



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“DETERMINACIÓN DEL EFECTO Y LA DINÁMICA DEL
GLIFOSATO EN LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO”**

Trabajo de investigación para optar el grado académico de:
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Presentado por:

Mamani Hinojosa Keiko Xiomara (0000-0002-0151-7971)

Asesor:

Luis Gomero Osorio (0000-0002-4739-2094)

Lima – Perú

2020

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 044-2021-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 8 de febrero de 2021

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **DETERMINACIÓN DEL EFECTO Y LA DINÁMICA DEL GLIFOSATO EN LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO**, presentado por:

- **Kelko Xiomara Mamani Hinojosa**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de Investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de Investigación titulado: **DETERMINACIÓN DEL EFECTO Y LA DINÁMICA DEL GLIFOSATO EN LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO** con N° de registro de la carrera: **0113-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Luis Gamero Osorio** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

DETERMINACIÓN DE LA DINAMICA Y EL EFECTO DEL GLIFOSATO EN LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO

Keiko Xiomara Mamani Hinojosa¹; Luis Gomero Osorio²

Universidad científica del Sur, Facultad de Ciencias Ambientales, Carrera de Ingeniería
Ambiental, Panamericana Sur km19. Lurín 42

Correo Electrónico: Kxiomara0804@gmail.com

RESUMEN

La presente revisión teórica se basa en el estudio del glifosato a partir de las definiciones de dicho herbicida que parte desde su composición hasta lo que genera en el recurso esencial que es el suelo y su diversidad biológica. El glifosato ROUNDUP se encarga de la inhibición de la enzima EPSPS, va impedir que se realice la biosíntesis los tres aminoácidos fundamentales la fenilalanina, tirosina y triptófano como consecuencia de la presencia de dicho herbicida va a determinar el crecimiento y muerte de la planta así mismo los efectos que genera en la actividad biológica como principales indicadores es la microfauna y macrofauna generándose el aumento de la actividad microbiana con la presencia de pseudomonas, actinomicetos, bacterias fijadoras de Nitrógeno, así mismo la presencia del glifosato en un suelo agrícola que a la vez va depender de la dosis utilizada pues comprobaron que la alta dosis de glifosato afectara a la actividad microbiana. El glifosato Roundup va proceder a impactar sobre la biodiversidad, así como también va generar erosión deshabilitando la conservación del suelo. Por lo expuesto en la revisión teórica mediante la recopilación de estudios, el uso intensivo del glifosato en los suelos agrícolas va generar resistencias de malezas por la que los agricultores se verán obligados aumentar su dosis provocando la alteración de la macrofauna y microfauna, como consecuencia un suelo infértil.

Palabras claves: Suelo, microfauna, macrofauna , herbicida, glifosato

ABSTRACT

The present theoretical revision is based on the study of glyphosate from the definitions of said herbicide that starts from its composition to what it generates in the essential resource that is the soil and its biological diversity. ROUNDUP glyphosate is responsible for the inhibition of the EPSPS enzyme, realizes that the biosynthesis of the results of the presence of the herbicide in the future is realized. the effects it generates on biological activity as the main indicators is the microfauna and the macrofauna, generating an increase in microbial activity with the presence of pseudomonas, actinomycetes, nitrogen-fixing bacteria, as well as the presence of glyphosate in an agricultural soil that The time depending on the dose, as well as the high dose of glyphosate will affect the microbial activity. Glyphosate Roundup is going to have an impact on biodiversity, as well as on erosion, disabling soil conservation. Therefore, in the theoretical review through the collection of studies, the intensive use of glyphosate in soils, farmers, farmers, businesses, social networks, resistance to change. infertile soil.

Keywords: Soil, microfauna, macrofauna, herbicide, glyphosate

INTRODUCCIÓN.

El glifosato es el herbicida con mayor uso a nivel mundial, y se prevé que el mercado mundial alcance 1.35 millones de toneladas métricas para el 2017 (Arellano, 2017). Por consiguiente, esperan que durante el periodo proyectado a partir del 2013 al 2019, alcance los 8.79 billones US\$ en el 2019, su tasa anual incremente en un 7.2% (Transparency Market Research, 2014).

La Organización Mundial de la Salud lo clasifica como grupo de toxicidad cuatro, es decir, que no presenta peligro alguno, sin embargo; la Agencia Internacional para la Investigación y el Cáncer, lo reclasifica al glifosato en el grupo 2-A, como probablemente cancerígeno, asimismo, está ligado al daño que puede sufrir los cromosomas y ADN de células humanas, por las razones ya expuestas es considerado como herbicida altamente peligroso (Pesticide Action Network International, 2016).

A nivel América Latina; según la estadística, Argentina al pasar de los años desde 1997 al 2011 los herbicidas han ocupado y son considerados el grupo con mayor venta ocupando un 64%, seguido por insecticidas, fungicidas con un 16% y otros 11% (Cámara de sanidad Agropecuaria y fertilizantes-CASAFE, 2011). Sin embargo; 2012 la venta de herbicidas fue de 25% más con respecto al 2011, siendo el glifosato el 61% y el 31% de plaguicidas, recaudando 738 millones US\$. (Servicio Nacional de Sanidad Agraria-SENASA, 2014).

El uso de herbicidas va destinado a cultivos extensivos principalmente soja, seguido por maíz, trigo, girasol (Cámara de sanidad Agropecuaria y fertilizantes-CASAFE, 2011). La soja y otros cultivos como hortalizas, tabaco y otros, ocupan 24 millones de hectáreas en Argentina, en el 2014 se aplicaron trescientos millones de litros de glifosato especialmente a la soja, por consiguiente, es considerado cultivo resistente al glifosato. (Pesticide Action Network International, 2016).

Asimismo, se ha demostrado que la consecuencia debido a la aplicación de glifosato es el impacto en la diversidad biológica del suelo, disminuyendo las poblaciones de lombrices de tierra (Santadino, Coviella y Momo, 2014) y el aumento del número de actinomicetos y fungís (Florida, López y Pocomucha, 2012). Asimismo, varias especies benéficas como artrópodos incluyendo insectos, ácaros, arañas, se ven afectados por la exposición directa del glifosato (Blanco y Leyva, 2010; Rojas, 2011).

El uso intensivo del herbicida glifosato ha conllevado a generar resistencias en malezas en campo de cultivos agrícolas y se ven en la necesidad de aumentar sus dosis convirtiéndose en sustancias más peligrosas y tóxicas al mismo tiempo (Food And Agriculture Organization Of The United Nations-FAO, 2015). Por lo expuesto, se puede declarar que en el Perú las normativas no son eficientes debido a su flexibilidad y la falta de interés por las autoridades fiscalizadoras adicionalmente. Es por ello que el presente trabajo busca dar a conocer las características que tiene el glifosato, así como también, las consecuencias que puede generar en el ente vivo “suelo” y sus micro y macro fauna benéfica.

REVISIÓN TEÓRICA

1. Suelo

El suelo es un ente vivo que sirve como soporte químico y físico para el medio abiótico y biótico terrestre (Gonzales, Iglesias y Herrera, 2016). Capa de la tierra que sostiene y contribuye al desarrollo de las plantas, sirve como almacenamiento de alimentos y agua para que las plantas extraigan cantidades necesarias de estos para producir cosechas y para su respectivo crecimiento. (Food and Agriculture Organization-FAO, 2013). El suelo comprende como componente esencial la materia orgánica, desempeña una función importante, no solo mejora las propiedades físicas y químicas, sino también en lo que respecta al desarrollo del cultivo, con ayuda de microorganismos benéficos como gusanos, insectos y otros animales que se depositan en el suelo para incrementar la fertilidad cosechas (Food and Agriculture Organization-FAO, 2013).

El suelo, es considerado como un recurso no renovable y natural finito, encargado de prestar servicios ambientales y eco sistémicos así como en la participación de los ciclos biogeoquímicos por elementos que son la parte fundamental de la vida del suelo como carbono, oxígeno, fósforo (La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-CONABIO, 2016 y Montanarella, 2015). El suelo también se encarga como regulador del clima (Food and Agriculture Organization FAO-ITPS, 2015).

1.2 Suelos aluviales

Los suelos aluviales son aquellos que tienen origen fluvial, son depósitos formados por transporte y acumulación de detritos (ruptura de la materia sólida en partes pequeñas) en cauces por donde pasa la corriente, por laderas adyacentes de los ríos junto con detritos dispuestos por gravedad. Sus horizontes están poco diferenciados, a excepción de la formación del horizonte A1 (Food and Agriculture Organization FAO-ITPS, 2015).

La textura de estos suelos varían de moderada fina a mediana, es decir son de textura franco limosa a franco arcilloso limoso, con un pH que se mantiene en un promedio de 7.4 y 8.4, de topografía plana de mayor profundidad y presentan una ligera alcalinidad de poca pendiente, en cuanto a su salinidad es moderada, presenta un contenido alto de sodio, por lo tanto es un suelo adecuado para ser trabajado debido a que su drenaje que es medio, estos suelos son considerados de clase II, por ser un suelo bastante intensivo para la agricultura. Los suelos aluviales no presentan peligro por inundación (Gonzales, Iglesias y Herrera, 2016).

2. Manejo de malezas en suelos agrícolas

Las malezas o malas hierbas, hace referencia aquellas plantas que crecen espontáneamente entre los cultivos, son especies rústicas que fácilmente se adaptan en distintas condiciones del medio, al mismo tiempo se comportan como competidores donde prevalece su dominancia sobre la otra especie de valor económico. Las plantas consideradas como malezas existen 350 000 aproximadamente, de esa cantidad dada 2000 presentan nocividad provocando pérdidas en la agricultura, las familias prevalecientes son las Asteráceas, Poáceas y Ciperáceas son familias donde presentan mayor número de toxicidad (Zegarra y Arévalo, 2015)

Los problemas que causa las malezas, es la fuerte competencia por la luz, nutrientes y agua sobre otras especies, resultan ser tóxicas debido a que liberan sustancias por sus raíces al mismo tiempo atrae a la proliferación de plagas como ácaros, patógenos, artrópodos, entre otros, por consiguiente, contaminan la producción de los cultivos. Las malas hierbas se agrupan de acuerdo a su hábitat de donde se encuentran son; ruderales, se encuentran situadas en los bordes de vías; invasoras de pastizales, habitan en los céspedes naturales y artificiales; forestales, especies que parasitan árboles; arquitectónicas, plantas que ocupan edificios y monumentos; y por último la que es un problema en la actualidad sobre la agricultura son las arvenses, invaden los cultivos en general se adaptan a suelos fértiles (Quintanilla, 2017)

El manejo de malezas en suelos agrícolas, es un factor determinante para el control en el ciclo del desarrollo de los cultivos, considerado como punto crítico durante el crecimiento de los cultivos donde los agricultores se ven obligados a intervenir para evitar pérdidas económicas, por consiguiente los agricultores optan como alternativa para el control de las malezas la aplicación de herbicidas como alcance rápido y económico para sus cosechas como es el herbicida glifosato lo pueden realizar en la pre-siembra (Mur,2017)

3. Organismos del suelo

Los organismos edáficos cuentan con diversas funcionalidades para mantener la calidad del suelo, debido a que el suelo sufre una gran tendencia a degradarse, así mismo presenta desequilibrio en sus factores nutricionales químicos, biológicos y físicos. (Coronado, 2017). Los organismos que se encuentran en el suelo están en constante interacción, así mismo aportan a los ciclos globales del suelo, por consiguiente hacen que se desarrolle la vida en la tierra, estos son también conocidos como organismos edáficos, debido a que se

encargan de mantener el funcionamiento de ecosistemas sustentables. Por ejemplo, los organismos interactúan y aportan en los ciclos que brindan nutrientes, encargándose de regular la variación de la materia orgánica, a la vez regulan los gases de efecto invernadero con la captación de carbono, controlan la erosión, secuestran carbono y regulan la emisión de gases invernadero, cabe resaltar que se encargan de modificar la estructura del suelo a partir de las condiciones del lugar, actuando sobre el agua y el control de erosión. Por consiguiente, aportan al mejoramiento en la eficiencia de las plantas para adquirir sus nutrientes en su estado sanitario (Coronado, 2017).

Los microorganismos se ha comprobado que afectan de manera positiva en comunidades microbianas y en las plantas a través de una serie de mecanismos como en la supresión de enfermedades, la tolerancia al estrés de la planta, así como la mineralización de nutrientes, cabe resaltar que en la agricultura estos efectos de los microorganismos en las plantas genera un gran impacto positivo en la producción de cultivos (Newman, 2016)

3.1 Microfauna del suelo

Los microorganismos ocupan el 1% del volumen en el suelo, son esenciales para los procesos biogeoquímicos del suelo. Comprenden los invertebrados como nematodos, rotíferas, protozoos que se sitúan en películas del agua, se encargan de recubrir el suelo, la distribución del agua y la disponibilidad de los poros del suelo, gracias a su tamaño pequeño de estos organismos cuentan con esa habilidad de modificar, pero de manera limitada la estructura del suelo donde se sitúan. Los organismos (microfauna) tiene la capacidad muy baja para desarrollar el mutualismo. Sin embargo, la interacción con otros microorganismos del suelo puede traer como consecuencia la disponibilidad de nutrientes en el suelo. El grupo de los nematodos son los invertebrados en grandes cantidades en todo tipo de suelo (Instituto de Investigaciones Agropecuarias-INIA-2018).

3.2 Macrofauna del suelo

Los organismos en la macrofauna del suelo cumplen principalmente la de transformar las propiedades que comprende el suelo, entre ellos comprende; las lombrices de tierra, las termitas y las hormigas, estos participan en la formación de poros actuando de esta forma como constructores del ecosistema, además contribuyen a infiltrar el agua, la humificación del suelo y por último a la mineralización de la materia orgánica. También hay parte de estos que participan triturando los restos vegetales (e.g. Isopoda, Gastropoda, Coleoptera, Diplopoda), otros funcionan como cazadores de animales vivos de la

mesofauna y la macrofauna del suelo (e. Araneae, Chilopoda) (Cabrera, Robaina y Ponce de León, 2011). Dependiendo del estado de perturbación del suelo, la macrofauna puede variar en composición, abundancia y diversidad; esto puede ser causado por algún cambio del uso de la tierra. Esto permitirá su valoración como bioindicadores (Cabrera, 2012).

Tabla 1. La importancia de la biodiversidad del suelo para el buen funcionamiento de los ecosistemas

<i>CATEGORIA</i>	<i>CICLADO DE NUTRIENTES</i>	<i>ESTRUCTURA DEL SUELO</i>
Microfauna <ul style="list-style-type: none"> • Nematodos • Protozoarios • Ácaros(pequeños) 	-Participan en la regulación de comunidades de hongos y bacterias. -Son participes del reciclaje de nutrientes	Sus interacciones con la microflora pueden tener efectos en la estructura de los agregados.
Macrofauna <ul style="list-style-type: none"> • Lombrices • Enquitráidos • Bicho bolita • Quilopoda • Moluscos • Insectos(larva, adultos) 	Fragmentan restos vegetales Sirven como estímulo para la actividad microbiana	Incorporan los minerales con las partículas orgánicas. Reparten los microorganismos y la materia orgánica. Participan en la creación de bioporos Promueven la humificación Producen pelotas fecales

Fuente: Adaptado por documento INIA. Elaboración propia 2018

http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ara/ara_186.pdf

4. Plaguicidas

Los plaguicidas son elaborados por componentes activos, poseen compuestos orgánicos o inorgánicos, naturales, biológicos y/o sintéticos según la acción del plaguicida, por consiguiente la mezcla con otros aditivos se va regulando su potencia. Los aditivos cumplen la función de cambiar las propiedades químico-físicas principalmente de los componentes activos, los aditivos solo se utilizan con prescripciones de productos químicos ya que estos no tienen la capacidad de transformarse. Esta sustancia puede adquirir la forma de emulsión, líquido o polvo granulado para ser aplicado posteriormente por vía terrestre o vía aérea según sea el caso (Centro de información de sustancias químicas- CISTEMA, 2014).

Los plaguicidas se aplican por aspersión al suelo (pre-siembra) y cultivos en crecimiento en el follaje de las malezas y/o plantas que interfieran en los cultivos. Sin embargo; esto es dispersado al ambiente quedándose acumulado en los suelos, cuerpos hídricos y aire dependiendo las condiciones atmosféricas pueden ser arrastrados en largas distancias (Butler et al., 2016). La toxicidad del pesticida, va depender de la función que cumpla según se los componentes e influencia de otros factores, sin embargo; los efectos serán distintos según sea la dosis y estará sujeta a la ruta a causa de la exposición como el contacto directo con la piel e inhalación (Organización Mundial de la Salud- OMS, 2017).

Impacto de los plaguicidas en la salud, va depender del grado de exposición, el nivel de toxicidad de la sustancia y las personas vulnerables entre ellos se encuentran niños, embarazadas y personas de tercera edad, especialmente a los trabajadores agrícolas que no utilizan de manera adecuada los equipos de protección (Butler et al 2016). Impacto de los plaguicidas en personas no expuestas, estos resultan ser afectados por pequeñas cantidades de las sustancias que se dispersan, puesto que los efectos son a largo plazo es decir se tardan en manifestarse (Ross et al.2015, Damalas, 2015). La BCC RESEARCH, determinaron que los pesticidas como los bioplaguicidas se estimó \$61.8 millones en el mercado mundial en el periodo 2014, posteriormente proyectaron \$83.7 mil millones para el año 2019 (Lehr, 2014)

4.1 Organofosforados

Los organofosforados está conformado por ésteres derivados del ácido fosfórico, estas se encargan de inhibir de manera irreversible la colinesterasa. (Barguil et al., 2012). Este

grupo son sustancias liposolubles con volatilidad variable (Martin, 2016), tienen uso agrícola y alimentario, sin embargo; las malas prácticas así como su almacenamiento, este grupo se considera como agente intoxicantes por su alta toxicidad debido y por los factores expuestos anteriormente (Barguil et al., 2012).

4.1.1 Herbicidas

Los herbicidas, son relativamente puros, este agroquímico puede ser líquido o sólido y así ser adecuados en el campo, estos comúnmente contienen tensioactivos y otros componentes que aseguren su efectividad, para ser mezclados con agua para un tanque asperjador, Los herbicidas son aquellos que se aplican en el follaje de la planta, podemos encontrar herbicidas de contacto, son aquellos que solo se aplica a la planta que se tratara; herbicidas sistémicos, son los que se aplican en el follaje de la planta y estas se trasladan a otro lugar de la planta. Herbicidas de aplicación al suelo evitan la germinación de malezas, permaneciendo en el tiempo y ser efectivos (Food and Agriculture Organization-FAO, 2015).

4.1.2 Herbicidas y su modo de acción

Los herbicidas son productos químicos, generan efecto letal en la planta, actuando sobre sitio primario de acción causando efectos secundarios y terciarios, conllevándole a la muerte de la planta. Su modo de acción es la secuencia de eventos como consecuencia de la absorción, consiste en una serie de eventos que ocurre cuando el herbicida es absorbido por la planta hasta llegar a la toxicidad de la planta. Los efectos fisiológicos que causan los herbicidas en las plantas están en la regulación del crecimiento, inhibición de la respiración y fotosíntesis, así mismo interrumpen los procesos metabólicos e inhiben la división celular (Anzalone, 2007)

Los herbicidas se clasifican de acuerdo a la características comunes de acuerdo a su aplicación si es en pre siembra, preemergencia y post emergencia; selectividad como selectivos y no selectivos; movilidad en la planta si es de contacto o sistémico y de acuerdo a su familia química y su modo de acción inhibe el proceso de fotosíntesis y en la pigmentación de la planta, siendo el herbicida más usado y vendido a nivel mundial el Glifosato, para el control de malezas (Zegarra y Arévalo, 2015)

5. Impacto del Herbicida en los microorganismos del suelo

El herbicida en los últimos años se ha vuelto indispensable a nivel mundial para el control de malezas y a la vez como fuente de ahorro económico, su uso intensivo en el suelo ha provocado efectos en los microorganismos, convirtiéndose altamente efectivo en varios casos, tanto como en su comportamiento así como también en la persistencia del suelo (Anzalone, 2007).

5.1 Glifosato

El glifosato pertenece al grupo de los organofosforado, actuando en pre y post emergencia, este herbicida es no selectivo para ser utilizado como controlador de toda una amplia variedad de malezas, el color característico es ámbar, su olor es inodoro y pH 4,7 si la solución es de 1%, con gravedad de 1.63 a 5°C/15,6°C. Éste herbicida es el único que bloquea la producción de aminoácidos aromáticos, a través de la inhibición de la enzima enol-piruvil-shikimato-fosfato-sintetasa (EPSPS) se da su mecanismo de acción. El glifosato es usado generalmente para cultivos que son genéticamente modificados con la marca más usada Roundup (Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, 2015).

5.1.1 Características del glifosato

El glifosato es un derivado del aminoácido glicina, con ácido fosfórico que a la vez está acompañado por un radical amino, este es comúnmente utilizado como sal de isopropilamina de N-fosfonometil glicina. El glifosato es comercializado como ROUNDUP 48% sal y 36% ácido, su formulación contiene agente surfactante, sus efectos tóxicos se vinculan con el herbicida que no es proveniente del activo del glifosato, sino del surfactante polioetil-amina, es soluble y se puede manejar con agua y a la vez es estable por lo que en el campo no tendrá un comportamiento volátil (Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, 2015).

5.1.2 Mecanismo de acción del glifosato

La síntesis de aminoácidos aromáticos de las plantas, bacterias y hongos es inhibida por el glifosato (herbicida), que por medio de la inhibición de la enzima EPSPS (5-enolpiruvil shikimato 3- fosfato sintetasa, esta es codificada por el cloroplasto y el núcleo, participando en la ruta del ácido shikimico. Esta enzima se asocia a tres aminoácidos que son esenciales, son los aromáticos fenilalanina, tirosina y triptófano. Primero La EPSPS enlaza una molécula shikimato-3-fosfato, esto ocurre en el cloroplasto, luego en un sitio activo de la enzima se va enlazando una molécula de PEP (Bentacour, 2013).

La reacción de condensación para producir 5- enolpiruvilshikimato-3-fosfato es estimulada por la EPSPS. Para la formación de la EPSPS se da por la unión de la EPSP, el ácido shikimico con ácido fosfoenolpiruvico. Es ahí donde el glifosato va actuar como un inhibidor competitivo en el complejo formado, resultando la aglomeración de shikimato que resultan en cantidades tóxicas. El glifosato se dirige hacia la parte de los meristemas de la planta y debido a su función de inhibidor, resulta en la aglomeración de shikimato y bloquea la síntesis de los aminoácidos de shikimato y la síntesis de aminoácidos aromáticos. Sin embargo; su modo de acción va impedir que se realice la biosíntesis de los tres aminoácidos fundamentales, nombrados anteriormente, así es como empieza a actuar el glifosato, como consecuencia de la presencia de dicho herbicida va a determinar el crecimiento y muerte, según la dosis que sea utilizada (Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, 2015).

5.1.2.1 Ácido aminometilfosforico metabolito del glifosato

El ácido aminometilfosforico más conocido por sus iniciales AMPA es considerado como fitotoxico en el medio, esto es producto de la oxidación biótica. Según estudios del análisis de la degradación del metabolito del glifosato AMPA, determinaron que el metabolito expuesto en el suelo se biodegrada lentamente debido a la actividad bacteriana, cabe resalta que el ácido aminometilfosforico (AMPA) es un riesgo de contaminación ambiental debido a que es el metabolito persistente en el suelo por un largo plazo. Sin embargo; cuando la fuerte de carbono (C) limita las vías hodroliticas cometabolicas GLP (glifosato) se ven obligados a producir subproductos que no son toxicos para así se produzca la biodegradación de AMPA (Ácido aminometilfosforico) (Federico, 2018).

5.1.3 Persistencia del glifosato en el suelo

El glifosato aplicado sobre cultivos cae por medio de aspersión al suelo y por las características que presenta, se va acoplar fuertemente a los componentes del suelo (Lupi et al., 2015). Su comportamiento va variar según el tipo de suelo, no obstante los mecanismos del suelo como la adsorción y desorción, se van a encargar de determinar la distribución de los contaminantes y por consiguiente influirán en el transporte y degradación de estos. Según estudio la permanencia del glifosato en el suelo es de 30 días, ya que en ese periodo se pudo comprobar la presencia en mayor cantidad de actinomicetos, bacterias fijadoras de nitrógenos y de pseudomonas, sin embargo; se mostró lo contrario en la respiración microbiana (Rivera, 2018). Otros estudios

consideran que el glifosato puede durar en suelos agrícolas de 249 días y en suelos forestales de 259 a 296 días , demostrando así su larga permanencia en el suelo (Rivera, 2018).

5.1.4 Efecto del glifosato en los microorganismos del suelo

Las repetitivas aplicaciones de los herbicidas en los cultivos, como el glifosato, puede ocasionar la aglomeración de sus residuos trayendo como consecuencia afectaciones sobre los microorganismos del suelo, la infertilidad de los suelos es una consecuencia de para un largo plazo (Bozzo, 2010). La aplicación de glifosato en el suelo, va producir que los microorganismos sean seleccionados e influyan de manera significativa en la biodiversidad (Arfarita et.al., 2014)

Según el estudio de los efectos del herbicida glifosato sobre la estructura y el funcionamiento de comunidades microbianas del suelo con altas concentraciones de glifosato produce la alteración de la estructura y la actividad de las comunidades microbianas del suelo, sin embargo; en las bajas dosis de concentración el efecto fue menos acentuado, mostrando efecto en Gram negativas y ningún efecto en hongos (Brotoli, et.al., 2012).

Estos resultados indican que el efecto negativo del glifosato en la actividad biológica del suelo va depender de la dosis de glifosato. La cantidad del glifosato que se retiene en la superficie del suelo es menor, entonces la microbiota tendrá un ligero efecto en un corto plazo. (Ruiz, 2012).

Según estudios del efecto en la actividad microbiana en suelos con dosis de glifosato pudieron comprobar que suelos tratados previamente con el herbicida glifosato presentaron una alta actividad microbiana dicho a esto se determinó que el glifosato es la fuente directa para que se realice una mayor actividad microbiana. La actividad microbiana es parte del comportamiento del suelo siendo un factor determinante, sin embargo; la alta actividad microbiana favorece la biodegradación del glifosato (Pedemonte, 2017).

Provocan cambios en la población microbiana y actividad del suelo, así mismo observaron el aumento de la densidad poblacional de organismos como bacterias, sin embargo; este aumento es temporal, comprobaron que el dióxido de carbono (CO₂) su liberación fue mayor con el suelo agregado de glifosato, cabe resaltar que el suelo

presentaba materia orgánica y con la dosis de glifosato favoreció a estos microorganismos como son los hongos y actinomicetos (Araujo, 2003)

Otros estudios aplicaron glifosato al suelo, considerando las mediciones de las variables que sirvieron como moderadoras se encuentra el pH, concentración de glifosato y el tiempo de la aplicación, determinando que el suelo expuesto al glifosato afectando directamente a la biomasa microbiana y su actividad respectivamente como resultado la respiración de suelo disminuyó pasado los 60 días. Estos impactos es cada vez mayor en los suelos agrícolas, generando una gran preocupación por los organismos que habitan en el suelo se vean afectados, estos microorganismos si bien es cierto son los responsables de numerosas funciones donde incluye los ciclos para adquirir nutrientes, el aumento de materia orgánica, en la formación de las estructuras y agregados del suelo, por consiguiente, los efectos en la densidad poblacional del suelo posteriormente afectara a la fertilidad del suelo y por ende a la producción de los cultivos (Food and Agriculture Organization-FAO, 2015).

Un estudio sobre el glifosato se enfocaron en la población del *Fusarium*, *Pseudomonas* en la actividad microbiana, utilizando métodos basados en cultivos para dirigirse directamente a la población bacteriana resaltando la gran importancia que tienen en el entorno del suelo, encontrando como impacto negativo en los tratamientos con glifosato donde interactúan con los grupos bacterianos, como resultado se produjo el aumento de *Fusarium spp*, abundante *Pseudomonas*, así como también bacterias reductoras, sin embargo; afecto a las poblaciones bacteriana de la rizosfera en su conjunto, siendo su impacto muy significativo (Bórtoli et al., 2012)

El efecto del glifosato en los grupos bacterianos que pone en evidencia más detallada sobre la función del suelo y los impactos negativos como los patógenos en los cultivos en específicos, poniendo en relieve la necesidad de examinar la diversidad microbiológica, las bacterias dentro del filo *Acidobacteria* fueron abundantes en la rizósfera, ya que se reducirán la abundancia en el suelo de la rizósfera tratada con el herbicida glifosato, utilizándolo en cultivos empleando instrumentos para la siguiente generación (Newman, 2016).

6. Glifosato ROUNDUP

El Roundup es marca patentada por la empresa Monsanto, tiene 25 años de comercialización, el uso de esta marca de herbicida ha conllevado que el dicho producto

represente un gran riesgo ecológico y medio ambiental y para la salud. Sin embargo; en la recopilación de varios estudios por la National Coalition for Alternative Pesticides (CNAP), tienen la certeza que los problemas tóxicos del Roundup, no es por su componente activo sino por aquellos componentes que son inertes ósea los no catalogado para que así el ROUNDUP realice su función con mayor facilidad y ser eficientes (Wunderlin, 2015).

Roundup se inactiva cuando se encuentra en el suelo, es decir los componentes son absorbidos, sin embargo; el glifosato permanece activo y sus residuos en el suelo. Este herbicida Roundup va proceder a destrozarse la biodiversidad, así como también generar la erosión deshabilitando la conservación del mismo

7. Normas legales Perú

En el Perú, la normativa se rige por medio de resoluciones directorales. La resolución directoral 0044-2014-MINAGRI-SENASA-DIIA. Atribuye al Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) encargada de mantener el sistema de registro, programas de prevención, control responsable de la seguridad sanitaria del agro nacional. Ese mismo año SENASA, dispone las publicaciones mensuales el registro de plaguicidas de uso agrícola, registrando al glifosato proveniente de España por AGRITOP S.A.C. (Servicio Nacional de Sanidad Agraria–SENASA, 2014).

La Resolución directoral 0039-2014-MINAGRI-SENASA-DIAIA registra a empresa con programas para que los frascos de los plaguicidas químicos tengan su disposición final adecuada para el uso agrícola, registrando a 28 empresas, registrando a Bayer S.A empresa productora de glifosato. Por último la resolución Directoral N°0036-2014-MINAGRI-SENASA-DIAIA-Disponen la vigilancia y control de uso de plaguicidas de uso agrícola para consumo propio (Servicio Nacional de Sanidad Agraria–SENASA, 2014).

MINAGRI (Ministerio de agricultura y Riego) en el periodo 2015 se aprueba el Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola, bajo responsabilidad de SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria). Dicho Reglamento se derogan las normas para los plaguicidas de uso agrícola y se consolidan en una regulación como las actividades de estas sustancias, fabricación, importancia, distribución, emergencia

fitosanitaria, vigilancia y control de plaguicidas registrados, reflejando en plazos más cortos y presentando los requisitos necesarios la otorgación del registro de un plaguicida. (DS N° 001-2015-MINAGRI). Perú cuenta con dos normativas para el control del glifosato, la declaración jurada de un agricultor que autorice su uso propio siendo este siendo importado como un producto genérico y como segunda normativa, determina el tiempo para obtener el registro para ser comercializada por empresas distribuidoras (Servicio de Comunicación Intercultural -SERVINDI 2018).

Conclusiones

Se concluyó mediante la revisión bibliográfica, las consecuencias, los efectos en los organismos y la resistencias de las malezas del suelo a causa del herbicida glifosato que actualmente se usa de manera intensiva para el control de aquellas especies que intervienen en el desarrollo de plantas con valor económico, así como también la alteración de la composición del suelo, generando consigo el aumento de la actividad microbiana en la microfauna y macrofauna del suelo, por lo tanto residuos expuestos en el suelo perduraran dependiendo la dosis del herbicida, sin embargo; el aumento de las concentraciones del herbicida son los agricultores responsables de estos daños, debido a que no cuentan con ninguna capacitación en cuanto al uso de este agroquímico, va generar que las malezas sean resistentes al glifosato perjudicando en su totalidad a la fauna edáfica y daños en la salud de aquellos que se exponen frente a este herbicida.

BIBLIOGRAFÍA

- Anzalone, A. (2007). HERBICIDAS, Modos y mecanismos de acción en plantas. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/259175751_Herbicidas_Modos_y_mecanismos_de_accion_en_plantas
- rellano. O, (2017) Glifosato y los cultivos transgénicos en México. *Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México*.(1), 153-163. Recuperado de <https://rap-al.org/wp-content/uploads/2017/09/Libro-Plaguicidas-Final-14-agst-2017sin-portada.pdf#page=159>

- Arfarita, N.; Imai, T.; Prasetya, B. (2014). Potential use of soil-born fungi isolated from treated soil in Indonesia to degrade glyphosate herbicide. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*,(1), 63-68. doi <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2014.012.063>
- Bentacour, B. (2013). *Biorremediación De Suelo Contaminado Con El Pesticida 1,1,1- Tricloro-2,2'bis(P-Clorofenil) Etano (Ddt) Mediante Protocolos De Bioestimulación Y Adición De Surfactante*. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/9164/1/1088253581.2013.pdf.pdf>
- Blanco, Y. y Leyva, A. (2010). *Abundancia y diversidad de especies de arvenses en el cultivo del maíz (Zea mays, L.) precedido de un barbecho transitorio después de la papa*. *Cultivos tropicales*, 30(1), 11-17
- Bórtoli, P., Verdenelli, R., Conforto, C., Vargas, S., y Meriles, J. (2012). *Efectos del herbicida glifosato sobre la estructura y el funcionamiento de comunidades microbianas de dos suelos de plantaciones de olivo*. *Ecología austral*, 22(1), 33-42. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2012000100004&lng=es&tlng=pt.
- Bozzo, M. A (2010). *Persistencia del glifosato y efecto de sucesivas aplicaciones en el cultivo de Soja en agricultura continua en siembra directa sobre parámetros biológicos del suelo* (Tesis de maestría). Universidad de la República, Montevideo.
- Butler-Ellis M.C., van de Zande J.C., van den Berg F., Kennedy M.C., O'Sullivan C.M., Jacobs C.M., Fragkoulis G., Spanoghe P., Gerritsen-Ebben R., Frewer L.J. y Charistou A. (2016). The BROWSE: model for predicting exposures of residents and bystanders to agricultural use of plant protection products: an overview. *Biosystems Eng.* 154, 92-104. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2016.08.017

Cabrera, G. (2012) *Edaphic macrofauna as biological indicator of the conservation/ disturbance status of soil. Results obtained in Cuba*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/2691/269125514007.pdf>

Cabrera, G.; Robaina, N. & Ponce de León, D. (2011). *Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba*. Pastos y Forrajes. 34:331

Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes-CASAFE. (2011). *Guía de Productos Fitosanitarios Para La República Argentina*. Tomo I (996 pp.) y Tomo II, (997-1976 pp.) Buenos Aires, Argentina. 15° Ed.

Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT(1999). *Información básica sobre la competencia entre las malezas y cultivos*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=NqN1XgUfde8C&pg=PA25&lpg=PA25&dq=Centro+Internacional+de+Agricultura+Tropical+glifosato&source=bl&ots=Fb1jTyxE0i&sig=pvKDtiUuZIZJ1RLO3i4u7YqVFbk&hl=es>

Coronado, P. (2017). *Incidencia de biol y bocashi en la recuperación de la fertilidad y Edafofauna de suelos agrícolas degradados de la parroquia Mariano Acosta-Imbabura* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6457>

CONABIO (2016). *Comisión Nacional Para El Conocimiento Y Uso De La Biodiversidad*. 2016. Biodiversidad Mexicana. En: Ecosistemas. Procesos ecológicos. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesosecose.htm>; consulta: enero, 2016.

Florida, N., López, C. y Pocomucha, V. (2012). Efecto del herbicida paraquat y glifosato en propiedades del suelo que condicionan el desarrollo de bacterias y fungi. *Investigación y Amazonía*, 2(1-2), 35-43

Food and agriculture organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soil. FAO- ITPS. (2015). *Status of de world's soil resources. Italy Technical Summary. Food and Agricultural Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils*, Rome, Italy. 79 p

González, O., Iglesias, C. y Herrera, M. (2016). *Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 18 (2), 57-63

Instituto de Investigaciones Agropecuarias-INIA (2018) *La Biodiversidad Del Suelo Su Importancia Para El Funcionamiento de Los Ecosistemas*. Recuperado de http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ara/ara_186.pdf

Montanarella, L. (2015). *Agricultural policy govern our soils*. Recuperado de https://www.nature.com/polopoly_fs/1.18854!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/528032a.pdf

Mur. Et al (2017) *Control de malezas en pre siembra. Alternativas tecnológicas y riesgos Ambientales de la aplicación*. Recuperado de <file:///D:/INVESTIGACION/689-7333-1-PB.pdf>

Pedemonte, F. (2017). *Problemática Del Uso De Glifosato* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3011/T10-P4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pesticide Action Network International (2016). Glyphosate. Recuperado de: <http://pan-international.org/wp-content/uploads/Glyphosate-monograph.pdf>

Quintanilla C. (2017). *Las malas hierbas*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZR4sDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=El+da%C3%B1o+causado+por+las+malezas+se+manifiesta+por+distintas+v%C>

- Ruiz, A. (2012). *Efecto Y Persistencia Del Glifosato Sobre Parámetros Biológicos Del Suelo En Bosque Secundario, En Sucumbíos*
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1986/3/03%20RNR%20154%20ART%C3%8DCULO%20CIENT%C3%8DFICO.pdf>
- Rivera, L. (2018). *Efecto de la aplicación del Glifosato en la microfauna del suelo de cultivo de café (coffea arabica) variedad Catimor en San Ignacio- Cajamarca, 2017-2018* (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo, Lima. Recuperado de:
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/21140/Rivera_ALT.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Santadino, M., Coviella, C. y Momo, F. (2014). Glyphosate sublethal effects on the populations dynamics of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). *Water Air Soil Pollut*, 225-2207
- Servicio de Comunicación Intercultural -SERVINDI (2018). *Prohibirán el uso de Los plaguicidas y pesticidas altamente tóxicos*. Recuperado de
<https://www.servindi.org/actualidad-noticias/11/09/2018/minagri-prohibira-el-uso-de-los-plaguicidas-y-pesticidas-altamente>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria–SENASA. (2014).*Resoluciones directoriales. Normas nacionales sobre plaguicidas*. Recuperado de
<https://www.senasa.gob.pe/senasa/normas-nacionales-sobre-plaguicidas/>
- Transparency Market Research (2014). *Glyphosate Market for Genetically Modified and Conventional Crops - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast 2013 – 2019*. 81 pp.
- Wunderlin, D. (2015). Occurrence of glyphosate and AMPA in an agricultural watershed from the southeastern region of Argentina. *Science of the Total Environment*. v., 536, p. 687–694, 201

Zegarra, R. y Arévalo, N. (2015). *Malezas Dominantes En Los Cultivos Del Instituto De Investigación, Producción Y Extensión Agraria (Inprex) Y Del Centro Experimental Agrícola (Cea) Iii "Los Pichones" Tacna – 2014 .*