g/L	II	insecticida	dow agrosiences de colombia s.a	Colombia	algodón, maiz, sorgo, café, papa, pastos, piña habichuela, tomate, banano
RAFAGA®4 EC	480 g/L	II	insecticida	invesa s.a	Colombia	pastos, café, papa, tomate
LATIGO®EC	500 g/L 50 g/L	Ib	insecticida	dow agrosiences de colombia s.a	Colombia	café, algodón, sorgo, papa
NIFEREX®2.5 DP	25 g/Kg	III	insecticida	tecnoquimicas s.a	Colombia	café
NIFEREX®48 EC	480 g/L	II	insecticida	tecnoquimicas s.a	China Colombia	papa, maiz, aguacate
CLORPIRICOL®4 EC	480 g/L	II	insecticida	arysta lifescience colombia s.a.s	China Colombia India	café, sorgo, maiz habichuela, papa, tomate

NUFOS ®4 EC	480 g/L	II	insecticida	fmc colombia s.a.s	Dinamarca	café, maíz, arroz, sorgo, papa
PYRITILENE®1%	10 g/Kg	III	insecticida	adama andina b.v. sucursal colombia	Colombia	banano
TERMINUS®220 EC	200 g/L 20 g/L	II	insecticida	arysta lifescience colombia s.a.s	Belgica	pastos
CLORPIRIFOS+CIPERMETRIN A RAINBOW 550 EC	500 g/L 50 g/L	II	insecticida	rainbow agrosiences s.a.s	China	potreros
CLORPIRIGROZ 480 EC	480 g/L	II	insecticida	agroquimicos arroceros de colombia "agroz s.a"	India Colombia China	papa, arroz
CLORPYRIFOS AGROGEN 480 EC	480 g/L	II	insecticida	sumitomo chemical colombia s.a.s	India China	café, potreros, arroz, papa
BANACLOR	10 g/Kg	III	insecticida	banaplast s.a.s	Colombia	banano, platano
CLORPIRIFOS + CIPERMETRINA DEL MONTE 550 EC	500 g/L 50 g/L	II	insecticida	del monte agrosiences s.a.s	China	pastos
ARRAZA 320 ME	290 g/L 30 g/L	II	insecticida	latin west s.a.s	China	rosa, maíz, café
CLORPIBAG 1%	1% p/p	III	insecticida	foragro colombia s.a.s	Guatemala	banano
CLORPAZ 480 EC	480 g/L	II	insecticida	cac colombia cropscience s.a.s	China	pastos

Recuperado de ICA (2022).

Tabla 11. Listado de profenofos vigente según ICA

NOMBRE DEL PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	NIVEL TOXICIDAD	CLASE	EMPRESA	PAIS DE ORIGEN	CULTIVO
PROFENOCRON	600 g/L	II	insecticida	arysta lifescience colombia s.a.s	China Francia India	arroz, clavel, papa
AWAKE 500 EC	500 g/l	II	insecticida	tecnoquimicas s.a	China India	papa, gypsophilla

Recuperado de ICA (2022).

5 Toxicidad:

La sinapsis química es la comunicación entre una neurona presináptica y una neurona postsináptica, por medio de las terminaciones de los axones.

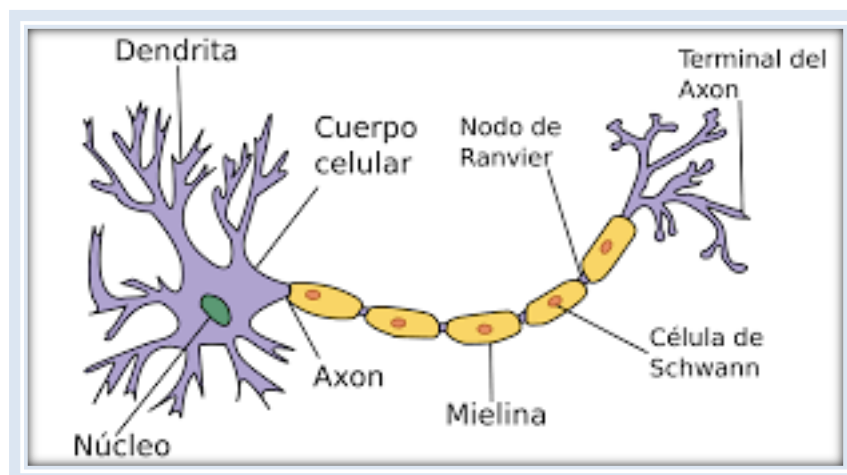


Ilustración 1, representación de una célula neuronal, fuente:
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/62/Neurona.svg/300px-Neurona.svg.png>

La célula denominada como postsináptica puede ser de tipo neuronal, una glándula o una célula muscular. Se determina como proceso químico ya que se forma mediante los iones de sodio, potasio y cloro, generando impulsos eléctricos (Sánchez-Chávez G, 2008). La célula presináptica conduce un impulso eléctrico por medio del potencial de acción a lo largo del axón, el cual va a llevar a la despolarización de la neurona por la vesícula de la sinapsis, el canal de conducción de calcio de la membrana se forma regulado por voltaje. Una vez se abra este canal entran iones de calcio que juegan un papel fundamental en la exocitosis de las vesículas en el botón sináptico.

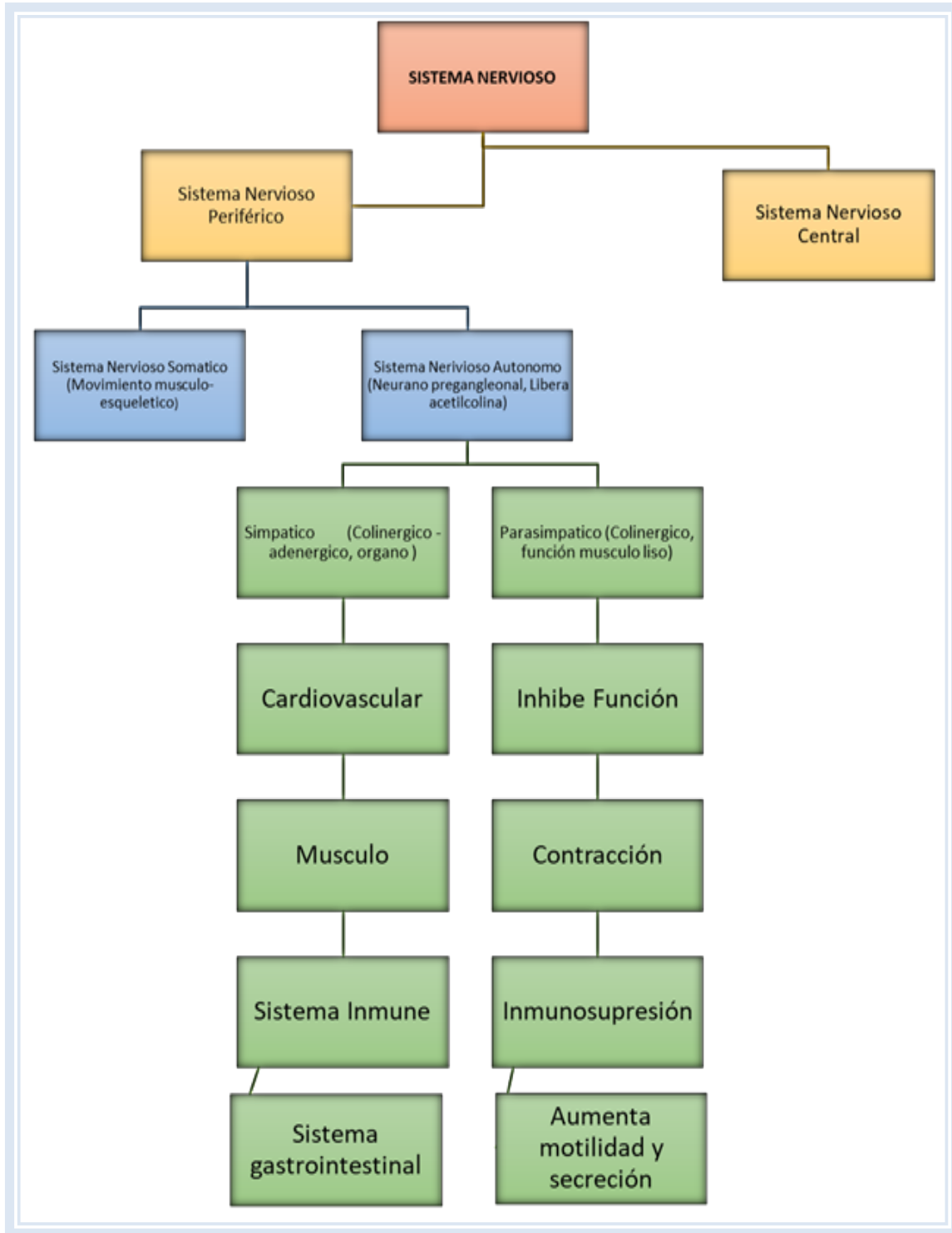


Ilustración 2, Composición del Sistema Nervioso, (Godofredo Diéguez Castillo, 2015)

Las vesículas son cargadas de neurotransmisores, es allí donde se encuentra la acetilcolina que pertenece a los esteres de colina. La acetilcolina (Ach) se forma a partir de la colina más acetyl Co-A, con una encima Colina Acetiltransferasa.

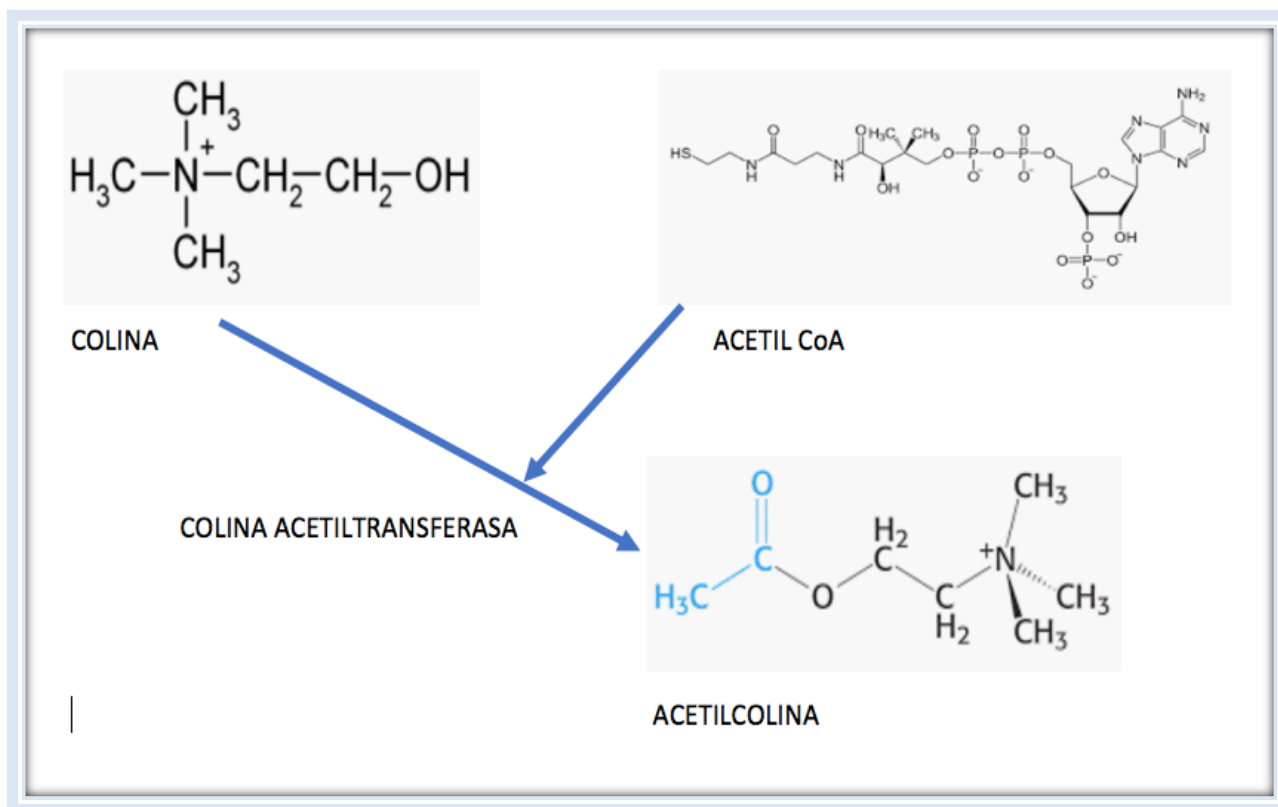


Ilustración 3, fases de la formación de la Acetilcolina.

La Ach se degrada mediante acetilcolinesterasa y produce colina y acetato, luego la colina se reabsorbe y forma más acetilcolina, formando un ciclo. Una vez la célula postsináptica de acuerdo con el tipo de función recibe la acetilcolina genera la función, este receptor puede ser nicotínico N1 (unión neuro muscular) y N2 (sistema nervioso autónomo y central, y glándula

suprarrenal) y muscarínicos de tipo M1, M4 y M5(cerebro), M2 (Corazón) y M3 (intestino y glándulas).

Ilustración 4. Neurotransmisores de tipo N y M.

GRUPO	TIPO	LOCALIZACIÓN	ACCIÓN
Nicotínico	N1	Unión neuromuscular	Contracción muscular
	N2	Ganglios autónomos, cerebro	Activación del sistema autónomo
Muscarínicos	M1	Cerebro	Parietal-gastrointestinal, ganglios autónomos
	M2	Corazón	Disminución de la contracción y la frecuencia cardíaca
	M3	Musculo liso	• Bronquios-Broncoconstricción • Vejiga-micción • Glándulas exocrinas
	M4	Cerebro	Memoria atención analgesia y ciclo del sueño
	M5	Cerebro	

Por lo tanto, los plaguicidas como los clorpirifos y profenofos utilizados en campos de producción de frutas y verduras (**Mulchandani, 2011**), son inhibidores de las enzimas neuroconductoras como la colinesterasa, produciendo la acumulación de la acetilcolina (**Sánchez-Chávez G, 2008**), la cual genera respuesta en los receptores colinérgicos (Nicotínico y Muscarínico). Este bloqueo genera daños a nivel cognitivo como problemas de aprendizaje, daños a nivel órgano funcional y llegar a producir hasta la muerte.

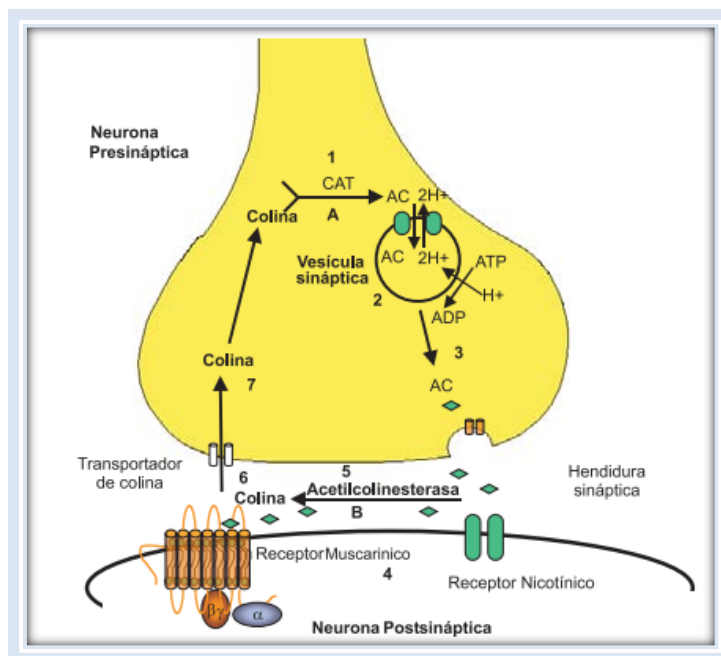


Ilustración 5, Síntesis de la acetilcolina en la neurona, sinapsis (Soto & JE, 2005).

METODOLOGÍA

6 METODOLOGÍA

La revisión sistemática consolida los estudios que hasta el momento están diseñados y generan un nivel de calidad, los cuales generan como resultado evidencia científica de alta veracidad. De acuerdo a la necesidad de generar una respuesta a la incógnita que en este trabajo de grado se plantea, se busca generar una alternativa de forma que sea viable sintetizar la información encontrada.

La revisión sistemática rápida de literatura consta de 8 pasos que se desarrollan a continuación (Khangura, 2012):

Paso 1. Necesidad de valoración: El impacto de los plaguicidas en la población que ejerce la labor de la agricultura ha generado actividades de investigación en el medio ambiente, en la salud pública, en la seguridad social y en la salud en el trabajo, desde la evidencia científica que promuevan el desarrollo de políticas públicas que reduzcan el nivel de exposición a sustancias tóxicas las cuales generan daño a nivel neurocognitivo, genético y demás enfermedades no identificadas. El alcance de este proyecto de investigación está orientado hacia el impacto neurocognitivo que tienen los plaguicidas clorpirifos y profenofos en los niños de 7 a 10 años en la localidad de Sumapaz. Por lo tanto, cabe resaltar que en Colombia hay estudios muy escasos que indiquen el impacto de los plaguicidas en el ser humano desde la etapa de fertilidad, fetal, infantil, juvenil y tercera edad principalmente.

Paso 2. Desarrollo y refinamiento de preguntas: Desde la universidad Ean se han organizado grupos de investigación conformados por docentes y estudiantes de posgrados en las áreas de

gestión ambiental, salud colectiva, salud ambiental y sistemas de salud. Los proyectos a desarrollar desde estos grupos de investigación son:

- Afectación neuro-conductual de los agricultores expuestos a los agrotóxicos en la localidad de Sumapaz.
- Caracterización del contexto de las personas con discapacidad y sus familias en el ámbito rural de Bogotá. Un trabajo de co-construcción desde la organización social.
- Remediación de suelos contaminados por mercurio en actividades de extracción de oro.
- El sector salud y el desarrollo rural en Colombia: análisis de política pública.
- Evaluación del impacto en salud y ambiente de las acciones planteadas por instituciones Distritales en la zona rural de Bogotá en la vigencia 2010-2014.
- Percepción de condiciones de vida y salud de familias campesinas en la Localidad de Sumapaz: Análisis Comparativo desde los Modelos de producción agrícola hegemónico y agroecológico.
- Condiciones de salud en Colombia, el caso de la enfermedad profesional.
- Redes integradas de servicios de salud: Un modelo para el abordaje integral de poblaciones vulnerables viviendo con el VIH/SIDA en Bogotá.
- Análisis del perfil salud-enfermedad de la población escolar de los colegios públicos del distrito capital, 2012-2013.
- Impacto de las reformas al Sistema General de Seguridad Social en salud a 2013.

- Diseño del observatorio de la gestión empresarial en salud en el marco del sistema general de seguridad social en salud.
- Plan de manejo ambiental para los residuos estériles producidos en la explotación y extracción de carbón para la empresa carbones los cerros LTDA.
- Dinámica del uso de la acción de tutela para la garantía del derecho a la protección de los riesgos laborales y la prevención y atención oportuna del accidente de trabajo y la enfermedad laboral en Colombia, en el periodo 1992- 2014 (Primera Fase).
- Condiciones de Trabajo de los trabajadores de la salud y Seguridad del Paciente.

Con respecto a las anteriores líneas de proyectos a desarrollar, se genera como cuestionamiento: ¿Cuál es el daño a nivel neurocognitivo que generan los plaguicidas?, es por esta razón que se seleccionaron los artículos en los cuales se encontrara una clara explicación de lo que sucede a nivel neuronal y así mismo, entender cuál es la forma en que las neuronas realizan la sinapsis y que interviene en este proceso.

Paso 3. Desarrollo y aprobación de propuestas: Para el desarrollo de la búsqueda literaria, se aplicaron diferentes filtros teniendo en cuenta sinónimos, tiempos de publicación y referencias todo esto aplicado tanto en español como en inglés. La construcción del marco teórico es la propuesta donde se desarrolla el impacto que tiene el plaguicida. Por lo tanto, se realizó una búsqueda en Web of Science, google scholar, WOS y Science direct, se escogieron los resultados que expliquen a nivel neuronal cual es el impacto que tienen los plaguicidas y cuáles fueron los

métodos que se utilizaron como cohortes de pacientes, grupos poblacionales y la relación con cultivos de producción agrícola.

Paso 4. Búsqueda sistemática de literatura: Para el desarrollo de la búsqueda sistemática se tuvieron en cuenta sinónimos y combinaciones que generaron una cantidad importante de artículos científicos, los cuales describían en la mayor parte de los casos cuales fueron los métodos de recolección de la información para generar una conclusión de estudio, así mismo se tuvo en cuenta otra variable muy importante como el año de publicación como desde el 2010 hasta la fecha, ya que la investigación y el desarrollo de la ciencia se ha caracterizado por ser siempre evolutivo nunca estático en el tiempo. En cuanto a los sinónimos y combinaciones utilizadas en la búsqueda se tuvieron en cuenta las siguientes palabras claves:

Tabla 12. Paginas Web consultadas

PAGINA WEB	PALABRA CLAVE	RESULTADOS
https://www.webofscience-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/wos/woscc/basic-search	Cognitive impact in children due to exposure to organophosphate pesticides	4 artículos
	Profenofos	527 artículos
	Chlorpyrifos	9510 artículos
	Chlorpyrifos definition	17 artículos
	Organophosphate pesticides	6901 artículos
	Organophosphate pesticides profenofos	110 artículos
	Organophosphate pesticides profenofos and chlorpyrifos	45 artículos

	Chlorpyrifos pesticides children	584 artículos
	Pesticides in Colombia	487 artículos
https://scholar.google.es	Clorpirifos insecticidas organofosforados	4010 artículos
	Plaguicidas Clorpirifos	4940 artículos
	Plaguicidas Profenofos	881 artículos
	Impacto cognitivo plaguicidas	5680 artículos
https://ScienceDirect.com	chlorpyrifos pesticides children	584 artículos

En esta búsqueda se pudo evidenciar, que en Colombia no hay estudios de este tipo en comparación de lo que se evidencio en países como Kenia, India, Suecia, Brasil, Costa Rica, entre otros.

RESULTADOS

6.1 Resultados:

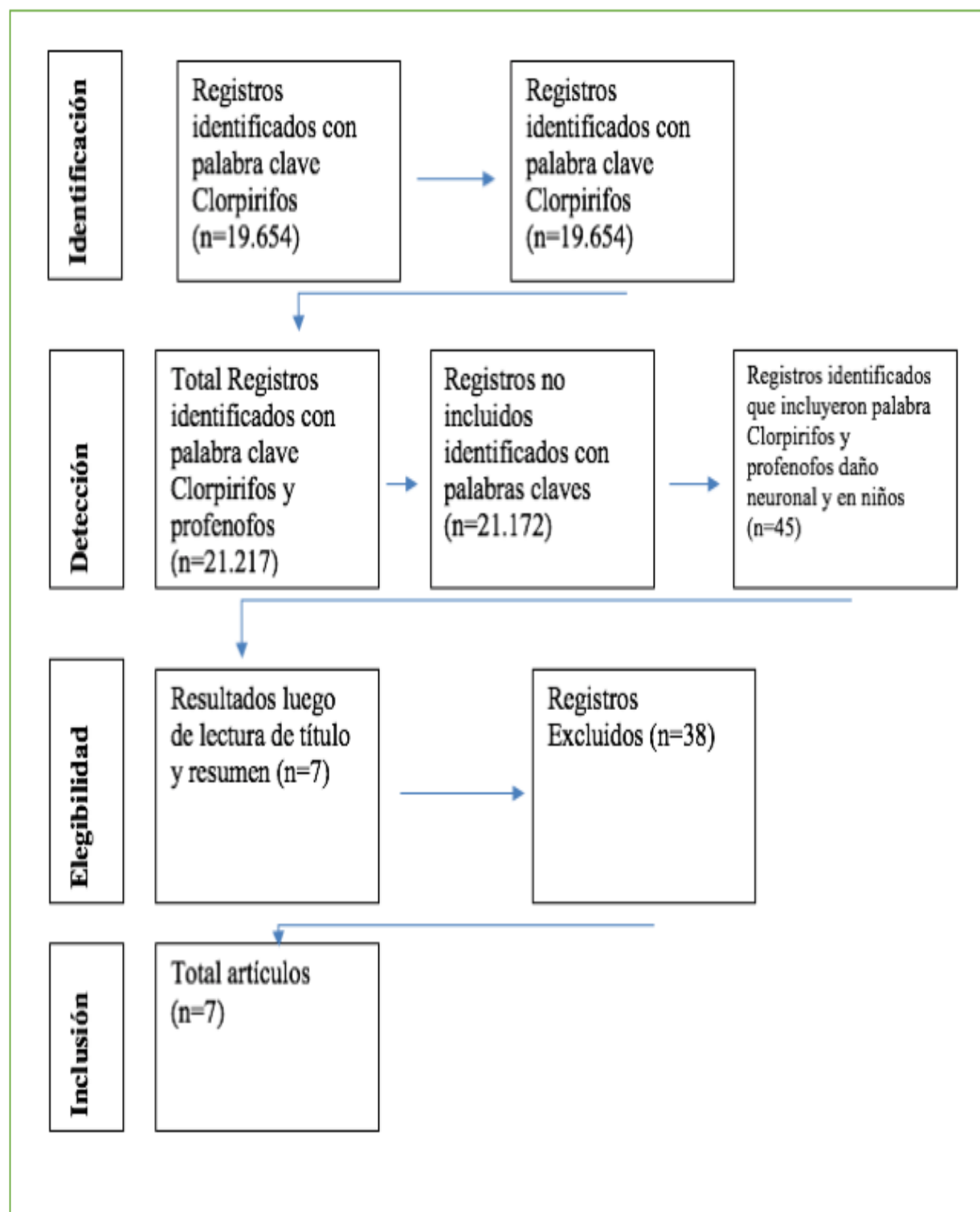
Paso 5. Selección y selección de estudios: Los artículos científicos seleccionados muestran como con un grupo de pacientes quienes tuvieron contacto con plaguicidas organofosforados como clorpirifos y profenofos, presentaron algún tipo de afectación de nivel cognitivo principalmente, los estudios que se encontraron no son exclusivamente en niños, por lo tanto se tuvo en cuenta cual fue la conclusión a la que llego el autor en su investigación y poder realizar un análisis con la función de los neurotransmisores.

Tabla 13. Artículos seleccionados

PLAGUICIDA	MUESTRA	AFECCIÓN	LUGAR DE ESTUDIO	FUENTE
Clorpirifos	Orina de 140 niños de 6 a 9 años	Neurodesarrollo, neuroconductual	Talamanca, Costa Rica	Berna van Wendel de Joode, Ana M. Mora, Christian H. Lindh, David Hernández-Bonilla, Leonel Córdoba, Catharina Wesseling, Jane A. Hoppin, Donna Mergler, Pesticide exposure and neurodevelopment in children aged 6–9 years from Talamanca, Costa Rica, Cortex, Volume 85, 2016, Pages 137-150
Clorpirifos	No aplica	Problemas ambientales y de salud humana	Sao Paulo, Brasil	Paulo Roberto S. Soares and Willian G. Birololi and Irlon M. Ferreira and André Luiz M. Porto. (2021). Biodegradation pathway of the organophosphate pesticides chlorpyrifos, methyl parathion and profenofos by the marine-derived fungus <i>Aspergillus sydowii</i> CBMAI 935 and its potential for methylation reactions of phenolic compounds.
Clorpirifos	No aplica	Desarrollo cognitivo	Ultuna, Suecia	Mie, A., Andersen, H.R., Gunnarsson, S. et al. Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review. Environ Health 16, 111 (2017). https://doi.org/10.1186/s12940-017-0315-4
Clorpirifos y profenofos	312 muestras de leche bovina	Problemas hepaticos y renales, cognitivos	Punjab, India	Bedi, J.S., Gill, J.P.S., Aulakh, R.S. et al. Pesticide Residues in Bovine Milk in Punjab, India: Spatial Variation and Risk Assessment to Human Health. Arch Environ Contam Toxicol 69, 230–240 (2015). https://doi.org/10.1007/s00244-015-0163-6

Clorpirifos y profenofos	No aplica	Metabolismo de los OP	Punjab, India	Kaur G., Jain AK y Singh S. 2017 Variaciones genéticas de CYP/ PON como determinante de la toxicidad de los plaguicidas organofosforados. J. Genet. 96
Clorpirifos	No aplica	Biosensores ampométricos	No definido	Mulchandani, A., Rajesh Microbial Biosensors for Organophosphate Pesticides. Appl Biochem Biotechnol 165, 687–699 (2011). https://doi-org.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/10.1007/s12010-011-9288-x
Clorpirifos y profenofos	No aplica	Cuidados salud en el trabajo	Kenia, Africa Oriental	Isaac Omwenga, Laetitia Kanja, Paul Zomer, Jochem Louisse, Ivonne M.C.M. Rietjens & Hans Mol (2021) Organophosphate and carbamate pesticide residues and accompanying risks in commonly consumed vegetables in Kenya, Food Additives & Contaminants: Part B, 14:1, 48-58

DIAGRAMA PRISMA



DISCUSIÓN

6.2 Discusión:

Paso 6. Síntesis narrativa de los estudios incluidos: Los artículos que se escogieron indican que efectivamente en las cohortes de pacientes que se han escogido se han evidenciado daños a nivel neuronal, y con respecto países de la Unión Europea han tomado medidas en cuanto a la aspersión de plaguicidas en los cultivos. Es por tal razón que se enumeran a continuación los artículos con mayor evidencia científica.

En Talamanca, Costa Rica (Berna van Wendel de Joode, 2016), se realizó un estudio en niños entre una edad de 6 a 9 años que vivían en medio de plantaciones de plátano, se recolectaron muestras de orina y se pudo observar por medio de pruebas neurológicas que esta cohorte de pacientes presentó problemas de concentración, los cuales son netamente asociados al neurodesarrollo, tales como el autismo, los problemas de aprendizaje, el déficit de atención, la hiperactividad y las emociones. En este artículo observaron que las muestras de orina que se recolectaron el 57% tenía metabolitos de plaguicidas TCPy, el 96% ETU y el 94% 3-PBA, luego se practicaron pruebas con psicometristas para evaluar el desarrollo neuronal implementando la escala de Wechsler, por lo tanto, concluyeron que los niños que están altamente expuestos a clorpirifos tiene afectación en la parte cognitiva, comportamiento, función motor y sensorial. Por otra parte, es importante tener en cuenta que no solo los plaguicidas OP generan un daño en los seres humanos, si no también tienen consecuencias de tipo ambiental, un estudio en Brasil indica que cual es el impacto que tiene el uso excesivo de los clorpirifos y así mismo plantea cual puede ser una posible solución para generar una biodegradación de este tipo de elementos tóxicos (Porto., 2021).

Los niveles de cadmio que se encuentran en frutas y verduras son más altos en la agricultura convencional, mientras que en la agricultura orgánica son más ricos los niveles de omega y otros minerales, el ser humano siempre se va a orientar hacia consumir alimentos altamente saludables que mitiguen el riesgo de enfermedades cuyo resultado sea la mortalidad (Mie, 2017). Por lo tanto, la agricultura orgánica es posible siempre y cuando se apliquen los procesos en cuanto al control adecuado de plagas.

Los plaguicidas no solamente se han encontrado en productos agrícolas, pues en Punjab, India han realizado análisis de leche bovina, en el cual se evidenció que el plaguicida que más se encuentra

es el clorpirifos en una proporción de 20.2%, mientras que los niveles de los profenofos fueron del 1.3% (Bedi, 2015), por lo tanto se concluye en este estudio que el encontrar residuos de plaguicidas en el ganado puede llegarse a pensar que hay una práctica no adecuada en la aspersión de estos productos químicos altamente tóxicos y perjudiciales en la salud humana y que además existen en esta zona enfermedades como el cáncer con una alta incidencia.

La exposición a plaguicidas en una alta dosis y por un tiempo prolongado, puede llegar a desencadenar enfermedades como el cáncer, trastornos neurodegenerativos, afecciones pulmonares, reproductivos y de desarrollo (Kaur G., 2017). Por lo tanto, los plaguicidas son inhibidores de las serinas esterases (colinesterasa sérica y acetilcolinesterasa), generando acumulación del receptor neuronal como la acetilcolina, la cual contribuye en la comunicación entre neuronas denominada sinapsis. Esta acumulación bloquea la respuesta muscular, los órganos vitales y desencadenar la muerte, por lo tanto, los biosensores poder inhibir y catalizador (Mulchandani, 2011). La importancia del uso de los plaguicidas en la agricultura es básicamente mitigar la aparición de virus por vectores, es decir, las enfermedades adquiridas por hongos o virus presentes en cultivos. En un estudio que se realizó en un cultivo en Kenia, se evidenció que no solo los problemas de salud se presentaban por la ingesta de alimentos con altos contenidos de plaguicidas entre los que observaron clorpirifos y profenofos, si no que también el riesgo se presentaba en los trabajadores que se encargaban de la aspersión con este tipo de sustancias (Isaac Omwenga, 2021), a lo cual se recomendó que se deben tener cuidados como no hablar, no comer, no fumar mientras se realiza la fumigación y además se debe contar con trajes especiales para realizar este proceso y tomar duchas posterior a estar en contacto con plaguicidas.

CONCLUSIONES

7 CONCLUSIONES

En la búsqueda que se realizó se evidencia que la legislación colombiana no ha sido actualizada a nivel de los países Europeos ya que su legislación es aproximadamente desde los años 90, en los cuales se han tomado medidas de restricción en el uso de plaguicidas. Cabe resaltar que como se mencionaba anteriormente la población más afectada son los menores ya que su alimentación es basada en una dieta rica en verduras y frutas.

- En la Unión Europea los plaguicidas como clorpirifos y profenofos son prohibidos en los cultivos agrícolas, pues han realizado estudios en los cuales se ha conocido que los niveles de toxicidad que genera este tipo de sustancias, generan daños importantes en la salud del ser humano.
- El análisis que se realiza para entender el daño neuronal que producen los plaguicidas como clorpirifos y profenosfos, se realiza comprendiendo el funcionamiento fisiológico neuronal y de acuerdo a lo que se evidencian en los artículos científicos escogidos, se determina que se ubica en la neurona receptora y por esta razón se produce la acumulación de la acetilcolina.
- Los estudios que se evidencian en cuanto a profenofos son muy escasos en comparación con los de tipo clorpirifos.
- Aún en Colombia se sigue utilizando este tipo de plaguicidas y no se evidencia ningún control contundente a un cambio de agricultura orgánica, a pesar de los estudios que se encuentran en países desarrollados de la Unión Europea, es necesaria una Política de Salud Pública a nivel Nacional, que impida seguir con el uso de este tipo de plaguicidas.

Tabla 14. Artículos no seleccionados

AUTOR / PAÍS / AÑO DE PUBLICACIÓN	POBLACIÓN	TAMAÑO DE MUESTRA	CONCLUSIÓN	MOTIVO DE EXCLUSIÓN
Wang Ppei, Ying Tian, Xiao-Jin Wang, Yu Gao, Rong Shi, Guo Quan Wang, Guo Hua Hu, Xiao-Ming Shen C / Shanghai, China / 23 de mayo de 2011	Mujeres embarazadas sanas	187	No hubo asociaciones para ninguna de las medidas de exposición a órgano fosforados para el peso y la longitud al nacer, por lo tanto sugiere que los organofosforados no tiene efectos sobre el crecimiento fetal.	El estudio no fue exclusivo para plaguicidas organofosforados como clorpirifos y profenofos y la población objeto de estudio fueron mujeres embarazadas.
A. Venerosi, L. Riceeri a, S. Tait, G. Calamandrei / Roma, Italia / 29 de agosto de 2012	Roedores de laboratorio	No se identifica	El plaguicida de tipo clorpirifos organofosforado de amplia difusión podría considerarse como un disruptor neuroendocrino que posiblemente representa un factor de riesgo de trastornos del desarrollo neurológico sesgados por el sexo en los niños	La población objeto de estudio no era infantil y el estudio no es orientado hacia neurotransmisores y problemas de tipo cognitivo.
Andrés D. Rodríguez, J. Paola Rodríguez, Juan C. Moreno, Rocio Sierra	No definida	No definida	Estudio de parámetros cinéticos de fotodegradación de los profenofos en cultivos de cebolla de la laguna de Tota	Estan orientado a profenofos pero no aplicado a niños ni desarrollo cognitivo
Lorena Smitha, Wendy Klémentb, Leonie Dopavoguia , Frederic de Bockb, Frederic Lasserrea, Sharon Barrettoa, Celine Lukowicza, Ana Fougerata , Arnaud Polizzia, benoist schaalc, Bruno Patris, colette dennis, Guylène Feuilletd, Cécile Canleta, Emilien L Jamina, laurent debrauwer, Laila Mselli-Lakhala, Nicolás Loiseaua, Hervé Guilloua, Nicola Marchib, Sandrine Ellero-Simatosa / Toulouse, Francia/ 22 de julio de 2020	Roedores de laboratorio	No se identifica	Se analizaron 6 tipos de plaguicidas en contacto con ratas en el periodo de gestación y lactancia y se analizaron posibles cambios en las crías.	No era aplicado a la población definida

BIBLIOGRAFIA

8 Referencias

- Agronegocios. (Octubre de 2020). *Agronegocios*. Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/1>.
- Albert, L. y. (2005). *Impacto ambiental de los plaguicidas en los ecosistemas costeros*. Mexico: Univ. Autón. De Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología.
- Bedi, J. G. (2015). Pesticide Residues in Bovine Milk in Punjab, India: Spatial Variation and Risk Assessment to Human Health. *Arch Environ Contam Toxicol*, 230- 240.
- Berna van Wendel de Joode, A. M.-B. (2016). Pesticide exposure and neurodevelopment in children aged 6–9 years from Talamanca. *Cortex, Volume 85*, 137-150.
- Bouchard, M. F. (2010). Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and Urinary Metabolites of Organophosphate Pesticides. *PEDIATRICS*, 1270-1277.
- Colombian Agricultural Institute. (Febrero de 2021). Obtenido de ICA: https://www.ica.gov.co/getdoc/d3eecf95-6146-412b-be83-e1e507db9cd6/articulo_usodeplaguicidas.aspx
- Domínguez, R. (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL*. Santiago: Libros de la CEPAL.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1986). International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. Roma.
- FR, & Davis. (2019). Pesticides and the perils of synecdoche in the history of science and environmental history. *Hist. Sci.*, 469-492.
- Godofredo Diéguez Castillo, J. L. (2015). *Anatomía y fisiología del sistema nervioso central*. San Pablo de Madrid: CEU.
- ICA. (octubre de 2016). *Colombian Agricultural Institute*. Obtenido de ICA: https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/estadisticas/cartilla-plaguicidas-2016_22-01-18.aspx. Accessed on October 2020.
- Idrovo A, S. L. (2005). Time to first pregnancy among women working in agricultural production. *Int. Arch. Occup. Environ. Health.*, 493-500.
- Isaac Omwenga, L. K. (2021). Organophosphate and carbamate pesticide residues and accompanying risks in commonly consumed vegetables in Kenya. *Food Additives & Contaminants*, 48-58.
- JM., D. (2014). Transgenic cereals: Current status and future prospects. *Cereal Sci.*, 419-434.
- Juan José Balcázar, Á. h., Leibovich, J. A., Botello, S., Cortés, S., Estrada, L., Rodríguez, C., & Vásquez, H. (2013). *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia*. Bogotá: Coautores SAC y Fedesarrollo.
- Karam, M. Á. (2004). Plaguicidas y salud de la población. *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 246-254.
- Kaur G., J. A. (2017). Variaciones genéticas de CYP/ PON como determinante de la toxicidad de los plaguicidas organofosforados. *Genet*, 96.
- Khangura, K. C. (2012).

- Lewis, K. T. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 1050-1064.
- Mie, A. A. (2017). Human health implications of organic food and organic agriculture: a comprehensive review. *Environ Health*, 111.
- Monroy. (2009). *Caracterización de las prácticas agrícolas asociadas con el uso y manejo de plaguicidas en cultivos de papa. Caso- vereda mata de mora, en el paramo de merchan.* Saboya. BOyaca.
- Morales, E. R. (2015). Manejo de cultivos andinos del Ecuador. *El Agro*, 63-64.
- Mulchandani, A. R. (2011). Microbial Biosensors for Organophosphate Pesticides. *Appl Biochem Biotechnol*, 687-699.
- Murcia, & Stashenko. (2008). Determinación de plaguicidas organofosforados en vegetales producidos en Colombia. *Agro Sur*, 71-81.
- OMS. (2020). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación de 2019*. Ginebra: CC BY-NC-SA 3.0 IGO .
- Porto., P. R. (2021). Biodegradation pathway of the organophosphate pesticides chlorpyrifos, methyl parathion and profenofos by the marine-derived fungus *Aspergillus sydowii* CBMAI 935 and its potential for methylation reactions of phenolic compounds. *Porto*.
- Ramchandra AM, C. B. (2019). Pyrethroid Poisoning. *Indian J Crit Care Med*, s267-s271.
- republica, L. (2021). Obtenido de www.larepublica.co:
<https://www.larepublica.co/economia/produccion-agropecuaria-colombia-2021-upra-3360910#:~:text=Agro-,La%20producci%C3%B3n%20agropecuaria%20fue%20de%2073%2C2%20millones%20de,en%202021%20pese%20al%20paro>
- Rose, E. H. (2015). Human Metabolism and Metabolic Interactions of Deployment-Related Chemicals. *Drug Metabolism Reviews*, 1-39.
- Sánchez-Chávez G, S. R. (2008). Enzimas polifuncionales: El caso de la acetilcolinesterasa. *Rev Educ Bioquímica*, 44-51.
- Soto, M. E., & JE, S. T. (2005). Estructura y Función de los receptores acetilcolina de tipo muscarínico y nicotínico. *Rev Mex Neuroci*, 326.
- United States Environmental Protection Agency. (Junio de 2020). Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-pesticidas#pesticida>
- V, G. (2010). *Intoxicación por plaguicidas: casuística del hospital universitario del caribe y de la clínica universitaria San Juan de Dios de Cartagena*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Maestría.
- www.ica.gov.co. (2016). Obtenido de https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/regulacion-y-control-de-plaguicidas-quimicos/estadisticas/cartilla-plaguicidas-2016_22-01-18.aspx

