

IMPACTO DE LA TOXICIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR PLAGUICIDAS

Diego Fernando Elias Estremadoyro

Investigador Independiente

ORCID: 0000-0002-2730-3920

Resumen: El presente artículo corresponde a una revisión bibliográfica sobre las investigaciones realizadas en base a la exposición de toxicidad de una diversidad de organismos no objetivos a diferentes concentraciones de plaguicidas utilizados en los cultivos, pero que pueden impactar de una manera a ciertos individuos y a su medio mismo. En el desarrollo se presenta una descripción del tipo y grado de los plaguicidas evaluados y sus repercusiones al medio acuático y terrestre; asimismo, se ha incluido una comparación de los resultados obtenidos por algunos autores en sus experimentaciones. Complementando dicha información con una recopilación sobre el impacto con respecto al manejo de los envases de los plaguicidas; así como el impacto de dichos residuos en la salud pública. A raíz del análisis realizado se ha llegado a la conclusión de que dichos residuos de plaguicidas sintéticos, sin importar su composición, son un riesgo latente para el medio ambiente y para la salud pública.

Palabras clave: Plaguicidas. Toxicidad. Residuos Sólidos. Envases. Salud Pública.

Impact of Solid Waste Toxicity Generated by Pesticides

Abstract: This article is a bibliographic review of investigations on the toxicity exposure of a diversity of non-target organisms due to different concentrations of pesticides used in crops, but that can somehow impact certain individuals and their environment. The article presents a description of the type and grade of evaluated pesticides and their repercussions on the aquatic and terrestrial environment. Likewise, it includes a comparison of the results obtained by some authors in their experiments. It complements this information with a compilation on the impact caused due to the handling of pesticide containers, including the impact of said residues on public health. The analysis concludes that said synthetic pesticide residues, regardless of their composition, are a latent risk for the environment and public health.

Keywords: Pesticides, Toxicity, Solid Waste, Packaging, Public Health.

Diego Fernando Elias Estremadoyro

Ingeniero Ambiental por la Universidad Científica del Sur. Especialista en sostenibilidad, supervisión ambiental, calidad ambiental, gestión y tratamiento de residuos sólidos. Expositor en el Encuentro Científico Internacional de Invierno (ECI 20201). Experiencia en el Estado en los rubros de supervisión ambiental y temas de calidad ambiental, y en el sector privado en gestión ambiental y desarrollo sostenible. Actual Asistente en Interpretación de Información de Calidad Ambiental de la Dirección de Control de la Contaminación y Sustancias Químicas del Ministerio del Ambiente.

Correo: diegowin16@hotmail.com

1. Introducción

En los últimos años, se ha tomado conciencia creciente respecto a las amenazas a la salud humana y al ambiente que representa la liberación cada vez mayor de sustancias químicas de origen sintético (Ramírez, García & Barrera, 2003). Estas sustancias químicas, según Ferrer (2003), son llamadas plaguicidas, sus propiedades tóxicas perduran a lo largo del tiempo en el ambiente y pueden recorrer grandes distancias antes de almacenarse en los tejidos grasos (por ejemplo, en los peces), además de concentrarse cada vez más (bioacumulación) a medida que se transmiten a través de la cadena trófica (biomagnificación), entre otras características.

La intensificación de la producción de alimentos conduce a menudo a un abuso de plaguicidas. Del Puerto, Suárez Tamayo & Palacio Estrada (2014) mencionan que esto da lugar a nuevos brotes de plagas (reapariciones), selecciona poblaciones de plagas resistentes (insectos, bacterias y malas hierbas), aumenta los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, y plantea obstáculos al comercio (residuos). Los países reforman sus políticas para reducir estos problemas y garantizar paralelamente una producción de alimentos intensificada mediante la aplicación de alternativas a los plaguicidas.

Arroyave & Restrepo (2009) afirman que la evaluación del grado de contaminación del suelo por plaguicidas es de gran importancia por la transferencia de ellos a los alimentos. Donde algunos pueden permanecer durante períodos de cinco a treinta años. Murga *et al.* (2017) mencionan que, en el caso de la ganadería, los residuos de plaguicidas pasan del suelo al forraje y finalmente a los animales, concentrándose en la grasa, y, por consiguiente, incrementan la concentración de residuos persistentes en la carne y la leche.

Las aguas superficiales de la tierra, ya sea por las lluvias, irrigación u otras fuentes, en su avance disuelven los plaguicidas presentes en el suelo. Por otra parte, en su movimiento, tanto el agua como el viento erosionan los suelos y arrastran consigo partículas, las cuales pueden llevar plaguicidas absorbidos (Arrazaeta, 2002). A esto se le suma el hecho de que muchos agricultores indebidamente lavan los contenedores, y otros medios que utilizan en la aplicación de los plaguicidas, en lagos, presas o ríos cercanos, causando su contaminación.

En este sentido, es importante conocer, tanto en el ámbito nacional como internacional, la importancia del impacto de los residuos que pueden generar los plaguicidas, así como su implementación a través del tiempo para evitar su uso inadecuado en los diferentes compartimientos ambientales tales como el suelo y el agua, y, de manera adicional, evaluar el impacto de sus envases de plástico.

2. Metodología

La metodología aplicada en el desarrollo del presente estudio es del tipo descriptiva. Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de literatura relevante en español e inglés en Google Académico, se recaudó fuentes de investigaciones científicas usando palabras claves relacionadas a qué es la toxicidad, qué son los residuos de los plaguicidas, cuáles son sus impactos en los compartimientos terrestres y acuáticos, así como el impacto de los envases de los plaguicidas, y cómo esto influye en la salud humana. Hasta recabar una cantidad de 34 referencias bibliográficas, permitiéndonos contrastar la información de los diferentes autores.

Esta búsqueda de información permitió poder examinar, resumir y analizar las diferentes literaturas con la finalidad de obtener conclusiones y recomendaciones, y de esta manera poder brindar aportes orientados a los órganos institucionales competentes para realizar mejoras en sus ámbitos.

3. Resultados y discusiones

3.1 Impacto en el compartimiento ambiental del suelo

Schreck, Gerek, Gontier & Treilhou (2008) realizaron un estudio, que conformó la evaluación de insecticidas y fungicidas en diferentes concentraciones ambientales, donde se estudió diferentes biomarcadores como neurotoxicidad, su metabolismo y el estrés oxidativo en *Aporrectodea caliginosa*. La actividad de la colinesterasa fue inhibida días luego de la aplicación de los plaguicidas, esto es un indicativo de un efecto neurotóxico en las lombrices, el aumento significativo de las actividades de GST y CAT (enzimas relacionadas al metabolismo y estrés oxidativo) reveló la metabolización de estos productos, dando como resultado la producción de reactivos especies de oxígeno, esto se puede observar a detalle en la Tabla 1.

Este impacto también se puede observar en el estudio de Elias (2020), donde evalúa el impacto ambiental de dos insecticidas y un fungicida (los

más usados en cultivos de cebolla en el distrito de Lurín, Lima, Perú), en el cual destaca al insecticida de la zeta-cipermetrina —como se muestra en la Tabla 1—, su CL_{50} es mayor a la dosis recomendada por su fabricante y su coeficiente de riesgo ambiental (QR) es mayor a 1, lo cual denota que es un riesgo alto al ambiente; sin embargo, los demás plaguicidas están dentro de los parámetros esperados. Del mismo modo, en el estudio de Arrazola (2016) se evaluó el riesgo ambiental de la imidacloprid y alfa-cipermetrina en Lima, en el cual, al evaluar la toxicidad por exposición (TER) al individuo, se pudo observar que el imidacloprid no se encuentra por debajo de los valores establecidos en el reporte de la Unión Europea (EC, 2002).

Tabla 1. Descripción comparativa de la caracterización y análisis de los residuos de plaguicidas en el compartimiento ambiental del suelo

Autor	Modelo experimental			Residuos de plaguicidas		
	Especie	Plaguicida (compuesto)	Concentración Letal Media (CL_{50}) (mg/kg)	Concentración en el suelo	Efecto en el individuo (TER)	Efecto en el medio terrestre (QR)
Schreck et al. (2008)	<i>Aporrectodea caliginosa</i> (lombriz roja)	Chlorpyrifos-ethyl	-	4.1% ± 0.2	Baja bioacumulación	-
		α-Cyhalothrin	-	14.7% ± 0.6		-
		Folpet	-	N.D.		-
		Metalaxyl	-	19.1% ± 0.8	Enzima GST y CAT inhibidas	-
		Myclobutanil	-	17.2% ± 07.		-
		Fosetyl-Al	-	N.D.		-
Elias (2020)	<i>Eisenia foetida</i> (lombriz roja californiana)	Zeta-cipermetrina	48.26	-	482.6	1.04
		Profenofos	1250	-	12500	0.08
		Pendimetalina	3771.23	-	377123	0.001
Arrazola (2016)	<i>Eisenia fetida</i> (lombriz roja californiana)	Imidacloprid	2.34	-	7.09	Alto riesgo en el medio terrestre
		Alfa-cipermetrina	341.1	-	576.08	
Rico et al. (2016)	<i>Eisenia fetida</i> (lombriz roja californiana)	Thriclorforn	122	-	27	Alto riesgo en el medio terrestre
		Dimethoate	28	-	10	
		Carbendazim	2.0	-	0.9	Riesgo moderado en el medio terrestre
		Tebuconazole	180	-	64	Alto riesgo en el medio terrestre
		Prochloraz	261	-	57	

Fuente y elaboración propia (2020).

Finalmente, en un estudio de Rico, Sabater & Castillo (2016), como se ve en la Tabla 1, se evaluaron cinco plaguicidas que se usan comúnmente en cultivos de arroz, donde se comprobó que el más tóxico de ellos fue el Carbendazim, con 2 mg.kg-1, siguiéndolo en un impacto moderado el Dimethoate, con 28 mg.kg-1, mientras que los restantes están por encima de los 100 mg.kg-1, dejándolos como un impacto leve, y al igual que el primer estudio mencionado, este evaluó propiedades enzimáticas, y se corroboró la inhibición de la colinesterasa y recalcó que las alteraciones histopatológicas son biomarcadores sensibles para análisis de residuos de plaguicidas en el suelo, y que se debe tomar en cuenta en su futuro.

3.2 Impacto en el compartimiento ambiental del agua

Iannacone *et al.* (2007) realizaron un estudio en el cual se determinó evaluar las concentraciones letales a cuatro organismos acuáticos no destinatarios — en la Tabla 2 se detallan con mayor exactitud las concentraciones y el riesgo ambiental que se llevó a cabo—, y con respecto a su sensibilidad al metamidofos, se halló la siguiente secuencia entre los organismos: *C. calligraphus* > *O. mykiss* ≈ *P. innesi* > *T. niger*. Esto es importante ya que el potencial del uso de organismos biológicos como bioindicadores en ensayos de ecotoxicidad está ampliamente documentado (Karabay & Oguz, 2005). Su principal utilidad en ecotoxicología es la de mostrar los efectos del tóxico a nivel individual, y así inferir los efectos a nivel poblacional y comunitario (Iannacone & Alvaríño, 2005). Y gracias a la evaluación del QR se puede estimar que el metamidofos es un plaguicida altamente riesgoso para el medio acuático.

El cartap es un plaguicida carbámico usado a nivel mundial en el control de plagas agrícolas como la polilla minadora del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) (Siqueira, Guedes, Picanço & Oliveira, 2000). Esto fue un antecedente en el trabajo de Iannacone & Alvaríño (2005), donde evaluaron las propiedades toxicológicas de este plaguicida en la pulga de agua, en la cual hallaron, como se describe en la Tabla 2, que este plaguicida sintético es un riesgo aún mayor que los anteriormente mencionados; también evaluó su tiempo de letalidad, que es entre 5-24 horas, lo cual lo hace moderadamente letal para el organismo, pero para el ambiente acuático es potencialmente muy riesgoso.

Tabla 2. Descripción comparativa de la caracterización y análisis de los residuos de plaguicidas en el compartimiento ambiental del agua

Autor	Modelo experimental		Residuos de plaguicidas		
	Especie	Plaguicida (compuesto)	Concentración Letal Media en la especie (CL ₅₀) (µg/L)	Concentración en el agua	Efecto en el medio acuático (QR)
Iannacone et al (2007)	<i>Chironomus calligraphus</i> (lombriz roja)	Metamidofos	4500	Persistencia de 6 días y con rango medio de solubilidad	1.333
	<i>Tetrapigus niger</i> (erizo negro)		608300		9.8
	<i>Paracheidoron inesi</i> (neón tetra)		20560		313
	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco iris)		10130		592
Iannacone & Alariño (2005)	<i>Moina macrocopa</i> (pulga de agua)	Cartap	0,00002	Persistencia de 10 min en agua a pH neutro	16650
Arias (2019)	<i>Simocephalus vetulus</i> (pulga de agua)	Cipermetrina	0.87	10 - 45 ng/g	-
		Lambdacialotrina	0.26	649 ng/g.	-
		Clorpirifos	0.38	2 258 ng/g	-
		Glifosfato	1.9	N.D.	-
Cáceres (2019)	<i>Cryphiops caementarius</i> (camarón de río)	Fipronil	0.035	-	2.00
		Imidacloprid	0.23	-	35.6

Fuente y elaboración propia (2020).

Por otro lado, el estudio de Arias (2019) evalúa no solo la toxicidad de los plaguicidas en un organismo acuático no destinatario, sino también en ciertos arroyos cercanos a una zona hortícola de La Plata (Argentina), para ello usó el organismo *Simocephalus vetulus*, en vez del comúnmente utilizado *Daphnia magna*, por ser endémico y más representativo de la zona, a lo cual, de los cuatro plaguicidas estudiados, el glifosfato representó ser más letal para dicha especie y a la par, en los resultados mostrados en la Tabla 2, menciona que dichos plaguicidas no solo se encontraron en dichos arroyos, sino que excedían los límites de calidad de agua de su legislación.

Asimismo, se estudió el camarón de río, por ser un individuo muy consumido en las regiones de la costa del Perú, así fue como Cáceres (2019) realizó

dicha investigación donde pudo encontrar que el Fipronil e imidacloprid fueron los plaguicidas que resultaron ser altamente riesgosos al medio acuático, y asimismo al camarón de río, como se detalla en la Tabla 2. Esto se sustenta con Van der Sluijs *et al.* (2015), que muestran una creciente evidencia publicada de que estos insecticidas representan un alto riesgo de daño para una amplia gama de taxones de invertebrados no objetivo, lo cual se espera tenga un impacto en las cadenas alimenticias de las que son parte.

3.3 Impacto con los envases de los plaguicidas

Del Puerto *et al.* (2014) mencionan que la mayoría de los plaguicidas son utilizados por la actividad agrícola, llegando a consumir alrededor del 85% de la producción mundial, el 15% restante es utilizado en salud pública para el control de plagas tales como roedores, enfermedades transmitidas por vectores, entre otros. El uso de plaguicidas involucra un grave deterioro de la salud de las personas, siendo principalmente afectadas aquellas que trabajan en la fabricación, manipulación y aplicación de este producto químico (Villalba, 2018).

Los envases que contienen los plaguicidas pueden clasificarse en dos grupos para el sector agropecuario: los envases «rígidos» y los «flexibles». Los envases rígidos son aquellos que conservan su forma original, con o sin contenido, sus materiales de fabricación son el polietileno de alta y baja densidad (PEAD y PEBD, respectivamente), tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y metal. Los envases flexibles son aquellos que presentan una deformación en su forma original una vez se haya vaciado su contenido, teniendo como material de fabricación a las bolsas o fundas aluminizadas plásticas o bolsas plásticas. Escaleras (2016) describe que el envase de un plaguicida, en presentación líquida, puede retener una cierta cantidad del producto. Por ejemplo, un envase de 20 litros puede llegar a retener aproximadamente 60 mL de sustancia concentrada, por lo cual, antes de su eliminación y disposición final, debe realizarse ciertas acciones para minimizar el impacto hacia la salud y el ambiente, como lo detalla el decreto supremo 008-2012-AG en su «Reglamento en las Acciones de Control Post Registro de Uso de Plaguicidas»; un ejemplo vital es el triple lavado, el cual se encuentra detallado en el Anexo 2 del mencionado reglamento.

En otro caso, como el de Colombia, al ser reconocido como un país que mantiene altos índices de desarrollo agropecuario, López, Suárez, Hoyos & Montes (2012) mencionan que, en cuanto al inadecuado manejo y

manipulación, la problemática radica en gran parte de las actividades productivas, relacionándolo también al desconocimiento de las características fisicoquímicas de los productos usados, desinformación por parte del productor y proveedor, falta de guías que indiquen su manejo adecuado y finalmente el uso de este tipo de productos en actividades que se desarrollan de manera informal. En comparación con esto, para el Departamento de Cundinamarca (Colombia), Prieto (2018) hace mención a que existe una escasa o nula información de acceso público en general respecto al manejo de residuos de plaguicidas.

En un estudio realizado en la cuenca San Alberto en Oxapampa (Maraví, 2018), respecto al uso de envases de plaguicidas, se indica que solo el 12% de los agricultores de la zona realiza el manejo de envases de acuerdo a las indicaciones en el etiquetado, por otro lado, se menciona que el 84% de los agricultores de dicha zona de Oxapampa desconocen las normas e infracciones respecto al manejo de envases vacíos de plaguicidas de uso agrícola, lo que indica la falta de difusión y responsabilidades por parte de los distribuidores de dichos productos químicos. Es el caso que, por el desconocimiento de información y la inexistencia de un punto de acopio en esta zona, el 68% de los agricultores opta por disponer los envases en los campos de cultivo cercanos a cuerpos de agua de la cuenca San Alberto, el 24% de los agricultores opta por la quema de estos envases, y solo el 8% los entierra en el campo de cultivo. Se conoce que la degradación de plásticos sintéticos es muy lenta, incluso puede tardar hasta 500 años. Sin embargo, en dicho proceso se generan «microplásticos», los cuales se van acumulando en los cuerpos hídricos o en el suelo (Segura, Noguez & Espín, 2007).

Según Espín (2018), una mala gestión de envases de plaguicidas puede tener efectos tanto primarios como secundarios. Dentro de los primarios se tiene explícitamente a la contaminación generada sobre el suelo, agua y aire, y consecuentemente, a la salud de la población. Dentro de los efectos secundarios se tiene a las consecuencias de la contaminación, la cual puede provocar la muerte de organismos benéficos del suelo, efectos sinérgicos con otros elementos químicos, bioacumulación en especies de animales y vegetales, contaminación de la cadena trófica, por ende, puede ocasionar el desequilibrio ecológico de un ecosistema.

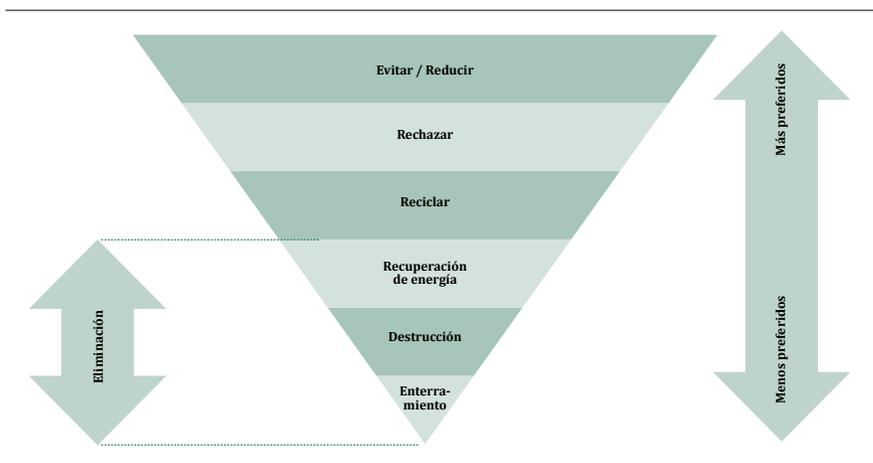
La quema de estos envases genera sustancias llamadas dioxinas y furanos, que contaminan el ambiente destruyendo la capa de ozono. Moya & Martí (2006) mencionan que estas sustancias también pueden ser cancerígenas y dañinas para la salud de las personas y animales. Asimismo, se menciona

que si los envases vacíos son depositados en un relleno sanitario, ello dificultaría la compactación de residuos y perjudicaría la descomposición de los materiales biológicamente degradables.

La FAO (2008) indica que los envases de plaguicidas, por contener restos de estos productos, son una fuente potencial de contaminación donde el agricultor es el mayor involucrado al ignorar el manejo que se le debe dar a los mismos, que constituyen un serio y creciente problema para el ambiente y la salud. Existen diferentes riesgos que el reúso de recipientes vacíos de plaguicidas puede ocasionar, como almacenar agua y alimentos en estos y contaminar los productos a pesar de haberse, teóricamente, eliminado el plaguicida producto del lavado. Un envase vacío que haya contenido un plaguicida nunca se podrá limpiar perfectamente, por lo que se deberá eliminar mediante procedimientos que garanticen que no se utilizará para otros fines.

Por ello, el tratamiento de estos recipientes es de vital importancia, evitando en todo momento su quema informal a la intemperie. Esto es respaldado por la FAO (2008), que establece una jerarquía del manejo de envases de plaguicidas, la cual establece un orden de prioridades para la selección de la opción que menos efectos tenga sobre el medio ambiente. Las opciones más preferidas son aquellas que tienen un mínimo o nulo impacto negativo, mientras que las menos preferidas son aquellas que tienen impactos ambientales negativos significativos. A continuación, se representa la jerarquía en la Figura 1:

Figura 1. Jerarquía del manejo de desechos de plaguicidas



Fuente: FAO (2008).

Como se muestra en la Figura 1, las opciones que menos preferencias tienen son aquellas relacionadas con una incineración del envase o enterramiento en el suelo, debido a los impactos ambientales que tendrían.

Para el manejo de envases de plaguicidas, la opción operativa y económicamente más viable resulta ser los métodos de limpieza. Esta dependerá de las características físicas y químicas del plaguicida. Las metodologías de limpieza que existen se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Metodologías de limpieza

Formulación	Metodología de limpieza
Concentrados emulsionantes	Enjuague con agua utilizando la técnica de triple enjuague del manual, enjuague a presión o enjuague integrado.
Productos solubles en agua	
Sólidos solubles en agua	
Productos hechos con aceite y solventes	Enjuague con solvente

Fuente: FAO (2008).

Es importante mencionar que algunas formulaciones de plaguicidas son reactivas al agua, y si se utiliza el triple enjuague, podría haber una reacción violenta; por ello, se debe tener en cuenta las instrucciones de lavado que vienen en las etiquetas de los envases de plaguicidas. La mayoría de envases de uso único disponibles en el mercado son apropiados para enjuague con agua. Es fundamental que el enjuague efectivo de los envases se realice lo antes posible después de la utilización del plaguicida. En la mayoría de los casos esto se hará en el mismo sitio donde se aplica el producto, por ejemplo, en la unidad de producción (FAO, 2008).

Por otro lado, según Valencia, Ramírez & Jaramillo (2014), el método más completo para eliminar la peligrosidad de los envases de plaguicidas sería la incineración, el cual es un proceso de oxidación térmica a alta temperatura que permite que las moléculas orgánicas de los plaguicidas se descompongan en gases y sólidos incombustibles, permitiendo que los residuos sólidos de este proceso puedan ir a disposición final.

La FAO (2008) recomienda que una incineración debidamente realizada puede, en principio, destruir desechos de plaguicidas con una tasa de rendimiento del 99.99%, sin embargo, la eficacia de la incineración depende de muchos factores, entre ellos el diseño, el control del proceso y el

mantenimiento del tiempo de permanencia, la temperatura y la turbulencia correcta, el tipo de productos incinerados, y la capacidad y eficacia de los dispositivos de control de la contaminación atmosférica.

3.4 Impacto en la salud humana

El desarrollo agrícola demanda un incremento en la producción con el objetivo de obtener mayores ganancias, y satisfacer, al mismo tiempo, los requerimientos nutricionales necesarios de la población. Esto ha llevado a que los productores, por el desconocimiento de tecnologías sostenibles, opten por el uso de agroquímicos sin tener en cuenta sus efectos. Plenge-Tellechea, Sierra-Fonseca & Castillo-Sosa (2018) ratifican que el mal manejo de las prácticas de la aplicación de agroquímicos puede ocasionar serios problemas a la salud de la población ocupacionalmente expuesta.

Por otro lado, para evaluar sobre el efecto de los plaguicidas en la salud humana, se realizaron experimentos que consistieron en aislar enzimas a partir del tejido en interés y colocarlas en un medio para que funcionen correctamente, y al agregarles diferentes plaguicidas, demostraron correlaciones negativas. En otros, como el diazinon en linfocitos de sangre humana en la prueba de Castillo-Sosa (2007), se observó que a diferentes concentraciones inhibía su proliferación celular. Uno de los ensayos más precisos es el de aberraciones cromosómicas, dado que estas mismas están involucradas en la carcinogénesis (Albertini, Anderson & Douglas, 2000), pero a la vez es uno de los que consume más tiempo y capacitación al personal que hace los biomonitoreos.

Esto es preocupante, ya que los plaguicidas pueden afectar las aguas superficiales con un rociado directo, mediante escorrentía y/o la lixiviación de los campos agrícolas (Vijver & van den Brink, 2014). La emisión a las aguas superficiales está dictada por muchos factores, esto supone una preocupación si no se siguen ciertos protocolos de aplicación o se desconocen los efectos potenciales en los ecosistemas acuáticos (Stoorvogel, Jaramillo, Merino & Kosten, 2003). Un factor clave es que la persistencia de plaguicidas con una vida media más larga tiene más probabilidades de acumularse después de aplicaciones repetidas y, en consecuencia, aumenta el riesgo de contaminar la superficie cercana al agua, agua subterránea, plantas y animales (Hanson, Bond, Buhl & Stone, 2015). Y todo esto hace referencia a cómo se ha podido observar la toxicidad de los plaguicidas y su capacidad de persistir en el ambiente y bioacumularse en tejidos y pasar a través de la cadena trófica hasta llegar al ser humano.

4. Conclusiones

- La literatura revisada demuestra que los resultados de los análisis de los diferentes plaguicidas en los organismos son un indicador de que existe un riesgo latente con respecto a los residuos de la aplicación de los plaguicidas sintéticos.
- El riesgo ambiental es un indicador altamente empleado para determinar el riesgo potencial basándose en el impacto hacia un organismo no objetivo, sea terrestre o acuático, dando por resultado el nivel del impacto latente que pudiese tornarse.
- Los residuos de los plaguicidas están fuertemente relacionados con la salud pública, por lo que el mal manejo puede conllevar a aberraciones cromosómicas y desencadenar malformaciones y enfermedades a largo plazo, y esto gracias a la bioacumulación de los organismos y plantas de nuestra cadena trófica.
- El tratamiento de los recipientes de los plaguicidas es de vital importancia, evitando en todo momento su quema informal a la intemperie, así como promoviendo una buena gestión para su tratamiento y/o reúso específico para almacenar más plaguicidas.

5. Recomendaciones

- En base a las metodologías estudiadas en la presente revisión y por la probabilidad de estar expuestos a una contaminación indirecta, se recomienda desarrollar investigaciones localmente sobre la población cercana a estos residuos sólidos generados por los plaguicidas, asimismo, en especies comerciales a nivel nacional.
- Reforzar las campañas de sensibilización poblacional sobre los riesgos y efectos de la contaminación acuática, así como su biomagnificación a través de la cadena trófica a causa de los residuos generados por plaguicidas, con mayor énfasis en los actores involucrados directamente.
- Adoptar políticas de carácter vinculante en los gobiernos locales, los cuales permitan establecer controles para evitar una mayor contaminación en el ámbito nacional.
- Crear una base de datos nacional que comprenda no solo especificaciones técnicas o de salud de los compuestos, sino que

también abarque por su localidad y pueda ofrecer explicaciones más técnicas de cómo los compuestos afectarían a diferentes organismos y al ser humano. La base de datos debe ser fiscalizable, que sea medible a través del tiempo y mantenerse actualizada periódicamente.

Referencias

- Albertini R. J., Anderson D. & Douglas G. R. (2000). IPCS guidelines for the monitoring of genotoxic effects of carcinogens in humans. *International Programme on Chemical Safety, Mutat. Res.*, 463, pp. 111-172. <https://bit.ly/3hWDjIV>
- Arias, M. (2019). Efecto del uso de fertilizantes y pesticidas sobre organismos acuáticos en arroyos de la zona hortícola de La Plata. [tesis de doctorado, Universidad de La Plata]. Repositorio Institucional CONICET <https://bit.ly/3mMKl6N>
- Arrazcaeta, L. O. (2002). Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. *Fitosanidad*, 6(3), pp. 55-62. <https://bit.ly/3mE1hwl>
- Arrazola, E. (2016). Evaluación del riesgo ambiental de la mezcla de alfacipermetrina e imidacloprid sobre la lombriz de tierra (*Eisenia fetida*). [Tesis de Licenciatura, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Académico. <https://bit.ly/33ONaM1>
- Arroyave, S. M. S., & Restrepo, F. J. C. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre económico*, 12(23), pp. 13-34. <https://bit.ly/2EtbuKO>
- Cáceres, F. (2019). Evaluación del riesgo ambiental de los insecticidas fipronil e imidacloprid en el camarón de río (*Cryphiops caementarius*). [Tesis de Licenciatura, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Académico. <https://bit.ly/3i1jmRx>
- Castillo-Sosa, Y. (2007). Efecto del Diazinon sobre la proliferación de células mononucleadas de sangre periférica humana. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez]. <https://bit.ly/3kPnOVh>
- Del Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S., & Palacio Estrada, D. E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387. Recuperado en 18 de noviembre de 2021. <https://bit.ly/3DwzCFH>
- EC (2002) Guidance Document on Terrestrial Ecotoxicology in the Context of the Directive 91/414/EEC, pp. 1e39. SANCO/10329/2002), rev.2 final, 17.10.2002.
- Elias, D. (2020). Impacto de los tres plaguicidas más utilizados del cultivo de *Allium cepa* (cebolla) del distrito de Lurín, Lima, Perú en *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana). [Tesis de Licenciatura, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Académico. <https://bit.ly/2G0do65>
- Escaleras, J. (2016). Reciclaje de envases vacíos de agroquímicos triple lavados, para elaborar bloques de hormigón. <https://bit.ly/2FZWNPE>
- Espín, A. (2018). Análisis del control de los envases vacíos de plaguicidas de uso agrícola y su incidencia en la contaminación ambiental en el sector El Cascajo, Cantón Santa Cruz - 2017. <https://bit.ly/2RWfB4V>
- FAO/WHO (2008). Código Internacional de Conducta sobre la Distribución y Uso de Plaguicidas. <https://bit.ly/3l9wC8D>

- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Anales del sistema sanitario de Navarra*, 26, pp. 155-171). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud. <https://bit.ly/3kjo2NF>
- Hanson, B., C. Bond, K. Buhl, and D. Stone. (2015). Pesticide half-life fact sheet. National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services. <https://bit.ly/32GnLoL>
- Iannacone, J., & L. Alvaríño. (2005). Selectividad del insecticida Cartap empleando bioensayo con organismos no destinatarios. *Ecol. Appl.* 4:91-104. <https://bit.ly/3mRkvYH>
- Iannacone, J., Onofre, R., Huanqui, O., Giraldo, J., Mamani, N., Miglio, M. C., & Alvaríño, L. (2007). Evaluación del riesgo ambiental del insecticida metamidofos en bioensayos con cuatro organismos acuáticos no Destinatarios. *Agricultura Técnica*, 67(2), pp. 126-138. <https://bit.ly/3iZ4G6I>
- Karabay, N.U., & Oguz, M.G. (2005). Cytogenetic and genotoxic effects of the insecticides, imidacloprid and methamidophos. *Genet. Mol. Res.* 4, pp. 653-662. <https://bit.ly/3cuLOdQ>
- López, A., Suárez, O., Hoyos, M. & Montes, C. (2012). Perfil Nacional de Sustancias Químicas en Colombia. 2° Ed. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial-ONUUDI. <https://bit.ly/32TFSXZ>
- Maraví, J. (2018). Situación del manejo de envases vacíos de plaguicidas de uso agrícola en la Cuenca San Alberto del Distrito de Oxapampa, Región Pasco – 2018. <https://bit.ly/33LCjsA>
- Moya, M. & Martí, M. (2006). Cuadro clínico tóxico producidos por dioxinas. *Medicina balear*, 21(2), pp. 13-19. <https://bit.ly/3nv1DYB>
- Murga, M., Gutiérrez, R., Vega y León, S., Schettino, B., Ruíz, J., & Yamazaki, A. (2017). Presencia de plaguicidas organoclorados en forraje para ganado en unidades de producción de leche orgánica en Tecpatán, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(2), pp. 157-166. <https://bit.ly/3umFGi9>
- Plenge-Tellechea, F., Sierra-Fonseca, J. A., & Castillo-Sosa, Y. A. (2018). Riesgos a la salud humana causados por plaguicidas. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 1(3), pp. 4-6. <https://bit.ly/3051P5T>
- Prieto, D. (2018). Causas y consecuencias de las problemáticas actuales en la gestión de envases plaguicidas de uso agrícola en Cundinamarca. <https://bit.ly/3cmWNVX>
- Ramírez, M. A. Y., García, A. G., & Barrera, J. (2003). El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes y sus implicaciones para México. *Gaceta Ecológica*, (69), pp. 7-28. <https://bit.ly/2FRcZTH>
- Rico, A., Sabater, C., Castillo, M.-A. (2016). Lethal and sub-lethal effects of five pesticides used in rice farming on the earthworm *Eisenia fetida*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 127, 222e229. <https://bit.ly/2FUGGDc>
- Schreck, E., Geret, F., Gontier, L., & Treilhou, M. (2008). Neurotoxic effect and metabolic responses induced by a mixture of six pesticides on the earthworm *Aporrectodea caliginosa* nocturna. *Chemosphere*, 71(10), pp. 1832-1839. <https://bit.ly/3hVIGYZ>
- Segura, D., Noguez, R. & Espín, G. (2007). Biotecnología. Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. <https://bit.ly/2RMcGfk>

- Siqueira, H.A.A., Guedes, R.N.C., Picanço, M. & Oliveira, E.E. (2000). Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Abstract Book I, p. 353. XXI International Congress of Entomology. Foz de Iguazu, Brazil, August 20-26, 2000. EMBRAPA, Brasilia, Brasil. <https://bit.ly/362F19l>
- Stoorvogel, J. J., Jaramillo, R., Merino, R., y Kosten, S. (2003). Plaguicidas en el medio ambiente. In *Los Plaguicidas. Impactos en produccion, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador* (pp. 49-69). Centro Internacional de la Papa. <https://bit.ly/3665IKk>
- Valencia, V.; Ramírez, M. & Jaramillo, L. (2014). Identificación de alternativas para la disposición final de los envases de plaguicidas de uso agrícola. <https://bit.ly/341bLNC>
- Van der Sluijs, J. P., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Van Lexmond, M. B., Bonmatin, J. M., Chagnon, M., y Girolami, V. (2015). Conclusions of the Worldwide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. <https://bit.ly/3cvOOWB>
- Vijver, M. G., y van den Brink, P. J. (2014). Macro-invertebrate decline in surface water polluted with imidacloprid: a rebuttal and some new analyses. *PLoS One*, 9(2). <https://bit.ly/3305D99>
- Villalba, D. (2018). Causas y Consecuencias de las Problemáticas Actuales en la Gestión de Envases Plaguicidas de Uso Agrícola en Cundinamarca. [Monografía para Especialista, Fundación Universidad de América] <https://bit.ly/3CxqvmO>